دليـل حصـر الأراضـى

Soil Survey Manual

(By Soil Science Division Staff) بواسطة علماء قسم علوم التربة

United States Department of Agriculture
Handbook No. 18, Issued March 2017
This manual is a revision and enlargement of U.S. Department of Agriculture Handbook No. 18, the *Soil Survey Manual*, previously issued October 1962 and October 1993. This version supersedes both previous versions.

ترجمة وإعداد

أ.د/ محمود خيرى محمد محمود

رئيس بحوث متفرغ بمعهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة

تنسيق

أ.د/ محمود كامل محمد ناصف

رئيس بحوث متفرغ بمعهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة

مراجعة

أ.د/ فوقية لبيب بهنا

أستاذ الأراضى بالمركز القومى للبحوث

2022

(Nondiscrimination Statement)بيان عدم التمييز

In accordance with Federal civil rights law and U.S. Department of Agriculture (USDA) civil rights regulations and policies, the USDA, its Agencies, offices, and employees, and institutions participating in or administering USDA programs are prohibited from discriminating based on race, color, national origin, religion, sex, gender identity (including gender expression), sexual orientation, disability, age, marital status, family/parental status, income derived from a public assistance program, political beliefs, or reprisal or retaliation for prior civil rights activity, in any program or activity conducted or funded by USDA (not all bases apply to all programs). Remedies and complaint filing deadlines vary by program or incident.

Persons with disabilities who require alternative means of communication for program information (e.g., Braille, large print, audiotape, American Sign Language, etc.) should contact the responsible Agency or USDA's TARGET Center at (202) 720-2600 (voice and TTY) or contact USDA through the Federal Relay Service at (800) 877-8339. Additionally, program information may be made available in languages other than English.

To file a program discrimination complaint, complete the USDA Program Discrimination Complaint Form, AD-3027, found online at How to File a Program Discrimination Complaint and at any USDA office or write a letter addressed to USDA and provide in the letter all of the information requested in the form. To request a copy of the complaint form, call (866) 632-9992. Submit your completed form or letter to USDA by: (1) mail: U.S. Department of Agriculture, Office of the Assistant Secretary for Civil Rights, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, D.C. 20250-9410; (2) fax: (202) 690-7442; or (3) email: program.intake@usda.gov.

USDA is an equal opportunity provider, employer, and lender.

إهـــداء

أهــدى هذا الكتاب إلى

روح والدىَّ: أبى وأمى وجميع أجدادى وجداتى

كما أهديه إلى

زوجتى وجميع أولادى وأحفادى

أ. د/ محمود خيرى محمد محمود

شكر وتقدير

أقدم عظيم شكرى وتقديرى واحترامى للسادة علماء وزارة الزراعة الأمريكية (USDA)، إدارة خدمة صيانة الموارد الطبيعية (NRCS) لدعمهم وموافقتهم على ترجمة ونشر هذا الكتاب، وأخص بالذكر:

Dr. David Hoover, Director of USDA-NRCS National Soil Survey Center,

Dr. Curtis Monger, National Leader for Soil Survey Standards,

Dr. Moustafa Elrashidi, Research Soil Scientist, and

Roy Vick, Associate Director for Operations.

وأقدم التحية والشكر والتقدير والعرفان لكل من علمنى حرفا، وأخص بالذكر أساتذتى وزملائى فى جميع مراحل التعليم بالمدارس، وكليات الزراعة، وقسم بحوث حصر وتصنيف الأراضى، ومعهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة، ومركز البحوث الزراعية، والمركز القومى للبحوث، ومعهد ITC بهولندا.

وأقدم شكرى وتقديرى للأستاذ الدكتور/ محمود كامل محمد ناصف، بقسم بحوث حصر وتصنيف الأراضى، على مجهوده العظيم فى كتابة وتنسيق هذا الكتاب.

وأقدم شكرى وتقديرى للأستاذة الدكتورة/ فوقية لبيب بهنا، أستاذ الأراضى بالمركز القومى للبحوث، لمراجعتها، وملاحظاتها القيمة، التى حسنت من هذا العمل.

وأتقدم بالشكر والتقدير للأستاذ الدكتور/ عبد اللطيف دياب، بوحدة الاستشعار عن بعد بمعهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة، على مراجعته للباب الخامس من هذا الكتاب.

وأرجوا الله أن يساهم ذلك العمل فى رفعة وتقدم ورخاء وازدهار مصرنا الحبيبة وجميع الدول.

والحمد لله أولا وآخرا، والشكر لله ولوالدىّ.

أ. د/ محمود خيرى محمد محمود

رئيس بحوث متفرغ- قسم بحوث حصر وتصنيف الأراضى

معهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة- مركز البحوث الزراعية

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى- جمهورية مصر العربية

القاهرة فى 2022

(Table of Contents) جدول المحتويات

فهرس الأشكال (List of Figures)
فهرس الجداول (List of Tables)
مقدمة الإصدار الرابع (Introduction to the Fourth Edition) 1
الهدف (Purpose) 1
الحاجة إلى إضافات ومراجعات (Need for Additions and Revisions) 2
الوصول عبر الإنترنت (Online Access) 4
الاقتباس والتأليف (Citation and Authorship) 4
شكر وتقدير (Acknowledgements) 5
References 5
الباب الأول: التربة وحصر الأراضى (Soil and Soil Survey) 6
حصر الأراضى- التعريف والوصف (Soil Survey—Definition and Description) 6
المفاهيم المبكرة للتربة (Early Concepts of Soil) 7
التطور المبكر لتصنيف التربة (Early Development of Soil Classification) 10
المفهوم الحديث للتربة (Modern Concept of Soil) 10
تطور تصنيف التربة (Development of Soil Taxonomy) 11
المؤسسة العلمية لحصر الأراضى (Scientific Foundation of Soil Survey) 12
تطور حصر الأراضى فى الولايات المتحدة (Development of the Soil Survey in the U.S.) 14
References 18
الباب الثانى: وصف الهيئات الطبيعية والجيومورفولوجى والموقع (Landscapes, Geomorphology, and Site Description) 20
مقدمة (Introduction) 20
التقاط العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية بمقاييس مختلفة (Capturing Soil-Landscape Relationships at Various Scales) 22
وضع العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية فى سياقها الصحيح (Placing Soil-Landscape Relationships in Their Proper Context) 23
وصف الهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية والجيومورفولوجيا باستمرار (Consistently Describing Landscapes, Landforms, and Geomorphology) 26
مادة الأصل (Parent Material) 44
الصخر الأصلى (Bedrock) 53
الوحدات الصخرية (Lithostratigraphic Units) 55
الانجراف (Erosion) 56
الغطاء الأرضى (Land Cover) 61
النباتات الطبيعية (Vegetation) 62
المواقع البيئية (Ecological Sites) 62
الحصر المتكامل للموارد الطبيعية (Integrated Natural Resource Inventories) 63
References 63
الباب الثالث: فحص ووصف قطاعات التربة (Examination and Description of Soil Profiles) 66
مقدمة (Introduction) 66

المصطلحات العامة المستخدمة لوصف التربة (General Terms Used to Describe Soils) 67
دراسة أجسام التربة (Studying Pedons) 69
تسميات الآفاق والطبقات (Designations for Horizons and Layers) 72
المناطق الفرعية قرب السطح (Near Surface Subzones) 86
العمق المحدد للجذور (Root Restricting Depth) 90
التوزيع الحجمي للحبيبات (Particle Size Distribution) 91
قوام التربة (Soil Texture) 92
قطع الصخور وشبه الصخور (Rock Fragments and Pararock Fragments) 100
القطع الأثرية (Artifacts) 105
معدلات القوام المركب (Compound Texture Modifiers) 108
القطع على السطح (Fragments on the Surface) 108
لون التربة (Soil Color) 111
بناء التربة (Soil Structure) 119
المظاهر الداخلية لأسطح وحدات البناء والفراغات (Internal Ped and Void Surface Features) 125
التجمعات الثانوية (Concentrations) 128
الكربونات الثانوية (Pedogenic Carbonates) 133
المظاهر المورفولوجية للأكسدة والاختزال (Redoximorphic Features) 135
التماسك (Consistence) 138
الجذور (Roots) 145
المسام (Pores) 147
الحيوانات (Animals) 149
خصائص كيميائية مختارة (Selected Chemical Properties) 149
ماء التربة (Soil Water) 155
حرارة التربة (Soil Temperature) 171
References 172
الباب الرابع: مفاهيم رسم خرائط التربة (Soil Mapping Concepts) .....
عملية رسم خرائط التربة (Soil Mapping Process) 176
العمليات والمعدات الحقلية (Field Operation and Equipment) 180
تعريف التربة وتصنيفها (Soil Identification and Classification) 183
وحدات خريطة التربة (Soil Map Units) 185
أنواع وحدات الخريطة (Kinds of Map Units) 190
المكونات الثانوية ضمن وحدات الخريطة (Minor Components Within Map Units) 191
تصميم وتوثيق وحدات الخريطة (Designing and Documenting Map Units) 194
تسمية وحدات الخريطة (Naming Map Units) 197
مستويات حصر الأراضي (Orders of Soil Surveys) 198
خطوات الارتباط (Correlation Steps) 204
مراقبة وضمان الجودة (Quality Control and Quality Assurance) 206
السجلات والتوثيق (Records and Documentation) 207
كتاب التربة (Soil Handbook) 209
خرائط تربة منتجة بطرق أخرى (Soil Maps Made by Other Methods) 213

البيانات الداعمة (Supporting Data) 214
References 214
الباب الخامس: رسم الخرائط الرقمية للتربة (Digital Soil Mapping) .....
المبادئ والمفاهيم (Principles and Concepts) 216
المراحل والعمليات (Stages and Processes) 218
تطبيقات رسم الخرائط الرقمية للتربة (Applications of Digital Soil Mapping) 250
الملخص (Summary) 253
References 253
الباب السادس: أدوات استشعار التربة عن قرب (Tools for Proximal Soil Sensing) .....
مقدمة (Introduction) 263
الطرق الجيوفيزيائية الشائعة (Common Geophysical Methods) 264
طرق الاستشعار عن قرب الأقل شيوعا (Less Common Proximal Sensing Methods) 277
References 285
الباب السابع: جمع بيانات حصر الأراضى وإدارتها ونشرها (Soil Survey Data Collection, Management, and Dissemination 293
مقدمة (Introduction) 293
المعالجة الآلية للبيانات فى حصر الأراضى (Automated Data Processing in Soil Survey) 294
تسجيل بيانات ومعلومات الحقل والمعمل (Recording Data and Information-Field and Lab) .. 296
نظم معلومات التربة (Soil Information Systems) 305
تاريخ إدارة بيانات التربة فى الولايات المتحدة (History of Soil Data Management in the U.S) .. 310
References 317
الباب الثامن: التفسيرات: تأثير خواص التربة على استخدامات الأراضى (Interpretations: The Impact of Soil Properties on Land Use) 318
مقدمة (Introduction) 318
النماذج التفسيرية (Interpretive Models) 320
نظام التفسير الأمريكى الحالى (Current U.S. Interpretive System) 322
وحدات الخريطة وتفسيرات التربة (Map Units and Soil Interpretations) 326
خصائص التربة التفسيرية (Interpretive Soil Properties) 328
خصائص التربة الديناميكية (Dynamic Soil Properties) 333
التطبيقات التفسيرية (Interpretive Applications) 334
تطبيق التفسيرات مساحيا (Areal Application of Interpretations) 346
References 348
الباب التاسع: تقييم خصائص التربة الديناميكية وتغير التربة (Assessing Dynamic Soil Properties and Soil Change) (DSPs) 350
أهمية خصائص التربة الديناميكية (Importance of DSPs) 350
كيفية جمع (DSPs) لحصر الأراضى (How to Collect DSPs for Soil Survey) 351
خطة جمع البيانات (Data Collection Plan) 355
تحليل بيانات خواص التربة الديناميكية (Analyzing Dynamic Soil Property Data) 361
ملخص DSPs فى حصر الأراضى (Summary of DSPs in Soil Survey) 364
References 364

الباب العاشر: حصر الأراضى تحت الماء (Subaqueous Soil Survey) 366
مقدمة (Introduction) 366
أخذ العينات والوصف والتشخيص والتصنيف (Sampling, Description, Characterization, and Classification) 367
علاقات التربة بالهيئات الطبيعية (Soil-Landscape Relationships) 371
طرق وإجراءات الحصر (Survey Methods and Procedures) 373
أهمية معلومات التربة تحت الماء (Significance of Subaqueous Soil Information) 375
References 376
الباب الحادى عشر: التربة التى تغيرت والتى نقلت بواسطة الإنسان (Human-Altered and Human-Transported Soils) 379
مقدمة (Introduction) 379
خلفية (Background) 381
الأهمية (Importance) 383
الحدوث (Occurrence) 384
التحديد (Identification) 384
الوصف (Description) 387
طرق وإجراءات الحصر (Survey Methods and Procedures) 388
وصف جسم التربة (Pedon Descriptions) 395
References 397
الملحقات (Appendices) 402
ملحق1: وصف سلسلة تربة رسمية (Official Soil Series Description) 402
سلسلة أولتون (Olton Series) 402
ملحق2: وصف تفصيلى لوحدة الخريطة (Detailed Map Unit Description) 407 407
أولتون طميية طينية، انحدار صفر إلى 1% (OcA—Olton clay loam, 0 to 1 percent slopes) 407
ملحق3: قاعدة بيانات توصيف حصر الأراضى الوطنى التعاونى (NCSS Soil Characterization Database) 409
ملحق4: موقع حصر الأراضى على شبكة الإنترنت (Web Soil Survey) 416
خرائط حصر الأراضى ومنتجات الخرائط (Soil Survey Maps and Map Products) 416

فهرس الأشكال (List of Figures)

شكل 2-1: فواصل حادة ومميزة واضحة بين الأشكال الأرضية على مسافات جانبية قصيرة 21
شكل 2-2: منحدر كويستا شديد فوق سهل رسوبى 24
شكل 2-3: رسم تخطيطى للتغير فى المكونات السطحية الخشنة على طول مقطع عرضى لانحدار شديد على كويستا فى مقاطعة كولبيرسون (Culbertson)، ولاية تكساس (Texas). 25
شكل 2-4: مقارنة خرائط رقمية بأحجام شبكة 60 x 60 m (يسار) و 10 x 10 m(يمين) توضح التفاصيل بدقة مختلفة. 25
شكل 2-5: صور تبين التغييرات فى تفسير درجة الانحدار متأثرة بدقة نموذج الارتفاع الرقمى (DEM) من LiDAR. 26
شكل 2-6: منظر عام لأراضى الوادى (canyonlands) فى سان رافائيل سويل (San Rafael Swell) بولاية يوتا (Utah) 28
شكل 2-7: أشكال أرضية لتل لوس (Loess hill) ووادى نهر (river valley) فى غرب ولاية أيوا (Iowa)، على طول نهر ميسورى (Missouri River). 29
شكل 2-8: مظاهر دقيقة (microfeatures) لروابى العشب (Turf hummocks) فى مرج رطب فى ولاية أوريجون (Oregon). 30
شكل 2-9: المحاجر مثال لشكل أرضى بشرى المنشأ 33
شكل 2-10: شرفات صيانة التربة مثال لمظهر دقيق بشرى المنشأ. 34
شكل 2-11: تأثير اتجاه الانحدار على الغطاء النباتى وبقاء شتلات الأشجار 35
شكل 2-12: انحدارات بسيطة مقابل انحدارات معقدة 36
شكل 2-13: انحدارات معقدة على منحدر تل من الصخور الرسوبية المتداخلة فى تلال وايلدكات، ولاية نبراسكا 36
شكل 2-14: اعتماد شكل الانحدر على مجموعات من انحناء السطح 38
شكل 2-15: رسم مجسم للمكونات الجيومورفولوجية للتلال 39
شكل 2-16: رسم ثلاثى الأبعاد للمكونات الجيومورفولوجية للشرفات والأشكال الأرضية المتدرجة 40
شكل 2-17: رسم ثلاثى الأبعاد للمكونات الجيومورفولوجية للجبال 41
شكل 2-18: رسم ثلاثى الأبعاد للمكونات الجيومورفية للسهول المسطحة 41
شكل 2-19: برك مياه فى المنخفضات الدقيقة فى أراضى Vertisols التى تظهر gilgai. 42
شكل 2-20: الرسوم التوضيحية والمصطلحات الوصفية لنظم الصرف. 43
شكل 3-1: حفرة تربة ضحلة ذات وجه تم تنظيفه وإعداده لوصف قطاع التربة 70
شكل 3-2: منظر أفقى لكتلة (fragipan) من تربة فى ولاية تينيسى (Tennessee). 71
شكل 3-3: تربة بها طبقة جليدية متجمدة بشكل دائم بين أعماق 60 و 130 سم. 76
شكل 4-3: أمثلة لأقسام طبوغرافية الحدود بين الآفاق 87
شكل 5-3: خمسة أنواع من المناطق الفرعية قرب السطح 88
شكل 6-3: العلاقات بين أقسام حجم الحبيبات لنظام وزارة الزراعة الأمريكية وأربعة أنظمة أخرى 92
شكل 7-3: مثلث القوام الأمريكى مبينا النسب المئوية للطين والسلت والرمل للأقسام الـ 12 الأساسية 95
شكل 8-3: تربة فيها الطبقات تحت عمق حوالى 20 سم رمل طميى very cobbly 103
شكل 9-3: منطقة تربة جلمودية (class 1) 109
شكل 10-3: منطقة تربة جلمودية جدا (class 2) 109
شكل 11-3: منطقة تربة جلمودية للغاية (class 3). 110
شكل 12-3: منطقة تربة rubbly (class 4) 110

شكل 3-13: منطقة تربة very rubbly (class 5)..... 111
شكل 3-14: ترتيب رقائق الألوان حسب القيمة والصفاء على بطاقة لون التربة hue 10YR. 113
شكل 3-15: رسم تخطيطى يبين العلاقات بين درجة وقيمة وصفاء اللون فى نظام مانسل..... 113
شكل 3-16: أمثلة أنواع بناء التربة..... 120
شكل 3-17: بناء تربة منشورى 121
شكل 3-18: وحدات بناء كتلى حاد الزوايا 122
شكل 3-19: شقوق عكسية كبيرة عبر الأفق تمتد من السطح إلى تحت التربة الطينية..... 125
شكل 3-20: أغلفة طين لامعة تغطى سطح وحدة بناء 126
شكل 3-21: حبيبات رمل مغلفة ومربوطة بالطين..... 126
شكل 3-22: أسطح منزلقة بارزة فى أفق Bss لتربة Vertisol 127
شكل 3-23: تجمعات كربونات كالسيوم ثانوية (أجسام بيضاء تحت عمق حوالى 60 سم) فى أفق جيرى لأراضى Aridisol 129
شكل 3-24: تربة بها منطقة مبقعة بشكل شبكى بالبلينتيت تحت عمق 2 قدم..... 130
شكل 3-25: مجموعة من بللورات الجبس (selenite) فى أراضى Aridisol 131
شكل 3-26: رسم تخطيطى لمورفولوجيا الكربونات التشخيصية للمراحل الأربع الرئيسية لتراكم الكربونات فى تسلسلين 135
شكل 3-27: مظاهر أكسدة واختزال تتكون من تركيز أكسدة واختزال ككتلة حديد ونضوب الحديد 137
شكل 3-28: اختبار حقلى لطريقة الفشل على تربة متوسطة السيولة 144
شكل 3-29: تركيزات جاروسيت تكونت بسبب الأكسدة فى تربة مستنقعات مجففة تحتوى كبريتيدات..... 155
شكل 3-30: منحنى نموذجى لأفق متوسط القوام وعلاقة حدود قسم حالة المياه بمحتويات الماء المحددة من منحنى الامتصاص 160
شكل 3-31: أقسام الكثافة الظاهرية: منخفضة ومتوسطة وعالية..... 168
شكل 3-32 : اعتماد درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع على علاقات الكثافة الظاهرية والقوام..... 169
شكل 4-1: مجس هيدروليكى مركب على شاحنة 181
شكل 4-2: حفرة حفار وتدابير السلامة فى الخنادق العميقة..... 182
شكل 4-3: شرح أجسام التربة المتعددة..... 184
شكل 4-4: ثلاث صور لمنطقة تتوافق مع تعريف مركب التربة..... 192
شكل 4-5: رسم تخطيطى مجسم يوضح علاقة التربة فى مجمع مونونا-إيدا-جودسون فى الخريطة العامة للتربة لمقاطعة وودبرى (Woodbury)، ولاية آيوا (Iowa). 193
شكل 4-6: رسم بيانى يوضح أن ارتباط التربة عملية مستمرة 205
شكل 5-1: مقارنة النطاقات الطيفية لأجهزة الاستشعار الشائعة بأطياف الانعكاس للمواد الشائعة 224
شكل 5-2: مخطط انسيابى يوضح الخطوات العامة فى اختيار المتغيرات البيئية 234
شكل 5-3: تمثيل مبسط لمواقع أخذ العينات كما هو محدد بواسطة تصميمات عينات عشوائية بسيطة ومنتظمة وعشوائية طبقية وعشوائية متعددة المراحل 236
شكل 5-4: مقارنة طرق أخذ العينات العشوائية البسيطة والطبقية و cLHS عبر نطاق بيانات متغير درجة الانحدار 237
شكل 5-5: تصنيف ISODATA غير الخاضع للإشراف لكل من التضاريس ومشتقات البيانات الطيفية فى مقاطعة إمرى (Emery) الشرقية، ولاية يوتا (Utah). 239
شكل 5-6: تمثيل مبسط لتصنيف صلب (يسار) وتصنيف غامض (يمين) 240
شكل 5-7: تصنيف خاضع للإشراف لصورة لاندسات لمنطقة على طول الشاطئ الشرقى لبحيرة الملح الكبرى،

يوتا 241
شكل 5-8: منتج من تصنيف هرمى شجرى القرار قائم على المعرفة لأربعة أقسام 243
شكل 5-9: تصنيف باستخدام طريقة الغابات العشوائية لأنواع مادة الأصل فى منطقة قوارب حد المياه البرية، ولاية مينيسوتا 244
شكل 5-10: الاستيفاء باستخدام kriging العادى لتركيز بوتاسيوم التربة فى وادى مدينة سولت ليك، ولاية يوتا 246
شكل 5-11: دليل الارتباك للتنبؤ بفئة تربة على مسافة 300 ك م 2 تقريبًا فى حوض النهر المسحوق، ولاية وايومنج 249
شكل 5-12: مثال فواصل التنبؤ وعرض فاصل التنبؤ لعمق التربة إلى طبقة مقيدة تزيد مساحتها عن 50 كم^2 فى مقاطعة سان جوان، ولاية يوتا 250
شكل 5-13: مثال على تفصيل SSURGO فى ولاية فرجينيا الغربية 251
شكل 6-1: نظام GPR نموذجى 265
شكل 6-2: سجل رادار يُظهر آفاقً spodic، argillic جيدًا فى تربة Pomona فى شمال وسط فلوريدا..... 266
شكل 6-3: سجل رادار يُظهر انقطاعًا يفصل غطاء طميى ريحى عن ترسيب رملى جليدى فى جنوب رود آيلاند. 267
شكل 6-4: سجل رادار مصحح للتضاريس فيه يوفر مستوى الماء الأرضى عاكسًا عالى السعة فى حقل كثبان رملية فى إنديانا (Indiana). 267
شكل 6-5: تسجيل رادار لمنطقة تربة فريتاون يوضح سمك مواد التربة العضوية تغطى انجرافا جليديا خشن القوام 268
شكل 6-6: ثلاثة عدادات توصيل أرضى متاحة تجاريا تستخدم فى فحص التربة 270
شكل 6-7: تباين مكانى فى EC_a خلال 150 سم العليا من قطاعات التربة فى موقع شمال ولاية تكساس..... 272
شكل 6-8: اختلافات مكانية فى EC_a خلال 150 سم العليا لخمسة أنواع تربة شمال أيوا 273
شكل 6-9: توزيع EC_a مكانى عبر حقل مزروع شمال وسط مونتانا 273
شكل 6-10: نظام رسم خرائط EC_a للتربة مكون من ستة أقطاب كهربائية خلف مركبة خدمات فى حقل بقايا ذرة 275
شكل 6-11: خرائط توصيل كهربائى ظاهرى أعدت من بيانات أعماق ضحلة وعميقة فى غرب وسط إلينوى ... 276
شكل 6-12: نظام مقاومة اقتران مستحث بالسعة شائع 277
شكل 6-13: التوصيل الكهربائى لأعماق قطاع تربة من قطعة أرض اختبار زراعية فى جامعة ولاية أوهايو..... 277
شكل 6-14: الحصر المغناطيسى باستخدام مقياس تدرج بخار السيزيوم مدمج مع مستقبل نظام تحديد المواقع العالمى 278
شكل 6-15: جهاز طيف XRF محمول 280
شكل 6-16: مجس مزود بأجهزة استشعار ومقياسى طيف 281
شكل 6-17: جهاز استشعار أشعة جاما سلبية مركب على سيارة 282
شكل 6-18: آلية أخذ العينات لنظام قطر يرسم فى نفس الوقت خريطة pH والتوصيل الكهربائى الظاهرى للتربة 284
شكل 7-1: نموذج وصف بيدون قياسى 300
شكل 7-2: نموذج تخيلى يوضح العلاقات ودرجة تعميم البيانات بين مقاييس ومنتجات الخرائط المختلفة 304
شكل 7-3: رسم توضيحى للعدد المتزايد لمستخدمى تطبيق NRCS's Web Soil Survey (WSS) 306
شكل 8-1: دالة العضوية للنسبة المئوية للانحدار لتفسير نمط المعوق 323
شكل 8-2: رسوم بيانية تمثل أنماط الصلاحية الأساسية الثلاثة 324
شكل 8-3: رسم تخطيطى لقاعدة أصلية افتراضية للمساكن ذات الطوابق السفلية 325

شكل 8-4: خريطة تربة تبين توزيع الوحدات الخرائطية على الهيئة الطبيعية وخريطة تفسيرية توضح محددات الطرق والشوارع المحلية 347
شكل 8-5: إطار تصورى لتفسير التربة على أساس البيانات النقطية 348
شكل 9-1: العلاقة بين وظائف التربة وبعض الخصائص الديناميكية 351
شكل 9-2: قطاع عرضى معمم لهيئة طبيعية للتربة قرب أوليفيا، ولاية مينيسوتا 354
شكل 9-3: وثائق من مشروع Georgia Longleaf Pine Dynamic Soil Property..... 356
شكل 9-4: مثال موضع بيدون لموقع مزدوج فى مقاطعة دودج، ولاية نبراسكا..... 357
شكل 9-5: مثال لتعليمات تفصيلية لأخذ عينات من قطعة أرض لمشروع DSP للمراعى بولاية يوتا..... 359
شكل 9-6: علاقة بيانات خصائص التربة الديناميكية بالمواقع البيئية وتفسيرات التربة وبيانات الملاحظة..... 361
شكل 9-7: خصائص التربة الديناميكية لعينات من 0 إلى 2 سم لمشروعى DSP للكربون العضوى للتربة مقاسا ككربون كلى وتجمعات ثابتة فى الماء..... 363
شكل 10-1: قارب عائم يستخدم لأخذ عينات التربة تحت الماء..... 368
شكل 10-2: معدات vibracore أخذ عينات..... 368
شكل 10-3: برميل قلب وماسك 369
شكل 10-4: قلب أخذ عينات تحت الماء 370
شكل 10-5: pH تحضين لثلاثة آفاق من Fluventic Sulfiwassent..... 370
شكل 10-6: أمثلة وحدات هيئة طبيعية تحت الماء عبر بحيرة ساحلية 372
شكل 10-7: علاقات التربة بالهيئة الطبيعية عبر بحيرة ساحلية فى رود آيلاند وكونيكتيكت 372
شكل 10-8: منتج GPR لبحيرة مياه عذبة بمواد عضوية سميكة 375
شكل 11-1: مجمع مقلب قمامة فى ولاية فرجينيا 380
شكل 11-2: ماتشو بيتشو (Machu Picchu)، بيرو (Peru)..... 381
شكل 11-3: قطاع سلسلة تربة لاجواردیا يظهر قطع أثرية فى ترسيبات متعددة من مواد منقولة بواسطة الإنسان 382
شكل 11-4: منظر الحضارة الرومانية القديمة..... 383
شكل 11-5: محطة ماكموردو (McMurdo)، القارة القطبية الجنوبية (Antarctica) 385
شكل 11-6: قطاع سلسلة تربة Ladyliberty..... 397
شكل A-1: قطاع سلسلة تربة Olton 406
شكل A-2: خريطة تربة منطقة فى السهول الجنوبية المرتفعة غرب تكساس وشرق نيو مكسيكو 416
شكل A-3: المصطلحات والرموز التقليدية الموجودة على خريطة التربة..... 417
شكل A-4: خريطة درجات القدرة الإنتاجية..... 419
شكل A -5: خريطة توضح مجموعات التربة الهيدرولوجية..... 420
شكل A -6: خريطة تبين المواقع البيئية 421
شكل A-7: المجتمع فى الموقع البيئى Deep Hardland (R077CY022TX) هو Shortgrass/blue gramma..... 421
شكل A -8: نموذج الحالة والانتقال يظهر مسارات وأسباب التغير فى المجتمعات النباتية 422

فهرس الجداول (List of Tables)

جدول 2-1: الموقع الفيزيوجرافى والمقياس النسبى (بترتيب تنازلى) وأمثلة فى الولايات المتحدة 28
جدول 2-2: البيئات والعمليات الجيومورفية البارزة فى الولايات المتحدة وأمثلة 31
جدول 2-3: تعريفات أقسام الانحدار 37
جدول 2-4: مصطلحات مكونات الشكل الجيومورفى للتلال 39
جدول 2-5: مصطلحات المكونات الجيومورفية للشرفات والأشكال الأرضية المتدرجة 40
جدول 2-6: مصطلحات المكونات الجيومورفولوجية للجبال 40
جدول 2-7: مصطلحات المكونات الجيومورفية للسهول المسطحة 40
جدول 2-8: أنواع ترسيبات الانهيارات الأرضية 50
جدول 2-9: المجموعات العامة لمواد الأصل بناءً على العملية الجيومورفية أو الإعداد 52
جدول 2-10: وحدات الطبقات الصخرية وترتيبها الهرمى وتعريفها 56
جدول 2-11: أنواع الانجراف المتسارع 57
جدول 2-12: أقسام درجات الانجراف المتسارع 60
جدول 3-1: مجموعات قوام التربة العامة 96
جدول 3-2: مصطلحات قطع الصخور وشبه الصخور 101
جدول 3-3: مرشد لتحديد معدل القطع الصخرية لقوام التربة بها خليط من أحجام القطع الصخرية 103
جدول 3-4: درجات الأحجار والجلاميد السطحية من حيث الغطاء والتباعد 111
جدول 3-5: مصطلحات درجات تباين اللون ومعاييرها 117
جدول 3-6: مصطلحات أقسام حجم وحدات أنواع بناء تربة مختلفة 122
جدول 3-7: درجات مقاومة العينات شبه الكتل للتمزق 139
جدول 3-8: درجات مقاومة التمزق المستخدمة لتحطيم عينات شبه طبقية 141
جدول 3-9: درجات المرونة 141
جدول 3-10: درجات المتانة 142
جدول 3-11: درجات اللزوجة 142
جدول 3-12: درجات طريقة الفشل 143
جدول 3-13: درجات مقاومة الاختراق 144
جدول 3-14: درجات صعوبة الحفر 145
جدول 3-15: مصطلحات درجات التفاعل ونطاقاتها فى pH 151
جدول 3-16: مصطلحات درجات الفوران 151
جدول 3-17: مصطلحات درجات الملوحة 153
جدول 3-18: أقسام تكرار ومدة الغمر (فيضان أو برك) 156
جدول 3-19: أقسام حالة الماء 157
جدول 3-20: أقسام الماء الحر الداخلى 162
جدول 3-21: مثال على النمط السنوى لحالة المياه 164
جدول 3-22: درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع 166
جدول 3-23: حدود درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع بالوحدات المكافئة 167
جدول 4-1: أنواع مكونات وحدة الخريطة المستخدمة فى حصر الأراضى 187
جدول 4-2: المناطق المتنوعة المستخدمة كمكونات وحدة الخريطة 189
جدول 4-3: الأطوار الأكثر استخدامًا فى تسمية وحدات خريطة التربة 198

جدول 4-4: مفتاح تحديد مستويات حصر الأراضى 199
جدول 4-5: التطبيقات الرئيسية لمعاييرحصر الأراضى 207
جدول 5-1: سمات التضاريس الأساسية والمركبة المستخدمة فى الخرائط الرقمية للتربة..... 229
جدول 5-2: نسب النطاقات الطيفية المستخدمة فى رسم خرائط التربة الرقمية..... 231
جدول 5-3: مصفوفة الارتباك لثلاث فئات من تحت مجموعات تربة نموذجية..... 247
جدول 6-1: طرق استشعار التربة عن قرب وتطبيقها الأساسى فى حصر الأراضى 264
جدول 8-1: خصائص التربة التفسيرية ودرجات المحددات لحقول خزانات امتصاص الصرف الصحى 321
جدول 8-2: قيم الخصائص التفسيرية المطبقة لأنظمة الصرف الصحي لمكون Aksarben..... 322
جدول 8-3: التصنيفات المحددة للطرق والشوارع المحلية لوحدة خريطة Albrights (AbB) 347
جدول 9-1: عناصر بيانات مشروع DSP التي يتم جمعها على مستوى الموقع..... 358
جدول 9-2: عناصر بيانات مشروع DSP التى تجمع فى البيدون؛ من أماكن متعددة..... 359
جدول 9-3: قياسات خصائص التربة الديناميكية على عينات فردية 360
جدول 11-1: تصنيف تحت المجموعات ومفاهيم تربة HAHT 392
جدول 11-2: مصطلحات تصنيف عائلات التربة ومفاهيم HAHT..... 392
جدول A-1: بيانات التوصيف الأولية 410
جدول A-2: بيانات التوصيف التكميلية..... 414
جدول A-3: رموز وأسماء وحدات خريطة التربة للمنطقة..... 417
جدول A -4: طرق التجميع 418
جدول A-5: الخصائص والتصنيفات الهندسية..... 423
جدول A-6: الخصائص الكيميائية للتربة 423

مقدمة الإصدار الرابع (Introduction to the Fourth Edition)

By Craig Ditzler, Kenneth Scheffe, and H. Curtis Monger, USDA–NRCS.

يقدم دليل حصر الأراضى (Soil Survey Manual, USDA Handbook No. 18) المبادئ والممارسات الرئيسية اللازمة لإجراء عمليات الحصر ، وتجميع واستخدام البيانات المتعلقة بها. ويستخدم مصطلح حصر الأراضى (soil survey) هنا ليشمل عمليات رسم ووصف وتصنيف وتفسير أجسام التربة ثلاثية الأبعاد على الهيئة الطبيعية (landscape).

ويتم إنجاز هذا العمل فى الولايات المتحدة الأمريكية بواسطة الحصر التعاونى الوطنى للتربة (National Cooperative Soil Survey) وبواسطة منظمات أخرى مماثلة فى جميع أنحاء العالم. ويوفر هذا الدليل الإرشادات والمنهجية والمصطلحات اللازمة لإجراء الحصر، ولكنه لا ينقل بالضرورة السياسات والبروتوكولات المطلوبة لإدارة عمليات الحصر. وتحتوى أجسام التربة على سلسلة من الآفاق والطبقات يمكن تحديدها وتحدث فى أنماط متكررة فى الهيئات الطبيعية نتيجة لعوامل تكوين التربة كما وصفها دوكوتشايف (Dokuchaev, 1883) وجينى (Jenny, 1941). ويكتسب علماء التربة فهم عوامل تكوين الأراضى فى مناطقهم، إلى جانب التعبير الناتج من تفاعلهم مع التربة، وبالتالى يصبحون قادرين على عمل خرائط للأجسام الطبيعية للتربة بكفاءة عالية (Hudson, 1992). وترتبط خرائط أجسام التربة بخرائط خصائص التربة الفردية، مثل المواد العضوية أو الرقم الهيدروجينى، ولكنها تختلف عنها. ويتم عمل خرائط الخصائص الفردية عن طريق أخذ العينات وعمل النماذج الإحصائية لإظهار اختلاف هذه الخصائص عبر الهيئات الطبيعية.

الهدف (Purpose)

هذا الدليل مطلوب أساسا لاستخدامه بواسطة علماء التربة المشاركون فى إجراء حصر الأراضى. وهو مرجع هام لعلماء التربة خاصة فى وقت مبكر من بداية حياتهم المهنية حيث يتعلمون العديد من الجوانب المعقدة لإجراء حصر الأراضى. كما أنه مرجع مهم لخبراء حصر الأراضى الذين يرغبون فى مراجعة التفاصيل المتعلقة بالعديد من المعايير المستخدمة فى حصر الأراضى. على سبيل المثال، يحتوى الباب الثالث، "فحص ووصف قطاعات التربة"، على المقدمة والمصطلحات والتعريفات الخاصة بصفات التربة المحددة التى تستخدم عند وصف قطاعات التربة فى الحقل. كما يحتوى الدليل على معلومات شاملة تصف كل خاصية تربة والإجراءات المناسبة لرصدها أو قياسها فى الحقل. ولذلك، يعد الدليل مصاحبًا مهمًا لمراجع حصر الأراضى الأخرى، مثل دليل حصر الأراضى الوطنى (National Soil Survey Handbook, USDA-NRCS, 2016)، وكتاب الحقل لوصف التربة وأخذ العينات منها (Schoeneberger and Wysocki, 2012) ، ومفاتيح تصنيف التربة (Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014)).

ورغم أن الدليل موجه لاحتياجات المشاركين بنشاط فى إعداد حصر الأراضى، فالعاملون والطلاب الذين لديهم خبرة محدودة فى علوم التربة أو أقل دراية بعملية حصر الأراضى يكونون أيضا قادرين على استخدام هذه المعلومات. وسيجد المعلمون والباحثون والطلاب فى علوم التربة والتخصصات ذات الصلة، خاصة المهتمون بعلم البيدولوجى، ومورفولوجيا وجغرافية التربة، والبيئة، والجيومورفولوجى، وعلم حصر الأراضى، هذا الدليل مفيدًا. ويمكن لمتخصصى الموارد، مثل علماء الأراضى الرطبة، والغابات، والمهندسين الزراعيين، وغيرهم ممن يستخدمون حصر الأراضى فى عملهم، الرجوع إلى الدليل لفهم كيفية إجراء حصر الأراضى بشكل أفضل وكيفية تفسير المعلومات الفنية التى يقدمونها. وقد تم اختيار أجزاء من الدليل بواسطة علماء التربة فى القطاع الخاص كمعايير، وخاصة تلك المتعلقة بوصف التربة فى الحقل والخصائص التى تؤخذ فى الاعتبار عند التنبؤ بسلوك التربة فى ظل استخدام معين. وقد أثبت دليل حصر الأراضى أنه مصدر مهم للمعلومات للوكالات الحكومية والمنظمات غير

الحكومية والمتخصصين فى الموارد بالقطاع الخاص فى البلدان الأخرى المشاركة فى مشروعات حصر الأراضى. ونظرًا لأنه يصف جميع جوانب عملية حصر الأراضى، فهو دليل مهم لتطوير المقترحات لإجراء الحصر وإنشاء خطط تفصيلية للمشروعات فى أماكن أخرى من العالم. ويعتبرالدليل بمثابة وثيقة إرشادية لأنشطة الحصر التعاونى الوطنى للتربة (NCSS)، وهو مشروع تعاونى بوزارة الزراعة الأمريكية، ويتضمن الوكالات الفيدرالية والوكالات الأخرى للولايات والجامعات والمنظمات غير الحكومية وعلماء التربة بالقطاع الخاص المهتمين بإجراء حصر الأراضى و / أو تفسير واستخدام معلومات الحصر. والهيئة الفيدرالية الأصلية لحصر أراضى الولايات المتحدة واردة فى سجل الكونجرس الثالث والخمسين، الفصل 169، قانون المخصصات الزراعية لعام 1896. وتم تفصيل الهيئة فى القانون العام 46-74، وقانون الحفاظ على التربة الصادر فى 27 أبريل 1966، ومرة أخرى فى القانون العام 560-89، وحصر الأراضى لتخطيط وتنمية الموارد، 7 سبتمبر 1966. والدليل هو المرجع الأساسى فى المبادئ والتفاصيل الفنية المستخدمة بواسطة المساهمين المحليين وفى الولايات وفى الحكومة الفيدرالية فى حصر الأراضى المصرح بها بموجب هذه القوانين.

الحاجة إلى إضافات ومراجعات (Need for Additions and Revisions)

منذ طباعة الإصدار الثالث من الدليل عام 1993 ، حدثت تغييرات كبيرة تؤثر على طرق إجراء حصر الأراضى. ويتم الآن فى الولايات المتحدة، التركيز بشكل أكبر على حفظ وتحديث حصر الأراضى المنجز سابقًا. ولهذا السبب، يقوم بعض علماء التربة بتقييم وتحسين الحصر الموجود بدلاً من إجراء حصر جديد. وقد أدى الاستخدام الواسع لتكنولوجيا الكمبيوتر، فى كل من المكتب والحقل، إلى انتشار مصادر البيانات الإلكترونية، بما فى ذلك نماذج الارتفاع الرقمية (DEMs)، واكتشاف الضوء وتحديد المدى (LiDAR)، والخرائط الجيولوجية الرقمية وخرائط الغطاء النباتى، وبيانات الاستشعار عن بعد الطيفية. وقد سمحت مصادر البيانات الإلكترونية، إلى جانب نماذج الكمبيوتر التى تلتقط وتطبق معرفة تفاعل عوامل تكوين للتربة، لعلماء التربة بإتمام عملية رسم خرائط التربة جزئيًا، وفى حالات قليلة تمامًا. وكان لهذا تأثير مهم على قدرة العلماء على تشكيل وتوثيق نماذج علاقات الهيئات الطبيعية بالتربة المستخدمة لإنتاج خرائط الحصر. كما أدى ذلك إلى تحسين وتناسق الخرائط المنتجة باستخدام هذه الأساليب. بالإضافة استخدام الأجهزة المستخدمة فى الاستشعار القريب لخصائص التربة، مثل الرادار المخترق للأرض والحث الكهرومغناطيسى، بشكل متزايد فى دراسات ميدانية خاصة لحصر الأراضى. كما يعطى اهتماما أكبر للتعرف على التأثيرات البشرية على التربة. وقد أدى ذلك إلى الحاجة إلى تطوير معايير جديدة لتسمية آفاق التربة التى غيرها الإنسان، ومصطلحات جديدة لوصف المواد التى من صنع الإنسان (artifacts) فى قطاعات التربة، ومجموعات تصنيف جديدة. كما تم إجراء حصر للتربة على مدى واسع فى بيئات المياه الضحلة (subaquatic). وتم تطوير إجراءات ميدانية جديدة ومصطلحات وصفية وفئات تصنيفية لإجراء هذا العمل المبتكر.

وبسبب هذه التغييرات، كان من الضرورى إجراء مراجعة رئيسية للدليل. وتمت مراجعة عديد من الأجزاء، وإعادة كتابة بعض الأجزاء على نطاق واسع، كما أضيفت بعض الأقسام الجديدة. ويتضمن هذا الإصدار من دليل حصر الأراضى موضوعات جديدة تمامًا:

الباب الخامس: رسم الخرائط الرقمية للتربة (Digital Soil Mapping) يقدم عديد من المفاهيم والمبادئ التى تم تطويرها فيما يتعلق باستخدام أجهزة الكمبيوتر والتكنولوجيا الرقمية للمساعدة فى إجراء حصر الأراضى.

الباب السادس: أدوات استشعار التربة عن قرب (Tools for Proximal Soil Sensing)

يغطى التطورات الحديثة فى استخدام أدوات noninvasive للجمع السريع للمعلومات حول خصائص التربة.

الباب التاسع: تقييم خصائص التربة الديناميكية وتغير التربة

(Assessing Dynamic Soil Properties (DSPs) and Soil Change) يوفر معلومات مهمة لتوثيق خصائص التربة الرئيسية، خاصة فى الطبقات القريبة من السطح التى تتأثر بشكل كبير بممارسات الإدارة.

الباب العاشر: حصر التربة تحت الماء (Subaqueous Soil Survey) يغطى المجال المتخصص الناشئ لإجراء الحصر فى بيئات المياه الضحلة. ويثبت هذا العمل أنه ذو قيمة عالية لمديرى الموارد، خاصة فى البيئات الساحلية لمصبات الأنهار.

الباب الحادى عشر: التربة التى تغيرت والتى نقلت بواسطة الإنسان

(Human-Altered and Human-Transported Soils) يوفر إرشادات قيمة حول إجراء حصر الأراضى فى البيئات المتأثرة بشدة بفعل الإنسان.

وتعكس الملحقات (Appendices) الجديدة شكل ومحتوى معلومات حصر الأراضى التى يمكن الوصول إليها عبر الإنترنت فى الولايات المتحدة. ويتم الرجوع إليها فى أماكن مختلفة من العالم.

وتتضمن المراجعات المهمة الأخرى ما يلى:

الباب الثالث السابق: فحص ووصف التربة (Examination and Description of Soils) مقسم الآن إلى بابين: "الهيئات الطبيعية، الجيومورفولوجيا، ووصف الموقع" (الباب الثانى) و "فحص ووصف قطاعات التربة" (الباب الثالث). وهذا يفصل بشكل فعال تفاصيل وصف الهيئات الطبيعية والجيومورفولوجى وخصائص الموقع عن تفاصيل وصف قطاعات التربة. ويتضمن كلا البابين جميع التغييرات والإضافات للمصطلحات الفنية القياسية وتعريفاتها التى تم اعتمادها من قبل الحصر الوطنى التعاونى للتربة منذ النشر السابق للدليل.

الباب الثانى السابق: نظم توصيف التربة (Soil Systematics) والباب الرابع: تقنيات رسم الخرائط (Mapping Techniques) تم دمجهما وتنقيحهما فى الباب الرابع الجديد: مفاهيم رسم خرائط التربة (Soil Mapping Concepts) وقد تم حذف المعلومات الواردة فى الإصدار السابق عن الإجراءات التى عفا عليها الزمن (مثل استخدام أجهزة stereoscopes وأزواج الصور الجوية لتصور الأشكال الأرضية فى ثلاثة أبعاد ، و "فحص الألوان" لفحص الخرائط يدويًا من أجل الربط الصحيح للوحدات، واستخدام شبكات النقاط لتقدير الامتداد المساحى لوحدات الخريطة).

والباب الخامس: تسجيل وإدارة المعلومات (Information Recording and Management) والباب السابع: نشر معلومات حصر الأراضى (Disseminating Soil Survey Information) تم مراجعتهما وتحديثهما فى الباب السابع الجديد: جمع بيانات حصر الأراضى وإدارتها ونشرها (Soil Survey Data Collection, Management, and Dissemination). ويناقش الباب الجديد استخدام قواعد بيانات الكمبيوتر لتخزين وإدارة معلومات حصر الأراضى بشكل فعال بالإضافة إلى توفير المعلومات للمستخدمين النهائيين. ويتضمن أيضًا ملخصًا تاريخيًا لتطور نظام معلومات التربة الوطنى (NASIS) فى الولايات المتحدة. وقد يكون هذا الملخص مفيدًا لمن هم خارج الولايات المتحدة ممن يفكرون فى تطوير قاعدة بيانات مماثلة.

وقد تمت مراجعة الباب السادس السابق: التفسيرات (Interpretations) وتحديثه فى الباب الثامن الجديد: التفسيرات: تأثير خواص التربة على استخدامات الأراضى

(Interpretations: The Impact of Soil Properties on Land Use). ويصف أحدث الاستراتيجيات لجعل التفسيرات الحالية كمية أكثر وتوفير معلومات تفسيرية للاستخدامات المتوقعة.

الوصول عبر الإنترنت (Online Access)

نظرا إلى التغير التكنولوجى السريع، كانت هناك حاجة إلى المرونة لتوفير المعلومات فى الوقت المناسب. فبالإضافة إلى نسخة ورقية مجلدة من الدليل، يتم أيضًا توفيره على النت. وتتمتع النسخة الإلكترونية بوصول مناسب إلى المعلومات وتوزيعها، كما أنها تتيح خيار "طباعة عند الطلب" لأجزاء فردية أو المستند بأكمله. ويمكن للمستخدم عرض كل قسم من الدليل كباب مستقل أو عرض المستند ككل. وقد تم ترتيب الأقسام لتتوافق مع الترتيب الزمنى التقريبى للعمل المطلوب لإتمام الحصر. وللقارئ خيار التركيز على الأجزاء الفردية المهمة أو استكشاف الصورة الأكبر لإجراء مشروع حصر الأراضى من البداية إلى النهاية. وسيتم تضمين المعلومات الإضافية المكملة غير المتوفرة فى النسخة المطبوعة مع النسخة الإلكترونية.

الاقتباس والتأليف (Citation and Authorship)

أدرجت النسخة السابقة من دليل حصر الأراضى (Soil Survey Division Staff, 1993) المؤلف ببساطة على أنه فريق قسم حصر الأراضى (Soil Survey Division Staff). ومثلت محتويات الدليل المساهمات الجماعية لعديد من الأشخاص على مدى عدة عقود. وتستمر الطبعة الجديدة فى التعرف على المساهمين السابقين الذين لا حصر لهم من خلال تضمين طاقم قسم علوم التربة (Soil Science Divison Staff) كمؤلف للأبواب التى تحتفظ بأجزاء مهمة من الإصدار السابق. وتحتوى هذه الأبواب على معلومات تم استخدامها لعقود بالإضافة إلى معلومات جديدة تتعلق بالطرق المحسنة و/أو المصطلحات الجديدة. وبالنسبة للأبواب المحدثة، تم إدراج المؤلفين المسئولين عن المراجعات بالإضافة إلى طاقم قسم علوم التربة. وبالنسبة للفصول الجديدة تمامًا، يتم الاستشهاد فقط بالمؤلفين المساهمين الأفراد بالاسم. وقد تمت مراجعة المحتوى الفنى للدليل وتحريره بواسطة كريج ديتزلر (Craig Ditzler)، وكينيث شيف (Kenneth Scheffe)، وإتش كيرتس مونجر (H. Curtis Monger). وتمت مراجعة المحتوى باللغة الإنجليزية وتحريره بواسطة جينيفر ساذرلاند (Jennifer Sutherland) وآرون آخن (Aaron Achen).

الاقتباسات الموصى بها (Recommended Citations)

تزود الأبواب الفردية بالمؤلفين وعنوان الفصل. فمثلا:

Adamchuk, V.I., B. Allred, J. Doolittle, K. Grote, and R.A. Viscarra Rossel. 2017. Tools for proximal soil sensing. *In* C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.) Soil survey manual, USDA Handbook 18, Government Printing Office, Washington, D.C., pp. 355–394.

وبالنسبة للدليل كله:

Soil Science Division Staff. 2017. Soil Survey Manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.

شكر وتقدير (Acknowledgements)

قدم العلماء التالية أسماؤهم مساعدة قيمة فى تطوير ومراجعة هذا الإصدار من الدليل: تيم وارنر (Tim Warner)، جامعة غرب فيرجينيا (West Virginia University)؛ كولبى برونجارد (Colby Brungard)، جامعة ولاية نيو مكسيكو (New Mexico State University)؛ كاتى يوست (Katey Yoast)، دائرة الغذاء والتغذية بوزارة الزراعة الأمريكية (USDA Food and Nutrition Service)؛ كريستوفر دوريان (Christopher Dorian)، مستشار خاص (private consultant)؛ وموظفوا خدمة صيانة الموارد الطبيعية (Natural Resource Conservation Service employees) دبليو دواين دانيلز (W. Dwain Daniels)، وتونى جينكينز (Tony Jenkins)، وديلان بيوديت (Dylan Beaudette)، وجولى بيكر (Julie Baker)، وتامى أومهولتز (Tammy Umholtz)، وروبرت لونج (Robert Long)، وتوماس دى أفيلو (Thomas D'Avello)، وترافيس نومان (Travis Nauman)، وجيسيكا فيليب (Jessica Philippe)، وستيفن رويكر (Stephen Roecker).

References

Dokuchaev, V.V. 1883. Russian chernozem. (Translated from Russian by N. Kaner, 1967) Available from U.S. Department of Commerce, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, VA.

Hudson, B.D. 1992. The soil survey as a paradigm-based science. Soil Science Society of America Journal 56:836-841.

Jenny, Hans. 1941. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. McGraw Hill Book Company, New York, NY.

Schoeneberger, P.J., and D.A. Wysocki. 2012. Geomorphic Description System, version 4.2. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. National soil survey handbook, title 430-VI. Avaliable at: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054242 [Accessed 22 August 2016]

الباب الأول

التربة وحصر الأراضى

(Soil and Soil Survey)

By Soil Science Division Staff. Revised by Craig Ditzler and Larry West, USDA-NRCS.

يصف هذا الباب مصطلح حصر الأراضى (soil survey) فى سياق حصر الأراضى التعاونى الوطنى (National Cooperative Soil Survey (NCSS)) فى الولايات المتحدة. ويناقش تطور علم البيدولوجى ومفهوم التربة كجسم طبيعى ثلاثى الأبعاد تكون نتيجة تفاعل عوامل التكوين الخمسة. وتسمح الأنماط المتكررة التى تشكلت بها هذه الأجسام الطبيعية للتربة فى الهيئات الطبيعية لعلماء التربة بتطوير نماذج تنبؤ لعلاقة هذه الهيئات بالتربة، والتى تعمل كأساس علمى لإجراء حصر الأراضى. وفى نهاية هذا الباب يتم مناقشة معالم مهمة فى تطوير حصر الأراضى فى الولايات المتحدة.

حصر الأراضى- التعريف والوصف

(Soil Survey-Definition and Description)

يختص علم حصر الأراضى بوصف خصائص التربة فى منطقة معينة، وتصنف التربة وفقًا لنظام قياسى، ويتم توقيع حدود التربة على الخريطة، وتخزين معلومات خصائص التربة فى قاعدة بيانات منظمة، والتنبؤحول مدى ملاءمة كل تربة ومحدداتها لاستخدامات متعددة بالإضافة إلى استجابتها المحتملة لأنظمة الإدارة. وتساعد المعلومات التى يتم جمعها فى الحصر فى تطوير خطط استخدام الأراضى، كما يمكن استخدامها للتقييم والتنبؤ بتأثيرات استخدام الأراضى على البيئة.

وتتكون خريطة التربة من ترسيمات عديدة تبين موقع وانتشار أنواع التربة المختلفة. وتُعد كل الترسيمات التى لها نفس الرمز على الخريطة (على سبيل المثال، 34B) "وحدة خريطة". ويتم تسمية كل وحدة خريطة لتربة واحدة أو أكثر أو مناطق غير التربة (على سبيل المثال، شاربسبورج طميية سلتية (Sharpsburg silt loam)). وكل نوع من التربة أو غير التربة (على سبيل المثال، بروزات صخرية) والذى يشكل تركيب وحدة الخريطة هو مكون وحدة خريطة. انظر الباب الرابع لمناقشة كاملة لوحدات الخرائط ومكوناتها.

والتربة عبارة عن أجسام طبيعية ثلاثية الأبعاد تحتل جزءًا مميزًا من الهيئة الطبيعية. ولذلك تختلف خرائط حصر الأراضى عن الخرائط الأخرى التى تعرض خاصية واحدة أو بعض خصائص معينة للتربة أو معلومات بيئية أخرى. ويرتبط مفهوم حصر الأراضى على النحو المحدد لـ NCSS بالخرائط التى تبين توزيع خاصية تربة واحدة (مثل القوام أو الانحدار أو العمق) مفردة أو فى مجموعات محدودة؛ وخرائط توضح توزيع صفات التربة (مثل الإنتاجية أو القابلية للانجراف)؛ وخرائط عوامل تكوين التربة (مثل المناخ أو الطبوغرافية أو الغطاء النباتى أو المواد الجيولوجية)، ولكنه لا يشمل ذلك. وتحدد خريطة التربة المناطق التى تشغلها أنواع مختلفة، ولكل منها مجموعة فريدة من الخصائص المترابطة المميزة للمادة التى تكونت منها وبيئتها، وتاريخها الوراثى. ويتم تعريف التربة التى تم رسمها بواسطة NCSS بأسماء تستخدم كمراجع للنظام الوطنى لتصنيف التربة.

ويمكن استنتاج التوزيع الجغرافى لعديد من خصائص التربة أو صفاتها من خرائط التربة وعرضها على خرائط منفصلة لأغراض خاصة، مثل إظهار سلوك التربة المتوقع لاستخدام معين. ويمكن اشتقاق عديد من الخرائط التفسيرية من خريطة التربة، وتختلف كل واحدة من هذه الخرائط عن الخرائط الأخرى وفقًا للغرض منها. ونادرًا ما يمكن للخريطة المصممة لتفسير واحد أن تخدم أغرضًا أخرى مختلفة.

ويمكن إنتاج خرائط تُظهر خاصية واحدة أو أكثر من خصائص التربة مباشرةً من الملاحظات الحقلية دون عمل

خريطة أساسية للتربة. وتخدم هذه الخرائط أغراضا محددة ولكن لها قليل من التطبيقات الأخرى. ويمكن أيضًا رسم تنبؤات سلوك التربة مباشرةً؛ ومع ذلك، فإن معظم هذه التفسيرات تحتاج إلى تغييرها مع التغيرات قد تحدث فى استخدام الأراضى وفى البيئة الثقافية والاقتصادية. فعلى سبيل المثال، الخريطة التى تبين القدرة الإنتاجية للمحاصيل فى التربة الرطبة والمحرومة من الصرف تكون قيمتها قليلة بعد إنشاء أنظمة صرف. وإذا تم عمل خريطة التربة الأساسية بدقة، وتم جمع مجموعة واسعة من بيانات خصائص التربة وتخزينها فى قاعدة بيانات منظمة، يمكن مراجعة الخرائط التفسيرية حسب الحاجة دون عمل ميدانى إضافى. وعند التخطيط لحصر الأراضى، يجب التأكيد على هذه النقطة. وفى بعض الحالات، يتم إجراء عمليات حصر لأغراض محدودة، ربما بتكلفة أقل من تكلفة حصر الأراضى. وبشكل عام، سرعان ما تصبح هذه الخرائط عديمة القيمة. ولا يمكن مراجعتها بدون عمل ميدانى لأن البيانات الحيوية مفقودة، أو الحقائق مختلطة مع التفسيرات، أو الحدود بين وحدات التربة المختلفة معنويا قد تم حذفها.

والهدف الأساسى من عمليات الحصر ثابت لجميع أنواع الأراضى، ولكن عدد وحدات الخريطة وتكوينها وتفاصيل رسم الخرائط يختلف مع تعقيدات أنماط التربة والاحتياجات المعينة للمستخدمين. وبالتالى، يتم تصميم حصر الأراضى للتربة والمشاكل المتعلقة بها فى المنطقة. ويزيد حصر الأراضى من المعرفة العامة بالتربة ويخدم أغراضًا عملية. ويوفر معلومات التربة حول مناطق جغرافية محددة مطلوبة لخطط استخدام الأراضى الإقليمية أو المحلية. وتشمل هذه الخطط الحفاظ على الموارد للمزارع ومزارع الماشية، وتطوير مشروعات الاستصلاح، وإدارة الغابات، والمشروعات الهندسية، بالإضافة إلى الأغراض الأخرى.

المفاهيم المبكرة للتربة

(Early Concepts of Soil)

كان إدموند روفين (Edmund Ruffin) من ولاية فرجينيا واحدا من أوائل الباحثين فى دراسة التربة فى الولايات المتحدة، وكان يعمل بجدية لمعرفة سر إضافة الجير، واكتشف ما نسميه الآن الكالسيوم المتبادل. وبعد كتابة مقال قصير فى مجلة المزارع الأمريكية فى عام 1822، نشر الإصدار الأول عن الأسمدة الجيرية فى عام 1832. ومعظم ما تعلمه Ruffin عن التربة استوجب إعادة اكتشافه بسبب أن كتاباته انتشرت فقط فى الجنوب.

وكان هيلجارد (E.W. Hilgard) واحدا من أوائل علماء البيدولوجى (pedologists) فى الولايات المتحدة. واستندت مفاهيمه المبكرة للتربة (Hilgard, 1860, 1884, 1906) على الأفكار التى وضعها الكيميائى الألمانى جاستاس فون ليبيج (Justus von Liebig)، والتى تم تعديلها وصقلها بواسطة علماء الزراعة الذين يحللون عينات التربة فى المختبرات، والصوب الزراعية، وعلى قطع حقلية صغيرة. ونادرا ما تم فحص التربة تحت عمق طبقة سلاح المحراث. وحصل هؤلاء الكيميائيون على نظرية الاتزان (balance-sheet) فى تغذية النبات. واعتبرت التربة مخزنا ثابتا للمواد الغذائية للنبات، ويمكن استخدامها واستبدالها. ولا يزال هذا المفهوم له قيمة عند تطبيقه فى إطار علوم التربة الحديثة، على الرغم من أن الفهم المفيد للتربة يتجاوز إزالة المواد المغذية عن طريق المحاصيل المحصودة ورجوعها فى السماد العضوى والجير والسماد المعدنى.

وقبل الجيولوجيون فى وقت مبكر نظرية اتزان العناصر الغذائية فى خصوبة التربة وتطبيقها فى إطار العلوم الخاصة بهم. ووصفوا التربة على أنها صخر مفتت من أنواع مختلفة من الجرانيت والحجر الرملى والتلال الجليدية وغير ذلك. كما وصفوا كيف أن عمليات التجوية تعدل هذه المواد وكيف شكلتها العمليات الجيولوجية إلى أشكال مورفولوجية مثل السهول الجليدية (glacial moraines) والسهول النهرية (alluvial plains) وسهول اللوس (loess plains) والشرفات البحرية (marine terraces). ولخصت دراسة شيلر (N.S. Shaler) عن أصل وطبيعة التربة المفهوم الجيولوجى للتربة أواخر القرن التاسع عشر (Shaler, 1891). وتم إضافة تفاصيل أخرى بواسطة ميريل (G.P. Merrill, 1906).

وقرب نهاية القرن التاسع عشر افتتح ميلتون ويتنى (Milton Whitney) البرنامج الوطنى لحصر الأراضى (Jenny, 1961) وأصبح هو وزملاؤه فى وحدة أبحاث التربة المنشأة حديثا فى وزارة الزراعة الأمريكية مهتمين بالاختلافات الكبيرة الدائمة فى التربة الطبيعية والتى لا علاقة لها بالآثار الناتجة عن الاستخدام الزراعى. وركزوا على أهمية قوام التربة وقدرة التربة على إمداد النبات بالرطوبة وكذلك المواد الغذائية. وفى نفس الوقت قدم كينج (F.H. King) من جامعة ويسكونسن تقريرا عن أهمية الخصائص الطبيعية للتربة (King, 1910).

وكانت عمليات الحصر المبكرة تهدف لمساعدة المزارعين فى تحديد استجابة التربة لممارسات الإدارة المختلفة والمساعدة على اختيار المحاصيل وممارسات أكثر مناسبة لأنواع معينة من التربة فى مزارعهم. وكان العديد ممن قاموا بإجراء الحصر من الجيولوجيين لأنهم كانوا مهرة فى هذا الميدان وكذلك ارتباطهم العلمى المطلوب لدراسة التربة. وظهرت فكرة أن التربة أساسا ناتجة من عمليات تجوية التكوينات الجيولوجية، التى تحددها التضاريس والتكوين الصخرى. وكانت معظم عمليات حصر الأراضى التى نشرت قبل 1910 تتأثر بشدة بهذه المفاهيم. أما تلك التى نشرت خلال الفترة من عام 1910 إلى 1920 فقد أضافت تدريجيا تحسينات أكبر وعرفت مظاهر التربة أكثر لكنها أبقت على المفاهيم الجيولوجية الأساسية.

وعلم العاملون الأوائل فى الحقل أن عديدا من خصائص التربة المهمة ليست مرتبطة بالضرورة بشكل سطح الأرض أو نوع الصخر. وأشاروا إلى أن التربة رديئة الصرف الطبيعى لها خواص مختلفة عن التربة ذات الصرف الطبيعى الجيد، وأن عديد من التربة المنحدرة تختلف عن تلك مستوية السطح. وترتبط التضاريس بوضوح بالاختلافات فى قطاع التربة. وفى وقت مبكر من عام 1902 تم وصف بناء التربة فى حصر أراضى منطقة دوبوك (Dubuque)، ولاية أيوا (Iowa) (Fippin, 1902). وأوضح حصر أراضى مقاطعة تاما (Tama)، ولاية أيوا عام 1904 أن التربة التى تكونت تحت الغابات تتباين بشكل ملحوظ عن التربة التى تكونت تحت الحشائش بالرغم من تشابه مادة الأصل (Ely et al., 1904).

التربة كجسم طبيعى (Soils as Natural Bodies)

هيمنت نظرية اتزان العناصر المغذية للنبات على العمل بالمعامل، بينما سيطر المفهوم الجيولوجى على العمل الحقلى. وتمت دراسة كل من المنهجين فى كثير من الفصول الدراسية حتى وقت متأخر من عشرينات القرن الماضى. وبالرغم من تطوير مفاهيم أوسع للتربة وأكثر فائدة بواسطة بعض علماء التربة، خصوصا هيلجارد (Hilgard, 1860)، وكوفى (Coffey, 1912) فى الولايات المتحدة، وعلماء التربة فى روسيا، إلا أن البيانات الأساسية لتشكيل تلك المفاهيم الواضحة جاءت من العمل الحقلى لحصر الأراضى خلال العقد الأول لهذه العمليات فى الولايات المتحدة. وأصبح مفهوم مصطلح التربة (solum) وتسمية الآفاق A-B-C محوريًا فى علم البيدولوجى وحصر الأراضى (Tandarich et al., 2002). وبعد هيلجارد، حدث تطور كبير فى مفهوم التربة بواسطة كوفى (G.N. Coffey)، الذى وضع نظاما هرميا للتصنيف المثالى للتربة مبنيا على خصائص التربة الفريدة كجسم طبيعى ذو نشأة واضحة وطبيعة متميزة، وتشغل مكانا مستقلا فى التكوينات التى تشكل سطح الأرض (Cline, 1977).

وبداية من عام 1870 قامت المدرسة الروسية تحت قيادة دوكوتشايف (V.V. Dokuchaev)، وسيبرتسيف (N.M. Sibertsev) بتطوير مفهوم جديد للتربة. ووضع العلماء الروس تصورا للتربة كهيئات طبيعية مستقلة، لكل منها خصائص فريدة ناتجة عن مزيج من المناخ، الكائنات الحية، مادة الأصل، الطبوغرافية، والزمن (Gedroiz, 1925). وافترضوا أن خصائص كل تربة تعكس التأثيرات المشتركة لمجموعة معينة من العوامل الوراثية المسئولة عن تكوين التربة، مع التأكيد على أهمية مفهوم "النطاقية" (zonal) (أى المنطقة المناخية الحيوية التى تكونت فيها التربة). وأكد هانس جينى (Hans Jenny) فى وقت لاحق العلاقات الفعالة بين خصائص التربة وتكوين التربة. وأصبحت نتائج هذا العمل متاحة عموما للأمريكيين عام 1914 من خلال نشر

كتاب جلينكا (K.D. Glinka) باللغة الألمانية، وترجمه إلى الإنجليزية ماربوت (C.F. Marbut) عام 1927 (Glinka, 1927).

وكانت المفاهيم الروسية ثورية. فلم تستند خصائص التربة كليا إلى الاستدلالات من طبيعة الصخور أو المناخ أو العوامل البيئية الأخرى، سواء كانت منفردة أو مجتمعة. وبدلا من ذلك، فإن التعبير المتكامل لكل هذه العوامل يمكن رؤيته فى الشكل المورفولوجى للتربة. ويتطلب هذا المفهوم الأخذ فى الاعتبار كل خصائص التربة مجتمعة كجسم طبيعى متكامل تماما.

وأدى الحماس المبكر للمفهوم الجديد وظهور علوم التربة إلى اقتراح البعض التركيز فى دراسة التربة دون اعتبار للمفاهيم القديمة المستمدة من الجيولوجيا والكيمياء الزراعية. ومن المؤكد أن العكس هو الصحيح. وبالإضافة إلى أن وضع حجر الأساس لعلوم التربة وأساسياتها، جعل المفهوم الجديد للتربة والعلوم الأخرى أكثر فائدة. ويوفر الوصف المورفولوجى للتربة أساسا جيدا لتجميع نتائج الملاحظات والتجارب والخبرات العملية وتطوير مبادئ متكاملة تنبئ بسلوك التربة.

وقد تم تحت قيادة ماربوت (C.F. Marbut) انتشار المفهوم الروسى للتربة وتكييفه مع الظروف فى الولايات المتحدة (Marbut, 1921). وأكد هذا المفهوم على قطاعات التربة الفردية وخواص التربة الخارجية وجيولوجية السطح. ومن خلال التأكيد على قطاعات التربة، مال العلماء فى البداية إلى التغاضى عن الاختلافات الطبيعية للتربة والتى يمكن أن تكون معنوية حتى داخل مساحة صغيرة. وأدى هذا إلى انخفاض خطير فى قيمة الخرائط التى تبين مواقع التربة. هذا الضعف سرعان ما أصبح واضحا فى الولايات المتحدة، ربما بسبب التركيز على عمل خرائط تفصيلية للتربة لقيمتها العملية والتنبؤية. والتقدم فى تحويل مفهوم قطاع التربة إلى أداة أكثر تنبؤية كان سريعا بسبب تجميع كمية كبيرة من البيانات الحقلية المهمة بالفعل. وبحلول عام 1925، تم إجراء الكثير من الدراسات المورفولوجية والكيميائية على التربة فى جميع أنحاء البلاد. وتم تلخيص البيانات المتاحة فى عام 1930 وتفسيرها وفقا لهذا المفهوم، كما رآها Marbut فى عمله على أراضى الولايات المتحدة (Marbut, 1935) .

وعلاوة على ذلك، كان التركيز المبكر على قطاعات التربة التى حدث بها تطور كبير وأن المواد التى تفتقر إلى صفات وراثية، مثل الترسيبات النهرية الحديثة ليست تربة. وتم رسم خط واضح بين تجوية الصخور وتكوين التربة. وعلى الرغم من أن التمييز بين هاتين المجموعتين من العمليات يكون مفيدا لبعض الأغراض، إلا أن تجوية الصخور والمعادن وتكوين التربة لا يمكن تمييزها عموما.

واتسع مفهوم التربة تدريجيا وانتشر خلال السنوات التالية لعام 1930، أساسا من خلال التماسك والتوازن. وكان التركيز الرئيسى على قطاع التربة. وبعد عام 1930، اتسع نطاق الدراسات المورفولوجية من حفر مفردة إلى خنادق طويلة أو سلسلة من الحفر فى منطقة معينة. وأصبح شكل التربة المورفولوجى يوصف بمدى انحراف خصائص التربة عن المفهوم المركزى بدلا من قطاع تربة نموذجى واحد. وأكد تطوير تقنيات الدراسات المنرالوجية لمعادن الطين أيضا على الحاجة إلى الدراسات المعملية.

وقد أدى وضوح وانتشار مفهوم علم التربة أيضا إلى زيادة التركيز على عمل خرائط تربة تفصيلية. وتغيرت المفاهيم مع زيادة التركيز على التنبؤ بإنتاجية المحاصيل الزراعية لكل نوع من أنواع التربة المبينة على الخرائط. ولم يكن عديد من الأوصاف القديمة للتربة وصفا كميا بما فيه الكفاية، وكانت وحدات التصنيف غير متجانسة لتسمح بالتنبؤ بالمحصول والإدارة اللازمة لتخطيط إدارة المزارع الفردية أو الحقول.

وخلال الثلاثينات (1930s) تم شرح عمليات تكوين التربة بعبارات فضفاضة مثل "podzolization"، "lateralization" ،"calcification". وكان يفترض أن هذه العمليات الفريدة مسئولة عن الخصائص الشائعة للتربة فى منطقة معينة (Jenny, 1946).

وفى عام 1941 تم تلخيص عوامل تكوين التربة ونظام البيدولوجيا الكمية بإيجاز بواسطة هانز جينى (Hans

(Jenny، وأوضح عديد من المبادئ الأساسية لعلوم التربة الحديثة حتى هذا التاريخ (Jenny, 1941). ومنذ عام 1940، أخذ عامل الزمن أهمية أكبر بين عوامل تكوين التربة، وأصبحت الدراسات الجيومورفولوجية مهمة فى تحديد الزمن الذى تعرضت فيه مواد التربة فى أى مكان لعمليات تكوين التربة. وفى الوقت نفسه، التقدم فى علوم كيمياء وفيزياء ومعادن وأحياء التربة، وكذلك العلوم الأساسية التى تندرج تحتها، أضاف أدوات وأبعادا جديدة لدراسة تكوين التربة. ونتيجة لذلك، أصبح تكوين التربة يعامل وفقا لمجموعات عديدة مترابطة ومتداخلة من العمليات الطبيعية والكيميائية والحيوية. وهذه العمليات تخضع للدراسة الكمية فى فيزياء وكيمياء ومعادن وأحياء التربة. وقد تحول الاهتمام أيضا من دراسة الصفات الإجمالية للتربة كاملة إلى التفاصيل المتغيرة المشتركة للأجزاء الفردية.

التطور المبكر لتصنيف التربة

(Early Development of Soil Classification)

أكد ماربوت (C.F. Marbut) على أن تصنيف التربة يجب أن يعتمد على الوصف المورفولوجى بدلا من الاعتماد على نظريات نشأة التربة، لأن النظريات سريعة الزوال والتغير. وربما بالغ فى التأكيد على هذه النقطة لأن بعض العلماء افترضوا أن للتربة خصائص معينة دون فحصها فعليا. وأكد Marbut أن فحص التربة ذاتها كان أساسيا فى تطوير نظام تصنيف التربة وعمل خرائط صالحة للاستخدام. وعلى الرغم من هذا، كشف عمل Marbut عن فهمه الشخصى لإسهامات الجيولوجيا فى علوم التربة. واعتمد تصنيفه للتربة عام 1935 بشكل كبير على مفهوم التربة العادية التى هى محصلة التوازن على الهيئة الأرضية (landscape) حيث يواكب الانجراف المتدرج تكوين التربة. وقد توج العمل المستمر فى تصنيف التربة من قبل وزارة الزراعة الأمريكية بإصدار نظام جديد نُشر فى الكتاب السنوى للزراعة عام 1938 فى فصل تصنيف التربة (Baldwin et al., 1938).

وفى كل من تصنيف Marbut وتصنيف وزارة الزراعة الأمريكية عام 1938، وصفت الأقسام أساسا بمصطلحات وصفية. ونظرًا لأنه تم وصف المفهوم المركزى لكل قسم ولم يتم وصف الحدود بين الأقسام، فقد بدت بعض أنواع التربة وكأنها أعضاء فى أكثر من قسم واحد. ولم تعرف بمصطلحات كمية من شأنها أن تسمح بالتطبيق المتسق للنظام بواسطة مختلف العلماء. ولم يربط النظام بالتأكيد أقسام الفئات العليا، والتى تأثرت بشكل كبير بالمفاهيم الوراثية التى بدأها علماء التربة الروس، بسلاسل التربة وتقسيماتها الفرعية التى استخدمت فى رسم خرائط التربة فى الولايات المتحدة. وعكس كلا النظامين مفاهيم ونظريات نشأة التربة فى ذلك الوقت، والتى كانت فى الغالب ذات طابع وصفى. وصحح تعديل نظام 1938 فى عام 1949 بعض أوجه القصور ولكنه أوضح أيضا الحاجة إلى إعادة تقييم المفاهيم والمبادئ. وكانت إحدى المشكلات المستمرة هى أن أحد العلماء طلب معرفة حول نشأة التربة لتصنيفها. وغالبًا ما كانت هذه المعلومات مفقودة أو لم يوافق عليها القائمون بحصر الأراضى. وتقرر أن هناك حاجة إلى نظام تصنيف جديد، يمكن استخدامه باستمرار بواسطة مجموعة كبيرة ومتنوعة بشكل متزايد من القائمين بحصر الأراضى.

المفهوم الحديث للتربة

(Modern Concept of Soil)

عرف كتاب Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999) التربة على أنها "جسم طبيعى يوجد على سطح الأرض، يتكون من مواد صلبة (معادن ومواد عضوية) وسوائل وغازات، وتشغل مساحة، وتوصف بوجود آفاق و/ أو طبقات، يمكن تمييزها عن المادة الأولية نتيجة للإضافات والفقد والانتقال وتحولات الطاقة والمادة أو القدرة على دعم النباتات الجذرية فى بيئة طبيعية ".

وتشمل "الأجسام الطبيعية" الواردة فى هذا التعريف جميع أجزاء التربة المرتبطة وراثيًا. وقد لا يكون جزء معين، مثل الطبقة الملتحمة، قادرًا على دعم النباتات. ومع ذلك، فإنها لا تزال جزءًا من التربة إذا كانت مرتبطًة وراثيًا بالأجزاء الأخرى، وإذا كان الجسم كوحدة قادرًا على دعم النباتات أو يحتوى على آفاق أو طبقات ناتجة عن العمليات الوراثية، كالإضافات والفقد والانتقال والتحولات (Simonson, 1959). وتقريبًا جميع الأجسام الطبيعية المعروفة باسم "التربة" تكون قادرة على دعم النباتات. ولا يزال يتم تعريف بعض الأنواع التى لا يمكنها دعم النباتات العليا على أنها تربة لأنها تتأثر بالتطور الوراثى. وتعتبر التربة فى البيئات القاسية، مثل القارة القطبية الجنوبية، مثالاً على ذلك. ويشمل تعريف التربة أيضًا الأجسام الطبيعية القادرة على دعم النباتات رغم عدم وجود أجزاء متميزة وراثيًا. على سبيل المثال، الترسيبات النهرية الحديثة تعتبر تربة إذا كانت قادرة على دعم النباتات.

ولا تعتبر المسطحات المائية التى تدعم النباتات الطافية، مثل الطحالب، تربة لأن هذه النباتات ليست متجذرة. ومع ذلك، تعتبر الرواسب الموجودة أسفل المياه الضحلة تربة إذا كان بإمكانها دعم نباتات الجذور السفلية مثل cattails, reeds, and seaweed أو إذا كانت الرواسب تظهر تغيرات بسبب العمليات الوراثية. ويشار عادة إلى هذه التربة على أنها تربة تحت الماء "subaqueous soils" (أنظر الباب العاشر). كما أن أجزاء النباتات الموجودة فوق سطح الأرض ليست تربة، على الرغم من أنها قد تدعم النباتات الطفيلية. كما تستبعد أيضًا الصخور التى تدعم الأشنات بشكل أساسى على السطح أو النباتات النامية فى شقوق متباعدة على نطاق واسع.

ويمكن توضيح الانتقال من لا تربة إلى تربة من خلال تدفقات الحمم البركانية الحديثة فى المناطق الدافئة تحت هطول الأمطار الغزيرة المتكررة. فى تلك المناخات، تنمو النباتات سريعا على الحمم البازلتية، على الرغم من وجود قليل جدًا من المواد الترابية. وهذه النباتات مدعومة بالصخور المسامية المليئة بالمياه التى تحتوى على مغذيات نباتية. والحمم البركانية المكسورة والمسامية التى تنمو فيها جذور النباتات هى تربة. وتعريف ماربوت للتربة على أنها الطبقة الخارجية للقشرة الأرضية تضمن بداهة مفهوم التربة كسلسلة متصلة (Marbut, 1935). ويشير التعريف الحالى للتربة على أنها مجموعة من الأجسام الطبيعية على سطح الأرض. ويقسم سلسلة ماربوت المتصلة إلى أجزاء منفصلة ومحددة يمكن التعامل معها كأعضاء فى مجموعة. وتغير مفهوم التربة من منظور تم فيه التأكيد على الكل وتعريف أجزائه بشكل فضفاض إلى منظور يتم فيه تحديد الأجزاء بشكل حاد والكل عبارة عن مجموعة منظمة من هذه الأجزاء.

تطور تصنيف التربة (Development of Soil Taxonomy)

توج العمل لأكثر من 15 عام تحت قيادة جاى سميث (Guy Smith) بنظام تصنيف جديد للتربة. وكانت فئات وأقسام هذا التصنيف الجديد نتائج مباشرة لمفاهيم ونظريات جديدة ومنقحة. وأصبح هذا النظام هو نظام التصنيف الرسمى لحصر الأراضى الوطنى التعاونى فى الولايات المتحدة فى عام 1965. ونشر فى عام 1975 كتاب تصنيف التربة (Soil Survey Staff, 1975) تحت عنوان:

Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys .

وكانت أهم مساهمة لهذا النظام هى إنشاء حدود للأقسام التصنيفية وتعريفاتها الكمية، التى بها يمكن وضع التربة الفردية إلى قسم واحد فقط. ولم تعد نشأة التربة (Soil genesis) تستخدم مباشرة فى تحديد التصنيف الصحيح. وبدلاً من ذلك، تم تحديد واستخدام الآفاق والمظاهر التشخيصية التى هى التعبير المورفولوجى للعمليات الوراثية الرئيسية المعروفة. وبهذه الطريقة، يعد الفهم الحالى لنشأة التربة، على الرغم من إدماجه بشكل غير مباشر فى التصنيف، خطوة واحدة بعيدة عن عملية تصنيف التربة (Smith, 1963). وتم اعتماد استخدام الآفاق والمظاهر التشخيصية الكمية كمعايير لاستخدامها فى تصنيف التربة على نطاق واسع فى أنظمة التصنيف الأخرى فى جميع أنحاء العالم، وربما كان أبرزها خريطة التربة للعالم (the World Reference Base)، برعاية منظمة الأغذية

والزراعة بالأمم المتحدة (IUSS Working Group WRB, 2014).

وهذا النظام لتصنيف التربة نظام ديناميكى وقابل للتغيير عند الحصول على معرفة جديدة. ويتم اختبار النظريات التى يعتمد عليها النظام فى كل مرة يتم فيها تطبيق التصنيف. وأثناء الثمانينيات والتسعينيات، ساهمت تسع لجان دولية فى المراجعات الرئيسية للتصنيف. وتُوج هذا العمل بطباعة الإصدار الثانى من تصنيف التربة Soil (Survey Staff, 1999. وبالإضافة إلى ذلك، تم دمج عديد من المقترحات الفردية للتغيير فى إصدارات مفاتيح تصنيف التربة (Keys to Soil Taxonomy)، والتى تم نشرها بشكل دورى منذ نشر الإصدار الأول من تصنيف التربة فى عام 1975. وأدى عمل اللجنة الدولية العاشرة، التى تناولت تأثير التأثيرات البشرية على التربة، إلى تغييرات مهمة. وقد ظهرت هذه التغييرات فى إصدار Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014).

المؤسسة العلمية لحصر الأراضى

(Scientific Foundation of Soil Survey)

يقوم حصر الأراضى على أسس علمية يمكن وصفها من خلال عوامل تكوين التربة والعلاقات بين الهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية والتربة. وعوامل التكوين مسئولة عن التطور الوراثى لقطاعات التربة. وتُستخدم العلاقات بين الهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية والتربة لفهم الأنماط التى يمكن التنبؤ بها لأجسام التربة الطبيعية الموجودة فى الهيئة الطبيعية.

العوامل التى تتحكم فى توزيع التربة (Factors that Control the Distribution of Soils)

تختلف خصائص التربة من مكان إلى آخر، وهذا الاختلاف لا يكون عشوائيًا. وأجسام التربة الطبيعية هى محصلة عمل المناخ والكائنات الحية على مادة الأصل، مع الطبوغرافية أو التضاريس المحلية التى تمارس مع الزمن الكافى تأثيرًا تعديليا على عمليات تكوين التربة. وتكون التربة متشابهة غالبا عندما تكون جميع عناصر عوامل التكوين الخمسة متماثلة. وفى البيئات المتشابهة فى أماكن مختلفة، تكون التربة متشابهة. ويسمح هذا الانتظام بالتنبؤ بمواقع عديد من أنواع التربة المختلفة. وهذا المبدأ الأساسى يجعل حصر الأراضى عمليًا (Hudson, 1992).

وعندما دراسة التربة فى مساحات صغيرة، تصبح تأثيرات الطبوغرافية أو التضاريس المحلية ومادة الأصل والزمن على التربة واضحة. فعلى سبيل المثال، تعتبر التربة فى المناطق المبتة والخصائص المرتبطة بالابتلال شائعة فى الأماكن المنخفضة بينما تنتشر التربة جيدة الصرف فى المناطق المرتفعة. والاستنتاج الصحيح الذى يمكن استخلاصه من هذه العلاقات هو أهمية الطبوغرافية أو التضاريس. وفى الأقاليم الجافة، تظهر الاختلافات المرتبطة بالتضاريس فى اختلافات فى الملوحة أو الصودية. وفى البيئة المحلية، ترتبط أنواع التربة المختلفة بمواد الأصل المتباينة، مثل مخلفات الطفلة وبقايا الحجر الرملى. والاستنتاج الصحيح الذى يمكن استخلاصه من هذه العلاقة هو أهمية مادة الأصل. وتختلف التربة الموجودة فى السهل الفيضى عن التربة الموجودة فى الشرفات الأعلى والأقدم حيث لم يعد هناك ترسيب لمواد الأصل على السطح. والاستنتاج الصحيح الذى يمكن استخلاصه من هذه العلاقة هو أهمية عامل الزمن. ويلاحظ تأثير التضاريس ومادة الأصل والزمن على تكوين التربة كثيرا أثناء دراسة تربة منطقة ما.

مع استثناء ملحوظ للأنماط المتباينة من النباتات فى المناطق الانتقالية، الاختلافات المحلية فى الغطاء النباتى ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالاختلافات فى التضاريس أو مادة الأصل أو الزمن. وتأثيرات المناخ المحلى على الغطاء النباتى قد تنعكس على التربة، ولكن من المحتمل أن ترتبط هذه التأثيرات بالاختلافات فى التضاريس المحلية.

ويؤثر المناخ الإقليمى والغطاء النباتى على التربة بالإضافة إلى الطبوغرافية / التضاريس ومادة الأصل والزمن. وعلى الرغم من الاختلافات المحلية، فإن معظم أنواع التربة فى منطقة ما تكون لها عادةً بعض خصائص مشتركة تعكس عوامل التكوين التى تؤثر على التربة على المستوى الإقليمى. وحالة عديد من التربة فى الأماكن المنخفضة فى المناطق الرطبة أو المناطق ذات الصخور الحمضية الطبيعية أو الرواسب تتباين تباينا ملحوظا مع حالة التربة فى الأماكن المرتفعة فى المناطق الجافة أو المناطق ذات الحجر الرملى الجيرى أو الحجر الجيرى. وفى الهيئات الطبيعية القديمة فى المناطق الرطبة، تكون حالة القاعدة المنخفضة شائعة جدًا.

وتستخدم الأنماط الإقليمية للمناخ والغطاء النباتى ومادة الأصل للتنبؤ بأنواع التربة فى مساحات شاسعة. ويمكن استخدام الأنماط المحلية للطبوغرافية / التضاريس ومادة الأصل والزمن، وعلاقاتها بالنباتات والمناخ المحلى، للتنبؤ بأنواع التربة فى مساحات صغيرة. ويستخدم فريق حصر الأراضى المظاهر المحلية، خاصة الطبوغرافية والنباتات المرتبطة بها، كمؤشرات على مشاركة جميع عوامل تكوين التربة الخمسة. وتُستخدم هذه المظاهر للتنبؤ بحدود أنواع مختلفة من التربة والتنبؤ ببعض خصائص التربة داخل تلك الحدود.

العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية (Soil-Landscape Relationships)

يوحى الترتيب الجغرافى بوجود علاقات طبيعية. وعادة ما تؤدى عمليات تجوية وانجراف الصخور بالمياه إلى نحت الأشكال الأرضية (landforms) داخل الهيئة الطبيعية (landscape). وعلى مر العصور، تتم إزالة المواد الترابية من بعض الأشكال وترسيبها على أخرى. والأشكال الأرضية ذات علاقات متبادلة. فتكون منطقة بأكملها متناغمة من خلال العلاقات المتبادلة لأشكالها الأرضية.

وقد يكون لكل شكل أرضى نوع واحد أو عدة أنواع من التربة. وعادة ما يكون المناخ وتغيره مع مرور الزمن، هو نفسه تقريبًا فى جميع أنحاء الشكل الأرضى الصغير. ومن المحتمل أن تكون أنواع النباتات المرتبطة بالمناخ واحدة إلى حد ما. وتختلف التضاريس فى بعض الحدود التى تميز الشكل الأرضى. ومن المحتمل أن يكون الزمن الذى تعرضت فيه المادة لتكوين التربة هو نفسه تقريبًا فى جميع أنحاء الشكل الأرضى. وقد يمتد سطح الشكل الأرضى من مادة أصل إلى أخرى. وبالطبع، قد يكون المكان على الشكل الأرضى قد أثر على علاقات التربة بالماء، والمناخ المحلى، والغطاء النباتى.

وكما ترتبط أنواع تربة مختلفة بالهيئة الطبيعية، يرتبط عديد من الهيئات الطبيعية بشكل شائع بمساحات شاسعة، تغطى آلاف أو عشرات الآلاف من الكيلومترات المربعة. ويمكن التعرف على العديد منها على صور الأقمار الصناعية. ومن وجهة النظر هذه، تظهر مناطق فيزيوجرافية ضخمة. وأمثلة ذلك فى الولايات المتحدة: السهل الساحلى للخليج الشرقى (East Gulf Coastal Plain)، وهضبة الأبلاش (Appalachian Plateau)، وحوض وايومنج (Wyoming Basin)، والسهول الكبرى (Great Plains). وعادةً ما تحتوى هذه الوحدات الشاسعة على تناغم من الهيئات الطبيعية، كما هو موضح بمصطلحات مثل: سهل "plain" وهضبة "plateau" و جبل "mountain" . وتتضمن هذه الوحدات الفيزيوجرافية أنواع عديدة من التربة.

وعادةً ما تكون مظاهر التضاريس الرئيسية لوحدة فيزيوجرافية هى المحصلة المشتركة للقوى الجيولوجية العميقة ومجموعة معقدة من العمليات السطحية التى عملت على مدى فترات طويلة من الزمن. وداخل الوحدة الفيزيوجرافية، تتشكل مجموعات أشكال أرضية فرعية بشكل أساسى من خلال عمليات يتحكم فيها المناخ. ومع ذلك، تختلف العوامل المناخية والبيولوجية بدرجة أقل بكثير داخل الوحدة الجيومورفولوجية منها عبر القارة.

ولا تزال أقاليم مورفولوجية كبيرة لها مناخات مميزة أضخم من الوحدات الجيومورفولوجية. على سبيل المثال، يمكن التعرف على أقاليم مناخية جليدية (glacial)، periglacial، وجافة (arid)، وشبه جافة-شبه رطبة (semiarid-subhumid)، ورطبة-معتدلة (humid-temperate)، وأقاليم مناخية مدارية-رطبة مرتبطة بمجموعات مميزة من العمليات الجيومورفولوجية. وتتميز الأقاليم الرئيسية الأخرى بالتنوع المناخى الموسمى.

وترتبط هذه الأقاليم الجيومورفولوجية-المناخية بنظم رطوبة وحرارة التربة. وهكذا، تنقسم الأقاليم المناخية الكبرى إلى وحدات فيزيوجرافية رئيسية. والهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية المرتبطة بها هى أجزاء صغيرة من هذه الوحدات وعادة ما تكون حديثة المنشأ نسبيًا.

وقد تشتمل الأشكال الأرضية المهمة فى رسم خرائط التربة على وحدات بنائية، مثل السهول الجليدية (glacial moraines)، والشرفات النهرية (stream terraces)، وعناصر تسلسلات محلية لأسطح أراضى متدرجة الانجراف والبناء. وهذه تحمل بصمة ضوابط مستوى القاعدة المحلية فى إطار العمليات التى يسببها المناخ. ومعظم الأسطح التى تكونت خلال 10000 سنة الماضية تعرضت لضوابط مناخية ومستوى قاعدة مماثلة لتلك الموجودة فى الوقت الحاضر. وقد تحتفظ الأسطح القديمة ببصمة الظروف المناخية والنباتات ذات الصلة فى الماضى البعيد. وقد بدأت معظم الأشكال الأرضية الحالية فى التكون خلال الزمن الرباعى (Quaternary)، وبدأ البعض فى أواخر الزمن الثلاثى (Tertiary). وفى أماكن عديدة، اختلفت ظروف الماضى اختلافًا كبيرًا عن ظروف الحاضر. ويساهم فهم التغيرات المناخية، محليًا وعالميًا، فى الماضى البعيد فى فهم خصائص الأشكال الأرضية الحالية. وتعتبر العمليات الجيومورفولوجية مهمة فى رسم خرائط التربة. ويحتاج علماء التربة إلى معرفة عملية بالعلاقات الجيومورفولوجية المحلية فى المناطق التى يرسمونها على الخرائط. ويجب أيضًا فهم تفسيرات الأشكال الأرضية وأسطح الأرض التى قدمها علماء الجيومورفولوجيا. ومن الأفضل دراسة العلاقات المتداخلة المعقدة للتربة والهيئات الطبيعية من خلال التعاون بين علماء التربة وعلماء الجيومورفولوجيا. ويتم مناقشة معايير وبروتوكولات وصف الهيئات الطبيعية والجيومورفولوجيا فى الباب الثانى.

تطور حصر الأراضى فى الولايات المتحدة

(Development of the Soil Survey in the U.S.)

تمت الموافقة على حصر الأراضى فى الولايات المتحدة بموجب قانون اعتمادات وزارة الزراعة الأمريكية للسنة المالية 1896، والتى قدمت الأموال من أجل التحقيق فى "علاقة التربة بالمناخ والحياة العضوية" و "قوام وتركيب التربة فى الحقل والمعمل". وفى عام 1966، قام الكونجرس بتوسيع نطاق برنامج حصر الأراضى ووضح الهدف منه فى القانون العام رقم 560-89، قانون حصر الأراضى لتخطيط وتنمية الموارد. وأقر هذا التشريع بأن حصر الأراضى مطلوب من قبل الولايات والوكالات العامة الأخرى لدعم التخطيط المجتمعى وتنمية الموارد من أجل حماية وتحسين جودة البيئة، وتلبية الاحتياجات الترفيهية، والحفاظ على موارد الأراضى والمياه، والسيطرة على التلوث من الرواسب والحد منه وغيرها من الملوثات فى مناطق الاستخدامات المتغيرة بسرعة.

وبدأت عمليات حصر عديدة للأراضى واستكملت ونشرت بالتعاون بين وزارة الزراعة الأمريكية ووكالات الولايات والوكالات الفيدرالية الأخرى. والجهد الإجمالى هو حصر الأراضى التعاونى الوطنى (NCSS). وهو شراكة وطنية من الوكالات الفيدرالية والإقليمية والولايات والمحليات والكيانات والمؤسسات الخاصة. وتعمل هذه الشراكة بشكل تعاونى على التحقيق، وحصر، وتوثيق، وتصنيف، وتفسير، وتوزيع، ونشر المعلومات حول تربة الولايات المتحدة والأقاليم تحت الوصاية والكومنولث.

وتسلط المناقشة التالية الضوء على بعض التطورات المهمة التى ساعدت فى تشكيل حصر الأراضى فى الولايات المتحدة على مدار تاريخه الذى يزيد عن مائة عام.

الفترة من 1896 إلى 1920

فى عام 1899 أنجزت وزارة الزراعة الأمريكية دراسات ميدانية وتم رسم خرائط التربة لأجزاء من ولايات يوتا (Utah) وكولورادو (Colorado) ونيومكسيكو (New Mexico) وكونيكتيكت (Connecticut). وتم نشر تقارير حصر هذه الأراضى والأعمال المماثلة بموجب توجيه تشريعى. وفى الوقت نفسه، انتهت ولاية ميريلاند

(Maryland) من إنجاز حصر الأراضى فى مقاطعة سيشيل (Cecil)، وذلك باستخدام الإجراءات المماثلة وأموال الدولة. وأجريت عمليات حصر الأراضى الأولى لدراسة استخدام التربة للزراعة وتربية المواشى والغابات. كما بدأ تطبيق بيانات حصر الأراضى فى استخدامات أخرى، مثل الطرق السريعة والمطارات، والمشروعات السكنية والصناعية. وكما انتشر حصر الأراضى واستخداماته، إزدادت أيضا المعرفة حول التربة من حيث طبيعتها وتواجدها وسلوكها من أجل استخدامات وإدارة محددة. وقد استخدمت إدارة الطرق السريعة فى ولاية ميتشيجان (Michigan) بيانات وأساليب حصر الأراضى فى التخطيط لإنشاء الطرق السريعة فى أواخر عشرينات القرن الماضى. وفى نفس الوقت استخدم حصر الأراضى فى ولاية داكوتا الشمالية (North Dakota) فى تقدير الضرائب.

1920 إلى 1950

كشفت عمليات حصر الأراضى التى نشرت بين عامى 1920 و 1930 عن وجود تحول ملحوظ من المفاهيم السابقة إلى التركيز على قطاعات التربة وعلى التربة كأجسام مستقلة. وأبقت الخرائط على الحدود الجيولوجية المعنوية كخرائط التربة اليوم. ووفر عديد من عمليات حصر الأراضى فى تلك الفترة خرائط عامة ممتازة لتقييم الخواص الهندسية للمواد الجيولوجية. وبالإضافة إلى ذلك، أظهرت خرائط وتقارير هذه الفترة مزيدا من التعرف على خواص أخرى للتربة مهمة للزراعة والغابات أكثر من عمليات الحصر السابقة ولها قيمة لتعميمات واسعة حول الممارسات الزراعية فى مساحات كبيرة. وتلبية لاحتياجات التخطيط لإدارة الحقول الفردية والمزارع، تطلب ذلك دقة أكثر فى التفسير. وأدى التغير فى أهداف حصر الأراضى إلى بداية التغييرات فى الأساليب والتقنيات التى جعلته أكثر فائدة ودفعت العلماء إلى إعادة النظر فى مفهوم التربة نفسها.

وبداية من الثلاثينات، شددت هيئة صيانة التربة ((Soil Conservation Service (SCS) على التحكم فى انجراف التربة، كما كانت تستخدم حصر الأراضى فى التخطيط للمحافظة على الموارد من المزارع وتربية المواشى. وفى الخمسينات، استخدمت معلومات حصر الأراضى بشكل واسع فى تطوير المناطق الحضرية فى مقاطعة فيرفاكس (Fairfax County)، ولاية فرجينيا (Virginia)، وفى تصميم وحداتها الفرعية فى شيكاغو (Chicago) وإلينوى (Illinois). وكانت عمليات حصر الأراضى أساسا مهما لمعلومات الموارد فى التخطيط الإقليمى لاستخدام الأراضى فى جنوب شرق ولاية ويسكونسن (Wisconsin). كما اعتمد تقسيم أراضى المناطق الريفية أيضا على حصر الأراضى.

وساهمت تطورات أخرى كثيرة فى توسيع وزيادة دقة حصر الأراضى. وكان التغير المبكر هو استخدام الصور الجوية كخرائط أساس فى رسم خرائط تفصيلية للتربة أواخر الثلاثينات وأوائل الأربعينات من القرن الماضى. ولم تُستخدم الصور الجوية فقط كخرائط أساس لتحسين قدرة القائمين بالحصر على تحديد مواقعهم فى الحقل، ولكن استخدمت أيضًا فى أزواج مجسمة (stereo) لعرض الهيئة الطبيعية مجسمة فى ثلاثة أبعاد. وأدى استخدام أزواج الصور المجسمة إلى تعزيز قدرة القائمين بالحصر بشكل كبير على توقيع حدود التربة بشكل صحيح مرتبط بموضعها على الأرض.

وقبل عام 1950 أجريت عمليات حصر أولى لدراسة استخدام التربة للزراعة وتربية المواشى والغابات. وعرفت تطبيقات تخطيط الطرق السريعة فى بعض الولايات فى وقت مبكر أواخر عشرينات القرن الماضى، ووضعت تفسيرات التربة فى كتيبات ميدانية لمهندسى الطرق السريعة فى بعض الولايات خلال ثلاثينات وأربعينات القرن العشرين. ومع ذلك، فإن التغييرات فى حصر الأراضى خلال هذه الفترة كانت بشكل أساسى استجابة لاحتياجات المزارعين ومربى الماشية ومديرى الغابات.

1950 إلى 1970

خلال الخمسينات والستينات، زادت الاستخدامات غير الزراعية للتربة بسرعة. وخلق هذا حاجة كبيرة للمعلومات حول تأثيرات التربة على الاستخدامات غير الزراعية. وبدءًا من عام 1950 تقريبًا، أنشأ البحث التعاونى مع الإدارة العامة للطرق ومع إدارات الطرق السريعة بالولايات أساسًا ثابتًا لتطبيق حصر الأراضى فى إنشاء الطرق. وساعدت معامل العديد من إدارات الطرق السريعة بالولايات عمليات حصر الأراضى من خلال وصف التربة لخصائص مثل التوزيع الحجمى للحبيبات، ومؤشر الليونة، وحد السيولة من أجل تحديد وضعها المناسب فى أنظمة التصنيف الهندسية. وعمل علماء التربة والمهندسون وغيرهم معًا لتطوير تفسيرات للتربة للطرق والاستخدامات الأخرى غير الزراعية. هذه التفسيرات، التى أصبحت أجزاء رئيسية من حصر الأراضى المنشور، تتطلب معلومات مختلفة حول التربة. وتعتبر بعض خصائص التربة غير المهمة لنمو النبات مهمة جدًا لمواقع البناء وأنظمة التخلص من مياه الصرف الصحى والطرق السريعة وخطوط الأنابيب والتطوير الترفيهى. ونظرًا لأن هذه الاستخدامات تتطلب استثمارات ضخمة جدًا، فقد تكون الأخطاء مكلفة للغاية. وبالتالي، فإن موقع حدود التربة، ومعرفة المناطق المحددة، والتعريف الكمى لوحدات الخريطة قد اكتسب أهمية كبيرة.

وفى عام 1966، تم إقرار قانون حصر الأراضى لتخطيط الموارد والتنمية لدور الحصر فى دعم الجهود المبذولة لحماية البيئة وتحسينها. وقد أدى ذلك إلى زيادة تقديم المساعدة الفنية فى استخدام معلومات الحصر للتخطيط لاستخدامات الأراضى والحفاظ عليها وأنشطة التنمية.

1970 إلى 2000

إزدادت قيمة استخدام التصوير الجوى (aerial photography) فى حصر الأراضى بشكل أكبر من خلال إدخال التصوير العمودى (orthophotography) لخريطة الأساس فى أعمال الحصر المنشورة. وتحتوى الصور الجوية على تشويه متأصل فى رسم الخرائط، وبالتالى لا يكون المقياس صحيحا فى جميع أجزاء الصورة. ويتم تعديل الصور العمودية رقميًا لتصحيح العلاقة المكانية للمواقع على الصورة. لذلك، فإنها توفر خريطة أساس دقيقة من الناحية الخرائطية يمكن نقل الحدود المرسومة حقليا عليها. وسرعان ما أدى هذا التقدم، إلى جانب التقدم فى تكنولوجيا الكمبيوتر، إلى انتشار حصر الأراضى الرقمى خلال التسعينات وأوائل القرن الحادى والعشرين. وأصبح هذا الحصر متاحا على نطاق واسع للاستخدام فى أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) وعبر الإنترنت. وأدى الجمع بين بيانات حصر الأراضى والموارد الأخرى وطبقات البيانات الحضرية فى أنظمة الـ GIS إلى تحسين الطرق التى تستخدم معلومات حصر الأراضى بشكل كبير.

وكان اختيار Soil Taxonomy, 1975 كنظام رسمى لتصنيف التربة فى الولايات المتحدة له تأثيرات مهمة على حصر الأراضى. ومن خلال استخدام حدود الأقسام الكمية وتعريفات الآفاق التشخيصية، أصبح جميع علماء التربة قادرين على تصنيف التربة بشكل صحيح وثابت. وبسبب الحاجة إلى بيانات تصنيف التربة بشكل صحيح، تم تحسين جودة الوصف المورفولوجى فى الحقل وزادت جهود الحصول على بيانات تحليل العينات فى المعمل. وأدى استخدام تصنيف التربة إلى تحسين عملية ربط أنواع التربة من مشروع إلى آخر.

ومنذ سبعينات القرن الماضى، تم التركيز على تطوير أنظمة لتخزين الملاحظات وإدارة البيانات والتفسيرات، وبلغت ذروتها فى النظام الوطنى لمعلومات التربة (NASIS). بالإضافة إلى ذلك، تم تحويل عديد من أعمال حصر الأراضى وإتاحتها إلكترونيًا لاستخدامها فى أنظمة المعلومات الجغرافية. وتمت مناقشة تطوير معلومات التربة الرقمية بمزيد من التفصيل فى الباب السابع.

وفى منتصف السبعينات، ظهر اهتمام جديد ومهم بحصر الأراضى. وتم تكليف إدارة الأسماك والحياة البرية الأمريكية بتطوير قائمة جرد للأراضى الرطبة فى الولايات المتحدة. ودخلت فى شراكة مع قسم حصر الأراضى فى هيئة خدمة صيانة التربة لتطوير مفهوم وتعريف التربة المائية (hydric soils) لدعم التعريف الأوسع المستخدم لتحديد مناطق

الأراضى الرطبة من أجل الحصر. وتم تحديد عديد من سلاسل التربة التى تتوافق مع تعريف التربة المائية. وتم اعتبار مناطق هذه التربة الموضحة فى خرائط الحصر مناطق رطبة محتملة لإدراجها فى الحصر الوطنى للأراضى الرطبة. وأصبح حصر الأراضى أداة مهمة، إلى جانب مصادر أخرى للمعلومات الهيدرولوجية والنباتية، لتحديد الأراضى الرطبة للحصر.

وبعد عقد من الزمان، ونتيجة لقانون الزراعة الذى أقره الكونجرس فى عام 1985، ازداد الطلب على معلومات حصر الأراضى بشكل أكبر مع الحاجة إلى دعم أحكام التشريع "Swamp Buster" و "Sod Buster " المهمين بيئيًا. وكانت خرائط ومعلومات حصر الأراضى ضرورية لتحديد مناطق التربة المائية بالإضافة إلى المناطق التى تعتبر شديدة الانجراف (highly erodible). ونتيجة لذلك، كان حصر الأراضى داعماً رئيسياً للجهود الوطنية لحماية وتعزيز الموارد الوطنية.

عام 2000 ومابعده

أدت الجهود الأحدث (منذ عام 2000) لرقمنة جميع أعمال الحصر وإتاحتها على نطاق واسع من خلال الوصول إلى الإنترنت عبر موقع حصر الأراضى (Soil Survey Staff, 2016) إلى زيادة استخدام معلومات الحصر وطلبها على نطاق أوسع من مجموعة المستخدمين (انظر الملحقات). والآن بعد أن أصبح لدى المستخدمين وصول إلكترونى إلى خرائط ومعلومات حصر الأراضى، انخفض الطلب على تقارير الحصر المطبوعة (انظر الباب السابع للحصول على مناقشة أكثر اكتمالا).

وبالإضافة إلى التصوير الجوى، توفرت من مصادر بيانات متعددة الأطياف من المنصات المحمولة جواً والأقمار الصناعية مجموعة واسعة النطاق من معلومات الاستشعار عن بعد يمكن استخدامها لاستنتاج أنواع عوامل تكوين التربة وتأثيرها فى رسم الخرائط الرقمية (تناقش فى الباب الخامس). كما تُستخدم الأجهزة الميدانية المحمولة، مثل الرادار المخترق للأرض (ground-penetrating radar)، والحث الكهرومغناطيسى (electromagnetic induction)، وأجهزة الأشعة السينية المحمولة (portable X-ray fluorescence)، وغيرها من تقنيات الاستشعار من قرب، للتقييم السريع لخصائص التربة. وتناقش هذه الأجهزة بمزيد من التفصيل فى الباب السادس.

وتم تطوير سلسلة من التفسيرات المتخصصة لتستخدمها وكالات الاستجابة للطوارئ. ويمكن أن تكون معلومات التربة مفيدة فى توفير استجابة سريعة للكوارث الطبيعية وحالات الطوارئ المدنية الأخرى. على سبيل المثال، يمكن استخدامها لمعالجة إراقة البترول أو النفوق الجماعى للحيوانات فى القطاع الزراعى (مثل إنفلونزا الطيور) والحاجة إلى التخلص من الجثث بأمان.

وبعد أكثر من 100 عام من أعمال حصر الأراضى، تم حصر جميع أراضى الولايات تقريبًا. ولم يعد التركيز على إجراء حصر الأراضى ولكن التركيز على الحفاظ على أعمال الحصر الحالية وتحديثها. ولقد تطورت التكنولوجيا والمعايير، وتغيرت أنواع المعلومات المطلوبة. إضافة إلى ذلك، لا يزال هناك جهد مستمر لتحسين تنسيق وربط أعمال الحصر الفردية على مساحات واسعة. ويركز برنامج NCSS على استكمال حصر الأراضى للمناطق القليلة المتبقية التى لم يتم رسمها وتنسيق وتحديث الحصر الحالى من خلال أنشطة الارتباط وجمع البيانات. ويوجد كادر من علماء التربة المدربين لمساعدة المستخدمين فى تطبيق معلومات الحصر لإدارة موارد الأراضى. والأهداف الأربعة الأساسية التى توجه برنامج NCSS هى: (1) استكمال حصر الأراضى فى الولايات المتحدة، (2) الحفاظ على الحصر الحالى، (3) توفير معلومات تفسيرية حول التربة، (4) توفير الوصول إلى معلومات التربة وتعزيز استخدامها. وشعار NCSS هو "مساعدة الناس على فهم التربة".

References

Baldwin, M., C.E. Kellogg, and J. Thorpe. 1938. Soil classification. *In* Soils and men, 1938 Yearbook of Agriculture, USDA, Washington, DC, pp. 979-1001. Available at http://naldc.nal.usda.gov/download/IND43893640/PDF. [Accessed 26 August 2016]

Cline, M.G. 1977. Historical highlights in soil genesis, morphology and classification. Soil Science Society of America Journal 41:250-254.

Coffey, G.N. 1912. A study of the soils of the United States. USDA Bureau of Soils Bulletin 85.

Ely, C.W., G.N. Coffey, and A.M. Griffin. 1904. Soil survey of Tama County, Iowa. Available at http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MANUSCRIPTS/iowa/tamaIA104/tamaIA1904.pdf. [Accessed 26 August 2016]

Fippin, E.O. 1902. Soil survey of the Dubuque Area, Iowa. Available at http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MANUSCRIPTS/iowa/dubuqueA1902/dubuqueIA1902.pdf. [Accessed 26 August 2016]

Gedroiz, K.K. 1925. Soil-absorbing complex and the absorbed soil cations as a basis of genetic soil classification. Nossov Agriculture Experiment Station Paper 38:1-29, Leningrad. (Translated by S.A. Waksman in 1927)

Glinka, K.D. 1927. The great soil groups of the world and their development. Edward Bros., Ann Arbor, MI. (Translated by C.F. Marbut)

Hilgard, E.W. 1860. Geology and agriculture of the State of Mississippi.

Hilgard, E.W. 1884. A report on cotton production in the United States; also embracing agricultural and physiogeographical descriptions of the several cotton States and California in volumes 5 and 6 of the 10th Census of the United States.

Hilgard, E.W. 1906. Soils: Their formation, properties, composition, and relations to climate and plant growth in the humid and arid regions.

Hudson, B.D. 1992. The soil survey as a paradigm-based science. Soil Science Society of America Journal 56:836-841.

International Union of Soil Sciences (IUSS) World Reference Base for Soil Resources (WRB) Working Group. 2014. World reference base for soil resources 2014. World Soil Resources Report No. 103. FAO, Rome

Jenny, Hans. 1941. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. McGraw Hill Book Company, New York, NY.

Jenny, Hans. 1946. Arrangements of soil series and types according to functions of soil forming factors. Soil Science 61:375-391.

Jenny, Hans. 1961. E.W. Hilgard and the birth of modern soil science. Pisa, Italy.

King, F.H. 1910. A textbook of the physics of agriculture, 3rd edition.

Marbut, C.F. 1921. The contribution of soil surveys to soil science. Society for the Promotion of Agricultural Science Proceedings 41:116-142.

Marbut, C.F. 1935. Soils of the United States. *In* U.S. Department of Agriculture atlas of American agriculture, part III, Advance Sheets, No. 8.

Merrill, G.P. 1906. A treatise of rocks, rock-weathering and soils.

Shaler, N.S. 1891. The origin and nature of soils. U.S. Geological Survey Annual Report 12, pp. 213-345.

Simonson, R.W. 1959. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Science Society of America Procedures 23:152-156.

Smith, G.D. 1963. Objectives and basic assumptions of the new soil classification system. Soil Science 96:6-16.

Soil Survey Staff. 1975. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436.

Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy, 12th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2016. Web Soil Survey. USDA Natural Resources Conservation Service. http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/ [Accessed 26 August 2016]

Tandarich, J.P., R.G. Darmody, L.R. Follmer, and D.L. Johnson. 2002. Historical development of soil and weathering profile concepts from Europe to the United States of America. Soil Science Society of America 66:335-346.

الباب الثانى

وصف الهيئات الطبيعية والجيومورفولوجى والموقع

(Landscapes, Geomorphology, and Site Description)

By Philip Schoeneberger, Douglas Wysocki, Craig Busskohl, and Zamir Libohova, USDA-NRCS.

مقدمة (Introduction)

يصف هذا الباب المعلومات المسجلة عن كل الإعدادات وسمات موقع التربة. وتتضمن هذه المعلومات الوحدات الفيزيوجرافية والهيئات الطبيعية والخصائص الجيومورفولوجية وغيرها من المعلومات الخاصة بالمنطقة. وغالبًا يتضمن الإعداد والموقع معلومات حول نمط الصرف ومادة الأصل والصخر الأساسى والانجراف وغطاء الأرض والعلاقات مع مجتمعات الغطاء النباتى. ويقدم الباب الثالث معلومات تفصيلية حول وصف قطاعات التربة.

والمهمة الأساسية للحصر (NCSS) فى الولايات المتحدة هى تحديد وجرد وتوصيل معلومات عن التربة وأنظمة الأرض التى هى جزء منها بشكل موثوق. ويشكل سطح الأرض، بما فى ذلك التربة الموجودة عليه، تركيبة منتظمة ولكنها معقدة، تتكون من قطع كثيرة ذات أحجام وأشكال وأصول وتكوينات مختلفة. ويتم فهم هذه التركيبة من خلال تحديد الأنماط المتكررة وفصل القطع إلى مجموعات ذات شكل ومحتوى ووظيفة متشابهة. واعتمادًا على منظور الشخص وأهدافه، توجد طرق لا حصر لها لتقسيم سطح الأرض إلى مجموعات فرعية معنوية. ويكون لدى الشخص المهتم بالزراعة أهدافا إدارية مختلفة، ويفحص معايير موقع مختلفة عن الأشخاص المهتمين بالبناء. ويحدد المنظور الأولى المتغيرات المهمة التى يجب تمييزها، ويمكن تجميعها معًا، والتى يجب فصلها. ويعتمد NCSS تقليديًا على وجهات نظر وأهداف متعددة الأغراض تدمج جوانب الزراعة والغابات والتطبيقات الهندسية وتربية الحيوانات، وفى العقود الأخيرة، وظيفة النظام البيئى والاستدامة البيئية. وأدت هذه الرؤى المتعددة إلى تجميع معايير وصفية وبروتوكولات متأصلة فى علوم الأراضى امتدت لاحقًا لمعالجة النظم البيئية والإعدادات والمظاهر التى يغيرها الإنسان.

الجيولوجيا (Geology)

توفر الجيولوجيا سياقا أكثر موثوقية وقوة لفهم أنظمة الأرض الطبيعية، بما فى ذلك التربة، عبر نطاق واسع من البيئات. وهى منظور يتعرف ويفصل الإطار الأساسى الذى تعمل عليه العمليات الطبيعية والبشر. وتعرف الجيولوجيا إلى حد كبير البنية المادية للتربة، أى التركيب والترتيب العام والامتداد الجانبى لهذه المواد. وتساعد فى شرح تكوين وتوزيع المواد التى تتكون منها التربة.

الجيومورفولوجى (Geomorphology)

الجيومورفولوجيا هى دراسة الأشكال الأرضية، والمواد التى تكونت منها، والديناميكيات التى تكونت بها وعملها. وهى فى مركز فهم ماهية مواد الأرض، وكيف تتفاعل، وكيف نشأت، ومدى امتدادها وأين يحتمل حدوث ظروف ومواد مماثلة. وتركز على مجموعات التركيب والطبقات وشكل وطبوغرافية المواد والعمليات الجيولوجية التى تؤدى إلى ظهورها وتعديلها.

جيومورفولوجية التربة (Soil Geomorphology)

تتناول جيومورفولوجية التربة التفاصيل والديناميكيات الجيومورفولوجية على سطح الأرض وبالقرب منه تؤثر أو

تتأثر بعمليات التربة ونواتجها. وتتناول توزيع وخصائص وسلوك التربة الديناميكى، وهى قضايا لا تؤكدها الجيولوجيا والجيومورفولوجيا التقليدية بسبب حجمها أو صغرها. وتعتبر قضايا التربة هذه ذات مغزى بيئيًا واقتصاديًا بشكل خاص لأنها تحدث على المقياس البشرى العملى، أى المقياس الذى يتم فيه اتخاذ معظم قرارات استخدام الأراضى وتطبيقها ونتائجها.

وتعتمد علوم التربة، خاصة الجيومورفولوجى، على علاقة قوية بين علم الصخور، والهيدرولوجى، والطبقات، والجيومورفولوجيا، وبدرجة أقل على الكائنات الحية والمناخ (Wysocki et al., 2012; Schaetzl and Thompson, 2014; Buol et al., 2011). وفى عديد من الأماكن، تهيمن الهيدرولوجيا وعلم مياه الأرض على إعادة التوزيع الطبيعى للمواد وتحفز التفاعلات الكيميائية التى تحول مواد الأرض (Simonson, 1959; Lin, 2012).

الحدود والانتقالات (Boundaries and Transitions)

يتم فصل أجزاء الهيئة الطبيعية والتربة عليها عما يجاورها بواسطة حدود واضحة وحادة على مسافة جانبية تبلغ أمتارا فقط. على سبيل المثال، يمكن فصل شرفة (terrace) نهرية بشكل حاد عن الجروف (cliffs) المجاورة ومخاريط الركام الصخرى (talus cones) بواسطة منحدر شديد (scarp) يسهل ملاحظته (شكل 2-1). والأجزاء الأخرى من الهيئة الطبيعية والتربة لها حدود جانبية متدرجة وغير واضحة، وتنتقل عبر عشرات الأمتار أو الكيلومترات. على سبيل المثال، يقل سمك ترسيبات اللوس (loess) تدريجيًا مع زيادة بعدها عن المصدر.

شكل 2-1: فواصل حادة ومميزة واضحة بين الأشكال الأرضية على مسافات جانبية قصيرة، كما يتضح من مخروط الركام (talus cone) فى هذا الوادى (canyon) على طول نهر بالوز (Palouse River) فى واشنطن.

المقياس (Scale)

من المحددات الرئيسية الأخرى فى نقل معلومات التربة والجيومورفولوجى مقياس الرسم (محلى أو إقليمى أو عالمى)، والذى يتم تحديده فى منظور وأهداف الحصر الأولية. ويحدد المقياس مسبقًا ما هو مناسب وما هو غير مناسب، وما يجب إظهاره وما لا يجب. فالشخص الذى يدير موقعًا منزليًا على مساحة 1 هكتار له احتياجات

ومعلومات مختلفة عن المخطط الإقليمى الذى يقيم ويدير مدينة أو ولاية. ويختلف المقياس تمامًا باختلاف المستخدمين، ويختلف المستوى المناسب للمعلومات التى يجب جمعها وتسليمها باختلاف المقياس. وعلى المستوى الإقليمى، من الملائم عادة التقييم والتأكيد على الهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية الكبيرة جدًا وتقليل الأشكال الأرضية الصغيرة والمظاهر الدقيقة. على سبيل المثال، فى الحصر الاستكشافى (reconnaissance survey) المستوى الثالث، يمكن تقييم الكثبان الرملية (dune fields)، أو سلاسل الجبال (mountain ranges)، أو bolsons. وعلى العكس، بالنسبة لأعمال الحصر المحلية، من الضرورى عادةً التركيز بشكل أساسى على الأشكال الأرضية الصغرى أو المظاهر الدقيقة أو أجزاء الأشكال الأرضية، وإعطاء اهتمام رمزى فقط للهيئات الطبيعية. على سبيل المثال، فى حصر من المستوى الأول، يمكن تقييم الكثبان الرملية الهلالية (barchan dunes) أو الأوجه المنزلقة (slip faces) أو الانحدارات الرئيسية (head slopes). ويعد حصر الأراضى المؤقت للشواطئ الخارجية (Outer Banks) فى ولاية كارولينا الشمالية (North Carolina)، بمقياس رسم 1:12,000 مثالًا لحصر محلى يعرض الإعداد بتفصيل كبير (USDA-SCS, 1977).

خرائط التربة الرقمية والمقياس (Digital Soil Mapping and Scale)

أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) المتاحة على نطاق واسع وطرق رسم خرائط التربة الرقمية سهلت التنقل بين المقاييس. على سبيل المثال، المعلومات الجغرافية المكانية التى كانت مقيدة مسبقًا بمقياس يمكن دمجها أو تقسيمها (انظر الباب الخامس). وأصبح الآن ممكنا إنتاج: (أ) استطلاعات أولية قادرة على تغطية نطاق مقياس أوسع بكثير، و (ب) خرائط موارد مشتقة أو من الجيل الثانى من قاعدة بيانات مكانية أولية تمتد على نطاقات أوسع من الحصر الأولى. ويجب أن تتوافق القدرة على التنقل بين المقاييس مع البيانات الأولية التى تستوعب هذه التغييرات فى المقياس. على سبيل المثال، تم إجراء قوائم الحصر التقليدية للتربة بناءً على مقاييس مكانية محددة وضيقة نسبيًا (حصر من المستوى الثانى والثالث). وتظل بيانات الحقل الأولية التى تم جمعها، والأقسام المحددة، والفواصل المكانية (polygons)، والتفسيرات، وغيرها من المعلومات مقيدة بالقواعد والقرارات الخاصة بالمقياس الذى تم تطويرها به فى الأصل. ويمكن تجميع البيانات تصاعديا فى مقياس تأثيره أقل على سلامة المعلومات. ويصعب جدًا القيام بالعكس وفصل البيانات الأولية بشكل منطقى لإنشاء معلومات أكثر دقة. وباستخدام الأدوات والبرامج والأساليب الإحصائية الجديدة، يمكن إنتاج معلومات بدقة أكثر باستخدام تقنيات التفصيل. ومع ذلك، فإن البيانات الأصلية والبيانات المتغيرة والقرارات المتأصلة المتخذة على مقياس الحصر الأصلى تظل محددة؛ تستمر تلك التحيزات الأصلية عبر المقاييس. ويمكن استبدال بعض العوامل الشكلية، مثل الانحدار، بسهولة أو تحسينها بمعلومات أكثر دقة، مثل LiDAR. وفى بعض الحالات، مثل فصل أجسام التربة بدقة أكثر، يمكن أن تكون المعلومات السابقة أكثر إشكالية وقد تكون هناك حاجة إلى بيانات داعمة جديدة مناسبة للمقياس الجديد.

التقاط العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية بمقاييس مختلفة

(Capturing Soil-Landscape Relationships at Various Scales)

عادةً ما يكون فحص عدد مثالى من الملاحظات الحقلية أمرًا غير عملى أو مكلفا. وبالتالى، يجب اختيار مواقع الملاحظات الممثلة بحكمة واستخدامها لاستقراء المناطق التى لا يمكن الوصول إليها. ويمكن تعزيز كفاءة الملاحظة بشكل كبير من خلال تطوير نماذج التربة والهيئات الطبيعية التى تلتقط العلاقات المكانية المتكررة. ويتضمن جزء من تطوير هذا النموذج اختيار مقياس مناسب. ويحدد المقياس ما يمكن وما لا يمكن عرضه. وتخضع نماذج الهيئات الطبيعية والتربة لتغييرات وتحسينات تدريجية تعكس تراكم المعرفة والبيانات أثناء تقدم الحصر.

وقد يحتوى الموقع على أحد المقاييس الثلاثة الشائعة للنماذج: مقياس مساحة كبيرة أو مستجمعات المياه (landscape)، مقياس تل (landform)، ومقياس موضع منحدر تل أو بيدون (microfeature). وتعتمد

ملائمة كل مقياس على وجهات نظر وأهداف الحصر. ويمكن تطبيق كل مقياس، لكن كل مقياس ينقل معلومات مختلفة إلى حد ما وله نقاط قوة ومحددات مختلفة. على سبيل المثال، بالنسبة للإعداد على طول حدود منطقة السهول الفيزيوجرافية الجبسية(Gypsum Plains State Physiographic Area) فى مقاطعة كلبرسون (Culberson)، ولاية تكساس (Texas)، يمكن تطوير وتطبيق سلسلة من نماذج الهيئات الطبيعية الهرمية المتداخلة (nested). وعلى مستوى الهيئات الطبيعية، تظهر المنطقة تلال بنائية منجرفة وسهول رسوبية نهرية. والعمليات الجيومورفولوجية السائدة هى عمليات تكتونية وانجراف، وإلى حد طفيف، رسوبية نهرية، وهى إقليمية فى نطاقها. وفى مقياس الأشكال الأرضية (شكل 2-2، الصورة العلوية)، وهى أدق من الهيئات الطبيعية، تُظهر نفس المنطقة تلًا بنائيا منجرفا (questa) وأرضية وادى (alluvial flat). والعمليات الجيومورفولوجية السائدة هى انجراف وترسيبات نهرية محلية النطاق. وعلى مستوى مقياس المظاهر الدقيقة (شكل 2-2، الصورة السفلية)، تظهر المنطقة مجموعات فرعية منفصلة داخل الأشكال الأرضية. والعمليات الجيومورفولوجية السائدة هى انجراف وترسيب (عمليات غسيل المنحدرات) وتعديل نهرى (alluvial deposition processes) وهى موضعية النطاق. وتعطى المقاييس المختلفة معلومات مختلفة.

وعادةً ما تعبر عمليات مقياس التلال (Hillslope-scale) عن نفسها بشكل مختلف فى مواقع مختلفة (القمة (summit)، والحافة (shoulder)، والمنحدر العلوى (upper slope) أو المنحدر الخلفى (backslope)، ومنحدر القدم (footslope)، والمنحدر السفلى (toeslope)). ويمثل كل موضع فى منحدر التل منطقة تسود فيها العملية، كما يتضح من الانخفاض التدريجى لحجم قطع الصخور عبر سطح الأرض من القمة إلى موضع المنحدر السفلى (toeslope) (شكل 2-3).

وفى البيئة الرقمية، يمكن استخدام مقاييس شبكية لتحديد الدقة الأفضل التى تلتقط الصفات المهمة لنماذج الهيئات الطبيعية. وما يظهر فى مقياس ما قد لا يكون واضحًا فى مقياس آخر (شكل 2-4). وبالرغم من أن تقنيات التجانس الرقمى تلائم بعض التحليلات، إلا أنها قد تؤثر سلبًا على القدرة على التعرف على المظاهر بمقياس معين (الشكل 2-5).

وضع العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية فى سياقها الصحيح

(Placing Soil-Landscape Relationships in Their Proper Context)

يمكن استخدام جيومورفولوجية التربة بشكل فعال لتقييم ومعرفة وتوصيل سياق (وضع) النظم الطبيعية. والسياق هو مفتاح:

1. معرفة وفهم المواد والعمليات التى تحدث فى مكان أو منطقة معينة.
2. التنبؤ الفعال بتوزيع المواد التى تسود فى المنطقة. والسؤال الأول والأكثر فائدة هو "أين أنت على هذا الكوكب؟" (على سبيل المثال، السياق الجيومورفولوجى بدلاً من الإحداثيات الجغرافية).
3. التعرف على العمليات والعلاقات الديناميكية النشطة بين التربة وداخلها ومساحات الأراضى.

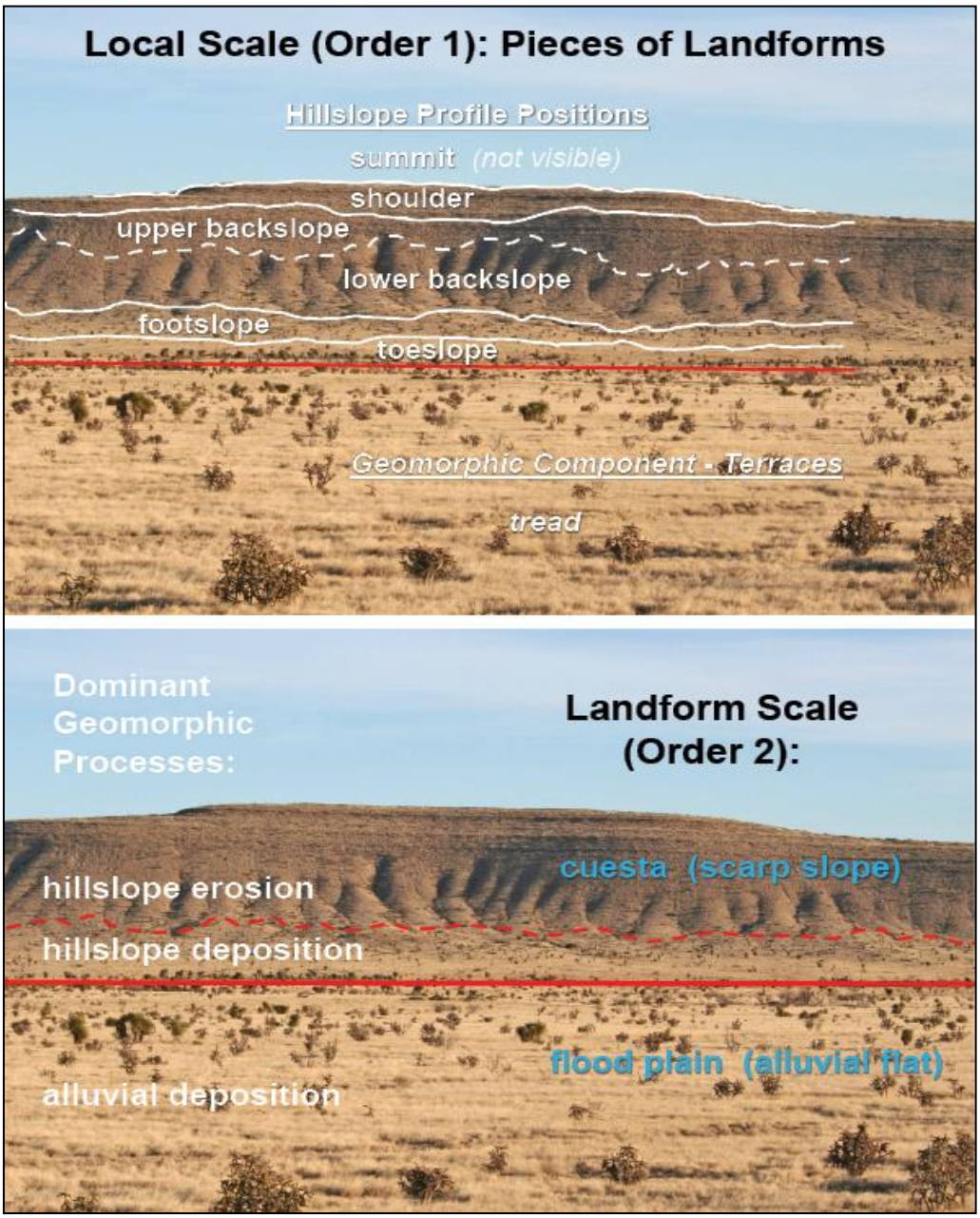
مراحل تطوير نماذج التربة والهيئات الطبيعية: التوقعات مقابل الواقع

(Development Stages for Soil-Landscape Models: Expectations vs. Reality)

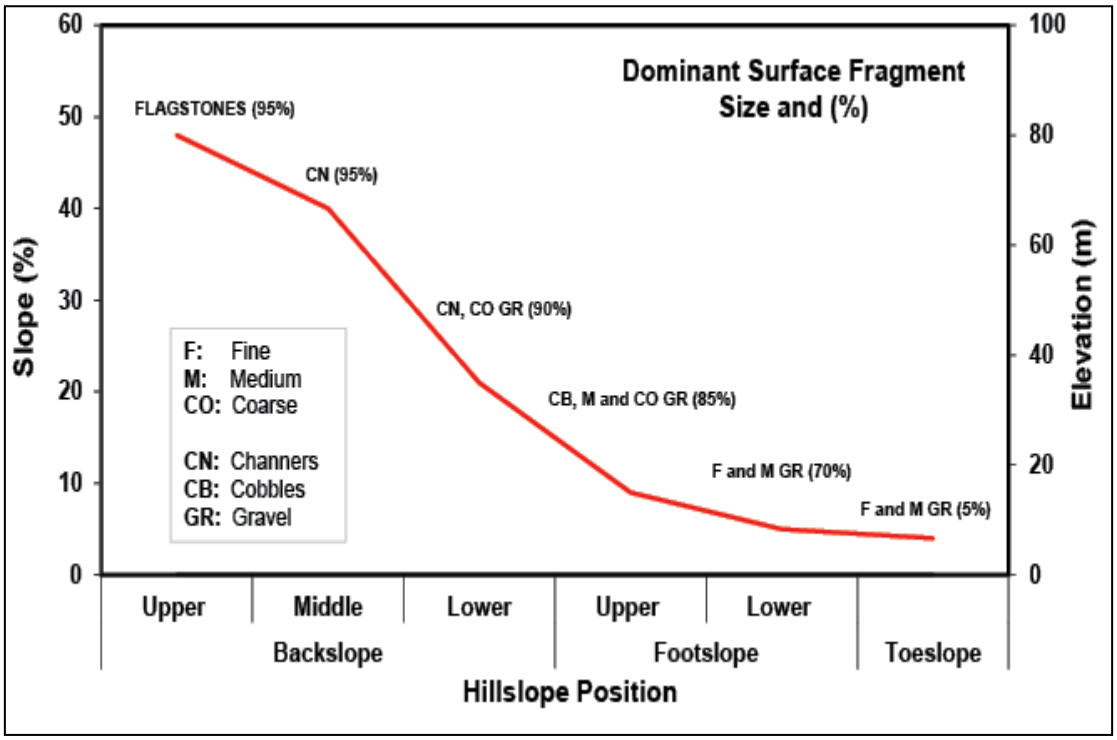
يبدأ تطوير نماذج دقيقة للهيئات الطبيعية باستخدام معرفة وخبرة الخبراء لتوقع وتصور العلاقات بين الهيئات الطبيعية والأنظمة الجيومورفولوجية والتربة. وفى أى شكل، يجب اختبار النموذج الأولى بدقة أى التحقق الأرضى (ground-truthed) ومراجعته حسب الحاجة ليعكس بدقة العلاقات الفعلية المرصودة للتربة والهيئات الطبيعية.

تطوير نماذج أولية للهيئات الطبيعية والتربة (Developing Initial Soil-Landscape Models)

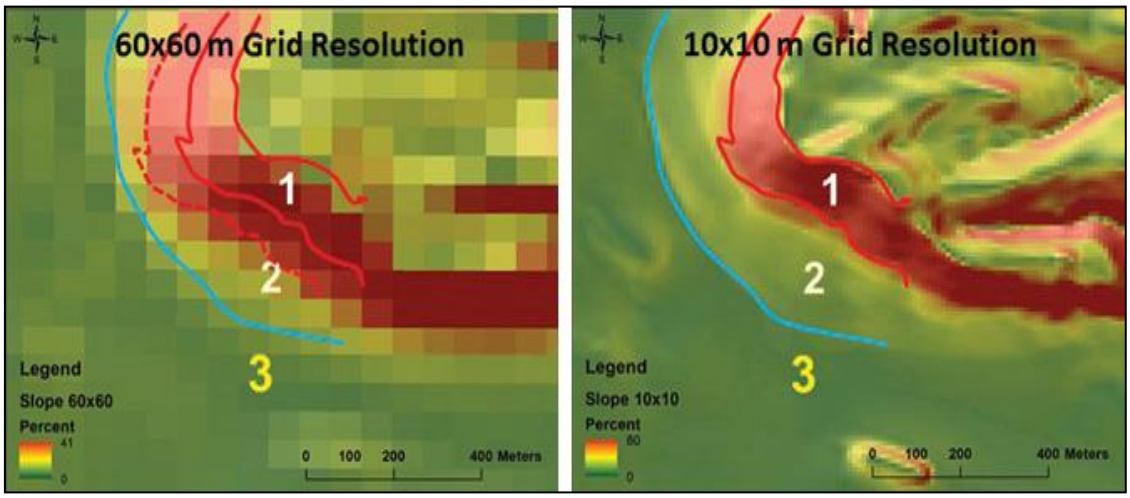
من المفيد توقع عام لما سيتم مواجهته فى منطقة أو موقع معين. على سبيل المثال، إذا كان الموقع يقع فى وادى نهر، فمن المعقول أن نتوقع أن يعكس الموقع ديناميكيات وميزات الأنهار فى الأشكال الأرضية والترسيبات والتربة فى المنطقة. ويمكن أن يؤدى مكان الموقع داخل وادى النهر مثل منابع المياه مقابل الدلتا (headwaters vs. delta) إلى تحسين التوقعات الأولية بشكل أكبر.



شكل 2-2: منحدر كويستا شديد فوق سهل رسوبى. ويحدد المقياس أى وصف جيومورفولوجى يمكن استخدامه وعرضه بشكل فعال. ويمكن للتقييمات الجيومورفولوجية الإقليمية (مقياس الهيئات الطبيعية) أن تفصل التلال التكتونية عن المناطق التى تهيمن عليها العمليات النهرية. ويمكن لمقياس الشكل الأرضى الأكثر تحديدًا أن يميز الأشكال الأرضية السائدة: الكويستا (cuesta) والسهل الرسوبى (alluvial flat) والعمليات الجيومورفولوجية السائدة التى تتحكم فيها داخل الهيئات الطبيعية (الصورة العلوية). ويجب إظهار أسطح الانجراف والترسيب الأكثر تفصيلاً المستمدة من عمليات المنحدرات السائدة على مقياس أدق. وتشمل هذه المظاهر الدقيقة الروافد (ribs) والبساتين (groves)، ومواضع أقسام انحدار التل مثل القمم (summits) والأكتاف (shoulders)، والمكونات الجيومورفولوجية مثل ، مكونات الشرفات (terraces) أو التلال (hills)، مثل الانحدارات الأمامية (nose slopes)، الرئيسية (head slopes)، والجانبية (side slopes).



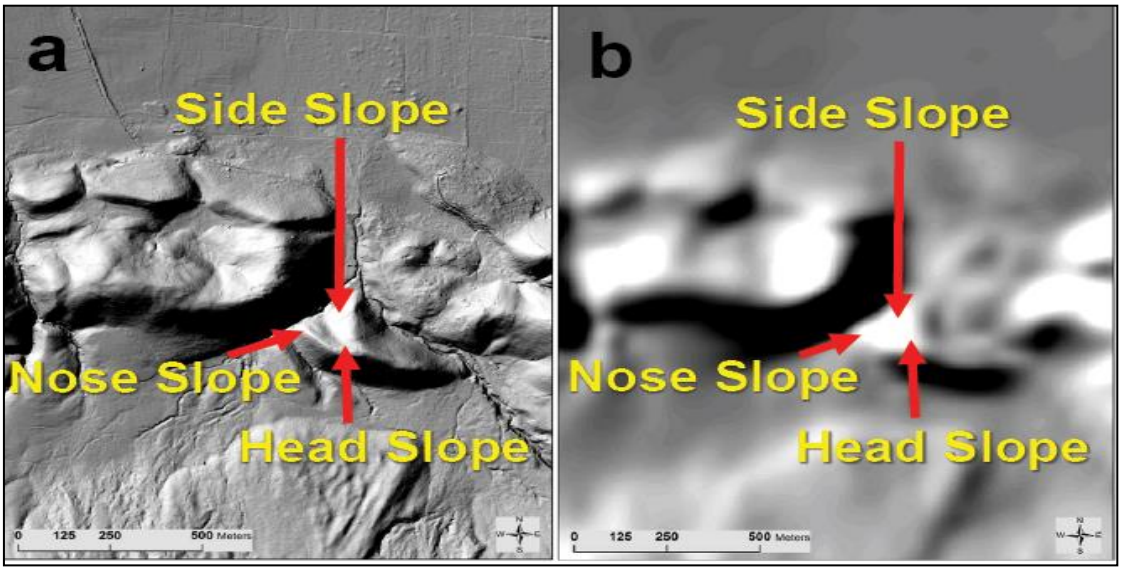
شكل 2-3: رسم تخطيطى للتغير فى المكونات السطحية الخشنة على طول مقطع عرضى لانحدار شديد على كويستا فى مقاطعة كولبيرسون (Culbertson)، ولاية تكساس (Texas). يوضح التناقص التدريجى السائد فى الحجم والنسبة المئوية أثناء التحرك إلى أسفل المنحدر تأثير عمليات انحدار التل على المستوى المحلى. وتتضح عمليات الانجراف السائدة على الانحدار الخلفى العلوى، من خلال وجود أحجار مفلطحة (flagstones) على السطح. وعلى الانحدارات الخلفية الوسطى والسفلى، تشير النسب المئوية وأحجام القطع الصخرية (channers and others) إلى النقل الجانبى. وعلى منحدر القدم والمنحدر السفلى، تكون قطع الصخور غالبا عبارة عن حصى متوسط وصغير بنسب متناقصة. وهى تدل على عمليات ترسيب.



شكل 2-4: مقارنة خرائط رقمية بأحجام شبكة 60 x 60 m (يسار) و 10 x 10 m(يمين) توضح التفاصيل بدقة مختلفة. تلتقط الشبكة مقاس 60 x 60 m بصريًا وحدات شكل الأرض الرئيسية الثلاث ولكنها لا تلتقط المكونات الجيومورفولوجية للتلال، وهى الانحدار الأمامى، والانحدار الجانبى، والانحدار الرئيسى. وهناك حاجة إلى دقة أكثر، مثل بيانات ارتفاع LiDAR، لالتقاط التعبيرات الطبيعية لعمليات التلال المحلية جدا.

فمن المُتوقع أن تحتوى ترسيبات مياه منابع الأنهار، والتربة التى تكونت فيها، على قطع خشنة أكبر حجما وأقل استدارة، وتكون أقل فرزا إلى حد ما، وتحتوى على طبقات أقل تباينًا من الترسيبات فى الدلتا. بالإضافة إلى توقع الظروف والديناميكيات العامة لمستوى الماء الأرضى مثل زيادة التدفق مقابل التدفق المفقود (gaining stream

(losing stream vs. بناءً على المناخ السائد. ويمكن للنموذج الأولى أن يوفر إطارًا مؤقتًا يمكن من البدء فى التحقق بكفاءة وفهم وتنظيم طبيعى متنوع. وفى العالم الرقمى، يتضمن هذا الآن قدرًا كبيرًا من رسم الخرائط المسبق، استنادًا بشكل أساسى إلى نماذج الارتفاع الرقمية التفصيلية المحسنة والمعلومات الموجودة (انظر الباب الخامس).



شكل 2-5: صور تبين التغييرات فى تفسير درجة الانحدار متأثرة بدقة نموذج الارتفاع الرقمى (DEM) من LiDAR. الصورة a — حجم الشبكة (1×1 m) يلتقط مظاهر السطح المتداخلة فى موضع انحدار التل. والصورة b — مع انخفاض الدقة (30×30 m) وأصبح السطح أكثر سلاسة رقميًا، لم تعد المكونات الجيومورفولوجية للتلال (nose, side, and head slopes) مرئية.

والنماذج الأولية للهيئات الطبيعية والتربة مفيدة. والقول المأثور: لو لم أكن أعرف عن ذلك، لما أدركته "If I hadn't known about it, I wouldn't have recognized it" حقيقة عملية ومناسبة. وكلما زاد فهم النظام الطبيعى، أصبح من الأسهل التعرف على التعبيرات الطبيعية للأنظمة.

وصف وتسجيل ما هو موجود بالفعل (Describing and Recording What is Actually There)

رغم أن نماذج الهيئات الطبيعية والتربة يمكن أن تكون مفيدة جدا فى أى مرحلة من مراحل الحصر، إلا أن من الأهمية المحافظة على عقل متفتح وتعديل النماذج كلما توفرت معلومات جديدة. والخطأ الشائع لدى العاملين فى الحقل هو الاستمرار فى الإذعان لتوقع مسبق، مثل نموذج الهيئة الطبيعية الأولى، بدلاً من تكييف أفكارهم بناءً على ما يتم مواجهته بالفعل. وإذا فشل نموذج الهيئة الطبيعية فى مطابقة السمات الطبيعية والترسيبات الموجودة بالفعل، فيجب تعديله أو التخلى عنه. ويجب أن يتناسب النموذج المفيد مع الحقائق وليس العكس.

وصف الهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية والجيومورفولوجيا باستمرار

(Consistently Describing Landscapes, Landforms, and Geomorphology)

يتم عادة جمع أنواع رئيسية مختلفة من المعلومات لتعريف أو تقييم أو توصيل المعلومات الجيومورفولوجية. ويعتبر النظام الوصفى ومجموعة المصطلحات التى يمكن استخدامها باستمرار من الأمور المهمة لنقل المعلومات بدقة بين الأفراد وإجراء مقارنات صحيحة من مكان إلى آخر. ويستخدم NCSS بشكل عام نظام الوصف الجيومورفولوجى، أو نظام GDS الذى يتكون من ثلاثة أقسام رئيسية (Schoeneberger and Wysocki, 2012):

الموضع الفيزيوجرافى (Physiographic location): يتم تحديد المنطقة الجغرافية المسماة بمكان معروف.

الوصف الجيومورفولوجى (Geomorphic description): يتم تحديد مظاهر سطح الأرض المنفصلة (a separate entity) أو مجموعة من المظاهر. يتم تصنيف الميزات من خلال عملية المنشأ المهيمنة أو الإعداد الجيومورفى.

قياس شكل السطح (Surface morphometry): وصف شكل سطح الأرض أو هندسته. ويتم تعريف جزء منفصل من عنصر أرضى محدد جغرافيًا أو منطقة أو جزء منحدر. كما تم وصف التضاريس الدقيقة وأنماط الصرف والمظاهر السطحية الأخرى.

المعلومات الجغرافية والفيزيوجرافية (Geographic and Physiographic Information)

تتناول المعلومات الجغرافية والفيزيوجرافية بشكل أساسى تعريف الموقع المحدد لمنطقة على كوكب الأرض مثل جبال الأبالاش (Appalachian Mountains). وهذه المعلومات تكون لها قيمة اتصال قوية لكثير من الناس. ويمكن لمعظم الناس ربط الاسم الجغرافى ببعض الفهم للمنطقة. ويدرك قليل من المستخدمين الأوصاف الجغرافية الفنية الواضحة مثل، نظام جبلى متآكل، مطوى، ذو حافة قارية قديمة (an eroded, folded, paleo-continental margin mountain system). وجبال الأبلاش وجبال روكى كلاهما نظامان جبليان بالمفهوم الجيومورفى، ولكنهما يختلفان فى المواقع الجغرافية المهمة وكذلك فى التفاصيل الجيومورفولوجية. وتؤكد أسماؤهما على الاختلافات الجغرافية، وليس التكوين الجيولوجى أو نوع الجبال. وقد تعكس الأسماء الجغرافية والفيزيوجرافية أو لا تعكس بدقة الجيومورفولوجيا الفعلية. وقد يحدث ارتباك إذا كانت الأسماء الجغرافية تتضمن مصطلحات جيومورفولوجية لا تلتصق بمعناها الجيومورفولوجى الفنى. على سبيل المثال، المنطقة المحددة جغرافيًا على أنها مائدة طومسون (Thompson's Bench) قد تكون شكلًا جغرافيًا غير مائدة بنائية حقيقية، مثل شرفة مجرى مائى (stream terrace) أو هورست (horst).

وتدمج المعلومات الفيزيوجرافية معلومات جغرافية مع معلومات جيومورفولوجية محدودة لوصف الموقع. وفى علم الفيزيوجرافى، تُستخدم الاختلافات فى الطبوغرافية، والصخر الأم أو مادة الأصل، ومستجمعات المياه، والسمات الأخرى لتجميع المناطق المتشابهة أو ذات الصلة من الناحية الجيومورفولوجية. وأثبتت الخبرة أن المعلومات الفيزيوجرافية هى الأساس الأقوى والأكثر تنوعًا والأسرع فى وصف وتقسيم الهيئات الطبيعية. وتؤكد مناهج الموقع الأخرى على الفروق المكانية بناءً على شيء آخر غير فيزيوجرافى. على سبيل المثال، تؤكد بعض الأساليب على الأنظمة البيئية الطبيعية أو أنظمة إدارة الأراضى. ويتم تحديد الإطار الوصفى الأنسب للموقع حسب الحصر وأهدافه.

الموقع الفيزيوجرافى (Physiographic Location)

نظرًا لتنوع مستخدمى معلومات حصر الأراضى، تختلف وجهات النظر والأهداف. ولا يمكن لمقياس واحد من المعلومات أن يخدم الجميع بشكل أفضل. لصاحب المنزل احتياجات واهتمامات مختلفة عن المخطط الإقليمى أو وكالة حكومية لإدارة الموارد ذات نطاق وطنى. ويمكن تقسيم المعلومات المتعلقة بالموقع الفيزيوجرافى بشكل مفيد ضمن تسلسل هرمى معمم للمقياس (جدول 2-1). وفى الولايات المتحدة، تعتمد المستويات الثلاثة العليا على عمل فينمان (Fenneman, 1957) للولايات المتحدة المتجاورة وأعمال وارهافتيج (Wahrhaftig, 1965) لولاية ألاسكا (Alaska). وتصف المستويات الدنيا الإضافية المناطق الفيزيوجرافية داخل الولايات والمناطق المحلية.

وتوجد خرائط للمستويات الفيزيوجرافية الثلاثة العليا من فينمان (Fenneman, 1957). وأعيد إنتاجها فى نظام الوصف الجيومورفى (Schoeneberger and Wysocki, 2012). وتوجد خرائط المناطق الفيزيوجرافية

للولايات فى مكاتب الحصر الجيولوجى الحكومية أو الجامعات المحلية المتعاونة مع NCSS. ويتم الحصول على المعلومات المتعلقة بالأسماء الفيزيوجرافية المحلية أساسا من الخرائط الطبوغرافية رباعية الزوايا من هيئة الحصر الجيولوجى الأمريكية.

جدول 2-1: الموقع الفيزيوجرافى والمقياس النسبى (بترتيب تنازلى) وأمثلة فى الولايات المتحدة.

Physiographic location level	Relative scale	Example*
Physiographic division	Continental scale	Interior Plains
Physiographic province	Regional scale	Central Lowland
Physiographic section	Sub-regional scale	Wisconsin Driftless Section
State physiographic area	State scale	Wisconsin Dells
Local physiographic name	Local scale	Blackhawk Island

* Progressive levels of detail.

الوصف الجيومورفى (Geomorphic Description)

يحاول الوصف الجيومورفى الإجابة على الأسئلة "ما هذا؟" و "كيف حدث ذلك؟" للخصائص الطبيعية والترسيبات. ويمكن تجميع مظاهر سطح الأرض بشكل فعال بطرق مختلفة لتلبية الاحتياجات الخاصة. وهناك طريقتان تكملان بعضهما البعض هما: (1) القوائم الرئيسية مقسمة إلى طبقات بشكل فضفاض حسب المقياس فى الهيئات الطبيعية، والأشكال الأرضية، والمظاهر الدقيقة، و (2) القوائم المصنفة حسب البيئة الجيومورفية (نهرية (fluvial)، ريحية (eolian)، إلخ).

المقياس (Scale): يمكن تقسيم مظاهر سطح الأرض إلى أى عدد من نطاقات المقاييس، ولكن ثلاثة مستويات عامة أثبتت فعاليتها باستمرار: الهيئات الطبيعية، والأشكال الأرضية، والمظاهر الدقيقة.

الهيئات الطبيعية (Landscapes): معالم على المقياس الأكبر، وهى مجموعات مجمعة أو عائلات من الأشكال الأرضية ذات الصلة وعادة ما تغطى مساحات كبيرة. ومن الأمثلة على ذلك سلسلة جبال (mountain range) وأراضى الوادى (canyonlands) (شكل 2-6). وهى الأكثر أهمية للحصر العام أو الاستكشافى (المستوى 3 أو 4، انظر الباب الرابع).

شكل 2-6: أراضى الوادى (canyonlands)، سان رافائيل سويل (San Rafael Swell)، يوتا (Utah).

الأشكال الأرضية (Landforms): مظاهرفردية منفصلة مرتبطة ببعضها فى سياق الهيئة الطبيعية الأكبر ويمكن رسمها بمقاييس الخرائط التقليدية، مثل مستوى الحصر 2 (شكل 2-7). وعادة ما تكون محلية الحجم، لكن بعضها يكون كبيرًا. ويمكن التعبير عن الأشكال الأرضية الطبيعية والبشرية والمظاهر الدقيقة كنتيجة للإزالة أو النقل أو الترسيب. على سبيل المثال، تكون عمليات التذرية والحفر نتيجة الإزالة، وحواجز الشواطئ الطويلة والكثبان الرملية النشطة نتيجة النقل، والمراوح الرسوبية النهرية (alluvial fans) ونفايات التجريف (dredge spoils) نتيجة الترسيب.

شكل 2-7: أشكال أرضية لتل لوس (Loess hill) ووادى نهر (river valley) غرب ولاية أيوا (Iowa)، على طول نهر ميسورى (Missouri River).

المظاهر الدقيقة (Microfeatures): هى مظاهر سطح منفصلة وفردية يمكن التعرف عليها بسهولة ولكنها صغيرة جدًا أو معقدة لعرضها أو التقاطها بمقاييس الخرائط التقليدية. ومن أمثلة ذلك البرك الربيعية (vernal pools) وروابى العشب (turf hummocks) كما فى شكل 2-8. وقد يكون لهذه الأشكال الدقيقة تأثير كبير على تدفق المياه، وتنمية التربة، والنظم البيئية الطبيعية، وإدارة الأراضى.

وهناك عديد من الخيارات ضمن كل فئة من هذه الفئات الرئيسية، لا سيما الأشكال الأرضية. وعادةً ما يتم ترتيب الخيارات داخل كل فئة على شكل قوائم رئيسية مرتبة أبجديًا، تكون مناسبة لقواعد البيانات. ونظرًا للعدد الهائل من الخيارات، فمن المفيد استخدام مجموعات فرعية للفئات الرئيسية الثلاث، مرتبة حسب البيئة الجيومورفولوجية أو مجموعات أخرى من السمات المشتركة.

البيئة الجيومورفولوجية (Geomorphic Environment)

هى بيئة طبيعية تهيمن عليها عملية جيومورفية من التكوين والتعديل والديناميكيات السلوكية الناتجة. على سبيل المثال، تتكون البيئة الجيومورفية النهرية من الأشكال الأرضية والترسيبات المرتبطة التى تكونت مباشرة بواسطة، أو استجابةً، لتدفق مياه القنوات (fluvial processes). وفى مثل هذه الظروف، من المرجح أن يتم التحكم إلى

حد كبير فى الديناميكيات البيئية الحالية، مثل ديناميكيات المياه الجوفية ومستوى الماء الأرضى، من خلال نظام الأنهار الذى شكل الهيئة الطبيعية للمنطقة. ويسرد جدول 2-2 البيئات الجيومورفية البارزة الأكثر صلة بالتربة فى الولايات المتحدة والمنتشرة فى أماكن أخرى من العالم.

عمليات جيومورفية متعددة (Multiple Geomorphic Processes)

قد يوجد بالمواقع دليل على أكثر من عملية جيومورفية واحدة. وعادة ما تكون هذه العمليات غير متساوية. فتسود إحدى العمليات على مساحة معينة من الأرض، وتكون العمليات الأخرى، إن وجدت، ذات حضور وتأثير ضئيل. ومن المهم التعرف على العملية الأكثر انتشارًا ومنتجاتها لأنها تحدد التكوين الطبيعى للهيئة الطبيعية وتركيب الترسيبات. ومن المهم أيضًا التعرف على العمليات الثانوية وترسيباتها حيث أنها تؤثر بشكل جوهرى على التربة.

شكل 2-8: مظاهر دقيقة (microfeatures) لروابى العشب (Turf hummocks) فى مرج رطب فى ولاية أوريجون (Oregon).

على سبيل المثال، تغطى ترسيبات اللوس تلال السهول فى البيئات الجليدية القارية. وإذا كان غطاء اللوس رقيقًا، فالسياق الجيومورفى السائد والأكثر أهمية هو الجليدى لأنه يفسر السمات السائدة للأرض والطبوغرافية والمواد

المفتتة. ويجب التعرف على اللوس على حقيقته، وأنه ليس ترسيبات جيولوجية أخرى، وتحديده ووصفه بشكل صحيح فى طبقات التربة. وإذا كان غطاء اللوس سميكًا، فيمكنه أن يحل محل المواد الجليدية التحتية ويعمل كمحدد للشكل الجيومورفى نفسه، مثل تلال اللوس. ورغم أن الترسيبات السطحية الرقيقة ($\leq$ 25 cm) تتعرض للاختلاط من خلال العمليات البيدولوجية العادية، لدرجة أنها تفقد شكلها المورفولوجى الترسيبى، إلا أنها قد يكون لها تأثير مهم على التربة. وفى هذه الحالة، يمكن التعرف على هذه المواد على الرغم من عدم التعرف على العملية الجيومورفية بشكل واضح. ومن الأمثلة على ذلك الترسيبات السفحية (colluvium) المتأثرة باللوس.

جدول 2-2: البيئات والعمليات الجيومورفية البارزة فى الولايات المتحدة وأمثلة.

Geomorphic environment or other setting	Dominant process or attributes	Example* LS = Landscape LF = Landform Micro = Microfeature
Coastal marine & estuarine	Wave or tidal control; areas near shore, shallow submarine areas	LS: coastal plain LF: nearshore zone Micro: shoreline
Lacustrine	Related to inland water bodies	LS: lake plain LF: lakebed Micro: strandline
Fluvial	Concentrated channel flow	LS: river valley LF: stream terrace Micro: bar
Solution	Dissolution and subsurface drainage	LS: cockpit karst LF: sinkhole Micro: solution corridor
Eolian	Wind related (erosional and depositional)	LS: dune field LF: barchan dune Micro: slip face
Glacial	Directly related to glaciers (glaciofluvial, etc.)	LS: till plain LF: ground moraine Micro: tarn
Periglacial	Non-glacial, cold climate (modern or relict)	LS: thermokarst LF: patterned ground Micro: stripe
Mass movement	Gravity	LS: breaklands LF: landslide Micro: sag
Volcanic & hydrothermal	Volcanic and/or hydrothermal processes	LS: volcanic field LF: lava flow Micro: tumulus
Tectonic & structural	Regional and local tectonic processes or crustal movement	LS: mountain range LF: graben Micro: sand boil
Erosional	Dominated by hillslope and sheet-wash processes (non-concentrated channel flow)	LS: breaklands LF: pediment Micro: gully
Wetlands	Vegetated and/or shallow wet areas and wet soils	LS: Everglades LF: mangrove swamp Micro: vernal pool
Water bodies	Surface water features; primarily open water	LS: ocean LF: oxbow lake Micro: pond
Subaqueous features	Permanently submerged features that support plant life or adjacent areas	LS: lagoon LF: lagoon bottom Micro: shoal

***For complete choice lists, see *Geomorphic Description System* (Schoeneberger andWysocki, 2012).**

وتحاول بعض الأنظمة الوصفية الجيومورفية التقاط كل من العمليات الجيومورفية الأولية والثانوية فى الموقع. ويمكن أن يصبح هذا المنهج، الذى يكون مناسبًا لرسم الخرائط الجيومورفولوجية، معقدًا ومربكًا عند معالجة

جيومورفولوجيا التربة فى سياق الحصر. والهدف الرئيسى هو معالجة العمليات الجيومورفية ومحصلاتها التى تؤثر بشكل مباشر أو جوهرى على التربة وسلوكها. وقد تكون العمليات الجيومورفية ذات النطاق الأكبر أو العميقة التى لا تؤثر بشكل مباشر أو جوهرى على التربة، مثل الظواهر التكتونية أو البنائية العميقة، خارج نطاق حصر الأراضى. ويمكن تضمين هذه المعلومات مع المعلومات الفيزيوجرافية أو فى المناقشات العامة.

المصطلحات العامة مقابل مصطلحات جيومورفية محددة (Generic vs. Specific Geomorphic Terms)

المصطلحات الجيومورفولوجية بعضها عام جدًا مثل الأراضى المرتفعة (uplands) وتكون مفيدة خاصة فى المقاييس الكبيرة. ورغم أنها صحيحة من الناحية الفنية، إلا أنها تنقل معلومات قليلة نسبيًا. وهناك مصطلحات أكثر تحديدًا مثل الجبال المتصدعة (fault-block mountains). ومن الأفضل أن تكون المصطلحات أكثر وضوحًا. والمصطلح المحدد أكثر إفادة من المصطلح الصحيح الأكثر عمومية. على سبيل المثال، يوفر مصطلح تل اللوس (loess hill) معلومات أكثر من تل (hill).

المظاهر المتداخلة (Nested Features)

عادةً يكون التركيز فى الوصف الجيومورفى على مظهر الأرض (شكل أرضى أو هيئة طبيعية) الأكثر أهمية بالنسبة للتربة والذى ينقل السياق الأكثر صلة بالموقع أو المنطقة، مثال تربة ألفا على كثبان (Alpha soil occurs on a dune). ويجب أن يكون المظهر الرئيسى هو ذلك الذى يؤثر مباشرة على التربة أو يحددها. وفى بعض البيئات، يوجد عديد من الأشكال الأرضية ذات مقاييس مختلفة ويرتبط كل منها بسلوك التربة ومهم فى توثيق منطقة ما. ويمكن استخدام الأشكال الأرضية المتعددة بالتسلسل (nested) لنقل معلومات مهمة. مثال على ذلك تربة ألفا على كثبان رملية على شرفة مجرى مائى. وإذا استخدمت المصطلحات المتداخلة، فلا يجب أن تكون أكثر من اثنين أو ثلاثة.

المظاهر البشرية (Anthropogenic Features)

ركز حصرالأراضى فى الولايات المتحدة على العمليات الطبيعية، والترسيبات المصاحبة، والمظاهر السطحية الناتجة، مثل الهيئات الطبيعية، والأشكال الأرضية، والمظاهر الدقيقة. وتم استبعاد مظاهر ومواد السطح التى غيرها الإنسان أو التعرف عليها قليلا. واعتبرت ظواهر مصطنعة، لا يمكن التنبؤ بتركيبها وحدوثها، وهى إلى حد كبير خارج نطاق حصر الأراضى القائم على العمليات الطبيعية. وفى السنوات الأخيرة، كان هناك وعى وقبول متزايد لتأثير البشر على النظم الطبيعية والمظاهر والمواد المرتبطة بها. وتختلف المظاهر والمواد بشرية المنشأ عن الظواهر الطبيعية الأصلية وعمليات تكوينها ويمكن حصرها بطرق مماثلة لتلك المستخدمة فى الأشكال الجيومورفولوجية التقليدية. وتعرف من خلال التعبير السطحى المتكرر (الشكل والترتيب)، ونطاق التركيب والترتيب الداخلى، والامتداد الجانبى. وكما هو الحال مع الأشكال الأرضية والمواد الطبيعية، فإن القدرة على تقسيم المظاهر البشرية باستمرار إلى مجموعات فرعية معنوية تسهل التعرف على جغرافية التربة بشرية المنشأ وتساعد بشكل كبير فى قرارات إدارة الأراضى. وتبنى NCSS مصطلحات وصف المظاهر بشرية المنشأ فى عام 1993.

وتم إنشاء فئة جيومورفية جديدة لاستيعاب المظاهر التى غيرها أو أنشأها الإنسان لجميع المقاييس والتعرف عليها مثل السمات الطبيعية (Schoeneberger and Wysocki, 2012). واستمر تطور إدراك مدى التغيرات البشرية على سطح الأرض. ومع زيادة عدد وتنوع هذه المظاهر، قدمت مقترحات لتقسيمها لثلاث مجموعات مماثلة لأقسام خصائص سطح الأرض المشتقة بشكل طبيعى (Schoeneberger and Scheyer, 2005; Schoeneberger et al., 2012). وعلاوة على ذلك، حددت اللجنة الدولية للتربة بشرية المنشأ (ICOMANTH, 2012) عبارة "مظهر بشرى المنشأ" (anthropogenic feature) فى سياق غير جيومورفى لأى قطعة أثرية صناعية، علامة، قالب، انطباع، إلخ (any artificial artifact, mark, mold,

(impression, etc.). وفى وقت لاحق، تم استبدال المظاهر البشرية "anthropogenic features" وهى سياق جيومورفى (geomorphic context) بثلاث فئات جديدة تعتمد على مقياس فضفاض: هيئات بشرية (anthroscapes)، وأشكال أرضية بشرية (anthropogenic landforms)، ومظاهردقيقة بشرية (anthropogenic microfeatures).

الهيئة بشرية المنشأ (anthroscape): مهمة لبساطتها كمصطلح ووضوح التعرف على الأراضى التى تم تعديلها بواسطة الإنسان كمناطق مشروعة وهامة. وتختلف هذه الأراضى اختلافًا جوهريًا عن النظم الطبيعية لأنها تحتوى على ترسيبات وترتيب ترسيبات وديناميكيات مياه مختلفة، وبالتالى تتطلب ممارسات إدارة مختلفة. وهى هيئة طبيعية غيرها الإنسان بتعديلات جوهرية ودائمة عن طريق إزالة أو إضافة أو إعادة تنظيم الشكل الطبيعى و/ أو الطبقات الداخلية للأرض. وترتبط بإدارة السكن والتجارة وإنتاج الغذاء أو الألياف والترفيه والأنشطة البشرية الأخرى التى غيرت بشكل جوهرى تدفق المياه ونقل الترسيبات على التربة أو داخلها. وتشمل الهيئات بشرية المنشأ المناطق الحضرية والضواحى والأراضى المستصلحة والزراعية.

الشكل الأرضى بشرى المنشأ (anthropogenic landform) هو شكل أرضى (landform) متميز من صنع الإنسان على سطح الأرض أو فى المياه الضحلة يحتوى على تركيبة داخلية من مواد ترابية أو عضوية أو صخرية غير متماسكة. وعادة ما يكون له حدود مستقيمة أو شكل هندسى. وهو نتيجة مباشرة للمعالجة أو الأنشطة البشرية. ويمكن رسمه على خرائط بمقاييس حصر الأراضى الشائعة، مثل مستوى الحصر 2 < 1:10,000 to > 1:24,000). ويمكن أن تنشأ الأشكال الأرضية بشرية المنشأ من الترسيب مثل كتف النهر الصناعى (artificial levee) أو الإزالة مثل المحجر (quarry) كما فى شكل 2-9.

شكل 2-9: المحاجر مثال لشكل أرضى بشرى المنشأ.

المظهر الدقيق بشرى المنشأ (anthropogenic microfeature) هو شكل متميز، فردى، بفعل الإنسان على سطح الأرض أو فى المياه الضحلة له مدى تركيب من مواد ترابية أو عضوية أو صخور نقلها الإنسان. وعادة ما يكون له شكل بشرى يمكن التعرف عليه. وهو نتيجة مباشرة للمعالجة أو الأنشطة البشرية. ولا يمكن رسمه على خرائط حصر الأراضى بمقاييسها الشائعة ، مثل مستوى الحصر 1 (1:10,000 >) ولكن يمكن ملاحظته محليًا. وتنشأ هذه المظاهر من الترسيب مثل شرفة صيانة (conservation terrace) كما فى شكل 2-10 أو الإزالة مثل خندق (ditch).

وستستمر أفكار المظاهر بشرية المنشأ فى التطور والنمو فى السنوات المقبلة. ويستمر اقتراح التعرف على عصر

جيولوجى جديد – الأنثروبوسين (Anthropocene)- فى اكتساب الدعم ويعكس هذا الاتجاه العام. ويمكن أن تساعد المعلومات المتعلقة بتركيب وحدوث وسلوك المظاهر والمواد بشرية المنشأ، على الرغم من اختلافاتها الفريدة عن الظواهر والعمليات الجيومورفولوجية الطبيعية، فى الإدارة الذكية للأراضى.

شكل 2-10: شرفات صيانة التربة (Soil conservation terraces) مثال لمظهر دقيق بشرى.

القياس المورفولوجى للسطح (Surface Morphometry)

يستخدم قياس الشكل السطحى مصطلحات مختلفة لوصف شكل سطح الأرض أو الهندسة، والأجزاء المنفصلة من الشكل الجيومورفى أو جزء من الانحدار، والمظاهر المتنوعة التى تعتبر أساسية لحصر الأراضى والموارد الطبيعية. والفقرات التالية تناقش عدة مصطلحات.

الارتفاع (Elevation): هو ارتفاع نقطة على سطح الأرض بالنسبة لمتوسط مستوى سطح البحر. وهذه المعلومات متاحة على نطاق واسع من قواعد بيانات GIS ومن الخرائط الطبوغرافية. وينقل الارتفاع السياق المناخى المهم ويعكس الإمكانات النسبية والطاقة الحركية المتوفرة فى الموقع.

انحدار التربة (Soil slope): له دلالة مقياس. ويشير إلى ترتيب سطح الأرض للمقاييس التى تتجاوز حوالى 10 أمتار وتمتد إلى الهيئة الطبيعية ككل. وللانحدار درجة وتعقيد وطول واتجاه. وعادةً ما يتجاوز مقياس جسم التربة (pedon) ويجب الإشارة إليه. وقد يشمل ترسيمًا كاملا لوحدة الخريطة، أو مكونًا للتربة ضمن ترسيم وحدة الخريطة، أو منطقة عشوائية. والأكثر شيوعًا، هو تسجيل الانحدار فى وصف البيدون لجزء من الهيئة الطبيعية يمتد عشرات الأمتار فوق وتحت موقع قطاع التربة الموصوف ويمثل قطعة من الهيئة الطبيعية التى يشغلها مكون التربة فى ذلك الموقع.

اتجاه الانحدار (Slope aspect): هو اتجاه البوصلة الذى يواجهه الانحدار لأسفل المنحدر. ويتم تسجيله إما بالدرجات، وهو ما يمثل الانحراف، أو كتوجه البوصلة العام. ويتم التعبير عن الاتجاه كزاوية بين صفر و 360 درجة (تقاس فى اتجاه عقارب الساعة من الشمال الحقيقى) أو كنقطة بوصلة، مثل الشرق أو شمال الشمال الغربى. ويؤثر الاتجاه بشكل كبير على النظم البيئية المحلية. ويزداد التأثير عمومًا مع زيادة تدرج الانحدار وزيادة خط العرض. وفى خطوط العرض الوسطى للولايات المتحدة المتاخمة، يصبح هذا التأثير مهمًا بشكل خاص على الانحدارات التى تتراوح من 6 إلى 8% أو أكثر. وزيادة أو نقص الإشعاع الشمسى على الانحدارات بسبب الاتجاه يمكن أن يؤثر على ديناميكيات المياه عبر الموقع (شكل 2-11). وفى نصف الكرة الشمالى، تقلل الاتجاهات شمال-شمال شرق من البخر نتح وتؤدى إلى زيادة مستويات رطوبة التربة، وتحسين نمو النبات وإنتاج الكتلة الحيوية، ومستويات أعلى من الكربون، وتحسين معدلات بقاء النباتات من الجفاف. وزيادة الإشعاع الشمسى على الاتجاهات

جنوب- جنوب غرب تزيد البخر نتح وتقلل من إنتاج الكتلة الحيوية، ومعدلات بقاء الشتلات، ومعدلات بقاء النباتات من الجفاف.

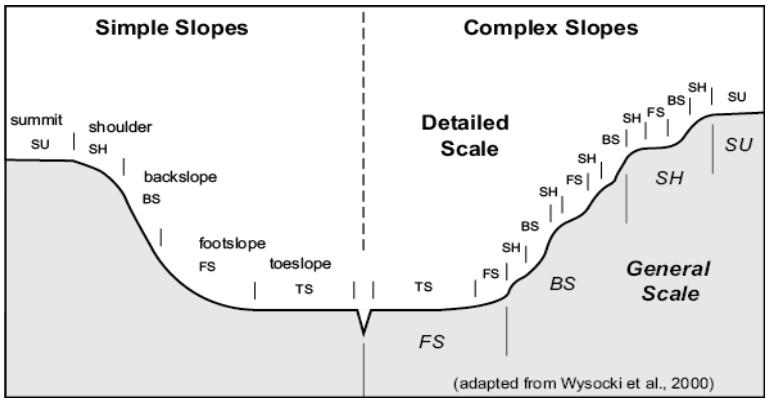
شكل 2-11: تأثير اتجاه الانحدار على الغطاء النباتى وبقاء شتلات الأشجار.
(Photo courtesy of Kerry Arroues)

درجة الانحدار (Slope gradient): هى درجة انحراف سطح الأرض بالنسبة للمستوى الأفقى. ويشار إليها أيضًا بالنسبة المئوية للانحدار (slope percent) أو ببساطة الانحدار (slope). ويتم حسابها بقسمة المسافة الرأسية على المسافة الأفقية (rise over run)، مضروبة فى 100، ويتم تقديرها عند نقطة على طول خط موجه لأعلى ولأسفل الانحدار. وهى تتحكم بشكل مباشر فى الطاقة الحركية، وقوة الانجراف، والقدرة على حمل المياه الجارية للرواسب مثل التدفق السطحى أو تدفق القنوات (overland flow or channel flow)، وكلها تزداد مع زيادة الدرجة. وتؤثر عكسياً على مقدار الزمن الذى يوجد فيه ماء التربة الداخلى. وتم تصميم عديد من ممارسات صيانة التربة، مثل شرفات الصيانة، بشكل أساسى لخفض درجة الانحدار لتقليل انجراف التربة وزيادة تشرب الماء. وتؤثر درجة الانحدار أيضًا بشكل مباشر على ممارسات إدارة الأراضى عن طريق الحد من تشغيل أنواع مختلفة من المعدات، مثل الجرارات (tractors) وآلات قطع الأخشاب (log skidders).

تعقيد الانحدار (Slope complexity): هو طول الخط النسبى أو بساطة (simple) أو عدم انتظام(complex) سطح الأرض إلى أسفل الانحدار وعبر نقطة أو وحدة الخريطة (شكل 2-12). وتسمح الانحدارات البسيطة بأقصى طول للانحدار مع عمليات غسيل حرة نسبيًا. وعلى النقيض من ذلك، تتكون الانحدارات المعقدة من سلسلة من التدرجات ترتبط عادةً بسهول يتحكم فيها الصخر الأم أو أسطح أخرى متدرجة (شكل 2-13). وتقلل هذه الفواصل الموضعية من طول الانحدار، وتغير عمليات الغسيل، وتتوافق بشكل عام مع التغيرات فى أنواع التربة.

وفى أماكن عديدة، ترتبط خصائص التربة الداخلية بتعقيد الانحدار أكثر من ارتباطها بالدرجة. وتعقيد الانحدار له تأثير هام على كمية ومعدل الجريان السطحى وعلى الترسيب المرتبط به. ويمكن أن يؤثر أيضًا على درجة حرارة التربة من خلال التباين المحلى فى اتجاه التربة. ويتم تحديد أقسام درجات الانحدار لوحدات خريطة التربة لنقل المدى السائد لدرجات الانحدار. وحدود أقسام الانحدار العددية لوحدات الخريطة لا تكون ثابتة دائمًا داخل مناطق الحصر أو بينها. ويمكن أن تختلف من منطقة إلى أخرى، لالتقاط ظروف الانحدار المحلى بشكل أفضل، طالما أنها تظل عمومًا ضمن الحد الأقصى (upper) والأدنى (lower) للقسم (جدول 2-3). ويمكن استخدام الصفات الوصفية المقابلة لنطاقات الانحدارات المحددة فى النص. وتختلف هذه الصفات اختلافًا طفيفًا بالنسبة لأقسام الانحدار متوسطة المدى، اعتمادًا على ما إذا كانت الانحدارات السائدة بسيطة أو معقدة (جدول 2-3). ويمكن تعريف وحدات خرائط التربة بسيطة الانحدار أو التموج بمدى واسع يتراوح من 1 إلى 8% أو ضيق مثل 3 إلى

5%. وقد تتجاوز الأقسام النطاق الأوسع المشار إليه فى الجدول بمقدار 1 أو 2% عندما يكون النطاق ضيقًا وبقدر يصل إلى 5% أو أكثر عندما يكون النطاق واسعًا. كما يمكن استخدام المصطلحات فى تسمية أطوار الانحدار (slope phases) لوحدات الخريطة، كما تمت مناقشته فى الباب الرابع.



شكل 2-12: انحدارات بسيطة مقابل انحدارات معقدة. لاحظ اختيار منهج المقياس التفصيلى أو العام للموضع للانحدارات المعقدة فى الجانب الأيمن.

شكل 2-13: انحدارات معقدة على منحدر تل من الصخور الرسوبية المتداخلة فى تلال وايلدكات (Wildcat Hills)، ولاية نبراسكا (Nebraska).

وإذا كانت تفاصيل الخريطة تتطلب أقسام انحدار أكثر تفصيلاً من تلك الموجودة فى الجدول، فيمكن تقسيم بعض أو كل أقسام الانحدار على النحو التالى:

Nearly level.—Level, nearly level

Gently sloping.—Very gently sloping, gently sloping

Strongly sloping.—Sloping, strongly sloping, moderately sloping

Undulating.—Gently undulating, undulating

Rolling.—Rolling, strongly rolling

جدول 2-3: تعريفات أقسام الانحدار.

Classes for—		Recommended slope (gradient) class limits	
Simple slopes	Complex slopes	Lower (percent)	Upper (percent)
Nearly level	Nearly level	0	3
Gently sloping	Undulating	1	8
Strongly sloping	Rolling	4	16
Moderately steep	Hilly	10	30
Steep	Steep	20	60
Very steep	Very steep	> 45	

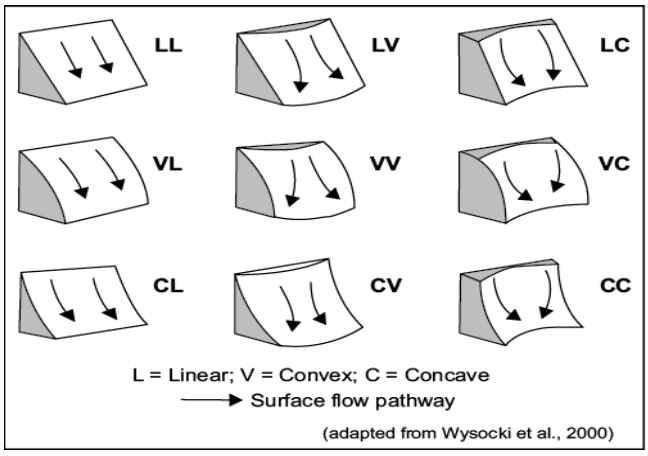
وفى الحصر الأكثر تفصيلا، يسمى الانحدار صفر إلى 1% مستوى (level)، 1 إلى 3% شبه مستوى (nearly level).

طول الانحدار (Slope length): نادرًا ما يستخدم مباشرةً فى رسم خرائط التربة لأن مداه الذى يعبر جميع المضلعات (polygons) فى وحدة خريطة التربة متغير بدرجة كبيرة. عادةً يتم قطع أطوال الانحدارات وتقصيرها بشكل مصطنع بواسطة مظاهر من صنع الإنسان مثل الخنادق أو الطرق أو حدود الحقول. وطول الانحدار له استخدامات مهمة فى برامج ونماذج انجراف التربة، بما فى ذلك المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة (the Revised Universal Soil Loss Equation)، الإصدار 2 (USDA-NRCS, 2016d). وله تحكم كبير فى جريان الماء السطحى وإمكانية الانجراف المتسارع بالمياه. ويمكن استخدام المصطلحات العامة مثل طويل (long) أو قصير (short) لوصف أطوال الانحدار النموذجية لأنواع معينة من التربة. هذه المصطلحات عادة تكون نسبية داخل الإقليم الفيزيوجرافى. ويمكن اعتبار الانحدار الطويل فى مكان قصيرًا فى مكان آخر. وإذا استخدمت هذه المصطلحات، يتم تعريفها محليًا. وبالنسبة للملاحظات عند نقطة معينة، قد يكون من المفيد تسجيل طول الانحدار الذى يساهم بالمياه فى تلك النقطة الذى يسمى طول انحدار نقطة الجريان السطحى (point runoff slope length) بالإضافة إلى الطول الكلى. وطول انحدار نقل الرواسب هو المسافة من نقطة البداية المتوقعة أو الملاحظة للجريان السطحى إلى أعلى ارتفاع محلى حيث يتوقع الترسيب. وهذه المسافة ليس بالضرورة أن تكون نفس طول انحدار نقطة الجريان السطحى.

موضع قطع الانحدار النسبى (Relative slope segment position): يشير إلى التقسيمات الرأسية للانحدارات الطويلة. وقد يكون من المفيد، خاصة فى المناطق التى لها طول انحدار كبير، تحديد مواقع أجزاء الانحدار العام، مثل الثلث السفلى والثلث الأوسط والثلث العلوى. على سبيل المثال، عادةً ما تُظهر الانحدارات الطويلة لجوانب الجبال تغييرات فى طبقات الصخور على طول الانحدار الذى يتوافق مع أنواع التربة التى تختلف فى تكوين مواد الأصل ونوع وكمية قطع الصخور.

شكل الانحدار (Slope shape): هو الشكل السائد لانحناء سطح الأرض. ويتم التعبير عنه فى اتجاهين مقترنين (شكل 2-14): انحدار لأعلى ولأسفل (عمودى، أو متعامد أو عادى على كنتور الانحدار) وعبر الانحدار (أفقى، أو على طول كنتور الانحدار). وعند استخدامهما معا، تصف اتجاهات الانحدار شكل سطح جزء من الانحدر والتربة

الموجودة عليه. ويمكن وصف كلا الاتجاهين بأحد أشكال الانحناء الثلاثة: محدب (convex) أو خطى (linear) أو مقعر (concave). وفى الاتجاهين العلوى والسفلى، يكون سطح الانحدار الخطى عبارة عن خط مستقيم إلى حد كبير عند رؤيته فى المظهر الجانبى عند الزوايا اليمنى لخطوط الكنتور. ولا تزيد الدرجة ولا تنقص بشكل ملحوظ مع المسافة (شكل 2-14، الصف العلوى). مثال ذلك انحدر الكويستا الخلفى. وعلى الانحدار المقعر (شكل 2-14، الصف السفلى)، ينخفض التدرج إلى أسفل الانحدار. مثال ذلك انحدار القدم (footslope). وعندما ينخفض الانحدار، تتباطأ مياه الجريان السطحى وتميل إلى ترسيب الحمولة، كما هو الحال فى الأجزاء السفلى من انحدر التل (hillslope). وفى الوقت نفسه، مع تباطؤ تدفق المياه السطحية، يكون لديها فرصة أكبر للتسلل إلى التربة. وعلى الانحدار المحدب، مثل كتف التل أو حافة الجبل، يزيد التدرج لأسفل الانحدار ويميل الجريان السطحى إلى التسارع عندما يتدفق لأسفل (شكل 2-14، الصف الأوسط). وإذا كانت خطوط الكنتور مستقيمة إلى حد كبير (parallel)، كما هو الحال على جانب الركام الجليدى الجانبى، يكون شكل الانحدار العرضى خطيًا. والمروحة الرسوبية (alluvial fan) لها كنتور محدب ينحنى للخارج. وللمدرج الطبيعى (cirque) خطوط كنتور مقعرة. وفى شكل 2-14، تظهر تسع مجموعات محتملة من الانحدارات الخطية (L) والمقعرة (C) والمحدبة (V). ولكل من الاتجاهين العلوى والسفلى والاتجاه عبر الانحدار، عندما يكون الانحدار محدبًا (شكل 2-14، العمود الأوسط)، تميل مياه الجريان السطحى إلى التباعد (spread apart) أثناء تحركها إلى أسفل. ونتيجة لذلك، يتبدد التدفق السطحى وتقل قوة الانجراف وكمية الماء الميسر للتسلل. وعندما يكون الانحدر مقعرًا، تميل مياه الجريان السطحى إلى التقارب أو التركيز (شكل 2-14، العمود الأيمن). ويحدث التركيز الأكثر كثافة للمياه الجارية عندما يكون كلا الاتجاهين مقعرين، كما هو الحال فى منخفض (swale) على جانب التل (hillside) أو فى رأس الانحدار عند رأس مجرى الصرف (drainageway) (شكل 2-15). ويحدث التباعد الأكثر شدة للمياه الجارية عندما يكون كلا الاتجاهين محدبين، كما هو على انحدار الأنف (nose slope) نهاية سلسلة الجبال (شكل2-15).



شكل 2-14: اعتماد شكل الانحدر على مجموعات من انحناء السطح (لأعلى ولأسفل وعبر الانحدار).

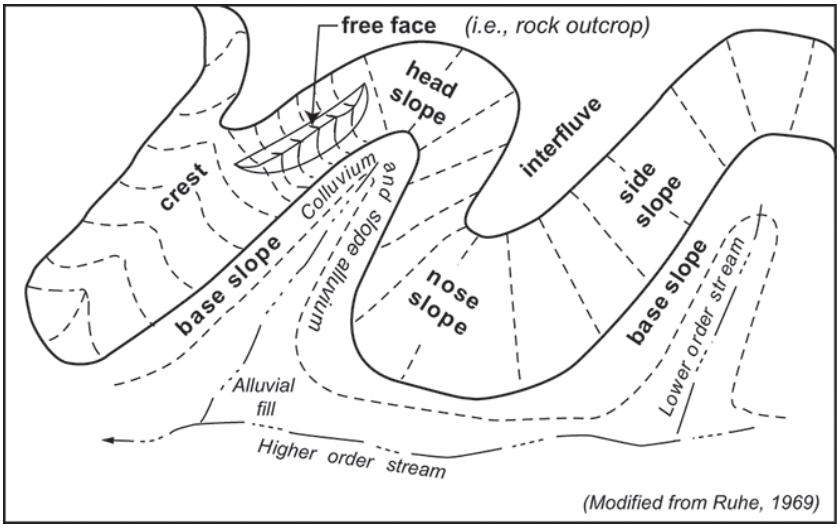
مواضع انحدار التل (Hillslope profile positions): تشير إلى مقاطع ثنائية الأبعاد لخط يُستخدم لوصف موضع الانحدار على طول خط قاطع موجّه لأعلى ولأسفل الانحدار، ولا تعالج الأبعاد الجانبية. وهذه المقاطع الخطية، التى تتقدم من أعلى الانحدار إلى أسفله، هى: القمة (summit)، والكتف (shoulder)، والانحدار الخلفى (backslope)، وانحدار السفح (footslope)، وانحدار القدم (toeslope) كما فى شكل 2-12. وهذه المصطلحات كانت مفيدة لأنها يمكن أن تصف المناطق على الانحدارات حيث تكون أجسام التربة متسقة وتنكسر فى انحناء الانحدار حيث تتغير التربة عادةً. ويمكن استخدامها بمفردها أو مجتمعة للالتقاط اللفظى حيث تتكرر التربة لأعلى وأسفل الانحدارات.

المكونات الجيومورفولوجية (Geomorphic components): تتشابه مع مواضع انحدار التل (انحدار لأعلى

ولأسفل) ولكنها تتضمن بُعدًا جانبيًا إضافيًا (عبر الانحدار) يمكّن من التمييز بين انحناءات انحدارات مناطق الأرض فى ثلاثة أبعاد. وتشير إلى أنماط تدفق الماء السطحى، مثل التركيز (concentration)، التشتت (dispersion) أو التدفق الموازى (parallel) الجانبى (lateral). ومع ذلك، لا تشترك جميع الأنماط فى نفس التكوينات المتكررة. ولهذا السبب، تم تطوير وصف المكونات الجيومورفية لأربعة أماكن مختلفة: التلال (hills) والشرفات (terraces) والمدرجات (stepped landforms) والجبال (mountains) والسهول المسطحة (flat plains)، (الجداول 2-4 إلى 2-7 والأشكال 2-15 إلى 2-18).

جدول 2-4: مصطلحات مكونات الشكل الجيومورفى للتلال.

Geomorphic component term	Typical attributes
Interfluve	High, relatively level area that generally does not receive run-on surface flow; residuum, short-transport colluvium
Crest	High, narrow area; converging backwearing slopes that form a lowered ridge
Head slope	Convergent overland water flow; thickened colluvium, slope alluvium
Side slope	Parallel overland waterflow; colluvium, slope alluvium, pedisediment, residuum
Nose slope	Divergent overland water flow; colluvium, slope alluvium, pedisediment
Free face	Rock outcrop
Base slope	Concave surface; colluvium, slope alluvium

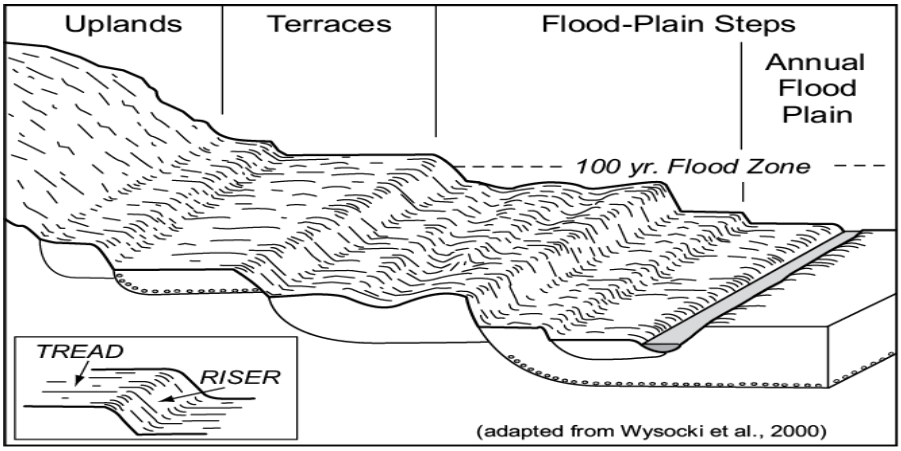


شكل 2-15: رسم مجسم (Three-dimensional depiction) للمكونات الجيومورفولوجية للتلال.

وتم استخدام المكونات الجيومورفية للتلال على نطاق واسع. وتعمل هذه المصطلحات والمفاهيم بشكل جيد للغاية لتقسيم ووصف التضاريس الجبلية كأجزاء متميزة وظيفيًا. ومع ذلك، فإن هذه المفاهيم نفسها تعمل بشكل سيئ عند تطبيقها على تضاريس معتدلة جدا. وتكون الطاقة الحركية للمياه الجارية أقل بشكل كبير وعمليًا فى التدرجات المنخفضة. وتنخفض قوة الانجراف بالمياه وكذلك قدرتها على حمل الرواسب، التى تحدد الترسيبات التى يتم إزالتها والتى تُترك. بالإضافة إلى ذلك هناك زيادة عامة، مقارنةً بأنظمة التدرج العالى، فى زمن بقاء الماء، وخاصة ماء التربة الداخلى، مما يغير الديناميكيات الكيميائية الحيوية ونواتجها. لذلك، تم تطوير مفاهيم جديدة ومصطلحات مرتبطة بها للمكونات الجيومورفية للسهول المسطحة. وبطريقة مماثلة، تم العثور على مكونات hillslope لتكون غير كافية عند تطبيقها على التضاريس عالية التدرج.

جدول 2-5: مصطلحات المكونات الجيومورفية للشرفات والأشكال الأرضية المتدرجة.

Geomorphic component term	Typical attributes
Tread	Relatively level, broad surface
Riser	Vertical or steep side slope separating treads



شكل 2-16: رسم ثلاثى الأبعاد للمكونات الجيومورفولوجية للشرفات والأشكال الأرضية المتدرجة.

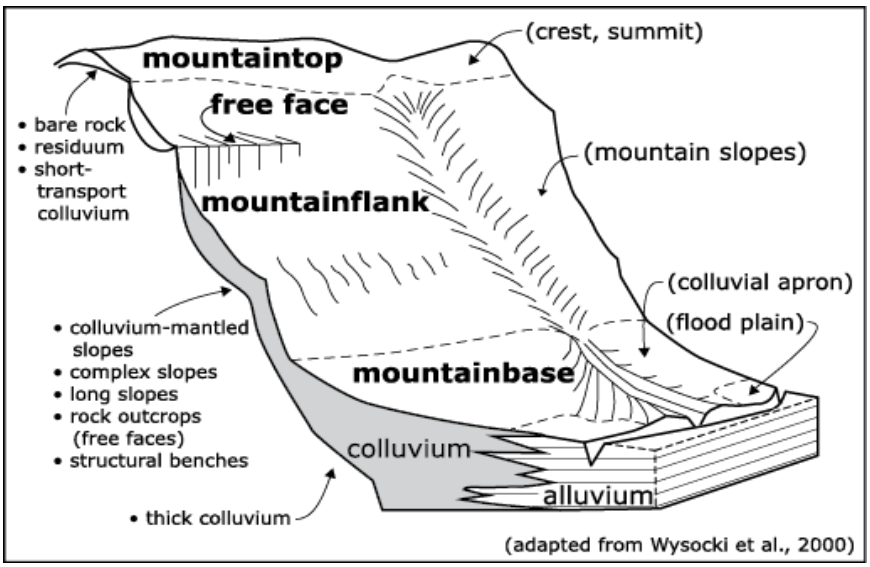
والانحدارات الطويلة جدًا والمعقدة عادة والطاقة الحركية الأكبر بكثير تزيد بشكل كبير من إمكانية الانجراف والقدرة على حمل الرواسب، وتغير آثار تذرية الرواسب، وتقلل من زمن بقاء مياه التربة، ويمكن أن تغير ديناميكيات النظام والرواسب الناتجة والتربة. لذلك، تم تطوير مفاهيم جديدة ومصطلحات مرتبطة بها للمكونات الجيومورفولوجية للجبال. تعتبر أيضًا شرفات المجارى المائية والأشكال الأرضية المتدرجة فريدة بشكل كافٍ لضمان وصف مكونات جيومورفية منفصلة.

جدول 2-6: مصطلحات المكونات الجيومورفولوجية للجبال.

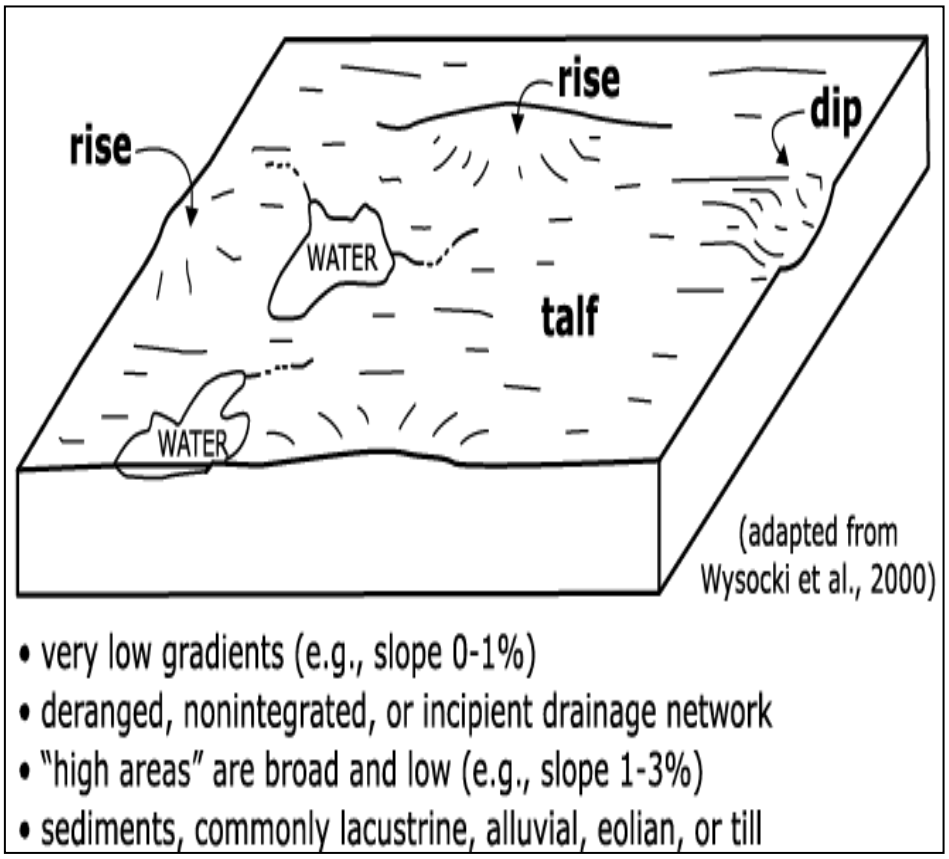
Geomorphic component term	Typical attributes
Mountaintop	High area (crest, summit); residuum or short transport colluvium, solifluction deposits; generally does not receive run-on surface flow
Mountainflank	Complex slopes, long slopes, substantial gradients, colluvium, mass wasting deposits, talus
Free face	Rock outcrop
Mountainbase	Concave surface; thick colluvium, slope alluvium, mass wasting deposits

جدول 2-7: مصطلحات المكونات الجيومورفية للسهول المسطحة.

Geomorphic component term	Typical attributes
Rise	Slightly elevated area (1-3% slopes)
Talf	Very low slope gradients (0-1%); deranged or incipient drainage network; lacustrine deposits, alluvium, till, marine deposits, eolian deposits, and other flat-lying deposits
Dip	Depressions; backswamp deposits, marl, organic deposits, and other deposits in low-lying areas

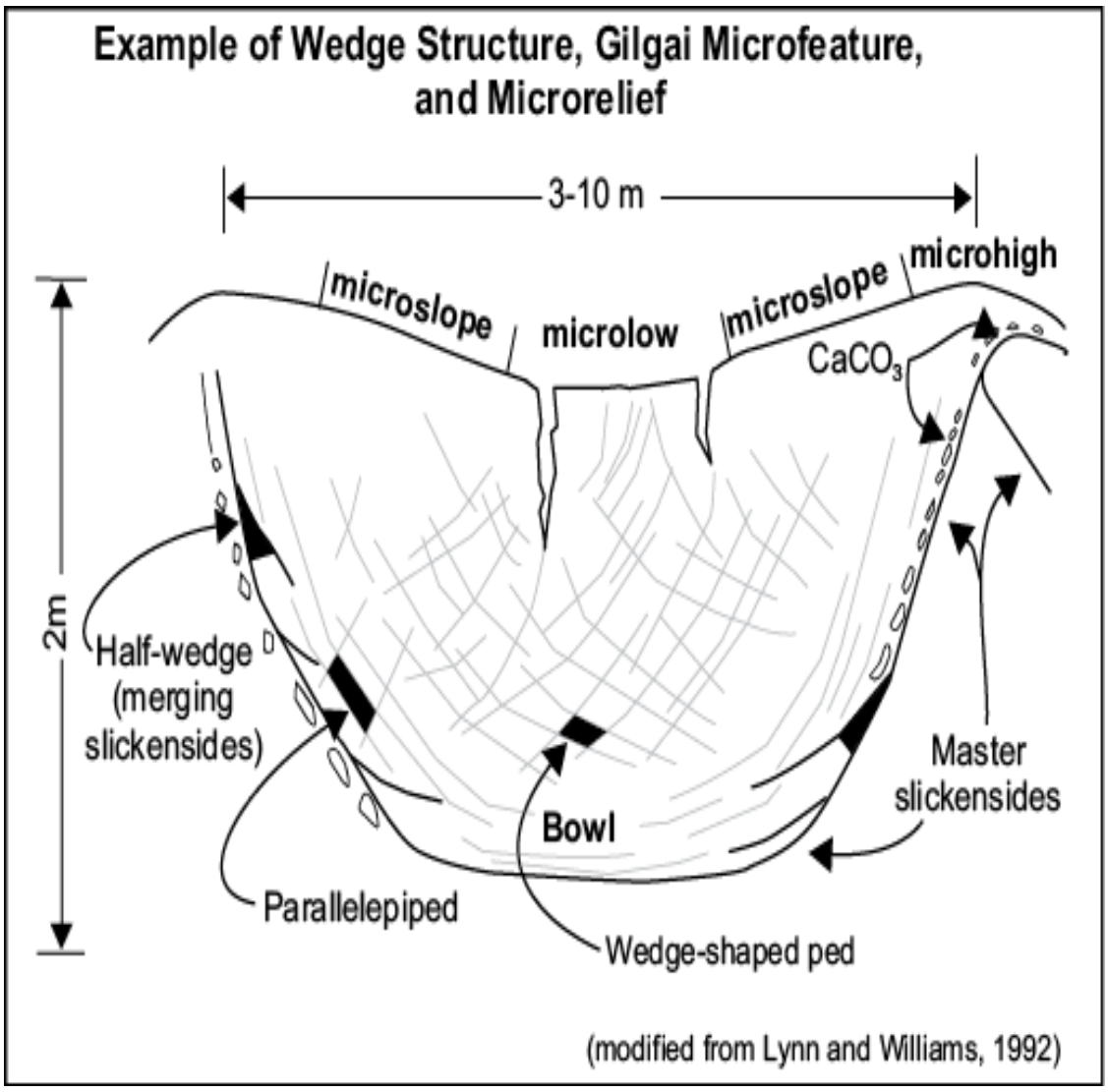


شكل 2-17: رسم ثلاثى الأبعاد للمكونات الجيومورفولوجية للجبال.



شكل 2-18: رسم ثلاثى الأبعاد للمكونات الجيومورفية للسهول المسطحة.

التضاريس الدقيقة (Microrelief): تشير بشكل عام إلى اختلافات صغيرة نسبيا فى الارتفاعات بين المناطق المتجاورة على سطح الأرض. وفى البيئات المفتوحة (subaerial)، يمكن أن تؤثر الاختلافات الطفيفة فى الارتفاع بشكل كبير على نمو النبات فوق الأرض، وبالتالى على ظروف المياه تحت الأرض. ويكون المقياس الجانبى الذى تحدث عبره الاختلافات فى الارتفاع بشكل عام فى حدود حوالى 3 إلى 10 أمتار ولكن يمكن أن يكون أصغر. ومثال ذلك الجلجاى (gilgai)، الذى له اختلافات دقيقة فى الموقع فى الأرض المنتظمة (شكل 2-19). والمصطلحات المستخدمة لوصف مواقع التضاريس الدقيقة هى microhigh و microslope و microlow.

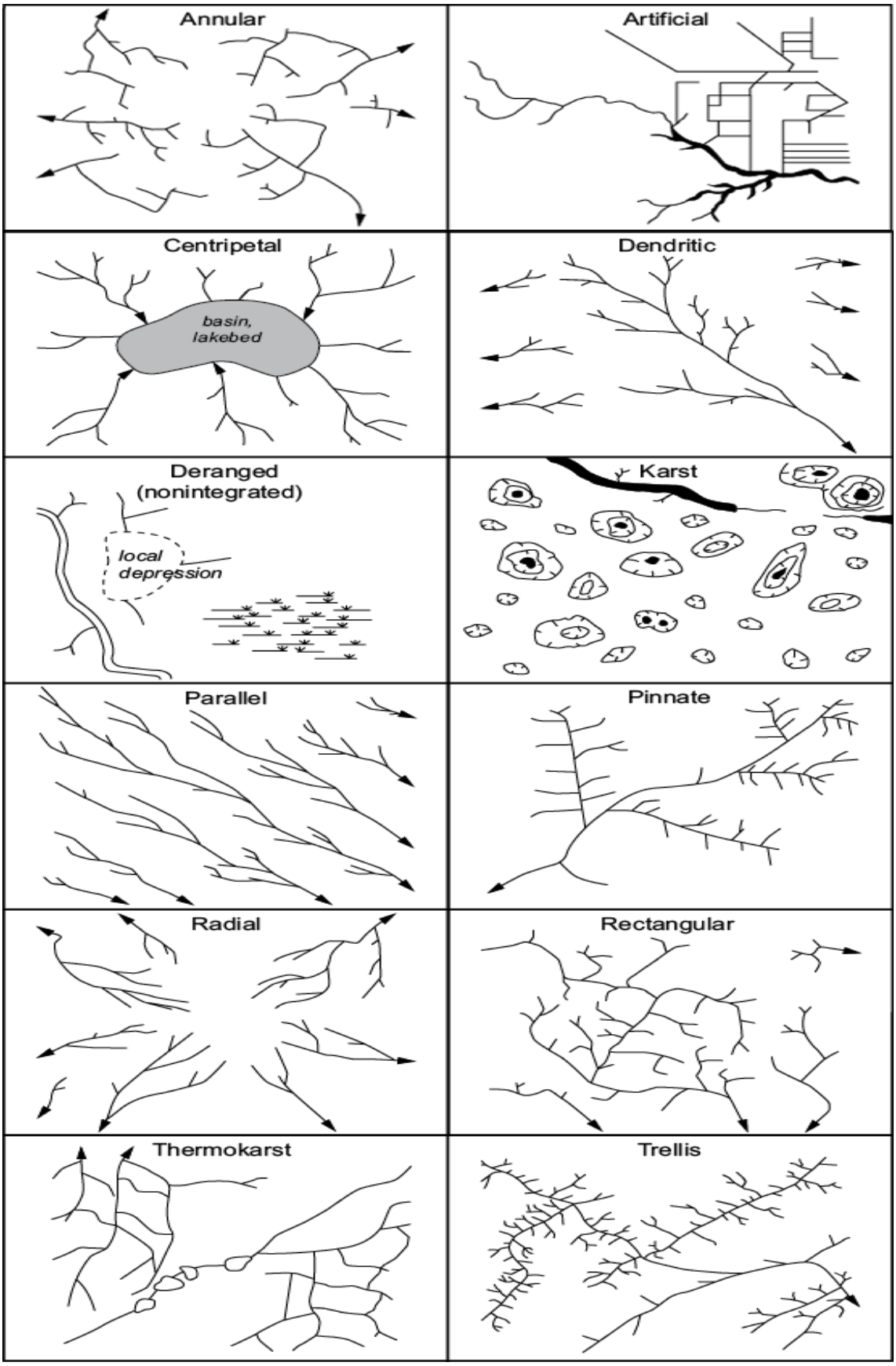


شكل 2-19: برك مياه فى المنخفضات الدقيقة فى أراضى Vertisols التى تظهر gilgai.

نظم الصرف (Drainage patterns) أو شبكة الصرف (drainage network): تصف الترتيب المتكرر لقنوات الصرف المترابطة عبر سطح مساحة من الأرض. وهى توفر نظرة ثاقبة تحت الأرض، وتحكم الصخر الأم أو الصخر المفتت (see Way, 1973) وكذلك المواقع التى تتغير فيها هذه المواد والتربة التى فوقها. ويوضح شكل 2-20 الأنماط الأكثر عمومية. ويمكن ملاحظة نظم الصرف وتقييمها بشكل أفضل على الصور الجوية أو الخرائط الطبوغرافية رباعية الزوايا أو طبقات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) التى تعرض نظم مجارى الصرف بالتفصيل.

تشير مادة الأصل إلى المواد العضوية والمعدنية غير الصلبة التى تتكون منها التربة. والمواد المفتتة، أو الصخور، التى تتطور فيها التربة لها تأثير هائل على نوعية وسلوك تلك التربة. لذلك فإن تحديد مادة الأصل مهم فى التعرف الدقيق على تركيب التربة. ومادة الأصل أكثر من مجرد قوام التربة. ويمكن أن تؤثر السمات الأخرى، مثل علوم المعادن (mineralogy) والطبقات الأرضية (stratigraphy) ودرجة الفرز (sorting) واستدارة الحبيبات، بشكل كبير على سلوك التربة. ويمكن أن يختلف سلوك الرمال الريحية (Eolian)، مثل الكثبان الرملية، هيدرولوجيًا عن رواسب رمال الشاطئ، على الرغم من أن كلاهما مكون من الرمل، بسبب الاختلافات فى الترتيب الداخلى والاستمرارية الجانبية للحبيبات الأولية. وينقل التعريف الدقيق معلومات مباشرة وضمنية عن التربة نفسها، والبيئة التى تشكلت فيها، وبيئتها الحالية. وتوفر

التربة سجلاً للبيئات السائدة والسابقة والمناخات والأنشطة البشرية وغير ذلك.



شكل 2-20: الرسوم التوضيحية والمصطلحات الوصفية لنظم الصرف.

مادة الأصل (Parent Material)

أهمية مادة الأصل فى فهم التربة
(Importance of Parent Material in Understanding the Soil)

يشمل تكوين التربة التغيرات، مثل الإضافات، والفقد، والتحولات، والانتقالات، ويتضمن التجوية، للمواد الترابية أو العضوية غير الصلبة (Simonson, 1959). ولا يمكن ملاحظة مادة الأصل لأفق التربة الوراثى فى حالتها الأصلية لأنها خضعت للتكوين. وبدلاً من ذلك، يجب الاستدلال على الحالة الأصلية من الخصائص التى ورثها الأفق ومن أدلة أخرى، مثل السياق الجيومورفى. وفى بعض أنواع التربة، تتغير مادة الأصل قليلاً ويمكن استنتاج ما كانت عليه فى الأصل. وفى أنواع أخرى، مثل التربة القديمة جدًا والمتغيرة كثيرا فى المناطق الاستوائية، يكون النوع المحدد من مواد الأصل أو طريقة ترسيبها أقل وضوحًا وأكثر تخمينًا. وبغض النظر، فإن تأثير مادة الأصل على الخصائص المتأصلة وسلوك التربة كبير. وتحدد مادة الأصل الخصائص العامة لما هو موجود أو غائب من الناحية الجيوكيميائية. وتؤثر بشكل مباشر على الطريقة المعقدة التى تشكل التربة. وكثير من المواد المعدنية التى تتكون فيها التربة مشتقة من صخر صلب. وقد تفتت الأنهار الجليدية الصخر الأصلى إلى قطع وحبيبات أصغر وترسب الخليط غير المفرز كتل. ويمكن للرياح والمياه الجارية أن تبرى وتحمل الحبيبات الصغيرة لتتراكم فى مكان آخر على شكل رواسب ريحية أو نهرية. وقد يتم تجوية الصخر وتغييره بشكل كبير كيميائيًا وفيزيائيًا ولكن لا يتم نقله من مكانه الأصلى. وقد يتم كسب القليل من محاولة التمييز بين التجوية الجيولوجية وتكوين التربة لأن كلاهما من عمليات التجوية. وقد يكون من الممكن استنتاج أن المادة قد تعرضت للتجوية قبل تكوين التربة. وتتسبب عملية التجوية فى فقدان بعض مكونات الصخر الأصلى، وتحويل بعضها، وتركيز البعض الآخر.

ولا تكون مادة أصل التربة دائمًا بقايا تجوية مباشرة من الصخر الأساسى تحتها. وقد لا تكون المادة التى تطورت إلى التربة الحديثة مرتبطة بالصخر الأصلى الذى تحتها على الإطلاق. وفى الواقع، لم تتشكل معظم أنواع التربة فى مكانها ولكنها كانت عرضة للنقل والترسيب بفعل الرياح أو الماء أو الجاذبية أو الأنشطة البشرية.

ونادرًا ما يوجد يقين مطلق من أن مادة شديدة التجوية قد تعرضت للتجوية بالفعل فى مكانها. ويستخدم المصطلح بقايا (residuum) إذا كانت خصائص التربة تشير إلى أنها مشتقة من صخر مماثل لذلك الذى تحتها، وإذا لم يكن هناك دليل واضح على أنها تم تعديلها بالحركة. ويشير الانخفاض فى كمية قطع الصخور مع زيادة العمق، خاصة فوق السابرولیت (saprolite)، إلى أن مادة التربة ربما تم نقلها إلى أسفل الانحدار. وتعتبر خطوط الحجر، خاصةً إذا كانت الأحجار من صخور مختلفة عن الصخر الأصلى تحتها، دليلًا على أن التربة لم تتشكل بالكامل موضعيا. وفى بعض أنواع التربة، تغطى البقايا بمواد منقولة من أماكن أخرى، والمواد العضوية والطين المنقولة (illuvial) تتراكم عبر عدم الاستمرارية بين المواد المتباينة. ويتم الاستدلال على درجة معينة من استقرار الهيئات الطبيعية للتربة التى تشكلت فى بقايا. وبدرجة أقل يتم الاستنتاج للتربة التى تطورت فى مواد منقولة.

وتُستخدم المصطلحات القياسية لوصف كل من المواد الصلبة والمفتتة الموجودة أسفل التربة (solum) والتى تؤثر على نشأتها وسلوكها. وإلى جانب الملاحظات الأولية، يستخدم العالم فكره الخاص لاستنتاج أصل مادة الأصل التى نشأت منها التربة. ويجب أن تسبق الملاحظات الأولية الاستدلالات وتفصل عنها بوضوح.

والتركيب الصخرى، والبناء، وتماسك المادة الموجودة أسفل التربة مباشرة مهمة. ويجب ملاحظة دليل تعاقب الطبقات. وتتضمن اختلافات القوام وخطوط الحجر وتغيرات نوع وكمية المكونات الخشنة. وبشكل عام، تستقر الطبقات العليا من رواسب الغسيل بعيدا عن الماء الذى يتحرك ببطء ويكون قوامها أنعم من الطبقات السفلية. وترسب المواد المحمولة بالرياح والرماد البركانى بمعدلات مختلفة فى فرشات مختلفة السمك. والأمثلة على هذه التعقيدات كثيرة.

وحيث ترسب الرواسب المائية (alluvium) أو رمال الرياح (eolian) أو الرماد البركانى (volcanic ash) أو المواد المترسبة بالجاذبية (colluvium) بسرعة على التربة القديمة، يمكن الحفاظ على التربة المدفونة جيدًا. وفى أماكن أخرى، يكون التراكم بطيئًا جدًا بحيث لايزداد سُمكه إلا تدريجيًا. وفى هذه الأماكن، المادة الموجودة أسفل التربة وكانت قريبة من السطح تكون الآن مدفونة تحت منطقة التغيير النشط.

وعندما تكون الصخور الصلبة أو غيرها من المواد شديدة التباين قريبة بدرجة كافية من السطح للتأثير على سلوك التربة، يجب قياس خصائصها وعمق التلامس بدقة. ويعتبر عمق التربة فوق هذه المواد غير المطابقة معيارًا مهمًا للتمييز بين أنواع التربة المختلفة.

الأنواع العامة لمواد الأصل (General Kinds of Parent Materials)

تتم مناقشة مجموعات واسعة من مواد الأصل فى الفقرات التالية. والاستخدام المتسق للمصطلحات لوصف مواد الأصل فى وصف البيدون وقواعد البيانات يعزز فائدة المعلومات ويسمح بمقارنة أسهل وأكثر موثوقية للتربة التى تشكلت فى نفس النوع من مادة الأصل. واعتمد NCSS شروطًا قياسية لأنواع كثيرة من مواد الأصل. وهذه المصطلحات موجودة فى كتاب الحقل لوصف التربة وأخذ عيناتها ***Field Book for Describing and Sampling Soils*** (Schoeneberger et al., 2012). وتم تعريف المصطلحات بالكامل فى قاموس الأشكال الأرضية والمصطلحات الجيولوجية ***Glossary of Landforms and Geologic Terms*** (USDA-NRCS, 2016b).

مواد ناتجة من تجوية الصخر الأم (Material Produced by Weathering of Bedrock)

تؤثر طبيعة الصخر الأصلى على المواد الناتجة من التجوية. ويخضع الصخر الأصلى لتغييرات مختلفة مع التجوية، بدءًا من الإزالة التدريجية للمعادن القابلة للتجوية مثل فلسبار البلاجيوكليز وميكا البيوتيت. ووصف جولديش (Goldich, 1938) السهولة النسبية لتجوية المعادن الرئيسية وتم صقلها لبعض معادن الطين بواسطة ماكليلاند (McClelland, 1950).

ويشير هذا التسلسل إلى المعادن الأكثر سهولة فى التجوية والترتيب النسبى الذى تتقدم به. ويمكن أن يشير تقييم المعادن الموجودة والتى تمت إزالتها إلى درجة التجوية التى تعرضت لها الصخور (Coleman and Dethier, 1986).

الترسيبات الموضعية (In-place deposits): السابرولیت (Saprolite) مادة هشة قابلة للتفتت أنتجها صخر أصلى تعرض بشدة للتجوية فى مكانه (***in situ***). وأدت عملية التجوية إلى إزالة المكونات المعدنية وتركت نسيج وهيكل الصخر الأصلى بدون نقص كبير فى الحجم حسب بافيتش (Pavitch, 1986). وإذا فقدت المادة المتغيرة معظم أو كل النسيج والبناء الصخرى وقل حجمها الأصلى (عن طريق انهيار الفراغ)، فإن المادة الترابية المفتتة فى مكانها تسمى بقايا (residuum). هذه الفروق مفيدة فى التعرف على علاقات الصخر الأصلى الجيوكيميائية والفيزيائية الوثيقة بالمنشأ. ويفترض أن تظل البقايا فى مكانها ولا تخضع لإزاحة أو نقل جانبى جوهرى. والبقايا هى نوع رئيسى من مواد الأصل، خاصة فى الهيئات الطبيعية القديمة المستقرة وفى المناخات الدافئة والرطبة.

وإذا كانت التربة مشتقة من الصخر الأصلى تحتها وتظهر أدلة قليلة أو لا دليل على النقل الجانبى، فيجب تحديد مادة الأصل (على سبيل المثال، بقايا (residuum)، جروس (grus)، سابرولیت (saprolite)، بوكسيت (bauxite)) ثم تقرن بنوع الصخر الأصلى الذى اشتُقت منه. والنقطة التى تنتهى عندها تجوية الصخر ويبدأ تكوين التربة غير واضحة دائمًا. وقد تكون العمليات متتالية أو متداخلة. وقد تتشكل تربة مختلفة تمامًا من صخور متشابهة أو متطابقة فى ظل ظروف تجوية مختلفة. ويجب تضمين القوام واللون والتماسك والخصائص الأخرى لمادة الأصل فى وصف التربة، بالإضافة إلى مظاهر الصخر الأصلى المتبقية المهمة، مثل حواجز الكوارتز

(quartz dikes). وتعتبر المعلومات حول التركيب المعدنى والتماسك وبناء الصخر الأصلى مفيدة ويجب تضمينها أيضًا.

المواد المنقولة (Transported Material)

معظم مواد أصل التربة نقلت من مكانها الأصلى وترسبت فى مكان آخر. وعادةً يتم ترتيب المجموعات الرئيسية من المواد المنقولة وفقًا للعملية الجيومورفية الرئيسية المسئولة عن نقلها وترسيبها. وفى معظم الأماكن، توجد أدلة كافية لاتخاذ قرار واضح.

ومن المهم جدًا فى مورفولوجيا وتصنيف التربة، ملاحظة ووصف خصائص مادة الأصل. ولا يكفى مجرد تحديد المادة. ويجب ذكر أى شك بشأن الهوية. على سبيل المثال، قد يصعب تحديد ما إذا كانت الرواسب السلتية نهرية (alluvium) أو ريحية (loess) أو التمييز بين الترسيبات السلتية بالجاذبية (colluvium) والبقايا السلتية (residuum). وقد يكون من الصعب أيضًا تمييز بعض رواسب تدفق الطين (mud flow) من الحراثة (till) أو تمييز بعض التلال الرملية من الرمال المرسبة بالمياه (outwash). وتساعد الملاحظات الإضافية عبر التعرضات الكبيرة أو فى مواقع متعددة فى عمل مثل هذه الفروق. وتوفر هذه الفروق المعلومات الداعمة اللازمة للحصر بدقة وبالتالى تحسين التنبؤ الدقيق بسلوك التربة.

الرواسب التى تم نقلها أو ترسيبها بالماء (Water-laid or water-transported deposits)

الترسيبات النهرية (Alluvium): هى مادة أصل رئيسية تحدث على نطاق واسع. وتتكون من رواسب مفتتة ومرتبة ترسبت عن طريق المياه الجارية. وقد توجد فى أجزاء الفيضان النشطة من الجداول الحديثة. وقد توجد بقايا مصاطب مجارى قديمة فى مناطق متقطعة بعيدة أو مرتفعة فوق المجرى الحالى أو كمدرجات قديمة لا علاقة لها بالمجرى الحديث. وفى المجارى والأنهار الكبيرة، قد تكون سلسلة من الرواسب على شكل مصاطب موازية بشكل كبير للمجرى الحديث. وتحدث الترسيبات الأحدث فى المجرى؛ وتزداد فى العمر مع الارتفاع. وفى بعض المناطق، تغطى الترسيبات الحديثة الشرفات القديمة. على سبيل المثال، تترسب المروحة الرسوبية الأحدث على رواسب المروحة القديمة وتدفنها. وتعتبر الترسيبات النهرية أيضًا مادة الأصل السائدة فى الأودية التكتونية الكبيرة، مثل البلوسون (bolsons) وشبه البلوسون (semi-bolsons) فى غرب الولايات المتحدة. فى هذه الهيئات الطبيعية الكبيرة والمنحدرة، توجد الرواسب النهرية على شكل ترسيبات سميكة على مراوح نهرية نشطة وبقايا مراوح أو على شكل مسطحات واسعة ومستوية نسبيًا على أرضيات الحوض. وكلما حدثت ترسيبات فى نظام النهر، كلما كان فرز الرواسب أفضل. وعادةً ما تحتوي أنظمة المجارى الأكبر على ترسيبات مستنقعات خلفية (backswamp) على طول درجات الانحدار المنخفضة للمجرى. وتنحسر هذه المناطق ذات الطاقة المنخفضة عن القناة الرئيسية وتهيمن عليها ترسيبات طبقات رقيقة ناعمة (سلت وطين) من الترسيبات الأقرب إلى قناة المجرى. وتشير ترسيبات الانحدار (Slope alluvium) إلى رواسب انحدار التل (hillslope) المنقولة أساسًا عن طريق عمليات غسيل صفحى (sheet flow) بدلاً من تدفق قنوات مجارى المياه. ويكون فرز الحبيبات الجانبى البسيط واضحًا على الانحدارات الطويلة، ولكنه يكون أقل وضوحًا بكثير من فرز الحبيبات فى الترسيبات المشتقة من تدفق القناة.

رواسب البحيرات (Lacustrine): تتكون من رواسب طينية ورواسب كيميائية قديمة استقرت خارج مسطحات المياه الراكدة، مثل البرك والبحيرات. والرواسب المرتبطة مباشرة بالأنهار الجليدية (glaciers) والمرسبة فى بحيرات المياه العذبة (glaciolacustrine deposits) أو فى البحار (glaciomarine deposits) توجد مع رواسب جليدية أخرى. ويحتوى عديد من الأحواض فى غرب الولايات المتحدة على بحيرات مطيرة متوسطة إلى كبيرة الحجم خلال عصر البلايستوسين (Pleistocene). وتقلصت هذه البحيرات بشكل كبير أو اختفت أثناء المناخات الأكثر دفئًا وجفافًا فى عصر الهولوسين (Holocene). وتُعرف أحواض البحيرات الجافة الآن باسم بلايا

(playas) أو مسطحات ملحية (salt flats) وتحتوى على رواسب بحيرية سميكة يغلب عليها السلت والطين مع طبقات متداخلة من الرماد البركانى. ويحتوى بعضها أيضًا على رواسب تبخر كبيرة. والتربة فى الحواف الضيقة لهذه البلايا الجافة مالحة بشكل عام، اعتمادًا على المناخ والصرف، وهى قليلة الغطاء النباتى بالنباتات التى تتحمل الملوحة.

الرواسب البحرية (Marine deposits): تستقر خارج البحر أو البحيرات أو مصبات الأنهار وعادة تتم إعادة صياغتها بواسطة الأمواج والمد والجزر. وتشتمل التربة تحت الماء على رواسب تبقى تحت الماء. وظهرت بعض الرواسب البحرية إما بشكل طبيعى نتيجة انخفاض مستوى سطح البحر أو بعد بناء السدود وقنوات الصرف. وتشكل عديد من تربة السهول الساحلية للمحيط الأطلسى وخليج المكسيك فى جنوب شرق الولايات المتحدة فى رواسب بحرية خلال فترة ارتفاع مستوى سطح البحر. وتتباين هذه الرواسب بشكل كبير فى التركيب. وفى البيئات منخفضة الطاقة، مثل البحيرات، تميل الرواسب إلى أن تكون أنعم قواما وقد تحتوى على كميات قليلة أو كبيرة من المواد العضوية. ويمكن أن تحتوى أماكن الطاقة العالية على كميات كبيرة من المواد الرملية مثل مناطق المداخل والجزر الحاجزة (inlets and barrier islands) أو قطع صخور خشنة مثل مناطق السواحل الصخرية ورؤوس البر (rocky coasts and headlands).

الرواسب الشاطئية (Beach deposits): تمثل الشواطئ الحالية أو السابقة للبحيرات أو المحيطات. وتتكون من فرشات منخفضة أو حواف من مواد مرتبة. وتكون عادة رملية أو حصوية على طول السواحل غير الصخرية، أو حصوية أو حجرية خاصة على طول السواحل الصخرية.

الترسيبات الريحية (Eolian deposits)

هى عبارة عن مواد تفرزها الرياح جيدًا. ويتم تقسيمها على نطاق واسع إلى مجموعات على أساس حجم الحبيبات السائدة أو الأصل. ومن الأمثلة على ذلك الهباء الجوى (aerosols) والغبار (dust) واللوس (loess) والرمال الريحية (eolian). وتشترك جميع الترسيبات التى تحركها الرياح ما عدا أنعمها فى بعض سمات الترسيب. ويشير مصطلح التنعيم الجانبى (Lateral fining) إلى الانخفاض التدريجى فى متوسط حجم الحبيبات وسمك الترسيبات مع زيادة المسافة على طول اتجاه الرياح بعيدًا عن المصدر. وكلما اقتربنا من المصدر كلما كان متوسط حجم الحبيبات خشنًا وزاد سمك الرواسب. ويتراوح حجم الحبيبات السائد فى الترسيبات الهوائية المنفصلة من السلت والرمال الناعمة جدًا (اللوس) والرمال الناعمة إلى الرمال المتوسطة (eolian sands).

الرمال الريحية (Eolian sands): مهمة بسبب وجودها الطبيعى والمجموعة الواسعة من الأشكال الأرضية المميزة (خاصة أنواع الكثبان الرملية) التى تنتجها. وتوجد عادة رمال ناعمة جدا وناعمة مثل الكثبان الرملية (Bagnold, 1941)، وتميل الرمال المتوسطة إلى تكوين فرشات رملية. وتنتشر الرمال الريحية فى المناطق الدافئة والجافة. وتتكون بشكل مميز من رمال ذات محتوى عالٍ من الكوارتز ومحتوى منخفض من المواد المكونة للطين. وقد تحتوى الكثبان الرملية على كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم أو الجبس، خاصة فى الصحارى وشبه الصحارى.

وخلال فترات الجفاف وفى الصحارى، تخلط حركات الرياح المحلية وتراكم مواد تربة ذات أحجام حبيبات مختلفة، بما فى ذلك مواد ذات محتوى مرتفع من الطين. ويمكن لتجمعات الطين بحجم الرمل (على سبيل المثال parna) أن تشكل كثبانًا (parna dunes). وفى المناطق التى يتداخل فيها الرمل مع مواد ريحية ناعمة، تحدد المواد الريحية رواسب هوائية بدلاً من لوس مميز أو رمال هوائية.

ترسيبات اللوس (Loess deposits): تعتبر مهمة لأن خصائصها الطبيعية والمعدنية تجعلها عالية الصلاحية لإنتاج الغذاء والألياف فى جميع أنحاء العالم. وعادة يكون قوامها سلتى ولكن قد يتراوح من سلت ناعم إلى رمل ناعم جدًا. ومعظم اللوس بنى باهت إلى بنى، على الرغم من أن الألوان الرمادية والحمراء شائعة أيضًا. وبعض

الألوان موروثة من مادة المصدر (geogenic colors). وقد تكون الألوان الأخرى، وخاصة الألوان الرمادية، ناتجة عن تكوين التربة بعد الترسيب، مثل تغيير الأكسدة والاختزال مما يؤدى إلى اختزال الحديد. ورغم أن رواسب اللوس السميكة تبدو عديمة البناء، إلا أنها تحتوى على بعض تشققات رأسية واضحة ذات بناء خشن متعدد الأضلاع ويمكن أن تدعم الجدران الرأسية تقريبًا، مثل جدران الطرق، لسنوات عديدة. والرواسب السلتية التى تشكلت بطرق أخرى لها بعض أو كل هذه الخصائص. ويمكن أن يكون السلت المحمول بالرياح والذى تم غسيله وتجويته بشدة حامضيًا وغنيًا بالطين، فى حين أن بعض الترسيبات الحديثة من اللوس التى تتكون أساسًا من السلت والرمل الناعم جدًا تحتوى على كمية منخفضة من الطين. وتؤثر الحبيبات الأنعم الأخرى المحمولة بواسطة الرياح أيضًا على التربة بطرق فريدة ولكن لا يتم التعرف عليها عمومًا كنوع من مواد الأصل. ويتكون الغبار من الطين أو حبيبات ناعمة جدًا بحجم السلت ويمكن ترسيبها جافة أو مع المطر. ويمكن أن يسافر مسافات كبيرة من نقطة نشأته، وقد يدور حول الأرض في الغلاف الجوى العلوى ويترسب بزيادات صغيرة عبر العالم. وبعد أن يستقر الغبار، يتم خلط الحبيبات الدقيقة جدًا بسهولة فى التربة الموجودة مسبقًا، وقد تؤثر بشكل كبير على خصائص التربة. ومع ذلك، فهى عادة لا تشكل رواسب منفصلة يسهل التعرف عليها. ويعتبر الهباء الجوى من أنعم المواد الحبيبية، وهو صغير جدًا بحيث يمكنه البقاء معلقا فى الهواء لفترات طويلة. ورماد الخشب مثال لذلك. وعادة ما تكون هذه الحبيبات ناعمة جدًا ومنتشرة بحيث لا تتراكم كرواسب منفصلة. وبالتالى، لا يتم تحديدها على أنها مواد أصل منفصلة. ومع ذلك، يمكن أن تشارك بكميات معنوية من رماد الكربون وحبوب اللقاح والكوارتز أو مواد أخرى فى التربة. وتستقر عادة كنواة قطرات المطر وتتسلل إلى التربة فى معلق أو تستقر فى المسطحات المائية. ومكونات أخرى للتربة تصاحب المطر، مثل عناصر الغلاف الجوى فى محلول (نيتروجين مثبت، كبريت، كالسيوم، مغنيسيوم، صوديوم، بوتاسيوم، إلخ) ولكن لا يتم تضمينها فى مفهوم مواد الأصل.

والممارسات التقليدية فى اعتبار أن العمليات الجيومورفولوجية تتضمن رواسب ريحية بركانية، مثل الرماد والخفاف (pumice)، مع المواد البركانية الأخرى، بسبب أصلها، بما فى ذلك التركيب المعدنى وديناميكيات الترسيب، ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالبراكين.

الرواسب الجليدية وما حولها (Glacial and periglacial deposits)

الرواسب الجليدية وما حولها مشتقة من مواد منقولة ومترسبة عن طريق العمليات الجليدية أو مرتبطة بالمناخات الباردة. ومع ذلك، فإن النوعين لهما نظامين متميزين للعملية الجيومورفولوجية. وعادة ما ترتبط عملياتهما ورواسبهما لاشتراكهما فى ظروف مناخية شديدة البرودة وقوى دافعة.

ويعتبرا معًا هنا للصلاحية. ويشير مصطلح Glacial إلى المواد التى تشكلت ونقلت وترسبت بشكل مباشر بواسطة الثلج الجليدى (drift and till). والممارسة التقليدية فى اعتبار أن العمليات الجيومورفية تتضمن رواسب نهرية جليدية (glaciofluvial)، وغسيل (outwash)، ورواسب بحيرية جليدية (glaciolacustrine) من بين مواد جليدية أخرى بسبب أصولها، بما فى ذلك ديناميكيات الترسيب، والطبقات الناتجة، والتركيب المعدنى، ترتبط ارتباطًا وثيقًا.

الانجراف (Drift): مصطلح عام وشامل لجميع المواد التي يتم حملها، وخلطها، وتفتيتها، ونقلها، وترسيبها بواسطة الثلج الجليدى أو مياه ذوبان الجليد. والمصطلح عام لدرجة أنه يستخدم بشكل أساسى للمقاييس الخشنة للغاية بدون تفاصيل. وفى أماكن عديدة، يتم تغطية الانجراف بواسطة اللوس. ويتم التعرف بسهولة على غطاء اللوس السميك، لكن الفرشات الرقيقة جدًا قد تكون مختلطة بواسطة عمليات تكوين التربة بحيث يصعب تمييزها عن الانجراف الأساسى.

الركام (Till): نوع من الانجراف ترسب مباشرة عن طريق الجليد ولم يكن لديه سوى قليل أو انعدام النقل بالمياه. وهو بشكل عام خليط غير منظم وغير متجانس (unsorted) من الطين والسلت والرمل والحصى والجلاميد.

ويستقر بعض الخليط الممتلئ بالجليد مع ذوبان الجليد ويخضع للغسيل القليل جدًا أو إعادة العمل بالمياه (ablation till)، وبعضه يتجاوز النهر الجليدى ويصبح مندمجا (lodgement till). ويوجد الركام فى أشكال أرضية جليدية مختلفة. ومن الأمثلة على ذلك الركام Ground moraines و recessional moraines. ومن المهم التمييز بين العديد من تجمعات الركام الجليدية. وبشكل عام، يكمن الركام بعضه تحت بعض ويفصل بينه رواسب أخرى أو أسطح قديمة مجواة. وفى حالات كثيرة، يتعرض الركام للانجراف بفعل الأمواج فى البحيرات الجليدية. وقد يحتوى الجزء العلوى منه على نسبة عالية من قطع الصخور.

ويتنوع الركام على نطاق واسع فى القوام والتركيب الكيميائى ودرجة التجوية. ويتأثر بشكل أساسى بتركيب الصخر الأم الذى تجاوزه والمواد التى جرها. ويقع ركام وسط القارة الأمريكية فوق صخور رسوبية، مثل الحجر الجيرى والطفلة، ويتميز بالقوام الثقيل (طين، طمى طينى). وعلى النقيض، ركام شمال مينيسوتا (Minnesota) ونيو إنجلاند (New England) وكندا (Canada) التى تقع أسفلها صخور بللورية (crystalline bedrock)، مثل الجرانيت (granite)، تتميز بقوام أخشن (طمى رملى حصوى (gravelly sandy loam)). وكثير من الركام جيرى (calcareous)، لكن كمية معنوية غير جيرية بسبب عدم مساهمة صخور كربونات فى الركام أو لأن الغسيل اللاحق والتجوية الكيميائية قد أزالا الكربونات. والنوعان الأكثر انتشارًا والأكثر أهمية هما ركام الاستئصال (ablation till) وركام التثبيت (lodgement till). ويتميز ركام الاستئصال بكثافة ظاهرية منخفضة ($1.4\ g/cm^3$) ويحدث فى الجزء العلوى من الرواسب. ويتشكل ركام التثبيت تحت النهر الجليدى ويتم ضغطه بشكل مفرط. ونتيجة لذلك، تكون الكثافة الظاهرية عالية جدًا ($1.8\ g/cm^3$) وتعيق بشكل كبير تدفق المياه الداخلية وتجعل الحفر صعبًا. ويتم تحديد بعض أنواع الركام من خلال موقع التكوين بالنسبة للثلج الجليدى. ويتكون ركام السطح الجليدى (Supraglacial) بواسطة الرواسب الموجودة فوق الجليد التى استقرت مع الذوبان (ablation till or melt-out till) أو تحركه كتدفق موضعى للطين (flow till). ويتكون الركام تحت الجليدى (Subglacial)، مثل lodgement till، تحت الثلج الجليدى.

الترسيبات النهرية الجليدية (Glaciofluvial deposits): هى مواد تحركها الأنهار الجليدية ثم تنقلها وتصنفها وترسبها المياه الذائبة من الجليد. Outwash هو مصطلح لمادة أصل المخلفات (الرمل والحصى بشكل رئيسى) التى تمت إزالتها أو غسلها من نهر جليدى بواسطة مجارى المياه الذائبة وترسبت خلف جبهة الجليد أو نهاية الركام. وتترسب المواد الخشنة بالقرب من الجليد. ويتكون هذا الركام (outwash) عادة فى السهول والأودية أو الشرفات أو الدلتا فى مجارى الصرف أو فى البحيرات الجليدية القديمة. وقد تمتد بعض الشرفات إلى أبعد من أبعد تقدم للجليد. وبالقرب من المورينات أو فى بقايا هيئاتها الطبيعية، قد تكون المواد النهرية الجليدية (glaciofluvial) المصنفة الأشكال: kames, eskers, and crevasse fills.

ترسيبات الشواطئ الجليدية (Glacial beach deposits): تتكون من قطع صخور ورمال. وتشير إلى مواقع شواطئ (strandlines) البحيرات الجليدية السابقة. واعتمادًا على طبيعة الركام الأصلى، تكون رواسب الشاطئ رملية أو حصوية أو حجرية.

الترسيبات البحيرية الجليدية (Glaciolacustrine deposits): تنشأ من الأنهار الجليدية ويتم إعادة صياغتها ووضعها فى البحيرات الجليدية. وتتراوح من الطين الناعم إلى الرمل. ويرسب كثير منها فى طبقات (stratified) أو متنوعة (varved). وال varve هو زوج ترسيب صفحى (laminae) لسنة. ويعكس الجزء الأنعم ترسبًا أقل طاقة خلال الموسم البارد، ويعكس الجزء الأخشن قليلاً ترسبًا أعلى طاقة خلال الموسم الدافئ عندما يكون الجريان السطحى أكبر وتحدث حركة الأمواج.

وفى كثير من الأماكن يصعب التمييز بين الأنواع المختلفة من الرواسب الجليدية. على سبيل المثال، يكون من الصعب التمييز بين سهول الركام ذات الحفر (pitted outwash plains) والسهل الرملى (sandy till), ويكون من الصعب تمييز ركام قطع الموج (wave-cut till) عن مادة البحيرة. وبشكل نموذجى، حتى أكثر

الاختلافات دقة يمكن تحديدها من خلال عدة ملاحظات ميدانية جيدة التخطيط. وتُستخدم هذه المعلومات لتحديد الإطار الجيومورفى بدقة والترسيبات المرتبطة به. وتوفر الملاحظات والأوصاف الدقيقة لمادة الأصل، والتتابع الطبقى، وتوزيع المكونات الخشنة، وأشكال السطح أدلة دامغة مطلوبة للحصول على استنتاجات صحيحة. ومع ذلك، فإن بعض الحالات لا تكون مفهومة بالكامل فى الوقت الحاضر بسبب تعقيدها أو عدم اكتمال المعرفة العلمية.

الترسيبات المحيطة بالجليد (Periglacial deposits): تحتوى على عدة أنواع رئيسية. المضطربات المبردة (Cryoturbates) عبارة عن رواسب تم خلطها أو فرزها بشكل تفضيلى عن طريق التجمد الموسمى أو الذوبان الجزئى وإعادة تجمد التربة أو عمليات إزاحة الثلوج غير الجليدية الأخرى. ويمكن لهذه العمليات أن تنظم الترسيبات بعدة طرق. داخليًا، تظهر المواد عادةً التفاف (convolutions) أو فرز (sorting) داخلى منخفض الدرجة، على عكس الطبقات الأفقية النموذجية للتربة المعدنية فى المناخات الدافئة. وقد يأخذ الفرز السطحى، خاصةً الأجزاء الخشنة، شكل مضلعات (polygons) أو خطوط (stripes) أو أنماط أرضية أخرى. وتتكون رواسب Solifluction من خليط غير متجانس من القوامات، بما فى ذلك قطع الصخور. ويشير اتجاه قطع الصخور إلى حركة انحدار بطيء تنتج عنها فصوص (lobes) وألواح (sheets) وشرفات سطحية. وتتشكل رواسب Solifluction استجابة للذوبان الموسمى أو الجزئى للمنطقة النشطة القريبة من السطح (active zone). ويمكن أن يكون لمواد الأصل مدى مساحى واسع. وتحدث الرواسب المحيطة بالجليد النشطة أو الحديثة على نطاق واسع فى خطوط العرض العالية أو على ارتفاعات عالية خارج الثلج الجليدى أو غير متأثرة به. وتحدث رواسب solifluction على نطاق واسع أيضًا فى شكل أرض منقوشة مرتبطة بالمناطق الجليدية القارية السابقة فى خطوط العرض الوسطى.

ترسيبات حركة الكتلة ((Mass wasting (mass movement) deposits): يتم نقل بعض المواد بشكل أساسى أو كلى عن طريق الجاذبية (gravity). وقد يحدث النقل بسرعة كبيرة أو بشكل تدريجى. ترسيبات الانهيارات الأرضية (Landslide deposits): عبارة عن مصطلح عام يشمل جميع أشكال مواد الانهيارات الأرضية. ويمكن تحديد هذه الترسيبات بشكل أكثر وضوحًا بناءً على الوضع الرئيسى للحركة (جدول 2-8).

جدول 2-8: أنواع ترسيبات الانهيارات الأرضية.

Movement types	Deposit attributes
Fall deposits	Free fall, bouncing or rolling
Topple deposits	Forward rotation over a basal pivot point
Slide deposits: Rotational landslide	Backward rotation around a pivot point above the ground surface
Slide deposits: Translational slide	Mass lateral displacement along a planar slip face
Spread deposits	Layers plastically extruded by liquefaction
Flow deposits	Wet or dry mass flow that behaves as a viscous liquid

ويمكن تقسيم كل نوع من أنواع الحركة بالإشارة إلى النوع السائد من المواد المنقولة: صخر (كتل صخرية صلبة)، حطام (debris) وهو مادة مفتتة غنية بالقطع الصخرية، أو أرض (earth) مادة الأرض الناعمة. أنظر جدول أنواع تحرك الكتلة (Schoeneberger et al., 2012). وتفيد هذه المصطلحات فى تحديد مستويات مختلفة من التفاصيل اللازمة لتعريف المناطق وفقًا للترسيبات المرتبطة بها. وتستخدم أيضًا لمعرفة مكونات المواد الحالية، التى تؤثر على قرارات إدارة الأراضى.

وتوجد أنواع أخرى من الترسيبات المرتبطة بالجاذبية معروفة على نطاق واسع.

Colluvium عبارة عن ترسيبات انحدار رديئة الفرز (poorly sorted) نقلت وتراكمت على طول أو عند

قاعدة الانحدارات أو فى المنخفضات أو على طول المجارى الصغيرة بسبب الجاذبية وزحف التربة وعمليات غسيل الانحدارات. وتراكمات قطع الصخور عند قاعدة البروزات الصخرية تسمى talus. وتكون قطع الصخور عادة فى ال colluvium حادة الزوايا (angular) جدا إلى شبه مستديرة (sub-rounded) بسبب مسافات النقل القصيرة نسبيًا والتآكل (abrasion) المحدود المرتبط بالعملية. وعلى النقيض من ذلك، تكون قطع الصخور فى الترسيبات النهرية والجليدية مستديرة أوجيدة الاستدارة وبالية.

الترسيبات العضوية (Organic deposits)

هى مواد مخلفات (detritus) نباتات أو كائنات حية غنية بالكربون. وتتراكم بسرعة أكبر من التحلل. وترتبط المادة المفتتة عادةً بالتربة المبتلة أو الظروف تحت المائية. ويمكن أن تستمر الرواسب العضوية فى أماكن شديدة الجفاف أو فى ظل ظروف أخرى تقلل أو تمنع التحلل الميكروبى، مثل انخفاض الأكسجين أو pH. وقد تنتج هذه الظروف أنواعًا مختلفة من التراكمات العضوية تصبح مادة أصل للتربة والتى تسمى مواد عضوية (organic materials). ويمكن تحديد الترسيبات العضوية بشكل أكبر وفقًا للمواد النباتية السائدة، مثل الخشب (woody) أو العشب (herbaceous) أو الحشائش (grassy) أو الطحالب (mossy). وتُستخدم مصطلحات مختلفة لتعديل قوام التربة (على سبيل المثال، mucky, peaty). وتشمل المصطلحات المستخدمة بدلاً من القوام للمواد العضوية الروث (muck) والبيت (peat) والمواد العضوية شديدة التحلل (انظر الباب الثالث).

وتوجد بعض المواد العضوية على شكل طبقات متبادلة من أنواع مختلفة تعكس الغطاء النباتى السائد وقت الترسيب. والبعض الآخر عبارة عن مزيج من البيت والمواد المعدنية. وفى بعض الأماكن، يخلط غطاء المواد العضوية أو تتداخل مع الرماد البركانى (volcanic ash) أو المارل (marl) أو الترسيبات النهرية (alluvium) أو الرمال (eolian sands). ويتضمن وصف المادة العضوية (انظر الباب الثالث) ملصقات (labels) مثل مواد عضوية خشبية (woody organic materials) أو رموز تحدد الأصل والتركيب النباتى السائد، الذى يمكن استنتاجه.

الترسيبات البركانية (Volcanic deposits)

الترسيبات الهوائية البركانية (Volcanic eolian deposits) مثل الرماد والحجر الخفاف، يتم معالجتها بشكل منفصل عن مواد الأصل الهوائية الأخرى بسبب معادنها الفريدة وديناميكيات الترسيب. والتيفرا (Tephra)، والرماد البركانى (volcanic ash)، والحجر الخفاف (pumice)، والخبث (cinders) عبارة عن ترسيبات نارية مفتتة خرجت أثناء الانفجارات البركانية وانتقلت من مكانها الأصلى. وتم إعادة صياغة معظمها عن طريق الرياح، وفى بعض الأماكن، عن طريق المياه.

والتفرا (Tephra) مصطلح عام واسع يشير إلى أى شكل من أشكال المقذوفات البركانية. وتم التعرف على أقسام فرعية مختلفة ويجب استخدامها كلما أمكن.

والرماد (Ash) مقذوف بركانى أصغر من 2 مم. ويمكن تقسيمه إلى رماد ناعم (< 0.06 mm)ورماد خشن (> 0.06 and < 2 mm). والحجر الخفاف (Pumice) مقذوف بركانى أكبر من الرماد (> 2 mm) له جاذبية نوعية منخفضة (< 1.0). والخبث (Cinders) مقذوف بركانى أكبر من الرماد (> 2 mm and < 64 mm) وأثقل (الثقل النوعى > 1.0 and < 2.0) من الحجر الخفاف. (انظر جدول مصطلحات البيروكلاستيك (Pyroclastic) فى (Schoeneberger et al., 2012).

الترسيبات بشرية المنشأ (Anthropogenic deposits)

المواد التى ينقلها الإنسان (Human-transported material) مصطلح عام يشير إلى مواد صلبة عضوية

أو معدنية يمكن أن تعمل كتربة أو شبيهة بالتربة. ويتم خلطها ونقلها من المصدر إلى موقع جديد من خلال نشاط بشرى، بمساعدة الآلات أو الأدوات اليدوية. وكان هناك قليل من إعادة صياغة لاحقة أو لا بفعل الرياح أو الجاذبية أو الماء أو الجليد. وترتبط المواد التى ينقلها الإنسان عادة بمواقع البناء أو عمليات التعدين أو التكريك (dredging) أو مدافن النفايات (landfills) أو الأنشطة الأخرى التى تؤدى إلى تكوين أشكال أرضية بشرية المنشأ. وتختلف هذه المواد عن الترسيبات الطبيعية فى أن تركيبها الداخلى وترتيبات الطبقات يعتمد على طرق الوضع (emplacement) والأدوات والأهداف. وهى بشكل عام أكثر تنوعًا وأقل قابلية للتنبؤ بمحتواها وتكوينها من المواد المرسبة بالعمليات الطبيعية. ومع ذلك، يمكن وصفها وقياسها كميا على نطاق واسع بطرق مشابهة لكيفية تقييم المواد الطبيعية.

وفى إدارة قواعد البيانات، من المفيد وجود قائمة رئيسية أبجدية للأنواع العديدة من مواد الأصل. كما يمكن ترتيب الأنواع المختلفة بشكل بناء داخل مجموعات فرعية بناءً على العمليات الجيومورفولوجية السائدة التى أدت إلى انجرافها أو نقلها أو ترسيبها (انظر قسم مواد الأصل (Parent Material) فى Schoeneberger et al., (2012). ويسرد جدول 2-9 مجموعات مواد الأصل بناءً على العملية الجيومورفية أو الإعداد.

جدول 2-9: المجموعات العامة لمواد الأصل بناءً على العملية الجيومورفية أو الإعداد.

General groups	Specific examples
Anthropogenic deposits	Dredge spoil, mine spoil, earthy fill
Eolian deposits (nonvolcanic)	Eolian sands, loess
Glacial and periglacial deposits	Till, solifluction deposit
In-place deposits (nontransported)	Residuum, saprolite
Mass wasting deposits	Mudflow deposit, talus
Miscellaneous deposits	Diamicton, gypsite
Organic deposits	Diatomaceous earth, grassy organic materials
Volcanic deposits	Andesitic ash, pumice
Water-laid or water-transported deposits	Alluvium, lacustrine deposit

وتكتمل هذه المجموعات وتتوازى بشكل فضفاض مع فئات البيئات الجيومورفية المقدمة فى نظام الوصف الجيومورفى (Geomorphic Description System) المستخدم بواسطة NCSS (Schoeneberger et al., 2012). ويجب أن تعكس مواد أصل التربة البيئة الجيومورفية السائدة.

مواد أصل متعددة (Multiple Parent Materials)

تتكون التربة من طبقات من أنواع مختلفة من مواد الأصل مثل ترسيبات بالجاذبية (colluvium) فوق بقايا (residuum) والتى يمكن التعرف عليها فى طبقات التربة. على سبيل المثال، يغطى الركام (till) بغطاء من اللوس (loess) فى أماكن عديدة. ويمكن التعرف بسهولة على أغطية اللوس السميكة، لكن الأغطية الرقيقة جدًا (25 cm >) قد تتغير بواسطة عمليات تكوين التربة، مثل الاضطراب (pedoturbation)، بحيث لا يمكن تمييزها عن الركام تحتها.

ويُطلق على الاتصال بين مواد الأصل المتباينة (contrasting) فى التربة الانقطاع الصخرى (lithologic discontinuity). ويجب توثيقه باستخدام مصطلحات وصف الأفق (انظر الباب الثالث) واصطلاحات وصفية أخرى.

وقد تختلف مواد التربة المفتتة فى توزيع حجم المسام (pore-size)، أو توزيع حجم الحبيبات (particle-size)،

أو التركيب المعدنى (mineralogy)، أو الكثافة الظاهرية (bulk density)، أو الخصائص الأخرى. وقد لا تلاحظ بعض الاختلافات بسهولة فى الحقل. وقد تكون بعض الترسيبات مقسمة إلى طبقات واضحة، مثل بعض ترسيبات البحيرات والأنهار الجليدية، ويتم تحديد عدم الاستمرارية بشكل حاد.

ويمكن المزج بين الاختلافات الأولية فى ترسيب مواد الأصل المتعددة والمتباينة مع تأثيرات تكوين التربة. وقد ينخفض محتوى السلت بانتظام مع زيادة العمق فى التربة التى يُفترض أنها تشكلت فى الركام. ويمكن تفسير ارتفاع محتوى السلت فى الجزء العلوى من هذه التربة بعوامل أخرى غير تكوين التربة. وفى بعض الأنواع، قد تترسب كميات قليلة من المادة الريحية على السطح عبر القرون وتختلط مع الركام تحتها بواسطة الحشرات والقوارض أو بفعل ذوبان الجليد. وفى حالات أخرى، قد يعكس توزيع السلت فرز المياه.

ويمكن ملاحظة الاستدلالات حول الخصائص المتباينة الموروثة من طبقات مختلفة من المواد الجيولوجية عند وصف التربة. وعموما، يتم التعرف على كل طبقة يمكن تحديدها تختلف فى الخصائص بوضوح عن الطبقات المجاورة كأفق أو أفق فرعى. ويعتمد التعرف على درجة وسمك التباين مع الطبقات العلوية والسفلية.

وهناك حاجة إلى توازن فعلى بين التعرف على طبقات مادة الأصل السائدة فى التربة وعدم الإفراط فى التفاصيل. وعلى الرغم من عدم وجود معايير صارمة، مثل الحد الأدنى للسمك، فمن المهم تحديد الطبقات المتباينة فيزيائيا وسميكة بدرجة كافية للتأثير جوهريا على تدفق الماء الداخلى. وهناك عديد من الاستثناءات المعروفة على نطاق واسع والتى لم يتم بسببها وصف عديد من طبقات الترسيب بشكل شامل. وبالنسبة للترسيبات ذات الطبقية العالية، والتى تكون استمراريتها الجانبية متقطعة، فمن غير العملى تحديد أو أخذ عينة من كل طبقة رقيقة (lamina). وبالنسبة للترسيبات النهرية أو التيفرا الرقيقة، يتم تحديد الطبقات الكلية الأكبر فقط وأخذ عينات منها كمركبات (composites) مجمعة (bulked). وتلاحظ الطبقات الصغرى (laminae) داخل الطبقات الأكبر ولكن لا يتم توثيقها بشكل شامل ولا يتم أخذ عينات منها بشكل فردى.

الصخر الأصلى (Bedrock)

يشير مصطلح الصخر الأصلى (bedrock) المستخدم فى حصر الأراضى إلى صخر مستمر ومتماسك (consolidated). وقد يكون حاجزًا طبيعيا فى التربة (solum) يحد من عمق الجذور أو المصدر المباشر لمادة أصل التربة المتبقية. ويساعد فى تحديد الطبوغرافية المحلية والتربة التى تتشكل فيها. وقد يؤثر أيضًا بشكل غير مباشر على التربة. وإذا كان قريبا إلى حد ما من قاعدة السولوم، فيمكن أن يؤثر على وجود أو غياب المياه الجوفية واتجاه التدفق، اعتمادًا على مساميته. وقد يكون عاملاً محددًا فى استقرار الانحدار (الميل للانهيارات الأرضية) أو الحفر، مثل ملاءمة التربة لقواعد الأساس وإنشاء الطرق. والتعرف على الصخر الأصلى ضرورى لفهم السلوك الكيميائى والفيزيائى للمادة الصخرية وتربتها أو مشتقاتها. وللصخر تأثير كبير على جغرافية التربة والتنبؤ الدقيق بها. وتتطابق الحدود بين أنواع الصخور الأساسية عموما، وليس دائمًا، مع التغيرات فى أنواع التربة التى فوقها. ولذلك، يعد التعرف على الصخر الأصلى وتوثيقه أمرًا ضروريًا. وفى بعض الأماكن، قد يكون توثيقه مشكلة أو غير عملى أو غير ضرورى. ولا يتم تسجيل الصخر الأصلى إذا لم يكن له تأثير كبير على التربة. مثال ذلك الصخر المدفون بعمق بواسطة الفتات الصخرى (regolith)، مثل الركام (till)، وملء الأحواض (basin fills)، والترسيبات الساحلية أو البحيرية.

ويجب تحديد المواد الجيولوجية وفقًا للمعايير والتسميات الجيولوجية. وتسجل الأسماء المعتمدة للتكوينات الجيولوجية فى وصف التربة. ومع تقدم أبحاث التربة، يتزايد الارتباط بين تكوينات جيولوجية معينة والمحتوى المعدنى والمغذيات لمواد الأصل والتربة. وتتضمن الأمثلة: (1) بعض مواد الشرفات ورواسب الرماد البركانى التى تختلف فى العمر أو المصدر، ولا يمكن تمييزها، قد تختلف معنويا فى محتوى الكوبالت؛ (2) يختلف محتوى الفوسفور فى أنواع التربة المتشابهة بشكل كبير بسبب الأحجار الجيرية المتماثلة التى لا يمكن تمييزها فى الحقل

إلا بواسطة حفريات معينة.

الصخور النارية (Igneous rocks): تشكلت عن طريق تصلب (solidification) الصهارة (magma) التى نشأت داخل وشاح الأرض العلوى. وهناك نوعان رئيسيان يعتمدان على طريقة تكوينهما: داخلية (intrusive) وخارجية (extrusive). وتتشكل الأنواع الداخلية (plutonic) على عمق كبير فى قشرة الأرض ولها قوام حبيبى خشن بسبب التبريد البطيء. ومن أمثلة الصخور النارية الداخلية التى تتجوى إلى مادة أصل للتربة: الجرانيت (granite) والديوريت (diorite) والجابرو (gabbro). وتتشكل الأنواع الخارجية (volcanic) على سطح الأرض أو على عمق ضحل جدًا ولها قوام حبيبى ناعم بسبب التبريد السريع. ومن الأمثلة على الصخور النارية الخارجية الشائعة الريوليت (rhyolite) والأنديسايت (andesite) والبازلت (basalt).

الصخور الرسوبية (Sedimentary rocks): تشكلت من رواسب ترسبت فى العصور الجيولوجية السابقة. والمجموعات الرئيسية من الصخور الرسوبية هى الصخرية (clastic) والكيميائية (chemical) والعضوية (organic). وأمثلة الصخور الصخرية فى المجموعة الصخرية: الطفلة (shale) والحجر الرملى (sandstone) والكونجلوميرات (conglomerate)؛ ومن أمثلة المجموعة الكيميائية الحجر الجيرى (limestone) والجبس (gypsum) والحجر الجيرى الأبيض (travertine)؛ ومن أمثلة المجموعة العضوية الفحم (coal) والدياتومايت (diatomite). وهناك عديد من أنواع هذه الصخور، على سبيل المثال، الطباشير (chalk) عبارة عن نوع هش من الحجر الجيرى. وعديد من الصخور وسيطة بين المجموعات العريضة. ومن الأمثلة على ذلك الحجر الرملى الجيرى (calcareous sandstone) والحجر الجيرى الرملى (arenaceous limestone).

الصخور المتحولة (Metamorphic rocks): نتجت عن تغير شديد (profound) فى الصخور النارية والرسوبية بفعل الحرارة والضغط. والفئات العامة من الصخور المتحولة المهمة كمواد أصل هى النيس (gneiss)، والشست (schist)، والإردواز (slate)، والرخام (marble)، والكوارتزيت (quartzite)، والفيلليت (phyllite).

أنواع الصخور (Kinds of Bedrock)

النوع هو أهم مظهر للصخر الأصلى يجب وصفه. ويشير إلى التركيب العام للصخر وكيفية سلوكه ونواتج تجويته. ويتبع حصر الأراضى التقاليد القياسية لتركيبات وأسماء أنواع الصخور (Neuendorf et al., 2005). وهناك عدد كبير من أنواع الصخور المعروفة رسميًا. وهى مفصلة جدا ويمكن أن تكون مرهقة وظيفيا لحصر الأراضى. وبالتالى، يميل الحصر إلى التركيز على فئات أوسع وأنواع الصخور الشائعة، لا سيما تلك الموجودة قرب السطح. ويمكن التعرف على أنواع الصخور غير المهمة وغير المعروفة إذا كان لها تأثير اقتصادى أو بيئى مهم. وتحتفظ بعض قواعد البيانات بقوائم رئيسية أبجدية طويلة للصخر الأصلى. والطريقة المفيدة لترتيب العدد الكبير والمتنوع لأنواع الصخور الأساسية هى فصلها إلى مجموعات فرعية معروفة على نطاق واسع، مثل البركانية والمتحولة والرسوبية (Schoeneberger et al., 2012; USDA-NRCS, 2016 b). وبالإضافة إلى نوع الصخر الأصلى، يجب أن يتضمن الوصف معلومات حول تباعد التشققات، ودرجة التجوية، والعمق إلى الاتصال إذا كان داخل أوقرب السولم.

ويمكن تقسيم المجموعات العامة لأنواع الصخور الأساسية الموصوفة سابقًا أو إعادة ترتيبها قليلاً لتوفير مجموعات من أنواع الصخور الأساسية ذات الصلة بالتربة:

النارية الداخلية (Igneous-intrusive): مثل الأنورثروسيت (anorthrosite)، الديابيز (diabase)، والجرانيت (granite).

النارية الخارجية (Igneous-extrusive): مثل اللافا (a'a lava)،الأنديسيت (andesite)، والبازلت

(basalt).

النارية البركانية (Igneous- pyroclastic): تدفق الحمم (pyroclastic flow)، التف (tuff)، والبريشيا البركانية (volcanic breccia).

المتحولة (Metamorphic): مثل الأمفيبولايت (amphibolite)، النايس (gneiss)، والشيست (schist).

رسوبية (Sedimentary-clastics): مثل الأرينيت (arenite)، الأرجيلليت (argillite)، وحجر الطين (mudstone).

متداخلة (Interbedded): مثل حجر جيرى-حجر رملى (limestone-sandstone)، حجر رملى-طفلة (sandstone-shale)، وطفلة-حجر سلتى (shale-siltstone).

المتبخرات، والمواد العضوية، والترسبات (Evaporites, organics, and precipitates): مثل التوفا (tufa)، والفحم (coal)، والحجر الجيرى (limestone).

العمق إلى الصخر الأصلى (Depth to Bedrock)

يعد العمق إلى الصخر الأصلى مظهر هام بسبب تأثيره على نمو النبات وديناميكيات واتجاه المياه الداخلية وإدارة الأراضى. وينطبق هذا بشكل خاص على التربة الزراعية إذا كان الصخر الصلب على بعد مترين من السطح. ويمكن أن يحد الصخر من عمق الجذور، ويقلل من إمدادات مياه التربة، ويؤثر على تدفق الماء الداخلى، والأنشطة الميكانيكية المختلفة، مثل الحرث العميق، وحفر الأساس، ووضع السياج، ومدى ملاءمته للأساسات. ويجب تسجيل العمق من سطح الأرض إلى التلامس مع الصخر.

فواصل التشقق (Fracture Interval)

تحتوى معظم الصخور على فواصل طبيعية أو شبكة شقوق تعمل كطرق تدفق جانبى للماء الداخلى. وتختلف هذه التشققات بشكل كبير فى كمية المياه التى يمكنها نقلها وتؤثر على سلامة البركة وحركة الملوثات الداخلية وإنتاجية آبار المياه. وإذا أمكن ملاحظته، يتم وصف متوسط التباعد الأفقى بين فواصل الصخر العمودية فى طبقة الصخر الأصلى.

التجوية (Weathering)

لا يتم تغيير كل الصخر الأصلى كيميائيًا و / أو فيزيائيا من حالته الأصلية بنفس الامتداد. وتزيد التجوية عمومًا من المسامية وقدرة الاحتفاظ بالماء وتقلل من الكثافة الظاهرية والتماسك. ويمكن تعيين درجة التجوية (بسيطة (slight)، متوسطة (moderate)، شديدة (strong)) لتسجيل مدى تعرض الصخر للتجوية مقارنة بحالته غير المجواة.

الوحدات الصخرية (Lithostratigraphic Units)

وحدات الطبقات الصخرية عبارة عن صخور أو أجسام رسوبية يمكن رسمها على الخرائط. وفى علم الأرض، تغطى الوحدات الأحدث الوحدات الأقدم (law of superposition). ويتم تحديد وتسمية الوحدات الصخرية (Regolith)، المواد المفتتة ووحدات الصخور، وفقًا للتقاليد القياسية للكود الدولى للطبقات الصخرية (International Stratigraphic Code) مثل لجنة أمريكا الشمالية (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 2005). ويسرد جدول 2-10 الوحدات بترتيب تنازلى. ويوفر هذا النظام طريقة قياسية مختصرة لتحديد المعلومات وإيصالها بإيجاز حول الطبقات وأنواع

الصخور. ويساعد فى التعرف على الاختلافات الجيولوجية والتربة التى نشأت عليها. ويمكن ربط بعض أنواع التربة، خاصة المتبقية، بوحدات صخرية محددة. وقد توجد أنواع أخرى من التربة، مثل اللوس، عبر وحدات صخرية متعددة إذا لم تكن وحدتها الطبقية الصخرية مقيدة بصخر أصلى. ويجب تسجيل الوحدات الهرمية للطبقات الصخرية فى الموقع، إن أمكن (Schoeneberger et al., 2012).

جدول 2-10: وحدات الطبقات الصخرية وترتيبها الهرمى وتعريفها.

Supergroup.—The broadest lithostratigraphic unit. A supergroup is an assemblage of related, superposed groups, or groups and formations. It is most useful for regional synthesis.
Group.—The second ranking lithostratigraphic unit. A group is a named assemblage of superposed formations and may include unnamed formations. It is useful for small-scale (broad) mapping and regional stratigraphic analysis.
Formation (or Geologic Formation).—The basic lithostratigraphic unit used to describe, delimit, and interpret sedimentary, extrusive igneous, metavolcanic, and metasedimentary rock bodies (excluding metamorphic and intrusive igneous rocks). It is based on lithic characteristics and stratigraphic position. A formation is commonly, but not necessarily, tabular and stratified and is of sufficient extent to be mappable at the Earth's surface or traceable in the subsurface at conventional mapping scales.
Member.—The formal lithostratigraphic unit next in rank below a formation and always part of a formation. A formation need not be divided selectively or entirely into members. A member may extend laterally from one formation to another.
Lens (or Lentil).—A specific type of member. A lens is a geographically restricted member that terminates on all sides within a formation.
Tongue.—A specific type of member. A tongue is a wedge-shaped member that extends beyond the main formation boundary or that wedges or pinches out within another formation.
Bed.—The smallest lithostratigraphic unit of sedimentary rock. A bed is a subdivision of a member based upon distinctive characteristics or economic value (e.g., coal member). Members need not be divided selectively or entirely into beds.
Flow.—The smallest lithostratigraphic unit of volcanic rock. A flow is a discrete, extrusive, volcanic body distinguishable by texture, composition, super-position, and other criteria.

الانجراف (Erosion)

الانجراف هو انفصال وحركة مادة التربة. وربما تكون العملية طبيعية أو متسارعة بفعل النشاط البشرى. واعتمادًا على الهيئة الطبيعية المحلية والظروف الجوية، يمكن أن يتراوح الانجراف من بطيء جدًا إلى سريع جدًا. وفقد طبقة سطح التربة له تأثير ضار مباشر على إنتاجية (productivity) الموقع وعلى الترسيب خارج الموقع (off-site sedimentation) ومدخلات المغذيات (nutrient inputs). ومن المهم بشكل خاص التقييم للأغراض البيئية والزراعية. ويجب تقدير النوع السائد والدرجة (الحجم النسبى) للانجراف المتسارع (accelerated) فى الموقع.

الانجراف الطبيعى (Natural Erosion)

ينحت الانجراف الطبيعى أشكال أرضية على المرتفعات ويبنى أشكال أخرى على الأراضى المنخفضة. ويتحكم معدله وتوزيعه زمنياً فى عمر أسطح الأرض وعديد من الخصائص الداخلية للتربة. وتكوين قناة

سكابلاند (Channel Scablands) فى ولاية واشنطن (Washington) مثالًا للانجراف الطبيعى أو الجيولوجى السريع للغاية. وتعتبر الأقسام الواسعة شبه المستوية بين مجارى المياه فى السهل الساحلى (Coastal Plain) جنوب شرق الولايات المتحدة أمثلة على مناطق ذات انجراف طبيعى بطيء جدًا أو بدون.

ويتم تقييم الهيئات الطبيعية وتربتها من منظور تاريخ الانجراف الطبيعى. والدليل على أن المواد قد تحركت وأعيد ترسيبها، بما فى ذلك التربة المدفونة، وخطوط الحجر، وترسيبات تذرية الرياح، مفيدة فى فهم تاريخ الانجراف الطبيعى. وقد تكون المناطق كثيفة التجوية التى نشأت فى ظل ظروف مناخية سابقة قد ظهرت وأصبحت المادة التى تشكلت فيها التربة الجديدة. وفى الهيئات الطبيعية لأحدث المناطق الجليدية، تكون عواقب الانجراف الطبيعى، أو عدم وجوده، أقل وضوحًا فى العمر من السطح والهيئات الطبيعية فى عصر البلايستوسين (Pleistocene) المبكر أو حتى فى الزمن الثلاثى (Tertiary). ومع ذلك، حتى فى الهيئات الطبيعية الجليدية الأحدث، قد يعيد الانجراف الطبيعى بعد العصر الجليدى توزيع مواد التربة على الهيئات المحلية. والانجراف الطبيعى عملية مهمة تؤثر على تكوين التربة ويمكن، مثل الانجراف الذى يسببه الإنسان، إزالة كل أو جزء من التربة المتكونة فى الهيئة الطبيعية.

الانجراف المتسارع (Accelerated Erosion)

هو إلى حد كبير نتيجة للأنشطة البشرية، التى تؤدى إلى فقد غطاء التربة، مثل الحرث (tillage) والرعى (grazing) وقطع الأخشاب (cutting of timber). ويسرد جدول 2-11 الأنواع ويتم مناقشتها أدناه.

جدول 2-11: أنواع الانجراف المتسارع.

Erosion kind	Criteria
Wind	Deflation by wind
Water:	Removal by running water
Sheet	Relatively uniform soil loss; no channels
Rill	Small channels (can be obliterated by conventional tillage)
Gully	Big channels (cannot be obliterated by conventional tillage)
Tunnel	Subsurface voids within soil that are enlarged by running water (i.e., piping)

يزداد معدل الانجراف بسبب الأحداث والأنشطة البشرية. فيؤدى الحريق الذى يدمر الغطاء النباتى إلى الانجراف. وحلقات الانجراف الشديدة (Spectacular)، مثل هبوب التربة على السهول الكبرى (Great Plains) فى وسط الولايات المتحدة فى 1930s، لم تكن كلها بسبب الأنشطة البشرية؛ وتم تسجيل عواصف ترابية متكررة فى السهول الكبرى قبل أن يصبح الإقليم منطقة منتجة للحبوب.

وقد لا يسهل تمييز الانجراف المتسارع من الانجراف الطبيعى فى بعض أنواع التربة. ويمكن التمييز بدراسة وفهم تتابع الترسيبات والأسطح على الهيئة الطبيعية وكذلك من خلال دراسة خصائص التربة. على سبيل المثال، فى بعض مناطق شرق الولايات المتحدة، تم قطع وحرق الغابات الطبيعية لزراعة المحاصيل. وفى بعض الأماكن حيث التربة حساسة، أدى ذلك إلى انجرافها على نطاق واسع. ويمكن ملاحظة الرواسب من المرتفعات على السهول الفيضية المجاورة كسلسلة من الطبقات التى يصل سمكها فى بعض الأماكن إلى بضعة أمتار فوق تربة مدفونة.

وعادة يتم إثبات التلامس بين سطح التربة الأصلى والترسيبات الجديدة من خلال قطع الفحم (charcoal)، التى نشأت من حرق الأخشاب.

الانجراف بالرياح (Wind Erosion)

يشير مصطلح الانجراف بالرياح، المستخدم فى علوم التربة، وبواسطة الجيولوجيين، إلى انفصال حبيبات التربة ونقلها وترسيبها بواسطة الرياح، وليس تحت الصخور بواسطة ذرات الرياح. ويكون الانجراف بالرياح فى المناطق قليلة الأمطار واسع النطاق، خاصة خلال فترات الجفاف. ولا يرتبط بدرجة الانحدار. ويزداد خطر الانجراف بالرياح عن طريق إزالة أو تقليل كمية الغطاء النباتى. وعندما تكون الرياح قوية، تتدحرج (rolled) الحبيبات الخشنة، أو تكنس (swept) على طول سطح التربة أو بالقرب منه، وتُدفع الحبيبات الأنعم إلى الهواء. وتترسب فى أماكن محمية من الرياح. وعندما تكون الرياح شديدة، تنجرف (drift) حبيبات الرمال ذهابًا وإيابًا محليًا مع تغير اتجاه الرياح بينما يتم نقل السلت والطين بعيدًا. والمساحات الصغيرة التى تطايرت فيها الطبقة السطحية قد ترتبط بمناطق الترسيب فى نمط معقد بحيث لا يمكن تحديد الاثنين بشكل منفصل على خرائط التربة.

الانجراف بالمياه (Water Erosion)

ينتج عن الانجراف بالمياه إزالة مواد التربة بواسطة تدفق الماء، بما فى ذلك انفصال مادة التربة عن طريق تأثير قطرات المطر. وتعلق مادة التربة فى مياه الجريان السطحى وتحمل بعيدًا. وقد تنتقل بعض الرواسب أمتارا قليلة فقط قبل ترسيبها، بينما تتم إزالة ترسيبات أخرى تمامًا من الموقع. والمعروف أربعة أنواع من الانجراف المائى المتسارع: صفحى (sheet)، وجدولى (rill)، وأخدودى (gully)، ونفقى أو أنبوبى (tunnel or piping).

الانجراف الصفحى (Sheet erosion): هو إزالة منتظمة للتربة من منطقة دون تطور قنوات مائية واضحة. والقنوات تكون صغيرة (tiny) أو متعرجة (tortuous)، كثيرة جدا، وغير مستقرة. وتطول وتستقيم مع زيادة حجم الجريان السطحى. والانجراف الصفحى أقل وضوحا من الأنواع الأخرى، خاصة فى مراحله المبكرة. ويمكن أن يكون مشكلة للتربة التى انحدارها 1 أو 2% فقط؛ ويكون أكثر من مشكلة مع زيادة درجة الانحدار.

الانجراف الجدولى (Rill erosion): هو إزالة التربة حيث يقطع الجريان السطحى المركّز عديدا من القنوات الصغيرة الواضحة. وهو متوسط الدرجة بين الانجراف الصفحى والأخدودى. والقنوات تكون ضحلة بحيث يتم طمسها بسهولة بالحراثة. وبعد زراعة الحقل المنجرف، يكون تحديد ما إذا كان فقد التربة ناتج عن الانجراف الصفحى أوالجدولى أمرًا مستحيلًا بشكل عام.

الانجراف الأخدودى (Gully erosion): هو إزالة التربة بالمياه على طول خط التدفق. وتتشكل الأخاديد فى مجارى صرف طبيعية مكشوفة، وأخاديد المحراث، وممرات الحيوانات، وطرق المركبات، وبين صفوف نباتات المحاصيل، وتحت المدرجات المكسورة من صنع الإنسان. وعلى عكس الجداول، لا يمكن طمسها بالحراثة العادية. ولا يمكن عبور الأخاديد العميقة بمعدات المزرعة.

وتتنوع الأخاديد وأنماطها بشكل كبير. وتتشكل على شكل حرف V فى مادة تقاوم الانجراف بشكل متساوٍ أو متزايد مع زيادة العمق. وتتشكل على شكل حرف U فى مادة مقاومة بشكل متساوٍ أو متناقص مع العمق. وعندما يتم غسل الطبقة التحتية (substratum)، تفقد المادة العلوية دعمها، وتسقط فى الأخدود، ويتم غسلها أيضًا. ويتم

تعديل معظم الأخاديد التى على شكل حرف U إلى شكل V بمجرد استقرار القناة وتبدأ الشواطئ فى التفتت والانهيار. والحد الأقصى لعمق قطع الأخاديد يحكمه الطبقات المقاومة فى التربة، أو الصخر الأصلى، أو مستوى القاعدة المحلى. ويتطور عديد من الأخاديد باتجاه الرأس، أى أنها تمتد لأعلى الانحدار مع تعمق الأخاديد فى الجزء السفلى.

الانجراف النفقى (Tunnel erosion): يحدث فى التربة ذات آفاق أو طبقات تحت سطحية تكون أكثر عرضة للانجراف من الأفق أو الطبقة السطحية. ومن خلال رشح البرك، يدخل الماء الحر إلى المسام الكبيرة المتصلة بسطح التربة. وتعتبر شقوق التجفيف (Desiccation) وجحور القوارض أمثلة على المسام الكبيرة التى قد تبدأ العملية. وتنتقل مادة التربة المتحدة فى الماء المتحرك إلى أسفل داخل قطاع التربة، وإذا كان هناك مخرج (outlet)، فقد تتحرك خارجها تمامًا. ونتيجة لذلك، تتشكل الأنفاق ويشار إليها أيضًا باسم الأنابيب وتتوسع وتتحد. وقد يتسع جزء النفق القريب من المدخل بشكل غير متناسب ليكون شكل قمع (funnel-shaped)، تسمى عادةً إبريق (jug). وتحدث هذه الظاهرة فى المناطق التى تحتوى على كميات ملحوظة من الصوديوم المتبادل.

وعادة تترسب الحمولة عندما تقل سرعة الماء، مثل مصب الأخاديد، وعند قاعدة الانحدارات، وعلى طول ضفاف المجارى المائية، وعلى السهول النهرية، وفى الخزانات، وعند المصب. ويمكن للماء الذى يتحرك بسرعة أن يرسب الأحجار. وأثناء تباطؤه، يرسب الحصى الكبير، يليه الحصى والرمل وأخيراً السلت والطين. وطول الانحدار لنقل الترسيبات هو المسافة من أعلى نقطة على المنحدر حيث يبدأ الجريان السطحى إلى مكان ترسيب الحمولة فى الجريان السطحى.

تقدير درجة الانجراف (Estimating the Degree of Erosion)

يمكن لفحوصات التربة تقدير الدرجة التى أدى بها الانجراف المتسارع إلى تعديل التربة. ومع ذلك، يصعب تقدير كمية التربة السطحية التى لم تعد موجودة. ويكون هذا عمومًا أكثر جدوى إذا كان من المعروف أن مساحات كافية من التربة قد تأثرت قليلاً بالانجراف المتسارع فى الماضى ويمكن استخدامها فى دراسات مقارنة. ويعتبر التعرف على الحالات المنجرفة وغير المنجرفة من التربة مفيدًا إذا كانت بعض خصائص التربة التى تشكل طور الانجراف مختلفة بدرجة كافية عن تلك الخاصة بالمرحلة غير المنجرفة للتأثير على استخدام التربة وإدارتها. ويتم تحديد التربة المنجرفة وتصنيفها على أساس خصائص التربة المتبقية وليس على أساس ما كان يُفترض أنه كان موجودًا فى الماضى. وفى بعض الحالات، تصنف التربة المنجرفة بشكل مختلف عن التربة غير المنجرفة. ويوصف تقدير فقد التربة. وتحدد التربة المنجرفة بحيث تفصل الحدود على الخرائط مساحات التربة المختلفة فى صلاحيات الاستخدام واحتياجات الإدارة.

وتتم مقارنة العمق إلى الأفق المرجعى أو خاصية التربة فى المناطق الواقعة تحت استخدام قلل من الانجراف بنفس الخصائص فى المناطق الواقعة تحت استخدامات أدت إلى تسريع الانجراف. على سبيل المثال، يمكن مقارنة التربة التى تدعم الحشائش الطبيعية أو الأشجار الكبيرة مع عدم وجود دليل على الزراعة مع نفس التربة أو التربة المماثلة التى تم تطهيرها وزراعتها لفترة طويلة نسبيًا. ويقاس العمق إلى الطبقات المرجعية من قمة التربة المعدنية لأن الزراعة تدمر الآفاق العضوية على السطح.

ويجب تفسير العمق إلى الطبقة المرجعية من حيث استخدام التربة أو التاريخ. والأجزاء العلوية فى عديد من تربة غابات لها جذور تشكل ما يصل إلى نصف حجم التربة. وعندما تتحلل هذه الجذور، تستقر التربة. ويمكن أن تؤدى إزالة قطع الصخور أيضًا إلى خفض السطح. وقد تسبب الزراعة اختلافات فى سمك الطبقات. ويجب تعديل سمك المناطق السطحية التى تم زيادة حجمها بالحراثة نزولاً إلى ما ستكون عليه فى الظروف الطبيعية.

ولا يمكن استخدام سمك الطبقة المحروثة كمعيار لفقد أو إضافة المواد لأنه، مع انجراف التربة، يقطع المحراث أعمق. ولا يمكن استخدام سمك الأفق غير المزروع وغير المنجرف كمعيار لجميع أنواع التربة المزروعة، إلا إذا

كان الأفق A أكثر سمكًا من طبقة المحراث. وإذا كان الأفق الموجود مباشرة أسفل الطبقة المحروثة للتربة غير المنجرفة أعلى بشكل واضح فى نسبة الطين من الأفق A، فإن طبقة المحراث تصبح تدريجياً أكثر فى نسبة الطين تحت الزراعة المستمرة مع تقدم الانجراف. وفى هذه الحالة، يمكن أن يكون قوام طبقة المحراث معيارًا للانجراف. ويجب إجراء المقارنات على انحدارات مماثلة. وقرب الحد الأعلى لدرجة انحدر التربة، تكون الآفاق أرق منها قرب الحد الأدنى.

ويجب استخدام جوانب الطرق، المقابر، الأسوار، والمناطق المماثلة غير المزروعة التى تشكل جزءً صغيرًا من الهيئة الطبيعية أو تخضع لتاريخ حضارى غير عادى، بحذر لوضع المعايير. وفى هذه المناطق، يتم تعيين معايير مرجعية لسمك الطبقة السطحية بشكل عام عالية جدًا. وفى المناطق الخالية من الأشجار أو المناطق التى تم تطهيرها من الأشجار، قد يتجمع الغبار فى صفوف السياج، وعلى طول جوانب الطرق، وفى مساحات أخرى صغيرة غير مزروعة مغطاة بالحشائش أو نباتات أخرى مثبتة. وقد يتسبب هذا الغبار المتراكم فى زيادة سمك أفق السطح بعدة سنتيمترات فى زمن قصير.

وبالنسبة للتربة التى لها آفاق محددة بوضوح، يمكن تحديد الاختلافات الناتجة عن الانجراف بدقة من خلال المقارنة بمواقع غير مثارة أو غير مزروعة. ومن الصعب تحديد المبادئ التوجيهية لتقدير انجراف التربة ذات أفق A رقيق وأفق قليل أو عدم وجود أفق آخر. وبعد اختفاء الطبقة السطحية الرقيقة أو خلطها مع المادة الأساسية، يتبقى قليل من الأدلة لتقدير درجة الانجراف. ويجب الاعتماد على الظروف الطبيعية للمادة فى الطبقة المحروثة، ومظهر وكمية قطع الصخور على السطح، وعدد وشكل الأخاديد، والأدلة المماثلة. وبالنسبة لعديد من التربة التى ليس بها أى أفق تقريبًا، فإن محاولة تقدير درجة الانجراف لا تخدم أى غرض مفيد.

والتقديرات الدقيقة لكمية التربة المفقودة من موقع ما بناءً على دراسات مقارنة مع موقع مشابه غير منجرف معقدة بسبب عدة عوامل. والهدف هو إنشاء مفاهيم وحدة الخريطة التى تعكس الدرجات النسبية لفقد التربة بين مراحل الانجراف والتى تؤدى إلى بعض الاختلافات المهمة فى استخدام وإدارة التربة بناءً على خصائصها الحالية.

أقسام درجات الانجراف المتسارع (Degree Classes for Accelerated Erosion)

تنطبق أقسام الانجراف المتسارع التى تتم مناقشتها أدناه والمدرجة فى جدول 2-12 على انجراف المياه والرياح. ولا تنطبق على الانهيارات الأرضية أو انجراف الأنفاق. وتختص الأقسام بكمية الآفاق العليا التى تمت إزالتها. وتتباين هذه الآفاق فى السمك؛ فلا يتم تحديد المقدار المطلق للانجراف.

جدول 2-12: أقسام درجات الانجراف المتسارع.

Degree class	Criteria: Estimated % loss of the original combined A + E horizons, or the estimated loss of the upper 20 cm (if original, combined A + E horizons are < 20 cm thick)
None	0 %
1	> 0 to 25 %
2	25 to 75 %
3	75 to 100 %
4	> 75 % and total removal of the A horizon

الدرجة 1: تتكون من التربة التى فقدت بعضًا، ولكن فى المتوسط أقل من 25%، من الأفق الأصلى A و / أو E أو 20 سم الأعلى إذا كان سمك الأفق الأصلى A و / أو E أقل من 20 سم. وفى جميع أنحاء المنطقة، يكون سمك

الطبقة السطحية ضمن النطاق الطبيعى لتغير التربة غير المنجرفة. وأقل من 20% قد تتكون من مساحات صغيرة متناثرة مع طبقة سطحية معدلة بشكل كبير.

والأدلة على انجراف الدرجة 1 ما يلى: (1) قليل من الجداول، (2) تراكم الترسيبات عند قاعدة الانحدارات أو فى المنخفضات، (3) مساحات صغيرة متفرقة حيث تحتوى طبقة المحراث على مادة من أسفل، و (4) دليل على تكوين جداول عميقة متباعدة على نطاق واسع أو أخاديد ضحلة دون انخفاض قابل للقياس باستمرار فى السمك أو تغير آخر فى خصائص التربة بين الجداول أو الأخاديد.

الدرجة 2: تتكون من التربة التى فقدت، فى المتوسط، 25 إلى 75% من الأفق الأصلى A و / أو E أو 20 سم الأعلى إذا كان سمك الأفقين الأصليين A و / أو E أقل من 20 سم. وفى جميع المساحات المزروعة من انجراف الدرجة 2، تتكون الطبقة السطحية من خليط من الآفاق الأصلية A و / أو E ومواد من أسفل. وقد يكون لبعض المساحات أنماط معقدة، تتراوح من طبقات سطحية سميكة إلى حد ما حيث تتراكم الترسيبات محليًا فى مساحات صغيرة من التربة غير المنجرفة على انحدارات بسيطة أو تربة شديدة الانجراف على انحدارات شديدة ومحدبة. وعندما تكون الآفاق الأصلية A و / أو E سميكة جدا، فقد يحدث خلط بسيط أو لا للمواد التحتية.

الدرجة 3: تتكون من التربة التى فقدت، فى المتوسط، 75% أو أكثر من الأفق الأصلى A و / أو E أو 20 سم الأعلى إذا كان سمك الأفقين الأصليين A و / أو E أقل من 20 سم. وفى معظم المساحات، تكون المواد الموجودة أسفل أفق A و / أو E الأصلى مكشوفة على السطح، خاصة فى الأماكن المحدبة فى المناطق المزروعة؛ تتكون طبقة المحراث من هذه المادة بشكل كلى أو كبير. وحتى عندما يكون الأفق الأصلى A و / أو E سميكًا جدًا، يحدث على الأقل بعض الاختلاط مع المواد التحتية بشكل عام. وعلى الرغم من الفقد العام للتربة السطحية، تظهر بعض المناطق أنماطًا معقدة، تتراوح من طبقات سطحية سميكة إلى حد ما حيث تتراكم الترسيبات محليًا إلى مساحات صغيرة من التربة المنجرفة قليلاً فقط، بشكل عام حيث تكون الانحدارات بسيطة نسبيًا.

الدرجة 4: تتكون من التربة التى فقدت كل الأفق الأصلى A و / أو E أو 20 سم الأعلى إذا كان سمك الأفق الأصلى A و / أو E أقل من 20 سم. وفى معظم المناطق، تتم إزالة بعض أو كل الآفاق العميقة فى غالبية أنحاء المنطقة. ويمكن تحديد التربة الأصلية فقط فى مساحات صغيرة. وقد تكون بعض المناطق مستوية، ولكن يكون معظمها به نمط معقد من الأخاديد.

الغطاء الأرضى (Land Cover)

يجب تسجيل نوع الغطاء الأرضى حول موقع وصف التربة. ومن الأفضل استخدام المصطلحات القياسية باستمرار. وقد اعتمد NCSS مجموعة من المصطلحات العامة تشمل أنواع الغطاء الأرضى، مثل الغطاء الصناعى (artificial cover)، والأرض الجرداء (barren land)، والمحاصيل (crop)، والشجيرات (shrub)، والحشائش / الأعشاب (grass/herbaceous)، والأشجار (tree)، والماء (water). ويتم أيضًا تسجيل الأنواع الفرعية داخل هذه الأقسام العامة. انظر (Schoeneberger et al. 2012) لأنواع الغطاء الأرضى والأنواع الفرعية المستخدمة.

وبالإضافة إلى تسجيل الحالة العامة للغطاء الأرضى فى الموقع، يمكن إجراء تحليل أكثر تفصيلاً لتوفير تقديرات كمية لغطاء السطح. ويُغطى سطح معظم أنواع التربة بالنباتات إلى حد ما على الأقل فى جزء من السنة. وبالإضافة إلى ذلك، تشكل قطع الصخور جزءًا من المواد المعدنية الموجودة على سطح عديد من التربة. وتشكل كل من المواد النباتية التى ليست جزءًا من الأفق السطحى وقطع الصخور غطاء سطح الأرض. وتعتبر نسبة الغطاء، إلى جانب خصائصه، مهمة جدًا فى تحديد الخصائص الحرارية للتربة ومقاومتها للانجراف.

ويمكن تقدير الغطاء بصريا دون قياس كمى. كما يمكن استخدام تقنيات المقاطع العرضية (transect) لإجراء

تحليلات نمطية شبه كاملة لسطح الأرض. وإذا كان السطح دائمًا نسبيًا، فإن بذل مزيد من الجهود فى التوثيق لـه مـا يبرره. وفـى كثيـر مـن الحـالات، يكـون مـن المناسـب الجمـع بـين التقـديرات البصـرية السـريعة وتقنيـات الخطـوط العرضية.

ويمكن تقسيم سطح الأرض إلى تراب ناعم ومواد أخرى، تتكون من قطع صـخور ونباتـات حيـة وميتـة. ويـتم فصـل الغطاء النباتى إلى مظلة (canopy) وغير مظلة (noncanopy). ويحتـوى مكـون المظلـة علـى مسـاحة مقطعيـة كبيرة نسبيًا قادرة على اعتراض هطول الأمطار مقارنـة بالمنطقة القريبة بدرجة كافية من سطح الأرض للتأثير علـى تدفق المياه فوق الأرض. وعند تحديد القابلية للانجراف، يتم أخذ كل من الغطـاء النبـاتى المظلـى وغيـر المظلـى فـى الاعتبار.

والخطوة الأولى فى التقييم هى تحديد مكونات غطاء سطح الأرض. ويتكون سـطح الأرض عـادة مـن ثلاثـة مكونـات من الأشجار والشجيرات والمساحات الواقعة بين الاثنين. ويجـب تحديـد النسـبة المسـاحية لكـل مكـون، علـى سـبيل المثال عن طريق المقطع العرضى. وفى حالة وجود مكون مظلة، يتم تحديد المنطقة داخل خط تقطير الأشجار (حافة المكان الذى تقطر فيه المياه من الأشجار على الأرض) كنسبة مئويـة مـن سـطح الأرض. ولكـل مكـون مـن مكونـات المظلة، يجب تحديد الفعالية (effectiveness) وهى النسبة المئوية لقطرات المطر العموديـة التـى يـتم اعتراضـها. وعادةً ما يتم تقـدير فعاليـة المظلـة بصـريًا، وقـد يسـتخدام مقيـاس كثافـة كـروى (spherical densitometer). وبالإضافة إلى فعالية المظلة، يجب تحديد الفرشة (mulch) لكل مكون.

ويمكن استخدام تقنيات المقطع العرضى لتحديد نسبة التغطيـة. ويمكـن تقسـيم الفرشـة إلـى قطـع صـخرية ونباتـات. ومن النسب المساحية للمكونات وكفاءة المظلة الخاصة بكل منهـا ونسـب تغطيـة الفرشـة، يمكـن حسـاب معدل فقد التربة لكل سطح الأرض (Wischmeier and Smith, 1978). وقـد تتضـمن ملاحظـات أخـرى النسـبة المئويـة لأنواع النباتات، وحجم قطع الصخور، وكمية مساحة الأوراق الخضراء، ولون السطح المباشر الـذى قـد يـؤثر علـى امتصاص الطاقة المشعة فى المنطقة.

النباتات الطبيعية (Vegetation)

من المهم تقييم وتسـجيل تفاصـيل حـول المجتمـع الخضـرى فـى الموقـع، خاصـة فـى الأمـاكن غيـر الزراعيـة، مثـل المراعى (rangeland) والمستنقعات (marshes) والغابـات (forests). وتعكـس النباتـات التـأثيرات المتكاملـة للتحكم فى ديناميكيات الميـاه والمنـاخ والخصـوبة الأصـلية والتـدخل البشـرى وعوامـل أخـرى علـى التربـة. وتركـز معلومات الغطاء النباتى الأساسية حول الأنواع النباتية الموجودة والمساحة التى تغطيها.

ويتم عادة تحديد الأنواع النباتية السائدة وتوثيقها بترتيب تنازلى للأهمية. ويستخدم الاسم العلمـى إلـى جانـب الاسـم الشائع أو بدلاً منه. ولا يُفضل استخدام أسماء النباتات الشائعة لأنها قد لا تكون فريـدة. وقـد تُعـرف الأنـواع بأسـماء شائعة متعددة فى منطقة ما، اعتمادًا على الثقافات المحلية واللغات المنطوقة. ويتم أيضًا تسجيل رمز النبـات العلمـى المناسـب (USDA-NRCS, 2016c)، علـى سـبيل المثـال، ANGE (*Andropogon gerardii*, or big bluestem). كما يتم تقدير أو قياس مساحة الأرض التى يغطيها كل نوع نباتى مسجل فى الموقع.

المواقع البيئية (Ecological Sites)

ترتبط التربة والمجتمعات النباتية الطبيعية ارتباطًا وثيقًا. ولهذا السبب، تتضـمن جهـود حصـر الأراضـى بشـكل عـام ارتباط مكونات وحدة خريطة التربة بمعلومات الموقع البيئى لحصـر المـوارد الطبيعيـة متكامـل. وتـرتبط التربـة فـى الولايات المتحدة أساسا بالمواقع البيئية (USDA-NRCS, 2016a).

والموقع البيئى هو تقسيم فهمى للهيئة الطبيعية. ويتم تعريفه كنوع مميز مـن الأرض يعتمـد علـى خصـائص التربـة

والأشكال الأرضية والجيولوجيا والمناخ التى تختلف عن الأنواع الأخرى من الأرض فى قدرتها على إنتاج أنواع وكميات مميزة من الغطاء النباتى وقدرتها على الاستجابة بشكل مشابه لإجراءات الإدارة والاضطرابات الطبيعية. وتجمع المواقع البيئية التربة والمناخ والشكل الأرضى والغطاء النباتى والهيدرولوجيا فى مجموعات تخضع لإدارة متماثلة واستجابة متشابهة للاضطراب. ويوفر وصف الموقع البيئى معلومات تشخيص (characterization) الموقع، ونماذج الحالة والانتقال (USDA-NRCS, 2016a) التى تصور ديناميكيات الغطاء النباتى، ومعلومات حول الاستخدام والإدارة. ويناقش ملحق 4 تقييمات الموقع البيئى.

وعند تحديد أنواع التربة والمواقع البيئية، يكون الغطاء النباتى الذى كان فى الموقع أثناء تكوين التربة مهما جدًا. ويعتمد استخدام معلومات التربة فى وصف الديناميكيات البيئية ونماذج الحالة والانتقال وتوصيات الإدارة على أفضل توصيف لمجتمع الغطاء النباتى، بما فى ذلك تاريخه وإمكاناته الحالية. والتربة والغطاء النباتى التاريخى والمحتمل معياران أساسيان لتجميع النظم أو المواقع البيئية على نطاقات دقيقة (USDA-FS, 2005). ولا تعكس النباتات الموجودة دائمًا الغطاء النباتى التاريخى أو المحتمل.

ويؤسس الارتباط بين التربة والموقع البيئى العلاقة بين مكونات التربة والمواقع البيئية. وترتبط المواقع البيئية على أساس التربة والاختلافات الناتجة فى مكونات الأنواع، ونسبة الأنواع، والإنتاج الكلى لذروة مجتمع النبات التاريخى. وفى بعض الحالات، من الضرورى تعميم البيانات المتعلقة بتكوين وإنتاج مجتمع نباتى لتربة لوصف مجتمع نباتى لتربة مماثلة لا تتوفرعنها بيانات. والفصل بين وحدتى تصنيف تربة لا يحدد بالضرورة موقعين بيئيين. وبالمثل، تحدث بعض وحدات تصنيف التربة عبر تدرجات بيئية واسعة وقد تدعم أكثر من مجتمع نباتى تاريخى. وربما تكون التغيرات فى المجتمعات النباتية بسبب تأثيرات أخرى، مثل زيادة أو نقص متوسط هطول الأمطار السنوى.

الحصر المتكامل للموارد الطبيعية

(Integrated Natural Resource Inventories)

يتضمن الحصر المتكامل للموارد الطبيعية عديدا من عناصر البيانات، عادة فى مجموعة متنوعة من المقاييس وبأهداف مختلفة. وعادة ما تستخدم معلومات التربة كعنصر بيانات أساسى. وتوفر بيانات التربة، متضمنة الخرائط، أساسًا للتعريف المكانى لمجموعات المظاهر لتحديد المواقع. ويتم تجميع خصائص التربة المستمدة من بيانات حصر الأراضى من ناحية المكان والمفاهيم فى وحدات منطقية تعتمد على أوجه التشابه فى المجتمعات النباتية واستجابة للاستخدام والإدارة. وقد استخدم مفهوم الموقع (site) لعقود عديدة ويتضمن مزيجًا من الصفات الحيوية (biotic) وغير الحيوية (abiotic). وتوفر المواقع البيئية إطارًا فهميًا يمكن دمج البيانات لاستخدامها بواسطة مختلف الوكالات التابعة للحكومة الأمريكية والكيانات الأخرى.

References

Bagnold, R.A. 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London, UK.

Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham, and P.A. McDaniel. 2011. Soil genesis and classification, 6th edition. Wiley, Blackwell, Chichester, West Sussex, UK. ISBN-13: 978-0-8138-0769-0.

Colman, S.M., and D.P. Dethier (editors). 1986. Rates of chemical weathering of rocks and minerals. Academic Press, Orlando, FL. ISBN: 0121814904.

Fenneman, N.M. 1946 (reprinted 1957). Physical divisions of the United States. U.S. Geological Survey, 1 sheet, 1:7,000,000.

Goldich, S.S. 1938. A study in rock weathering. Journal of Geology 46:17–58.

International Committee on Anthropogenic Soils (ICOMANTH). 2012. Circular letter #7; personal communication; J. Galbraith, Chair. USDA Natural Resources Conservation Service.

Lin, H. (editor). 2012. Hydropedology. Academic Press, Waltham, MA. ISBN: 978-0-12-386941-8.

Lynn, W.C., and D. Williams. 1992. The making of a Vertisol. Soil Survey Horizons 33:23-52.

McClelland, J.E. 1950. The effects of time, temperature, and particle size on the release of bases from some common soil forming minerals of different crystal structures. Soil Science Society of America, pp.357-403.

Neuendorf, K.E., J.P. Mehl, Jr., and J. Jackson. 2005. Glossary of geology, 5th edition. American Geological Institute, Alexandria, VA. ISBN: 0-922152-76-4.

North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. 2005. North American stratigraphic code. American Association of Petro-leum Geologists Bulletin 89(11):1547-1591.

Pavitch, M.J. 1986. Processes and rates of saprolite production and erosion on foliated granitic rock of the Virginia Piedmont. *In* S.M. Colman and D.P. Dethier (eds.) Rates of chemical weathering of rocks and minerals, Academic Press, New York, NY, pp. 551-590.

Schaetzl, R.J., and M.L. Thompson. 2014. Soils: Genesis and geo-morphology, 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, MA. ISBN-13: 978-1107016934.

Schoeneberger, P.J., and J. Scheyer. 2005. How do human-modified landforms fit into geomorphic descriptions? Agronomy Abstracts, American Society of Agronomy, November 6–10, 2005, Salt Lake City, UT.

Schoeneberger, P.J., and D.A. Wysocki. 2012. Geomorphic Description System, version 4.2. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. Available at http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051068.pdf. [Accessed 6 November 2016]

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, E.C. Benham, and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, version 3.0. USDA Natural Resources

Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Simonson, R.W. 1959. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Science Society of America Proceedings 23:152-156.

U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 2005. Terrestrial eco-logical unit inventory technical guide: Landscape and land unit scales. Available at http://www.fs.fed.us/soils/documents/gtr_wo-68.pdf. [Accessed 8 November 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016a. Ecological sites. https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/landuse/rangepasture/?cid=stelprdb1068392 [Accessed 8 November 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016b. Glossary of landforms and geologic terms. http://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSConsumption/download?cid=nrcs142p2_053182&ext=pdf [Accessed 7 November 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016c. The PLANTS database. National Plant Data Team, Greensboro, NC. http://plants.usda.gov [Accessed 8 November 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016d. Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE2), version 2. Available at http://fargo.nserl.purdue.edu/.U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1977. Soil survey of the Outer Banks of North Carolina. (Provisional survey) Wahrhaftig, C. 1965. Physiographic divisions of Alaska. U.S. Geological Survey, USGS Professional Paper No. 482.Way, D.S. 1973. Terrain analysis: A guide to site selection using aerial photographic interpretation. Harvard University, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, PA. ISBN: 0-87933-004-X. Wischmeier, W.H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook No. 537, USDA Agricultural Research Service.

Wysocki, D.A., P.J. Schoeneberger, and H.E. LaGarry. 2000. Geomorph-ology of soil landscapes. *In* M.E. Sumner (ed.) Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, FL. ISBN: 0-8493-3136-6.

Wysocki, D.A., P.J. Schoeneberger, D. Hirmas, and H. LaGarry. 2012. Geomorphology of soil landscapes. *In* P.M. Huang, Y. Li, and M.E. Sumner (eds.) Handbook of soil science: Properties and processes, 2nd edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, FL. ISBN: 978-1-4398-0305-9.

الباب الثالث

فحص ووصف قطاعات التربة

(Examination and Description of Soil Profiles)

Revised by Soil Science Division Staff.

مقدمة (Introduction)

وصف التربة ضرورى فى أى حصر للأراضى. ويقدم هذا الباب معايير ومبادئ وصف التربة، ويتضمن المصطلحات الفنية القياسية وتعريفاتها لمعظم خصائص ومظاهر التربة ويوفر معلومات لوصف الحقائق الضرورية ذات الصلة. وبالنسبة لبعض أنواع التربة، تكون المصطلحات غير كافية ويجب استكمالها بسرد. وتتغير بعض الخصائص بمرور الزمن. ويجب ملاحظة عديد من الخصائص بمرور الوقت وتلخيصها عندما يراد فهم التربة التى يتم وصفها واستجابتها للتغيرات البيئية على المدى القصير. ومن الأمثلة على ذلك طول الفترة التى تظل فيها الشقوق مفتوحة، وأنماط حرارة التربة ورطوبتها، والاختلافات فى حجم وشكل وصلابة القلاقيل (clods) فى الطبقة السطحية للتربة المحروثة.

ولا يناقش هذا الباب كل صفة ممكنة للتربة. وبالنسبة لبعض أنواع التربة، يجب وصف خصائص أخرى. وهناك حاجة إلى حكم جيد لتحديد الخصائص التى تستحق اهتمامًا تفصيليًا لأى pedon (وحدة أخذ العينات). ويجب ألا تكون الملاحظات مقيدة بأفكار مسبقة حول ما هو مهم.

ورغم أن نماذج الوصف والترتيب الذى يتم فيه وصف الخصائص الفردية أقل أهمية من محتوى الوصف، إلا أن النموذج القياسى له مزايا واضحة. ويمكن للقارئ أن يجد المعلومات بسرعة أكبر، ومن غير المرجح أن يتجاهل الكاتب المظاهر المهمة. وعلاوة على ذلك، فإن النموذج القياسى يجعل إدخال البيانات فى قاعدة بيانات الكمبيوتر أكثر كفاءة. ويجب أن تتيح أى نماذج مساحة كافية لجميع المعلومات الممكنة.

ويتم إجراء كل تحقيق فى الخصائص الداخلية للتربة على جسم تربة بأبعاد معينة. وقد يكون الجسم أكبر من البيدون (pedon) مثل حفرة حفار (backhoe pit) أو يمثل جزء من البيدون مثل عينة من الأوجر (hand auger). وأثناء العمليات الحقلية، يتم فحص عديد من أنواع التربة عن طريق فحص مادة التربة التى تمت إزالتها بواسطة أنبوب أخذ العينات (sampling tube) أو الأوجر. وللتحقيقات السريعة فى التربة الرقيقة، يمكن حفر حفرة صغيرة وإزالة جزء من التربة باستخدام الكوريك (spade). وتستمد معرفة الخصائص الداخلية للتربة أساسًا من دراسة هذه العينات. ويمكن دراسة العينات بسرعة أكبر من دراسة البيدون بأكمله؛ وبالتالى، دراسة عدد أكبر لعدة أماكن أخرى. وبالنسبة لعديد من أنواع التربة، فإن المعلومات التى تم الحصول عليها من عينة صغيرة تصف بإسهاب البيدون الذى أخذت منه. ومع ذلك، بالنسبة لأنواع أخرى، لا يمكن ملاحظة الخصائص المهمة للبيدون فى عينة صغيرة، وتكون هناك حاجة إلى دراسة مفصلة عن البيدون بأكمله. وتتطلب الدراسة الكاملة كشف مقطع رأسى وإزالة المقاطع الأفقية طبقة تلو الأخرى. وتدرس الآفاق فى الأبعاد الأفقية والرأسية. ويجب تحديد نوع التعرض (exposure) فى وصف التربة (على سبيل المثال، مثقاب دلو (bucket auger)، أنبوب دفع (push tube)، حفرة صغيرة محفورة يدويًا، حفرة حفار، قطع طريق، إلخ).

والمعلومات الواردة فى هذا الباب، والتى تركز على المعايير والمبادئ الإرشادية لوصف قطاع التربة فى الحقل، تستكمل بالمعلومات الواردة فى الأبواب 2، 6، 10، 11. ويقدم الباب الثانى معلومات تتعلق بوصف الموقع المحيط بقطاع التربة. ويناقش الباب السادس استخدام المستشعرات عن قرب (proximal sensors) لقياس بعض خصائص التربة بسرعة وكفاءة فى الحقل وعلى نطاق أكبر باستخدام التكنولوجيا الإلكترونية الخاصة بالحقل.

ويقدم الباب العاشر معلومات محددة لوصف التربة تحت الماء (subaqueous). ويناقش الباب الحادى عشر التربة المتأثرة بشدة بالنشاط البشرى.

المصطلحات العامة المستخدمة لوصف التربة

(General Terms Used to Describe Soils)

يصف هذا القسم عديد من المصطلحات العامة للعناصر الداخلية للتربة. ويتم وصف أو تعريف المصطلحات الأخرى الأكثر تحديدًا فى الأقسام التالية.

جسم التربة (Pedon)

البيدون هو جسم تربة ثلاثى الأبعاد يحتوى على مساحة كافية (حوالى 1 إلى 10 متر مربع) وعمق يصل إلى 200 سم لاستخدامه فى وصف الترتيب الداخلى للآفاق وجمع عينات ممثلة للتحليل المعملى (انظر الباب الرابع). وهو الفرد المصنف بواسطة تصنيف التربة (Soil Taxonomy). وتستخدم البيدون المتعددة (polypedons) التى لها نفس التصنيف وتحدث معًا فى الهيئات الطبيعية (landscapes) فى تحديد سلسلة التربة (soil series). (انظر الباب الرابع).

قطاع التربة (Soil Profile)

قطاع التربة أصغر من البيدون. ويتم كشفه بقطع رأسى ثنائى الأبعاد عبر التربة. وعادة ما يتم تصوره على أنه مستوى عمودى على سطح التربة. ومن الناحية العملية، يشتمل وصف قطاع التربة على الخصائص التى يتم تحديدها فقط من خلال فحص أحجام التربة. ومع ذلك، فإن حجم التربة الموصوفة من قطاع يكون دائمًا تقريبًا أقل من حجم التربة المحدد بواسطة بيدون كامل، لأن ملاحظات قطاع التربة تتم عمومًا على بضعة ديسيمترات فقط خلف وجه القطاع المكشوف. ويعتمد وصف البيدون عادةً على فحص القطاع، ويتم استنتاج خصائص البيدون من خصائص القطاع. ويتراوح عرض القطاع من بضعة ديسيمترات إلى عدة أمتار أو أكثر. ويجب أن يكون حجم القطاع كافيًا ليشمل أكبر الوحدات البنائية.

أفق التربة (Soil Horizon)

أفق التربة عبارة عن طبقة، موازية تقريبًا لسطح التربة، يمكن تمييزها عن الطبقات المجاورة من خلال مجموعة مميزة من الخصائص الناتجة من عمليات تكوين التربة (pedogenesis). وتستخدم الطبقة (layer) بدلاً من الأفق (horizon) إذا كانت الخصائص موروثة من مادة الأصل، مثل الطبقات الرسوبية (sedimentary strata). وعلى النقيض من ذلك، تظهر الآفاق التأثيرات الوراثية، مثل إزالة (obliteration) الطبقات الرسوبية وتراكم (accumulation) الطين (illuvial clay).

السولوم (Solum)

تتكون ال Solum (وجمعها sola) من مجموعة من الآفاق التى ارتبطت خلال نفس فترة نشأة التربة (pedogenesis). وتشمل جميع الآفاق التى تتشكل الآن. وقد تشمل أيضًا bisequum (التى تناقش أدناه). ولا تشمل التربة أو الطبقة المدفونة ما لم تكن قد اكتسبت بعض خصائصها من خلال عمليات تكوين التربة النشطة حاليًا. ولا تقتصر سولوم التربة بالضرورة على منطقة النشاط البيولوجى الرئيسى. ويعبر عن آفاقها الوراثية بضعيف إلى بارز. وليس للسمك حد أقصى أو أدنى.

والسولوم والتربة ليسا مترادفين. فالتربة التى تتضمن طبقات لا تتأثر بتكوين التربة، هذه الطبقات ليست جزءًا من

السولوم. ويتراوح عدد الآفاق الوراثية من واحد إلى أكثر. والأفق الذى يبلغ سمكه 10 سم فوق الصخر الأصلى هو فى حد ذاته سولوم. والتربة التى تتكون فقط من مادة تربة حديثة ترسبت مؤخرًا أو رواسب هشة مكشوفة مؤخرًا ليست سولوم.

وتتكون السولوم من آفاق O و V و A و E و B وآفاقها الانتقالية. وتتضمن آفاق تراكم الكربونات أو الأملاح الأكثر قابلية للذوبان إذا كانت هذه الآفاق ضمن، أو متجاورة، مع الآفاق الوراثية الأخرى وتشكلت ولو جزئيًا على الأقل خلال نفس فترة تكوين التربة.

ويجب أن يكون الحد الأدنى للسولوم، بشكل عام، فى عديد من أنواع التربة مرتبطًا بعمق جذور النباتات المعمرة، بافتراض أن حالة الماء والكيمياء غير محددة. وفى بعض أنواع التربة، لا يمكن تعيين الحد الأدنى إلا بشكل تحكمى ويتم تحديده فيما يتعلق بالتربة المعينة. على سبيل المثال، يمكن تصور آفاق تراكم الكربونات بسهولة كجزء من السولوم فى عديد من التربة فى البيئات الجافة وشبه الجافة. ومع ذلك، فإن تصور آفاق ملتحمة من الكربونات قد تمتد لمسافة 5 أمتار أو أكثر تحت السطح كجزء من سولوم حديثة هو أمر أكثر صعوبة. وتمثل آفاق الكربونات الضخمة هذه نشأة على مدى مئات الآلاف من السنين ويشار إليها باسم **paleosols**. وتبدأ المادة المختزلة (gleyed) فى بعض أنواع التربة على بعد بضعة سنتيمترات من السطح وتستمر دون تغيير حتى عمق عدة أمتار. ومن المحتمل أن يرتبط الاختزال (Gleying) أسفل الأفق A مباشرة بعمليات التكوين فى التربة الحديثة. وفى العمق الكبير، من المحتمل أن يكون الاختزال متخلفًا أو مرتبطًا بعمليات جيولوجية أكثر منها بيولوجية. ويوجد نفس النوع من المشاكل لبعض أنواع التربة التى تعرضت للتجوية العميقة - أعمق مادة تخترقها الجذور تشبه إلى حد بعيد المواد التى تعرضت لعوامل التجوية على عمق كبير.

وبالنسبة لبعض أنواع التربة، فإن الحفر العميق للكشف عن جميع العلاقات بين التربة والنباتات ليس عمليًا. فجذور النباتات، على سبيل المثال، قد تستمد الكثير من رطوبتها من الصخر الأصلى المتشقق. ويجب الإشارة إلى طبيعة تلامس التربة بالصخر تحتها وتحديد الجزء العلوى من الصخر.

ولن يتفق الجميع على الامتداد الدقيق للسولوم فى بعض أنواع التربة. على سبيل المثال، مستوى معين من الذاتية يشارك فى التمييز بين آفاق BC أو CB الانتقالية وآفاق C أو فى تحديد أى الخصائص التى لوحظت فى التربة هى نتاج عمليات نشأة نشطة. ويظل مفهوم السولوم مفيدًا للمناقشات حول طبيعة التربة وقطاعات التربة ولكنه لا يستخدم بشكل عام كجزء من أى تعريفات فنية.

التسلسل (Sequum)

يتكون التسلسل وجمعه sequa من أفق B وأى آفاق غسيل (eluvial) علوية. ويعتبر السيكوم المفرد نتاج مجموعة محددة من عمليات تكوين التربة.

وتحتوى معظم أنواع التربة على sequum واحد فقط، ولكن بعضها يحتوى على اثنين أو أكثر. على سبيل المثال، يمكن أن يتشكل تسلسل جديد من الآفاق التى تفى بمعايير Spodosol فى الجزء العلوى من Alfisol الموجود سابقًا، مما ينتج عنه منطقة مغسولة (eluviated) وأفق spodic تحته منطقة مغسولة أخرى فوق أفق argillic. هذه التربة لها تسلسلين. والتربة التى تشكل فيها تسلسلان، واحد فوق الآخر فى نفس الترسيب، تسمى ثنائية التسلسل (bisequal).

وإذا تشكل تسلسلان فى ترسيبات مختلفة فى أزمنة مختلفة، فإن التربة لا تكون ثنائية التسلسل. على سبيل المثال، قد تتشكل التربة التى لها تسلسل أفق A-E-B فى مادة ترسبت فوق تربة أخرى لها بالفعل تسلسل أفق A-E-B. وكل مجموعة من آفاق A-E-B عبارة عن sequum، ولكن المجموع ليس bisequum؛ فالمجموعة السفلية عبارة عن تربة مدفونة. وإذا امتدت آفاق التسلسل العلوى إلى التسلسل السفلى، فإن الطبقة المتأثرة تعتبر جزءًا

من التسلسل العلوى. على سبيل المثال، قد يحتفظ الأفق A للتربة السفلية ببعض خصائصه الأصلية وله أيضًا بعض خصائص التربة التى تعلوه. وفى هذه الحالة، لا تعتبر التربة ثنائية التسلسل (bisequal)؛ فالجزء العلوى من التربة السفلية هو مادة أصل للجزء السفلى من التربة المتكونة حاليًا. وفى كثير من أنواع التربة لا يمكن التمييز على وجه اليقين. وإذا بقيت بعض مادة C فى الـ sequum العلوى، يكون التمييز واضحًا.

دراسة أجسام التربة (Studying Pedons)

إختيار الموقع (Site Selection)

تعتبر البيدون (pedons) الممثلة لمنطقة واسعة يمكن رسمها بشكل عام أكثر فائدة من البيدون التى تمثل منطقة انتقالية إلى تربة أخرى. وللحصول على دراسة تفصيلية للتربة، يتم اختيار البيدون مؤقتا ثم يفحص مبدئيًا لتحديد ما إذا كان يمثل الجزء المطلوب من نطاق التربة أم لا. وهذه خطوة حساسة. وعادةً، لا يمكن دراسة سوى عدد قليل من البيدون بالتفصيل نظرًا للوقت والنفقات المتضمنة فى كشف قطاعات التربة ووصفها وتصويرها وأخذ عينات منها وإجراء التحليلات المعملية اللازمة. ومن المهم جدًا أن يكون الموقع المختار للدراسة عينة ممثلة لجسم التربة الكلى فى الهيئة الطبيعية لأن البيانات من الموقع ستستخدم لتصنيف البيدون وربطه ببيدونات أخرى مماثلة.

المعلومات المسجلة (Information Recorded)

يجب تسجيل معلومات تفصيلية عن محيط التربة (انظر الباب الثانى). وتشمل الموقع (location) المحدد بواسطة خطوط الطول والعرض، متضمنة البيانات (datum)، أو أى نظام موقع جغرافى آخر مقبول، وجزء الهيئة الطبيعية (landscape) التى يمثلها البيدون مثل شكل الأرض (landform)، الموقع على شكل الأرض، أى مظهر دقيق (microfeature))، الارتفاع (elevation)، الاتجاه (aspect)، ومادة الأصل (parent material)، الغطاء النباتى (vegetation)، استخدام الأرض (land use)، والانجراف (erosion) أو أى اضطراب آخر يؤثر على قطاع التربة. ويعتمد مستوى التفاصيل على الأهداف. ويجب أن يتضمن الوصف الكامل معلومات حول البيدون وأنواع التربة الأخرى المتوافقة. وقد يتضمن أيضًا معلومات عن أى مظاهر تختلف عن المفهوم المركزى لسلسلة التربة (soil series) التى تم تسمية البيدون الموصوف بها (إذا تم تحديد السلسلة).

ويجب أن يسجل وصف التربة فى الحقل، سواء كان بيدون كاملا أو قطاع تربة، أنواع الآفاق أو الطبقات، عمقها وسمكها، وخصائص كل منها. وبشكل عام، يتم ملاحظة المظاهر الخارجية، مثل الانحدار (slope)، وأحجار (stoniness) السطح، والانجراف (erosion)، والغطاء النباتى (vegetation)، فى المنطقة المحيطة بالبيدون، والتى تعتبر جزءًا من نفس جسم التربة. ويتم فحص المظاهر الداخلية، مثل اللون (color) والقوام (structure) والبناء (structure) من خلال دراسة البيدون.

فحص أجسام التربة (Observing Pedons)

من أجل فحص البيدون، متضمنا بناء التربة (الحجم والنوع)، وطبوغرافية الحد الفاصل بين الآفاق، ومدى التغير فى سمك الأفق، تكون حفرة تكشف وجهًا رأسيًا يبلغ عرضه حوالى متر واحد إلى عمق مناسب (شكل 3-1) مناسبة لمعظم أنواع التربة.

وتوفر الحفر المرتبطة بالطرق والسكك الحديدية وحفر الحصى وإثارات التربة الأخرى وصولاً سهلاً لدراسة التربة. ومع ذلك، يجب استخدام هذه الحفر القديمة بحذر، حيث تجف التربة أو تتجمد وتذوب من السطح والجوانب. بالإضافة إلى ذلك، يكون بناء التربة أكثر وضوحًا مما هو معتاد، وقد تتراكم الأملاح بالقرب من حواف التعرض أو تتم إزالتها عن طريق التسرب (seepage)، وقد تتصلب تجمعات الحديد (plinthite) بشكل غير عكسى

(irreversibly) إلى حجر الحديد (ironstone)، أو قد تحدث تغيرات أخرى.

شكل 3-1: حفرة تربة ضحلة ذات وجه تم تنظيفه وإعداده لوصف قطاع التربة. تم حفر هذه التربة (a Fibristel in Alaska) حتى عمق الطبقة المتجمدة (حوالى 40 سم).

وعند الحفر يدويًا أو بحفار، يجب توخى الحذر للتأكد من أن الحفرة تتوافق مع إجراءات السلامة. فالتربة الرملية السائبة والتربة المبتلة معرضة بشكل خاص للانهيار وتأثير الكهوف (cave-ins).

وبعد تنظيف جوانب الحفرة من جميع المواد السائبة المثارة بالحفر، تفحص الأوجه الرأسية المكشوفة، بداية من أعلى إلى أسفل، لتحديد التغييرات المهمة فى الخصائص. ويتم تمييز الحدود الفاصلة بين الطبقات على وجه الحفرة، وتحديد ووصف الطبقات.

ويجب التقاط الصور بعد تحديد الطبقات وقبل إثارة القطاع الرأسى. كما يتم تقدير حجم الأحجار أو المظاهر الأخرى قبل إثارة الطبقات.

وعند جمع العينات للتحليل المعملى، من الأفضل البدء بالطبقة السفلى ثم الاتجاه لأعلى. وهذا يمنع المواد من الطبقات العليا من السقوط على وجه الطبقات السفلى قبل أخذ العينات.

والرؤية الأفقية لكل أفق مفيدة. لأنها تكشف عن وحدات البناء التى لا يمكن ملاحظتها بسهولة من الوجه الرأسى للحفرة. وأنماط اللون داخل الوحدات البنائية، والاختلافات فى حجم الحبيبات من الخارج إلى الداخل للوحدات البنائية، والنمط الذى تخترق فيه الجذور الوحدات البنائية تُرى بشكل أكثر وضوحًا فى المقطع الأفقى (شكل 3-2).

قياس عمق وسمك الآفاق والطبقات

(Measuring Depth to and Thickness of Horizons and Layers)

سطح التربة (Soil Surface)

عند وصف قطاعات التربة، يقاس العمق من سطح التربة، وهو الجزء العلوى من التربة المعدنية. وبالنسبة للتربة ذات الأفق O (Oi, Oe, or Oa)، فهو الجزء العلوى من الأفق O. ويتم استبعاد الأوراق أو الإبر الحديثة التى لم تخضع لتحلل يمكن ملاحظته من مفهوم الأفق O ويمكن وصفها بشكل منفصل كمظهر سطحى. وتبدأ قياسات القطاع أسفل أى ورقة أو إبرة ساقطة حديثا.

وبالنسبة للتربة التى تحتوى على غطاء بنسبة 80% أو أكثر من قطع الصخور أو شبه الصخور (Pararock)

(كما هو الحال فى بعض مناطق ترسيبات الجاذبية)، يُعتبر سطح التربة متوسط ارتفاع قمم قطع الصخور أو Pararock. وتؤخذ قياسات العمق من هذا الارتفاع.

ومن المهم ملاحظة أنه عند قياس العمق والسمك لأغراض التصنيف، يتم تحديد سطح التربة المعدنية بشكل عام كمرجع لاستخدامه فى القياسات. وهذا يستبعد بشكل أساسى أى أفق O علوى وبالتالى فهو ليس مرادفًا لسطح التربة كما هو محدد هنا لإجراء أوصاف التربة. ولمزيد من المعلومات راجع مفاتيح تصنيف التربة (Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014b)).

شكل 3-2: منظر أفقى (لأسفل) لكتلة (fragipan) من تربة (Fragiudalf) فى ولاية تينيسى (Tennessee). والأفق له بناء منشورى (prismatic) مع طبقات رمادية بين المنشورات ومظاهر أكسدة واختزال حمراء، معظمها داخل المنشور. وتتيح هذه الرؤية إمكانية ملاحظة البناء وأنماط ألوان الأفق بسهولة. وتبلغ المساحة المكشوفة حوالى 30 × 40 سم.

قياسات العمق (Depth Measurements)

عادة يختلف العمق إلى حدود الأفق أو الطبقة فى مسافات قصيرة، حتى داخل البيدون. ويتم وصف جزء البيدون النموذجى أو الأكثر شيوعًا. ويتم سرد رمز الأفق أو الطبقة، متبوعًا بالقيم التى تمثل الأعماق من سطح التربة إلى الحدود العليا والسفلى (على سبيل المثال، Bt1 - 8 to 20 cm). والعمق إلى الحد السفلى من الأفق أو الطبقة هو العمق إلى الحد العلوى للأفق أو الطبقة التى تحته. ويتم تسجيل التباين فى أعماق الحدود فى الوصف. وحدود العمق لأعمق أفق أو طبقة موصوفة تتضمن فقط ذلك الجزء المرئى بالفعل. وفى بعض أنواع التربة، تكون الاختلافات فى الأعماق معقدة للغاية لدرجة أن المصطلحات المعتادة المستخدمة لوصف طبوغرافية الحدود تكون غير كافية. ويوصف هذه الاختلافات بشكل منفصل، مثل "العمق إلى الحد الأسفل هو أساسا 30 إلى 40 سم، ولكن

تمتد ألسنة إلى عمق 60 إلى 80 سم". ويشترك الحد السفلى للأفق أو الطبقة والحد العلوى للأفق أو الطبقة أدناه فى عدم انتظام مشترك.

قياسات السمك (Thickness Measurements)

سمك كل أفق أو طبقة هو المسافة الرأسية بين الحد الأعلى والأسفل. وقد يختلف السمك الإجمالى داخل البيدون، ويجب ملاحظة هذا الاختلاف فى الوصف. ويمكن إعطاء نطاق فى السمك، على سبيل المثال، "يتراوح السمك من 20 إلى 30 سم." ولا يتم حساب هذا النطاق من نطاق أعماق الحدود العليا والسفلى. وبدلاً من ذلك، يتم حساب النطاق من التقييمات عبر التعرض فى نقاط جانبية مختلفة. على سبيل المثال، يتراوح عمق الحد الأعلى للأفق من 25 إلى 45 سم والحد الأدنى 50 إلى 75 سم. وبأخذ الحدود القصوى لهذين النطاقين، يكون من الخطأ استنتاج أن سمك الأفق يتراوح من 5 سم إلى 50 سم بينما يكون الواقع 20 إلى 30 سم فى الحقل.

تسميات الآفاق والطبقات (Designations for Horizons and Layers)

تختلف التربة فى درجة التعبير عن الآفاق. فمواد الأصل الحديثة نسبيًا، مثل الترسيبات النهرية (alluvium)، أو الرمال الريحية (eolian)، أو الرماد البركانى (volcanic ash)، ربما لا تحتوى على آفاق وراثية يمكن التعرف عليها ولكن قد تحتوى على طبقات مميزة تعكس أنماطًا مختلفة من الترسيبات. ومع استمرار تكوين التربة، تكتشف الآفاق فى مراحلها المبكرة فقط بالفحص الدقيق للغاية. ومع تقدم الآفاق فى العمر، يتم تحديدها فى الحقل بسهولة أكبر. ومع ذلك، قد يظهر أفق واحد أو اثنان مختلفان بسهولة فى بعض أنواع التربة القديمة جدًا والتى تعرضت للتجوية الشديدة فى المناطق الاستوائية حيث يكون معدل هطول الأمطار السنوى مرتفعًا. ويقدم هذا القسم المصطلحات والتعريفات القياسية المستخدمة لتحديد رموز آفاق وطبقات التربة.

خلفية ومفاهيم استخدام التسميات (Background and Concepts for Use of Designations)

يتم تحديد أنواع الطبقات المختلفة برموز مختلفة. وتقدم التسميات للطبقات التى تغيرت عن طريق تكوين التربة والتى لم تتغير. ويشير اسم كل أفق إلى أن المادة الأصلية قد تغيرت بطرق معينة أو تغيرت قليلا أو لم تتغير على الإطلاق. ويتم تعيين التسمية بعد مقارنة الخصائص المرصودة للطبقة مع خصائص المادة قبل أن تتأثر بتكوين التربة. ولا يلزم معرفة العمليات التى تسببت فى التغيير؛ وخصائص التربة بالنسبة إلى تلك الخاصة بمادة الأصل المقدرة هى معايير الحكم. وتستخدم مادة الأصل المستنتجة للأفق، وليست المادة الموجودة أسفل السولوم، كأساس للمقارنة. وعادة ما تكون مادة الأصل المستنتجة مشابهة جدًا أو نفس مادة التربة الموجودة أسفل السولوم.

وتبين التسميات تفسيرات الشخص الواصف للعلاقات الوراثية بين الطبقات داخل التربة. ولا تحتاج الطبقات إلى تحديدها بالرموز من أجل عمل وصف جيد، ولكن يتم تعزيز فائدة أوصاف التربة بشكل كبير من خلال الاستخدام الصحيح للتسميات. وتوفر التسميات نوعًا من التسميات المختصرة التى تنقل الخصائص المهمة التى لاحظها الشخص الذى يصف التربة بالإضافة إلى الاستدلالات الوراثية التى قدمها ذلك الشخص فيما يتعلق بتكوين التربة. وتعد تعريفات الرموز الواردة أدناه بشكل عام وصفية أكثر من كونها كمية. وهناك درجة من الذاتية تسمح ببعض الحرية للواصف لنقل نظريته حول كيفية تكوين التربة. وقد يكون هناك نوع من التضارب فى طرق وصف الأشخاص لآفاق نفس القطاع. على سبيل المثال، قد يقوم واصف بتسمية الأفق "C" بينما يسميه آخر "CB" أو قد يقوم أحدهم بتسجيل عدم استمرارية صخرية رقيقة لا يلاحظها شخص آخر.

والتسميات ليست بدائل للوصف. وإذا تم توفير كل من التسميات والوصف المناسب للتربة، فيكون لدى القارئ التفسير الذى قدمه الشخص الواصف للتربة والدليل الذى اعتمد عليه التفسير.

والآفاق الوراثية (genetic horizons) لا تعادل الآفاق التشخيصية (diagnostic horizons) لتصنيف التربة

(Soil Taxonomy). وتعبر تسميات الآفاق الوراثية عن حكم وصفى حول نوع التغييرات التى يعتقد أنها حدثت. والآفاق التشخيصية هى مظاهر محددة كميًا تستخدم للتمييز بين الوحدات التصنيفية (taxa). وقد لا تكون التغييرات المفهومة ضمنيا من تسميات الأفق الوراثى كبيرة بما يكفى لتبرير الاعتراف بالمعايير التشخيصية. على سبيل المثال، لا تشير التسمية "Bt" دائمًا إلى أفق تراكم الطين (argillic horizon). علاوة على ذلك، قد لا تكون الآفاق التشخيصية متساوية الانتشار مع الآفاق الوراثية.

النظام الأساسى لتسمية الآفاق والطبقات

(Basic System of Horizon and Layer Designations)

تُستخدم أربعة أنواع من الرموز (symbols) فى مجموعات مختلفة لتحديد الآفاق والطبقات:

الحروف الكبيرة (Capital letters) للآفاق والطبقات الرئيسية (master horizons and layers).

الحروف الصغيرة (Lowercase letters) كلواحق (suffixes) تشير إلى صفات معينة تنفرد بها الآفاق والطبقات الرئيسية.

الأرقام (Numbers) كلواحق للإشارة إلى الأقسام الفرعية الرأسية داخل الأفق أو الطبقة، كما تستخدم أيضا كبادئات (prefixes) تشير إلى عدم الاستمرارية (discontinuities).

الرموز الخاصة (Special symbols) للإشارة إلى الطبقات المتكونة فى المواد التى نقلها الإنسان أو تسلسل آفاق لها تسميات متطابقة.

الآفاق والطبقات الرئيسية (Master Horizons and Layers):

الحروف الكبيرة O، L، V، A، E، B، C، R، M، و W تمثل آفاق وطبقات التربة الرئيسية. وهذه الحروف الكبيرة هى الرموز الأساسية التى تضاف إليها حروف أخرى لاستكمال التسميات. ومعظم الآفاق والطبقات تسمى برمز حرف كبير واحد؛ ويتطلب بعضها اثنين.

آفاق أو طبقات O: طبقات تسود بها مواد التربة العضوية. ويكون بعضها مشبعا بالماء لفترات طويلة؛ أو كانت مشبعة ولكنها الآن تصرف صناعيا؛ وطبقات لم تكن مشبعة أبدا.

وبعض آفاق أو طبقات O تتكون من أوراق متحللة جزئيا إلى عالية التحلل، مثل أوراق الشجر والإبر والأغصان والطحالب والأشنات التى تجمعت على سطح التربة؛ وقد تكون فوق تربة معدنية أو تربة عضوية. وهناك طبقات O أخرى عبارة عن مواد عضوية ترسبت فى ظل ظروف مشبعة وتحللت إلى درجات مختلفة من التحلل. والجزء المعدنى فى مثل هذه المواد تكون نسبته ضئيلة من حجم المادة وهو بشكل عام أقل بكثير من نصف الوزن. وبعض أنواع التربة تتكون بالكامل من مواد تسمى آفاق أو طبقات O. وقد يكون أفق أو طبقة O على سطح التربة المعدنية أو فى أى عمق تحت السطح إذا تم دفنه. والأفق الذى انتقل بغسيل (illuviation) المواد العضوية إلى تحت التربة المعدنية ليس أفق O، على الرغم من أن بعض الآفاق التى تكونت بهذه الطريقة تحتوى على كثير من المواد العضوية. ولا يتم تسمية الآفاق أو الطبقات المكونة من مواد limnic على أنها آفاق O.

آفاق أو طبقات L: تشمل كلاً من المواد العضوية والمعدنية التى:

1. ترسبت فى الماء عن طريق الترسيب أو بفعل الكائنات المائية، مثل الطحالب (algae) والدياتومات (diatoms)؛ أو

2. مشتقة من نباتات مائية عائمة وتحت الماء وتم تعديلها لاحقًا بواسطة الحيوانات المائية.

وتشمل الآفاق أو الطبقات L البيت الرسوبى (peat)، والتراب الدياتومى، والمارل. وتوصف فقط لأراضى

Histosols (مادة نباتية متحللة) وليس للتربة المعدنية. ولها اللواحق التالية فقط: co أو di أو ma (كما هو موضح أدناه). وليس لها تمييزات ثانوية.

آفاق V: آفاق معدنية على سطح التربة أو أسفل طبقة من قطع الصخور (rock fragments) مثل الرصيف الصحراوى (desert pavement)، أو قشرة فيزيائية أو بيولوجية، أو مادة ريحية مترسبة حديثًا. تتميز بسيادة المسام الحويصلية (vesicular pores) ولها بناء طبقى (platy) أو منشورى (prismatic) أو عمودى (columnar).

وقد تتضمن مسامية الأفق V تجاويف (vughs) وحويصلات (vesicles) منهارة بالإضافة إلى المسام الحويصلية الكروية. وآفاق V فى مادة ريحية قد تكون تحتها آفاق تربة تشكلت فى بقايا (residuum) أو ترسيبات نهرية (alluvium) أو مواد منقولة أخرى. وبسبب أصلها الريحى، تكون عادةً غنية بحبيبات تتراوح فى الحجم من السلت إلى الرمل الناعم. ونادرًا ما يكون الأفق V متكتلا (massive) وليس بنائيا (structured). ويميز الترتيب البنائى للحبيبات والمسامية الحويصليّة هذا الأفق عن رواسب الهواء السائبة غير المتغيرة التى فوقه. وعادةً ما يكون للأفق B الذى تحته درجات (hues) أكثر احمرارا (redder) من الأفق V ويفتقر إلى المسام الحويصلية (Turk et al., 2011).

وتوجد الآفاق الانتقالية والمجمعة مع مادة الأفق V فى ظروف معينة. وعلى الرغم من أنه غير شائع، قد يوجد أفق AV أو VA. وكلاهما غنى بالمواد العضوية ويحتوى على مسام حويصلية. وقد تشير آفاق BV أو VB إلى آفاق حويصلية تحتوى على أغلفة (coatings) من الطين أو الكربونات، أو خصائص أخرى للأفق B الذى تحتها. وقد توجد أيضًا آفاق انتقالية EV أو VE، خاصة فى التربة الصودية (sodic soils). وقد توجد آفاق مختلطة للأفق V مع آفاق A أو B أو E فى المناطق المضطربة بيولوجيًا، مثل جزر الشجيرات أو المناطق التى يكون فيها الغطاء السطحى المرتبط بالأفق الحويصلى مثل الرصيف الصحراوى غير مكتمل. وقد لوحظ أن المسام الحويصلية تتعافى بسرعة بعد حدوث اضطراب طبيعى (Yonovitz and Drohan, 2009).

آفاق A: آفاق معدنية تكونت على السطح أو تحت أفق O، وتظهر محو كل أو جزء كبير من بناء الصخر الأصلى، وتظهر واحدا أو أكثر من الآتى:

1. تراكم مواد عضوية رطبة (humified) مختلطة بشكل وثيق مع جزء معدنى ولا تهيمن عليها الخصائص المميزة للآفاق V أو E أو B و/أو
2. الخواص الناتجة من الزراعة أو الرعى أو أنواع مماثلة من الإثارة.

وإذا كان الأفق السطحى به خصائص آفاق A، E ولكن السمة المؤكدة هى تراكم مواد عضوية رطبة (humified)، يسمى الأفق A. ولا تعتبر الترسيبات النهرية أو الهوائية الحديثة التى تحتفظ بمعظم البنية الصخرية الأصلية آفاق A ما لم تتم زراعتها.

آفاق E: آفاق معدنية الظاهرة الأساسية فيها فقد طين السيليكات أو الحديد أو الألومنيوم أو مزيج منها بالغسيل (eluvial)، ويتبقى تركيز حبيبات الرمل والسلت. وهذه الآفاق تظهر طمس كل أو جزء كبير من بناء الصخر الأصلى.

ويتم تمييز أفق E عن أفق B الذى تحته فى نفس التسلسل (sequum) بقيمة (value) لون أعلى أو صفاء (chroma) أقل أو كلاهما، أو قوام خشن، أو مزيج من هذه الخصائص. وفى بعض أنواع التربة، يكون لون الأفق E هو لون حبيبات الرمل والسلت، ولكن فى عديد من التربة، تحجب أغلفة أكاسيد الحديد أو غيرها من المركبات لون الحبيبات الأولية. ويتم تمييز الأفق E عادة عن أفق A العلوى بلونه الفاتح. ويحتوى عموما على مادة عضوية أقل من الأفق A. وعادة ما يكون قرب سطح التربة، وأسفل الأفق O أو V أو A، وفوق الأفق B. ومع

ذلك، يمكن استخدام الرمز E للآفاق المغسولة (eluvial) الموجودة على سطح التربة، أو داخل أو بين أجزاء من الأفق B، أو تمتد إلى أعماق أكبر من الفحص العادية، إذا كانت الآفاق ناتجة عن عمليات تكوينية (pedogenic).

آفاق B: آفاق معدنية تكونت أسفل آفاق A أو V أو E أو O، وتظهر طمس كل أو جزء كبير من بناء الصخر الأصلى، وتظهر واحدا أو أكثر من الآتى كدليل على التكوين (pedogenesis):

1. تركيز ترسيبات (illuvial) طين سيليكات، حديد، ألومنيوم، دبال، أكاسيد سداسية، كربونات، جبس، أملاح أكثر ذوبانا من الجبس، أو سيليكا، منفردة أو مجتمعة؛

2. دليل على إزالة أو إضافة أو تحول الكربونات، الأنهييدرات، و/ أو الجبس؛

3. تركيز متبقى من الأكاسيد، الأكاسيد السداسية، وطين السليكات، منفردة أو مجتمعة؛

4. أغلفة من الأكسيد السداسية تجعل لون الأفق بشكل واضح أقل فى القيمة (value)، وأعلى فى الصفاء (chroma)، أو درجة (hue) أكثر احمرارا من الآفاق التى فوقه أو تحته بدون ظهور ترسيب (illuviation) للحديد؛

5. تغير يشكل طين سيليكات أو يحرر أكاسيد أو كليهما، وبناء تكوينى (pedogenic) إذا صاحب تغير الحجم تغيرات فى محتوى الرطوبة؛

6. الهشاشة أو سهولة الكسر (Brittleness)؛ أو

7. الاختزال الشديد مصحوبًا بأدلة أخرى على التغير الوراثى (pedogenic).

وجميع أنواع آفاق B المختلفة آفاق تحت سطحية أو كانت فى الأصل كذلك، وتتضمن آفاق ملتحمة أو غير ملتحمة بتركيزات ترسب (illuvial) من الكربونات أو الجبس أو السيليكا، نتيجة عمليات تكوينية (pedogenic). ومتجاورة مع آفاق جينية أخرى وطبقات هشة تظهر أدلة أخرى على التغيير، مثل البناء المنشورى أو تراكم (illuvial) الطين.

ولا تشمل آفاق B الطبقات التى يغلف الطين فيها قطع الصخور أو أغلفة على رواسب طبقية رقيقة غير صلبة، سواء تشكلت هذه الأغلفة فى مكانها أوكانت عن طريق الترسيب (illuviation)؛ الطبقات التى ترسبت فيها الكربونات ولكنها ليست مجاورة للأفق الوراثى أعلاها، وطبقات اختزال (gleying) شديد ولكن لاتوجد تغييرات تكوينية أخرى.

آفاق أو طبقات C: آفاق أو طبقات، باستثناء الصخر الأصلى، تأثرت قليلا بالعمليات التكوينية (pedogenic) وتفتقد خصائص آفاق O، A، V، E، B، و L. ومادتها تشبه أو تختلف عن التربة (solum) التى تشكلت منها. وقد يتم تعديل الأفق C حتى إذا لم يكن هناك دليل على تغيرات بيدولوجية.

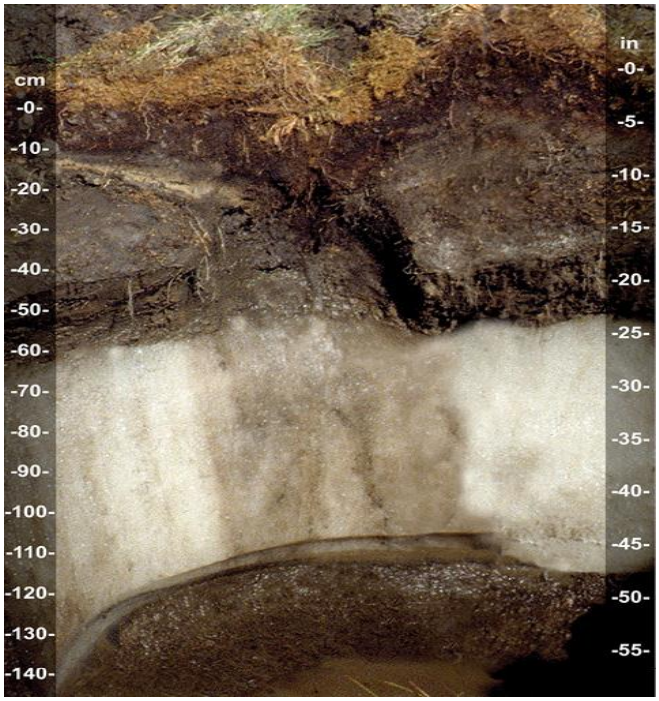
والطبقات المتضمنة وتسمى عادة Cr: الترسيبات (sediments)، الصخر المجوى (saprolite)، الصخر الأصلى، والمواد الجيولوجية الأخرى متوسطة الالتحام أو أقل التحاما (جدول 3-7). وصعوبة الحفر فى هذه المواد منخفضة أو متوسطة (جدول 3-14). وفى وصف التربة التى تكونت فى مادة تعرضت للتجوية الشديدة، إذا كانت هذه المادة لا تلبى متطلبات آفاق A، V، E، أو B، فإنها تسمى C. وتكون التغييرات غير موروثة إذا كانت لا علاقة لها بالآفاق التى فوقها. وتتضمن آفاق C الطبقات التى بها تراكمات من السيليكا أو الكربونات أو الجبس أو الأملاح الأكثر ذوبانا، حتى لو كانت ملتحمة. وإذا تأثرت الطبقات المتحجرة بوضوح بالعمليات البيدولوجية، فتصبح أفق B.

ومع ذلك، إذا تشكلت الطبقة الملتحمة من خلال عمليات تكوينية، بدلاً من العمليات الجيولوجية (مثل lithification)، فإنها تعتبر أفق B.

طبقات R: تتكون من صخر أصلى شديد الالتحام إلى متصلب، والجرانيت والبازلت والكوارتز والحجر الجيرى والحجر الرملى أمثلة للصخر الأصلى الملتحم بدرجة تكفى لتسميته R. وصعوبة حفر هذه الطبقات عالية. وطبقة R ملتحمة بما يكفى لجعل الحفر اليدوى بالكوريك غير عملى عندما تكون رطبة، بالرغم من أنها قد تفتت أو تكشط منها قطع صغيرة. وبعض طبقات R يمكن شقها بالمعدات الثقيلة. وقد يحتوى الصخر الأصلى على تشققات (fractures)، ولكنها تكون قليلة جدا أو متباعدة جدا لا تسمح باختراق الجذور. وقد تكون مغلفة أو ممتلئة بالطين أو مواد أخرى.

طبقات M: طبقات تحد انتشار الجذور تحت سطح التربة وتتكون من مواد شبه مستمرة، أفقية، من صنع الإنسان. وتتضمن المواد المحددة بالحرف M بطانات التكسية الأرضية والأسفلت والخرسانة والمطاط والبلاستيك، إذا وجدت كطبقات أفقية متصلة.

طبقات W: يستخدم الحرف W لتسمية طبقات المياه داخل التربة أو تحتها (شكل 3-3). وهى ليست مجرد طبقات من مواد تربة مشبعة، بل هى مناطق مائية بين طبقات التربة. وتسمى طبقة الماء "Wf" إذا تجمدت بشكل دائم كما فى الأفق الجليدى (glacic horizon) و "W" إذا لم يتم تجمدها بشكل دائم كما فى المستنقع العائم (floating bog). ولا تستخدم التسميات W و Wf للمياه الضحلة أو الجليد أو الثلج فوق سطح التربة.



شكل 3-3: تربة Glacistel فى ألاسكا (Alaska) بها طبقة جليدية متجمدة بشكل دائم تسمى "Wf" بين أعماق 60 و 130 سم. (Photo courtesy of John Kelley)

الآفاق الانتقالية والمجتمعة (Transitional and Combination Horizons)

فى بعض الحالات قد لا ينقل الأفق الرئيسى المفرد معلومات حول الطبقة، كما هو الحال عند انتقال الأفق إلى طبقة أخرى أو عندما يحتوى أجزاء واضحة من نوعين من الآفاق الرئيسية.

الآفاق الانتقالية (Transitional Horizons):

آفاق تسود فيها خصائص أفق رئيسى واحد ولكنها تحتوى خصائص تابعة لأفق آخر. وتسمى برمز مكون من حرفين مثل، AB، EB، BE، أو BC. ويشير الحرف الأول إلى الأفق الذى تسود خصائصه على الأفق الانتقالى. وأفق AB، على سبيل المثال، له خصائص كل من الأفق الأعلى A والأفق الأسفل B، ولكنه يشبه الأفق A أكثر

من الأفق B.

وفى بعض الحالات، يمكن أن يسمى الأفق انتقالى حتى لو كان أحد الآفاق الرئيسية الذى على ما يبدو أنه انتقل منه غير موجود. على سبيل المثال الأفق BE فى التربة المكشوطة خواصه مماثلة لتلك لأفق BE فى التربة التى لم يتم إزالة الأفق الأعلى E بالانجراف. وقد يتم التعرف على الأفق BC حتى لو لم يكن الأفق C موجودا: فهو انتقل إلى مادة الأصل المفترضة.

الآفاق المجتمعة (Combination Horizons):

تتكون الآفاق من جزئين متميزين لهما خصائص يمكن التعرف عليها لنوعين من الآفاق الرئيسية. ويتم تحديدها بحرفين كبيرين (آفاق رئيسية) مفصولة بعلامة (/)، على سبيل المثال، B / E، E / B، B / C. ومعظم الأجزاء الفردية لمكون أفق تكون محاطة بالآخر. ويمكن استخدام التسمية حتى فى حالة عدم وجود آفاق مشابهة لأحد المكونات أو كليهما، بشرط أن يتم التعرف على المكونات المنفصلة فى الأفق المجمع. ويشير الحرف الأول إلى الأفق الأكبر حجما.

ونظرًا لأن المجموعات الفردية لا تغطى جميع الحالات، فمن الضرورى إجراء بعض الارتجال. على سبيل المثال، تحتوى Lamellic Udipsamments على صفائح (lamellae) مفصولة عن بعضها بواسطة طبقات مغسولة (eluvial). وليس عمليا وصف كل طبقة صفيحة وطبقة eluvial على أنها أفق منفصل، ولذلك يمكن دمج الآفاق ووصف المكونات بشكل منفصل. ويمكن تسمية الأفق الذى يحتوى على عديد من الصفائح والطبقات المغسولة على أنه أفق "E و Bt". ويمكن أن يكون تسلسل الأفق الكامل لهذه التربة هو: Ap-Bw-E و Bt1-E و Bt2-C.

الحروف اللاحقة (letter suffixes):

كثير من الآفاق والطبقات الرئيسية التى يرمز لها بحرف كبير واحد تأخذ حرف صغير لاحق أو أكثر. وتطبّق القواعد الآتية:

تستخدم حروف صغيرة (lowercase letters) كلواحق لتسمية اختلافات ثانوية معينة ضمن الآفاق والطبقات الرئيسية. ويشير مصطلح تراكم (accumulation)، المستخدم فى عديد من التعريفات اللاحقة، إلى أن الأفق يحتوى مزيدا من المواد أكثر مما يُفترض أن تكون موجودة فى مادة الأصل. ولا يقتصر استخدام رمز لاحق على الآفاق التى تفى بمعايير معينة للآفاق التشخيصية ومعايير أخرى كما هو محدد فى تصنيف التربة (Soil Taxonomy). وإذا كان هناك أى دليل على التراكم، فيمكن استخدام لاحق أو أكثر. وفيما يلى الرموز اللاحقة ومعانيها:

a: مادة عضوية عالية التحلل (Highly decomposed). ويستخدم مع آفاق O للإشارة إلى المواد العضوية المتحللة والتى محتوى أليافها أقل من 17% حجما بعد الفرك (rubbing).

b: أفق وراثى مدفون (buried). يشير إلى آفاق مدفونة يمكن تحديدها ولها مظاهر وراثية كبرى تطورت قبل الدفن. والمواد التى فوقها ربما تكونت بها أفاق وراثية أو لا، والتى قد تكون مشابهة أو غير مشابهة لمادة الأصل المفترضة للتربة المدفونة. ولا يستخدم هذا الرمز لفصل آفاق مكونة من مواد عضوية (تكونت على سطح التربة) عن آفاق تحتها مكونة من مواد معدنية. وقد تستخدم فى التربة العضوية إذا كانت مدفونة بمواد تربة معدنية.

c: تجمعات صلبة (concretions) أو عقد (nodules). يستخدم للإشارة إلى تراكم تجمعات متحجرة أو عقد. والالتحام مطلوب. ومادة الالتحام تكون عادة حديد، ألومنيوم، منجنيز، أو تيتانيوم. ولا يمكن أن تكون سيليكا، دولوميت، كالسيت، جبس، أنهيدرايت، أو أملاح أكثر ذوبانا.

co: تراب مشترك المنشأ (coprogenous earth). يشير هذا الرمز، المستخدم فقط مع الأفق L، إلى طبقة limnic من أرض مشتركة (sedimentary peat).

d: التقييد الطبيعى للجذر. يشير هذا الرمز إلى طبقات غير ملتحمة، مقيدة للجذور فى ترسيبات طبيعية أو ترسيبات أو مواد من صنع الإنسان. ومن أمثلة الطبقات الطبيعية الحراثة الكثيفة (dense till) وبعض الطفلة (shales) غير الملتحمة والأحجار السلتية (siltstones). والطبقات الكثيفة من صنع الإنسان مثل طبقات الحرث (plowpans) والمناطق المنضغطة ميكانيكيًا فى المواد التى نقلها الإنسان.

di: تراب دياتومى (diatomaceous earth). يشير هذا الرمز، المستخدم فقط مع أفق L، إلى طبقة limnic من التراب الدياتومى.

e: مواد عضوية متوسطة التحلل. ويستخدم هذا الرمز مع آفاق O للإشارة إلى مواد عضوية متوسطة التحلل. ومحتوى الألياف 17 إلى 40% حجما بعد الفرك.

f: تربة أو مياه متجمدة (frozen). يشير هذا الرمز إلى أن الأفق أو الطبقة تحتوى على جليد دائم. ولا يستخدم لطبقات تتجمد موسميا أو دائمة التجمد الجاف (dry permafrost).

ff: التربة دائمة التجمد الجاف. يشير هذا الرمز إلى الأفق أو الطبقة التى تكون أبرد من الصفر المئوى باستمرار ولكن لا تحتوى على جليد يكفى للالتحام. ولا يستخدم للآفاق أو الطبقات التى تزيد حرارتها عن الصفر المئوى فى بعض الأوقات خلال العام.

g: إختزال شديد (Strong gleying). ويستخدم هذا الرمز للإشارة إلى أن الحديد قد اختزل وأزيل أثناء تكوين التربة أو أن التشبع بالمياه الراكدة حافظ على حالة الاختزال. ومعظم الطبقات المتأثرة لها درجة صفاء (chroma) 2 أو أقل وكثير منها به تركيزات أكسدة واختزال (redox). ودرجة الصفاء المنخفضة تمثل إما لون الحديد المختزل أو لون حبيبات الرمل والسلت غير المغلفة التى تم إزالة الحديد منها. ولا يستخدم الرمز لمواد التربة منخفضة درجة الصفاء التى ليس لها تاريخ من البلل، كبعض أنواع الطفلة أو آفاق E. وإذا تم استخدام الرمز g مع آفاق B، فهذا يعنى ضمنا تغير وراثى مثل بناء التربة بالإضافة إلى الاختزال. وإذا لم يحدث أى تغير وراثى آخر بالإضافة إلى الاختزال، يسمى الأفق Cg.

h: تراكم غسيل (Illuvial) مواد عضوية. يستخدم هذا الرمز مع آفاق B للإشارة إلى تراكم مركبات غير متبلورة من المواد العضوية والأكاسيد السداسية. ويسود الألومنيوم الأكاسيد السداسية ويوجد بكميات قليلة جدا. وتغلف المواد العضوية والأكسيد السداسية حبيبات الرمل والسلت. وفى بعض الآفاق تتحد الأغلفة وتملأ المسام وتسبب التحام الأفق. ويستخدم الرمز h أيضا فى تركيبة مع الرمز s (مثل Bhs) إذا كانت كمية الأكسيد السداسية معنوية ولكن قيمة (value) وصفاء (chroma) لون الأفق 3 أو أقل.

i: مواد عضوية متحللة قليلاً. يستخدم هذا الرمز مع آفاق O للإشارة إلى أقل المواد العضوية تحللًا. ومحتوى الألياف فى هذه المواد هو 40% أو أكثر (بالحجم) بعد الفرك.

j: تراكم الجاروسيت (jarosite). يشير هذا الرمز إلى تراكم الجاروسيت، وهو معدن كبريتات هيدروكسى الحديديك والبوتاسيوم، $KFe3\ (SO4)\ 2\ (OH)6$. والجاروسيت هو عادة نتاج البيريت (pyrite) الذى تعرض لبيئة مؤكسدة. ودرجة لونه 2.5Y أو أصفر وعادة ما تكون 6 chroma أو أكثر، على الرغم من أنه قد تم تسجيل انخفاض إلى 3 أو 4. ويشكل تفضيلًا على هيدروكسيدات الحديد فى تربة حامض كبريتيك نشط عند درجة حموضة (pH) 3.5 أو أقل ويمكن أن يظل ثابتا لفترات طويلة من الزمن فى تربة حامض كبريتيك بعد النشاط مع ارتفاع درجة الحموضة.

jj: دليل على اضطراب التجمد (cryoturbation). يشير هذا الرمز إلى دليل على اضطراب التبريد، الذى يتضمن

حدود أفق غير منتظمة (irregular) ومكسورة (broken)، وقطع صخور مصنفة (sorted rock fragments)، ومواد تربة عضوية تحدث كأجسام وطبقات مكسورة داخل و / أو بين طبقات التربة المعدنية. وتوجد الأجسام والطبقات العضوية أكثر شيوعًا عند التلامس بين الطبقة النشطة والتربة دائمة التجمد (permafrost).

k: تراكم كربونات ثانوية. يستخدم هذا الرمز للإشارة إلى تراكم كربونات كالسيم ثانوية (أقل من 50% حجما). وتحدث تراكمات الكربونات فى صورة خيوط (filaments)، أغلفة (coatings)، كتل (masses)، عقد (nodules)، كربونات منتشرة (disseminated)، أو أشكال أخرى.

kk: غمر (Engulfment) الأفق بالكربونات الثانوية (secondary carbonates). يشير هذا الرمز إلى تراكمات كبيرة من كربونات كالسيوم تكوينية (pedogenic). ويستخدم عند سد نسيج التربة بحبيبات كربونات دقيقة (50% أو أكثر، حجما) والتى تحدث كوسيط أساسى مستمر. ويتوافق مع المرحلة III (أو أعلى) من انسداد الأفق لمراحل تكوين الكربونات (Gile et al., 1966).

m: الالتحام التكوينى (pedogenic cementation). يستخدم هذا الرمز للإشارة إلى الالتحام المستمر أو شبه مستمر. ويستخدم فقط للآفاق الملتحمة أكثر من 90%، ولكنها قد تتشقق. وهذه الطبقة تحد من انتشار الجذور. ويمكن الإشارة إلى مادة الالتحام السائدة أو المواد المشتركة باستخدام لواحق، بصورة فردية أو ثنائية. فيشير الرمز kkm و km الأقل شيوعا للالتحام بالكربونات، qm بالسيليكا، sm بالحديد، yym بالجبس، kqm لكل من الكربونات والسيليكا، و zm للأملاح الأكثر ذوبانا من الجبس. ولا يستخدم الرمز لطبقات دائمة التجمد مشبعة بالجليد.

Ma Marl: هذا الرمز المستخدم فقط مع آفاق L، يشير إلى طبقة limnic من المارل (marl).

n: تراكم الصوديوم المتبادل.

o: تراكم الأكاسيد السداسية (sesquioxides) المتبقية.

p: الحراثة (Tillage) أو غيرها من الإثارة. هذا الرمز يشير إلى إثارة الأفق عن طريق الوسائل الميكانيكية أو الرعى (pasturing) أو الاستخدامات المماثلة. ويسمى الأفق العضوى "Op". والأفق المعدنى "Ap" حتى وإن اتضح أنه كان أفق E أو B أو C .

q: تراكم السيليكا الثانوية.

r: صخر أصلى مجوى أو هش (Weathered or soft bedrock). يستخدم هذا الرمز مع آفاق C للإشارة إلى طبقات الصخر الأصلى متوسطة الالتحام أو أقل التحاما، مثل الصخور النارية المجواه، الحجر الرملى الصلب جزئيا، الحجر السلتى، والطفلة. وصعوبة الحفر تكون منخفضة إلى مرتفعة.

s: تراكم Illuvial الأكاسيد السداسية والمادة العضوية. يستخدم هذا الرمز مع آفاق B للإشارة إلى تراكم غسيلى غير متبلور منتشر لمعقد المادة العضوية والأكاسيد السداسية، إذا كانت كمياتها كبيرة وقيمة (value) أو صفاء (chroma) لون الأفق 4 أو أكثر. ويستخدم الرمز أيضا فى تركيبة مع h مثل"Bhs" إذا كانت كمية المادة العضوية والأكاسيد السداسية كبيرة وقيمة (value) وصفاء (chroma) لون الأفق 3 أو أقل فى الحالة الرطبة.

se: وجود كبريتيدات (sulfides). يشير هذا الرمز إلى وجود كبريتيدات فى الآفاق المعدنية أو العضوية. والآفاق التى تحتوى على كبريتيدات عادة ما تكون ألوانها داكنة (على سبيل المثال، value 4 أو أقل، chroma 2 أو أقل). وتتكون هذه الآفاق عادة فى تربة مرتبطة بالبيئات الساحلية المشبعة بالمياه أو المغمورة بشكل دائم (مستنقعات المد والجزر أو مصبات الأنهار). ومواد التربة التى تحتوى على عمليات كبريتيدات تحدث بنشاط ينبعث منها غاز كبريتيد الهيدروجين، والذى يمكن اكتشافه من خلال رائحته (Fanning and Fanning, 1989;

(Fanning et al., 2002). وقد توجد الكبريتيدات أيضًا فى بيئات الأراضى المرتفعة التى تحتوى على مصدر للكبريت. وعادةً ما تكون التربة فى مثل هذه البيئات ذات أصل جيولوجى وقد لا تحتوى على رائحة كبريتيد الهيدروجين. وتتضمن الأمثلة التربة التى تكونت فى مواد أصل مشتقة من رواسب الفحم، مثل الليجنيت (lignite)، أو فى رواسب السهل الساحلى، مثل الجلوكونيت (glauconite)، التى لم تتأكسد بسبب طبقات سميكة من الأثقال (overburden).

ss: وجود أسطح منزلقة لامعة (slickensides). يستخدم هذا الرمز للإشارة إلى وجود أسطح منزلقة لامعة ناتجة مباشرة من تمدد معادن الطين بالابتلال وفشل القطع (shear failure)، عادة فى زوايا من 20 إلى 60 درجة فوق الأفق. وهى مؤشرات لخصائص تشقق (vertic) أخرى، قد تكون موجودة، مثل wedge-shaped peds والشقوق السطحية.

t: تراكم طين السيليكات. يستخدم هذا الرمز للإشارة إلى تراكم طين السيليكات الذى تكون وانتقل داخل الأفق أو انتقل إلى الأفق بواسطة الترسيب (illuviation)، أو كليهما. ويجب أن يبين جزء من الأفق على الأقل دليلا على تراكم الطين كأغلفة على أسطح وحدات البناء (peds) أو فى المسام (pores)، أو كطبقات رقيقة (lamellae)، أو جسور بين الحبيبات المعدنية.

u: وجود مواد من صنع الإنسان (artifacts). يشير هذا الرمز إلى وجود أشياء أو مواد صنعها أو عدلها الإنسان، عادةً لغرض عملى فى السكن (habitation) أو التصنيع (manufacturing) أو الحفر (excavation) أو فى أنشطة البناء (construction). ومن أمثلة الـ artifacts البيتومين (bitumen) أو الأسفلت (asphalt)، خبث الغلايات (boiler slag)، رماد القاع (bottom ash)، الطوب (brick)، الكرتون (cardboard)، السجاد (carpet)، القماش (cloth)، نواتج احتراق الفحم الثانوية (coal combustion by-products)، الخرسانة (concrete) (قطع منفصلة) الديبيتاج (debitage) (أى فتات الأدوات الحجرية)، الرماد المتطاير، الزجاج، المعادن، الورق، ألواح الجبس (plasterboard)، البلاستيك، قطع الفخار (potsherd)، المطاط، الخشب المعالج، ومنتجات الخشب غير المعالجة.

v: بلينتايت (Plinthite). يستخدم هذا الرمز للإشارة إلى وجود حديد، وفقر فى الدبال، ومواد حمراء مندمجة أو مندمجة جدا عندما تكون رطبة وأقل من ملتحمة جدا. وتصلبها غير عكسى عند التعرض للجو والبلل والتجفيف المتكرر.

w: تطور اللون أو البناء. يستخدم هذا الرمز مع آفاق B للإشارة إلى تطور اللون أو البناء، أو كليهما، مع تراكم (illuvial) للمواد قليل أو لا. ولا ينبغى أن يستخدم للإشارة إلى أفق انتقالى.

x: طبقة هشة الصلابة (Fragipan). يستخدم هذا الرمز للإشارة إلى طبقة تطورت وراثيا تجمع بين الاندماج (firmness) والهشاشة (brittleness) وارتفاع الكثافة الظاهرية (bulk density) عادة عن الطبقات المجاورة. وبعض أجزاء الطبقة تعيق انتشار الجذور.

y: تراكم الجبس (Gypsum). يستخدم هذا الرمز للإشارة إلى تراكم الجبس، عندما تهيمن حبيبات التربة أو المعادن غير الجبس على نسيج الأفق. ويوجد الجبس بكميات لا تحجب أو تعطل بشكل كبير السمات الأخرى للأفق. ويستخدم هذا الرمز أيضًا للإشارة إلى وجود الأنهيدريت (anhydrite).

yy: هيمنة الجبس على الأفق. يشير هذا الرمز إلى الأفق الذى يسيطر عليه وجود الجبس. وقد يكون محتوى الجبس ناتجًا عن تراكم الجبس الثانوى، أو تحول الجبس الأولى الموروث من مادة الأصل، أو عمليات أخرى. ويستخدم هذا الرمز عندما يحتوى نسيج الأفق على وفرة من الجبس (بشكل عام 50% أو أكثر، حجما) بحيث يتم حجب أو تعطيل السمات الوراثية و / أو الصخرية بسبب نمو بلورات الجبس. والآفاق التى تحتوى على هذه اللاحقة تكون عادة بيضاء للغاية (على سبيل المثال، القيمة (value) من 7 إلى 9.5 والصفاء (chroma) 4 أو

أقل). ويستخدم هذا الرمز أيضًا للإشارة إلى وجود الأنهيدريت.

z: تراكم الأملاح الأكثر ذوبانا من الجبس.

قواعد استعمال رموز تسمية الآفاق
(Conventions for Using Horizon Designation Symbols)

يمكن استخدام الإرشادات التالية فى تحديد رموز تسمية آفاق وطبقات التربة.

الحروف اللاحقة (Letter Suffixes)

يمكن أن يحتوى عديد من الآفاق والطبقات الرئيسية التى يتم ترميزها بحرف كبير واحد على واحد أو أكثر من لاحقات الحروف الصغيرة. وتطبق القواعد التالية:

1. تتبع الأحرف اللاحقة الحرف الكبير للأفق الرئيسى أو الطبقة، أو الرمز الأولى، إذا تم استخدامه.

2. نادرًا ما يستخدم أكثر من ثلاث لواحق.

3. عند الحاجة إلى أكثر من لاحق، تكتب الحروف التالية (إذا استخدمت) أولاً: a، d، e، h، i، r، s، t، w. ولا يستخدم أى منها فى تركيبة لأفق واحد، باستثناء تعيين أفق Bhs أو طبقة Crt.

4. عند الحاجة إلى أكثر من لاحق ولم يتم دفن الأفق، تتم كتابة الرموز التالية، إذا استخدمت، أخيرًا: c و f و g و m و v و x. ومن الأمثلة Bjc و Bkkm. وإذا استخدم أى من هذه اللواحق معًا فى نفس الأفق، فيكتب الرمزين c و g أخيرًا (على سبيل المثال، Btvg)، مع استثناء واحد. وإذا استخدم الرمز f (تربة أو مياه مجمدة) مع أى من الرموز الأخرى فى هذه القاعدة، فيتم كتابته أخيرًا، على سبيل المثال، Cdgf.

5. إذا تم دفن الأفق الجينى، يكتب اللاحق b أخيرًا، على سبيل المثال، Oab.

6. لا تُستخدم الرموز اللاحقة h و s و w مع g أو k أو kk أو n أو o أو q أو y أو yy أو z.

7. إذا كانت القواعد المذكورة أعلاه لا تنطبق على بعض اللواحق، مثل k، kk، q، y، أو yy، فيمكن سردها معًا بترتيب السيادة المفترضة أو أبجديًا إذا لم تكن الهيمنة مهمة.

والأفق B الذى يحتوى على تراكم كبير من الطين ويظهر أيضًا تطور اللون أو البناء، أو كليهما، يسمى "Bt" (رمز اللاحق t له الأسبقية على الرموز w و s و h). والأفق AB المختزل أو يحتوى على تراكمات من الكربونات أو الصوديوم أو السيليكا أو الجبس أو الأملاح الأكثر ذوبانا من الجبس أو التراكمات المتبقية من الأكاسيد السداسية تحمل الرمز المناسب: g، k، kk، n، q، y، yy، z أو o. وإذا وجد الطين illuvial أيضًا، فإن الرمز t يسبق أى رمز آخر، على سبيل المثال، Bto.

التقسيم الرأسى (Vertical subdivision)

يحتاج الأفق أو الطبقة المسماه بحرف واحد أو مجموعة من الحروف عادة إلى تقسيم رأسى. وتضاف أرقام لهذا الغرض إلى حروف تسمية الأفق وتتبعها. وضمن تتابع آفاق C، على سبيل المثال، يمكن أن تتعاقب طبقات C1، C2، C3، وهكذا. وإذا كانت الآفاق السفلى شديدة الاختزال (gleyed) والآفاق العليا ليست كذلك، يمكن أن تكون التسميات C1-C2-Cg1-Cg2 أو C-Cg1-Cg2-R. وتطبق هذه القواعد أيا كان الغرض من التقسيم. وفى كثير من أنواع التربة، يقسم الأفق بمجموعة واحدة من الحروف لمعرفة الاختلافات فى الخواص المورفولوجية، مثل البناء، اللون، أو القوام. ويتم ترقيم هذه الأقسام على التوالى، ويبدأ الترقيم مرة أخرى بـ 1 عندما يتغير أى حرف من رموز الأفق، مثال Bt1-Bt2-Btk1-Btk2، وليس Bt1-Bt2-Btk3-Btk4. ولا يتم قطع ترقيم التقسيمات

الفرعية الرأسية داخل الآفاق عند عدم الاستمرارية المشار إليها بأرقام عددية بادئة إذا تم استخدام نفس مجموعة الحروف فى كلا المادتين: فيستخدم الترقيم Bs1-Bs2-2Bs3-2Bs4، وليس Bs1-Bs2-2Bs1-2Bs2.

وتقسم الآفاق السميكة، عند أخذ عينات للتحاليل المعملية على الرغم من أن الاختلافات المورفولوجية لا تكون واضحة فى الحقل. وتحدد هذه الأقسام بأرقام تتبع أحرف تسميات الأفق. فعلى سبيل المثال، إذا أخذت عينات من أربع طبقات من أفق Bt بسمك 10 سم لكل طبقة، يتم تسميتها Bt1، Bt2، Bt3، وBt4. وإذا قسم الأفق فرعيًا بسبب الاختلافات فى السمات المورفولوجية، فإن مجموعة الأرقام التى تحدد الأقسام الفرعية الإضافية للعينات تتبع الرقم الأول. على سبيل المثال، تسمى ثلاثة أقسام فرعية من أفق Bt2 تم أخذ عينات منها كل 10 سم Bt21 و Bt22 و Bt23. وقد يكون وصف كل هذه الاقسام الفرعية لأخذ العينات واحد، ويمكن إضافة بيان يشير إلى أن الأفق قد تم تقسيمه فرعيًا لأغراض أخذ العينات فقط.

عدم الاستمرارية (Discontinuities)

تستخدم الأرقام كبادئات (prefixes) لأسماء الآفاق، خاصة A, V, E, B, C and R، للإشارة إلى عدم الاستمرارية فى التربة المعدنية. وتختلف هذه البادئات عن الأرقام التى تستخدم كلواحق للدلالة على التقسيمات الفرعية الرأسية. وعدم الاستمرارية المحدد برقم بادئ هو تغير كبير فى التوزيع الحجمى للحبيبات أو المنرالوجى الذى يشير إلى اختلاف فى مادة الأصل التى تكونت منها الآفاق و/أو اختلاف كبير فى العمر، ما لم تتم الإشارة إلى هذا الاختلاف فى العمر بلاحقة b. وتستخدم الأرقام التى تحدد عدم الاستمرارية إذا كانت تساهم فى فهم العلاقات بين الآفاق. والطبقات المتعاقبة الشائعة فى التربة التى تكونت من ترسيبات مائية (alluvium) لا تسمى عدم استمرارية، ما لم يختلف التوزيع الحجمى للحبيبات بشكل ملحوظ (تتباين أقسام حجم الحبيبات بشدة) على الرغم من أن الآفاق الوراثية قد تكون تشكلت فى الطبقات المتباينة. وعندما تتكون التربة كلية من نوع واحد من المواد، يكون كل القطاع مادة 1. ويتم حذف البادئة من الرمز. وبالمثل، عندما تتكون المادة العلوية فى القطاع من اثنين أو أكثر من المواد المتباينة تكون مادة 1، ولكن يتم حذف الرقم 1. ويبدأ الترقيم بالطبقة الثانية للمواد المتباينة التى يتم تسميتها 2. ويتم ترقيم الطبقات السفلية المتباينة على التوالى. ورغم أن مادة الطبقة أسفل المادة 2 تكون مشابهة للمادة 1، تسمى 3 فى التسلسل؛ وتشير الأرقام إلى وجود تغير فى المادة، وليس نوع المادة. وإذا تكون اثنان أو أكثر من الآفاق المتتالية فى نفس النوع من المواد، يتم تطبيق نفس العدد البادئ لكافة تسميات الأفق فى تلك المادة، على سبيل المثال، Ap-E-Bt1-2Bt2-2Bt3-2BC. وتستمر الأرقام اللواحق التى تسمى التقسيمات الفرعية للأفق Bt فى ترتيب متوالى عبر عدم الاستمرارية. ومع ذلك، لا تستمر التقسيمات الرأسية عبر عدم الاستمرارية الصخرية (lithologic) إذا لم تكن الآفاق متتالية أو متجاورة مع بعضها. وإذا تدخلت آفاق أخرى، يبدأ تسلسل ترقيم رأسى آخر للأفق السفلى، على سبيل المثال، A-C1-C2-2Bw1-2Bw2-2C1-2C2. وإذا كانت الطبقة R أسفل التربة التى تشكلت فى مواد متبقية (residuum) وإذا كانت مشابهة للمادة التى تطورت منها التربة، فلا تستخدم بادئة الرقم. ويتم استخدام البادئة إذا كان يُعتقد أن الطبقة R ستتأثر بمواد مختلفة عن تلك الموجودة فى الـ solum، على سبيل المثال، A-Bt-C-2R أو A-Bt-2R. وإذا تم تشكيل جزء من الـ solum فى البقايا، يعطى الرمز R البادئة المناسبة، على سبيل المثال، Ap-Bt1-2Bt2-2Bt3-2C1-2C2-2R.

والأفق الوراثى المدفون الذى يرمز له "b" له اعتبار خاص. فهو ليس فى نفس ترسيب الآفاق أعلاه. وبعض الآفاق المدفونة تتكون فى مواد تشبه جيولوجيا التى فى الترسيب الأعلى. وفى هذه الحالة لا يتم استخدام بادئ لتمييز الأفق المدفون. وإذا كانت المادة التى تكون فيها الأفق المدفون لا تشبه جيولوجيا المادة الأعلى، يشار إلى عدم الاستمرارية برقم بادئ (number prefix) ويتم استخدام رمز للأفق المدفون أيضا، على سبيل المثال: Ap-Bt1-Bt2-BC-C-2ABb-2Btb1-2Btb2-2C.

ولا يتم تحديد عدم الاستمرارية بين أنواع مختلفة من الطبقات فى التربة العضوية. وفى معظم الحالات، يتم تحديد

هذه الاختلافات بواسطة حروف لاحقة إذا كانت الطبقات المختلفة عبارة عن مواد عضوية (على سبيل المثال، Oe مقابل Oa) أو بواسطة رمز الأفق الرئيسى إذا كانت الطبقات المختلفة عبارة عن مواد معدنية أو limnic (على سبيل المثال، Oa مقابل Ldi).

الرمز الأولى (´) (The Prime Symbol)

إذا تم فصل أفقين أو أكثر لهما بادئات عدد ومجموعات حروف متطابقة بأفق أو أكثر بتسميات أفق مختلف، فيمكن استخدام رموز متطابقة للحروف والأرقام لتلك الآفاق التى لها نفس الخصائص. على سبيل المثال، يحدد التسلسل A-E-Bt-E-Btx-C تربة لها أفقان E. وللتأكيد على هذه الخاصية، يُضاف الرمز الأولى (´) بعد رمز الجزء السفلى من الأفقين اللذين لهما تسميات متطابقة، على سبيل المثال، A-E-Bt-E´-Btx-C. ويتم وضع الرمز بعد رمز الأفق الرئيسى وقبل رمز الحرف أو الرموز اللاحقة (إذا تم استخدامها)، على سبيل المثال، B´t. ولا يستخدم الرمز الأولى إلا إذا كانت جميع بادئات الأحرف والأرقام متطابقة تمامًا. فالتسلسل A-Bt1-Bt2-2E-2Bt1-2Bt2 هو مثال. نظرًا لأنه يحتوى على أفقين رئيسيين لـ Bt من صخور مختلفة، فإن آفاق Bt ليست متطابقة ولا حاجة إلى الرمز العلوى. ويستخدم الرمز الأولى للتربة ذات الانقطاعات الصخرية إذا كانت الآفاق لها تسميات متطابقة. على سبيل المثال، التربة ذات التسلسل A-C-2Bw-2Bc-2B´w-3Bc لها أفقان متطابقان 2Bw وأفقان مختلفان Bc (2Bc و 3Bc)؛ يستخدم الرمز الأولى فقط مع أفق 2Bw السفلى (2B´w). وفى حالات نادرة عندما تحتوى طبقات ثلاث على رموز حروف متطابقة، يمكن استخدام رموز أولية مزدوجة لأدنى هذه الآفاق، على سبيل المثال، E´´. ولا يؤخذ فى الاعتبار التقسيمات الرأسية للأفاق أو الطبقات (لواحق الأرقام) عند تعيين الرمز الأولى. ومثال ذلك التسلسل A-E-Bt-E´-B´t1-B´t2-B´t3-C.

وتستخدم هذه المبادئ فى تسمية طبقات التربة العضوية. ويستخدم الرمز الأولى فقط لتمييز الآفاق التى لها رموز متماثلة. على سبيل المثال، يشير التسلسل Oi-C-O´i-C´ إلى تربة ذات طبقتين متطابقتين Oi و C ويشير التسلسل Oi-C-Oe-C´ إلى تربة ذات طبقتى C متطابقتين. ويضاف الرمز الأولى إلى الطبقات السفلى لتمييزها عن الطبقات العليا.

رمز الإقحام (^) (The caret symbol)

يستخدم الرمز (^) كبادئة للإشارة إلى الآفاق والطبقات التى تكونت فى المواد المنقولة بشريًا. وتم نقل هذه المادة أفقيًا إلى بيدون من منطقة مصدر خارج ذلك البيدون بنشاط بشرى هادف، عادةً بمساعدة الآلات أو الأدوات اليدوية. ويمكن استخدام بادئات الأرقام قبل رمز الإقحام للإشارة إلى وجود عدم استمرارية داخل المادة المنقولة بفعل الإنسان مثل، ^Au-^Bwu-^BCu-2^Cu1-2^Cu2 أو بين المواد المنقولة بفعل النشاط البشرى والآفاق التى تحتها المتكونة فى مواد أصل أخرى (على سبيل المثال، ^A-^C1-2^C2-3Bwb).

أمثلة الآفاق والتسلسلات (Sample Horizons and Sequences)

توضح الأمثلة التالية تسلسلات بعض الآفاق والطبقات الشائعة للتربة الهامة (subgroup taxa) واستخدام الأرقام لتحديد الأقسام الفرعية الرأسية وعدم الاستمرارية. والآفاق الانتقالية والآفاق المركبة واستخدام الرموز الأولية ورموز الإقحام موضحة أيضا.

Mineral Soils:

Typic Hapludoll: A1-A2-Bw-BC-C

Typic Haplustoll: Ap-A-Bw-Bk-Bky1-Bky2-C

Cumulic Haploxeroll: Ap-A-Ab-C-2C-3C

Typic Argialboll: Ap-A-E-Bt1-Bt2-BC-C

Typic Argiaquoll: A-AB-BA-Btg-BCg-Cg

Alfic Udivitrand: Oi-A-Bw1-Bw2-2E/Bt-2Bt/E1-2Bt/E2-2Btx1-2Btx2

Entic Haplorthod: Oi-Oa-E-Bs1-Bs2-BC-C

Typic Haplorthod: Ap-E-Bhs-Bs-BC-C1-C2

Typic Fragiudalf: Oi-A-E-BE-Bt1-Bt2-B/E-Btx1-Btx2-C

Typic Haploxeralf: A1-A2-BAt-2Bt1-2Bt2-2Bt3-2BC-2C

Glossic Hapludalf: Ap-E-B/E-Bt1-Bt2-C

Typic Paleudult: A-E-Bt1-Bt2-B/E-B´t1-B´t2-B´t3

Typic Hapludult: Oi-A1-A2-BA-Bt1-Bt2-BC-C

Arenic Plinthic Paleudult: Ap-E-Bt-Btc-Btv1-Btv2-BC-C

Xeric Haplodurid: A-Bw-Bkq-2Bkqm

Vertic Natrigypsid: A-Btn-Btkn-Bky-2By-2BCy-2Cr

Typic Calciargid: A-Bt-Btk1-Btk2-C

Typic Dystrudept: Ap-Bw1-Bw2-C-R

Typic Fragiudept: Ap-Bw-E-Bx1-Bx2-C

Typic Endoaquept: Ap-AB-Bg1-Bg2-BCg-Cg

Typic Haplustert: Ap-A-Bss-BCss-C

Typic Hapludox: Ap-A/B-Bo1-Bo2-Bo3-Bo4-Bo5

Typic Udifluvent: Ap-C-Ab-C´

Glacic Histoturbel: Oi-OA-Bjjg-Wf-Cgf

Organic Soils:

Typic Haplosaprist: Oap-Oa1-Oa2-Oa3-C

Typic Sphagnofibrist: Oi1-Oi2-Oi3-Oe

Limnic Haplofibrist: Oi-Lco-O´i1-O´i2-L´co-Oe-C

Lithic Cryofolist: Oi-Oa-R

Typic Hemistel: Oi-Oe-Oef

Human-Altered Soils:

Anthrodensic Ustorthent: ^Ap-^C/B-^Cd-2C

Anthroportic Udorthent: ^Ap-^Cu-Ab-Btb-C

Subaqueous Soils:

Psammentic Frasiwassents: A1-A2-CA-Cg1-Cg2-Cg3-Cg4

Thapto-Histic Sulfiwassents: Ase-Cse1-Cse2-Oase1-Oa1-Oa2

Sulfic Psammowassents: A-Cg1-Cg2-Aseb-C´g-A´seb-C´´g1-C´´g2-C´´g3

الآفاق والطبقات الدورية والمتقطعة (Cyclic and Intermittent Horizons and Layers)

تشكل التربة ذات الآفاق الدورية أو المتقطعة تحديات خاصة فى وصف قطاعات التربة. ويظهر قطاع التربة ذات الآفاق الدورية طبقات تكون حدودها قريبة من السطح عند نقطة وتمتد عميقا عند نقطة أخرى. وقد يكون سمك الأفق 50 سم فقط فى مكان وأكثر من 125 سم فى مكان يبعد 2 متر. وتتكرر الدورة. وعادة ما يكون للأفق تباين كبير فى كل من العمق والفاصل الأفقى، ولكن له درجة من الانتظام. وعند تصور التربة فى ثلاثة أبعاد، تمتد بعض الآفاق الدورية إلى أسفل فى مخاريط مقلوبة. ومخروط الأفق السفلى يلائم مخروط الأفق أعلاه. وتظهر الآفاق الدورية الأخرى على شكل wedge-shaped.

وقطاع التربة الذى به أفق متقطع يبين أن ذلك الأفق يمتد أفقيا لمسافة معينة، وينتهى، ويظهر مرة أخرى على مسافة بعيدة. على سبيل المثال، آفاق Turbels، المعروفة بتعرضها للاضطراب بالبرودة (cryoturbation)، غير منتظمة (irregular) ومتقطعة (intermittent) ومشوهة (distorted). وأفق B المتقطع على فترات بالامتداد إلى أعلى من الصخر الأصلى إلى أفق A مثال آخر. والمسافة بين الأماكن التى يغيب فيها الأفق متغيرة، ولكن بها درجة انتظام. وتتراوح من أقل من متر إلى عدة أمتار.

وبالنسبة للتربة ذات آفاق أو طبقات دورية أو متقطعة، قطاع تربة فى مكان قد لا يشبه قطاع آخر يبعد عنه فقط بضعة أمتار. وتسميات الأفق الموحدة ونماذج وصف البيدون ليست مناسبة تمامًا لقطاعات التربة بمثل هذا التباين. وعند وصف هذه الأنواع من التربة، من المهم تدوين ملاحظات حول الآفاق الفردية لتسجيل طبيعة الاختلافات. ويمكن أيضًا استخدام الصور والرسوم البيانية لنقل المعلومات. ويجب ذكر ترتيب هذه الاختلافات فى وصف التربة. ويتضمن وصف ترتيب التباين الأفقى وكذلك الرأسى داخل الـ pedon نوع الاختلاف، ومسافة الدورات أو الانقطاعات، ومدى اختلاف عمق الآفاق الدورية.

حدود الآفاق والطبقات (Boundaries of Horizons and Layers)

الحد هو تقسيم حاد نسبيًا شبه مستوى أو طبقة انتقالية أكثر تدرجًا بين أفقين أو طبقتين متجاورتين. ومعظم الحدود مناطق انتقالية وليست خطوط تقسيم حادة. وتتباين الحدود فى الوضوح والطبوغرافية.

الوضوح (Distinctness)

يشير الوضوح إلى سمك المنطقة التى يقع خلالها الحد الفاصل. ويعتمد وضوح الحد الفاصل على درجة التباين بين الطبقتين المتجاورتين وعلى سمك المنطقة الانتقالية بينهما. ويعرف الوضوح بمصطلحات سمك المنطقة الانتقالية كما يلى:

حاد جدا : Very abrupt ..... less than 0.5 cm
حاد: Abrupt ..... 0.5 to less than 2 cm
واضح : Clear ..... 2 to less than 5 cm
متدرج : Gradual ..... 5 to less than 15 cm
متداخل : Diffuse ..... 15 cm or more

وتحدث الحدود الحادة جدا (Very abrupt) فى بعض الانقطاعات الصخرية، مثل الرواسب أو الطبقات الجيوجينية (tephras, alluvial strata, etc.). وقد تحدث عند تلامس طبقات تحد الجذور. والأمثلة:

duripans; fragipans; petrocalcic, petrogypsic, and placic horizons; continuous ortstein; and densic, lithic, paralithic, and petroferric contacts.

لمزيد من المعلومات والتعريفات راجع كتاب تصنيف التربة (Soil Survey Staff, 1999).

والحدود الحادة (Abrupt)، كالتى بين آفاق E و Bt فى عديد من التربة، يتم تحديدها بسهولة. وبعض الحدود لا ترى بسهولة ولكن يمكن تحديد موقعها عن طريق اختبار التربة فوق وتحت الحد. والحدود المتداخلة (Diffuse)، كالموجودة فى أنواع التربة القديمة فى المناطق الاستوائية، أكثر صعوبة فى تحديد مكانها. وتتطلب مقارنات تستغرق وقتا طويلا بين عينات صغيرة من مناطق مختلفة من القطاع حتى يتم تحديد نقطة وسط المنطقة الانتقالية. وفى التربة التى لها خصائص موحدة تقريبا أو تتغير تدريجيا (Gradual) مع ازدياد العمق، تفترض حدود الأفق دون دليل واضح على الاختلافات.

الطبوغرافية (Topography)

تشير الطبوغرافية إلى عدم انتظام السطح الذى يفصل بين الآفاق (شكل 3-4). وتصف مصطلحات الطبوغرافية شكل التلامس بين الآفاق كما يظهر فى المقطع العرضى الرأسى. وبالرغم من أن طبقات التربة ترى فى مقطع رأسى، إلا أنها تكون ثلاثية الأبعاد. ومصطلحات وصف طبوغرافية الحدود هى:

مستقيم (Smooth): الحد الفاصل مستوى مع قليل من عدم الانتظام.

متموج (Wavy): الحد له تموجات تكون فيها المنخفضات أوسع من العمق.

غير منتظم (Irregular): الحد الفاصل به جيوب أعمق من عرضها.

متكسر(Broken): أحد الأفقين أو كلاهما غير مستمر والحد بينهما متقطع (interrupted).

السمك (Thickness)

يسجل سمك الأفق أو الطبقة عن طريق إدخال عمق الحد العلوى والسفلى. وبالنسبة للآفاق أو الطبقات ذات الاختلاف الجانبى الكبير فى السمك، يمكن أيضًا تدوين متوسط سمك الأفق.

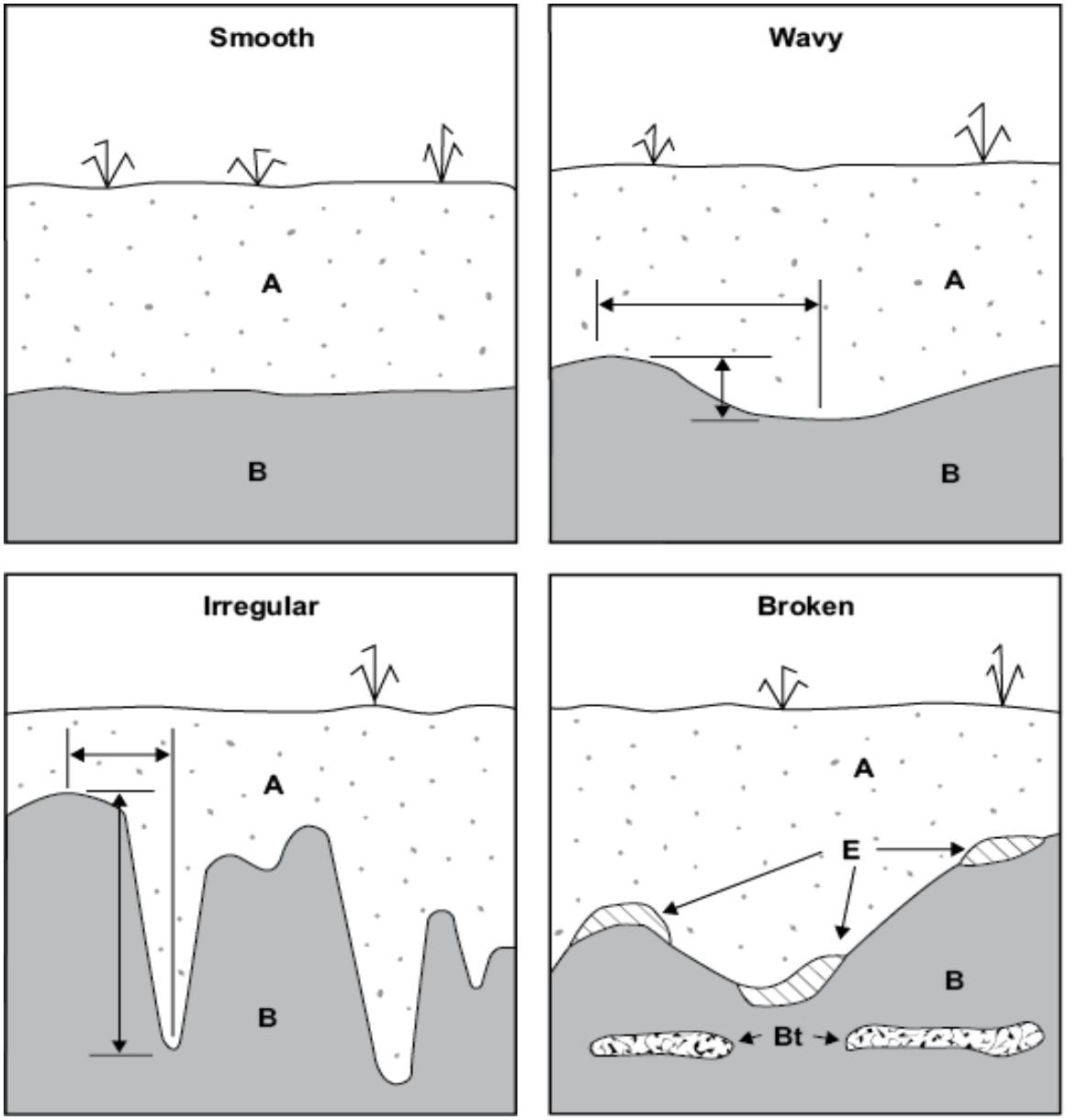
المناطق الفرعية قرب السطح (Near Surface Subzones)

معلومات أساسية (Background Information)

فى أنواع عديدة من التربة، يتحكم الطقس السابق واستخدام التربة فى مورفولوجية السنتيمترات القليلة العلوية (عمومًا من أقل من 1 إلى حوالى 18 سم). وقد تكون التربة حديثة الحرث وذات سطح سائب (loose) فى يوم ما وتكون لها قشرة قوية بسبب هطول أمطار غزيرة فى اليوم التالى. وقد تكون التربة منضغطة (compacted) بشدة بواسطة الماشية وقرب السطح مندمج (firm) فى مكان ولكن بها قليل من الإثارة (disturbance) فى السنتيمترات القليلة العلوية، وتكون مفرولة جدا (very friable) فى معظم الأماكن الأخرى. ويشار إلى التربة المتأثرة بأنها تعتمد على الاستخدام (use-dependent) أو ديناميكية (dynamic). انظر الباب التاسع للحصول على معلومات حول دراسة خصائص التربة الديناميكية فى الحقل.

وتقدم المناقشة التالية مجموعة مصطلحات لوصف المناطق الفرعية قرب السطح، خاصة السطح القريب للتربة المحروثة. وتسميات الأفق أو الرموز لوصف هذه المناطق الفرعية السطحية محدودة. ويستخدم الحرف اللاحق d للطبقات المنضغطة المقيدة لانتشار الجذور؛ ويمكن استخدام رمز الأفق الرئيسى V لتسمية بعض الطبقات التى تسود فيها المسام الحويصلية. ويمكن تقسيم آفاق السطح باستخدام تسميات أفق قياسية لتسجيل المناطق الفرعية.

ويمكن أن يتضمن مثال تسلسل الأفق Ap1 (منطقة فرعية مجمعة ميكانيكياً) و Ap2 (منطقة فرعية منضغطة بالماء) و Bd (منطقة فرعية منضغطة ميكانيكيًا). ويجب أن يحدد وصف عمليات الفصل هذه نوع المنطقة الفرعية الموصوفة. وتوصف القشور السطحية الرقيقة جدًا (التى يقل سمكها عن حوالى 1 سم) بشكل عام على أنها ميزة سطحية خاصة وليست طبقة منفصلة.



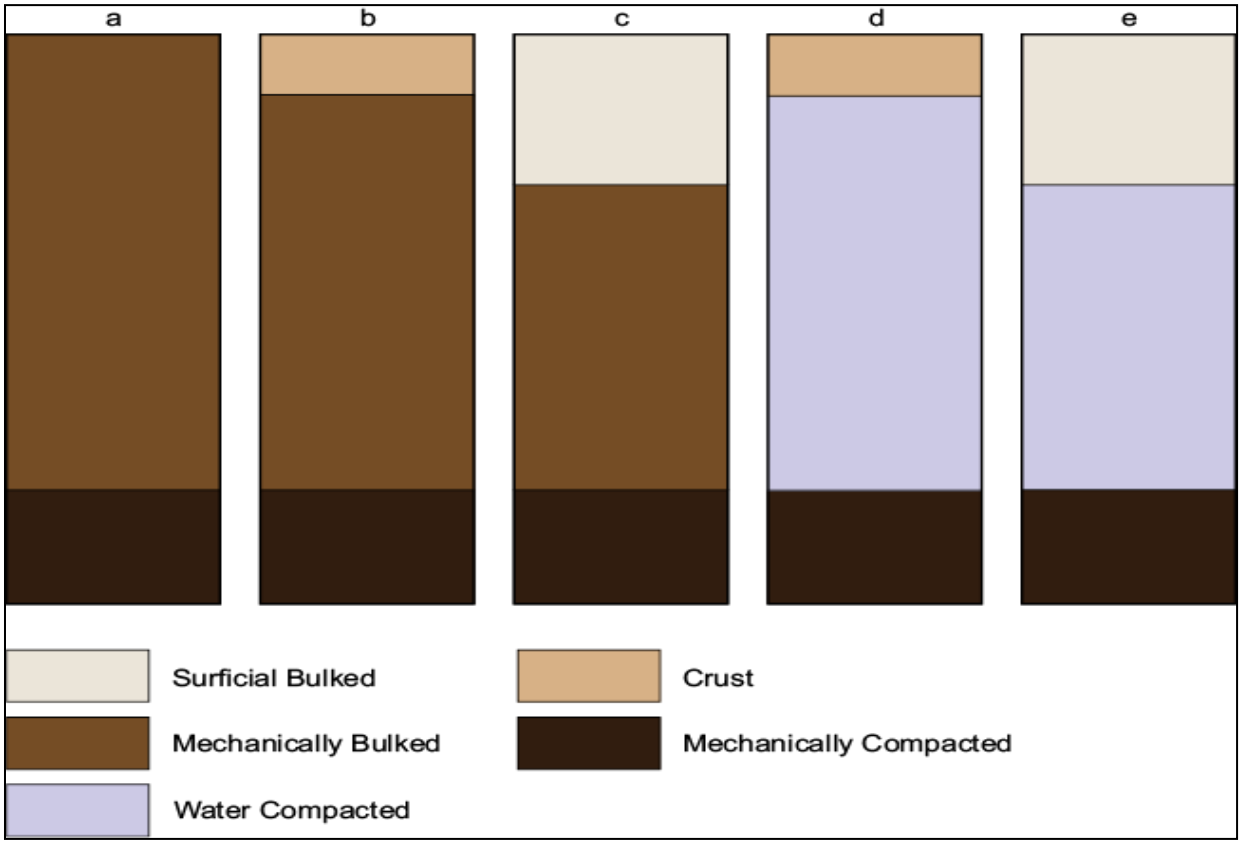
شكل 3-4: أمثلة لأقسام طبوغرافية الحدود بين الآفاق (مقتبس من Schoeneberger et al., 2012).

أنواع المناطق الفرعية قرب السطح (Kinds of Near Surface Subzones)

المناطق الفرعية قرب السطح خمسة أنواع هى: متضخمة ميكانيكيًا (mechanically bulked)، منضغطة ميكانيكيًا (mechanically compacted)، منضغطة بالماء (water compacted)، متضخمة سطحيا (surficial bulked)، وقشرة (crust) بيولوجية أو كيميائية. ويوضح شكل 3-5 قطاعات مرسومة تصور مجموعات مختلفة من هذه المناطق الفرعية. وفيما يلى وصف العمليات العامة المؤدية إلى تكوينها.

تحديد المناطق الفرعية (subzones) لا يكون واضح المعالم. والتعبير المورفولوجى للتضخم (bulking) والانضغاط (compaction) للتربة يختلف تماما اعتمادا على التوزيع الحجمى للحبيبات، محتوى المادة العضوية،

معادن الطين، النظام المائى، أوعوامل أخرى محتملة.



شكل 3-5: خمسة أنواع من المناطق الفرعية قرب السطح (المقياس حوالى 18 سم).

والتمييز بين حالات تضخم وانضغاط مواد التربة مع جهد الانكماش والتمدد (shrink-swell) الملموس يعتمد جزئيا على إمكانية انتقال الشد (strain) بالتجفيف عبر مسافات أكبر من الأبعاد الأفقية لوحدات البناء الكبرى. وفى المنطقة الفرعية المتضخمة، يكون انتشار الشد ضئيل أو معدوم. وفى المنطقة الفرعية المنضغطة يتم انتشار الشد لمسافات أكبر من الأبعاد الأفقية لوحدات البناء الكبرى. وينخفض انكماش وتمدد عديد من أنواع التربة بسبب القوام أومعادن الطين أو كليهما. ولا يمكن أن يستخدم التعبير عن الشقوق لهذه الأراضى للتمييز بين حالتى التضخم والانضغاط.

والتمييز بين الانضغاط والتضخم غير موضوعى. ومن المفيد وضع مفهوم لدرجة الانضغاط العادية للسطح القريب ثم تقارن بها الدرجة الفعلية للانضغاط. ويجب أن يكون المفهوم للتربة المحروثة انضغاط مواد التربة على أجزاء مستوية أو محدبة من تضاريس الحرث المقدرة. وينبغى أن تتعرض التربة لفعل التضخم من الحراثة التقليدية دون الضغط الميكانيكى اللاحق. وينبغى تعرض المنطقة الفرعية لحالة ابتلال بالمياه أو لحالة رطبة جدا بعد الجفاف بشكل ملحوظ متبوعة بالتجفيف لرطبة قليلا أو أكثر جفافا مرة واحدة على الأقل. ولا ينبغى التعرض لعدد كبير من دورات الترطيب والتجفيف عندما يتضمن الحد الأقصى للرطوبة وجود الماء الحر. وإذا كانت مادة التربة بها درجة من الانضغاط على غرار ما هو متوقع يستخدم مصطلح انضغاط عادى (normal compaction).

المنطقة الفرعية المتضخمة ميكانيكيا (Mechanically Bulked Subzone)

تنخفض الكثافة الظاهرية (bulk density) لهذه المنطقة الفرعية (subzone) بسبب استخدام المعدات الميكانيكية، ويزداد تفتت وحدات البناء إذا كانت موجودة، نتيجة لعمليات الحرث، وتصبح الوحدات البنائية للكتلة ككل سائبة أو مفرولة جدا وأحيانا مفرولة، وقد تكون وحدات البناء الفردية مفرولة أو حتى مندمجة، وتكون

الاستمرارية الميكانيكية بين الوحدات البنائية منخفضة. وإذا أظهرت مادة التربة وحدات بناء < 20 مم، تكون درجة البناء متوسطة (moderate) أو واضحة (strong). والإجهاد (strain) الناتج من انكماش وحدات بنائية فردية بالتجفيف قد لا يمتد بين الوحدات البنائية. وبالتالى، تكون شقوق الجفاف التى بدأت داخليا ضعيفة أو غائبة على الرغم من أن مواد التربة فى الحالة الصلبة يكون امتدادها المتوقع كبيرا. وقد تكون الشقوق موجودة، إذا بدأت أعمق فى التربة.

وتخضع المنطقة الفرعية المتضخمة ميكانيكيًا، من خلال المعالجة الميكانيكية، إلى انخفاض فى الكثافة الظاهرية وزيادة فى تفتت وحدات البناء. وتكون المعالجة الميكانيكية بسبب الحرث. وتكون مقاومة التمزق للكتلة ككل، بما فى ذلك عدد من وحدات البناء، سائبة (loose) أو مفرولة جدا (very friable) ومفرولة (friable) أحيانا. وتكون وحدات البناء المفردة مفرولة أو حتى مندمجة (firm). وتكون الاستمرارية الميكانيكية بين وحدات البناء منخفضة. ودرجة البناء، إذا كانت مادة التربة تظهر وحدات بناء أقل من 20 مم، تكون متوسطة (moderate) أو واضحة (strong). وقد لا يمتد الإجهاد الناتج عن الانكماش عند جفاف وحدات البناء المفردة عبر وحدات البناء. ومن ثم، قد تكون شقوق التجفيف التى بدأت داخليًا ضعيفة أو غائبة على الرغم من أن مادة التربة فى حالة متصلبة لها إمكانات كبيرة للانكماش والتمدد. وقد تكون الشقوق موجودة إذا بدأت عميقا فى التربة. وتم تصوير هذه المنطقة الفرعية فى شكل 3-5 على أنها الطبقة الأولى فى القطاع a والطبقة الثانية فى القطاعين b و c.

المنطقة الفرعية المنضغطة ميكانيكيا (Mechanically Compacted Subzone)

تتعرض المنطقة الفرعية المنضغطة ميكانيكيًا للضغط، بسبب عمليات الحرث، وأيضًا بواسطة الحيوانات. وبشكل عام، تزداد الاستمرارية الميكانيكية للنسيج والكثافة الظاهرية. وتعتمد مقاومة التمزق على القوام ودرجة الضغط. وعموما، تكون الدرجة الأدنى مفرولة. وتسمح الاستمرارية الميكانيكية للنسيج بانتشار الإجهاد (الناتج من التجفيف) فقط لعدة سنتيمترات. وتظهر التشققات التى بدأت داخليًا إذا كانت مادة التربة لها إمكانات ملحوظة للانكماش والتمدد وكان التجفيف كافياً. وفى بعض أنواع التربة، تعيق هذه المنطقة الفرعية نمو الجذور. وتستخدم اللاحقة d إذا أدى الضغط إلى طبقة حرث صلبة. والمنطقة الفرعية المنضغطة ميكانيكيًا هى الطبقة السفلى بجميع القطاعات الموضحة فى شكل 3-5.

المنطقة الفرعية المنضغطة بالماء (Water-Compacted Subzone)

تنضغط المنطقة بالماء بواسطة تغيرات كبيرة متكررة فى حالة الماء دون تحميل ميكانيكى، باستثناء وزن التربة. ويؤدى الحدوث المتكرر للماء الحر بشكل خاص إلى الضغط. واعتمادًا على القوام، تتراوح مقاومة التمزق الرطب من مفرولة جدًا (very friable) إلى مندمجة (firm). وتكون وحدات البناء أقل تميزًا من تلك الموجودة فى نفس مادة التربة إذا كانت متضخمة ميكانيكيًا. والمنطقة الفرعية بشكل عام ضعيفة أو عديمة البناء (massive). والاستمرارية الميكانيكية للنسيج تكفى للإجهاد الذى ينشأ عند التجفيف للانتشار لمسافات ملموسة. ونتيجة لذلك، إذا كانت إمكانية الانكماش والتمدد كافية، تتطور الشقوق عند التجفيف. وفى عديد من أنواع التربة، تحل المنطقة الفرعية المنضغطة بالماء محل المنطقة الفرعية المتضخمة ميكانيكيًا بمرور الوقت. ويمكن أن يحدث الإحلال فى عام واحد إذا كانت المنطقة تتعرض دوريا للماء الحر مع فترات متداخلة من رطوبة قليلة أو جفاف. ووجود منطقة فرعية منضغطة بالماء وغياب أخرى متضخمة ميكانيكيًا هو نتيجة لأنظمة الزراعة بدون حرث. والمنطقة الفرعية المنضغطة بالماء فى شكل 3-5 هى الطبقة الثانية بالقطاعين d ، e.

المنطقة الفرعية السطحية المتضخمة (Surficial Bulk Subzone)

توجد هذه المنطقة فى السطح القريب جدًا. واستمرارية النسيج منخفضة. ولا تبدأ الشقوق (cracks) فى هذه المنطقة ولكنها قد تكون موجودة (قد تبدأ فى التربة التحتية الأكثر انضغاطًا). وتتكون المنطقة الفرعية بواسطة

عمليات مختلفة. ويعتبر التجمد (frost) فى ظل ظروف تكون فيها التربة أكثر جفافًا من المبتلة أحد العمليات. ويعد الانكماش والتمدد (shrinking and swelling) الواضح استجابة للجفاف والترطيب (وهو سمة من سمات أراضى الـ Vertisols) عملية أخرى. ويمثل المنطقة الفرعية السطحية المتضخمة فى شكل 3-5 الطبقة الأولى من القطاعين c، e.

القشرة (Crust)

منطقة فرعية سطحية، يكون سمكها عادة أقل من 50 مم وقد يصل إلى 100 مم، تُظهر استمرارية ميكانيكية أكبر بشكل ملحوظ لنسيج التربة من المنطقة الواقعة تحتها مباشرة. ويتم عادة إعادة تشكيل نسيج التربة الأصلى بفعل المياه واستبدال البناء الأصلى بعدم البناء (massive). وعندما تكون المادة مبتلة، يؤدى تأثير قطرات المطر (والرى بالرش) ودورات التجمد والذوبان (freeze-thaw) إلى إعادة التكوين (reconstitution). والقشرة فى شكل 3-5 عبارة عن الطبقة الأولى من القطاعين b، d.

وتوصف القشور من حيث السمك بالمليمتر، والبناء والجوانب الأخرى للنسيج، والتماسك، بما فى ذلك مقاومة التمزق أثناء الجفاف ومقاومة الاختراق الدقيق (micropenetration) أثناء الابتلال. ويتعلق السمك بالمنطقة التى تم فيها إعادة تشكيل النسيج. وقد تكون ملاحظة المسافة بين الشقوق السطحية مفيدة لاعتبارات إنبات البذور (seedling emergence). وإذا كانت المسافة قصيرة، يقل وزن القشرة.

وعادة تلتصق مادة التربة تحت القشرة وتتم إزالتها مع القشرة. وهذه المادة، التى تظهر قليلا من إعادة التكوين أو لا، ليست جزءًا من القشرة ولا تساهم فى السمك.

وقشور التربة المعروفة بيولوجية وكيميائية وبنائية.

القشور البيولوجية (Biological crusts): تتكون من الطحالب (algae) أو الأشنات (lichens) أو الطحالب (mosses)، على سطح بعض أنواع التربة، خاصة فى بعض الأماكن غير المثارة نسبيًا، مثل المراعى. وتتقلص هذه القشور بسهولة أو تتلف بسبب الإثارة (disturbance).

القشور الكيميائية (Chemical crusts): توجد عادة فى البيئات الجافة (arid) حيث تتراكم المتبخرات (evaporites) الملحية على السطح. وتشمل قشور من حبيبات معدنية ملتحمة بالأملاح.

القشور البنائية (Structural crusts): تتشكل من النقل والترسيب المحلى لمواد التربة، عادة فى الحقول المحروثة. ولها استمرارية ميكانيكية أضعف من القشور الأخرى. ومقاومة التمزق أقل، وقد يكون انخفاض الرشح (infiltration) أقل من القشور ذات قوام مماثل. ويساهم تأثير قطرات المطر ودورات التجمد والذوبان فى تكوين القشور البنائية.

العمق المحدد للجذور (Root Restricting Depth)

هو العمق الذى يمنع اختراق الجذور بقوة بسبب الخصائص الطبيعية (متضمنة درجة حرارة التربة) و/ أو الكيميائية. ويعنى التقييد (restriction) عدم القدرة على دعم الجذور سوى قليل من الجذور الدقيقة أو الدقيقة جدا إذا كان العمق من سطح التربة وحالة المياه (غير وجود المياه المتجمدة) غير محددة. وبالنسبة للقطن وفول الصويا ومحاصيل أخرى ذات جذور أقل وفرة من الحشائش، يستخدم مصطلح قليلة جدا للكمية بدلا من قليلة. ويكون التقييد أسفل تواجد جذور النباتات عادة بسبب المحددات فى حالة المياه أو درجات الحرارة أو العمق من السطح. ويجب تقييم العمق المحدد للجذور لنباتات معينة مهمة لاستخدام التربة. ويجب الإشارة إلى هذه النباتات فى وصف التربة. ويختلف عمق تقييد الجذور تبعا لنوع النبات.

الشكل المورفولوجى وتقييد الجذور (Morphology and Root Restriction)

يجب استخدام فحص عمق الجذور لعمل تعميم للعمق المحدد لانتشارها. وإذا لم يكن ذلك متاحا (عادة لأن الجذور لا تمتد إلى العمق)، يتم الاستنتاج من الشكل المورفولوجى. والتغير فى التوزيع الحجمى للحبيبات وحده (مثل رمل طميى فوق حصى) ليس أساسا للتقييد الطبيعى للجذور. وفيما يلى بعض الإرشادات لاستنتاج التقييد الطبيعى. والمعوقات الكيميائية، مثل المستويات المرتفعة من الألومنيوم المستخلص و/ أو المستويات المنخفضة من الكالسيوم المستخلص، لا تؤخذ فى الاعتبار؛ لأنها عموما لا يمكن تقديرها عن طريق الفحص الحقلى.

ويفترض التقييد الطبيعى:

1. عند التلامس مع الصخر الأصلى وغيره من المواد الملتحمة دائما، بغض النظر عن درجة مقاومة التمزق أو السمك؛
2. بعض الآفاق أو الطبقات، مثل fragipans أو تلك التى تتكون من مواد كثيفة، والتى، على الرغم من عدم التحامها، تكون مقيدة للجذور؛ و
3. الطبقات ذات بناء وتماسك و/ أو مقاومة اختراق تشير إلى أن مقاومة نسيج التربة لاختراق الجذور عالية وأن الشقوق الرأسية ومستويات الضعف لدخول الجذور غائبة أو متباعدة على نطاق واسع (أكثر من 10 سم) على النحو التالى:

أ. المنطقة التى يزيد سمكها عن 10 سم ورطبة جدًا (very moist) أو مبتلة (wet) تكون مندمجة جدا (very firm) (مندمجة (firm)، إذا كانت رملية) أو أكثر اندماجا أو ذات درجة مقاومة اختراق كبيرة (high or higher)، وتكون عديمة البناء (massive) أو طبقية (platy) أو ضعيفة البناء من أى نوع.

ب. المنطقة التى تحتوى على وحدات بناء بمسافة تكرار رأسية تزيد عن 10 سم، وعندما تكون رطبة جدًا أو مبتلة تكون مندمجة جدا (مندمجة، إذا كانت رملية) أو شديدة الاندماج، أو لها مقاومة اختراق كبيرة.

أقسام عمق تقييد الجذور (Classes of Root-Restricting Depth)

مصطلحات وصف عمق التقييد الطبيعى للجذور هى:

ضحل جدا: Very shallow ..... less than 25 cm
ضحل: Shallow ..... 25 to less than 50 cm
متوسط العمق: Moderately deep ..... 50 to less than 100 cm
عميق: Deep ..... 100 to less than 150 cm
عميق جدا: Very deep ..... 150 cm or more

التوزيع الحجمى للحبيبات (Particle Size Distribution)

يناقش هذا القسم توزيع حبيبات مفصولات التربة المعدنية. وناعم التربة (fine earth) حبيبات أصغر من 2 مم. و 2 مم أو أكبر قطع صخور، مواد جيولوجية أو تكوينية شديدة الالتحام؛ أو أكثر مقاومة لتمزق الالتحام؛ وشبه الصخور (pararock)، قطع مادة جيولوجية أو تكوينية ذات طبقة ضعيفة إلى متوسطة مقاومة تمزق الالتحام؛ والقطع الأثرية (artifacts) المنفصلة، وقطع مواد من صنع الإنسان. ويقدر التوزيع الحجمى لحبيبات ناعم التربة أو أقل من 2 مم فى الحقل أساسا بالملمس (feeling). والمكونات الخشنة (rock fragments, pararock fragments, and discrete artifacts) تقدر نسبة حجم التربة التى تشغلها.

مفصولات التربة (Soil Separates):

بعد المعالجة الأولية (pretreatment) لإزالة المواد العضوية والكربونات والأملاح القابلة للذوبان وعوامل الالتحام الأخرى وبعد التفرقة (dispersion) لفصل حبيبات التربة المفردة طبيعيا، تستخدم وزارة الزراعة الأمريكية مفصولات الأحجام التالية لناعم التربة:

Very coarse sand ..... < 2.0 to > 1.0 mm
Coarse sand ..... 1.0 to > 0.5 mm
Medium sand ..... 0.5 to > 0.25 mm
Fine sand ..... 0.25 to > 0.10 mm
Very fine sand ..... 0.10 to > 0.05 mm
Coarse silt ..... 0.05 to > 0.02 mm
Fine silt ..... 0.02 to > 0.002 mm
Coarse clay ..... 0.002 to > 0.0002 mm
Fine clay ..... less than or equal to 0.0002 mm

ويقارن شكل 3-6 نظام وزارة الزراعة الأمريكية (USDA) لتسمية الأحجام المختلفة لمفصولات التربة بأربعة أنظمة أخرى: دولى (Soil Survey Staff, 1951)؛ موحد (ASTM, 2011)؛ AASHTO (AASHTO, 1997a, 1997b)؛ و Wentworth المعدل (Ingram, 1982).

	FINE EARTH										ROCK FRAGMENTS					
USDA	Clay		Silt		Sand						Gravel			Cobbles	Stones	Boulders
	fine	co.	fine	co.	v.fi.	fi.	med.	co.	v. co.		fine	medium	coarse			
millimeters:	0.0002	.002 mm		.02	.05	.1	.25	.5	1	2 mm	5	20		76	250 mm	600 mm
U.S. Standard Sieve No. *(opening)*:					300	140	60	35	18	10	4	*(3/4")*		*(3")*	*(10")*	*(25")*

International	Clay	Silt	Sand		Gravel	Stones	
			fine	coarse			
millimeters:	.002 mm	.02	.20		2 mm	20 mm	
U.S. Standard Sieve No. *(opening)*:					10	*(3/4")*	

Unified	Silt or Clay	Sand			Gravel		Cobbles	Boulders
		fine	medium	co.	fine	coarse		
millimeters:	.074	.42	2 mm	4.8	19	76	300 mm	
U.S. Standard Sieve No. *(opening)*:	200	40	10	4	*(3/4")*	*(3")*		

AASHTO	Clay	Silt	Sand		Gravel or Stones			Broken Rock (angular), or Boulders (rounded)
			fine	coarse	fine	med.	co.	
millimeters:	.005 mm	.074	.42	2 mm	9.5	25	75 mm	
U.S. Standard Sieve No. *(opening)*:		200	40	10	*(3/8")*	*(1")*	*(3")*	

phi #:	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-12
Modified Wentworth	clay			silt				sand					pebbles					cobbles			boulders		
millimeters:	.00025	.002	.004	.008	.016	.031	.062	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	32	64	128	256				4092 mm
U.S. Standard Sieve No.:							230	120	60	35	18	10	5										

شكل 3-6: العلاقات بين أقسام حجم الحبيبات لنظام وزارة الزراعة الأمريكية وأربعة أنظمة أخرى.

قوام التربة (Soil Texture)

يشير قوام التربة إلى النسبة الوزنية لمفصولات الحبيبات التى قطرها أقل من 2 مم كما هى مقدرة من التوزيع الحجمى للحبيبات فى المعمل. وتفضل طريقة الماصة (pipette)، ويستخدم الهيدرومتر (hydrometer) أيضًا

فى المعامل الحقلية (Soil Survey Staff, 2009). وفى حالة استخدامه، يجب ملاحظة طريقة الهيدرومتر مع النتائج.

وتعتمد التقديرات الحقلية لأقسام قوام التربة على معايير وصفية، كملمس التربة: خشن (gritty)، ناعم (smooth)، لزج (sticky) واستجابتها للفرك بين الأصابع لتشكيل حبل (ribbon). ويجب التحقق من القوام المقدر فى الحقل مقابل تقديرات المعمل، وينبغى تعديل معايير الحقل عند الضرورة لتعكس الظروف المحلية. ويجب اختيار معايير الحقل لتقدير القوام لتتناسب مع التربة فى المنطقة. وملمس الرمل خشن ويمكن رؤية الحبيبات منفردة بالعين المجردة. وحبيبات السلت لها ملمس ناعم سواء كانت جافة أو رطبة ولا يمكن رؤيتها مفردة بدون تكبير. والتربة الطينية تكون لزجة فى بعض الأماكن، ولكنها ليست كذلك فى أماكن أخرى. فالتربة التى تسود فيها معادن طين السمكتيت (smectitic) يختلف ملمسها عن التربة التى تحتوى على كميات مماثلة من طين الميكا (micaceous) أو الكاؤلينيت (kaolinitic). والعلاقات المفيدة للحكم على قوام نوع من التربة قد لا تنطبق على نوع آخر.

وبعض أنواع التربة لا يتم تفريقها تمامًا فى التحليل القياسى لحجم الحبيبات فى المعمل، كالتربة التى تحتوى على خصائص أنديك (andic) من كميات كبيرة من المعادن رديئة التبلور وغير المتبلورة (amorphous) والتربة التى تحتوى على نسبة عالية من الجبس (أكثر من 25%). هذه الأنواع، التى يختلف قوام الحقل مع التحليل فى المعمل بشكل ملحوظ، يُشار إلى قوام الحقل على أنه ظاهرى (apparent) لأنه لا يرتبط جيدًا بنتائج اختبار المعمل. وقوام الحقل الظاهرى هو مجرد تقييم لمسى (tactile) ولا يستدل منه على نتائج اختبار المعمل. وأقسام القوام الإثنى عشر (شكل 3-7) هى: رمل (sands)، رمل طمىى (loamy sands)، طمى رملى (sandy loams)، طمى (loam)، طمى سلتى (silt loam)، سلت (silt)، طمى طينى رملى (sandy clay loam)، طمى طينى (clay loam)، طمى طينى سلتى (silty clay loam)، طين رملى (sandy clay)، طين سلتى (silty clay)، وطين (clay). وأقسام الرمل هى رمل خشن (coarse sand)، رمل (sand)، رمل ناعم (fine sand)، ورمل ناعم جدًا (very fine sand). وتسمى الأقسام الفرعية للرمل الطمىى والطمى الرملى بالمثل.

تعريفات أقسام قوام التربة (Definitions of soil texture classes and subclasses)

الرمل (Sands): أكثر من 85% رمل، ومجموع نسبة السلت + 1.5 نسبة الطين أقل من 15%.

رمل خشن (Coarse sand): 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن، وأقل من 50% أى درجة أخرى منفردة من الرمل.

رمل (Sand): 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط، وأقل من 25% رمل خشن جدا ورمل خشن، وأقل من 50% رمل ناعم وأقل من 50% رمل ناعم جدا؛ أو 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن و 50% أو أكثر رمل متوسط.

رمل ناعم (Fine sand): 50% أو أكثر رمل ناعم، أو أقل من 25% رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط وأقل من 50% رمل ناعم جدا.

رمل ناعم جدا (Very fine sand): 50% أو أكثر رمل ناعم جدا.

رمل طمىى (Loamy sands): 70-90% رمل، ومجموع النسبة المئوية للسلت + 1.5 النسبة المئوية للطين 15 أو أكثر، والنسبة المئوية للسلت + ضعف النسبة المئوية للطين أقل من 30.

رمل خشن طمىى (Loamy coarse sand): 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن وأقل من 50% أى درجة أخرى منفردة من الرمل.

رمل طميي (Loamy sand): 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط، وأقل من 25% رمل خشن جدا ورمل خشن، وأقل من 50% رمل ناعم وأقل من 50% رمل ناعم جدا؛ أو 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن و 50% أو أكثر رمل متوسط .

رمل ناعم طميي (Loamy fine sand): 50% أو أكثر رمل ناعم أو أقل من 50% رمل ناعم جدا وأقل من 25% رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط.

رمل ناعم جدا طميي (Loamy very fine sand): 50% أو أكثر رمل ناعم جدا.

طمي رملي (Sandy loams): 7% إلى أقل من 20% طين وأكثر من 52% رمل، والنسبة المئوية للسلت + ضعف النسبة المئوية للطين تساوى 30 أو أكثر، أو أقل من 7% طين، وأقل من 50% سلت، والنسبة المئوية للسلت + ضعف النسبة المئوية للطين تساوى 30 أو أكثر.

طمي رملي خشن (Coarse sandy loam): 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن وأقل من 50% أى درجة أخرى منفردة من الرمل؛ أو 30% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط، و 30% إلى أقل من 50% رمل ناعم جدا.

طمي رملي (Sandy loam): 30% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط ولكن أقل من 25% رمل خشن جدا ورمل خشن، وأقل من 30% رمل ناعم، وأقل من 30% رمل ناعم جدا، أو 15% أو أقل رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط، وأقل من 30% رمل ناعم، وأقل من 30% رمل ناعم جدا مع 40% أو أقل رمل ناعم ورمل ناعم جدا؛ أو 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن و 50% أو أكثر رمل متوسط.

طمي رملي ناعم (Fine sandy loam): 30% أو أكثر رمل ناعم، وأقل من 30% رمل ناعم جدا، وأقل من 25% رمل خشن جدا ورمل خشن؛ أو 15 - 30% رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط، وأقل من 25% رمل خشن جدا ورمل خشن؛ أو أكثر من 40% رمل ناعم ورمل ناعم جدا (والرمل الناعم أكثر من الرمل الناعم جدا)، و 15% أو أقل رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط؛ أو 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن و 50% أو أكثر رمل ناعم.

طمي رملي ناعم جدا (Very fine sandy loam): 30% أو أكثر رمل ناعم جدا وأقل من 15% رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط، والرمل الناعم جدا أكثر من الرمل الناعم؛ أو 40% أو أكثر رمل ناعم ورمل ناعم جدا، والرمل الناعم جدا أكثر من الناعم وأقل من 15% رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط؛ أو 50% أو أكثر رمل ناعم جدا و 25% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن؛ أو 30% أو أكثر رمل خشن جدا ورمل خشن ورمل متوسط و 50% أو أكثر رمل ناعم جدا.

طمي (Loam): 7% - <27% طين، 28%->50% سلت، و 52% أو أقل رمل.

طمي سلتي (Silt loam): ≤ 50% سلت و 12%-<27% طين، أو 50%-<80% سلت وأقل من 12% طين.

سلت (Silt): 80% أو أكثر سلت وأقل من 12% طين.

طمي طيني رملي (Sandy clay loam): 20%-<35% طين، وأقل من 28% سلت، وأكثر من 45% رمل.

طمي طيني (Clay loam): 27%-<40% طين وأكثر من 20% إلى 45% رمل.

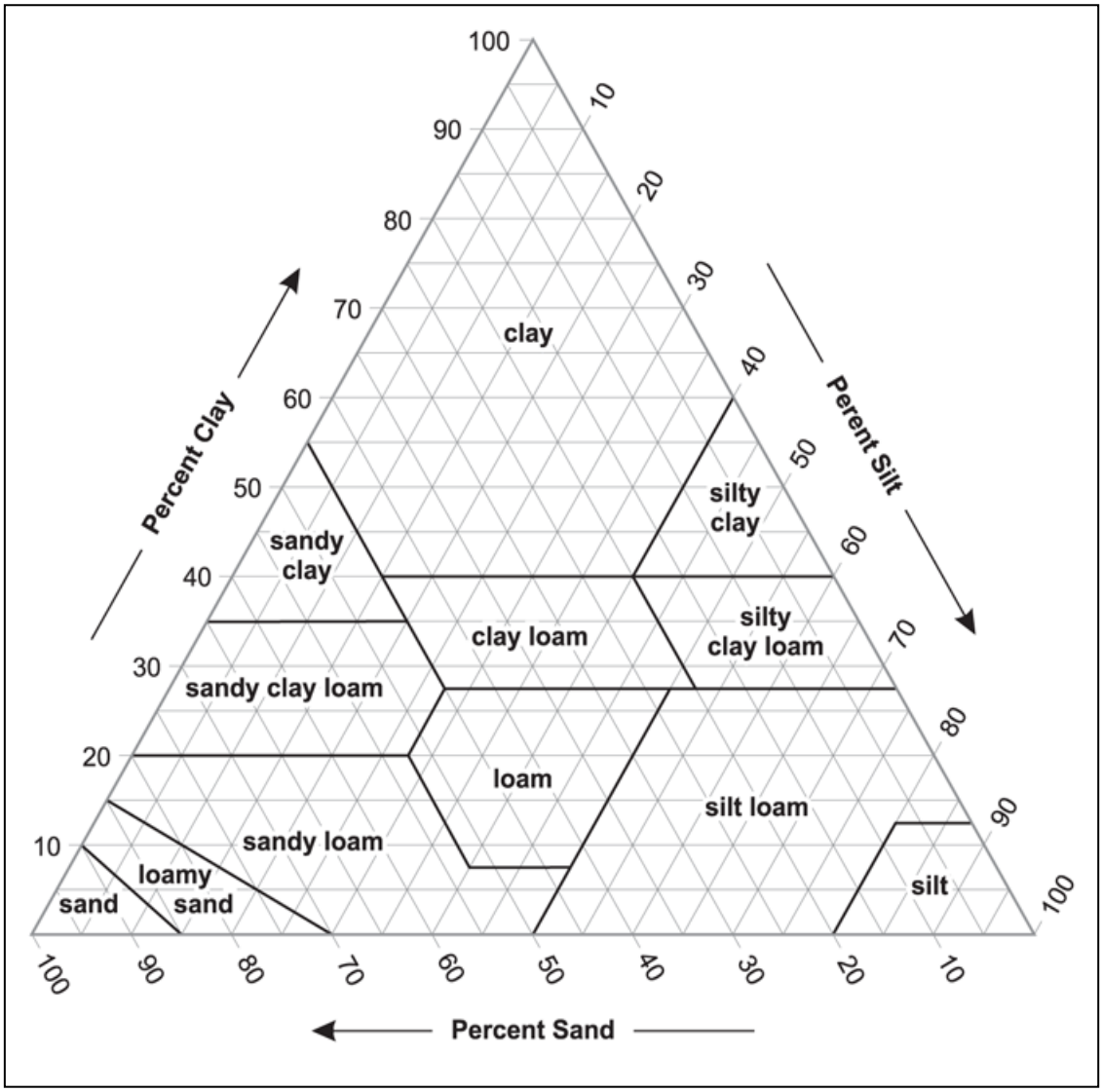
طمي طيني سلتي (Silty clay loam): 27%-<40% طين و 20% أو أقل رمل.

طين رملي (Sandy clay): 35% أو أكثر طين وأكثر من 45% رمل.

طين سلتى (Silty clay): 40% أو أكثر طين و 40% أو أكثر سلت.

طين (Clay): 40% أو أكثر طين و 45% أو أقل رمل وأقل من 40% سلت.

ويبين شكل 3-7 مثلث القوام الأمريكى. ويتم تسمية عينة التربة بأحد أقسام القوام طبقا لقيم نسب الرمل والسلت والطين، والتى تقع على طول كل من الأضلاع الثلاثة. وتوفر الأقسام الفرعية الثمانية فى مجموعات الرمل والرمل الطميى تحسينًا قد يكون فى بعض الحالات أكبر مما يمكن تحديده باستمرار بواسطة التقنيات الحقلية. وتلك الفروق المهمة للاستخدام والإدارة والتى يمكن عملها باستمرار فى الحقل يجب أن تطبق فقط عندما تستند تحديدات القوام إلى تقديرات الحقل وحدها.



شكل 3-7: مثلث القوام الأمريكى مبينا النسب المئوية للطين والسلت والرمل للأقسام الـ 12 الأساسية.

تجميعات أقسام قوام التربة (Groupings of soil texture classes)

أدت الحاجة إلى تمييز دقيق لقوام التربة إلى إنتاج عدد كبير من أقسام القوام. ومن الملائم التحدث بصفة عامة عن مجموعات أو أقسام واسعة. ويقدم جدول 3-1 مخططًا لثلاث مجموعات عامة لقوام التربة وخمس مجموعات فرعية. وفى بعض المناطق التى تحتوى فيها التربة على نسبة عالية من السلت، يمكن استخدام قسم رابع عام للتربة السلتية يشمل السلت والطمى السلتى.

جدول 3-1: مجموعات قوام التربة العامة.

General texture groups and subgroups*	Texture classes
Sandy soil materials	
Coarse-textured	Sands (coarse sand, sand, fine sand, very fine sand) Loamy sands (loamy coarse sand, loamy sand, loamy fine sand, loamy very fine sand)
Loamy soil materials	
Moderately coarse-textured	Coarse sandy loam, sandy loam, fine sandy loam
Medium-textured	Very fine sandy loam, loam, silt loam, silt
Moderately fine-textured	Clay loam, sandy clay loam, silty clay loam
Clayey soil materials materials materials	
Fine-textured	Sandy clay, silty clay, clay

***Note: These are not the sandy, loamy, and clayey family particle-size classes defined in *Soil Taxonomy*.**

المصطلحات المستخدمة بدلاً من قوام التربة (Terms Used *in Lieu* of Soil Texture)

بعض الآفاق أو الطبقات لا تنطبق عليها مصطلحات أقسام قوام التربة. وتشمل الصخر الأصلى (bedrock) وغيره من الآفاق الصلبة (مثل الآفاق الجيرية المتحجرة (petrocalcic)، وآفاق duripans، وغير ذلك)، وتلك المتكونة من مواد عضوية، والمكونة من ماء، سواء كان سائلا أو مجمدا، أسفل طبقة سطح التربة المعدنية أو العضوية. وتشمل الاستثناءات الأخرى الطبقات المكونة من أكثر من 90% من قطع الصخور أو القطع الأثرية (artifacts) والآفاق أو الطبقات المكونة من 40% أو أكثر من الجبس فى ناعم التربة (وغير ملتحمة). هذه الاستثناءات تتم مناقشتها أدناه.

تربة بها نسبة عالية من الجبس (Soil Materials with a High Content of Gypsum)

التربة التى تحتوى 40% أو أكثر، بالوزن، جبس فى ناعم التربة، يسيطر الجبس على الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة إلى الحد الذى لا تكون فيه أقسام حجم الحبيبات ذات معنى. ويتم استخدام مصطلحين بدلاً من القوام:

مواد جبسية خشنة (Coarse gypsum material): 50% أو أكثر من ناعم التربة يتكون من حبيبات يتراوح قطرها من 0.1 إلى 2.0 مم.

مواد جبسية ناعمة (Fine gypsum material): أقل من 50% من ناعم التربة يتكون من حبيبات يتراوح قطرها من 0.1 إلى 2.0 مم.

صخر أصلى وآفاق ملتحمة (Bedrock and Cemented Horizons)

توصف هذه الآفاق أو الطبقات بأنها صخر أصلى أو مادة ملتحمة. كما يمكن توفير معلومات إضافية حول نوع الصخر ودرجة الالتحام ونوع المادة اللاحمة.

طبقات المياه (Water Layers)

توصف هذه الطبقات بالماء أو الجليد. وتشير فقط إلى الطبقات تحت السطحية، مثل المستنقع العائم (floating

(bog. ويوضح شكل 3-3 طبقة تحت تربة من الجليد.

مواد تربة تحتوى على نسبة عالية من قطع الصخور وشبه الصخور
(Soil Materials with a High Content of Rock or Pararock Fragments)

مواد التربة التى تحتوى على أكثر من 90% قطع صخور أو pararock، لا يوجد بها ناعم تربة يكفى لتحديد القوام. وفى هذه الحالات، تستخدم مصطلحات حصى (gravel)، حصى كبير (cobbles)، أحجار (stones)، جلاميد (boulders)، مرايا (channers)، وأحجار مفلطحة (flagstones) أو ما يعادلها من قطع pararock. ويوصف الحجم والشكل لهذه المصطلحات تحت عنوان قطع الصخور و Rock Pararock Fragments and Pararock Fragments) وتم تلخيصها فى جدول 3-2.

مواد تربة بها نسبة عالية من القطع الأثرية (Soil Materials with a High Content of Artifacts)

مواد التربة التى تحتوى على أكثر من 90% قطع أثرية، يستخدم مصطلح artifacts.

التربة العضوية (Organic Soils)

الطبقات التى لا تكون مشبعة بالماء لأكثر من بضعة أيام فى السنة تعتبر عضوية إذا احتوت 20% أو أكثر كربون عضوى. والطبقات التى تكون مشبعة لفترات أطول، أو كانت مشبعة قبل أن يتم صرفها، فهى عضوية إذا كان بها 12% أو أكثر كربون عضوى وليس بها طين، أو 18% أو أكثر كربون عضوى، 60% أو أكثر طين، أو كمية مناسبة من الكربون العضوى، ما بين 12% و 18%، إذا كان محتوى الطين بين صفر و 60%. ويمكن حساب محتوى الكربون العضوى المطلوب للتربة المشبعة التى تحتوى على طين ما بين صفر و 60% كما يلى:

$$OC_{required} = 12 + (0.1 * \text{percent clay})$$

والتربة التى تحتوى على أكثر من 60% طين تحتاج كربون عضوى لا يقل عن 18%.

ويؤثر نوع ومقدار الجزء المعدنى، ونوع الكائنات الحية التى اشتقت منها المادة العضوية، وحالة التحلل على خصائص مادة التربة. ويتضمن الوصف النسبة المئوية للألياف غير المتحللة وقابلية ذوبان المادة المرطبة (humified) فى بيروفوسفات الصوديوم. ويجب تحديد وتقدير الحجم الذى تشغله ألياف sphagnum، والتى لها قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء. وعندما تعصر بقوة فى اليد لإزالة أكبر قدر ممكن من الماء، تكون الألياف أفتح فى اللون من ألياف hypnum ومعظم الطحالب (mosses) الأخرى.

وقطع الخشب أكثر من 20 مم وغير متحللة ولا يمكن سحقها بالأصابع عندما تكون رطبة أو مبتلة تسمى قطع خشب (wood). وتقابل قطع الصخور فى التربة المعدنية وتوصف بطريقة مماثلة.

مواد التربة العضوية المشبعة (Saturated organic soil materials): أنواع مواد التربة العضوية المشبعة هى:

Muck: مادة تربة عضوية متحللة جيدًا تحتوى على نسبة منخفضة من الألياف (أنسجة نباتية باستثناء الجذور الحية).

Peat: مادة تربة عضوية متحللة قليلاً تحتوى على نسبة عالية من الألياف الأصلية.

Mucky peat: مادة تربة عضوية متوسطة التحلل ومحتوى الألياف والكثافة الظاهرية ومحتوى الماء بين الـ muck والـ peat.

ويوصف الـ muck والـ peat والـ mucky peat فى التربة العضوية والمعدنية بشرط أن تكون مشبعة بالماء

لمدة 30 يومًا تراكميًا أو أكثر فى السنوات العادية أو يتم صرفها صناعياً. هذه المواد مؤهلة فقط لمواد التربة التشخيصية (sapric, fibric, and hemic) فى تصنيف التربة (Soil Taxonomy) عندما توجد فى التربة العضوية (أى تربة رتبة Histosols وتحت رتبة Histels).

مواد التربة العضوية غير المشبعة (Non-saturated organic soil materials): أنواع مواد التربة العضوية فى طبقات غير مشبعة لمدة 30 يومًا تراكمية أو أكثر هى:

مادة نباتية شديدة التحلل (Highly decomposed plant material): مادة تربة عضوية متحللة جيدًا تحتوى على كمية منخفضة من الألياف (أنسجة نباتية باستثناء الجذور الحية).

مادة نباتية متوسطة التحلل (Moderately decomposed plant material): مادة وسط فى درجة التحلل، ومحتوى الألياف، والكثافة الظاهرية، ومحتوى الماء بين المواد النباتية شديدة وقليلة التحلل.

مادة نباتية قليلة التحلل (Slightly decomposed plant material): مادة تربة عضوية متحللة قليلاً تحتوى على نسبة عالية من الألياف الأصلية.

المصطلحات المعدلة المستخدمة بدلا من القوام

(Modifiers for Terms Used *in Lieu* of Texture)

قد تكون هناك حاجة لتعديلات لوصف مواد تربة الأفق أو الطبقة. وتشمل مصطلحات كمية الحبيبات 2.0 مم أو أكبر: قطع الصخور (rock fragments)، قطع شبه الصخور (pararock fragments)، أو القطع الأثرية (artifacts) والمصطلحات التى تشير إلى تركيب مادة التربة.

مواد تربة بها قطع صخرية وشبه صخرية وأثرية

(Soil Materials with Rock Fragments, Pararock Fragments, or Artifacts)

لوصف تربة بها 15% أو أكثر، حجما، قطع صخور، قطع pararock، أو قطع أثرية، يتم تعديل القوام بمصطلحات تشير إلى كمية ونوع القطع. مثل طمى حصوى جدا (very gravelly loam)، ورمل حصوى للغاية (extremely paracobbly sand)، ورمل يحتوى على كمية قطع أثرية كثيرة جدا (very artifactual sand). وتتم مناقشة استخدام هذه المصطلحات وتعريفاتها فى الأقسام التالية حول قطع الصخور وقطع شبه الصخور والقطع الأثرية.

التعديلات التى تشير إلى تركيب مادة التربة

(Class Modifiers Indicating Soil Material Composition)

تستخدم تعديلات تركيب التربة لبعض أنواع التربة التى لها خصائص أنديك (andic) أو تكونت فى مواد بركانية (volcanic)، والتربة التى بها محتوى عالى من الجبس، وبعض مواد التربة العضوية، ومواد التربة المعدنية التى بها نسبة عالية من المواد العضوية. ويتم أيضًا تقديم مصطلحات لمواد التربة limnic والطبقات دائمة التجمد (permafrost).

مواد تربة ذات خصائص أنديك أو أصل بركانى

(Soil Materials with Andic Properties or Volcanic Origin)

مائية (Hydrous): مادة لها خصائص تربة أنديك ومحتوى مائى غير مجفف (undried) 15 بار (1500

kPa) بنسبة 100% أو أكثر من الوزن الجاف، مثل الطين المائى (hydrous clay).

وسطية (Medial): مادة لها خصائص تربة أنديك ومحتوى مائى 15 بار (1500 kPa) أقل من 100% فى العينات غير المجففة و 12% أو أكثر فى العينات المجففة هوائيا، مثل الطمى السلتى الوسطى (medial silt loam).

رمادية (Ashy): مادة لها خصائص تربة أنديك وليست مائية ولا وسطية، أو لا تحتوى على خصائص تربة أنديك، وتعكس الكيمياء والتركيب الفيزيائى لناعم التربة عمليات التجوية (weathering) للمواد البركانية مثل الطمية الرمادية (ashy loam). ويتم إثبات عمليات التجوية للمواد البركانية بحبيبات قطرها يتراوح من 0.02 إلى 2.0 مم، بنسبة 30% أو أكثر، يتكون 5% منها أو أكثر من زجاج بركانى و[(النسبة المئوية للألومنيوم زائد ½ الحديد المستخلص بأكسالات الأمونيوم) مضروبًا فى 60] [(aluminum plus ½ iron percent by ammonium oxalate) times 60] بالإضافة إلى نسبة الزجاج البركانى تساوى أو تزيد عن 30.

مواد تربة بها جبس (Soil Materials with Gypsum)

جبسية (Gypsiferous): مادة تحتوى على 15% إلى أقل من 40%، وزنا، جبس مثل طمية رملية ناعمة جبسية (gypsiferous fine sandy loam).

وبالنسبة للمواد التى تحتوى على جبس بنسبة 40% أو أكثر، يتم استخدام مصطلح بدلاً من القوام مثل مواد جبس ناعمة أو مواد جبس خشنة، المحددة أعلاه.

مواد تربة عضوية (Organic Soil Materials)

تُستخدم المعدِّلات فقط مع مصطلحات بدلاً من القوام، muck، أو peat، أو mucky peat. وتستخدم المعدلات التالية فقط لمواد التربة العضوية المشبعة بالماء لمدة 30 يومًا أو أكثر تراكميًا فى السنوات العادية أو التى يتم صرفها صناعيًا.

خشبية (Woody): تحتوى المادة على 15% أو أكثر من قطع الخشب التى يزيد حجمها عن 20 مم أو تحتوى على 15% أو أكثر من الألياف التى يمكن تحديدها على أنها من أصل خشبى وتحتوى على ألياف خشبية أكثر من أى نوع آخر من الألياف (على سبيل المثال، woody muck).

حشائشية (Grassy): تحتوى أكثر من 15% ألياف يمكن تحديدها على أنها حشائش (grass)، نباتات البردى (sedges)، نباتات مائية (cattails)، ونباتات أخرى شبيهة بالحشائش (grasslike) وتحتوى على ألياف حشائش أكثر من أى نوع ألياف آخر، على سبيل المثال، grassy mucky peat.

طحلبية (Mossy): تحتوى أكثر من 15% ألياف يمكن تحديدها على أنها طحالب وتحتوى على ألياف طحلبية أكثر من أى نوع آخر من الألياف، على سبيل المثال، mossy peat.

عشبية (Herbaceous): تحتوى أكثر من 15% ألياف يمكن تحديدها على أنها نباتات عشبية بخلاف الطحالب والحشائش أو النباتات الشبيهة بالحشائش وتحتوى على هذه الألياف أكثر من أى نوع آخر من الألياف، على سبيل المثال، herbaceous muck.

مواد تربة معدنية محتواها مرتفع من المواد العضوية
(Mineral Soil Materials with a High Content of Organic Matter)

عضوية مرتفعة (Highly organic): آفاق قرب السطح لتربة معدنية مشبعة بالماء لمدة تقل عن 30 يومًا

تراكميًا فى السنوات العادية ولا يتم صرفها صناعياً (على سبيل المثال، highly organic loam). وباستثناء الجذور الحية، يحتوى الأفق على نسبة كربون عضوى (بالوزن) من واحد مما يأتى:

- 5 إلى < 20% إذا كان الجزء المعدنى لا يحتوى على طين،
- 12 إلى < 20% إذا كان الجزء المعدنى يحتوى على طين 60% أو أكثر، أو
- [5 + (نسبة الطين مضروبة فى 0.12)] إلى < 20% إذا كان الجزء المعدنى يحتوى طين <60%.

Mucky: يشير المصطلح إلى آفاق قرب سطح تربة معدنية مشبعة بالماء لمدة 30 يومًا أو أكثر تراكميًا فى السنوات العادية أو يتم صرفها صناعياً (على سبيل المثال، mucky silt loam). وباستثناء الجذور الحية، يحتوى الأفق على أكثر من 10% مادة عضوية وأقل من 17% ألياف.

Peaty: يشير المصطلح إلى آفاق قرب سطح تربة معدنية مشبعة بالماء لمدة 30 يومًا أو أكثر تراكميًا فى السنوات العادية أو يتم صرفها صناعياً (على سبيل المثال، peaty clay loam). وباستثناء الجذور الحية، يحتوى الأفق على أكثر من 10% مادة عضوية و 17% أو أكثر ألياف.

مواد تربة مائية (Limnic Soil Materials)

توجد مواد التربة المائية فى طبقات أسفل بعض أنواع من رتبة Histosols. وحسب تصنيف التربة (Soil Taxonomy) لم تعرف فى التربة المعدنية. وهى مواد تربة معدنية أو عضوية تنشأ من الكائنات المائية أو من النباتات المائية التى تم تعديلها لاحقًا بواسطة الكائنات المائية. وتستخدم المصطلحات التالية لوصف أصل المواد المائية:

روث (Coprogenous): تحتوى المادة على عديد من حبيبات روث (fecal pellets) صغيرة جدًا (0.1 to 0.001 mm) مثل coprogenous sandy loam.

دياتومى (Diatomaceous): تتكون المادة غالبا من طحالب مائية (diatoms) (على سبيل المثال، diatomaceous silt loam).

مارلى (Marly): تتكون المادة غالبا من طين كربونات الكالسيوم مثل marly silty clay.

والطبقات التى تُستخدم من أجلها هذه المصطلحات قد تلبى أو لا تلبى تعريف تربة الروث أو الدياتوم أو المارل كما هو محدد فى تصنيف التربة.

دائمة التجمد (Permafrost)

توصف طبقات التربة permafrost بأنها دائمة التجمد (permanently frozen) مثل permanently frozen loamy sand.

قطع الصخور وشبه الصخور

(Rock Fragments and Pararock Fragments)

قطع الصخور هى أجزاء مفردة من مواد جيولوجية أو تكوينية قطرها 2 مم أو أكبر ملتحمة جدا أو أكثر مقاومة للتفتت. وقطع Pararock هى أجزاء مفردة من مواد جيولوجية أو تكوينية قطرها 2 مم أو أكبر ضعيفة الالتحام للغاية (extremely weakly cemented) إلى متوسطة الالتحام. ولا يتم الاحتفاظ بقطع Pararock على المناخل لأنها يتم سحقها بالطحن أثناء تحضير العينات للتحليل الميكانيكى فى المعمل. وتشمل قطع الصخور وشبه الصخور جميع الأحجام بين 2 مم والأبعاد الأفقية أقل من حجم الـ pedon. وتستخدم الكلمتان صخر (rock) وشبه

صخر (pararock) هنا بالمعنى الواسع وليسا أكثر من قطع طبيعية من مادة جيولوجية. وبالتالى، قد تكون قطع الصخور وشبه الصخور أجزاء مفردة ملتحمة من مواد صخر أصلى، شبه صخر، عقد صلبة (durinodes)، تجمعات صلبة (concretions)، عقد (nodules)، أو آفاق تكوينية مثل قطع جيرية متحجرة (petrocalcic fragments). والقطع الأثرية (Artifacts) لا يتم تضمينها كقطع صخور أو شبه صخور، ولكن يتم وصفها بشكل منفصل.

ويوصف حجم وشكل وصلابة واستدارة ونوع قطع الصخور وشبه الصخور. وأقسامها هى حصى (gravel)، حصى كبير (cobbles)، مرايا (channers)، أحجار مفلطحة (flagstones)، أحجار (stones)، وجلاميد (boulders) ونظيراتها (paragravel, paracobbles, etc.)، كما فى جدول 3-2. وإذا ساد حجم أو نطاق من الأحجام ، يتم التعديل (مثل حصى صغير (fine gravel)، حصى كبير (cobbles) يتراوح قطره من 100 إلى 150 مم، مرايا (channers) يتراوح طولها من 25 إلى 50 مم.

جدول 3-2: مصطلحات قطع الصخور وشبه الصخور.

Shape and size	Noun*	Adjective*
Nonflat fragments (spherical or cubelike):		
2-76 mm diameter	Pebbles	Gravelly
2-5 mm diameter	Fine	Fine gravelly
5-20 mm diameter	Medium	Medium gravelly
20-76 mm diameter	Coarse	Coarse gravelly
76-250 mm diameter	Cobbles	Cobbly
250-600 mm diameter	Stones	Stony
≥600 mm diameter	Boulders	Bouldery
Flat fragments:		
2-150 mm long	Channers	Channery
150-380 mm long	Flagstoneeees	Flaggy
380-600 mm long	Stones	Stony
≥600 mm long	Boulders	Bouldery

* For fragments that are less than strongly cemented, the prefix "para" is added to the terms in this table to form either a descriptive noun or the adjective for the texture modifier (e.g., paracobbles, paragravelly).

والحصى (gravel) وشبه الحصى (paragravel) عبارة عن قطع تتراوح أقطارها من 2 إلى 76 مم. ويشار إلى القطع المفردة فى نطاق هذا الحجم باسم حصى صغير (pebbles) وليس حصى. ويشير مصطلح الحصى كما هو مستخدم هنا إلى pebbles فى أفق التربة ولا يعنى تكوينًا جيولوجيًا. وعادةً ما يقتصر المصطلحان pebble ، cobble على القطع المستديرة (rounded) أو شبه المستديرة (subrounded)؛ ومع ذلك، يمكن استخدامهما لوصف القطع حادة الزوايا غير المسطحة. وتشير كلمات مثل شيرت (chert) وحجر جيرى (limestone) وطفلة (shale) إلى نوع الصخر، وليس قطعة من الصخر. ويمكن إعطاء تركيب القطع، مثل: حصى شيرت (chert gravel)، مرايا حجر جيرى (limestone channers)، شبه مرايا حجر سلتى (siltstone parachanners).

ويبلغ الحد الأعلى لحجم الحصى وشبه الحصى 76 مم (3 بوصات). ويتطابق هذا مع الحد الأعلى الذى يستخدمه عديد من المهندسين لحساب التوزيع الحجمى للحبيبات. وتتطابق الأقسام 5 مم و 20 مم لفصل الحصى الصغير والمتوسط والكبير مع أحجام فتحات الشاشة رقم 4 (4.76 مم) والشاشة 0.75 بوصة (19.05 مم) المستخدمة فى الهندسة .

ويفصل الحد 76 مم (3 بوصات) الحصى (gravel) عن الـ cobbles، ويفصل الحد 250 مم (10 بوصات) الـ cobblesعن الأحجار (stones)، ويفصل الحد 600 مم (24 بوصة) الأحجار عن الجلاميد (boulders). والحدود 150 مم (6 بوصات) و 380 مم (15 بوصة) للمرايا (channers) والاحجار المفلطحة (flagstones)، تتبع المصطلحات المستخدمة لإعطاء حدود أقسام قطع الصخور الطبقية (plate-shaped) والكروية (crudely spherical) مثل حد 250 مم للأشكال الكروية.

تقدير قطع الصخور فى التربة (Estimating Rock Fragments in the Soil)

يمكن لقطع الصخور فى التربة أن تؤثر كثيرا على الاستخدام والإدارة. ومن المهم عدم التفكير فى الكمية الكلية فقط، ولكن أيضًا فى نسب الأحجام المختلفة (حصى، حصى كبير، أحجار، إلخ). وتختلف التربة التى تحتوى على 10% أحجار تمامًا عن التربة التى تحتوى على 10% حصى. وعند تطوير المعايير التفسيرية، يجب التمييز بين النسبة المئوية للحجم والوزن. ويسجل الوصف الميدانى عمومًا تقديرات الحجم، بينما تُعطى القياسات المعملية لقطع الصخور كوزن لأقسام الحجم المختلفة.

ويستخدم حصر الأراضى التعاونى الوطنى (NCSS) فى الولايات المتحدة خوارزميات (algorithms) تفسيرية تعتمد على نسبة وزن الأحجام > 250، > 76-250، > 5-76، 2-5 مم عند تصنيف التربة لمختلف الاستخدامات المحتملة. نطاقا الحجمين الأولين على أساس التربة بأكملها، والأخيرين على أساس < 76 مم. وبالنسبة للأحجام > 250 ، > 76-250 مم، يكون الوزن عموما غير عملى ويتم إجراء تقديرات النسبة المئوية للحجم من قياسات النسبة المئوية للمساحة عن طريق طرق حساب النقاط (point-count) أو الخط القاطع (line-intersect). ويجب أن يكون طول الخط القاطع أو مساحة التعرض 50 مرة على الأقل، ويفضل 100 مرة، مساحة أو أبعاد حجم قطعة الصخر التى تشمل حوالى 90% من حجم قطع الصخور. وبالنسبة لوزن الحجم الذى يقل عن 76 مم، تكون القياسات مجدية ولكنها قد تتطلب 50 إلى 60 كجم من العينة فى حالة وجود قطع صخرية ملموسة بالقرب من 76 مم. والبديل هو الحصول على تقديرات الحجم للمكونات 20-76 مم وتقديرات الوزن للأجزاء أقل من 20 مم. هذه الطريقة مفضلة بسبب صعوبة التقييم البصرى لأحجام المفصولات 2 إلى 5 مم. ويمكن تحويل النسب المئوية لوزن الأجزاء > 5-20 مم و 2-5 مم إلى تقديرات حجم ووضعها على أساس < 76 مم عن طريق الحساب.

مصطلحات قطع الصخور واستخدامها فى تعديل أقسام القوام

(Terms for Rock Fragments and Their Use in Modifying Texture Classes)

يستخدم الشكل الوصفى لاسم فئة قطع الصخور أو شبه الصخور (جدول 3-2) كمعدل لاسم قسم القوام، مثل paragravelly loam, very cobbly sandy loam. ويوفر الجدول 3-3 قواعد لتحديد مصطلح القوام المعدل المناسب لمادة ذات خليط من أحجام قطع الصخور. ويوفر هذا القسم أيضًا قواعد لتعيين مصطلحات للتربة بمزيج من قطع الصخور وشبه الصخور.

وتستخدم الأقسام التالية، على أساس النسب المئوية للحجم:

أقل من 15%: لا تستخدم مصطلحات تعديل مع التربة التى بها أقل من 15% حصى أو حصى كبير أو مرايا أو أحجار مفلطحة أو أشباهها.

جدول 3-3: مرشد لتحديد معدل القطع الصخرية لقوام تربة بها خليط من أحجام قطع صخرية.

Total rock Fragments	Gravel (GR), cobbles (CB), stones (ST), and boulders (BY) (Substitute channers for gravel and flagstones for cobbles, where applicable)			
(Vol. %)	If GR ≥ 1.5 CB + 2 ST + 2.5 BY	If CB ≥ 1.5 ST + 2 BY	If ST ≥ 1.5 BY	If ST < 1.5 BY
≥ 15 < 35	Gravelly	Cobbly	Stony	Bouldery
≥ 35 < 60	Very gravelly	Very cobbly	Very stony	Very bouldery
≥ 60 < 90	Extremely gravelly	xtremely cobbly	Extremely stony	Extremely bouldery
≥ 90	Gravel	Cobbles	Stones	Boulders

15 إلى أقل من 35%: يستخدم المصطلح الوصفى للنوع السائد من قطع الصخور لتعديل مصطلح القوام، مثل: طمييية حصوية (gravelly loam)، parachannery silt loam، cobbly sandy loam.

35 إلى أقل من 60%: يستخدم المصطلح الوصفى للنوع السائد من قطع الصخور مع كلمة جدا (very)، لتعديل القوام، على سبيل المثال: very gravelly loam، very parachannery silt loam، very cobbly loamy sand (شكل 3-8).

شكل 3-8: تربة فيها الطبقات تحت عمق حوالى 20 سم very cobbly loamy sand. الجانب الأيسر من المقياس بزيادات 20 سم.

60 إلى أقل من 90%: يستخدم المصطلح الوصفى للنوع السائد من قطع الصخور مع كلمة للغاية (extremely) لتعديل مصطلح القوام، مثل: طمييية حصوية للغاية (extremely gravelly loam)، طمييية سلتية شديدة البلاطات (extremely parachannery silt loam)، طمييية رملية حصوية للغاية (extremely cobbly sandy loam).

90% أو أكثر: لا تستخدم مصطلحات تعديل القوام. وإذا كان هناك قليل جدًا من ناعم التربة لتحديد القوام (أقل من حوالى 10%، حجما)، يستخدم مصطلح بدل القوام مثل: حصى (gravel)، cobbles، أحجار (stones)، جلاميد (boulders)، channers، flagstones، أو ما يعادلها من أجزاء شبه الصخور.

وتنطبق حدود الفئة على حجم الطبقة التى تشغلها جميع قطع الصخور التى قطرها 2 مم أو أكبر. وتحتوى التربة عمومًا على أجزاء أصغر أو أكبر من تلك التى يحددها المصطلح. على سبيل المثال، عادةً ما تحتوى very cobbly sandy loam على حصى ولكن كلمة "حصى" ليست فى الاسم. ولا يعنى استخدام مصطلح لقطع الصخور الكبيرة، مثل الجلاميد، أن القطع موجودة بالكامل داخل طبقة تربة معينة، فقد تمتد صخرة واحدة عبر عدة طبقات.

ويمكن استخدام جدول 3-3 لتحديد التعديل المناسب إذا كان هناك خليط من أحجام قطع الصخور. ولاستخدام الجدول، اختر أولاً الصف الذى يحتوى على إجمالى قطع الصخور المناسب، ثم اقرأ المعايير الموجودة فى الأعمدة الموجودة أسفل "الحصى والحصى الكبير والأحجار والجلاميد" بدءًا من العمود الموجود فى أقصى اليسار وحتى اليمين، وتوقف فى العمود الأول الذى يتم فيه استيفاء المعيار.

وقد تكون هناك حاجة إلى تقديرات أكثر دقة لكميات قطع الصخور مما توفره الفئات المعروفة لبعض الأغراض. ولمزيد من المعلومات الدقيقة، يتضمن الوصف تقدير النسب المئوية لكل فئة حجم أو مجموعة من الفئات، مثل "very cobbly sandy loam"، " 30% cobbles و15% gravel"أو "طمى سلتى"، "حوالى 10% حصى." وإذا كانت القطع الصخرية السائبة مهمة لاستخدام التربة وإدارتها، فإنها تكون أساس تمييز الطور بين وحدات الخريطة. والصخر الأصلى المكشوف ليس تربة ويتم تحديده بشكل منفصل فى رسم الخرائط كنوع من المناطق المتنوعة، مثل نتوء صخرى (Rock outcrop).

ويمكن رؤية الحجم الذى تشغله قطع الصخر المفردة، وحساب النسبة المئوية لحجمها الكلى. ولبعض الأغراض، يجب تحويل النسبة المئوية للحجم إلى نسبة مئوية للوزن.

وتُستخدم القواعد التالية لتحديد معدِّلات القوام إذا كان الأفق يتضمن قطع صخور وشبه صخور:

1. **وصف الأنواع والكميات الفردية من قطع الصخور وشبه الصخور.**
2. **لا يستخدم معدل القوام إذا كان الحجم المشترك لقطع الصخور وشبه الصخور أقل من 15%.**
3. **إذا كان الحجم المشترك لقطع الصخور وشبه الصخور أكثر من 15% وكان حجم قطع الصخور أقل من 15%، فيتم تعيين معدّلات قطع شبه الصخور بناءً على الحجم المجمع للقطع. على سبيل المثال، استخدم "paragravelly" كمعدِّل لقوام التربة التى تحتوى على 10% من الصخور و 10% من قطع شبه الصخور بحجم الحصى.**
4. **إذا كان حجم قطع الصخور 15% أو أكثر، يستخدم معدل القوام المناسب لقطع الصخور بغض النظر عن حجم قطع شبه الصخور.**

صلابة واستدارة ونوع قطع الصخور (Rock Fragment Hardness, Roundness, and Kind)

صلابة القطعة (Fragment hardness) مكافئة لدرجة مقاومة التمزق (rupture resistance) للقطعة الملتحمة بالحجم المحدد التى جففت هوائيا ثم غمرت فى الماء. وتكون صلابة القطعة معنوية عندما تكون درجة مقاومة التمزق ملتحمة جدا (strongly cemented) أو أكبر. راجع القسم الخاص بمقاومة التمزق لاحقًا فى هذا الباب للتفاصيل التى تصف درجات صلابة القطع وأوصاف اختبارها.

استدارة القطعة (Fragment roundness) تعبير عن حدة حواف وأركان قطع الصخور وشبه الصخور. وتؤثر

استدارة القطع على رشح (infiltration) الماء واختراق (penetration) الجذور ومساحة المسام الكبيرة. وتستخدم درجات الاستدارة التالية:

Very angular ..... Strongly developed faces and very sharp, broken edges

Angular ..... Strongly developed faces and sharp edges

Subangular ..... Detectable flat faces and slightly rounded corners

Subrounded ..... Detectable flat faces and well rounded corners

Rounded ..... Flat faces absent or nearly absent and all corners rounded

Well rounded ... Flat faces absent and all corners rounded

نوع القطعة (Fragment kind) هو التركيب الصخرى للمكون 2 مم أو أكبر من التربة. وتتباين الأنواع بناءً على ما إذا كان أصلها مصدر جيولوجى أو مصدر تكوينى. ومن أمثلة الأنواع: قطع البازلت، durinodes، تجمعات حديد ومنجنيز صلبة، قطع حجر جيرى، قطع جيرية متحجرة (petrocalcic)، قطع tuff، وقطع خشب.

القطع الأثرية (Artifacts)

القطع الأثرية (Artifacts) عبارة عن أشياء أو مواد منفصلة وثابتة فى الماء تم صنعها أو تعديلها أو نقلها من مصدرها بواسطة البشر، وعادةً ما يكون ذلك لغرض عملى فى أنشطة السكن (habitation)، التصنيع (manufacturing)، التنقيب (excavation)، الزراعة (agriculture)، أو البناء (construction). ومن الأمثلة: المنتجات الخشبية المصنعة، المنتجات الثانوية لاحتراق الفحم (coal)، البيتومين (الأسفلت)، الألياف والأقمشة (fibers and fabrics)، الطوب (bricks)، كتل الخبث (cinder blocks)، الخرسانة (concrete)، البلاستيك (plastic)، الزجاج (glass)، المطاط (rubber)، الورق (paper)، الحديد والصلب (iron and steel)، المعادن المعدلة (altered metals and minerals)، النفايات الصحية (sanitary) والطبية (medical)، القمامة (garbage)، ومخلفات دفن النفايات (landfill waste). وتشمل المصنوعات اليدوية أيضًا المواد الطبيعية التى تم بريها (abraded) ميكانيكيًا من خلال الأنشطة البشرية (كما يتضح من الخدوش (scrapes) والنحت (gouges) وعلامات الأدوات وما إلى ذلك)، مثل الأعمال الحجرية المشكلة أو المنحوتة، أحجار الطحن (grindstones)، الأحجار المُشكَّلة (shaped stones and debitage) مثل رقائق الأدوات الحجرية (stone tool flakes).

وتصنف القطع الأثرية عموما كجسيمات (particulate) أو منفصلة (discrete). ويعتمد التمييز على الحجم: فالقطع الأثرية الجسيمية قطرها أقل من 2 مم والقطع الأثرية المنفصلة قطرها 2 مم أو أكثر. والقطع الأثرية المنفصلة أسهل فى التعرف وهى أساسا أجزاء من أصل بشرى. ويصعب أحيانًا تمييز القطع الأثرية الجسيمية من مواد ناعم التربة التى تحدث بشكل طبيعى.

وصف القطع الأثرية فى التربة (Describing Artifacts in Soil)

توصف القطع الأثرية إذا تم الحكم على أنها متحجرة بدرجة كافية لتستمر فى التربة (مقاومة التجوية والغسيل) لبضعة عقود أو أكثر. ويتضمن وصف القطع الأثرية عموما الكمية والتماسك والثبات والحجم ودرجات الأمان. وقد تشمل أيضًا الشكل والنوع وقابلية الاختراق بالجذور والاستدارة. ويمكن وصف السمات الإضافية، مثل التى تناقش أدناه تحت عنوان التماسك (Consistence)، للمساعدة فى فهم وتفسير التربة. ويتم شرح اصطلاحات وصف القطع الأثرية فى الفقرات التالية.

الالتحام (Cohesion) يشير إلى القابلية النسبية للقطعة الأثرية على البقاء سليمة بعد حدوث اضطراب معنوى.

وأقسام الالتحام هى:

ملتحمة (Cohesive): تلتحم القطعة ببعضها بشكل كافٍ بحيث لا يمكن كسرها بسهولة إلى قطع < 2 مم سواء باليد أو باستخدام أداة تكسير بسيطة، مثل الهون (mortar) والمدقة (pestle).

غير ملتحمة (Noncohesive): تكسر القطعة بسهولة إلى قطع < 2 مم إما باليد أو باستخدام أداة تكسير بسيطة. وتشبه قطع pararock وتدمج فى جزء ناعم التربة أثناء التحضير المعملى الروتينى للعينة.

وتصف قابلية الاختراق (Penetrability) السهولة النسبية التى يمكن للجذور من خلالها اختراق القطعة الأثرية واستخلاص أى رطوبة مخزنة أو مغذيات أو عناصر سامة. ودرجات الاختراق هى:

غير قابلة للاختراق (Nonpenetrable): لا يمكن للجذور اختراق الأجزاء الصلبة من القطعة الأثرية أو بين الأجزاء المكونة للقطعة الأثرية.

قابلة للاختراق (Penetrable): تخترق الجذور الأجزاء الصلبة أو بين الأجزاء المكونة للقطعة.

ويصف الثبات (Persistence) القدرة النسبية للقطع الصلبة على مقاومة التجوية (weathering) والتحلل (decay) بمرور الوقت. وتؤثر الظروف المحلية، مثل الحرارة والرطوبة، بشكل كبير على ثبات القطع الأثرية فى التربة. ودرجات الثبات هى:

غير ثابتة (Nonpersistent): القطعة معرضة للتجوية السريعة نسبيًا أو التحلل، ومن المتوقع أن تفقد من التربة فى أقل من عقد من الزمان. وأخيرا ينتج فقد كتلة التربة والهبوط.

ثابتة (Persistent): من المتوقع أن تظل القطعة سليمة فى التربة لمدة عقد أو أكثر.

وتشير الاستدارة (Roundness) إلى حدة حواف وأركان قطع الصخور، والأشياء من صنع الإنسان، مثل artifacts. وأقسام استدارة القطع الأثرية هى نفسها المستخدمة فى استدارة القطع الصخرية أعلاه.

وتصف السلامة (Safety) درجة الخطر على البشر من ملامسة التربة التى تحتوى على قطع أثرية. ويجب تجنب الاتصال الجسدى بالتربة التى تحتوى على قطع خطيرة أو ضارة ما لم يتم توفير التدريب المناسب والملابس الواقية. ودرجات السلامة هى:

غير ضارة (Innocuous): تعتبر القطع الأثرية غير ضارة للكائنات الحية. وتشمل الأمثلة المنتجات الخشبية غير المعالجة، الحديد، الطوب، كتل الخبث، الخرسانة، البلاستيك، الزجاج، المطاط، الألياف العضوية، الألياف غير العضوية، الورق والكرتون غير المطبوع، وبعض المنتجات المعدنية. ويمكن أن تتسبب القطع الأثرية الحادة غير الضارة فى حدوث إصابة، ولكن المواد نفسها تعتبر غير ضارة.

ضارة (Noxious): القطع الأثرية يحتمل أن تكون ضارة أو مدمرة للكائنات الحية ما لم يتم التعامل معها بعناية. وقد يكون الضرر فوريًا أو على المدى البعيد ومن خلال الاتصال المباشر أو غير المباشر. وتشمل الأمثلة المنتجات الخشبية المعالجة بالزرنيخ (arsenic-treated)، البطاريات (batteries)، النفايات والقمامة، التسرب الإشعاعى (radioactive fallout)، منتجات البترول السائلة، الأسفلت، رماد الفحم، الورق المطبوع بالحبر المعدنى، وبعض المنتجات المعدنية.

الشكل (Shape) متغير بين أنواع القطع الأثرية. وأقسام الشكل هى:

مستطيلة (Elongated): أحد الأبعاد أطول ثلاث مرات على الأقل من البعدين الآخرين.

متساوية الأبعاد (Equidimensional): الأبعاد فى الطول والعرض والارتفاع متشابهة تقريبًا.

مسطحة (Flat): أحد الأبعاد أقل من ثلث أى من البعدين الآخرين، والبعد الآخر أقل من ثلاثة أضعاف البعد

المتوسط.

غير منتظمة (Irregular): الشكل متفرع (branching) ومعقد (convoluted).

ويقاس الحجم (Size) ويوصف أو يعطى كدرجة. ويعتمد البعد الذى تنطبق عليه حدود درجة الحجم على شكل القطعة. فإذا كان الشكل موحدًا تقريبًا، يتم قياس الحجم بأقصر بُعد، مثل القطر الفعال للأسطوانة أو سمك الشريحة. وبالنسبة للأجسام الطويلة أو غير المنتظمة، يشير الحجم عمومًا إلى البعد الأطول، ولكن يمكن إعطاء قياسات مباشرة لبعدين أو ثلاثة للتوضيح. ودرجات الحجم للقطع الأثرية المنفصلة هى:

Fine ..... 2 to < 20 mm

Medium ..... 20 to < 75 mm

Coarse ..... 75 to < 250 mm

Very coarse ..... ≥ 250 mm

أنواع القطع الأثرية (Kinds of Artifacts)

أنواع القطع الأثرية كثيرة جدًا بحيث لا يمكن توفير قائمة شاملة. والأنواع الأكثر شيوعًا هى:

- القطع الأثرية الضارة وغير الضارة (Noxious and innocuous)
- المنتجات الخشبية المعالجة وغير المعالجة (Treated and untreated wood products)
- المنتجات البترولية السائلة (Liquid petroleum products)
- المنتجات الثانوية لاحتراق الفحم (Coal combustion by-products)
- الورق والكرتون (Paper (printed and unprinted) and cardboard
- النفايات الصحية والطبية (Sanitary and medical waste)
- القمامة ومخلفات المقالب (Garbage and landfill waste)
- الأسفلت (Asphalt)
- الألياف العضوية وغير العضوية (Organic and inorganic fibers)
- الطوب (Bricks)
- كتل الخبث (Cinder blocks)
- الخرسانة (Concrete)
- البلاستيك (Plastic)
- الزجاج (Glass)
- منتجات المطاط (Rubber products
- الحديد والصلب (Iron and steel)

مصطلحات معدلات قوام التربة ذات القطع الأثرية

(Texture Modifier Terms for Soils with Artifacts)

يوصف قوام التربة طبقا لمحتواها من االقطع الأثرية:

أقل من 15%: لا يتم استخدام مصطلحات معدلة للقوام.

15% إلى أقل من 35%: يستخدم المصطلح "artifactual "، مثل artifactual loam.

35% إلى أقل من 60%: يستخدم المصطلح "very artifactual"، very artifactual loam.

60% إلى أقل من 90%: يستخدم المصطلح "extremely artifactual"، على سبيل المثال، extremely artifactual loam.

90% أو أكثر: لا تستخدم مصطلحات معدلة للقوام. وإذا لم يكن هناك ما يكفى من ناعم لتحديد القوام (أقل من حوالى 10%، حجما)، يستخدم المصطلح "artifacts".

معدِّلات القوام المركبة (Compound Texture Modifiers)

فى بعض الحالات، قد تحتوى التربة المعدنية على مزيج من أنواع القطع أو التركيبات يكون استخدام معدِّلات القوام المركبة مفيدًا. على سبيل المثال، قد يحتوى أفق التربة على كل من القطع الأثرية وقطع أخرى، مثل قطع الصخور وشبه الصخور. فى هذه الحالات، يتم وصف كل منها على حدة. ويمكن دمج معدلات كل من artifacts وقطع الصخور أو قطع شبه الصخور. ويكتب معدّل قطع الـ artifacts قبل معدّل قطع الصخور أو شبه الصخور، مثل artifactual very gravelly sandy loam. كما يمكن دمج معدّلات التركيب وقطع الصخور. على سبيل المثال، أفق channery mucky clay أو أفق gravelly gypsiferous sandy loam يحتوى قطع صخرية وأيضًا محتوى مرتفع من مادة عضوية أو جبس. وهناك عديد من التركيبات الممكنة.

القطع على السطح (Fragments on the Surface)

يناقش هذا القسم وصف قطع الصخور (خاصة الأحجار والجلاميد) الموجودة على السطح مقارنةً بالتى فى التربة. ويختلف وصف الحصى والحصى الكبير والمرايا التى قطرها ≤ 2 ولكن < 250 مم عن القطع التى قطرها ≤ 250 مم لأن أحد الجوانب المهمة هو النسبة المئوية لمساحة سطح الأرض التى تغطيها. ويوفر هذا الغطاء بعض الحماية من الانجراف بالرياح والمياه. وقد يتعارض أيضًا مع وضع البذور وظهورها بعد الإنبات. وبالنسبة للأحجار والجلاميد، فإن نسبة الغطاء فى حد ذاتها ليست مهمة مثل التفاعل مع المعالجة الميكانيكية للتربة. على سبيل المثال، قد تتداخل نسبة صغيرة جدًا من الأجزاء الكبيرة، غير المهمة للحماية من الانجراف، مع الحرث، وحصاد الأشجار، والعمليات الأخرى التى تتضمن الآلات.

ويتم تحديد النسبة المئوية لمساحة سطح الأرض باستخدام إجراءات حساب النقاط و/ أو إجراءات تقاطع الخطوط. وإذا كانت المساحة تساوى أو تزيد عن 80%، يعتبر الجزء العلوى من التربة متوسط ارتفاع قمة قطعة الصخر. ويجب تسجيل نسب حجم القطع من 2 إلى 5 مم و 5 إلى 75 مم و 75 إلى 250 مم. ويمكن عمل ذلك من القياسات المساحية فى المناطق الممثلة.

وعدد وحجم وتباعد الأحجار والجلاميد (قطر ≤ 250 مم) على سطح التربة، بما فى ذلك الموجودة على السطح والموجودة جزئيًا داخل التربة، لها تأثيرات مهمة على استخدام التربة وإدارتها. وتعطى الدرجات بمصطلحات الكمية التقريبية لقطع الأحجار وحجم الجلاميد على السطح كما يأتى:

Class 1: تغطى الأحجار أو الجلاميد حوالى 0.01% إلى أقل من 0.1% من السطح. والأحجار الأصغر فى الحجم

تبعد عن بعضها البعض 8 م على الأقل. والجلاميد الأصغر فى الحجم تبعد عن بعضها 20 م على الأقل (شكل 3-9).

شكل 3-9: منطقة تربة جلمودية (class 1).

Class 2: تغطى الأحجار أو الجلاميد حوالى 0.1% إلى أقل من 3% من السطح. والأحجار الأصغر تبعد عن بعضها ليس أقل من 1 متر. والجلاميد الأصغر تبعد عن بعضها ليس أقل من 3 أمتار (شكل 3-10).

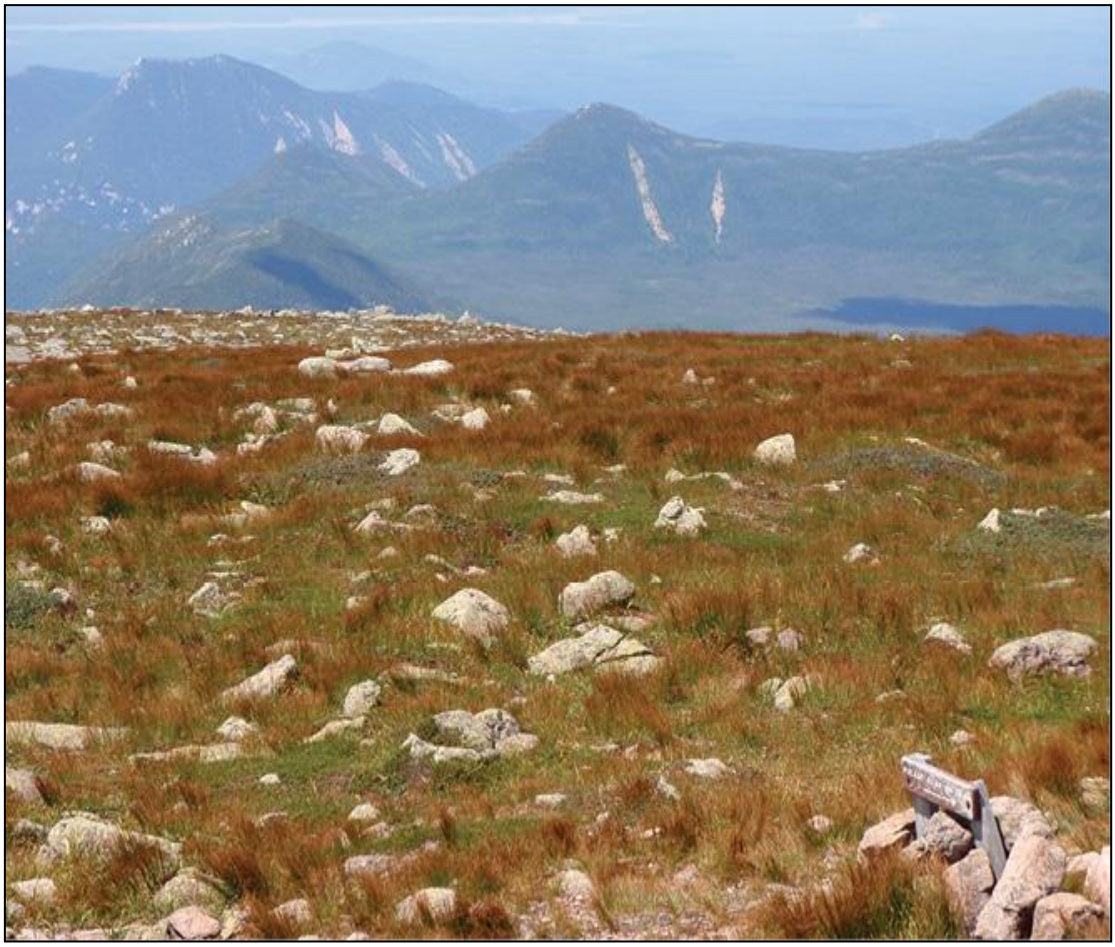
شكل 3-10: منطقة تربة جلمودية جدا (class 2).

Class 3: تغطى الأحجار أو الجلاميد 3% إلى أقل من 15% من السطح. والأحجار الأصغر تبعد عن بعضها البعض أقل من 0.5 متر. والجلاميد الأصغر تبعد عن بعضها أقل من 1 متر (شكل 3-11).

Class 4: تغطى الأحجار أو الجلاميد 15% إلى أقل من 50% من السطح. والأحجار الأصغر تبعد عن بعضها أقل من 0.3 متر؛ والجلاميد الأصغر تبعد عن بعضها أقل من 0.5 متر. وفى معظم المواقع من الممكن القفز من حجر إلى حجر أو من صخرة إلى صخرة بدون لمس التربة (شكل 3-12).

Class 5: تظهر الأحجار أو الجلاميد مستمرة تقريبا وتغطى 50% أو أكثر من السطح. والأحجار الأصغر تبعد عن بعضها أقل من 0.03 متر. والجلاميد الأصغر تبعد عن بعضها أقل من 0.05 متر. وتصنف التربة ضمن قطع

الصخور، ونمو النباتات ممكن (شكل 3-13).



شكل 3-11: منطقة تربة جلمودية للغاية (class 3).

شكل 3-12: منطقة تربة rubbly (class 4).

هذه الحدود مخصصة فقط كدليل للكميات التى قد تكون معوقات حرجة لأنواع استخدام الأراضى الرئيسية. ويلخص جدول 3-4 هذه الدرجات.

شكل 3-13: منطقة تربة very rubbly (class 5).

جدول 3-4: درجات الأحجار والجلاميد السطحية من حيث الغطاء والتباعد.

Class	Percentage of surface covered	Distance in meters between stones or boulders if the diameter is:			Descriptive term
		0.25 m*	0.6 m	1.2 m	
1	0.01 to < 0.1	≥ 8	≥ 20	≥ 37	Stony or bouldery
2	0.1 to < 3.0	1–8	3–20	6–37	Very stony or very bouldery
3	3.0 to < 15	0.5–1	1–3	2–6	Extremely stony or extremely bouldery
4	15 to < 50	0.3–0.5	0.5–1	1–2	Rubbly
5	≥ 50	< 0.3	< 0.5	< 1	Very rubbly

* 0.38 m if the fragment is flat.

لون التربة (Soil Color)

يستخدم نظام مانسل (Munsell) فى حصر الأراضى، متضمنا حصر الأراضى الوطنى التعاونى (NCSS) فى الولايات المتحدة، لوصف لون التربة باستخدام عناصر الدرجة (hue) والقيمة (value) والصفاء (chroma). والأسماء المرتبطة بكل رقاقة لون قياسية (بنية صفراء (yellowish brown)، رمادية فاتحة (light gray)، وما إلى ذلك) ليست جزء من النظام. ولكنها اختيرت بواسطة هيئة حصر الأراضى (Soil Survey Staff) لاستخدامها مقترنة برقائق ألوان المانسل. وقد اختيرت حتى يتمكن علماء التربة من وصف النطاق الطبيعى للألوان الموجودة فى التربة. وهذه الرقائق بينها تباين واضح لمطابقة العينة لنفس اللون دائما. ولا ينصح بالاستيفاء بين الرقائق فى عمليات الحصر القياسية لأن التقديرات البصرية لا يمكن تكرارها بمستوى عالٍ من الدقة. وبالرغم من توفر مقاييس ألوان رقمية تعطى قراءات دقيقة للألوان، إلا أنها لا تستخدم على نطاق واسع فى

الحقل. لذلك، فإن الإجراء القياسى المعتمد لأعمال حصر الأراضى هو المقارنة البصرية لبطاقات لون التربة القياسية.

عناصر وصف لون التربة (Elements of Soil Color Descriptions)

عناصر وصف لون التربة هى اسم اللون، وتدوين مانسل (Munsell notation)، والحالة المائية (رطبة أو جافة) والحالة الطبيعية مثال: " بنية (10YR 5/3)، جافة، مطحونة، وناعمة." وتسجل الحالة الطبيعية للتربة كمتكسرة (broken)، مفككة (rubbed)، مسحوقة (crushed)، أو مسحوقة ومنعمة (crushed and smoothed). ويستخدم مصطلح "مسحوقة" عادة مع العينات الجافة ومصطلح"مفككة" للعينات الرطبة. وإذا لم تحدد الحالة الطبيعية، يكون السطح متكسر. ويتم تسجيل لون التربة عادة للسطح المتكسر من خلال وحدة البناء (ped) إذا أمكن كسرها. وإذا كان لون الأسطح مختلفا بشكل ملحوظ عن داخل الوحدة، يجب وصف ذلك أيضًا.

وقيمة اللون (value) لمعظم مواد التربة تصبح أقل بعد الترطيب. وبالتالى، تعطى دائما حالة الرطوبة للعينة. وحالة الرطوبة إما "رطبة" أو "جافة". والحالة الجافة لتقديرات اللون هى الجافة هوائيا وينبغى أن تقدر عند النقطة التى لا يتغير عندها اللون مع التجفيف الإضافى. ويقدر اللون فى الحالة الرطبة على مواد التربة متوسطة الرطوبة أو الرطبة جدا، وينبغى التقدير عند النقطة التى لا يتغير عندها اللون مع الترطيب الإضافى. ولا يجب ترطيب التربة إلى أن تصير لامعة لأن تقدير لون التربة المبتلة قد يكون خطأ بسبب انعكاس الضوء من أغلفة المياه. وفى المناطق الرطبة، تعتبر حالة الرطوبة بشكل عام قياسية؛ وفى الأقاليم الجافة، تكون الحالة الجافة قياسية. وفى الوصف التفصيلى، تسجل ألوان التربة الجافة والرطبة إذا كان ذلك ممكنا. واللون لحالة الرطوبة القياسية إقليميا يوصف عادة أولا. والألوان الرطبة والجافة مهمة، خاصة للسطح الحالى وآفاق الحرث من أجل تقييم الانعكاس.

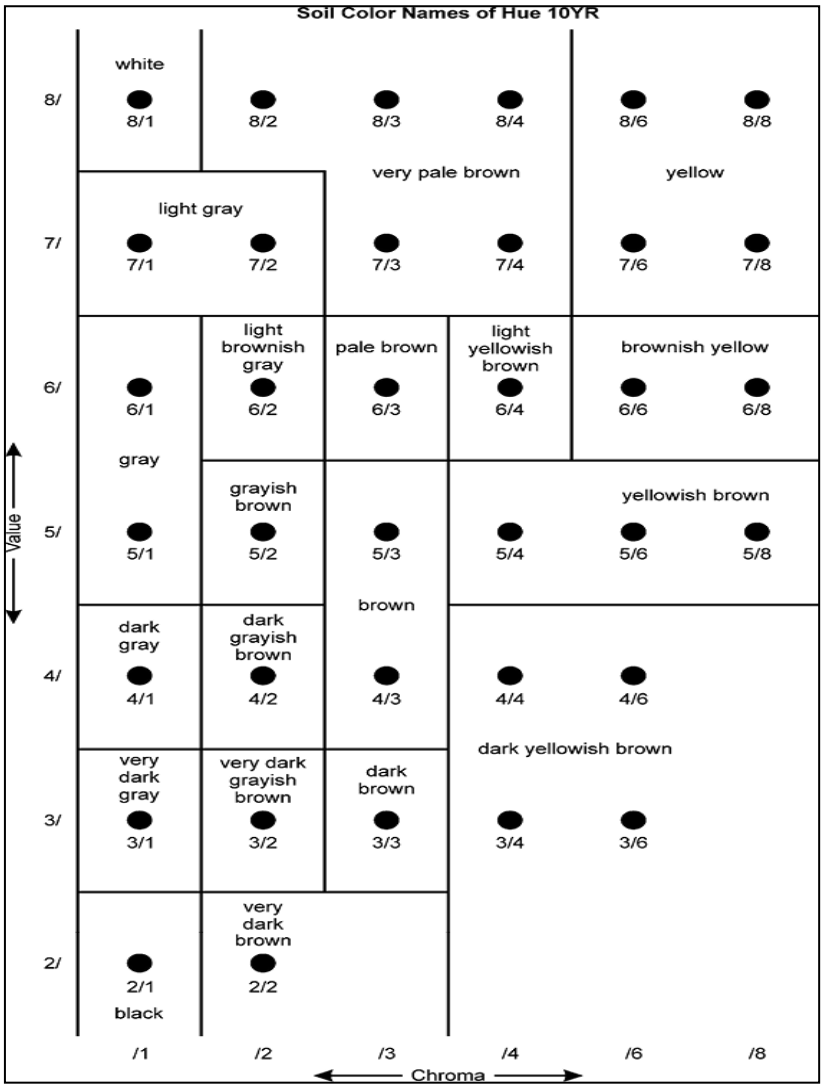
ويتم الحصول على تدوين مانسل بالمقارنة مع لون بطاقات مانسل. والأكثر شيوعا تتضمن فقط نحو خُمس مجموعات hues[1]. وتتكون من حوالى 250 ورقة ألوان مختلفة، أو رقائق، مرتبة بانتظام على بطاقات hue وفقا لتدوينات مانسل. ويوضح شكل 3-14 ترتيب رقائق اللون على بطاقة مانسل hue 10YR.

[1] تتوفر رقائق الألوان المناسبة، منفصلة أو مركبة على بطاقات خاصة لدفتر بطاقات مفككة، بواسطة عديد من موردى المعدات العلمية.

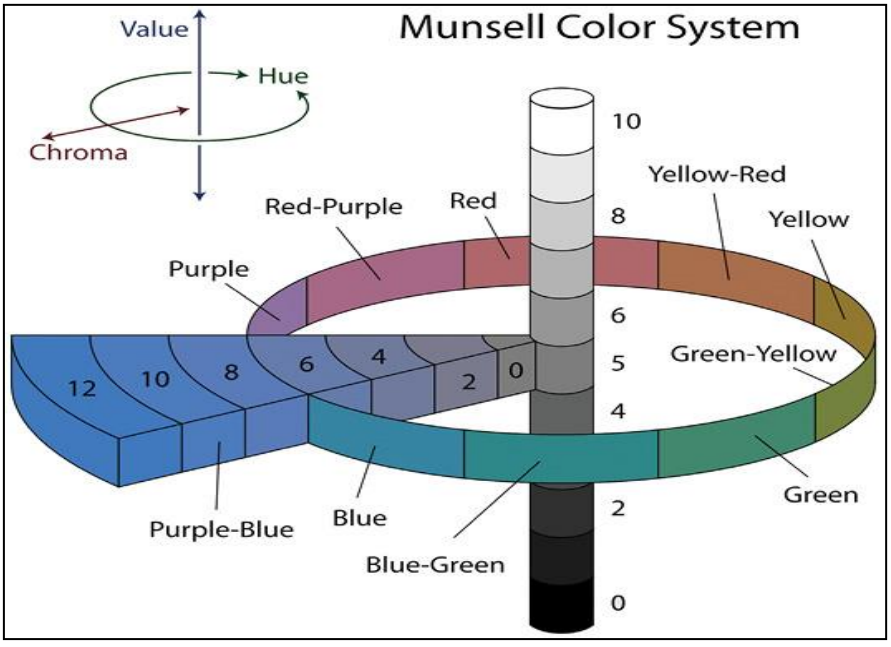
ويستخدم نظام مانسل ثلاثة عناصر للون: hue، value، chroma. ويتم تسجيل تدوين اللون فى شكل: hue, value/chroma (على سبيل المثال، 5Y 6/3).

Hue هو مقياس تركيب اللون من الضوء الذى يصل للعين. ويعتمد نظام مانسل على خمس درجات رئيسية: الأحمر (R) والأصفر (Y) والأخضر (G) والأزرق (B) والأرجوانى (P). وخمس hues وسيطة تمثل نقاط الوسط بين كل زوج من الألوان الرئيسية لتكمل أسماء عشرة hues رئيسية تستخدم لوصف التدوين. hues الوسيطة هى أصفر- أحمر (YR) وأخضر- أصفر (GY) وأزرق- أخضر (BG) وأرجوانى- أزرق (PB) وأحمر- أرجوانى (RP) . والعلاقات بين 10 hues مبينة فى شكل 3-15. وتنقسم كل hue إلى أربع قطع متساوية من الخطوات البصرية، تسمى بقيم عددية تستخدم كبادئات لرمز إسم hue[2]. على سبيل المثال، 10R يمثل حد hue الأحمر. ويتم تحديد أربع خطوات متباعدة بالتساوى من hue المجاور أصفر- أحمر (YR) هى 2.5YR، 5YR، 7.5YR، و 10YR، على التوالى. وكتاب الألوان القياسى للتربة به بطاقات منفصلة للـ hue من 10R إلى 5Y. وبالإضافة إلى ذلك، تتوفر بطاقات لألوان الاختزال (gley) والألوان الفاتحة جدا.

[2] The notation for hue, value, and chroma is a decimal number that can be refined to any degree. In practice, however, only the divisions on the color charts are used.



شكل 3-14: ترتيب رقائق الألوان حسب القيمة والصفاء على بطاقة لون التربة hue 10YR.



شكل 3-15: رسم تخطيطى يبين العلاقات بين درجة وقيمة وصفاء اللون فى نظام مانسل (Rus, 2007).

ويشير Value إلى درجة إضاءة (lightness) أو إظلام (darkness) اللون بالنسبة للمقياس الرمادى المتعادل (neutral gray scale). وعلى المقياس الرمادى المتعادل (achromatic)، يمتد الـ value من الأسود النقى (0/) إلى الأبيض النقى (10/). وتدوين الـ value هو قياس كمية الضوء التى تصل إلى العين فى ظروف الإضاءة القياسية. ويلاحظ اللون الرمادى (Gray) فى منتصف المسافة تقريبا بين الأسود والأبيض، وله تدوين 5/ value. وترتبط الكمية الفعلية من الضوء التى تصل للعين لوغاريتميا بقيمة اللون (value). ويشار إلى الألوان الفاتحة بالأرقام بين 5/ و / 10؛ والألوان الداكنة بالأرقام من 5/ إلى 0/. ويجوز تسمية هذه القيم للظروف غير اللونية (achromatic)، أى لا توجد hue و الـ chroma صفر (0)، واللونية (chromatic) المكونات الثلاثة (hue, value, and chroma). والبطاقة بها سلسلة رقائق مرتبة رأسيا لتبين خطوات متساوية من الظلال الأفتح إلى الظلال الأدكن من الـ hue. ويبين شكل 3-14 هذا الترتيب رأسيا على بطاقة hue 10YR. لاحظ أن القيمة الأعلى المبينة على بطاقات اللون القياسية هى 8. والرقائق بقيمة 9 متضمنة على بطاقات خاصة للألوان الفاتحة جدا.

Chroma هى الصفاء النسبى أو شدة اللون الطيفى. وتشير إلى درجة تشبع اللون الرمادى المتعادل باللون الطيفى. ومقاييس صفاء لون التربة (chroma) تمتد من 0/ للألوان المتعادلة إلى 8/ للتعبير الأقوى للألوان. ورقائق اللون مرتبة أفقيا بزيادة الصفاء من اليسار إلى اليمين على بطاقات ألوان التربة (أنظر شكل 3-14).

وفى الـ hue مثل 10YR، توجد أدكن درجات اللون فى الجزء السفلى من البطاقة وتكون الألوان الأفتح فى الأعلى. ويظهر أضعف تعبير للصفاء (اللون الأكثر رمادية) فى اليسار، وأقوى تعبير فى اليمين.

وتوجد رموز مثل N 6/ فى أقصى يسار بعض البطاقات. هذه الألوان لها صفاء صفر وهى غير لونية (متعادلة). ليس لها hue ولا صفاء ولكنها تتراوح فى القيمة من الأسود (N 2.5/) إلى الأبيض (N 8/). ومثال على تدوين لون محايد (غير لونى) هو N 5/ (رمادى). ويُطلق على اللون 10YR 5/1 أيضًا رمادى لأن الـ hue صعب إدراكها فى مثل هذا الصفاء المنخفض.

شروط قياس اللون (Conditions for measuring color)

تؤثر نوعية وشدة مصدر الضوء على كمية ونوعية الضوء المنعكس. ويؤثر محتوى الرطوبة فى العينة وخشونة سطحها على الضوء المنعكس. والانطباع البصرى للون رقائق الألوان القياسية يكون دقيقا فقط تحت ظروف قياسية من شدة وجودة الضوء. ويكون تقدير اللون غير دقيق مبكرا فى الصباح أو متأخرا فى المساء. وعندما تكون الشمس منخفضة فى السماء أو فى الجو دخان، يكون الضوء الواصل إلى العينة والضوء المنعكس منها أكثر احمرارا. وعلى الرغم من أن نفس نوع الضوء يصل إلى رقائق اللون والعينة، فقراءة لون العينة فى هذه الأوقات تكون عادة الـ hue أكثر احمرارا عن منتصف النهار. كما تظهر ألوان مختلفة فى ضوء اليوم الغائم عن تلك فى ضوء الشمس الساطع. وإذا استخدام ضوء صناعى، كتقديرات اللون فى المكتب، يجب أن يكون مصدر الضوء المستخدم قريبا من الضوء الأبيض فى منتصف النهار كلما أمكن. وبالممارسة، يمكن إجراء تعويض عن الاختلافات. وشدة الضوء الساقط أمر بالغ الأهمية خصوصا عند مطابقة التربة برقائق منخفضة الصفاء (chroma) ومنخفضة القيمة (value).

وتؤثر خشونة السطح العاكس على كمية الضوء المنعكس، خاصة إذا كان الضوء يسقط بزاوية حادة. ويجب أن يكون الضوء الساقط قريبا إلى أقصى حد ممكن من الزاوية القائمة. وبالنسبة للعينات المسحوقة، يكون السطح أملس (smoothed) ويتم تسجيل الحالة "جافة، مسحوقة، وملساء".

إرشادات تسجيل اللون (Guidelines for Recording Color)

عدم اليقين (Uncertainty)

فى الظروف الحقلية، يمكن تقدير اللون بواسطة أفراد مختلفين خلال 2.5 وحدة hue (كتاب مانسل واحد) ووحدة واحدة من القيمة (value) والصفاء (chroma). ويتم التدوين لمطابقة الرقائق المضمنة فى كتاب الألوان، وعادةً ما تكون أقرب وحدة كاملة للقيمة والصفاء. ويجب تسجيل لون التربة لأقرب شريحة ألوان متوفرة ولكن لا يتم إقحامها بين الرقائق. وبالنسبة لبعض الـ hues، يتم تضمين شرائح بقيمة 2.5.

وعادة ما تكون التقديرات غير دقيقة بما فيه الكفاية لتبرير الاستيفاء بين chromas 4، 6، أو 6، 8. ولا ينبغى أبدا استقراء اللون وراء أعلى رقاقة. ولا تظهر بطاقات ألوان التربة للـ hues المفردة قيمة أكبر من 8. ومع ذلك، يتم تضمين الرقائق ذات القيم الأعلى فى بطاقة بيضاء خاصة ويجب استخدامها للتربة ذات الألوان الفاتحة جدًا (على سبيل المثال، ذات محتوى مرتفع من كربونات الكالسيوم). ويتم دائمًا تقريب الألوان المرصودة إلى أقرب شريحة.

والاختلافات بين ألوان بعض رقائق الألوان المتجاورة لها أهمية قليلة. ولهذا، تم تجميع الرموز اللونية وتسميتها (انظر الشكل 3-14).

اللون السائد (Dominant Color)

اللون السائد هو اللون الذى يشغل الحجم الأكبر من الطبقة. وتعطى دائما الألوان السائدة أولا فى الطبقة متعددة الألوان. ويتم تقدير ألوان أوجه الوحدات أو الوحدات المتكسرة أو نسيج العينة فى الآفاق عديمة البناء. وإذا وجد لونين، يشكل اللون السائد أكثر من 50% من حجم العينة. وإذا لوحظ ثلاثة ألوان أو أكثر، يشكل اللون السائد أكبر حجم من أى لون آخر فى الطبقة، بالرغم من أنه قد يشغل أقل من 50%.

وفى بعض الطبقات، لا يوجد لون واحد سائد واللون الأول المدرج ليس أكثر انتشارًا من الآخرين. والتعبير بنى وبنى مصفر مع بنى رمادى (brown and yellowish brown with grayish brown) يشير إلى أن البنى والبنى المصفر يشكلان كميات متساوية وهما مشتركان فى السيادة. وإذا وصفت الألوان بأنها بنى وبنى مصفر وبنى رمادى، فإن الألوان الثلاثة تشكل أجزاء متساوية تقريبًا من الطبقة.

ألوان غير نسيجية أخرى (Other Non-Matrix Colors)

بالإضافة إلى لون نسيج واحد سائد أو لونين أو أكثر، قد توجد ألوان أخرى غير نسيجية. وترتبط هذه الألوان بشكل عام بواحد من الحالات الأربع التالية:

1. ترتبط الألوان الإضافية بخواص أسطح وحدات البناء أو الفراغ (مثل أغشية الطين، وأغلفة السلت، و slickensides، إلخ).
2. ترتبط الألوان بالتركيزات فى التربة (مثل plinthite، كربونات الكالسيوم، بللورات الجبس، إلخ).
3. تنتج الألوان من عمليات الأكسدة و/ أو الاختزال فى التربة المبتلة (أى خصائص الأكسدة والاختزال، مثل كتل الحديد، واستنزاف الحديد، وعقد المنجنيز).
4. يتم توريث اللون من مادة الأصل وليس نتيجة عمليات تكوينية. وهذه الألوان هى lithochromic أو lithomorphic وتوصف كبقع (mottles).

وبروتوكولات وصف مظاهر الأكسدة والاختزال، ومظاهر السطح، والتركيزات فى التربة (بما فى ذلك اللون) مقدمة لاحقًا فى هذا الباب.

التبقع (Mottling)

يشير إلى تغيرات الألوان المتكررة التى لا ترتبط بالخصائص التركيبية للتربة. وكما هو موضح أعلاه، فإن نمط اللون المرتبط بسطح الوحدات أو أى مظهر تنظيمى أو تركيبى آخر ليس تبقع. وفى وصف الأفق، يتبع وصف البقع اللون السائد. ويتم وصف البقع (وغيرها من المظاهر غير النسيج) بالكمية والحجم والتباين واللون والمظاهر الأخرى، إذا كانت مهمة، مثل حالة الرطوبة والشكل والموقع، بهذا الترتيب.

وتتم الإشارة إلى الكمية (Quantity) بثلاثة أقسام نسبية مساحية للسطح المرصود:

Few ..... less than 2 percent

Common ..... 2 to less than 20 percent

Many ..... 20 percent or more

ويجب أن يشير التدوين بوضوح إلى الألوان التى تنطبق عليها شروط الكمية. على سبيل المثال، قد تعنى عبارة "بقع بنية رمادية وبنية صفراء بنسبة متوسطة" أن كل لون يشكل 2% إلى 20% من الأفق.

وحسب الاصطلاح، يتم تفسير المثال على أنه يعنى أن كمية اللونين معًا تتراوح بين 2% و20%. وإذا كان كل لون يشكل ما بين 2% و20%، يجب أن يكون الوصف "بقع بنية رمادية (10YR 5/2) بنسبة متوسطة وبنية صفراء (10YR 5/4) بنسبة متوسطة".

ويشير الحجم (Size) إلى الأبعاد كما تظهر على سطح مستو. وإذا كان طول التبقع لا يزيد عن ضعفين أو ثلاثة أضعاف العرض، فإن البعد المسجل هو الأطول. وإذا كان التبقع طويلًا وضيقًا، كشريط من الألوان على محيط وحدة البناء، فإن البعد المسجل هو الأصغر، ويتم وصف الشكل والموقع أيضًا. وتُستخدم خمس درجات للحجم لوصف حجم البقع:

Fine ..... smaller than 2 mm

Medium ..... 2 to less than 5 mm

Coarse ..... 5 to less than 20 mm

Very coarse ..... 20 to less than 76 mm

Extremely coarse ..... 76 mm or more

ويشير التباين (Contrast) إلى درجة التمييز المرئى الواضح بين الألوان المرتبطة. ومعايير تحديد درجة التباين موضحة فى جدول 3-5. ودرجات تباين الألوان هى:

باهت (Faint): لا يظهر اللون إلا عند الفحص الدقيق.

واضح (Distinct): يرى اللون بسهولة ولكن يتباين فقط باعتدال مع اللون الذى يقارن به.

بارز (Prominent): يتباين اللون بشدة مع اللون الذى يقارن به. والألوان البارزة تكون عادةً أكثر مظاهر الألوان وضوحًا فى القسم الموصوف.

وغالبًا لا يكون التباين مقارنة بسيطة بين لون وآخر، ولكنه انطباع بصرى لتمييز لون واحد مع خلفية تتضمن عدة ألوان.

وتوصف البقع وغيرها من المظاهر الهامة باستخدام مصطلحات الشكل والموقع والحدود.

الشكل (Shape): نفس المصطلحات المستخدمة للتركيزات الأخرى فى التربة (أسطوانى (cylindrical)، طبقى (platy)، شبكى (reticulate)، إلخ).

الموقع (Location): يوصف موقع البقع بالنسبة لبناء التربة.

أقسام الحدود (Boundary classes): المصطلحات كما يلى:

حاد (sharp): تدرج اللون أقل من 0.1 مم. ويمكن تمييزه بصعوبة أو لا يمكن تمييزه بالعين المجردة، ولكن يمكن رؤيته بعدسة 10X.

واضح (clear): تدرج اللون يزيد عن 0.1 مم ولكن أقل من 2 مم. وقد يكون التدرج غامضًا ولكنه مرئى للعين المجردة. والعدسة 10X غير مطلوبة.

منتشر (diffuse): يكون تدرج اللون 2 مم أو أكثر. ويمكن تمييز التدرج بسهولة بالعين المجردة. والعدسة 10X غير مطلوبة.

جدول 3-5: مصطلحات درجات تباين اللون ومعاييرها.

Contrast class	Difference between compared colors			
	Hue	Value		Chroma
Faint*	0;	≤ 2	and	≤ 1
	1;	≤ 1	and	≤ 1
	2;	0	and	0
Distinct*	0;	≤ 2	and	> 1 to < 4
			or	
		> 2 to < 4	and	< 4
	1;	≤ 1	and	> 1 to < 3
			or	
		> 1 to < 3	and	< 3
	2;	0	and	> 0 to < 2
			or	
		0 to < 2	and	< 2
Prominent*	0;	≥ 4	or	≥ 4
	1;	≥ 3	or	≥ 3
	2;	≥ 2	or	≥ 2
	3			

*** If the compared colors have both a value < 3 and a chroma < 2, the contrast is faint, regardless of hue differences.**

ويُفترض أن تطبق حالة الرطوبة والحالة الطبيعية للون السائد على البقع ما لم ينص الوصف على خلاف ذلك. على سبيل المثال، قد يكون وصف عينة بحالة قياسية معينة مكسورة رطبة "بنية (10YR 4/3)، بنية (10YR 5/3) جافة؛ بقع بنية صفراء (10YR 5/6) وصفراء بنية (10YR 6/6) جافة واضحة بنسبة متوسطة ". وبدلاً من ذلك، يمكن إعطاء الألوان فى حالة الرطوبة القياسية معًا، متبوعة بالألوان فى حالات الرطوبة الأخرى. وعادة ما يتم إعطاء لون البقع فقط للحالة القياسية ما لم تكن الألوان فى حالة أخرى لها أهمية خاصة.

ومثال على وصف عينة بخليط متساوٍ تقريبًا من لونين لحالة قياسية مكسورة رطبة هو " مختلطة بنية (10YR 4/3) وبنية صفراء (10YR 5/6) فى نمط واضح بنسبة متوسطة؛ بنية (10YR 5/3) وصفراء بنية (10YR 6/6) جافة". وفى حالة وجود لون ثالث، يمكن إضافته، على سبيل المثال، "بقع بنية رمادية داكنة (10YR 4/2) باهتة بنسبة متوسطة، بنية رمادية (10YR 5/2) جافة."

وإذا كانت البقع صغيرة وباهتة ولا يمكن مقارنتها بسهولة بمعايير الألوان، فيجب حذف تدوين Munsell. ويتم استخدام الأوصاف المختصرة الأخرى لظروف محددة.

أنماط الألوان داخل التربة (Color Patterns Within the Soil):

يمكن وصف لون المظاهر التى تستحق وصفا واضحا بشكل منفصل، خاصة المظاهر المورفولوجية للأكسدة والاختزال (redoximorphic)، وحدات البناء، التجمعات الصلبة، العقد، الأجسام الملتحمة، وجحور الحيوانات الممتلئة، إلخ. وأنماط الألوان التى تظهر علاقة مكانية لتغييرات التركيب أو إلى ميزات مثل العقد أو أسطح وحدات البناء، من المفيد تسجيلها بسبب الاستنتاجات التى يمكن استخلاصها حول نشأة وسلوك التربة. ويمكن إعطاء ألوان امتداد المواد من طبقة تربة أخرى. وأنماط ألوان أنابيب صغيرة تمتد رأسيا أسفل أفق A فى تربة مبتلة، التى تمتد رأسيا أسفل أفق A لبعض الأراضى المبتلة يتم تحديدها بواسطة البيئة المجاورة للجذور التى شغلت الأنابيب. وتوفر علاقة مظاهر الأكسدة والاختزال بمواقع فى الأفق (مثل أوجه وحدات البناء، وداخل الوحدات، وبطانات المسام، وما إلى ذلك) أدلة مهمة حول الأنماط الداخلية للابتلال. على سبيل المثال، حافة لون ساطع حول منطقة داخلية ذات لون أفتح على سطح بعض وحدات البناء ترتبط بحركة الماء داخل وخارج الوحدات وعلاقات الأكسدة والاختزال.

لون سطح الأرض (Ground surface color)

لون سطح الأرض له تأثير هام على انتقال الحرارة إلى التربة. ***Albedo*** (نسبة الإشعاع الشمسى قصير الموجة المنعكس إلى إجمالى الكمية المستلمة) مرتبطة بلون التربة، وخاصة القيمة (value). وهى عامل أساسى لتقدير البخرنتح (evapotranspiration) ولحساب توازن الماء للنماذج الهيدرولوجية. وقد تختلف قيمة لون سطح الأرض المباشر بشكل ملحوظ عن قيمة أفق السطح. على سبيل المثال، اصطدام قطرة المطر الذى يزيل مواد فى حجم الطين من على سطح حبيبات الرمل والسلت قد ينتج عنه قشرة سطحية رقيقة سمكها حوالى ملليمتر مع قيمة لون أعلى. ويمكن تقدير البيدو (Albedo) لمكون ناعم التربة للغطاء السطحى (نظرًا لأن السطح أملس) بالمعادلة:

$$albedo = 0.069 * (value\ dry) - 0.114$$

والدراسات الخاصة التى تتضمن مدخلات نموذجية تشمل albedo تستخدم معلومات اللون لكل سطح الأرض، متضمنة الغطاء النباتى وكذلك مواد التربة. وفى بعض أنواع التربة الجافة (arid)، قد تقلل قطع الصخور الداكنة قيمة لون سطح الأرض بشكل ملحوظ من قيمة ناعم التربة للأفق السطحى ككل. وعلاوة على ذلك، قد يكون للنباتات الميتة قيم ألوان تختلف بشكل ملحوظ عن تلك لناعم التربة للأفق السطحى. ويؤثر لون السطح على انعكاس الضوء، الذى يؤثر على القدرة على امتصاص وإطلاق الطاقة الإشعاعية.

وتتباين ألوان سطح التربة على نطاق واسع فى موقع معين بسبب وجود أكثر من نوع واحد من الغطاء. وقد يكون من الضرورى تقدير النسبة المساحية لقيمة لون كل نوع من سطح الأرض (مثل قطع الصخور، النباتات الميتة، أو ناعم التربة)، ثم يتم اختيار قيمة لون واحد لكل عنصر هام من مكونات سطح الأرض. ومن النسبة المساحية للمكونات وقيم ألوانها، يمكن حساب المتوسط الوزنى لقيمة لون سطح الأرض.

بناء التربة (Soil Structure)

يشير بناء التربة إلى وحدات تتركب من حبيبات أولية. والالتحام (Cohesion) داخل هذه الوحدات أكبر من الالتصاق (adhesion) بينها. ونتيجة لذلك، تميل كتلة التربة إلى التفتت تحت الضغط على طول مستويات أو مناطق محددة. وتشكل هذه المستويات أو المناطق حدود الوحدات البنائية. وتظهر الاختلافات التركيبية لنسيج البناء تحكما ضعيفا أو منعدما على الأسطح التى تحدها. وإذا سيطرت الفروق التركيبية على الأسطح المحددة للجسم، يستخدم مصطلح تركيز (concentration). ويستخدم مصطلح وحدة بنائية (structural unit) لأى جسم تربة متكرر يتحدد عادة بواسطة مستويات أو مناطق ضعف ليست نتيجة للاختلافات التركيبية. والوحدة البنائية التى هى نتيجة لتطور التربة تسمى ped. وتدوم أسطح وحدات البناء فى مكانها خلال دورات الابتلال والجفاف. ويختلف سطح وحدة البناء عادة عن داخلها فى التركيب أو التنظيم، أو فى كليهما، بسبب تطور التربة. وتمارس عمليات تكوين التربة تحكما ضعيفا أو معدوما على حدود القلاقيل (clods) الترابية. وتتكون القلاقيل عادة فى الطبقة السطحية نتيجة إعادة ترتيب الحبيبات الأولية إلى شكل أكثر كثافة خلال الحرث أو أى إثارة ميكانيكية أخرى. ويجب استخدام نفس المصطلحات والمعايير المستخدمة فى وصف بناء التربة لوصف شكل ودرجة وحجم القلاقيل. وعادة يكون للقلاقيل شكل كتلى وحجم كافى للتأثير السلبى على الحرث. وبالرغم من استخدام المصطلحات الوصفية لكل من الوحدات البنائية والقلاقيل، إلا أن هذا لا يدل على أن القلاقيل نتيجة للعمليات التكوينية مثل الوحدات البنائية. ولتجنب سوء الفهم، يتم استخدام كلمة "clods" بدل كلمة " structure" فى الأوصاف المكتوبة (strong, coarse, angular blocky clods).

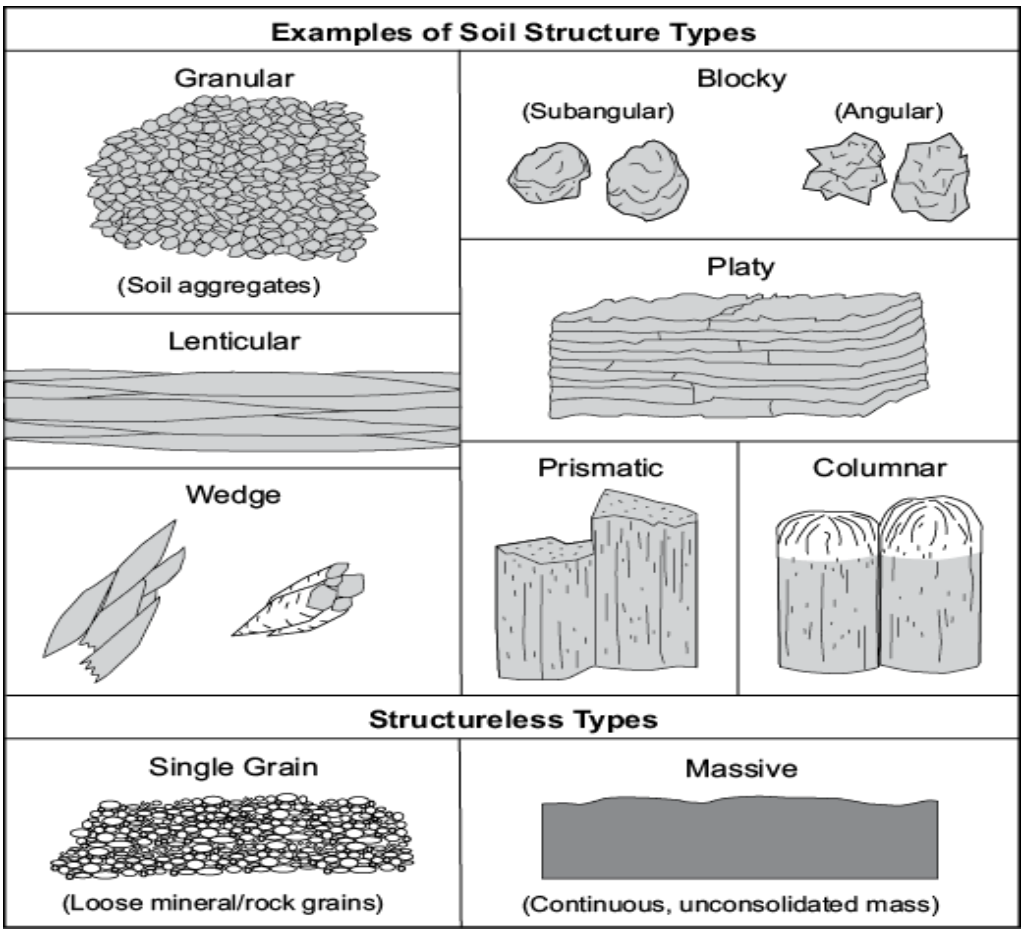
وبعض أنواع التربة تكون عديمة البناء (structureless). ولا يمكن ملاحظة أى وحدات فى مكانها أو بعد إثارة التربة، مثل ضربة بالكوريك تحتوى على شريحة من التربة من سطح صلب أو إسقاط كتلة كبيرة على الأرض. وعندما تفتت التربة عديمة البناء، تنتج قطع تربة ملتحمة أو حبيبات مفردة، أو كلاهما. ومواد التربة عديمة البناء قد تكون حبيبات مفردة (single grains) أو متكتلة (massive). وبالإضافة إلى أنها عديمة البناء، تكون مواد التربة من حبيبات مفردة سائبة (loose). وبالتفتيت، أكثر من 50% من الكتلة حبيبات معدنية منفصلة.

وبعض أنواع التربة يكون بناؤها بسيطا (simple structure)، حيث تكون كل وحدة كيانا بدون مكونات وحدات أصغر. وأنواع أخرى يكون بناؤها مركب (compound structure)، حيث تتكون الوحدات الكبيرة من وحدات أصغر مفصولة بأسطح دائمة ضعيفة.

ويوصف شكل (shape) وحجم (size) ودرجة (grade) وضوح (distinctness) وحدات البناء. وتتكون مصطلحات وصف بناء التربة فى الحقل من مجموعات منفصلة من التعبيرات تصف كلا من الخصائص الثلاث التى تشكل بتجميعها أسماء البناء. على سبيل المثال، يتم استخدام "بناء حبيبى صغير واضح" (strong fine granular structure) لوصف التربة التى تنفصل بالكامل تقريبًا إلى وحدات مفردة معبأة بشكل غير محكم، كروية تقريبًا، ويتراوح قطرها غالبًا بين 1 و 2 مم. ويمكن تعديل تسمية البناء حسب الدرجة والحجم والشكل بمصطلحات أخرى مناسبة لوصف الخصائص الأخرى، على سبيل المثال، "بناء عديسى (lenticular) متوسط الحجم والوضوح مع ميل الوحدات حوالى 15 درجة عن الأفق (upslope)." وتوصف الخصائص السطحية للوحدات بشكل منفصل.

الشكل (Shape)

يوجد عديد من الأشكال الأساسية لوحدات البناء فى التربة (شكل 3-16). وهناك حاجة إلى بيانات تكميلية عن الاختلافات فى شكل الوحدات المفردة فى الوصف التفصيلى لبعض أنواع التربة. والمصطلحات التالية تصف الأشكال الأساسية والترتيبات ذات الصلة:



شكل 3-16: أمثلة أنواع بناء التربة.

طبقى (platy): الوحدات مسطحة (flat) وشبيهة بالطبق (platelike)، وموجهة أفقيا.

منشورى (prismatic): يحد الوحدات أوجه رأسية مستوية إلى مستديرة. والوحدات أطول رأسيا، والأوجه عادة ما تكون أشكال أو قوالب الوحدات المتجاورة. والقمم تكون حادة الزوايا أوشبه مستديرة؛ وتكون غير واضحة ومستوية. ويبين شكل 3-17 قطاع تربة به بناء منشورى فى الطبقة التحتية.

عمودى (columnar): الوحدات تشبه المنشورات، ويحدها أوجه رأسية مستوية أو مستديرة قليلا. وقمم الأعمدة، على النقيض من المنشورات، تكون واضحة جدا ومستديرة عادة.

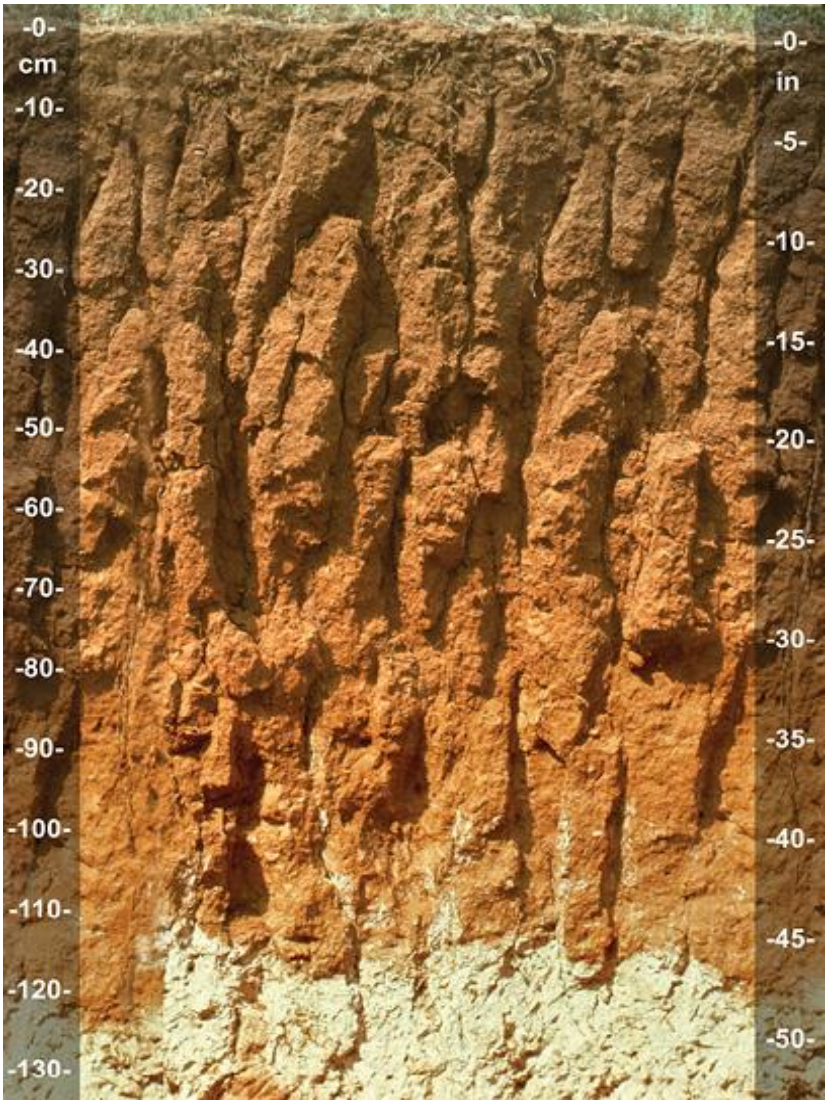
كتلى (blocky): الوحدات كتلية أو متعددة الأسطح. وتحدها أسطح مستوية أو مستديرة قليلا عبارة عن قوالب الوحدات المحيطة. وتكون وحدات البناء عادة متساوية الأبعاد تقريبا ولكنها تتدرج إلى منشورى وطبقى. ويوصف البناء كتلى حاد الزوايا (angular blocky)، كما فى شكل 3-18 إذا كانت الأوجه تتقاطع فى زوايا حادة نسبيا، وكتلى غير حاد الزوايا (subangular blocky) إذا كانت الأوجه خليطا من مستديرة ومستوية والأركان مستديرة غالبا.

حبيبى (granular): الوحدات كروية تقريبا أو متعددة الأسطح. ويحدها وجوه منحنية أو غير منتظمة ليست قوالب للوحدات المجاورة.

وتدى (Wedge): الوحدات بيضاوية (elliptical) تقريبًا مع عديسات متشابكة تنتهى بزوايا حادة. وعادة ما تكون محاطة بأسطح منزلقة (slickensides) صغيرة.

عديسى (Lenticular): الوحدات عبارة عن عديسات متداخلة موازية لسطح التربة. تكون أكثر سمكًا فى الوسط

ورقيقة تجاه الحواف. وعادةً ما يرتبط البناء العديسى بالتربة الرطبة، وقوامات محتوى السلت أو الرمل الناعم جدًا مرتفع مثل الطمى السلتى (silt loam)، وإمكانية عالية لفعل التجمد.



شكل 3-17: بناء منشورى. (Photo courtesy of John Kelley)

الحجم (Size)

أقسام الحجم ستة: صغير جدا (very fine)، صغير (fine)، متوسط (medium)، كبير (coarse)، كبير جدا (very coarse)، وكبير للغاية (extremely coarse). وتختلف حدود الحجم للأقسام وفقا لشكل الوحدات. ويوضح جدول 3-6 حدود أقسام الحجم. وتشير حدود الحجم إلى البعد الأصغر فى البناء الطبقى والعديسى والمنشورى والعمودى. وبالنسبة للبناء العديسى (wedge and lenticular)، يؤخذ القياس عند الجزء الأكثر سمكًا من البُعد الأصغر، وليس الحواف المدببة. وإذا كانت الوحدات أكبر من ضعف الحد الأدنى للحجم الأكبر، يعطى الحجم الفعلى: " منشورات كبيرة جدا عرضها 100 – 150 سم متوسطة الوضوح "moderate very coarse prisms 100 to 150 cm across".

شكل 3-18: وحدات بناء كتلى حاد الزوايا.(Photo courtesy of John Kelley)

جدول 3-6: مصطلحات أقسام حجم وحدات أنواع بناء تربة مختلفة.

Classes	Shape of structure		
	Platy* and Granular (mm)	Prismatic, Columnar, and wedge (mm)	Blocky and lenticular* (mm)
Very fine	< 1	< 10	< 5
Fine	1 to < 2	10 to < 20	5 to < 10
Medium	2 to < 5	20 to < 50	10 to < 20
Coarse	5 to < 10	50 to < 100	20 to 50
Very coarse	≥ 10	100 to < 500	≥ 50
Extremely coarse	N/A	≥ 500	N/A

*** In describing plates, "thin" is used instead of "fine" (i.e., very thin and thin) and "thick" instead of "coarse" (i.e., thick and very thick).**

الدرجة (Grade)

تشير الدرجة إلى تمييز الوحدات. ومعايير أقسام الدرجات هى سهولة الانفصال إلى وحدات مفردة ونسبة الوحدات التى تتماسك معا عند معالجة التربة. وتستخدم ثلاثة أقسام هى:

ضعيف (Weak): الوحدات يمكن ملاحظتها بصعوبة فى مكانها. وعندما تثار مواد التربة بلطف، تتفتت إلى خليط من وحدات كاملة ووحدات متكسرة، وكثير من المواد لا تظهر مستويات من الضعف. وتكون الأوجه التى تدل على الثبات خلال دورات الجفاف والابتلال واضحة إذا تم التعامل مع التربة بعناية. ومن الصعب أحيانا التمييز بين عدم البناء والبناء الضعيف. ووحدات البناء الضعيف فى كل مواد التربة تقريبا لها أسطح تختلف بطريقة ما عن الأجزاء الداخلية.

متوسط (Moderate): تتشكل الوحدات بشكل جيد وواضح فى التربة غير المثارة. وعندما تثار مواد التربة،

تتفتت إلى خليط معظمه وحدات كاملة، وبعض وحدات متكسرة، ومواد ليست فى وحدات. وتتجزأ الوحدات عما يجاورها للكشف عن أوجه كلها تقريبا لها خصائص تختلف عن الأسطح المتكسرة.

واضح (Strong): الوحدات متميزة فى التربة غير المثارة. وتنفصل بشكل نظيف عند إثارة التربة. وعند إزالة مواد التربة، تنفصل أساسا إلى وحدات كاملة. والوحدات لها خصائص سطح مميزة.

ووضوح بناء الوحدات المفردة وعلاقة الالتحام (cohesion) داخل الوحدات بالالتصاق (adhesion) بين الوحدات يحدد درجة البناء. ولا يتم تحديد الالتحام وحده. على سبيل المثال، وحدات بناء مفردة فى أفق A طميى رملى يكون بناؤها واضحا، ولكنها قد تكون أقل متانة من الوحدات المفردة فى أفق B طينى سلتى ضعيف البناء. وتعتمد درجة الإثارة اللازمة لتقدير درجة البناء إلى حد كبير على محتوى الرطوبة والنسبة المئوية للطين ونوعه. وقد تكون إثارة بسيطة ضرورية لفصل وحدات طمى رملى رطب بناؤها حبيبى واضح، بينما تكون هناك حاجة لإثارة كبيرة لفصل وحدات طمى طينى رطب بناؤها كتلى واضح.

البناء المركب (Compound Structure)

قد تتماسك وحدات البناء الأصغر معا لتشكيل وحدات أكبر. ويجب وصف درجة وحجم وشكل كليهما ويشار إلى علاقة أحدهما بالآخر، مثل"كتل حادة الزوايا متوسطة الحجم واضحة داخل منشورات كبيرة متوسطة الوضوح" (strong medium angular blocks within moderate coarse prisms) أو "بناء منشورى كبير متوسط الوضوح يتفتت إلى بناء كتلى غير حاد الزوايا متوسط الحجم واضح " (moderate coarse prismatic structure parting to strong medium subangular blocky).

الشقوق البنائية الإضافية (Extra-Structural Cracks)

الشقوق هى فراغات مسطحة رأسية كبيرة وعرضها أصغر من الطول والعمق. ويمثل الشق تحرر الشد الناتج عن التجفيف. وعلى عكس الفراغات الضيقة نسبيًا المحيطة بالوحدات فى معظم أنواع التربة، فإن الشقوق التى تناقش هنا هى نتيجة لإطلاق الإجهاد الموضعى، والذى يشكل فراغات مستوية أوسع من الفراغات المستوية المتكررة المرتبطة عادةً بوحدات البناء.

أهميتها (Importance)

تؤثر الشقوق، خاصة الكبيرة، على تدفق المياه إلى التربة وخلالها، مما يتسبب فى تجاوزها نسيج التربة (bypass flow). وتمارس تحكمًا كبيرًا فى رشح (infiltration) البرك والتوصيل الهيدروليكى (hydraulic conductivity)، خاصةً إذا امتدت إلى (أو بالقرب من) السطح. وترتبط الشقوق عمومًا بالتربة المعرضة للانكماش والتمدد الواضح. ويمكن أن تشير إلى المخاطر الهندسية المحتملة للمنازل والطرق والمنشآت الأخرى. وللأغراض التصنيفية، فإن عرض وعمق الشقوق وكذلك دورات الفتح والإغلاق الزمنية لها أهمية. ويمكن قياس النسبة المئوية المساحية لهذه الشقوق، سواء على التعرض الرأسى أو على سطح الأرض، باستخدام طرق تقاطع الخطوط (line-intercept).

أنواع الشقوق (Kinds of Cracks)

توصف الشقوق مرتبطة بالقشرة (crust-related) أو عبر الأفق (trans-horizon). والشقوق المرتبطة بالقشرة هى شقوق ضحلة تبدأ على السطح وتقتصر على طبقة قشرة السطح. وتتشكل أوليا من تأثير قطرات المطر وتلويط (puddling) التربة متبوعًا بالتجفيف والتصلب.

وتمتد الشقوق العابرة للأفق عادة إلى أكثر من أفق. وقد تمتد لأعلى إلى سطح التربة وأسفل إلى عمق كبير.

وترتبط عادة بالتربة التى تحتوى على نسبة عالية من معادن طين السميكتيت (smectitic). وتفتح عندما تجف التربة وتغلق عند إعادة الابتلال. وتتشكل بعض الشقوق الأقل شيوعًا عبر الأفق عند صرف المياه (dewatering) والتصلب اللاحق للترسيبات رديئة الصرف (poorly drained) ذات قيمة *n* عالية (المواد السائلة)، على سبيل المثال، عند صرف بعض التربة المصنفة Hydraquents. وبمجرد تكوين هذه الشقوق لا تفتح ولا تغلق موسميا ولكنها تظل مفتوحة دائما.

شقوق مرتبطة بالقشرة (Crust-related cracks): تم التعرف على نوعين من الشقوق المرتبطة بالقشرة: عكسية (reversible) وغير عكسية (irreversible).

شقوق سطحية أولية عكسية (Surface-initiated reversible crust-related cracks): تتكون نتيجة التجفيف من السطح إلى الأسفل. وتغلق بعد الابتلال السطحى القليل نسبيا ولها تأثير ضئيل على معدلات الرشح (infiltration). وتميل هذه الشقوق إلى أن تكون ضحلة جدًا (أقل من حوالى 0.5 سم) وتكون عابرة (transient) (تغلق عند الابتلال).

شقوق سطحية أولية غير عكسية (Surface-initiated irreversible crust-related cracks): تتكون نتيجة نقص الماء قرب السطح فى مادة ذات محتوى مائى مرتفع بشكل استثنائى، عادةً من تأثير التجمد. وهذه الشقوق تكون ضحلة (بين حوالى 0.5 ، 2 سم) وعابرة موسمياً. ولا تغلق تماما عند إعادة الابتلال وتمتد عبر القشرة. وتزيد معدلات الرشح (ponded infiltration) ، ولكن بدرجة قليلة.

شقوق عبر الأفق (Trans-horizon cracks): يعرف نوعان: عكسية (reversible) وغير عكسية (irreversible).

شقوق عكسية (Subsurface-initiated reversible trans-horizon cracks): تتشكل نتيجة انخفاض ملحوظ فى محتوى الماء عن السعة الحقلية فى آفاق أو طبقات ذات امتداد كبير (شكل 3-19). وتغلق فى غضون أيام إذا تم ترطيب الأفق أو ابتلاله. وتمتد صعودا إلى سطح التربة ما لم يغطيها أفق سميك نسبيا ضعيف الانضغاط جدا سائب (loose) أو مفرول جدا (very friable) ولا يسمح بانتشار الشقوق. وتؤثر هذه الشقوق بشكل كبير على معدلات رشح البرك (ponded infiltration)، والتوصيل الهيدروليكى (hydraulic conductivity)، والبخر (evaporation).

شقوق غير عكسية (Subsurface-initiated irreversible trans-horizon cracks): شقوق دائمة موصوفة فى تصنيف التربة (Soil Taxonomy) وموصوفة لعائلات التربة (soil families). ولها أصل مشابه للشقوق السطحية غير العكسية، على الرغم من مشاركة وسائل تشكيل مختلفة تمامًا. وبدلاً من التكوّن بسبب انكماش الطبقة السطحية عند التجفيف هوائيا، تتشكل هذه الشقوق بسبب صرف تحت التربة والتصلب اللاحق لبعض أنواع التربة شديدة السيولة (very fluid soils).

وصف الشقوق (Descriptions of Cracks)

يتضمن وصف الشقوق:

التكرار النسبى (Relative frequency): متوسط عدد الشقوق لكل متر مربع.

العمق (Depth): متوسط عمق الاختراق.

النوع (Kind): مرتبطة بقشرة عكسية (reversible crust-related)، مرتبطة بقشرة غير عكسية (irreversible crust-related)، عبر الأفق عكسية (reversible trans-horizon)، أو عبر الأفق غير عكسية (irreversible trans-horizon).

شكل 3-19: شقوق عكسية كبيرة عبر الأفق تمتد من السطح إلى تحت التربة الطينية (Vertisol).

وإذا لم تمتد الشقوق إلى السطح، فيجب ملاحظة ذلك. ومن أمثلة وصف الشقوق: "فى المتوسط، خمسة شقوق عبر الأفق عكسية لكل متر مربع تمتد من السطح إلى حوالى 50 سم" و "فى المتوسط، خمسة شقوق عبر الأفق عكسية لكل متر مربع تبدأ تحت 18 سم وتمتد إلى حوالى 50 سم . "

المظاهر الداخلية لأسطح وحدات البناء والفراغات

Internal Ped and Void Surface Features

تحدث عادة مظاهر تشكلت بواسطة عمليات التكوين على وحدات البناء أو تحتها أو أسطح الفراغات، وتشمل: (1) طبقات من مواد مختلفة تغطى السطح كله أو جزءًا منه، (2) مواد مركزة على الأسطح بسبب إزالة المواد الناعمة، (3) تكوينات الإجهاد التى خضعت فيها الطبقات الرقيقة على الأسطح لإعادة توجيه الحبيبات أو التعبئة عن طريق الإجهاد و/ أو القص، و (4) المواد التى ترسبت (infused) تحت الأسطح (تسمى "hypocoat"). وتختلف كل هذه المظاهر عن المادة المجاورة فى التركيب و/ أو الاتجاه و/ أو التعبئة. وتنتج Hypocoats عموما من عمليات الأكسدة والاختزال ويتم وصفها بأنها مظاهر أكسدة واختزال (موضحة أدناه).

ويتضمن وصف مظاهر السطح النوع والموقع والكمية والوضوح. ويمكن أيضًا وصف اللون والقوام والخصائص الأخرى، خاصةً إذا كانت تتباين بشدة مع خصائص المادة المجاورة.

الأنواع (Kinds)

تتميز مظاهر السطح باختلافات فى القوام، اللون، التعبئة، اتجاه الحبيبات، أو التفاعل مع اختبارات محددة. وإذا كانت مختلفة تمامًا عن المادة المجاورة ولا يمكن تحديد نوعها، فيجب وصفها.

أغلفة الطين (Clay films): طبقات رقيقة من الطين الموجه المنقول؛ وتسمى أيضًا جلود الطين أو الأرجيلان (clay skins or argillans) (شكل 3-20).

شكل 3-20: أغلفة طين لامعة تغطى سطح وحدة بناء. (Photo courtesy of John Kelley)

جسور طينية (Clay bridges): طين Illuvial يربط حبيبات معدنية متجاورة (شكل 3-21).

أغلفة الرمل أو السلت (Sand or silt coats): حبيبات من الرمل أو السلت ملتصقة بسطح الوحدات، الفراغات، أو الشقوق. وتكون الحبيبات من مادة فى الأفق تمت إزالة الحبيبات الدقيقة منها. ويشار إلى هذه الأغلفة أيضًا باسم الهياكل (skeletans). وقد تتكون طبقات الرمل أو السلت أيضًا عن طريق النقل والترسيب من الآفاق الأعلى أو عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال التى تزيل الحديد و/ أو المنجنيز، وفى بعض الحالات الطين. وتوصف الأغلفة التى يُستدل عليها من تفاعلات الأكسدة والاختزال بأنها سمات redoximorphic.

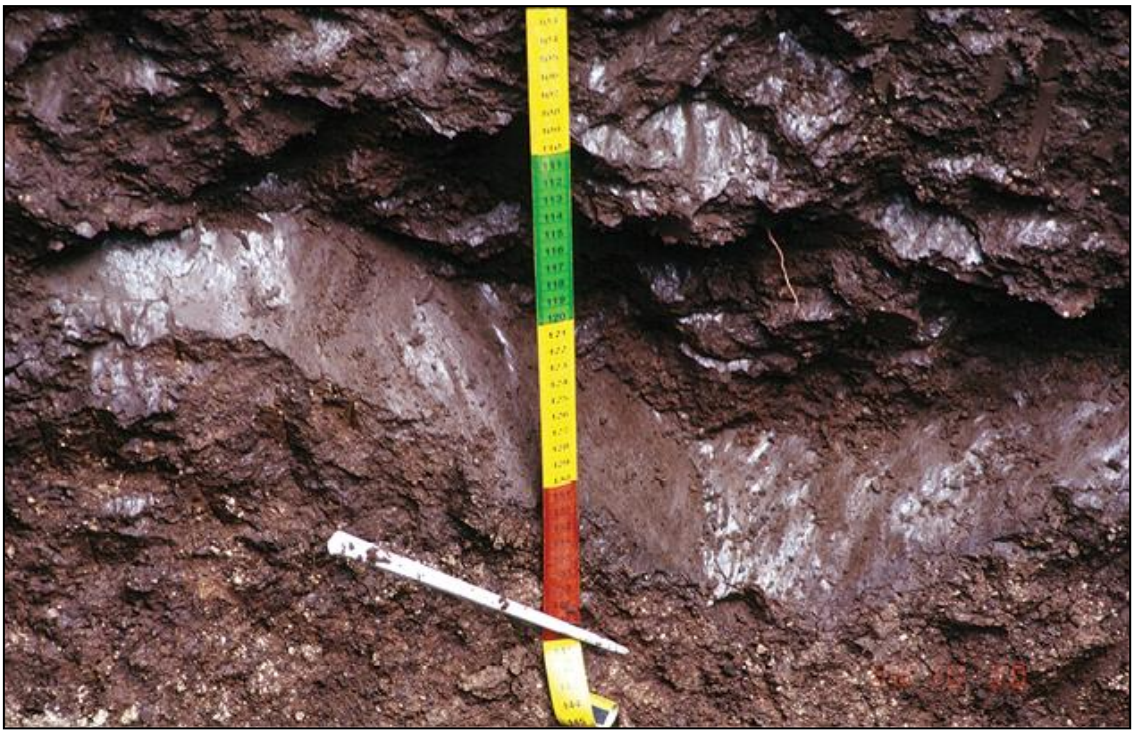
شكل 3-21: حبيبات رمل (تظهر على شكل حبيبات كوارتز مفردة) مغلفة ومربوطة بالطين.
(Photo courtesy of John Kelley)

أغلفة أخرى (Other coats): أغلفة مكونة من أكاسيد الحديد، الألومنيوم، المنجنيز؛ مواد عضوية؛ أملاح؛ أو كربونات. يتم وصفها من خلال الخصائص التى يمكن ملاحظتها فى الحقل. وقد تكون هناك حاجة لتحليلات معملية.

أسطح الضغط (Stress surfaces): أوجه الضغط، ويشار إليها أيضًا بأغشية (cutans) الضغط. ويتم صقل هذه

الأسطح أو تلطيخها. وتتكون من خلال إعادة الترتيب التى تسببها قوى القص. وقد تستمر خلال دورات التجفيف والترطيب المتتالية. وعلى الرغم من تشابه مظهرها مع أغلفة الطين، إلا أنه يمكن تمييز أوجه الضغط بحبيبات الرمل التى تبرز قليلاً فوق السطح وليست مغطاة بالطين.

أسطح لامعة منزلقة (Slickensides): أسطح إجهاد مصقولة ومخططة (شكل 3-22). وعادة ما تتجاوز أبعادها 5 سم. وتنتج من انزلاق حجم كبير نسبيًا من التربة فوق آخر. وهى شائعة تحت عمق 50 سم فى الطين المنتفخ (طين يخضع لتغيرات كبيرة فى حالة الماء). و Slickensides المرتبطة بالأسطح البنائية الناتجة عن التكوين (pedogenesis) تعتبر تكوينية (pedogenic) فى الطبيعة. والمرتبطة بالصدوع (faults) أو حركة كتلة التربة تكون ذات طبيعة جيوجينية (geogenic).



شكل 3-22: أسطح منزلقة بارزة فى أفق Bss لتربة Vertisol.

الموقع (Location)

قد تحدث مظاهر سطح مختلفة على بعض أو كل وحدات البناء، القنوات، المسام، الحبيبات، قطع التربة، قطع الصخور أو شبه الصخور. ويوصف دائمًا نوع واتجاه السطح الذى يتم ملاحظة السمات عليه (على سبيل المثال، "أغشية من طين موجودة على أوجه وحدات البناء الرأسية وليس الأفقية" (e.g., "clay films are on vertical but not horizontal faces of peds").

الكمية (Amount)

يتم وصف النسبة المئوية لإجمالى مساحة السطح الذى تشغله سمة معينة على امتداد الأفق أو الطبقة. ويمكن وصف الكمية باستخدام الأقسام التالية:

Very few ..... less than 5 percent
Few ..... 5 to less than 25 percent
Common ..... 25 to less than 50 percent
Many ..... 50 to less than 90 percent

Very many ..... 90 percent or more

وتُستخدم هذه الأقسام أيضًا لوصف كمية الجسور التى تربط الحبيبات. وتعتمد هذه الكمية على النسبة المئوية للحبيبات ذات الحجم المحدد والتى يتم ربطها بحبيبات مجاورة من نفس الحجم بواسطة جسور عند نقاط الاتصال.

الوضوح (Distinctness)

يشير إلى سهولة ودرجة اليقين التى يمكن بواسطتها تحديد مظهر السطح. ويرتبط بالسمك وتباين الألوان مع المادة المجاورة وخصائص أخرى. ومع ذلك، فهو ليس فى حد ذاته مقياسًا لأى منها (على سبيل المثال، تكون بعض الأغطية السميكة باهتة وبعضها الرقيق بارز). ويتغير وضوح بعض السمات السطحية بشكل ملحوظ مع تغير حالة الماء. وأقسام التمييز هى:

باهت (Faint): يتضح المظهر فقط بالفحص الدقيق مع التكبيرX10 ولا يمكن تحديده بشكل إيجابى فى جميع الأماكن دون مزيد من التكبير. والتباين ضئيل مع المواد المجاورة فى اللون والقوام والخواص الأخرى.

واضح (Distinct): يمكن اكتشافه بدون تكبير، بالرغم من أنه قد تكون هناك حاجة للتكبير أو الاختبارات للتأكيد. وتتباين الظاهرة بدرجة كافية مع المادة المجاورة بحيث تتضح الاختلافات فى اللون أو القوام أو الخصائص الأخرى.

بارز (Prominent): تكون الميزة واضحة دون تكبير عند مقارنتها بسطح مكسور فى التربة. ويتباين اللون أو القوام أو أى خاصية أخرى أو مجموعة من الخصائص بشكل حاد مع خصائص المادة المجاورة، أو تكون الميزة سميكة بدرجة كافية لتكون بارزة.

وترتيب الوصف: الكمية، الوضوح، اللون، القوام، النوع، والمكان. مثال: " أغلفة طين بنية رمادية 10YR (5/2) قليلة واضحة على الأوجه الرأسية للوحدات" أو " جسور طينية بنية (10YR 4/3) كثيرة واضحة بين الحبيبات المعدنية."

“few distinct grayish brown (10YR 5/2) clay films on vertical faces of peds” or “many distinct brown (10YR 4/3) clay bridges between mineral grains.”

ويتم سرد الخصائص التى تفيد فى فهم التربة. وإذا كان قوام سمة السطح واضحًا، كما هو الحال فى معظم أسطح الضغط، فلا يتم وصفه. ونوع وموقع جميع المظاهر المحددة مطلوب. ويتم تقدير الحجم، إذا كان مهمًا، بشكل منفصل.

التجمعات الثانوية (Concentrations)

هى أجسام يمكن التعرف عليها داخل التربة تكونت بواسطة عمليات بيدولوجية. والعمليات المسئولة عن تطور التركيز: التحلل الكيميائى والترسيب، الأكسدة والاختزال، والتراكم بسبب العمليات الطبيعية والحيوية. وتكون هذه التركيزات رقيقة وتشبه الصفحة (sheet-like)، أو متساوية الأبعاد (equidimensional)، أو غير منتظمة الشكل. وقد تختلف كثيرا عن المواد المحيطة بها فى القوة أو التركيب أو التنظيم الداخلى، أو تكون الاختلافات عن المواد المحيطة طفيفة. وقطع الصخور وشبه الصخور أو المعادن الموروثة، مثل جيوب رقائق الميكا، لا تعتبر تركيزات.

الأنواع (Kinds)

كتل (Masses): تجمعات غير ملتحمة من مواد لا يمكن إزالتها من التربة عادة كوحدة منفصلة. وتتكون من، على

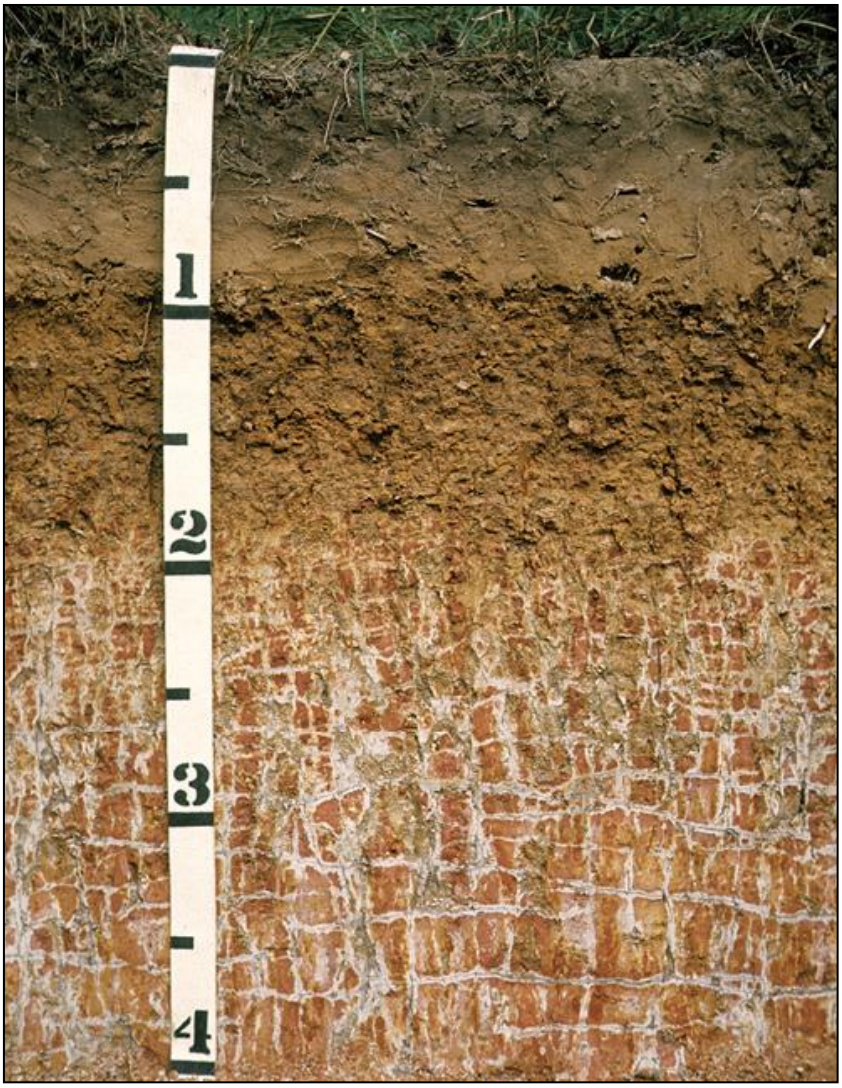
سبيل المثال لا الحصر، كربونات كالسيوم (شكل 3-23)، بللورات صغيرة من الجبس أو أملاح أكثر قابلية للذوبان، أو أكاسيد حديد ومنجنيز. وفى معظم الظروف، تتكون هذه الكتل فى مكانها.

شكل 3-23: تجمعات كربونات كالسيوم ثانوية (أجسام بيضاء تحت عمق حوالى 60 سم) فى أفق جيرى لأراضى Aridisol .

تجمعات غنية بالحديد (Plinthite): تتكون من أجسام حمراء غنية بالحديد ومحتواها من المادة العضوية منخفض. وخلافا لمعظم الكتل الأخرى، تكون أجسام البلينتيت ملتحمة بما يكفى لفصلها بسهولة من التربة المحيطة بها. وتوجد هذه التجمعات عادة داخل وفوق آفاق متبقعة متشابكة (شكل 3-24). ومقاومتها للاختراق أعلى من الأجسام البنية أو الرمادية المجاورة أو الأجسام الحمراء التى لا تتصلب. وطبقات التربة التى تحتوى على البلينتيت نادرا ما تصبح جافة فى بيئتها الطبيعية. وأصغر أبعاد هذه التجمعات عادة حوالى 5 - 20 مم. وهى مندمجة (firm) أو مندمجة جدا (very firm) عندما تكون رطبة، وصلبة (hard) أو صلبة جدا (very hard) عندما تكون جافة هوائيا، ومتوسطة الالتحام (moderately cemented) مع الابتلال والجفاف المتكرر، خاصة عند

التعرض لأشعة الشمس (على سبيل المثال، على جوانب الطرق وجدران الأخاديد).

وعند تكرار دورات الابتلال والجفاف، قد تتصلب الـ plinthite بشكل غير عكسى وتتحول إلى حجر حديد متحجر. وتحدث هذه الأجسام عادة كعقد (nodules) أو أطباق منفصلة، يتم توجيهها أفقيًا. وتحدث العقد أعلا، والأطباق بداخل، الجزء العلوى من الأفق المبقع بشكل شبكى. وتتميز الأطباق عمومًا بلون أحمر موحد ولها حدود حادة مع المادة البنية أو الرمادية المحيطة. والجزء من الجسم الغنى بالحديد والذى ليس plinthite عادةً ما يلطخ الأصابع إذا فرك وهو مبتل، ولكن مركز الـ plinthite لا يلوث. وملمس الـ Plinthite قاس وجاف عند فركه، حتى لو كان مبتلًا. والآفاق التى تحتوى plinthite اختراقها بالأوجر أصعب من الآفاق المجاورة عند نفس الحالة المائية ونفس محتوى الطين. ويصبح Plinthite بشكل عام أقل التحاما بعد الغمر فى الماء لفترة طويلة. ويمكن تفريق العينة الجافة هوائيا عن طريق الإجراءات العادية للتوزيع الحجمى للحبيبات.



شكل 3-24: تربة بها منطقة مبقعة بشكل شبكى بالبلينتيت (ألوان حمراء داكنة) تحت عمق 2 قدم.

حجر الحديد (Ironstone): هو تركيز أكسيد حديد ضعيف الالتحام على الأقل. وتحدث عقد حجر الحديد عادة فى الطبقات فوق الـ plinthite. ويُعتقد أنها عبارة عن plinthite تم تثبيتها بشكل غير عكسى بسبب دورات الابتلال والجفاف المتكررة. وعموما، يلتحم مركز الأجسام الغنية بالحديد عند الابتلال والجفاف المتكرر بينما لا يحدث ذلك فى المحيط.

العقد والتجمعات الصلبة (Nodules and concretions): هى أجسام ملتحمة ذات أشكال مختلفة يمكن إزالتها

من التربة سليمة ولا تتشبع بالماء. وليس لها بناء بللورى يمكن ملاحظته بالفحص الحقلى (عدسة 10X). وتتميز التجمعات الصلبة عن العقد على أساس التنظيم الداخلى. فالتجمعات الصلبة لها تماثل بسيط داخلى يتمحور حول نقطة أو خط أو مستوى. وعادةً يأخذ البناء الداخلى شكل طبقات متحدة المركز يمكن رؤيتها بالعين المجردة. والغلاف أو الطبقة الخارجية الرقيقة جدا التى من جسم غير متميز لا تشير إلى وجود تجمعات صلبة. وتفتقر العقد وجود دليل تنظيم داخلى.

البللورات (Crystals): أشكال بللورية كبيرة تكونت من أملاح قابلة للذوبان نسبيًا فى مكانها. وقد توجد مفردة أو فى مجموعات (شكل 3-25). والجبس والكالسيت والهاليت وبللورات الأملاح الأخرى شائعة فى أراضى المناطق الجافة وشبه الجافة. ويجب الإشارة إلى تركيبها إذا كان معروفا.

شكل 3-25: مجموعة من بللورات الجبس (selenite) فى أراضى Aridisol.

المواد الدقيقة المنتشرة (Finely disseminated materials): ترسيبات صغيرة منتشرة فى جميع أنحاء النسيج. ولا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة ويمكن اكتشافها بواسطة التفاعلات الكيميائية مثل فوران كربونات الكالسيوم مع حامض الهيدروكلوريك المخفف. ومن الأمثلة على ذلك كربونات الكالسيوم التى تراكمت بسبب تساقط الغبار وانحلاله وإعادة ترسيبه فى جميع أنحاء نسيج الأفق.

التركيزات الحيوية (Biological concentrations): أجسام منفصلة تراكمت بواسطة عمليات بيولوجية. وتشمل الأمثلة كرات البراز (fecal pellets) وفضلات الديدان (wormcasts).

المعادن الموروثة (Inherited minerals): حبيبات معدنية مميزة يمكن ملاحظتها فى التربة تكونت من عمليات جيولوجية وليست بيدولوجية. ومن أمثلة ذلك رقائق الميكا وكرات الجلوكونيت.

وصف التركيزات داخل التربة (Describing Concentrations Within the Soil):

التجمعات داخل التربة لها صفات عديدة مهمة، تشمل العدد أو الكمية والحجم والشكل والتماسك واللون والتركيب

والنوع والمكان. ولا يتم وصف كل هذه الصفات بالضرورة. والترتيب المذكور مناسب لوصفها، مثال "عقد كربونات رمادية فاتحة (10YR 7/1) صغيرة كثيرة غير منتظمة صلبة موزعة بشكل موحد خلال الأفق".

"many, fine, irregular, hard, light gray (10YR 7/1) carbonate nodules distributed uniformly through the horizon."

وقد تم وصف النوع، ويتم مناقشة وصف التماسك واللون فى أجزاء أخرى من هذا الباب .

كمية التجمعات (Amount or quantity): تشير إلى الحجم النسبى للأفق أو أى وحدة أخرى محددة مشغولة بهذه الأجسام. وأقسام الكمية كتلك المستخدمة لمظاهر الأكسدة والاختزال والبقع:

Few ..... less than 2 percent
Common ..... 2 to less than 20 percent
Many ..... 20 percent or more

ويمكن قياس الحجم مباشرة. ويعتمد البعد المستخدم لتحديد الحجم على شكل الجسم الموصوف. وإذا كان شكل الجسم موحد تقريبا، يقاس أقصر بعد، مثل القطر الفعال للأسطوانة أو سمك الطبق. والأجسام غير منتظمة الشكل، يقاس البعد الأطول، ويمكن إعطاء قياسات أكثر إذا لزم الأمر.

والأقسام كتلك المستخدمة لمظاهر البقع والأكسدة والاختزال:

Fine ..... less than 2 mm
Medium ..... 2 to less than 5 mm
Coarse ..... 5 to less than 20 mm
Very coarse ..... 20 to less than 76 mm
Extremely coarse ..... 76 mm or more

شكل التركيزات (Shape of concentrations): يتباين حسب الأنواع. ولا تستخدم مصطلحات الشكل لوصف البللورات، لأن نوع البللورة نفسه يدل على شكلها. ومصطلحات شكل التركيز هى:

مكعبى (Cubic): شكل متساوى الأبعاد تقريبًا يشبه الكتلة.

أسطوانى (cylindrical): شكل أسطوانى أو أنبوبى؛ ويوجد بعد أكبر من البعدين الأخرين.

شجيرى (Dendritic): أشكال متفرعة، ممدودة، أنبوبية.

غير منتظم (irregular): تتميز بتباعد أو شكل غير متكرر، ولكنها غير ممدودة (كشكل شجيرى).

عديسى (Lenticular): أشكال قرصية تقريبًا، سميكة فى الوسط ورقيقة باتجاه الحواف. **متدلى (Pendular):** أغلفة أو عقد تكونت على الجوانب السفلية لقطع الصخور.

طبقى (platy): شكل الطبق؛ وأحد الأبعاد أصغر كثيرا من البعدين الأخرين.

شبكى (Reticulate): أشكال متشابكة (شائعة مع بعض تركيزات الـ plinthite).

وردية (Rosettelike): أشكال متشابكة تشبه النصل تكون شكل البتلات.

كروية (Spherical): متساوية الأبعاد تقريبًا وجيدة الاستدارة.

خيطية (Threadlike): أشكال رفيعة وطويلة شبيهة بالخيوط (لكنها ليست شجرية).

ويوصف تركيب (Composition) التجمعات (كربونات كالسيوم، حديد-منجنيز، جبس، إلخ) إذا كان معروفا وإذا كان ذلك مهما لفهم طبيعتها أو طبيعة التربة التى لوحظت فيها. وبعض الصفات الطبيعية الداخلية يتضمنها الإسم. والمظاهر الأخرى، مثل الحبيبات المعدنية المغلفة أو أنماط الفراغات أو التشابه مع التربة المحيطة، قد تكون مهمة.

ويميز بين الأجسام التى تتكون غالبا من مادة واحدة وتلك التى تتكون من مواد ترابية مشبعة بمواد مختلفة. وبالنسبة لعديد من الأجسام، لا يمكن تحديد التركيب الكيميائى يقينا فى الحقل. وإذا كانت المادة سائدة فى الجسم، يتم وصف الجسم كجسم مادة (عقد، تجمعات كربونات، بللورات ملح، إلخ). وإذا كانت المادة تشبع مادة أخرى، يوصف الجسم كجسم تراكم مادة (كتل كربونات، كتل جبس،plinthite ، إلخ).

والكربونات والحديد مواد شائعة تسود أو تشبع عقد أو تجمعات صلبة. وتوجد عقد منفصلة من الطين فى بعض أنواع التربة؛ والإشباع بالمواد الطينية أقل شيوعا. والمواد التى يسود فيها المنجنيز نادرة؛ ويكون المنجنيز واضحا فى بعض العقد التى تحتوى على نسبة عالية من الحديد، وتسمى "عقد حديد-منجنيز." وتكون البللورات عادة كالسيت وجبس وأملاح أخرى (مثل كلوريد الصوديوم) وأقل شيوعًا الباريت (barite) أو السيلينيت (selenite) أو satin spar. وبعض التركيزات لها مصادر بيولوجية، مثل كرات البراز وفضلات الديدان.

الكربونات الثانوية (Pedogenic Carbonates)

الكربونات التى نقلت (translocated) داخل التربة ثم ترسبت من محلول التربة تعتبر تكوينية (pedogenic). وليست موروثة من مادة الأصل. وهى نفس "الكربونات الثانوية المعروفة" التى تمت مناقشتها فى تصنيف التربة (Soil Taxonomy).

أشكال تراكم الكربونات (Forms of Carbonate Accumulation)

أشكال تراكمات الكربونات التكوينية بللورات، غالبًا كالسيت ($CaCO_3$)، فى نطاق حجم السلت الناعم إلى الطين الخشن (حوالى 10 إلى 1 ميكرومتر). وتترسب على أسطح الصخور وحبيبات الرمل والسلت أو مرتبطة مع الجذور والكائنات الحية الدقيقة. ومع مرور الوقت، تتراكم بللورات الكربونات داخل نسيج التربة وتظهر على النحو التالى:

خيوط (Filaments): تركيزات كربونات مثل الخيوط قطرها أقل من 1 مم وطولها بضعة سنتيمترات.

قوالب الجذر (Root casts): أشكال متفرعة (وأنبوبية عادةً) لتراكم الكربونات (كربونات أشكال كاذبة للجذور).

أشرطة (Bands): ترسيبات كربونات يتراوح سمكها عادة من حوالى 1 إلى عدة ملليمترات. تتشكل على طول مستويات وحدات مادة الأصل الطبقية الدقيقة ويتم فصلها بواسطة التربة مع قليل من الكربونات الكبيرة أو بدونها.

حشوات الفواصل (Joint fillings): شرائط رأسية من الكربونات فى مستويات التشقق للمنشورات الكبيرة فى التربة. ويتراوح عرضها، فى القطاع، من أقل من 1 سم إلى بضعة سنتيمترات.

أغلفة (Coatings): ترسيبات كربونات على أسطح قطع الصخور وحبيبات الرمل. قد تكون مستمرة أو متقطعة ولها مقاومة تمزق تتراوح من غير ملتحمة إلى ضعيفة الالتحام للغاية.

متدليات (Pendants): ترسيبات أغلفة من كربونات رقيقة (laminar) على الصخور ضعيفة الالتحام جدًا إلى متحجرة. تكون أكثر شيوعًا فى الجزء السفلى من الصخور. ويكون لها عادة نتوءات متدلية (stalactite-like protrusions) تتشعب عموديًا بعيدًا عن قطع الصخور.

كتل (Masses): تراكمات كربونات بأشكال مختلفة غير ملتحمة أو ضعيفة الالتحام للغاية ولا يمكن إزالتها

كوحدات منفصلة من التربة.

عقد (Nodules): تراكمات كربونات مستديرة ضعيفة الالتحام جدًا إلى متحجرة ويمكن إزالتها كوحدات منفصلة من التربة.

تجمعات صلبة (Concretions): تراكمات كربونات مستديرة ضعيفة الالتحام جدًا إلى متحجرة. لها طبقات متحدة المركز كروية حول النواة.

أسطوانات (Cylindroids): تراكمات كربونات أسطوانية ضعيفة الالتحام جدًا إلى متحجرة. عديد منها قوالب حشرة الزيز (cicada) مشربة بكربونات الكالسيوم بينما يتطور البعض الآخر فى مادة التربة التى تملأ قنوات الجذور السابقة أو الديدان (krotovinas) الصغيرة. وعادة ما يكون سمك الأسطوانات أقل من 2.5 سم. وتكون عادة رأسية وقد تكون قطرية أو أفقية.

طبقات (Beds): تراكمات كربونات على طول طبقات مادة الأصل تشبه الأشرطة ولكنها تختلف فى الحجم (يتراوح سمكها من بضعة سنتيمترات إلى متر أو أكثر). غير ملتحمة إلى متحجرة، وتحدث أسفل المنطقة الرئيسية من الآفاق التكوينية، وتحافظ على البناء الرسوبى الأصلى.

آفاق ممتدة (Plugged horizons): تراكمات كربونات تكوينية (pedogenic) تحدث على مقياس الهيئة الطبيعية لأفق التربة (soil-horizon-landscape)، الذى يكون أكبر من مقياس قطاع التربة، حيث تحدث الخيوط والعقد وأشكال الكربونات الأخرى. وتتميز بالكربونات المتكونة الأفقية المستمرة المنغمسة (engulfed) فى حبيبات التربة، وتملأ معظم أو كل المسام، وتطمس البناء الرسوبى الأصلى. ومعظم الآفاق الممتدة ملتحمة جدا، رغم أن بعضها يكون غير ملتحم.

آفاق صفحية (Laminar horizons): رواسب كربونات مستوية، ملتحمة جدا إلى متحجرة، تتطور فوق آفاق ممتدة (أو صخر ضحل). لها نسيج يحتوى على كربونات أكثر بكثير من الأفق الممتد تحتها ولا توجد أساسا حبيبات هيكلية منقولة (allogenic).

طبقات رقيقة (Laminae): طبقات رقيقة مفردة من الكربونات (سمكها أقل من 1 مم إلى بضعة ملليمترات) تتضمن الأفق الرقيق (laminar). وتكون عادة متوازية مع بعضها، ولكن مجموعة قد تقطع مجموعة أخرى فى زوايا مختلفة.

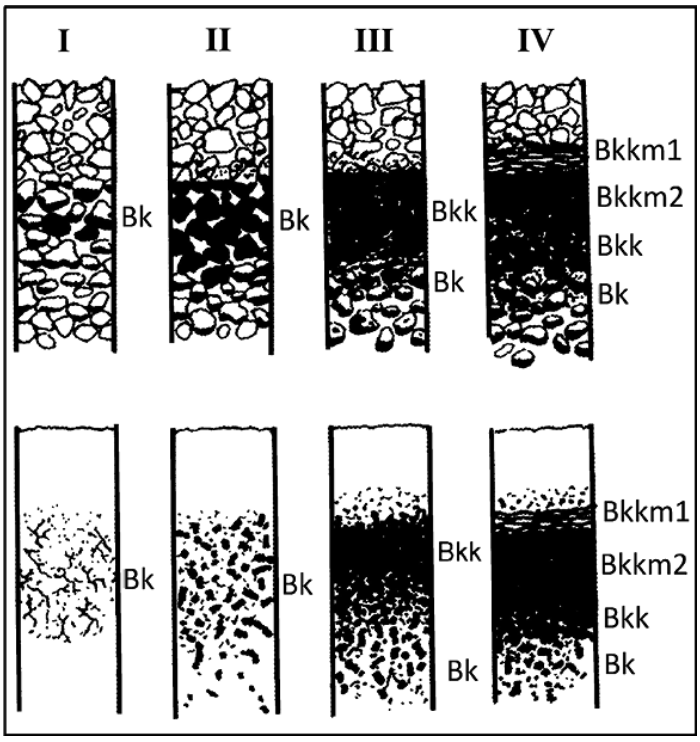
Pisoliths: كتل كربونات شبه كروية (قطرها 2 إلى أكثر من 100 مم) تتكون فى آفاق جيرية متحجرة (petrocalcic) عالية التطور. تتميز بنطاقات مركزية وبناء داخلى من طبقة ممزقة أو نطاقات متحدة المركز ممزقة قد تحتوى أو لا تحتوى على مادة فتات (detrital) فى القلب (core).

Ooliths: كتل كربونات كروية (قطرها أقل من 2 مم) تتكون فى آفاق جيرية متحجرة متطورة للغاية. لها بناء طبقى داخلى قد تحتوى أو لا تحتوى على مادة فتات (detrital) فى القلب (core).

مراحل تراكم الكربونات (Stages of Carbonate Accumulation)

ترتبط الكربونات التكوينية التى تتشكل فى التربة فى المناخات الجافة وشبه الجافة ارتباطًا وثيقًا بالعمر (أى أن تربة الأسطح الجيومورفية الأقدم تحتوى على كميات كربونات أكبر). وقد وصف جيل وآخرون (Gile et al., 1966) تراكم الكربونات خلال أربع مراحل مورفوجينية متتالية مع التمييز بين التربة الحصوية وغير الحصوية (شكل 3-26). فتتطور التربة التى تتكون فى مواد أصل حصوية من أغلفة الحصى (المرحلة الأولى) إلى حشوات داخل الحصى (المرحلة الثانية)، والأفق الممتد (المرحلة الثالثة)، وفى النهاية الأفق الصفحى فوق الأفق الممتد (المرحلة الرابعة). وتتطور التربة التى تتشكل فى مواد أصل غير حصوية من خيوط (المرحلة الأولى) إلى عقد

(المرحلة الثانية)، والأفق الممتد (المرحلة الثالثة)، وفى النهاية الأفق الصفحى فوق الأفق الممتد (المرحلة الرابعة). وقد عرف باكمان وماكيتى (Bachman and Machette, 1977) وماكيتى (Machette, 1985)مرحلتين إضافيتين. وتتميز المرحلة الخامسة بصفحة سمكها أقل من 1 سم ويمكن أن تحتوى على pisoliths بالإضافة إلى أوجه عمودية وكسور مغلفة بكربونات laminated. وتتميز المرحلة السادسة بصفائح متعددة ملتحمة، وبريشيا، وpisoliths. ويعتمد الزمن اللازم للوصول إلى مرحلة تشكيل معينة على حجم حبيبات التربة وكمية مدخلات الكربونات. وتمر التربة الحصوية عبر المراحل بسرعة أكبر من التربة غير الحصوية لأن لها مساحة سطح ومسامية أقل. والكربونات التكوينية التى تتشكل بالخاصة الشعرية فوق منطقة مشبعة (phreatic) ليس من الضرورى أن تمر خلال المراحل المورفوجينية.



شكل 3-26: رسم تخطيطى لمورفولوجيا الكربونات التشخيصية للمراحل الأربع الرئيسية لتراكم الكربونات فى تسلسلين مورفوجينيين (Gile et al., 1966).

المظاهر المورفولوجية للأكسدة والاختزال (Redoximorphic Features)

تشمل المظاهر المورفولوجية للأكسدة والاختزال (RMF) أنماط الألوان، وتركيزات المعادن، وحالة التربة المختزلة (فيما يتعلق بالحديد) التى تتشكل عبر تفاعلات الأكسدة والاختزال المقترنة التى تتضمن الحديد والمنجنيز تحت ظروف التربة اللاهوائية. ويحد التشبع أو قرب التشبع من انتشار الأكسجين فى التربة. ويستهلك النشاط الميكروبى الأكسجين الموجود، وتنتج ظروف لاهوائية. وفى ظل الظروف اللاهوائية، تستخدم بعض الميكروبات أنواعًا كيميائية غير الأكسجين كمستقبل طرفى للإلكترون من أجل تمثيل الكربون. وتتبع عمليات الأكسدة والاختزال التى تتم بواسطة الميكروبات تسلسلًا يعتمد على الجهد الكهروكيميائى أو الأكسدة والاختزال، وهو مقياس للكثافة اللاهوائية. واكتساب طاقة الأيض للكائن الحى هو فرق الطاقة بين الكربون المختزل ومستقبل الإلكترون المحدد. ويستخدم المؤكسد ذو أعلى إمكانات الأكسدة والاختزال أولاً، متبوعًا بالمؤكسد ذو الإمكانات الأعلى التالى. وترتيب الأفضلية لمستقبلات الإلكترون فى التربة هو:

$$O_2 > NO_3^{2-} > Mn\ (VI) > Fe\ (III) > SO_4^{2-} > CO_2 > H^+$$

ويعمل الحديد (Fe)، وبدرجة أقل المنجنيز (Mn) كصبغات لونية للتربة. وينتج عن أكسدة واختزال هذه الأنواع

تغيرات فى اللون و/ أو التركيزات تدل على رطوبة التربة. وأيونات الحديد المختزل، الحديد (II) والمنجنيز متحركة فى التربة مقارنة بحالتها المؤكسدة. وهى عرضة للغسيل أو الانتقال من التركيز الأعلى (منطقة لاهوائية، مثل داخل وحدة البناء) إلى تركيز أقل (منطقة هوائية، مثل سطح وحدة البناء). وعند التعرض للأكسجين (جهد أكسدة واختزال أعلى)، تتأكسد الأنواع المختزلة ولا تتحرك وتكون تركيزات الحديد والمنجنيز، التى تكون أكثر احمرارًا من النسيج المجاور. والمناطق التى تفقد الحديد أو المنجنيز تستنفد الصبغة (استنفاد الأكسدة والاختزال) ولها لون رمادى أو أفتح بسبب السطح المعدنى النظيف المكشوف. ويعتبر الاستنفاد بصفاء لون 2 أو أقل من المؤشرات المورفولوجية الرئيسية للتشبع الموسمى أو الدورى. ومن المهم ملاحظة أن الاستنفاد يتشكل عن طريق اختزال الحديد أو المنجنيز بينما تتشكل التركيزات عن طريق الأكسدة.

وتؤثر خصائص التربة الكيميائية والطبيعية على تفاعلات الأكسدة والاختزال. وبالتالى، قد لا يحدث تكوين RMF فى التربة المشبعة فى ظروف معينة. على سبيل المثال، يؤدى ارتفاع pH إلى تقليل ميل استقبال الإلكترون لأنواع كيميائية بحيث يكون تكوين RMF أقل احتمالًا فى التربة القلوية. وبالمثل، نظرًا لأن درجة الحرارة الباردة تقلل من النشاط الميكروبى، فقد لا تتشكل RMF خلال أشهر الشتاء على الرغم من أن التربة تكون مشبعة. علاوة على ذلك، قد لا تنتج تفاعلات الأكسدة/ الاختزال مظاهر يمكن ملاحظتها بصريًا، كما هو الحال فى مواد أصل التربة الحمراء أو الآفاق التى تتحكم فيها المادة العضوية فى لون التربة.

وبمجرد تكوين تركيزات أكسيد الحديد تكون مستقرة فى التربة المؤكسدة وتظل المواد المستنفدة خالية من الصبغة. وبالتالى، قد تبقى بعض RMF حيث تشكلت فى ظل ظروف لاهوائية لم تعد موجودة. على سبيل المثال، قد تحتفظ شرفة المجرى المائى التى تفتقر حاليًا إلى الرطوبة الداخلية بسبب خفض التدفق بالاحتفاظ بتكوين RMF عند وجود مستوى ماء أرضى فى موضع أعلى فى التربة. وإذا ثبت وجود أثر، فيمكن وصف RMF على هذا النحو. ولا تعتبر مظاهر الأكسدة والاختزال فى التربة التى تم صرفها صناعيا آثارًا لأنه يمكن استعادة الظروف الأصلية.

وصف مظاهر الأكسدة والاختزال Describing Redoximorphic Features

نظرًا لعلاقة RMF القوية برطوبة التربة، يتم وصفها عادةً بشكل منفصل عن الاختلافات اللونية أو التركيزات الأخرى. وتوصف البقع (اختلافات اللون التى لا تنتج عن فقد الحديد أو تراكمه، مثل الصخر المجوى المتغير (variegated weathered rock)) مع لون التربة. وخصائص RMF الموصوفة بشكل روتينى تشمل الكمية والحجم والتباين واللون والنوع والموقع. كما يمكن، إذا كان ذلك مهمًا، وصف حالة الرطوبة والشكل والصلابة والحدود. وإرشادات وصف اللون وحالة الرطوبة المرتبطة بها هى نفسها الخاصة بتسجيل اللون (انظر القسم السابق). ومصطلحات وصف صلابة تركيزات الأكسدة والاختزال الملتحمة مقدمة فى قسم مقاومة التمزق (Rupture Resistance) أدناه (درجات الالتحام). ومصطلحات وصف كمية وحجم وتباين ولون وموقع RMF هى نفس مصطلحات وصف التركيزات داخل التربة (انظر القسم أعلاه). ومناقشة أنواع RMF أدناه.

تركيزات الأكسدة والاختزال Redox Concentrations

تركيزات الأكسدة والاختزال هى تراكمات (accretions) موضعية من الحديد و/ أو المنجنيز، قد تحدث كعقد ملتحمة أو أطوار غير متبلورة، تؤدى إلى تصبغ محسن (enhanced pigmentation) و/ أو ترسيب ملتحم. وتتشكل التركيزات من خلال أكسدة الحديدوز Fe (II) إلى حديديك Fe (III)، مما ينتج عنه لون أكثر احمرارا من لون النسيج المجاور (شكل 3-27). وفى ظروف الاختزال الشديدة، يتراكم الحديدوز، خاصة فى وجود S، مكونًا تركيزًا لونه أسود أو رمادى أزرق. وتركيزات الأكسدة والاختزال لها الأشكال التالية:

كتل (Masses): أجسام غير ملتحمة أو مناطق موضعية ذات تصبغ محسن بسبب تراكم الحديد و/ أو المنجنيز. والكتل التى تحدث كأغلفة (coatings) أو تشريب (impregnations) رقيق للنسيج على طول المسام (مثل

قنوات الجذور) تسمى بطانات (linings) المسام.

شكل 3-27: مظاهر أكسدة واختزال تتكون من تركيز أكسدة واختزال، ككتلة حديد (منطقة حمراء على طول سطح وحدة البناء) ونضوب الحديد (منطقة لونها فاتح تحيط بقناة الجذر فى داخل وحدة البناء). (Photo courtesy of John Kelley)

عقد أو تجمعات صلبة (Nodules or concretions): أجسام ملتحمة من أكاسيد الحديد والمنجنيز تكونت خلال دورات جفاف وابتلال متتالية.

استنزاف الأكسدة والاختزال (Redox Depletions):

استنفاد الأكسدة والاختزال هى مناطق موضعية ذات تصبغ منخفض بسبب فقد الحديد أو المنجنيز، مع أو بدون فقد الطين. وينتج عن فقد الصبغة لونًا رماديًا أو أفتح أو أقل أحمرًا من لون النسيج المجاور (شكل 3-27). ويكشف فقد الصبغة لون المعدن تحته. واستنفاد الأكسدة والاختزال له درجة لون (hue) أكثر اصفرارا أو اخضرارا أو زرقة عن النسيج المجاور و/ أو قيمة (value) أعلى و/ أو صفاء (chroma) أقل. وتشمل عمليات استنفاد الأكسدة والاختزال، على سبيل المثال لا الحصر، ما كان يُطلق عليه سابقًا "low chroma mottles" (صفاء أقل من 2)، وهى مؤشرات رئيسية للتشبع الموسمى أو الدورى للتربة. ويحدث استنفاد الأكسدة والاختزال فى الأشكال التالية:

استنفاد الحديد (Iron depletions): مناطق موضعية فقدت صبغة الحديد و/ أو المنجنيز بسبب تفاعلات الأكسدة أو الاختزال فى ظل ظروف لاهوائية ولكنها ذات محتوى طين مثل النسيج المجاور.

استنفاد الطين (Clay depletions): مناطق موضعية فقدت الحديد والمنجنيز والطين. ويشار إلى هذه المظاهر عادةً باسم أغلفة السلت (silt coatings) أو الهياكل (skeletans). وقد تتكون بواسطة عمليات غسيل

(eluvial) بدلاً من الأكسدة والاختزال. ولا تعتبر أو توصف مظاهر التربة ذات الأصل الغسيلى (على سبيل المثال، مواد albic وأغلفة السلت والهياكل) على أنها استنفاد الأكسدة والاختزال.

نسيج مختزل (Reduced matrix): أفق أو طبقة أو منطقة مختزلة بالنسبة للحديد. لها chroma نسيج < 2 و/ أو 5GY hue، 5G، أو 5BG تعكس وجود Fe (II). ويصبح لون التربة أكثر احمرارًا (يتأكسد) عند تعرضه للهواء. ويتغير اللون فى 30 دقيقة. ويمكن لمحلول 0.2% solution of alpha,alpha-dipyridyl مذاب فى 1N ammonium acetate (NH_4OAc) pH 7 التحقق من وجود Fe^{+2} فى الحقل (Childs, 1981).

التماسك (Consistence)

يشير التماسك إلى درجة التحام والتصاق مواد التربة أو مقاومتها للتفتت أو التمزق. ويتضمن: (1) مقاومة مواد التربة للتمزق، (2) مقاومة الاختراق، (3) مرونة ومتانة ولزوجة مواد التربة المبتلة، و (4) الطريقة التى تسلكها مواد التربة عندما تتعرض للانضغاط. وهذه ينبغى استخدامها لفائدتها. إضافة إلى ذلك، يتم مناقشة أقسام صعوبة التنقيب، التى تعكس خصائص التماسك.

وكلمة consistence ليست مرادفا لكلمة consistency المستخدمة فى هندسة التربة لتحديد درجة مقاومة الاختراق بالإصبع أو بظفر الإصبع (test designation D 2488, ASTM, 2011). وتم تعميم المصطلح الهندسى للاستخدام فى حصر الأراضى وسمى "consistence". ومع ذلك، فإن اختبارات تحديد الـ consistency تختلف عن اختبارات التماسك. ويعتمد التماسك كثيرا على حالة مياه التربة ولا يكون للوصف معنى ما لم يتم تحديد حالة المياه أو تقدر بواسطة الاختبار. ولمقاومة التمزق، يتم توفير مصطلحات درجات منفصلة للاختبارات على التربة الجافة (حالات مياه تربة متوسطة الجفاف أو جافة جدًا) والتربة الرطبة (من جافة قليلاً إلى حالات رطوبة التربة المشبعة). ولتحديد درجة الالتحام، تجفف العينة هوائيا، ثم تغمر فى الماء لمدة ساعة على الأقل، وتفحص للتشبع. وتجرى اختبارات اللزوجة (Stickiness) والمرونة (plasticity) والصلابة (toughness) على التربة المبتلة (puddled). ويتم تحديد اللزوجة عند أعلى محتوى رطوبة، عندما تكون العينة أكثر لزوجة. ومن الأفضل إجراء اختبارات طريقة الفشل على عينات متوسطة الرطوبة أو مبتلة أكثر. وتعتمد مقاومة الاختراق بشدة على حالة الرطوبة، التى يجب ملاحظتها دائمًا.

وتشمل تعريفات درجة مقاومة التمزق والمتانة الأوصاف النوعية والحدود الكمية للإجهاد أو القوة المطبقة على العينة. ونظرًا لأن إدراك المقدار النسبى للقوة المطلوبة لتسبب فشل العينة يختلف باختلاف الفرد، فيجب تعلم الإحساس بمختلف درجات القوة المستخدمة. ويمكن تعلم إحساس ملمس حدود الدرجة باستخدام القوة على موازين التحميل العلوى واستشعار الضغط من خلال أطراف الأصابع أو من خلال نتوء القدم. ويمكن استخدام الموازين القائمة لنطاق المقاومة القابل للاختبار بالأصابع. واستخدام ميزان الحمام لمقاومة تمزق أعلى. ولحساب القوة بالنيوتن، يضرب الكيلوجرام فى 10 أو الرطل فى 4.54. وواحد جول (joule) يساوى الطاقة الناتجة عن إسقاط وزن 1 كجم من ارتفاع 10 سم. (وحد درجة 3 جول يكافئ تقريبًا إسقاط 2 رطل من ارتفاع 1 قدم). ومن السهل تطوير أداة تدريب لمعايرة أصابع المرء لتقدير القوة المطبقة وهى تسجيل القوة المطلوبة لضغط الزنبركات (springs) بدرجات متفاوتة من المقاومة باستخدام المقاييس كما هو موضح أعلاه. ويمكن بعد ذلك استخدام مجموعة من الزنبركات الصغيرة التى تقارب حدود درجات مقاومة التمزق كـ "عينات معروفة" لتقدير درجات مقاومة التمزق والصلابة. ومن أجل التقدير للنسيج الطبيعى، من المحتمل أن يكون التباين بين العينات كبيرًا. وقد تكون القياسات المتعددة ضرورية. وتسجيل القيم المتوسطة يساعد فى تقليل تأثير القيم الشاذة المقاسة.

مقاومة تمزق العينات شبه الكتل (Rupture Resistance for Blocklike Specimens)

يبين جدول 3-7 درجات مقاومة التمزق ووسائل التقدير للعينات شبه الكتل. ويقدم مجموعات درجات مختلفة لمواد

التربة متوسطة الجفاف والجافة جدا، ولمواد التربة الجافة قليلا والأكثر رطوبة. وما لم ينص على خلاف ذلك، يفترض أن تكون حالة ماء التربة هى التى أشير إليها للأفق أو الطبقة عند وصفها. والالتحام استثناء. ولاختبار الالتحام، تكون العينة جافة هوائيا ثم تغمر فى الماء لمدة ساعة على الأقل. والمواد الملتحمة سوف تقاوم التشرب. ولا تتعلق مواضع درجات الالتحام بمواد التربة عند حالة الماء الحقلى.

جدول 3-7: درجات مقاومة العينات شبه الكتل للتمزق.

Classes			Test Description	
Moderately dry and very dry	**Slightly dry and wetter**	**Air dried, submerged**	**Operation**	**Stress Applied** [a]
Loose	Loose	Not applicable	Specimen not obtainable	
Soft	Very friable	Non-cemented	Fails under very slight force applied slowly between thumb and forefinger	< 8 N
Slightly hard	Friable	Extremely weakly cemented	Fails under slight force applied slowly between thumb and forefinger	8 to < 20 N
Moderately hard	Firm	Very weakly cemented	Fails under moderate force applied slowly between thumb and forefinger	20 to < 40 N
Hard	Very firm	Weakly cemented	Fails under strong force (maximum of about 80 N) applied slowly between thumb and forefinger	40 to < 80 N
Very hard	Extremely firm	Moderately cemented	Cannot be failed between thumb and forefinger but can be between both hands or by placing on a nonresilient surface and applying gentle force underfoot	80 to < 160 N
Extemely hard	Slightly rigid	Strongly cemented	Cannot be failed in hands but can be underfoot by full body weight (about 800 N) applied slowly	160 to < 800 N
Rigid	Rigid	Very strongly cemented	Cannot be failed underfoot by full body weight but can be by blow of < 3 J	800 N to < 3 J
Very rigid	Very rigid	Indurated	Cannot be failed by blow of < 3 J	≥ 3 J

* Both force (newtons; N) and energy (joules; J) are employed. The number of newtons is 10 times the kilograms of force. One joule is the energy delivered by dropping a 1 kg weight 10 cm.

ويجب أن تكون العينة شبه الكتلة من 25 إلى 30 مم على الحافة. ولا يحدد اتجاه الإجهاد المتعلق بالمحور الموضعى للعينة ما لم يُذكر خلاف ذلك. وتضغط العينة بين الإبهام والسبابة، بين كلتا اليدين، أو بين القدم وسطح

مستوٍ غير مرن. وإذا قاومت العينة التمزق عن طريق الضغط، يتم إسقاط وزن عليها من ارتفاعات متزايدة بشكل متزايد حتى تتمزق. ويكون الفشل فى الكشف الأولى عن التفتت أو التمزق. ويجب أن يكون الضغط المطبق فى اليد لمدة ثانية واحدة.

ولا تتوفر دائمًا عينات بحجم وشكل قياسيين. وبينما يمكن قطع الكتل الكبيرة إلى الحجم القياسى، لا يمكن قطع الكتل الصغيرة. ويمكن اختبار كتل عينات يقل حجمها عن 25 إلى 30 مم على الحافة، ولكن يجب تعديل القوة المرصودة المطلوبة للتمزق لتقريب ما يمكن توقعه إذا كانت الكتلة بالحجم القياسى. وقد يُفترض أن تتناقص القوة مقابل البعد الذى يتم تطبيق الضغط عليه. على سبيل المثال، إذا كانت عينة كتلة رطبة بطول 10 مم على طول اتجاه تطبيق القوة تتمزق عند جهد 4 نيوتن، فيمكن استخدام المعادلة التالية لضبط الضغط الملاحظ عند الفشل لذلك بالنسبة لكتلة قياسية مقاس 28 مم:

$$\text{Adjusted stress value} = [(28\text{ mm}/\text{actual cube length mm})^2 \times \text{observed stress (N) at failure}]$$

وبالنسبة لعينة 10 مم فى المثال أعلاه، $[4\text{ N} \times (28/10)^2]$ تساوى جهدًا مضبوطًا يبلغ حوالى 31 نيوتن وفقًا لجدول 3-7، تكون درجة مقاومة التمزق مندمجة (firm).

ويعقد بناء التربة تقييم مقاومة التمزق. وإذا أمكن الحصول على عينة بالحجم القياسى، يتم إقرار مقاومة التمزق للعينة القياسية. كما يمكن وصف مكون وحدات البناء الفردية الأخرى. وعادة، يجب أن يتجاوز مكون وحدات البناء حوالى 5 مم فى اتجاه الضغط المستخدم. ويجب أن يتجاوز التعبير ضعيف حتى يتم تقييم مقاومة التمزق لوحدات البناء الفردية.

وإذا كان حجم البناء والتعبير لا يمكن الحصول على عينة، فإن مادة التربة بشكل عام تكون سائبة (loose). ويمكن تحديد مقاومة وحدة البناء للتمزق إذا كان الحجم كبيرًا بدرجة كافية (يتجاوز حوالى 5 مم فى اتجاه الضغط المطبق) لإجراء اختبار. وتعتبر التربة ذات البناء المتوسط أو الواضح ووحدات البناء التى تقل عن 5 مم فى اتجاه الضغط المطبق مفرولة جدا (very friable) أو سائبة (loose).

مقاومة التمزق لعينات طبقية (Rupture Resistance for Plate-Shaped Specimens)

يستخدم الإجراء التالى لتحديد مقاومة التمزق للعينات على شكل طبق، مثل قشور السطح، وحدات بناء طبقى أو عديسى، وعينات مماثلة يكون طولها وعرضها أكبر عدة مرات من سمكها. ويجب أن تكون العينة من 10 إلى 15 مم على الحافة. وسمكها حوالى 5 مم، أو سمك الحدوث إذا كان أقل من 5 مم. وبالنسبة للقشور السطحية، يشمل السمك القشرة ومادة التربة الملتصقة بها. وبالنسبة لبعض القشور ذات الشقوق المتقاربة، قد تكون العينات صغيرة جدًا لتطبيق الاختبار. وتمسك العينة عند الحافة بين الإبهام والسبابة. ويتم استخدام القوة على طول أطول البعدين الرئيسيين. وجدول 3-8 يسرد الدرجات ومعاييرها. ويجب أن تكون مدة الضغط حتى الفشل حوالى ثانية واحدة.

ولمعايرة قوة الإصبع المطبقة مع حدود الدرجة الكمية، يمكن استخدام مقياس لكل من تمزق العينات مباشرة وتطوير حاسة اللمس بالإصبع. ويتم تطبيق القوة بالسبابة من خلال شريط بعرض 5 مم على المقياس لإنشاء منطقة تحمل مماثلة لتلك الموجودة فى العينة على شكل طبق. وتضغط العينة بين الإبهام والسبابة فى يد واحدة بينما يمارس نفس الضغط المحسوس فى نفس الوقت على المقياس باستخدام سبابة اليد الأخرى. وتتم قراءة المقياس عند فشل العينة.

والعينات التى لا يمكن كسرها بين الإبهام والسبابة، يمكن تقييم مقاومة التمزق باستخدام مقياس اختراق صغير. ويتم تشكيل العينة عن طريق توجيه السطحين الكبيرين المتوازيين مع بعضهما البعض ثم إنشاء سطح مستوٍ.

ويوضع أحد أكبر الأوجه لأسفل على سطح غير مرن. ويتم تطبيق القوة من خلال طرف مقياس الاختراق الذى يبلغ قطره 6 مم حتى يحدث التمزق.

جدول 3-8: درجات مقاومة التمزق المستخدمة لتحطيم عينات شبه طبقية.

Classes	**Force** (newtons)
Fragile	< 3 N
Extremely weak	Not removable
Very weak	Removable; < 1 N
Weak	1 to < 3 N
Medial	3 to < 20 N
Moderate	3 to < 8 N
Moderately strong	8 to < 20 N
Resistive	≥ 20 N
Strong	20 to < 40 N
Very strong	40 to < 80 N
Extremely strong	≥ 80 N

المرونة (Plasticity)

المرونة هى الدرجة التى يتغير عندها شكل مواد التربة المشبعة بالماء دائما دون تفتيت بالقوة المستخدمة بشكل مستمر فى أى اتجاه. ويسرد جدول 3-9 الدرجات والمعايير. وتقدر على مواد أصغر من 2 مم.

جدول 3-9: درجات المرونة.

Classes	**Criteria**
Nonplastic	A roll 4 cm long and 6 mm thick that can support its own weight if held on end cannot be formed.
Slightly plastic	A roll 4 cm long and 6 mm thick can be formed and can support its own weight if held on end. A roll 4 mm thick cannot support its own weight.
Moderately plastic	A roll 4 cm long and 4 mm thick can be formed and can support its own weight, but a roll 2 mm thick cannot support its own weight.
Very plastic	A roll 4 cm long and 2 mm thick can be formed and can support its own weight.

ويتم التقدير على مواد تربة مشبعة تماما عند محتوى من الماء يظهر أقصى قدر من المرونة. هذا المحتوى يكون فوق الحد المرن ولكن أقل من محتوى الماء الذى يظهر أقصى لزوجة. ويتم ضبطه بإضافة أو إزالة الماء أثناء المعالجة باليد. وحد المرونة المستخدم فى التصنيفات الهندسية يشير إلى محتوى الماء الذى عنده يمكن عمل حبل من مادة < 0.4 مم، يكون قطره 3 مم، ويتفكك عند زيادة محتوى الماء (طريقة D 4318 in ASTM, 2011).

المتانة Toughness

المتانة مرتبطة بالمرونة. ويسرد جدول 3-10 الدرجات ومعاييرها. وتعتمد الدرجات على القوة النسبية اللازمة لتشكيل حبل بالأصابع بقطر 3 مم من مادة تربة أقل من 2 مم عند محتوى مائى بالقرب من حد المرونة (اختبار D 2488 فى ASTM, 2011).

جدول 3-10: درجات المتانة.

Classes	Criteria
Low	The specimen diameter at or near the plastic limit can be reduced to 3 mm by exertion of < 8 N.
Medium	The specimen diameter at or near the plastic limit requires 8 to < 20 N to be reduced to 3 mm.
High	The specimen diameter at or near the plastic limit requires > 20 N to be reduced to 3 mm.

اللزوجة Stickiness

تشير اللزوجة إلى قدرة التربة على الالتصاق بأشياء أخرى. ويسرد جدول 3-11 الدرجات ومعاييرها. ويتم التقدير على مادة تربة مبتلة < 2 مم عند محتوى ماء تكون المادة أكثر لزوجة. ويتم سحق العينة فى اليد، واستخدام الماء، وتستمر المعالجة بين الإبهام والسبابة حتى الوصول إلى أقصى لزوجة.

جدول 3-11: درجات اللزوجة.

Classes	Criteria
Nonsticky	After release of pressure, practically no soil material adheres to thumb or forefinger.
Slightly sticky	After release of pressure, soil material adheres perceptibly to both digits. As the digits are separated, the material tends to come off one or the other digit rather cleanly. The material does not stretch appreciably on separation of the digits.
Moderately sticky	After release of pressure, soil material adheres to both digits and tends to stretch slightly rather than to pull completely free from either digit.
Very sticky	After release of pressure, soil material adheres so strongly to both digits that it stretches decidedly when the digits are separated. Soil material remains on both digits.

طريقة الفشل (Manner of Failure)

الطريقة التى تفشل عندها العينات فى ظل زيادة قوة تتباين على نطاق واسع، وتعتمد عادة على حالة الماء. ودرجات طريقة الفشل هى الهشاشة (brittleness) والسيولة (fluidity) والتلطخ (smeariness) (انظر جدول 3-12). ولتقييم الهشاشة أوالتلطخ، يتم الضغط على عينة مكعبة تقريبا 25 – 30 مم على الحافة بين السبابة والإبهام. ولتقييم السيولة تعصر حفنة من مواد التربة فى اليد (شكل 3-28). وبعض مواد التربة تكون هشة حتى ولو كانت مبتلة، وبعضها يمكن ضغطها بشكل ملحوظ دون ظهور شقوق، وأخرى تكون كالسوائل إذا كانت مبتلة. وأخرى تشوه (smear) إذا تعرضت لضغط الفشل. والتربة الرطبة قليلا أو الجافة، إذا كانت ملتحمة، تكون هشة دائما ولا تظهر تشوه (smeariness)؛ تكون طريقة الفشل مفيدة فقط لمواد التربة متوسطة الرطوبة أو المبتلة. والتشوه خاصية مرتبطة بالتربة التى لها خصائص أنديك (تربة Andisols وبعض Spodosols).

جدول 3-12: درجات طريقة الفشل.

Classes	Operation	Test result
Brittleness		
Brittle	Gradually increasing compressive pressure is applied to a 25–30 mm specimen held between extended thumb and forefinger.	Specimen retains its size and shape (no deformation) until it ruptures abruptly into subunits or fragments.
Semi-deformable	Same as above	Deformation occurs prior to rupture. Cracks develop and specimen ruptures before it is compressed to half its original thickness.
Deformable*	Same as above	Specimen can be compressed to half its original thickness without rupture. Radial cracks may appear and extend inward less than half the radius distance under normal compression.
Fluidity		
Nonfluid	A handful of soil material is squeezed in the hand.	No material flows through the fingers after full compression.
Slightly fluid*	Same as above	After full compression, some material flows through the fingers but most remains in the palm of the hand.
Moderately fluid*	Same as above	After full pressure, most material flows through the fingers; a small residue remains in the palm of the hand.
Very fluid*	Same as above	Under very gentle pressure, most material flows through the fingers like a slightly viscous fluid and very little or no residue remains.
Smeariness		
Non-smeary	Gradually increasing pressure is applied to a 25–30 mm specimen held between extended thumb and forefinger in such a manner that some shear force is exerted on the specimen.	At failure, the specimen does not change suddenly to a fluid, the fingers do not skid, and no smearing occurs.
Weakly smeary	Same as above	At failure, the specimen changes suddenly to fluid, the fingers skid, and the soil smears. Afterward, little or no free water remains on the fingers.
Moderately smeary	Same as above	At failure, the specimen changes suddenly to fluid, the fingers skid, and the soil smears. Afterward, some free water can be seen on the fingers.
Strongly smeary	Same as above	At failure, the specimen changes suddenly to fluid, the fingers skid, and the soil smears and is very slippery. Afterward, free water is easily seen on the fingers.

* The approximate equivalent *n* values (Pons and Zonneveld, 1965) are as follows:

Deformable <0.7 Moderately fluid 1-2 Slightly fluid 0.7–1 Very fluid ≥ 2

مقاومة الاختراق (Penetration Resistance)

مقاومة الاختراق هى قدرة التربة على مقاومة الاختراق بواسطة جسم صلب. ويجب تحديد شكل وحجم الجسم المخترق. وتعتمد مقاومة الاختراق على حالة الماء، التى يجب تحديدها.

والدرجات فى جدول 3-13 تتعلق بالضغط المطلوب لدفع الطرف المسطح لقضيب أسطوانى بقطر 6.4 مم مسافة 6.4 مم فى التربة فى حوالى ثانية واحدة (Bradford, 1986). وتستخدم ثلاث درجات عامة وسبع درجات محددة بدقة. ويجب تحديد اتجاه محور الإدخال. وعمل تصحيح لوزن جهاز الاختراق (penetrometer) إذا كان محور الإدخال رأسى والمقاومة صغيرة. وإذا وجدت قطع صخور، تكون القيم المنخفضة المقاسة أكثر وصفا لنسيج ناعم التربة.

شكل 3-28: اختبار حقلى لطريقة الفشل على تربة متوسطة السيولة .(Photo courtesy of John Kelley)

جدول 3-13: درجات مقاومة الاختراق.

Classes	Penetration resistance (MPa)
Small	**<0.1**
Extremely low	<0.01
Very low	0.01-<0.1
Intermediate	**0.1-<2**
Low	0.1-<1
Moderate	1-<2
Large	**>2**
High	2-<4
Very high	4-<8
Extremely high	>8

وجهاز الاختراق (pocket penetrometer)، المبين فى برادفورد (Bradford, 1986)، هو الجهاز القياسى. وتتوفر أجهزة اختراق قطر نهاية الحافة المسطحة 6.4 مم وجهاز قراءة. ويمكن قراءة المقاومة مع أقل تغيير باستخدام جهاز القراءة. ويجب تحويل المقياس على اسطوانة جهاز الاختراق لوحدات القوة. والمقياس المتوفر على هذه الأجهزة يعتمد عادة على الارتداد بين مقاومة الاختراق وقياسات قوة الضغط غير المحدودة وليس له تطبيق فى السياق المستخدم هنا. ويعبر عن مقاومة الاختراق بوحدات الضغط. والوحدة المفضلة هى ميجاباسكال (MPa). ولحافة قطرها 6.4 مم، يتم ضرب القوة المقدرة بالكيلوجرام فى 0.31 للحصول على الضغط بالميجاباسكال. ولتوسيع نطاق الجهاز، قد يستبدل الزنبرك الأضعف والأقوى. وتستخدم القيم المتحصل عليها بالميجاباسكال مع أى قطر قضيب مسطح النهاية لتقدير الدرجة (أنظر جدول 3-13).

وبالإضافة إلى الطرف المسطح، يمكن تركيب أطراف مخروطية الشكل على مقاييس الاختراق ذات الأطراف المسطحة بالإضافة إلى مقاييس الاختراق الأخرى. وقد حددت الجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين (American Society of Agricultural Engineers) جهازى اختراق بمخروط طرفى بزاوية 30 درجة

(Ayers and Perumpral, 1982). أحدهما مساحة قاعدته 1.3 سم^2 والآخر 3.2 سم^2. ويجب إدخال الأطراف بحيث تكون قاعدة المخروط متداخلة مع سطح التربة. ويجب استخدام زمن الإدخال ثانيتين للمخروط الأصغر و 4 ثوان للأكبر. وينبغى إنشاء علاقة بين أطراف المخروط والقضيب المحدد بنهاية مسطحة قبل قياسات المخروط. ويمكن تعديل الجدول 3-13 لاستخدام قياسات المخروط المقابلة.

وتحديد مقاومة الاختراق عندما تكون طبقة التربة عند أو بالقرب من الحد الأقصى لمحتوى الماء مفيد فى تقييم محددات الجذر. وكانت العلاقة بين مقاومة الاختراق ونمو الجذور موضوع دراسات عديدة - Blanchar et al. (1978), Campbell et al. (1974), Taylor et al. (1966), and Taylor and Ratliff (1969). وتشير هذه الدراسات إلى العموميات التالية (التى يمكن تعديلها لنباتات وتربة معينة): (i) إذا كانت مادة التربة مبتلة أو رطبة جدًا ولا توجد أسطح بناء عمودية متقاربة، فإن الحد 2 ميجا باسكال (قضيب نهاية مسطحة 6.4 مم) يشير إلى معوق جذرى شديد لعديد من المحاصيل الحولية المهمة (هذا هو الأساس لمعيار مقاومة الاختراق فى معايير التقييد الطبيعى للجذر)؛ (ii) إذا كانت MPa بين 2 و 1، يمكن افتراض أن تقييد الجذر يتناقص بشكل خطى تقريبًا؛ (iii) إذا كانت MPa أقل من 1، يمكن افتراض أن يكون تقييد الجذر صغيرا.

صعوبة الحفر (Excavation Difficulty)

يبين جدول 3-14 درجات ومعايير صعوبة الحفر. ويمكن استخدام الدرجات لوصف الآفاق أوالطبقات أو الـ pedons فى وقت واحد أو فى أزمنة مختلفة. وترتبط صعوبة الحفر بحالة الماء المتحكمة فيها.

جدول 3-14: درجات صعوبة الحفر.

Classes	Criteria
Low	Material can be excavated with a spade using arm-applied pressure only. Neither application of impact energy nor application of pressure with the foot to a spade is necessary.
Moderate	Arm-applied pressure to a spade is insufficient. Excavation can be accomplished quite easily by application of impact energy with a spade or by foot pressure on a spade.
High	Excavation with a spade can be accomplished, but with difficulty. Excavation is easily possible with a full length pick using an over-the-head swing.
Very high	Excavation with a full length pick using an over-the-head swing is moderately to markedly difficult. Excavation is possible in a reasonable period of time with a backhoe mounted on a 40 to 60 kW (50 to 80 hp) tractor.
Extremely high	Excavation is nearly impossible with a full length pick using an over-the-head arm swing. Excavation cannot be accomplished in a reasonable time period with a backhoe mounted on a 40 to 60 kW (50 to 80 hp) tractor.

الجذور (Roots)

تسجل كمية وحجم وموقع الجذور فى كل طبقة. وسمات الجذور (الطول والتسطيح (flattening) والتعقد (nodulation) والآفات) وعلاقاتها بمظاهر خاصة بالتربة أو بالبناء تسجل كملاحظات.

كمية الجذور (Quantity of Roots)

توصف كمية الجذور من حيث عدد كل حجم فى وحدة المساحة. وتستخدم القيمة المرصودة لتحديد القسم. وتتعلق أقسام كمية الجذور بمنطقة فى مستوى أفقى ما لم ينص على غير ذلك. ويتم وصف معظم قطاعات التربة من مستوى رأسى وقد يختلف عدد الجذور المرصودة لكل وحدة مساحة اعتمادًا على الاتجاه. لذلك، يجب استخدام المقطع العرضى الأفقى (horizontal cross-section) عندما يكون عمليًا لتحديد كمية الجذور. وتتغير وحدة المساحة المطلوبة للفحص طبقا لحجم الجذور: 1 سم^2 للجذور الصغيرة جدا والصغيرة، 1 د س م^2 للمتوسطة والكبيرة، و 1 م^2 للكبيرة جدا.

ومن الناحية المثالية، تتوافق حدود القسم مع مستوى وفرة الجذور حيث توجد جذور كافية لاستغلال مياه التربة الموجودة فى نطاق سحب النبات خلال موسم النمو. وقد يصعب ذلك لأن الأنواع تختلف فى كفاءة جذورها. ففول الصويا والقطن أكثر كفاءة عدة أضعاف من الحشائش، وهناك اختلافات أخرى بين مجموعات معينة. وقد وضعت أقسام الكمية بحيث يتم الفصل بين الجذور قليلة ومتوسطة الانتشار تقريبا عندما تكون الحشائش الحولية لها أعداد جذور غير كافية لأغراض الاستغلال الكامل موسميا. والقسم قليل يمكن تقسيمه إذا كان ذلك مفيدا. والفصل بين عدد قليل جدا ومتوسط القلة عندما تكون أعداد جذور فول الصويا والقطن غير كافية.

وأقسام الكمية هى:

Few ..... less than 1 per unit area
Very few ..... less than 0.2 per unit area
Moderately few ..... 0.2 to less than 1 per unit area
Common ..... 1 to less than 5 per unit area
Many ..... 5 or more per unit area

أقسام حجم الجذور (Size Classes of Roots)

توصف الجذور من حيث الحجم بمصطلحات محددة للقطر. وأقسام الحجم هى:

Very fine ..... less than 1 mm
Fine ..... 1 to less than 2 mm
Medium ..... 2 to less than 5 mm
Coarse ..... 5 less than 10 mm
Very coarse .... 10 mm or larger

موقع الجذور (Location of Roots)

يوصف موقع الجذور داخل الطبقة بالنسبة للمظاهر الأخرى. وتوصف العلاقات مع الحدود بين الطبقات وآثار الحيوان والمسام والمظاهر الأخرى حسب الحاجة. وقد يشير الوصف، على سبيل المثال، إلى ما إذا كانت الجذور داخل وحدات البناء أو تتبع فقط الأسطح بينها. والترتيب المناسب هو الكمية والحجم والموقع. والوصف:" جذور صغيرة جدا كثيرة وجذور صغيرة بنسبة متوسطة "Many very fine and common fine roots" يعنى أن الجذور غير موزعة بشكل موحد، لأن الموقع لم يذكر. وأمثلة الوصف التى تعطى معلومات عن المكان هى: "جذور صغيرة جدا بنسبة متوسطة وصغيرة بنسبة متوسطة مركزة على الأوجه الرأسية لوحدات البناء" و "جذور صغيرة جدا بنسبة متوسطة داخل وحدات البناء وجذور متوسطة الحجم كثيرة بين وحدات البناء."

“common very fine and common fine roots concentrated along vertical faces of

structural units" and "common very fine roots inside peds, many medium roots between structural units."

وفى بعض أنواع التربة، قد لا يتوافق نمط أو نمو الجذر مع الآفاق أو الطبقات، ويكون من المفيد إعطاء بيان موجز عن تطور الجذور بزيادات 15 سم أو 30 سم أو أى سمك مناسب آخر. وفى أنواع أخرى، يمكن تلخيص توزيع الجذور عن طريق تجميع الطبقات. على سبيل المثال، فى تربة بها أفق تراكم طينى (illuvial) متطور وتسلسل الآفاق Ap-A-E1-E2-Bt1-Bt2، قد يكون نمط تطور الجذور واحدا خلال آفاق A، ونمط آخر فى آفاق E، ويكون مختلفا فى آفاق B. وفى هذه الحالة، يمكن وصف توزيع الجذور للآفاق E،A ، و B، كل أفق يعامل ككل.

وبالنسبة للنباتات الحولية، يبين زمن فحص الجذور. وآثار الجذور (القنوات التى خلفتها الجذور التى ماتت) والجذور الميتة نفسها يمكن أن تكون أدلة على خصائص التربة التى تتغير مع الزمن. ويعتمد معدل تحلل الجذور على نوع وحجم الجذر ونظام رطوبة وحرارة التربة. ويمكن أن تحدد الخبرة المحلية الزمن بعد النضج أو الحصاد الذى يتأثر فيه توزيع الجذور بالتحلل. وقد تستمر آثار الجذور فى طبقات عميقة لسنوات. وكثير من هذه الآثار لها أغلفة أو بطانات عضوية. وإذا حدثت تحت عمق الجذر العادى للمحاصيل الحولية، فهذا يشير إلى أنها من نباتات معمرة عميقة الجذور. وقد يشير وجود جذور ميتة تحت العمق الحالى للجذور إلى وجود تغير فى نظام ماء التربة. وقد تنمو الجذور بشكل طبيعى لبضع سنوات، ثم تموت عندما تتشبع التربة بالماء لفترة طويلة.

وبالإضافة إلى تسجيل أعماق الجذور أثناء الفحص، تكون التعميمات عن عمق الجذور مفيدة. ويجب أن تؤكد هذه التعميمات على الجذور الدقيقة جدا والدقيقة، إذا كانت موجودة، لأنها تكون نشطة فى امتصاص الماء والمغذيات. وقد يكون التعميم لعدد قليل من النباتات أو المجتمعات النباتية التى لها أهمية خاصة. وبالنسبة للنباتات الحولية، ينبغى أن يفترض التعميم نضج النبات.

المسام (Pores)

مساحة المسام مصطلح عام للفراغات فى مادة التربة. ويشمل المصطلح مساحة مسام النسيج وغير النسيج وبين وحدات البناء.

أنواع المسام (Kinds of Pores)

مسام النسيج (Matrix pores): تتكون مسام النسيج (وتسمى أيضًا المسام الخلالية (interstitial)) بواسطة الوسائل التى تتحكم فى تعبئة حبيبات التربة الأولية. وفى التربة ذات القوام الناعم والمتوسط تكون هذه المسام عادة أصغر من مسام غير النسيج. بالإضافة إلى ذلك، يتغير حجمها بشكل ملحوظ مع حالة الماء لآفاق أو طبقات التربة عالية القابلية للتمدد. وفى التربة خشنة القوام، يتم التحكم فى حجم المسام الخلالية بشكل كبير من خلال تعبئة الحبيبات الأولية ويظل مستقرًا إلى حد ما، على الرغم من أن المسام قد تمتلئ بمواد أنعم بمرور الوقت.

مسام غير النسيج (Non-matrix pores): هى فراغات كبيرة نسبيًا تحدث ليس فقط عندما تكون التربة جافة ولكن أيضًا عندما تكون متوسطة الرطوبة أو أكثر ابتلالا. وتكون الفراغات غير محددة بالمستويات التى تحدد الوحدات البنائية. ويتم تحديد المسام البينية (Interstructural pores) بوحدات البناء. ويمكن الاستدلال على المسامية البينية من وصف البناء. وعادة ما تكون هذه المسام مسطحة بصورة غير مهذبة.

وقد تتكون المسام غير النسيجية بواسطة الجذور والحيوانات والهواء المضغوط وغيرها من العوامل. والتوزيع الحجمى لهذه المسام لا علاقة له بالتوزيع الحجمى للحبيبات وما يتصل به من التوزيع الحجمى لمسام النسيج. وبالنسبة لحركة المياه عند سحب منخفض وظروف تشبع، تكون للمسامية غير النسيجية والبينية أهمية خاصة.

وتوصف المسام من حيث الكمية والحجم والشكل والاستمرارية الرأسية عموما بهذا الترتيب. وتتعلق أقسام الكمية بالعدد فى وحدة المساحة: 1 سم^2 للمسام الدقيقة جدا والدقيقة، و 1 دسم^2 للمسام المتوسطة والكبيرة، و 1 م^2 للكبيرة جدا.

أقسام كمية المسام (Quantity Classes of Pores)

أقسام كمية المسام هى:

Few ..... less than 1 per unit area
Common ..... 1 to less than 5 per unit area
Many ..... 5 or more per unit area

أقسام حجم المسام (Size Classes of Pores)

توصف المسام بالنسبة لحجم القطر المحدد. وأقسام حجم المسام الخمسة هى:

Very fine ..... less than 1 mm
Fine ..... 1 to less than 2 mm
Medium ..... 2 to less than 5 mm
Coarse ..... 5 to less than 10 mm
Very coarse .... 10 mm or more

أقسام شكل المسام (Shape Classes of Pores)

تتضمن الأشكال الشائعة للمسام غير النسيجية ما يلى:

حويصلية (Vesicular): صغيرة تقريبا كروية (spherical) أو بيضاوية (elliptical). وتحدث هذه التجاويف بسبب فقاعات الهواء المحبوسة، عادة فى أو أسفل القشور المعدنية أو البيولوجية أو الرصيف الصحراوى، خاصة فى أراضى المناطق الجافة. ومع زيادة حجم و/ أو عدد المسام الحويصلية القريبة من السطح، يقل الرشح بشكل كبير ويزداد الجريان السطحى. والأفق الذى تسود فيه المسام الحويصلية يعرف أنه أفق رئيسى حويصلى (V).

أنبوبية (Tubular): أسطوانية (cylindrical) وممتدة (elongated)، كما فى قنوات الديدان.

أنبوبية شجيرية (Dendritic tubular): مثل الأنبوبية، ولكنها متفرعة كما فى قنوات الجذور.

غير منتظمة (Irregular): غير متصلة. ويُطلق عليها عادةً اسم "vughs".

أقسام استمرارية المسام (Continuity Classes of Pores)

الاستمرارية الرأسية (Vertical continuity) تتضمن تقييم متوسط المسافة الرأسية التى يتجاوز خلالها الحد الأدنى لقطر المسام 0.5 مم عندما تكون طبقة التربة متوسطة الرطوبة أو أكثر ابتلالا. وتستخدم ثلاثة أقسام:

Low ..... less than 1 cm
Moderate .... 1 to less than 10 cm
High ..... 10 cm or more

وتستخدم التسمية مستمرة (continuous) إذا امتدت المسام غير النسيجية خلال سمك الأفق أو الطبقة. والاستمرارية الرأسية لها أهمية بالغة فى تقييم قدرة طبقة التربة على نقل الماء الحر رأسيا.

وتلاحظ جوانب خاصة، مثل التوجه فى اتجاه غير عادى، التركيز فى جزء واحد من الطبقة، أو الظروف التى يتم فيها سد المسام الأنبوبية بالطين فى كلا الطرفين. وبعض الأمثلة على وصف المسام: مسام أنبوبية دقيقة كثيرة (many fine tubular pores)

مسام أنبوبية دقيقة قليلة ومسام أنبوبية متوسطة القطر كثيرة مع استمرارية رأسية متوسطة

(few fine tubular pores and many medium tubular pores with moderate vertical continuity)

مسام حويصلية متوسطة القطر كثيرة فى حزام أفقى عرضه حوالى 1 سم فى أسفل الأفق.

(many medium vesicular pores in a horizontal band about 1 cm wide at the bottom of the horizon).

الحيوانات (Animals)

خلط مواد التربة وتغييرها ونقلها بواسطة الحيوانات عامل رئيسى مؤثر على خواص بعض أنواع التربة. والمظاهر الناتجة من نشاط الحيوانات تعكس أساسا خلط أو نقل المواد من جزء إلى آخر من التربة أو إلى السطح. وربما تعدل المادة الأصلية جوهريا طبيعيا أو كيميائيا.

وتوصف مظاهر سطح الأرض التى تنتجها الحيوانات. فقباب الترمايت (Termite mounds) وتلال النمل (ant hills) وأكوام (heaps) الأرض المحفورة (excavated earth) بجانب الجحور (burrows) وفتحات الجحور ومسارات ومخلفات التغذية وأنفاق الديدان (earthworm) والآثار الأخرى على السطح يمكن ملاحظتها ووصفها بسهولة. والقياسات والتقديرات البسيطة، مثل عدد الأبنية فى وحدة المساحة، والنسبة المشغولة من المساحة، وحجم الأبنية فوق الأرض، تعطى قيم كمية يمكن استخدامها لحساب حجم نشاط الكائنات الحية وعددها.

وعلامات الحيوانات تحت سطح الأرض تكون أكثر صعوبة فى ملاحظتها وقياسها. وتقتصر الملاحظات أساسا على الأماكن التى حفرت. وحجم التربة الذى يدرس عموما محدد. ولدراسة علامات كثير من الحيوانات، يجب أن يكون الـ pedon الطبيعى لوصف التربة كبيرا بما يكفى لإعطاء تقدير صحيح. وبالنسبة لبعض الحيوانات، يكون حجم العلامات كبيرا جدا بالنسبة للـ pedon العادى.

الكروتوفينا (Krotovinas) هى شرائط أنبوبية غير منتظمة داخل طبقة من مواد منقولة من طبقة أخرى. وهى ناتجة عن أنفاق مصنوعة بواسطة حيوانات تحفر الجحور فى طبقة تملؤها بمواد من خارج الطبقة. وتظهر فى قطاع التربة كأشكال مستديرة أو بيضاوية بأحجام مختلفة. وقد يكون لونها فاتحا فى طبقات داكنة أو داكنا فى طبقات فاتحة اللون، وصفاتها الأخرى من القوام والبناء قد تختلف عن تلك التى فى التربة المحيطة بها.

وصف المظاهر المرتبطة بالحيوانات (Description of Animal-Related Features)

توصف المظاهر التى تنتجها الحيوانات فى التربة من حيث الكمية والمكان والحجم والشكل والترتيب، وأيضا اللون والقوام والتركيب، والخواص الأخرى للمادة المتكونة. ولا توجد مصطلحات خاصة للوصف. ويجب استخدام الكلمات الشائعة إلى جانب مصطلحات خاصة ملائمة لخصائص التربة والمظاهر المورفولوجية التى تم وصفها فى أى مكان آخر من هذا الكتاب.

خصائص كيميائية مختارة (Selected Chemical Properties)

يناقش هذا القسم الخصائص الكيميائية المختارة المهمة لوصف وتعريف التربة. وتتضمن: التفاعل، الكربونات، أكاسيد المنجنيز، الملوحة، الصودية، الكبريتات، والكبريتيدات.

التفاعل (Reaction)

يعبر عن التفاعل بدرجة الحموضة (pH). والرمز pH 7 يعنى متعادل. والقيم أقل من 7 تشير إلى الحموضة؛ والقيم الأعلى تشير إلى القلوية. وتتراوح حموضة التربة من أقل من 2 إلى أكثر من 11. وللتربة المفردة نطاق pH أضيق داخل هذه الحدود. ويختلف التفاعل موسميا ويتأثر بعوامل مثل الرطوبة والحرارة ونمو النبات والنشاط الميكروبى. ويحدث أيضًا تغير كبير فى درجة الحموضة عندما يتم صرف بعض أنواع التربة المبتلة طبيعيا والتى تحتوى على كبريتيدات. وفى هذه الحالات، يتكون حامض الكبريتيك وتنخفض درجة الحموضة إلى أقل من 2.0.

ويتم قياس pH فى الحقل باستخدام خليط تربة: ماء بنسبة 1: 1 بحيث تكون مقارنات قراءات pHعلى أساس مكافئ. والعينة الأكثر تخفيفا (على سبيل المثال، 1: 5) تكون أعلى pH، وتكون العينات الأقل تخفيفا تكون أقل pH.

وبينما القياس المعيارى للـ pH فى الحقل هو 1: 1 خليط التربة: الماء، تُستخدم أيضًا طرق أخرى للقياس لأغراض معينة، خاصة تلك المطلوبة لبعض المعايير التصنيفية فى تصنيف التربة. وتشمل:

0.01 M $CaCl_2$: تتمتع هذه الطريقة بميزة التخفيف من التغير الموسمى فى رقم ال pH. ويتم استخدامها لبعض المعايير التصنيفية على مستوى العائلة.

1N KCl: تُستخدم هذه الطريقة لاستنتاج مستويات تشبع الألومنيوم فى بعض المجموعات الكبرى لأراضى Oxisols (على سبيل المثال، Acrudox). وإذا تم استيفاء المعايير، تكون سمية الألومنيوم مصدر قلق.

1M NaF: تُستخدم هذه الطريقة لاستنتاج وجود معادن قصيرة المدى. ويتم استخدامها فى معايير أقسام المعادن المتماثلة (isotic mineralogy class).

ويمكن استخدام طرق مختلفة لقياس pH فى الحقل. وأجهزة pH (Pocket pH meters) شائعة. ويجب الحذر لتنظيف طرف المستشعر بين القراءات ومعايرة الجهاز بشكل دورى بعينات قياسية من pH معروف. ومن المهم أيضًا التأكد من أن كواشف المعايرة جديدة. وتتضمن طرق قياس أخرى شائعة استخدام صبغات محلول دليل (indicator solution dyes)، مجموعات قياس الألوان (colorimetric kits)، وشرائط أوراق أدلة pH. والتخزين السليم لهذه المواد، بعيدًا عن أشعة الشمس المباشرة وغير معرضة لدرجات حرارة عالية، مهم. وبمرور الوقت، تصبح مواد الاختبار أقل موثوقية. ومن المهم تسجيل طريقة قراءة الـ pH.

مصطلحات درجات التفاعل (Reaction Class Terms)

تُستخدم مصطلحات درجات التفاعل عادة لتوصيل معلومات حول pH التربة. وجدول 3-15 يسرد هذه المصطلحات.

كربونات الكاتيونات ثنائية التكافؤ (Carbonates of Divalent Cations)

يستخدم محلول بارد من حمض هيدروكلوريك 1 عيارى (1N HCl) لاختبار وجود كربونات حرة فى الحقل. ويتم عمل التركيز المناسب بوضع جزء واحد من حمض الهيدروكلوريك المركز (37%) مع 11 جزء ماء مقطر. ويضاف الحامض إلى الماء، وليس العكس. ويجب توخى الحذر عند التعامل مع حمض الهيدروكلوريك المركز لأنه يمكن أن يسبب حروقًا جلدية شديدة. ووضع بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك على عينة تحتوى على كربونات يؤدى إلى نشوء غاز CO_2، يكون فقاعات (فوران). وتتأثر الكمية والتعبير عن الفوران (effervescence)بالتوزيع الحجمى والمعدنى للكربونات فضلا عن كميتها الكلية الموجودة. والفوران اختبار وصفى (qualitative) ولا يمكن استخدامه لتقدير كمية الكربونات.

جدول 3-15: مصطلحات درجات التفاعل ونطاقاتها فى pH.

Class term	pH range
Ultra acid	< 3.5
Extremely acid	3.5-4.4
Very strongly acid	4.5-5.0
Strongly acid	5.1-5.5
Moderately acid	5.6-6.0
Slightly acid	6.1-6.5
Neutral	6.6-7.3
Slightly alkaline	7.4-7.8
Moderately alkaline	7.9-8.4
Strongly alkaline	8.5-9.0
Very strongly alkaline	> 9.0

مصطلحات درجات الفوران (Effervescence Class Terms)

مصطلحات درجات الفوران الخمس ومعاييرها مبينة فى جدول 3-16.

جدول 3-16: مصطلحات درجات الفوران.

Effervescence class	Criteria
Noneffervescent	No bubbles form
Very slightly effervescent	Few bubbles form
Slightly effervescent	Numerous bubbles form
Strongly effervescent	Bubbles form a low foam
Violently effervescent	Bubbles quickly form a thick foam

مثال استخدام درجة الفوران فى الوصف هو: فوران شديد مع حامض هيدروكلوريك واحد عيارى (strongly effervescent with 1N HCl). وبينما تفور كربونات الكالسيوم عندما تعامل بحامض هيدروكلوريك مخفف بارد، لا يمكن دائما ملاحظة الفوران بسهولة لبعض أنواع التربة الرملية. ويتفاعل الدولوميت قليلا مع حامض مخفف بارد أو لا يتفاعل على الإطلاق ويمكن تجاهله. ويمكن الكشف عن الدولوميت عن طريق تسخين العينة، واستخدام حامض أكثر تركيزا، وطحن العينة. وفوران الدولوميت المسحوق مع حمض مخفف بارد يكون بطيئا (بضع دقائق) ورغويا (frothy).

مكافئ كربونات الكالسيوم (Calcium Carbonate Equivalent)

يشير مكافئ كربونات الكالسيوم إلى كميات $CaCO_3$ فى التربة. وتشمل الأسماء الأخرى كربونات التربة، كربون التربة غير العضوى، كربونات تكوينية (pedogenic)، كاليش (caliche)، ناري (nari)، توسكا (tosca)، كروت كالكير (croute calcaire)، كنكار (kankar)، وجير التربة (Monger et al., 2015). وأكثر أشكال

المعادن شيوعًا هو الكالسيت (calcite).

ويستخدم جهاز كالسيميتر (calcimeter) فى الحقل لاختبار كربونات التربة كميا (للتفاصيل انظر Soil Survey Staff, 2009). ولإجراء ذلك، توضع عينة صغيرة (عادة 0.33 جم) فى حقنة (syringe). ويوضع محلول حمض الهيدروكلوريك 10 فى المائة فى حقنة ثانية متصلة بالحقنة الأولى بواسطة أنبوب مطاطى. ويتم حقن محلول حمض الهيدروكلوريك فى الحقنة التى تحتوى على عينة التربة ويتم تسجيل تطور غاز ثانى أكسيد الكربون وتعديله لتعويض درجة الحرارة والارتفاع. ويتم تسجيل كربونات التربة لأقرب عدد صحيح.

أكاسيد المنجنيز (Manganese Oxides)

يمكن استخدام بيروكسيد الهيدروجين (محلول 3-4% H_2O_2، المتوفر عادة فى الصيدليات) لاختبار وجود أكاسيد المنجنيز (MnO_2، نوع من تركيزات الأكسدة والاختزال). كما تُستخدم درجات الفوران المستخدمة للكربونات (جدول 3-16) لوصف وجود أكاسيد المنجنيز. ويتم تسجيل درجة الفوران والكاشف، مثل "فوران عنيف فى 3% H_2O_2"."violently effervescent in 3% H_2O_2."

ويجب ملاحظة أن المادة العضوية تتفاعل أيضًا مع بيروكسيد الهيدروجين. وعادة ما يكون هذا التفاعل بطيئًا، بينما يتفاعل MnO_2 بسرعة. ويستخدم بيروكسيد الهيدروجين أيضًا لاختبار تغير اللون لاكتشاف وجود أحادى الكبريتيد المختزل (monosulfides) مثل FeS فى التربة تحت الماء.

الملوحة والصودية (Salinity and Sodicity)

تتطلب التقديرات الدقيقة للملوحة والصودية فى الحقل معدات خاصة وليست بالضرورة جزءًا من تحقيق كل بيدون. ويمكن إجراء تقديرات معقولة للملوحة والصودية إذا كانت المعايير الحقلية مرتبطة بقياس معمل أكثر دقة.

الملوحة (Salinity)

التوصيل الكهربى (EC) لمستخلص عجينة التشبع هو الطريقة القياسية لقياس الملوحة ويُشار إليه باسم ECe. ويرتبط التوصيل الكهربى بكمية الأملاح الأكثر ذوبانا من الجبس فى التربة. وقد تساهم أيضًا كمية صغيرة (تصل إلى 2 dS/m) من الجبس الذائب فى EC.

ويتم عادة عمل مستخلص عجينة التشبع فى المعمل وليس فى الحقل. ويمكن استخدام أجهزة توصيل كهربى صغيرة فى الحقل لقياس التوصيل الكهربى لمحاليل مائية للتربة بنسب مختلفة (على سبيل المثال، 1: 1، 1: 2، 1: 5، إلخ). وتعكس قيم EC المسجلة تركيز الخليط. وترتبط القراءات المنخفضة بكميات أعلى من الماء مقارنة بالتربة. ويجب الإشارة إلى نسبة التربة: الماء فى التوصيل الكهربى المقاس بهذه الطريقة (على سبيل المثال، $EC_{1:1}$, $EC_{1:5}$). ولا يوجد عامل تصحيح شامل لمساواة هذه النتائج بالطريقة القياسية لمستخلص عجينة التشبع التى تتم فى المعمل. والارتباطات العامة بين EC المقاس حقليًا باستخدام محلول التربة: الماء و ECe المقاس معمليًا لنفس العينات قد تكون ممكنة للتربة فى منطقة جغرافية محلية لها كيمياء ملح وخصائص أخرى متماثلة وظروف بيئية متشابهة. وعينات إضافية مقاسة حقليا يمكن بعد ذلك تقديرها بالنسبة لقيم ECe المتوقعة لأغراض تصنيف وتحديد درجات الملوحة. ويجب الحرص على عدم تمديد العلاقة خارج المنطقة.

وعادة يستخدم خليط تربة: ماء 1: 5 (بالحجم) كاختبار حقلى لقياس EC عينات تربة تحت مائية. ويتم تسجيل هذه النتائج كما هو موصوف أعلاه (على سبيل المثال، $EC_{1:5}$ 10.5 dS/m). ودرجات الملوحة المبينة فى جدول 3-17 لا تنطبق على هذه القياسات.

الوحدة الدولية لقياس EC هى ديسى سيمنس لكل متر (dS/m) مصححة لدرجة حرارة 25 °C. (ملليموز فى السنتيمتر [mmhos/cm] تعادل dS/m، لكن هذا التمييز غير مفضل). ويتم ذكر التوصيل الكهربى المقاس فى

وصف التربة. ويوضح جدول 3-17 درجات الملوحة المستخدمة إذا لم يتم تقدير التوصيل الكهربى (ECe) ولكن تم استنتاج الملوحة.

جدول 3-17: مصطلحات درجات الملوحة.

Salinity class	Electrical conductivity (ECe) dS/m (mmhos/cm)
Nonsaline	< 2
Very slightly saline	2 to < 4
Slightly saline	4 to < 8
Moderately saline	8 to < 16
Strongly saline	≥ 16

ويمكن قياس التوصيل الكهربائى فى الحقل باستخدام طرق أخرى، مثل الحث الكهرومغناطيسى (electromagnetic induction) أو مجسات (probes) الملوحة (انظر الباب السادس). وهذه القياسات مفيدة للمنطقة التى أجريت فيها ولكن القيم الملاحظة لا تعادل EC المقاسة بمستخلص عجينة التشبع أو بنسب مختلفة من التربة: الماء.

الصودية (Sodicity)

نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) هى القياس المعيارى لصودية التربة. وهى مقياس للتوازن بين أيونات الصوديوم فى محلول التربة وأيونات الصوديوم المتبادل المدمصة فى معقد تبادل الكاتيونات فى التربة. وتحسب نسبة ادمصاص الصوديوم من التركيزات (بالملليمكافئ لكل لتر) للصوديوم والكالسيوم والماغنيسيوم فى مستخلص التشبع من المعادلة:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

وكان مقياس الصودية سابقا هو النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (exchangeable sodium)، التى تساوى الصوديوم المتبادل (exchangeable sodium) بالملليمكافئ/ 100 جم تربة مقسومًا على السعة التبادلية الكاتيونية (cation-exchange capacity) بالملليمكافئ/ 100 جم تربة (meq/100 g soil) مضروبًا فى 100. واختبار النسبة المئوية للصوديوم المتبادل، أثبت عدم موثوقيته فى التربة التى تحتوى على معادن سيليكات الصوديوم (sodium silicate) القابلة للذوبان أو كميات كبيرة من كلوريد الصوديوم (sodium chloride).

والصوديوم سام لبعض المحاصيل ويؤثر على الخصائص الطبيعية للتربة، خاصة التوصيل الهيدروليكى المشبع. والصودية لها تأثير ضئيل على التوصيل الهيدروليكى فى التربة شديدة الملوحة. والتربة الملحية الصودية، عند صرفها صناعياً، يكون الصرف حرا فى البداية. وبعد إزالة بعض الملح، يصبح غسيل الأملاح أكثر صعوبة أو مستحيلًا. وتنخفض نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) عادةً مع غسيل التربة لأن مقدار التغير يعتمد جزئيًا على تركيب الماء المستخدم فى الغسيل.

ويمكن استخدام الإجراء التالى للتنبؤ بما إذا كانت التربة ستكون صودية بعد الغسيل. فإذا كان SARالأولى أكبر من 10 والتوصيل الكهربائى الأولى أكثر من 20 dS/m، يتم تقدير SAR العينة بعد أول غسيل بمياه الرى. وبالنسبة لتربة توصيلها الكهربى يزيد عن 20 dS/m، يتم تقدير SAR بعد أول غسيل للعينة بالماء المقطر إلى توصيل كهربى حوالى 4 dS/m.

ولا توجد درجات لمستويات الصوديوم فى التربة. والتحليل المعملى مطلوب لتوثيق SAR للآفاق الفردية. والتربة التى تحتوى على مستويات عالية من الصوديوم، ولكنها ليست ملحية، عادةً ما يكون pH لها 9.0 أو أكثر. وقيم pH التربة الملحية الصودية أقل من 8.5. بالإضافة إلى أن بعض أنواع التربة الصودية، خاصة فى المناطق المنخفضة، قد تكون سوداء على السطح بسبب تفرق الطين والمواد العضوية وسوء الصرف. وفى بعض أنواع التربة الصودية، تظهر آفاق natric بناء عموديا.

الكبريتات (Sulfates)

الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) يمكن أن يتوارث من مادة الأصل أو يترسب من المحاليل عالية التشبع فى التربة أو الطبقة التحتية. ويمكن أن يخفف من الآثار السلبية للصوديوم على بناء التربة، بالسماح باستخدام مياه رى محتواها من الصوديوم عاليا نسبيًا. والتربة التى تحتوى على كميات كبيرة من الجبس قد تهبط بشكل غير متساو بعد الرى، وقد يتطلب الأمر إعادة تسوية متكررة. وهبوط التربة بسبب ذوبان الجبس، خاصة من التدفق المركز لمياه الأمطار من الأسطح أو المناطق الممهدة، يمكن أن يشكل خطراً جسيماً على الطرق والمبانى. والجبس يذوب فى الماء. والتوصيل الكهربى لمحلول ماء مقطر مع الجبس حوالى 2 dS/m. وفى غياب أملاح أخرى، لا تشكل الملوحة خطراً باستثناء النباتات الحساسة مثل الفراولة (strawberries) وبعض نباتات الزينة (ornamentals). وقد يتسبب الجبس والكبريتات الأخرى فى تلف الخرسانة (concrete).

ويكون الجبس عادةً مسطحا أو ليفيًا ويميل إلى التراكم على شكل مجموعات من البللورات أو كأغلفة على وحدات البناء. والبعض يكون ملتحما. ويمكن التعرف على الجبس من خلال شكله وعدم فورانه مع الحامض. وقد يصعب التعرف على الجبس فى مادة الأصل. ويجب تحديد كمية الجبس فى الوصف. وإذا لم يتم ذلك، فقد يتم تقدير كميته. وتوجد طرق ميدانية نصف كميّة لتحديد كميات الجبس.

وتحتوى بعض أنواع التربة على كميات كبيرة من كبريتات الصوديوم، التى تشبه الجبس فى عينات التربة. وتكون كبريتات الصوديوم على شكل ثيناريديت (thenardite (Na_2SO_4)) عند درجات حرارة أعلى من 32.4 °C وعلى شكل ميرابيليت (mirabilite ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$)) عند درجات حرارة منخفضة. ويمكن أن تؤدى الزيادة فى الحجم وانخفاض قابلية الذوبان مع تغيرات الثيناريديت إلى ميرابيليت إلى ارتفاع شديد فى الملوحة. وفى التربة الملحية الصودية، كبريتات الصوديوم هو الملح الشائع القابل للذوبان فى الماء.

الكبريتيدات (Sulfides)

توجد الكبريتيدات، أساسا كبريتيد الحديد، فى بعض تربة مستنقعات المد والجزر وفى بعض الصخور الرسوبية، مثل تلك المرتبطة بالفحم أو الطفلة. وفى تربة المستنقعات، طبقات التربة ذات محتوى معنوى من الكبريتيد تكون عادة دائمة التشبع ومتعادلة فى اللون (N) أو لها درجات لون 5Y, 5GY, 5BG, or 5G hue؛ وقيم (value) 2, 3, or 4؛ ودرجة صفاء (chroma) 1 أو أقل (Fanning et. al., 2002; IUSS Working Group WRB, 2015). وعندما تظهر هذه المواد (على سبيل المثال، عندما يتم صرف تربة المستنقعات أو حفر الصخور الحاملة للكبريتيد) تنتج الأكسدة عادة حمض الكبريتيك، وهو سام للنباتات والحيوانات فى التربة وللأسماك فى المياه القريبة .والمحاليل الناتجة تكون حامضية وضارة للغاية للمعادن المكشوفة والخرسانة . والتربة والصخور التى يحتمل حموضة الكبريت بها (خاصة المواد المأخوذة من مناطق المياه الساحلية والمستخدمة على الأرض) يجب اختبار وجود أملاح الكبريتيد فيها .

وقليل من التربة التى بها كميات ملموسة من الكبريتيدات تحتوى على كربونات تكفى لتعادل كل أو جزء من الحموضة عندما تتأكسد الكبريتيدات. وفى مثل هذه التربة، يجب معرفة الكمية الإجمالية لكل من كربونات الكالسيوم والكبريتيدات لتحديد إمكانية حدوث تعادل (neutralization) مؤثرطبيعيا.

ولا توجد طرق حقلية موثوقة لتحديد كمية الكبريتيدات فى المستنقعات. والاختبار البسيط لتأكيد وجود الكبريتيدات (وليس الكمية) استخدام بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) 30% للتقدير إذا سببت أكسدة سريعة انخفاضا فى pH مقارنة بعينة مشابهة معالجة بالماء (Soil Survey Staff, 2009).

وقد تنبعث من تربة المستنقعات رائحة كبريتية. هذه الرائحة ليست مؤشرًا موثوقًا به على وجود كميات كبيرة من الكبريتيدات المؤكسدة؛ ومع ذلك، يمكن أن تكون الرائحة مؤشرا على وجود الكبريتيدات. ويجب تدوين الرائحة الكبريتية "رائحة البيض الفاسد"، فى حالة اكتشافها، فى وصف التربة. ومصطلحات الأقسام الوصفية لشدة الرائحة هى :

بسيطة (Slight): رائحة ضعيفة، يتم اكتشافها فقط بالقرب من الأنف.

متوسطة (Moderate): رائحة يمكن ملاحظتها بسهولة، حتى على مسافة ذراع من الأنف.

قوية (Strong): رائحة شديدة ويسهل ملاحظتها بمجرد تعرض العينة للهواء.

وتربة المستنقعات المجففة أو المحفورة التى تحتوى عادة على كميات كبيرة من الكبريتيدات بها تزهرات (efflorescences) صفراء من معدن الجاروسيت (jarosite) على الأسطح الخارجية للقلاقيل (شكل 3-29).

شكل 3-29: تركيزات جاروسيت بسبب الأكسدة فى تربة مستنقعات مجففة محتوية على كبريتيدات.

ويوجد اختبارين معمليين بسيطين يشيع استخدامهما للكشف عن الكبريتيدات الزائدة القابلة للتأكسد (Soil Survey Staff, 2009). يقاس فى أحدهما الـ pH قبل وبعد تحضين التربة لعدة أسابيع عند السعة الحقلية. والانخفاض الكبير فى درجة الحموضة أو رقم pH 3.5 أو أقل بعد التجفيف، يدل على كميات كبيرة من الكبريتيد. وفى الاختبار الآخر، يتم معاملة العينة مع بيروكسيد الهيدروجين 30 إلى 36% والتسخين لاستكمال الأكسدة وللتخلص من البيروكسيد الزائد، ثم يقاس pH. وإذا كان انخفاض pH كبيرا، يحتمل وجود كبريتيد. ويفضل استخدام جهاز إلكترونى لقياس pH بدلا من الطرق اللونية بسبب إمكانية أكسدة أصباغ الأدلة. وتتوفر أصباغ خاصة مناسبة لهذا الاختبار. وإذا كانت الاختبارات الوصفية للكبريتيدات المؤكسدة إيجابية، فإن التقديرات المعملية لمحتوى الكبريت تكون مطلوبة من أجل تفسيرات وتوصيات دقيقة متعلقة بالاستخدام والإدارة.

ماء التربة (Soil Water)

يناقش هذا القسم مخططات "أنظمة المياه" لوصف حالة ماء التربة فى وقت معين والتغير فى حالة ماء التربة بمرور الوقت. وتقيم حالة ماء التربة من سحب الماء (water suction)، وكمية الماء (quantity of water)، وما إذا كان سائلا أو مجمدا، ووجود الماء الحر داخل التربة وعلى سطح الأرض. وقد تختلف بيانات تعقيد وتفاصيل نظام المياه على نطاق واسع.

أقسام الغمر (Inundation Classes)

قد يوجد ماء حر فوق التربة. والغمر عندما تكون التربة مغطاة بماء حر. والفيضان (Flooding) هو غمر مؤقت بالماء المتدفق. وإذا كان الماء راكدًا، كما فى منخفض مغلق، يستخدم مصطلح البركة(ponding). والفيضانات والبرك ظروف مؤقتة. وفى معظم الحالات، لا يتم وصف التربة أثناء غمرها (تشمل الاستثناءات التربة تحت الماء وبعض أنواع التربة التى تتعرض للبرك لفترة طويلة جدًا). ويجب أن تشمل تقديرات الغمر تكرار ومدة وشهور الحدوث. كما يتم عادة تسجيل عمق الغمر. ويوضح جدول 3-18 أقسام تكرار ومدة الغمر. ويمكن جمع أقسام التكرار نادر (rare) ونادر جدًا (very rare) ويكون للقسم متكرر جدًا (very frequent) الأسبقية على المتكرر (frequent) إذا اجتمع كلا التعريفين. ويشمل الفيضان المتكرر جدًا غمر المد والجزر. والفيضان المتكرر يجب أن يعكس الظروف الحالية. والتربة التى تغمرها الفيضانات غالبًا فى حالتها الطبيعية، ولكنها محمية الآن بسد (dam) أو حاجز (levee)، يجب تسميتها بالقسم الذى يعكس مستوى الحماية المقدمة.

جدول 3-18: أقسام تكرار ومدة الغمر (فيضان أو برك).

Class	Criteria
Frequency	
None	No reasonable possibility of inundation; one chance out of 500 in any year or less than 1 time in 500 years.
Very rare	Inundation is very unlikely but is possible under extremely unusual weather conditions; less than 1 percent chance in any year or less than 1 time in 100 years but more than 1 time in 500 years.
Rare	Inundation is unlikely but is possible under unusual weather conditions; 1 to 5 percent chance in any year or nearly 1 to 5 times in 100 years.
Occasional	Inundation is expected infrequently under usual weather conditions; more than 5 to 50 percent chance in any year or 6 to 50 times in 100 years.
Frequent	Inundation is likely to occur often under usual weather conditions; more than 50 percent chance in any year (i.e., more than 50 times in 100 years) but 50 percent or less chance in all months in any year.
Very frequent	Inundation is likely to occur very often under usual weather conditions; more than a 50 percent chance in all months of any year.
Duration	
Extremely Brief	0.1 hour to less than 4 hours (flooding only)
Very Brief	4 hours to less than 48 hours
Brief	2 days to less than 7 days
Long	7 days to less than 30 days
Very Long	30 or more days

حالة ماء التربة الداخلى (Internal Soil Water State)

يناقش هذا القسم حدوث الماء داخل التربة، والأقسام المستخدمة لوصف حالة الماء عند وصف التربة، وطرق تقييم ماء التربة فى الحقل.

الأقسام (Classes)

عند وصف حالة ماء التربة للطبقات أو الآفاق، يؤخذ فى الاعتبار سحب النسيج فقط فى تعريف الأقسام (الوحدة الأساسية للسحب (suction) هى باسكال (Pa). ويستخدم الكيلوباسكال (kPa)، والذى يساوى 1000 باسكال.

كيلو باسكال واحد = 1000 باسكال = 0.01 بار = 10 سم من H_2O). ولا يتم اعتبار الجهد الأسموزى (Osmotic potential). وبالنسبة لمحتوى مواد التربة متوسطة وناعمة القوام من الماء عند سحب أقل من حوالى 200 كيلو باسكال، يكون احتفاظ الماء المرجعى فى المعمل لنسيج التربة الطبيعى. ويتم التعبير عن حدود الأقسام بكل من مصطلحات السحب ومحتوى الماء. ولجعل تقييم الحقل والمكتب عمليا أكثر، يشير محتوى الماء إلى كميات وزنية (gravimetric) وليس كميات حجمية. وتطبق الأقسام لمواد التربة المعدنية والعضوية. ويشار إلى حالة التجمد بشكل منفصل بالرمز "f" الذى يشير إلى وجود جليد (ice)؛ وبعض الماء قد لا يتم تجمده. وإذا تجمدت التربة، فإن محتوى الماء أو السحب يتعلق بما سيكون إذا لم يتم تجمده.

وتم تحديد ثلاثة أقسام وثمانية فروع لحالة الماء فى جدول 3-19. ويمكن الجمع بين الأقسام والفروع حسب الرغبة. وتحدد الرغبة وخصائص منحنى امتصاص الماء ما إذا كان ينبغى استخدام الأقسام أو الفروع. وتحتوى التربة الخشنة على قليل من الماء أقل من 1500 كيلو باسكال، وبالتالى فإن الأقسام الفرعية للجفاف ليست مفيدة بشكل عام.

جدول 3-19: أقسام حالة الماء.

Classes	Criteria[a]
Dry (D)	> 1500 kPa suction
Very dry (DV)	< 0.35 x 1500 kPa retention
Moderately dry (DM)	0.35 to < 0.8 x 1500 kPa retention
Slightly dry (DS)	0.8 to 1.0 x 1500 kPa retention
Moist (M)	≤ 1500 kPa to > 1.0 or 0.5 kPa[b]
Slightly moist (MS)	1500 kPa suction to MWR[c]
Moderately moist (MM)	MWR to UWR[c]
Very moist (MV)	UWR to > 1.0 or 0.5 kPa[b] suction
Wet (W)	≤ 1.0 kPa or 0.5 kPa[b]
Nonsatiated[d] (WN)	> 0.0 to ≤ 1.0 kPa or ≤ 0.5 kPa[b]
Satiated[e] (WA)	≤ 0.0 kPa

[a] Criteria use both suction and gravimetric water contents as defined by suction.

[b] 0.5 kPa only if coarse soil material (see text).

[c] UWR indicates upper water retention, which is the laboratory water retention at 5 kPa for coarse soil material and 10 kPa for other material (see text). MWR indicates midpoint water retention, which is halfway between the upper water retention and the retention at 1500 kPa.

[d] Peds glisten; no free water present.

[e] Peds glisten; free water present.

يتم فصل الجافة (Dry) عن الرطبة (moist) عند سحب 1500 كيلو باسكال. وتفصل المبتلة (Wet) عن الرطبة عندما تظهر أغشية الماء بسهولة. وسحب الماء عند الحد رطب- مبتل يكون حوالى 0.5 كيلو باسكال لمواد التربة الخشنة و 1 كيلو باسكال للمواد الأخرى. وتعريف مواد التربة الخشنة لاحقًا.

وتم تحديد ثلاثة فروع للجفاف: جافة جدًا (very dry)، متوسطة الجفاف (moderately dry)، وجافة قليلاً (slightly dry). ولا يمكن تمييز الجافة جدا عن الجافة هوائيا (air-dry) فى الحقل. ويمتد محتوى الماء من الجافة فى الفرن (ovendry) إلى 0.35 مرة الاحتفاظ بالماء عند 1500 كيلو باسكال. والحد الأعلى حوالى 150 بالمائة من محتوى ماء الجافة هوائيا. والحد بين متوسطة الجفاف والجافة قليلاً هو محتوى الماء بمقدار 0.8 مرة من الاحتفاظ عند 1500 كيلو باسكال.

وتنقسم الرطبة إلى رطبة قليلاً (slightly moist)، ومتوسطة الرطوبة (moderately moist)، ورطبة جدًا (very moist). واعتمادًا على نوع مادة التربة، الاحتفاظ بالماء فى المعمل عند سحب 5 أو 10 كيلو باسكال (method 4B, Soil Survey Staff, 2014a) يحدد احتفاظ الماء العلوى (UWR). ويستخدم سحب 5 كيلو باسكال لمواد التربة الخشنة؛ و 10 كيلو باسكال للمواد الأخرى.

ومادة التربة التى تتأثر بشدة بالحمم البركانية (volcanic ejecta) يجب أن تكون غير وسطية ولها مسام حويصلية (vesicular) قليلة أو معدومة فى حبيبات المعادن لكى تعتبر خشنة. وإذا لم تكن متأثرة بشدة بالحمم البركانية، فيجب أن تفى بمعايير حجم حبيبات العائلة الرملية أو الرملية الحصوية (sandy-skeletal) وتكون أيضًا أكثر خشونة من الرمل الناعم الطميى (loamy fine sand)، وتحتوى على كربون عضوى أقل من 2%، وأقل من 5% ماء عند سحب 1500 كيلو باسكال. وعلاوة على ذلك، يجب أن تتجاوز المسامية (porosity) الكلية المحسوبة للنسيج < 2 مم 35%.

$$\text{Total porosity} = 100 - (100 \times Db/Dp)$$

where Db is the bulk density of the < 2 mm material at or near field capacity and Dp is the particle density.

The particle density may be computed from the following:

$$Dp = 100/[[(1.7xOC)/Dp1] + [(1.6xFe)/Dp2] + [[100 - [(1/7xOC) + (1.6xFe)]]/Dp3]]$$

where OC is the organic carbon percentage and Fe is the extractable iron by method 6C2 (Soil Survey Staff, 2014a) or an equivalent method. The particle density of the organic matter (Dp1) is assumed to be 1.4 Mg/m^3, that of the minerals from which the extractable iron originates (Dp2) to be 4.2 Mg/m^3, and that of the material exclusive of the organic matter and the minerals contributing to the extractable Fe (Dp3) to be 2.65 Mg/m^3.

والرطبة جدا (Very moist) حدها الأعلى عند حد رطبة-مبتلة والحد الأدنى عند الاحتفاظ الأعلى للماء. وبالمثل، فإن متوسطة الرطوبة (moderately moist) حدها الأعلى عند الاحتفاظ الأعلى للماء والحد الأدنى عند نقطة المنتصف (midpoint) فى محتوى الماء الوزنى بين الاحتفاظ عند 1500 كيلو باسكال والاحتفاظ الأعلى للماء. ويشار إلى هذا الحد الأدنى باسم نقطة الوسط للاحتفاظ بالماء (MWR). وتمتد الرطبة قليلاً (Slightly moist) من نقطة منتصف الاحتفاظ بالماء إلى احتفاظ 1500 كيلو باسكال.

وتنقسم المبتلة (wet) إلى فرعين غير مشبعة (nonsatiated) ومشبعة (satiated) يميزبينهما بغياب أو وجود الماء الحر. وحدد Miller and Bresler (1977) التشبع بأنه الحالة التى يظهر فيها الماء الحر لأول مرة من خلال التشبع. وقد تكون الحالة المبتلة غير المشبعة قابلة للتطبيق عند سحب صفر لآفاق ذات توصيل هيدروليكى مشبع منخفض أو منخفض جدًا. وقد لا تظهر هذه الآفاق ماء حر. وقد تحتوى الآفاق على أجزاء مبتلة مشبعة وأخرى غير مشبعة بسبب توصيل هيدروليكى مشبع منخفض للنسيج وغياب المسام الموصلة الكبيرة. ويطور الماء الحر ضغطًا إيجابيًا بعمق أسفل الجزء العلوى من منطقة مشبعة مبتلة.

ولا يعطى قسم للتشبع (أى صفر مسامية مملوءة بالهواء) لأن المصطلح يشير إلى أن كل مساحة المسام مملوءة بالماء. ولا يمكن تقييم هذه الحالة فى الحقل. وعلاوة على ذلك، إذا تم استخدام التشبع (saturation) لمفهوم satiation، فلا يتوفر مصطلح لوصف التشبع المعروف. وهناك تأثير للتشبع إذا كانت مادة التربة مبتلة مشبعة وخشنة القوام أو لها خصائص تشير إلى توصيل هيدروليكى مشبع مرتفع أو مرتفع جدًا فى جميع أنحاء الكتلة. ولا تشير الحالة المشبعة بالضرورة إلى ظروف مختزلة. وقد يوجد الهواء فى الماء و/ أو قد يكون النشاط الميكروبى منخفضًا. ويستدل على وجود ظروف اختزال من لون التربة فى بعض الحالات. ويمكن إجراء اختبار لحديد

الحديدوز فى المحلول. ويجب تدوين نتائج اختبار الحديدوز بشكل منفصل عن وصف حالة الماء.

التقييم (Evaluation)

يستدل على المبتلة بوجود أغشية مائية واضحة على أسطح حبيبات الرمل ووحدات البناء تسبب لمعان (glisten) مادة التربة. وعند غياب الماء الحر، يستخدم مصطلح مبتلة غير مشبعة (nonsatiated). وإذا وجد الماء الحر، يستخدم مصطلح مبتلة مشبعة (satiated). وفى الحقل، يكون موضع الحد الأعلى فى قطاع التربة الذى يقابل قسم المبتلة المشبعة هو قمة الماء فى حفرة تجويف (bore hole) غير مبطنة بعد الوصول إلى الاتزان. وهناك حاجة إلى عمل ثقوب تجويف مبطنة (Lined bore holes) أو وضع بيزومترات (piezometers)، على عدة أعماق فى منطقة وجود الماء الحر، لتحديد سمك المنطقة. والبيزومترات أنابيب توضع على عمق معين ومفتوحة الطرفين. قد تحتوى على منطقة مثقبة (perforated) فى الجزء السفلى ولكنها لا تسمح بدخول الماء على معظم طولها. وللحصول ببساطة على معلومات حول عمق الماء الحر وموقع وسمك منطقة الماء الحر، لا يلزم عمل ثقوب أو تثبيت بيزومترات. ويمكن الحصول على هذه المعلومات من خلال فحص التربة أثناء عمليات حصر الأراضى المنتظمة. ويمكن إيجاد معلومات إضافية حول أجهزة البيزومترات فى Installing Monitoring Wells in Soils (Sprecher, 2008).

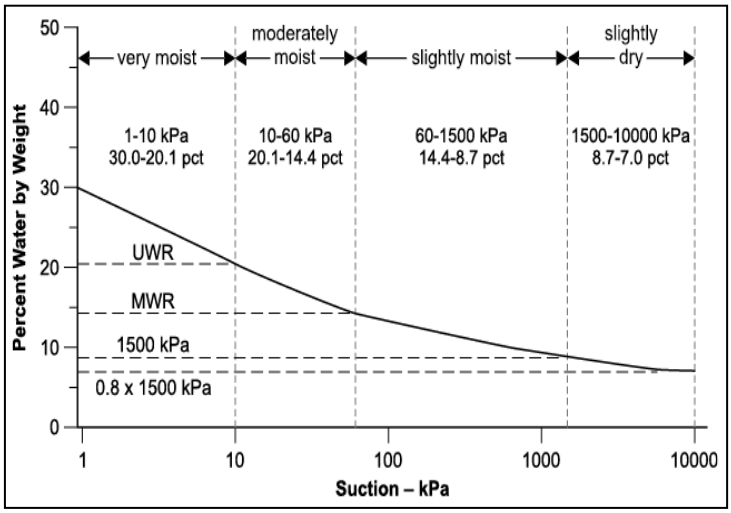
ويجب أن يعتمد التقييم داخل الأقسام الرطبة والجافة على الأجهزة الحقلية. وهذه الأجهزة عادة غير متوفرة ويجب عمل تقديرات تقريبية. ويمكن استخدام قياسات محتوى الماء الوزنى. وللتحويل من محتوى الماء المقاس إلى السحب، هناك حاجة إلى معلومات عن احتفاظ الماء الوزنى عند سحب مختلف. ويمكن تقدير الاحتفاظ بالماء عند 1500 كيلو باسكال من التقييم الحقلى للنسبة المئوية للطين إذا كان تفرقه (dispersion) كاملًا نسبيًا للتربة المعنية. ويكون احتفاظ 1500 كيلو باسكال عموما تقريبًا 0.4 النسبة المئوية للطين. ويمكن صقل هذه العلاقة إلى حد كبير كلما تم تحديد تركيب مادة التربة وتنظيمها بشكل متزايد. وقاعدة عامة أخرى هى أن محتوى الماء عند الجفاف هوائيا يبلغ حوالى 10% من نسبة الطين، بافتراض التفرق الكامل للطين. والمنحنيات النموذجية الأساسية (Model-based curves) التى تربط محتوى الماء الوزنى والسحب متاحة لأنواع عديدة من التربة (Baumer, 1986). ويمكن استخدام هذه المنحنيات لتحديد الاحتفاظ العلوى للماء ونقطة المنتصف ووضع التربة فى قسم حالة الماء على أساس محتوى الماء الوزنى. ويستخدم فى حالات كثيرة كأساس لتقدير احتفاظ الماء عند 10 كيلو باسكال من القياسات عند 33 كيلو باسكال. شكل 3-30 يوضح منحنى لأفق متوسط القوام وعلاقة حدود قسم حالة الماء بمحتويات الماء المحددة من منحنى الامتصاص. ويتضمن الشكل نتائج مجموعة من الاختبارات المصممة لتوفير معايير محلية للتقييم الحقلى والمكتب الميدانى لحالة الماء. ويتم مناقشة هذه الاختبارات لاحقًا فى هذا الباب.

وعموما لا تتوفر معلومات عن محتوى الماء الوزنى. ويجب أن تكون الملاحظات المرئية واللمسية كافية للتعيين. ويمكن الفصل بين الرطبة والمبتلة والتمييز بين قسمى المبتلة الفرعيين بصريًا، بناءً على غشاء الماء ووجود الماء الحر. وبالمثل، يمكن الفصل بين الجافة جدا ومتوسطة الجفاف بالمقارنة البصرية أو اللمسية لمواد التربة عند محتوى الماء فى الحقل وبعد التجفيف بالهواء. ويجب أن يكون التغير فى تجفيف الهواء صغيرًا جدًا إذا كانت مادة التربة فى البداية فى قسم الجافة جدًا.

ويصعب صياغة المعايير لمواد التربة الواقعة بين الفواصل رطبة-مبتلة ومتوسطة الجفاف-جافة جدًا. وتوجد أربعة اختبارات مفيدة للتربة المعدنية هى قيمة اللون والكرة والقضيب والشريط. وتجرى الاختبارات الثلاثة التى تتضمن الفحص باللمس على مادة التربة التى تمت معالجتها وخلطها بما يكفى لتحطيم التجمعات وتقديم نتائج متكررة ثابتة. وقد يكون التغير كبيرًا خاصة بالنسبة للتربة الكثيفة. ويجب أن يوضع هذا القيد فى الاعتبار فى الحقل.

إختبار قيمة اللون (Color value test): تقارن قيمة لون التربة المفتتة لحالة ماء غير محددة مع قيمة لون

التربة الجافة هوائيا، وعندما تكون متوسطة الرطوبة أو رطبة جدا. ويكون هذا الاختبار مفيدا فقط إذا كان المدى الكامل لقيمة اللون من الجافة هوائيا إلى متوسطة الرطوبة يتجاوز وحدة واحدة من قيمة اللون. ويعتمد التغير فى قيمة اللون وتفسيره على خصائص امتصاص مواد التربة للماء. على سبيل المثال، كلما زاد الاحتفاظ بالماء عند 1500 كيلو باسكال، يميل الفرق بين أدنى قيمة لون فى الحالة الجافة وقيمة اللون للرطبة جدا إلى الانخفاض.



شكل 3-30: منحنى أفق متوسط القوام وعلاقة حدود حالة المياه بمحتوى الماء من منحنى الامتصاص.

إختبار الكرة (Ball test): تضغط التربة فى كف اليد لتشكيل كرة قطرها حوالى 3 إلى 4 سم، فى خمس ضغطات. ويجب أن تكون الكرة قرب الحد الأقصى للكثافة التى يمكن الحصول عليها عن طريق الضغط. وإعداد الكرة يختلف باختلاف الأفراد؛ ومع ذلك، يجب على الفرد أن يتعلم أداء الإجراء بثبات.

فى إحدى الطرق، يتم إسقاط الكرة تدريجيا من ارتفاعات متزايدة على سطح غير مرن. ويتم تسجيل الارتفاع بالسنتيمتر الذى يحدث عنه التمزق (rupture). وعادة لا تقاس ارتفاعات فوق 100 سم. وبالإضافة إلى ذلك، يتم تسجيل طريقة التمزق. فإذا تسطحت الكرة ولم تتمزق، يتم استخدام مصطلح تشوه (deforms). وإذا تكسرت الكرة إلى حوالى خمس قطع أو أقل، يستخدم مصطلح قطع (pieces). وأخيرا، إذا زاد عدد القطع عن خمس، يستخدم مصطلح تفتت (crumbles).

وتستخدم طريقة أخرى مقاومة الاختراق (penetration resistance). فيتم إدخال جهاز اختراق فى الكرة بنفس الطريقة التى يتم القيام بها فى التربة. ويطبق هذا فقط على مواد التربة متوسطة وناعمة القوام عند محتويات أعلى من الماء لأن هذه المواد تكون مرنة نسبيا ولا تتعرض للتشقق.

إختبار القضيب (Rod test): يتم لف مواد التربة بين الإبهام والسبابة أوعلى سطح لتشكيل قضيب قطره 3 مم أو أقل. ويجب أن يظل هذا القضيب على حاله حين يمسك عموديا من أحد طرفيه. وأقل طول مطلوب هو 2 سم. وإذا كان أقصى طول يمكن تشكيله هو 2 إلى 5 سم، يكون القضيب ضعيفا. وإذا كان أقصى طول يساوى أو يتجاوز 5 سم، يكون قويا.

واختبار القضيب يشبه اختبار حد المرونة (ASTM, 2011). ويتجاوز حد المرونة احتفاظ 1500 كيلو باسكال لمحتوى متوسط من الطين ولكن ليس أقل من احتفاظ 1500 كيلو باسكال عند محتويات عالية من الطين. وإذا أمكن تشكيل قضيب قوى، فإن محتوى الماء يتعدى عادة احتفاظ 1500 كيلو باسكال. وينطبق نفس الشيء عموما على قضيب ضعيف. ويكون الضبط ضروريا فى حالة وجود مادة من 2 إلى 0.5 مم لأن قياس حد المرونة يتم للمواد التى تمر من منخل رقم 40 (قطر 0.43 مم).

إختبار الشريط (Ribbon test): تفرش مادة التربة بين الإبهام والسبابة لتشكيل جسم مسطح سمكه حوالى 2 مم.

ويجب أن يكون طول الشريط 2 سم على الأقل. فإذا كان الحد الأقصى للطول 2 إلى 4 سم، يكون الشريط ضعيفا. وإذا كان الحد الأقصى للطول يساوى 4 سم أو أكثر، يكون الشريط قويا.

لم تتم صياغة علاقات لاختبارات حالة الماء، باستثناء علاقة اختبار القضيب باحتفاظ 1500 كيلو باسكال. ويمكن صياغة معايير حقلية تتطبق محليًا باستخدام مجموعات تربة على أساس التركيب.

أقسام الصرف الطبيعى (Natural Drainage Classes)

تشير إلى تكرار ومدة فترات الابتلال فى ظل ظروف مماثلة لتلك التى مرت بها التربة. وتغيير نظام المياه بفعل الإنسان، عن طريق الصرف أو الرى، ليس له اعتبار إلا إذا غيرت التعديلات إلى حد كبير من مورفولوجية التربة. ووصف أقسام الصرف الطبيعى كما يلى:

سريعة الصرف (Excessively drained): تزال المياه سريعا جدا. ووجود ماء حر داخلى نادر جدا أو عميق جدا. والتربة خشنة القوام وتوصيلها الهيدروليكى المشبع عاليا جدا أو تكون ضحلة جدا.

سريعة الصرف إلى حد ما (Somewhat excessively drained): يزال الماء من التربة بسرعة. والماء الحر الداخلى عادة نادر الحدوث جدا أو عميق جدا. وتكون التربة عادة خشنة القوام وتوصيلها الهيدروليكى المشبع عاليا أو ضحلة جدا.

جيدة الصرف (Well drained): يزال الماء من التربة بسهولة ولكن ليس بسرعة. ووجود ماء حر داخلى يكون عادة عميق أو عميق جدا؛ والمدة على مدار العام غير محددة. وتتوفر المياه للنباتات خلال معظم موسم النمو فى المناطق الرطبة. ولا يعوق البلل نمو الجذور لفترات طويلة خلال مواسم النمو. والتربة خالية من مظاهر الأكسدة والاختزال المرتبطة بالابتلال.

متوسطة جودة الصرف (Moderately well drained): يزال الماء من التربة ببطء إلى حد ما خلال بعض فترات العام. ووجود الماء الحر الداخلى عادة متوسط العمق ومؤقت إلى دائم. والتربة تكون مبتلة لفترة قصيرة فقط داخل عمق الجذور خلال موسم النمو، ولكنها تكون طويلة بما يكفى للتأثير على معظم المحاصيل المحبة لظروف الرطوبة المعتدلة (mesophytic crops). ويكون التوصيل الهيدروليكى المشبع عادة متوسط الانخفاض أو منخفضا فى طبقة خلال المتر العلوى، أو هطول أمطار غزيرة موسميا، أو كلاهما.

رديئة الصرف إلى حد ما (Somewhat poorly drained): يزال الماء ببطء فتكون التربة مبتلة فى عمق ضحل لفترات طويلة خلال موسم النمو. ووجود ماء حر داخلى عادة ضحل إلى متوسط العمق ومؤقت إلى دائم. ويعيق الابتلال نمو المحاصيل mesophytic، ما لم يتم عمل صرف صناعى. ويكون بالتربة عادة واحد أو أكثر من الخصائص التالية: توصيل هيدروليكى مشبع منخفض أو منخفض جدا، مستوى ماء أرضى مرتفع، مياه إضافية من التسرب، أو أمطار مستمرة تقريبا.

رديئة الصرف (Poorly drained): يزال الماء ببطء بحيث تكون التربة مبتلة على عمق ضحل دوريا خلال موسم النمو أو تبقى مبتلة لفترات طويلة. ووجود ماء حر ضحل أو ضحل جدا وشائع أو مستمر. ويكون الماء الحر عند أو بالقرب من السطح طويلا بما يكفى خلال موسم النمو لعدم نمو المحاصيل mesophytic، ما لم يتم صرف التربة صناعيا. ولا تكون التربة مبتلة باستمرار تحت عمق الحرث. ويشيع وجود الماء الحرعلى عمق ضحل. ومستوى الماء الأرضى يكون عادة نتيجة توصيل هيدروليكى مشبع منخفض أو منخفض جدا، أو هطول أمطار مستمر تقريبا، أو مزيج منهما.

رديئة الصرف جدا (Very poorly drained): يزال الماء من التربة ببطء فيبقى الماء الحر على سطح الأرض أو قريبا جدا منه خلال موسم النمو. ووجود ماء حر داخلى يكون ضحل جدا ومستمر أو دائم. ولا يمكن نمو معظم المحاصيل ما لم يتم صرف التربة صناعيا. وتكون التربة عادة مستوية أو منخفضة ومتكررة الغدق. وإذا كان

المطر غزيرا أو مستمرا تقريبا، تكون درجات الانحدار أكبر.

تحت مائية (Subaqueous): الماء الحر يكون فوق سطح التربة. ووجود الماء الحر الداخلى دائم، وهناك إمكانية مائية إيجابية على سطح التربة لأكثر من 21 ساعة يوميا. ونظام الرطوبة peraquic.

حدوث الماء الحر الداخلى (Internal Free Water Occurrence)

جدول 3-20 يوضح الأقسام والمعايير المستخدمة لوصف أنظمة الماء الحر فى التربة. ويستخدم مصطلح ماء حر (free water occurrence) بدلا من ابتلال مشبع (satiated wet) لتسهيل مناقشة التفسيرات. وتشير الأقسام إلى السمك إذا كان الماء طافيا، والعمق إلى الحد الأعلى، والوقت الكلى فى السنة. ويحتاج الماء الحر أن يحدث فقط فى بعض أجزاء من الأفق أو الطبقة ليتم التعرف عليه. وإذا لم يكن الماء طافيا، فمن المفترض أن تحدث منطقة الماء الحر فى كل الآفاق أو الطبقات من حدها الأعلى إلى مترين أسفل أو إلى عمق الملاحظة. ويمكن أيضا تدوين الآثار الارتوازية.

جدول 3-20: أقسام الماء الحر الداخلى.

Classes	Criteria
Thickness if perched	
Extremely thin	< 10 cm
Very thin	10 cm to < 30 cm
Thin	30 cm to < 100 cm
Thick	> 100 cm
Depth	
Very shallow	< 25 cm
Shallow	25 cm to < 50 cm
Moderately deep	50 cm to < 100 cm
Deep	100 cm to < 150 cm
Very deep	> 150 cm
Cumulative annual pattern	
Absent	Not observed
Very transitory	Present < 1 month
Transitory	Present 1 to 3 months
Common	Present 4 to 6 months
Persistent	Present 7 to 12 months
Permanent	Present continuously

النمط السنوى لحالة المياه (Water State Annual Pattern)

النمط السنوى لحالة المياه هو وصف ماء التربة فى الحقل على مدى العام للآفاق والطبقات أو إلى مناطق عمق قياسى. ويعطى جدول 3- 21 مثالا لاستخدام أقسام حالات الماء الداخلى. ويُشار إلى الأشهر التى تكون فيها الطبقة متجمدة بالرمز "F". ويشار إلى استخدام التربة والفاصل الزمنى على الأقل شهريا. ويمكن عمل سجلات عامة اعتمادا على استخدامات أقل تحديدا وعلى مفاهيم التربة على مستوى فئات أعلى. وقد تنشأ سجلات لأقسام الهطول النسبى للمطر: مبتلة (السنتين الأكثر ابتلالا فى 10 سنوات)؛ جافة (السنتين الأكثر جفافا فى 10 سنوات)؛ ومتوسطة (الست سنوات الجيدة فى 10 سنوات). وما لم ينص على خلاف ذلك، وضع درجة هطول الأمطار النسبى

يعتمد على جزء موسم النمو الأكثر أهمية للغطاء النباتى المحدد فى الاستخدام. ويمكن إعطاء التكرار ومدة الغمر لكل شهر.

حركة المياه (Water Movement)

تتعلق حركة المياه بمعدلات التدفق إلى التربة وداخلها وكمية المياه التى تجرى على السطح ولا تدخل التربة. والتوصيل الهيدروليكى المشبع ومعدل التشرب والجريان السطحى جزء من التقييم (أنظر الباب الثانى للاطلاع على مناقشة حول الجريان السطحى).

التوصيل الهيدروليكى المشبع (Saturated Hydraulic Conductivity)

هو مقياس كمى لقدرة التربة المشبعة على نقل الماء عندما تتعرض للتدرج الهيدروليكى. ويمكن اعتباره سهولة سماح مسام التربة المشبعة بحركة المياه. ويتم التحكم فى حركة المياه فى التربة بعاملين: 1) مقاومة نسيج التربة لتدفق المياه، و 2) القوى المؤثرة على كل عنصر أو وحدة مياه التربة. ويربط قانون دارسى (Darcy's law)، المعادلة الأساسية التى تصف حركة الماء فى التربة، معدل التدفق بهذين العاملين. والتعبير الرياضى العام لقانون دارسى للتدفق الرأسى المشبع هو:

$$Q/At = -K_{sat}\, dH/dz$$

حيث معدل التدفق Q/At هو ما يطلق عليه علماء طبيعة التربة كثافة التدفق (flux density)، أى كمية المياه (Q)التى تتحرك فوق المساحة (A)، عموديا على اتجاه التدفق، خلال الزمن (t). والتوصيل الهيدروليكى الرأسى المشبع (K_{sat}) هو بدل، أو معكوس، مقاومة نسيج التربة لتدفق المياه . والتدرج الهيدروليكى (hydraulic gradient) dH/dz هو القوة الدافعة التى تجعل المياه تتحرك فى التربة، النتيجة النهائية لجميع القوى المؤثرة على مياه التربة. ومعدل حركة المياه هو نتاج التوصيل والتدرج الهيدروليكى.

ويتم التمييز بين التوصيل الهيدروليكى المشبع وغير المشبع. ويحدث التدفق المشبع عندما يكون ضغط ماء التربة موجبا، عندما يكون جهد نسيج التربة صفر (ظروف ابتلال مشبع). وتحدث هذه الحالة فى معظم أنواع التربة عندما يمتلئ نحو 95% من إجمالى مساحة المسام بالماء. ويشغل الهواء 5% الباقية. وإذا ظلت التربة مشبعة لعدة أشهر أو أطول، قد تقترب النسبة المئوية من مساحة المسام الكلية المملوءة بالماء من 100. والتوصيل الهيدروليكى المشبع لا يمكن أن يستخدم لوصف حركة الماء فى ظل ظروف غير مشبعة.

والتوصيل الهيدروليكى المشبع الرأسى (K_{sat}) هو الثابت النسبى الذى يربط معدل تدفق مياه التربة (كثافة التدفق) بالتدرج الهيدروليكى وهو مقياس لسهولة حركة الماء فى التربة. K_{sat} هو مقلوب مقاومة التربة لحركة المياه. وكلما زادت المقاومة، انخفض التوصيل الهيدروليكى. ومقاومة حركة الماء فى التربة المشبعة هى دالة أولية لترتيب وتوزيع حجم المسام. والمسام الكبيرة المستمرة لها مقاومة أقل للتدفق (وبالتالى توصيل أعلى) من المسام الصغيرة أو غير المستمرة. والتربة ذات محتوى طين عالى لها توصيل هيدروليكى أقل من التربة الرملية عموما لأن توزيع حجم المسام فى التربة الرملية كبير،

بالرغم من أن التربة الرملية لها كثافات ظاهرية أعلى ومسامية كلية أقل (مجموع مساحة المسام) من التربة الطينية. وكما يتضح من قانون Poiseuille، فإن مقاومة التدفق فى أنبوب تتناسب عكسيا مع مربع نصف القطر. وبالتالى، كلما تضاعفت مسام التربة أو القناة فى الحجم، كلما انخفضت مقاومة التدفق بعامل 4؛ وبعبارة أخرى يزداد التوصيل الهيدروليكى أربعة أضعاف.

جدول 3-21: مثال على النمط السنوى لحالة المياه.

[Months when the layer is frozen are indicated by an "F." Other symbols are defined in table 3-19.]

Depth cm	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average 6 years in 10												
Fine, smectitic, mesic Typic Argiudoll[a]												
0–25	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**DS**	**DS**	**MS**	**MM**	**MM**
	F	**F**										**F**
25–50	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MM**
	F	**F**	**F**									
50–100	**MS**	**MS**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**
100–150	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
150–200	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
Fine-loamy, mixed, superactive, thermic Typic Haploxeralf[b]												
0–30	**MM**	**MM**	**MS**	**MS**	**DS**	**DS**	**D1[c]**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**	**MS**
30–70	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**DS**	**D1**	**D1**	**D1**	**DS**	**MS**	**MM**
70–100	**MV**	**MV**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**	**MS**
120–170	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**D1**	**D1**	**D1**	**DS**	**MS**
Driest 2 years in 10												
Fine, smectitic, mesic Typic Argiudoll[a]												
0–25	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**DS**	**DS**	**DS**	**MS**	**MS**	**MM**
	F	**F**										**F**
25–50	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**
	F	**F**	**F**									
50–100	**MS**	**MS**	**MS**	**MM**	**MM**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**
100–150	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
150–200	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
Fine-loamy, mixed, superactive, thermic Typic Haploxeralf[b]												
0–30	**MS**	**MM**	**MS**	**MS**	**DS**	**DS**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**	**DS**
30–70	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**DS**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**	**MS**	**MS**
70–100	**MS**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**	**DS**
120–170	**MS**	**MM**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**	**D1**
Wettest 2 years in 10												
Fine, smectitic, mesic Typic Argiudoll[a]												
0–25	**MM**	**MM**	**MV**	**MV**	**MV**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
	F	**F**										**F**
25–50	**MM**	**MM**	**MV**	**MV**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
	F	**F**	**F**									
50–100	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
100–150	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
150–200	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**
Fine-loamy, mixed, superactive, thermic Typic Haploxeralf[b]												
0–30	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**DS**	**DS**	**D1**	**D1**	**D1**	**DS**	**MS**	**MM**
30–70	**MV**	**MV**	**MM**	**MM**	**MS**	**DS**	**D1**	**D1**	**D1**	**DS**	**MM**	**MV**
70–100	**MV**	**MV**	**MM**	**MM**	**MM**	**MM**	**MS**	**D1**	**D1**	**D1**	**MS**	**MM**
120–170	**MM**	**MM**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**MS**	**D1**	**D1**	**D1**	**DS**	**MS**

[a] Otoe County, Nebraska (USDA-NRCS, 2009). Aksarben silty clay loam, 2 to 6 percent slopes. Corn (*Zea mays*) following corn. Assume: contoured, terraced, over 20 percent residue cover. Disk twice in April. Field cultivate once. Plant May 1–15. Cultivate once or twice. Harvest November 1–15. Cattle graze after harvest. Based on a discussion with H.E. Sautter, soil scientist (retired), Syracuse, NE. Monthly water states based on long term field mapping experience and water balance computations.

[b] San Diego Area, California (USDA-SCS, 1973). Fallbrook sandy loam, 5 to 9 percent slopes, eroded. Mean annual precipitation at Escondido is 344 mm, and potential evaporation at Thornwaite is 840 mm. Study area has slightly greater slope than the upper limit of the map unit. Vegetation is annual range, fair condition. Generalizations were made originally for the 1983 National Soil Survey Conference based on field measurements in 1966 by Nettleton et al. (1969), as interpreted by R.A. Dierking, soil correlator, Portland, OR. At the time, moderately dry and very dry were not distinguished.

[c] D1 = very dry and moderately dry water states.

ويعبر عن التوصيل الهيدروليكى المشبع بأشكال مختلفة من المعادلات الرياضية. وعندما يعبر عن التدفق والتدرج على أساس الكتلة، فإن الأبعاد الناتجة لـ K_{sat} (الكتلة × الزمن)/ الحجم. ووحدات SI (النظام الدولى للوحدات) kg $s\ m^{-3}$ (كيلوجرام فى الثانية لكل متر مكعب). وعند التعبير على أساس الحجم، تكون الأبعاد (الحجم × الزمن)/ الكتلة ووحدات SI هى $m^3\ s\ kg^{-1}$ (متر مكعب فى الثانية لكل كيلوجرام). وإذا عبر عن التدفق على أساس الحجم والتدرج على أساس الوزن، فإن أبعاد K_{sat} تكون الطول/ الزمن ووحدات SI هى $m\ s^{-1}$ (متر فى الثانية). ويحتوى الشكل الرياضى الأخير على أبسط الوحدات، لكنه يطبق فقط فى ظل ظروف فريدة فى الحقل. ويجب الحذر لتفسير ذلك بشكل صحيح وعدم استنتاج أن التوصيل الهيدروليكى هو حرفياً معدل حركة الماء خلال التربة. والتوصيل الهيدروليكى المشبع ليس معدل حركة الماء؛ بل مقياس لقدرة التربة المشبعة على نقل المياه تحت تدرج هيدروليكى. أو، بشكل عام، هو سهولة سماح مسام التربة المشبعة للماء بالحركة. وتشير القيم المنخفضة إلى حركة مقيدة، والقيم الأعلى إلى السهولة النسبية للحركة.

وبيانات التوصيل الهيدروليكى المشبع لها قيمة فى التخطيط العام للرى والصرف والتحكم فى الانجراف والفيضانات. ويمكن استخدام K_{sat} للتنبؤ بمعدل التدفق فى ظل تدرجات هيدروليكية وظروف حدود معينة. وهو عنصر مهم فى نماذج النقل والصرف المذاب. ويتم تنظيم البرك والجريان السطحى إلى حد كبير بواسطة التوصيل الهيدروليكى المشبع. كما يمكن استخدام K_{sat} لتقدير معاملات نقل السوائل غير المائية (مثل الهواء والسوائل العضوية). بالإضافة إلى ذلك، نظرًا لأن التوصيل الهيدروليكى المشبع مؤشر قوى لهندسة المسام، يمكن استخدامه كمؤشر لبناء التربة.

ويعتبر التوصيل الهيدروليكى المشبع من أكثر خصائص التربة تنوعًا. ويحدد هذا التنوع بالمسامية الكلية، والتوزيع الحجمى للمسام، والتعرج فى مسارات التدفق، وكلها تتأثر بشدة باستخدام الأراضى وإدارتها. وقد تتسبب أنظمة إدارة المحاصيل المختلفة فى نفس نوع التربة فى حدوث اختلافات بمقدار 100 ضعف فى K_{sat} فى آفاق السطح.

وتعتبر معاملات التباين التى تزيد عن 100% للتوصيل الهيدروليكى المشبع شائعة. وقد تختلف قيم K_{sat} المقاسة بشكل كبير مع الطريقة المستخدمة للقياس. ونادرًا ما تتفق قيم المعمل مع القياسات الحقلية؛ وقد تكون الاختلافات فى حدود 100 ضعف أو أكثر. وتعتبر الطرق الحقلية عموما أكثر موثوقية من المعمل، وقد يكون هذا وهمًا بسبب الاختلافات فى أحجام العينات والطريقة. ويرتبط حجم العينة التى يتم اختبارها بإمكانية وجود عينة بما فى ذلك المسام الكبيرة غير العادية بسبب جحور الحيوانات، قنوات الجذور، شقوق الجفاف، وغير ذلك. وبالنسبة للأحجام الصغيرة، فإن هذا مسألة حظ "hit or miss"، ويمكن أن تكون النتيجة تغيرا كبيرًا ضمن مناطق صغيرة نسبيًا. وبالنسبة لأحجام العينات الأكبر، تكون فرصة ملاحظة قيم K_{sat} المماثلة من قراءات متعددة داخل منطقة الدراسة أعلى والتباين بين العينات أقل. والحجم الأصغر الذى يمكن من خلاله تحقيق أدنى تباين يطلق عليه الحجم الأولى الممثل "representative elementary volume" (REV) (Bear, 1972). REV لقياسات K_{sat}غير معروف حاليًا. ويختلف حسب نوع التربة. ولأن الحقل هو أفضل إعداد لتقريب الحجم الأولى الممثل، فإن القياسات الحقلية تكون مؤكدة.

ونظرًا لطبيعته المتغيرة للغاية، فإن القيم الفردية المقاسة مؤشر غير موثوق به للتوصيل الهيدروليكى للتربة. ومتوسط قيم عديدة يعطى تقديرًا موثوقًا به، يمكن استخدامه لوضع التربة فى درجة توصيل هيدروليكى مشبع معينة. وتستخدم المتوسطات اللوغاريتمية (المتوسطات الهندسية)[5] بدلاً من المتوسطات الحسابية لأن التوصيل الهيدروليكى هو خاصية ذات توزيع لوغاريتمى عادى. وعكس لوغاريتم متوسط لوغاريتمات قيم التوصيل الفردية هو متوسط اللوغاريتمات، أو المتوسط الهندسى، ويجب استخدامه لوضع التربة فى درجة التوصيل الهيدروليكى المناسبة. ومتوسطات اللوغاريتمات أقل من المتوسطات الحسابية.

[5] $meanKs = (Ks_1 \times Ks_2 \times Ks_3 \times ... \times Ks_x)^{1/x}$

درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع (Classes of saturated hydraulic conductivity): يتم تعريف درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع، فى هذا الدليل، بمصطلحات التوصيل الهيدروليكى الرأسى المشبع. ويحدد جدول 3-22 درجات التوصيل الهيدروليكى الرأسى المشبع المستخدمة فى حصرالأراضى التعاونى الوطنى (NCSS). ودرجات التوصيل الهيدروليكى المشبع فى هذا الدليل لها نطاق قيم أوسع من الدرجات التى سبق استخدامها بواسطة NCSS، كما نُشر فى الإصدار السابق من دليل حصر الأراضى (Soil Survey Staff, 1951) ودليل تفسير الاستخدامات الهندسية التربة (Guide for Interpreting Engineering Uses of Soils (USDA-SCS, 1971).

جدول 3-22: درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع.

Class	K_{sat} (µm/s)
Very high	≥ 100
High	10 to < 100
Moderately high	1 to < 10
Moderately low	0.1 to < 1
Low	0.01 to < 0.1
Very low	< 0.01

وتتباين أبعاد التوصيل الهيدروليكى اعتمادًا على ما إذا كان التدرج الهيدروليكى وكثافة التدفق لهما أسس كتلة أو وزن أو حجم. ويمكن تحويل القيم من أساس إلى آخر باستخدام عامل التحويل المناسب. ويتم عادة إعطاء التدرج الهيدروليكى على أساس الوزن، وكثافة التدفق على أساس الحجم، وأبعاد K_{sat} هى الطول فى الزمن. لذلك فإن وحدات SI الصحيحة هى متر فى الثانية (تفضل الجمعية الأمريكية لعلوم التربة (Soil Science Society of America) التعبير عن جميع الكميات على أساس الكتلة. وينتج عن هذا وحدات K_{sat} بالكيلوجرام للمتر المكعب ($kg\ s\ m^{-3}$). والوحدات الأخرى المقبولة هى $m^3\ s\ kg^{-1}$، حيث يتم التعبير عن جميع الكميات على أساس الحجم، و $m\ s^{-1}$، حيث يتم التعبير عن التدرج الهيدروليكى على أساس الوزن وكثافة التدفق على أساس الحجم). وميكرومتر فى الثانية أيضًا وحدات SI مقبولة، وبسبب عدد الأرقام العشرية الأقل، فهى أكثر ملاءمة. ويعطى جدول 3-23 حدود الدرجة المكافئة فى الوحدات الأخرى شائعة الاستخدام. والتحويل إلى وحدات مكافئة مفيد عند تقديم البيانات إلى جمهور قد لا يكون على دراية بوحدات SI.

ولا يصف التوصيل الهيدروليكى المشبع قدرة التربة فى بيئتها الطبيعية على التخلص من المياه داخليًا. وقد تحتوى التربة الموضوعة فى درجة عالية جدًا على ماء حر نظرًا لوجود طبقات مقيدة أسفل التربة أو لأن التربة فى منخفض حيث تتراكم المياه من المناطق المحيطة أسرع من أن تمر عبر التربة. وقد يتحرك الماء ببطء شديد بالرغم من ارتفاع K_{sat}.

إرشادات وضع درجات K_{sat} (Guidelines for K_{sat} class placement): تتوفر قيم K_{sat} المقاسة من المراجع أو من الباحثين العاملين فى نفس التربة أو التربة المماثلة. وإذا كانت القيم المقاسة متاحة، فيجب استخدام متوسطاتها الهندسية لوضع الدرجة.

والتوصيل الهيدروليكى المشبع قياس سهل وغير مكلف ومباشر. وإذا كانت القيم المقاسة غيرمتاحة، فيجب عمل مشروع لإجراء قياسات. والطرق الحقلية أكثر مصداقية. والطرق القياسية لقياس K_{sat} موصوفة فى كتاب الهندسة الزراعية رقم 9 (Agronomy Monograph No. 9).

(Klute and Dirksen, 1986; Amoozegar and Warrick, 1986)

وفى تقرير حصر الأراضى رقم 38 ((SSIR 38 (Bouma et al., 1982)).

جدول 3-23: حدود درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع بالوحدات المكافئة.

µm/s	m/s	cm/day	in/hr	cm/hr	kg s m^{-3}	m^3 s kg^{-3}
100	10^{-4}	864	14.17	36.0	1.02×10^{-2}	1.02×10^{-8}
10	10^{-5}	86.4	1.417	3.60	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-9}
1	10^{-6}	8.64	0.1417	0.360	1.02×10^{-4}	1.02×10^{-10}
0.1	10^{-7}	0.864	0.01417	0.0360	1.02×10^{-5}	1.02×10^{-11}
0.01	10^{-8}	0.0864	0.001417	0.00360	1.02×10^{-6}	1.02×10^{-12}

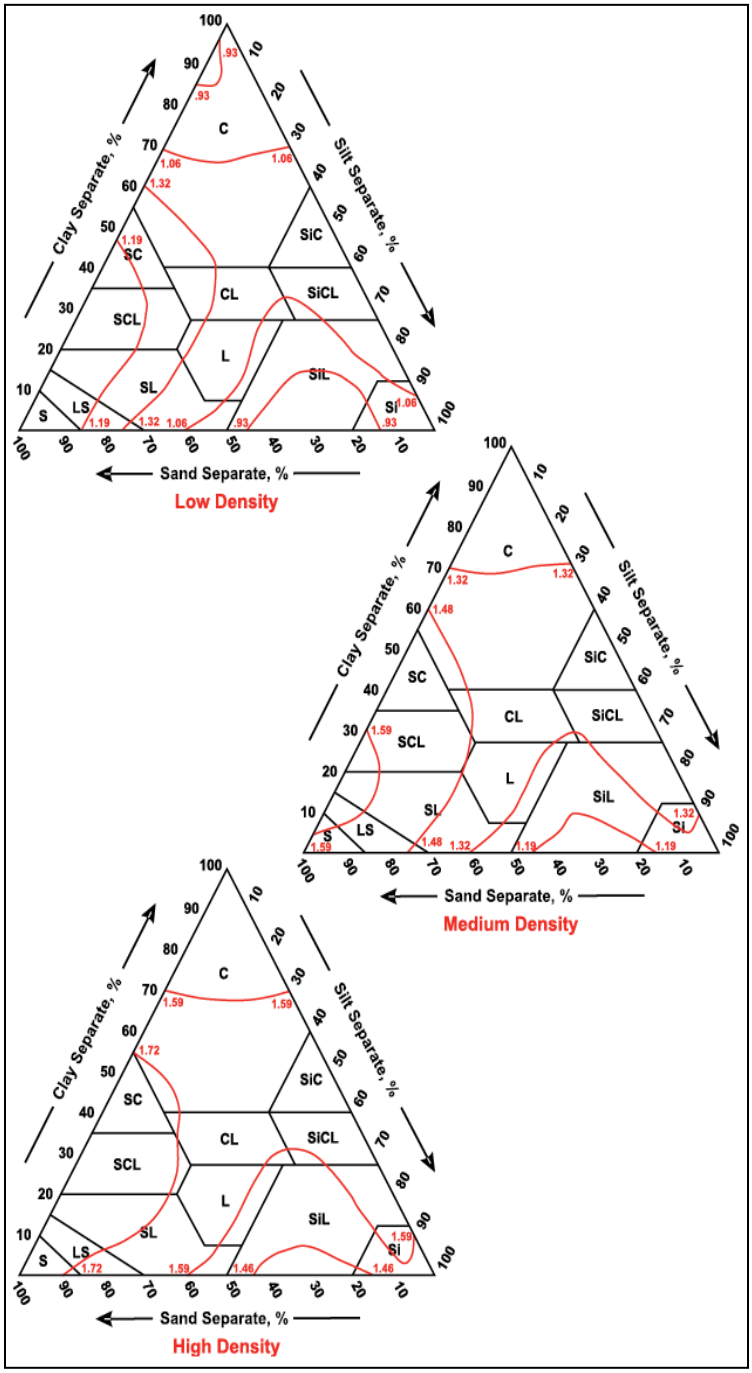
وحاول الباحثون تقدير K_{sat} على أساس خصائص التربة المختلفة. وتستخدم طرق التقديرعادةً واحدة أو أكثر من خصائص التربة الطبيعية التالية: مساحة السطح، القوام، البناء، الكثافة الظاهرية، والميكرومورفولوجى. ويتباين نجاح الطرق الفردية، ولا توجد طريقة واحدة تعمل بشكل جيد لجميع أنواع التربة. وفى بعض الحالات، تعمل طريقة جيدًا فقط فى منطقة محددة. وفى حالات أخرى، يكون قياس المتغيرات أكثر صعوبة من قياس التوصيل الهيدروليكى. ويجب إجراء تعديلات لخصائص التربة التى تؤثر على سلامة واستمرارية المسام الكبيرة عندما تكون التربة متوسطة الرطوبة أو مبتلة. وتشمل هذه الخصائص تركيزات عالية من الصوديوم؛ معادن طين معينة؛ درجة وحجم وشكل بناء التربة؛ ووجود مكونات خشنة وطبقات صلبة وملتحمة ومظاهر متنوعة أخرى.

والطريقة المعروضة هنا عامة جدًا (Rawls and Brakensiek, 1983)، تم تطويرها من تحليل إحصائى لعدة آلاف من القياسات على أنواع تربة مختلفة، والغرض منها تطبيق واسع، ويجب استخدامها محليًا بحذر. وهذه الطريقة لا تأخذ فى الحسبان الظروف المذكورة فى الفقرة السابقة. ويجب تعديل النتائج بناءً على الخبرة والظروف المحلية.

والشكلان 3-31 ،3-32 المستخدمان معًا يوفران طريقة لتقريب درجة K_{sat} على أساس قوام التربة والكثافة الظاهرية. يتكون كل شكل من ثلاثة مثلثات قوام. وعلى أساس القوام والكثافة الظاهرية لأفق تربة معين، يتم تقدير الكثافة الظاهرية عن طريق تحديد المثلث الموجود فى شكل 3-31 الذى ينتمى إليه الأفق. وتحدد الكثافة الظاهرية المختارة أى مثلث فى شكل 3-32 يستخدم لتقدير درجة K_{sat}.

بالنسبة لقوام تربة معين مع كثافة ظاهرية مُقاسة أو مُقدرة، يعطى الاستيفاء بين خطوط الكثافة الظاهرية المتماثلة فى شكل 3-31 قسم الكثافة الظاهرية. ويحدد المثلث فى الشكل الذى يعطى القيمة الأقرب إلى الكثافة الظاهرية المقاسة أو المقدرة للقوام المعين أى مثلث فى شكل 3-32 يجب استخدامه. على سبيل المثال، فى شكل 3-31، طمى طينى يحتوى 35% رمل و 35% طين وكثافة ظاهرية 1.20 جم/ سم مكعب يوقع بين خطوط كثافة ظاهرية متماثلة 1.06، 1.32 لمثلث القوام المميز بعلامة "منخفض" وبالتالى فى قسم الكثافة الظاهرية المنخفضة. وطمى طينى يحتوى 35% رمل، 35% طين وكثافة ظاهرية 1.40 جم/ سم مكعب يوقع بين خطوط كثافة ظاهرية متماثلة 1.32، 1.48 على مثلث القوام الذى يحمل علامة "متوسط" وبالتالى تكون كثافته الظاهرية متوسطة. وبالنسبة لتربة كثافتها الظاهرية متوسطة، يتم استخدام المثلث المركزى. والمثلثان أعلى وأسفل المثلث المركزى مخصصان للتربة ذات الكثافة الظاهرية العالية والمنخفضة. ويتم اختيار مثلث القوام فى شكل 3-32 الذى يتوافق مع الكثافة الظاهرية المحددة من شكل 3-31، ويتم توقيع نسب الطين والرمل لتحديد موضع فئة K_{sat}. وتعتبر درجة K_{sat} "متوسطة الارتفاع" بالنسبة للطمى الطينى فى فئة الكثافة الظاهرية المنخفضة و "متوسطة الانخفاض" للطمى

الطينى فى فئة الكثافة الظاهرية المتوسطة. ويمكن تقدير قيمة K_{sat} العددية عن طريق الاستيفاء بين خطوط iso-K_{sat}. ومع ذلك، يجب استخدام القيم بحذر. واستخدامها فقط لمقارنة فئات التربة وليس كمؤشر على K_{sat} فى موقع معين. وإذا كانت قيم الموقع مطلوبة، فمن الأفضل إجراء عدة قياسات فى الموقع.

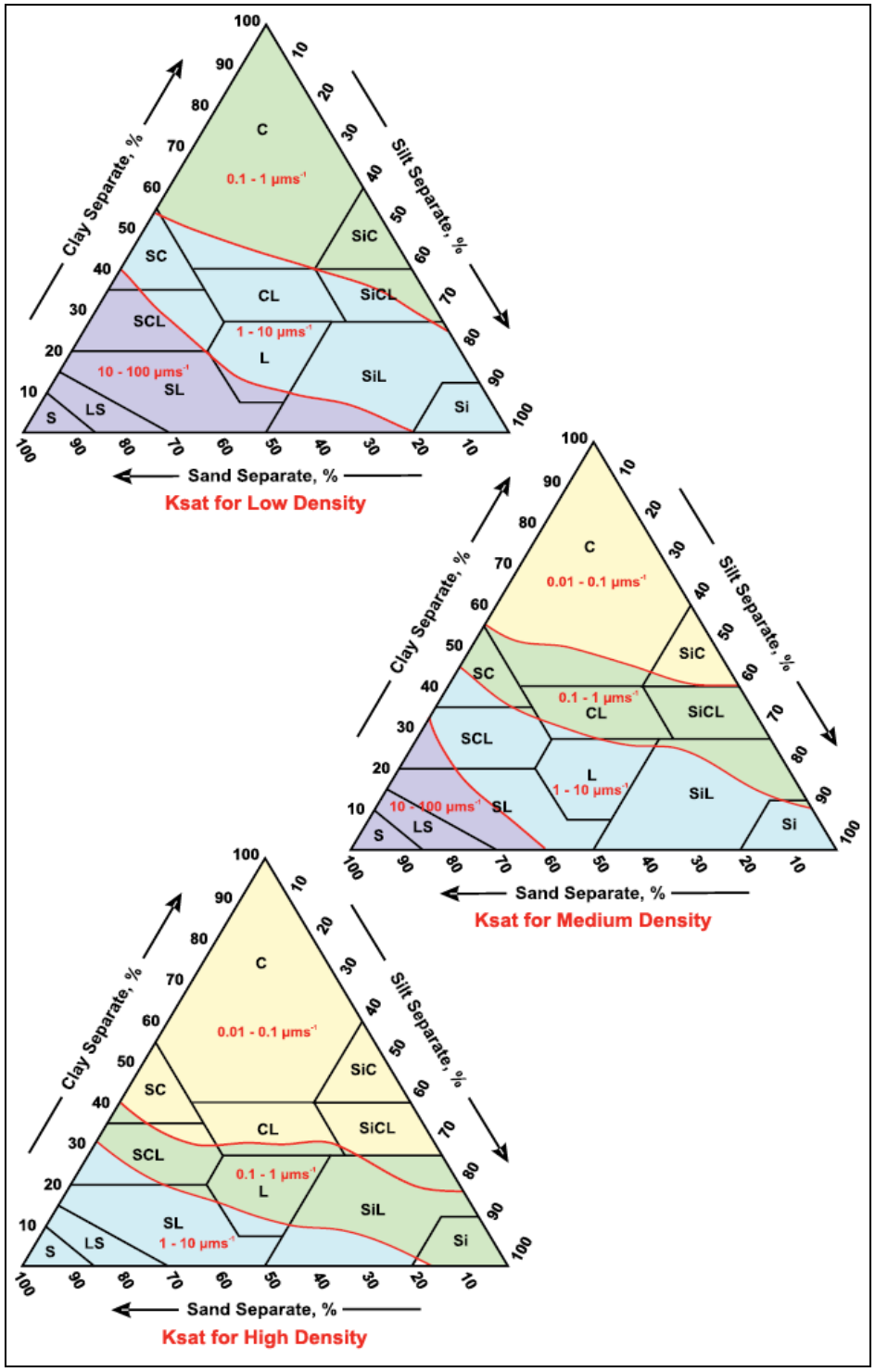


شكل 3-31: أقسام الكثافة الظاهرية: منخفضة ومتوسطة وعالية (Rawls and Brakensiek, 1983).

وقد تحتاج قيم K_{sat} المحددة باستخدام الإجراء أعلاه إلى تعديل على أساس خصائص التربة المعروفة الأخرى. ولا توجد حاليا مبادئ توجيهية لضبط K_{sat} المقدرة. ويجب استخدام أفضل حكم يعتمد على الخبرة والسلوك المرصود للتربة المعينة.

ويمكن إعطاء التوصيل الهيدروليكى المشبع للتربة ككل، أو لأفق معين، أو لمجموعة من الآفاق. ويحدد الأفق بأقل قيمة فئة التوصيل الهيدروليكى المشبع المخصص للتربة بأكملها. وإذا كان سمك للتربة أعلى أو أسفل الأفق بأقل

قيمة له توصيل أعلى بشكل ملحوظ، فعندئذٍ يتم إعطاء تقديرات للجزئين (أى عالى فوق منخفض جدًا).



شكل 3-32 : اعتماد درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع على علاقات الكثافة الظاهرية والقوام.

الرشح (Infiltration)

الرشح هو عملية دخول الماء فى التربة إلى أسفل. ويكون عادة حساسا للظروف قرب السطح والحالة السابقة للمياه. وبالتالى، يتعرض لتغيير معنوى مع استخدام التربة وإدارتها ومرور الوقت. ونتيجة لذلك، يكون تحديد قيم الرشح لوحدات خرائط التربة لمعظم مشاريع الحصر (ما لم تكن كبيرة المقياس وعالية الكثافة) غير عملى. والمناقشة التالية لوصف الرشح للحصول على معلومات أساسية. ولا يتم توفير درجات معدل الرشح. ويمكن

تسجيل القيم المقاسة حقليا كجزء من وصف موقع البيدون.

مراحل الرشح (Infiltration stages): يمكن التعرف على ثلاث مراحل: قبل حدوث البرك (preponded)، وجود برك مؤقتة (transient ponded)، برك دائمة (steady ponded). **الرشح قبل حدوث البرك (Preponded infiltration)** يتعلق بدخول الماء فى التربة إلى أسفل تحت ظروف عدم وجود ماء حر على سطح الأرض. وفى هذه المرحلة، يحدد معدل إضافة الماء معدل دخوله. وإذ زادت كثافة هطول الأمطار ضعفين، يزداد الرشح حينئذ ضعفين. بالإضافة إلى أن المسام الكبيرة المتصلة بالسطح تكون غير فعالة نسبيا فى نقل المياه إلى أسفل (يتحرك الماء خلال النسيج فقط). ولا يحدث جريان سطحى للماء خلال هذه المرحلة.

ومع استمرار إضافة المياه، يمكن الوصول إلى نقطة حدوث الماء الحر على سطح الأرض. وتسمى هذه الحالة البرك (ponding). والمصطلح فى هذا السياق هو أقل تقييدا من استخدامه فى الغمر (inundation). والماء الحر قد يكون مقيدا بالمنخفضات وغائبا عن معظم سطح الأرض. وبمجرد حدوث البرك، يتحول التحكم فى الرشح من معدل إضافة الماء إلى خصائص التربة. ونتيجة لذلك، تشارك المسام الكبيرة المتصلة بالسطح والشقوق التى تنشأ تحت السطح فى نقل المياه إلى أسفل.

والرشح فى حالة وجود ماء حر على السطح يشار إليه كـ **ponded infiltration**. وفى مراحله الأولى، يتناقص معدل دخول الماء عادة بشكل ملحوظ مع الزمن بسبب الابتلال العميق للتربة، مما يؤدى إلى انخفاض درجة السحب وإغلاق الشقوق وغيرها من المسام الكبرى المتصلة بالسطح. والرشح فى حالة وجود برك مؤقتة **(Transient ponded infiltration)** هو المرحلة التى ينخفض عندها الرشح بشكل ملحوظ مع الزمن. وبعد الابتلال المستمر لفترة طويلة فى ظل وجود برك، يصبح معدل الرشح ثابتا. ويشار إلى هذه المرحلة كـ **steady ponded infiltration**. وتغلق الشقوق المتصلة بالسطح، إذا كانت عكسية. وتكون درجة السحب صغيرة وتنخفض القوة الدافعة إلى قرب درجة الجاذبية. وعدم وجود جليد ولا مناطق ماء حر فى الأعماق المتوسطة ووجود قشرة على السطح أو بالقرب منه لا تتحكم فى الرشح. وأقل توصيل هيدروليكى مشبع خلال عمق ½ إلى 1 متر مؤشر مفيد لمعدل رشح البرك المستمر.

أدنى رشح سنوى فى وجود برك دائمة (Minimum annual steady ponded infiltration)

معدل رشح البرك الدائم الأدنى عندما تكون التربة فى حالة أقصى ابتلال ويحدث بانتظام عند عدم التجمد يسمى المعدل السنوى الأدنى للرشح فى وجود برك دائمة. ويمكن تقديره باستخدام معادلة نموذج الرشح Green-Ampt (انظر أدناه). وينخفض المعدل إذا وجد ماء حر على أعماق ضحلة. والمعدل السنوى الأدنى للرشح فى وجود برك دائمة يطبق للتنبؤ بالجريان السطحى فى أوقات السنة الأكثر ابتلالا عندما يكون احتمال الجريان أعلى.

نموذج Green-Ampt للرشح (Green-Ampt infiltration model): نموذج يستخدم لحساب معدل الرشح. ويفترض أن الماء الراشح يبلل بشكل موحد إلى عمق ويتوقف فجأة عند الجبهة. هذه الجبهة تتحرك إلى أسفل مع استمرار الرشح. والتربة فوق الجبهة المبتلة تكون فى حالة ابتلال مشبع خلال المنطقة المبتلة.

والمعادلة التى تصف معدل الرشح (Rawls and Brackensick, 1983) هى:

$$f = Ka\left(1 + \frac{M \times S}{F}\right)$$

Ka هو التوصيل الهيدروليكى المشبع، ولكن ليس بالضرورة حالات الإشباع؛ M المسامية عند حالة ماء معينة تمتلئ بالماء؛ S هو السحب الفعال عند الجبهة المبتلة؛ وF الرشح التراكمى. والتوصيل الهيدروليكى عند التشبع يكون أقل من القيمة المشبعة بسبب وجود هواء محبوس. وتتغير المسامية المتاحة (M) للآفاق السطحية طبقا للكثافة الظاهرية ولجميع الآفاق طبقا لحالة الماء . ولذلك، فهى حساسة لاستخدام التربة الذى قد يؤثر على الكثافة

الظاهرية للآفاق السطحية وحالة الماء السابقة. وقيمة السحب الفعال عند جبهة الابتلال (S) تقدر إلى حد كبير بواسطة القوام، وهى كمية مجدولة (tabulated). ويزداد الرشح التراكمى (F) مع الزمن. ونتيجة لزيادة الرشح التراكمى يتناقص معدل الرشح (f) مع مرور الوقت. وعندما يصبح الرشح التراكمى وعمق الابتلال كبيرين، يقترب معدل الرشح من قيمة التوصيل الهيدروليكى لحالة الإشباع.

حرارة التربة (Soil Temperature)

حرارة التربة مكون مهم لمناخ التربة العام. لها تأثير قوى على الأنشطة الحيوية. كما تؤثر على معدلات العمليات الكيميائية والطبيعية داخل التربة. وتتأثر الخواص الكيميائية، بما فى ذلك محتوى المادة العضوية والمنرالوجى ومستويات الخصوبة، بدرجة كبيرة بحرارة التربة. وعندما تتجمد التربة، تتوقف الأنشطة الحيوية والعمليات الكيميائية. وتنشط العمليات الطبيعية المرتبطة بتكوين الجليد إذا ارتبطت المناطق غير المتجمدة مع المناطق المتجمدة. وتحت درجة حرارة حوالى 5 م°، يشار إليها "biologic zero" فى "Soil Taxonomy"، نمو جذور معظم النباتات لا يكاد يذكر. ومع ذلك، فى مناطق بها طبقات التربة بالقرب من السطح متجمدة دائما، توجد جذور كبيرة من نباتات متأقلمة مباشرة فوق الطبقة المتجمدة فى أواخر الصيف. وتنمو معظم النباتات جيدا فى مدى ضيق من حرارة التربة والهواء. ومعرفة حرارة التربة والهواء ضرورى فى فهم العلاقات بين التربة والنبات. وتتغير الحرارة مع الزمن، مثل حالة مياه التربة. وتختلف من طبقة إلى أخرى فى أى وقت.

خصائص حرارة التربة (Characteristics of Soil Temperature)

تمتص الحرارة وتفقد من سطح التربة. والحرارة على السطح قد تتغير فى دورات يومية. وتنقل التربة الحرارة إلى أسفل عندما تكون الحرارة بالقرب من السطح أعلى من أسفله. وتصعد الحرارة إلى أعلى عندما يكون داخل التربة أدفأ من السطح. والحرارة على أعماق مختلفة تتبع دورات. والدورات الأعمق فى التربة أبطأ منها بالقرب من السطح. ويتقلص نطاق الدورات اليومية كلما زاد العمق ونادرا ما تقاس الحرارة أسفل 50 سم فى معظم الأراضى. والدورات الموسمية تكون واضحة إلى أعماق أكبر بكثير إذا كانت اختلافات حرارة الهواء الموسمية واضحة. والحرارة على عمق 10 م ثابتة تقريبا فى معظم الأراضى وتكون حول نفس متوسط درجة الحرارة السنوى للتربة أعلاها.

وتختلف حرارة التربة من طبقة إلى أخرى فى موقع معين حسب الوقت من السنة؛ ومع ذلك، إذا تم مقارنة متوسط درجة الحرارة السنوى على أعماق مختلفة فى نفس البيدون، فإنها عادة لا تختلف. ومتوسط درجة الحرارة السنوى أحد القيم العديدة المفيدة التى تصف نظام حرارة التربة.

والتذبذب الموسمى للحرارة خاصية للتربة. وتتذبذب الحرارة موسميا قليلا بالقرب من خط الاستواء؛ وتتغير على نطاق واسع مع تغير الفصول فى خطوط العرض المتوسطة والعالية. ويمكن استخدام متوسط الحرارة الموسمية لوصف حرارة التربة. ومع زيادة عمق التربة، تتناقص الفروق فى حرارة التربة الموسمية وتظهر الدورات الموسمية تأخيرًا مقارنة بدرجات الحرارة فى الأعماق الضحلة.

وبالنسبة للتربة التى تتجمد فى الشتاء، تتأثر حرارتها بانطلاق الحرارة عندما يتحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة. ويكون هذا الانطلاق حوالى 80 سعرا حراريا (calories) لكل جرام من الماء. ويجب أن تبدد الحرارة قبل أن يتجمد الماء فى التربة. ومعدل ذوبان الجليد فى التربة المجمدة منخفض، لأن الحرارة مطلوبة لتدفئة التربة لإذابة الجليد. وفى مناطق تساقط الثلوج بغزارة، يوفر الثلج (snow) غطاءً عازلا على التربة ولا تتجمد عميقا أو قد لا تتجمد على الإطلاق.

وتؤثر فى درجة حرارة التربة عدة عوامل، تشمل كمية وكثافة وتوزيع الأمطار؛ تقلبات حرارة الهواء اليومية والشهرية؛ التعرض للشمس؛ نوع وكمية واستمرار الغطاء النباتى؛ مدة حالات الرطوبة وغطاء الثلج؛ أنواع

الترسيبات العضوية؛ لون سطح التربة؛ اتجاه ودرجة الانحدار؛ الارتفاع؛ والمياه الجوفية. كل هذه العوامل قد توصف فى حصر الأراضى.

تقدير درجة حرارة التربة (Estimating Soil Temperature)

يمكن مراقبة درجة حرارة التربة مع الزمن من خلال استخدام مسجلات درجة الحرارة الرقمية الآلية. وعادة ما يتم دفن المسجلات فى حاويات منع تسرب المياه فى التربة. وتقوم تلقائيًا بتسجيل وتخزين قراءات درجة الحرارة على فترات مبرمجة مسبقًا على مدار اليوم (خمس قراءات فى اليوم كافية). وتوضع المستشعرات عادةً فى نهايات الأسلاك الممتدة من الحاوية المدفونة على ارتفاع متر فوق سطح الأرض (لدرجة حرارة الهواء) وعلى عمق 50 سم فى التربة. ويمكن وضع مستشعرات إضافية فى أعماق أخرى عند الرغبة فى ذلك. وفى نهاية فترة الدراسة (عادة عام واحد)، يتم استرداد جهاز التسجيل وتنزيل البيانات على جهاز كمبيوتر لتحليلها. من هذه البيانات يمكن حساب متوسط درجة الحرارة السنوى للتربة وكذلك متوسط درجات الحرارة فى الصيف والشتاء. كما يمكن تحديد العلاقة بين متوسط درجة حرارة التربة ومتوسط درجة حرارة الهواء للموقع. ويمكن تجهيز قطع أراضى تتباين فيها درجات الحرارة اليومية والموسمية والسنوية لتوضيح تغير حرارة التربة مع الزمن.

ويمكن تقدير درجة حرارة التربة من البيانات المجمعة. وتقريب متوسط درجة حرارة التربة السنوى فى المناخات المعتدلة والرطبة والقارية بإضافة 1 درجة مئوية إلى متوسط درجة حرارة الهواء السنوى المقرر بواسطة محطات الأرصاد الجوية القياسية فى المواقع القريبة من التربة تحت الدراسة. ويمكن تقدير المتوسط السنوى لدرجة حرارة التربة فى مكان معين بثقة أكثر بقراءة واحدة على عمق 10 أمتار. وإذا كانت المياه فى الآبار على أعماق تتراوح بين 10 و 20 مترًا، فإن درجة حرارة الماء تعطى عادةً تقديرًا دقيقًا لمتوسط درجة الحرارة السنوى للتربة. كما يمكن تقديره من متوسط أربع قراءات على عمق حوالى 50 سم أو أكثر، متباعدة بالتساوى على مدار العام.

ويمكن تقدير متوسط درجة حرارة التربة لفصل الصيف عن طريق حساب متوسط ثلاثة قياسات مأخوذة على عمق ثابت بين 50 سم و 1 متر فى اليوم الخامس عشر من كل شهر من الأشهر الثلاثة من الموسم. ويمكن استخدام طرق مماثلة لتقدير درجة حرارة التربة للمواسم الأخرى. هذه الطرق تعطى قيمًا تختلف قليلاً عن درجة حرارة التربة الفعلية، بسبب عوامل مثل الغطاء النباتى (خاصة كثافة المظلة)، المياه الجوفية، الثلج، الاتجاه، المطر، الظروف الجوية غير العادية، وعوامل أخرى. وتنتج الاختبارات الخاصة بالتربة المستوية تقريبًا، حرة الصرف، سواء كانت مغطاة بالأعشاب أو منزرعة، قيمًا مماثلة. ويمكن إجراء دراسات منتظمة لإنشاء علاقات درجة الحرارة فى منطقة أثناء فترة حصر الأرضى .

References

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1997a. The classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes. AASHTO designation M145–91. *In* Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing, Part 1: Specifications (18th ed.).

AASHTO. 1997b. Terms relating to subgrade, soil aggregate, and fill materials. AASHTO designation M146–91 (1995). *In* Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing, Part 1: Specifications (18th ed.).

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2011. Annual book of ASTM

standards. Volume 04.08 Soil and Rock (I): D420-D5876.

Amoozegar, F., and A.W. Warrick. 1986. Hydraulic conductivity of saturated soils: Field methods. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 735-770.

Ayers, P.D., and J.V. Perumpral. 1982. Moisture and density effect on cone index. Transactions of the American Society of Agronomy 25(5):1169-1172.

Bachman, G.O., and M.N. Machette. 1977. Calcic soils and calcretes in the southwestern United States. U.S. Geological Survey Open-File Report 77-794.

Baumer, O.W. 1986. Estimation of hydraulic parameters from known soil properties. Transactions of the American Society of Agronomy Conference, June 29-July 2, 1986, St. Luis Obispo, CA.

Bear, J. 1972. Dynamics of fluids in porous media. American Elsevier, New York.

Blanchar, R.W., C.R. Edmonds, and J.M. Bradford. 1978. Root growth in cores formed from fragipan and B2 horizons of Hobson soil. Soil Science Society of America Journal 42:437-440.

Bouma, J., R.F. Paetzold, and R.B. Grossman. 1982. Measuring hydraulic conductivity for use in soil survey. Soil Survey Investigations Report No. 38. USDA Soil Conservation Service.

Bradford, J.M. 1986. Penetrability. *In* C.A. Black (ed.) Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Campbell, R.B., D.C. Reiscosky, and C.W. Doty. 1974. Physical properties and tillage of Paleudults in the Southern Coastal Plain. Journal of Soil and Water Conservation 29:220-224.

Childs, C.W. 1981. Field tests for ferrous iron and ferrous-organic complexes (on exchange sites or in water-soluble forms) in soils. Soil Research 19(2):175-180.

Fanning, D.S., and M.C.B Fanning. 1989. Soil: Morphology, genesis, and classification. John Wiley and Sons, New York.

Fanning, D.S., M.C. Rabenhorst, S.N. Burch, K.R. Islam, and S.A. Tangren. 2002. Sulfides and sulfates. *In* J.B. Dixon, D.G. Schulze, and W.L. Daniels (eds.) Soil mineralogy with environmental applications. Book Series No. 7. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 229-260.

Gile, L.H., F.F. Peterson, and R.B. Grossman. 1966. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soil. Soil Science 101:347-360.

Ingram, R.L. 1982. Modified Wentworth scale. *In* J.D. Walker and H.A. Cohen (eds.), 2007, The geoscience handbook: AGI data sheets. AGI data sheet 8.2,

Grain-size scales. American Geological Institute, Alexandria, VA.

IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Klute, A., and C. Dirksen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. American Society of Agronomy.

Machette, M.N. 1985. Calcic soils of the southwestern United States. *In* D.L. Weide (ed.) Soils and Quaternary geology of the southwestern United States. Geological Society of America Special Paper 203, pp. 1-21.

Miller, R.D., and E. Bresler. 1977. A quick method for estimating soil water diffusivity functions. Soil Science Society of America Journal 41:1020-1022.

Monger, H.C., R.A. Krainer, S. Khresat, D.R. Cole, X. Wang, and J. Wang. 2015. Sequestration of inorganic carbon in soil and groundwater. Geology 43:375-378.

Nettleton, W.D., C.S. Holzhey, K.W. Flach, and B.R. Brasher. 1969. Soil scientists' proficiency in describing soil consistence. Soil Science Society of America Proceedings 33:320-321.

Pons, L.J., and I.S. Zonneveld. 1965. Soil ripening and soil classification. International Institute of Land Reclamation and Improvement, Publication 13, Wageningen, The Netherlands.

Rawls, W.J., and D.L. Brakensiek. 1983. A procedure to predict Green and Ampt infiltration parameters. *In* Advances in infiltration: Proceedings of the National Conference on Advances in Infiltration, December 12-13, Chicago, IL.

Rus, J. 2007. Munsell color system. Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 license. https://commons.wikimedia.org/wiki/File :Munsell-system.svg [Accessed 3 November 2016]

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, and E.C. Benham (editors). 2012. Field book for describing and sampling soils, version 3.0. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Soil Conservation Service.

Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd edition. U.S. Department of

Agriculture Handbook 436. Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2009. Soil survey field and laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 51, version 1.0. R. Burt (ed.). USDA Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2014a. Kellogg Soil Survey Laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, version 5.0. R. Burt and Soil Survey Staff (eds.). USDA Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2014b. Keys to soil taxonomy, 12th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

Sprecher, S.W. 2008. Installing monitoring wells in soils (version 1.0). USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. Online at: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052914.pdf. [Accessed 2 August 2016]

Taylor, H.M., and L.F. Ratliff. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. Soil Science 108:113-119.

Taylor, H.M., G.M. Roberson, and J.J. Parker, Jr. 1966. Soil strength-root penetration relations for medium- to coarse-textured soil materials. Soil Science 102:18-22.

Turk, J., C. Houdeshell, and R. Graham. 2011. A proposed master V horizon for the designation of near surface horizons with vesicular porosity. Unpublished proposal submitted to the National Cooperative Soil Survey Program, USDA Natural Resources Conservation Service.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2009. Soil survey of Otoe County, Nebraska. Online at: http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/app/. [Accessed 2 August 2016]

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1971. Guide for interpreting engineering uses of soils. Online at: https://archive.org/details/CAT72349098. [Accessed 2 August 2016]

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1973. Soil survey of San Diego Area, California.

Yonovitz, M., and P.J. Drohan. 2009. Pore morphology characteristics of vesicular horizons in undisturbed and disturbed arid soils; implications for arid land management. Soil Use and Management 25:293-302.

الباب الرابع

مفاهيم رسم خرائط التربة

(Soil Mapping Concepts)

By Soil Science Division Staff. Revised by Kenneth Scheffe and Shawn McVey, USDA-NRCS.

عملية رسم خرائط التربة (Soil Mapping Process)

رسم خرائط التربة هو عملية تحديد أجسام التربة الطبيعية، وتصنيف وتجميع التربة المحددة فى وحدات خرائط، والتقاط معلومات خصائص التربة لتفسير ورسم توزيع التربة على الخريطة.

وتكون التربة والمناطق المتنوعة (مثل Rock outcrop) فى منطقة الحصر فى نمط منتظم مرتبط بالجيولوجيا والأشكال الأرضية (landform) والطبوغرافية والمناخ والنباتات الطبيعية. ويرتبط كل نوع من التربة والمناطق المتنوعة بنوع معين من الأشكال الأرضية أو بجزء منه. ويحدد العلماء هذه الأنماط المتكررة لأجزاء الأشكال الأرضية، أو الأجسام الطبيعية، على الخريطة. ومن فحص التربة والمناطق المتنوعة فى منطقة الحصر وربط مواقعها بأجزاء محددة من شكل الأرض، يتم تطوير مفهوم أو نموذج لكيفية تكوينها. وأثناء رسم الخرائط، تمكن هذه النماذج من التنبؤ الدقيق بنوع التربة أو المنطقة المتنوعة على الهيئة الطبيعية (Hudson, 1992).

ويمكن ملاحظة الأنماط المتكررة فى التربة التى تنتجها عوامل التكوين على مستويات تتراوح من القارية إلى المجهرية. هذه الأنماط هى أساس تحديد التربة ورسم الخرائط بمقاييس مختلفة. ويمكن أن يُعزى نظام المصطلحات والتعريفات والعمليات إلى مقاييس مختلفة. ويتم إنشاء أنظمة هرمية للأقسام والفروع لإنتاج تجميعات بمقاييس مختلفة.

والتربة المفردة على الهيئة الطبيعية (landscape) تدمج مع بعضها البعض حيث تتغير خصائصها تدريجياً. ولعمل خريطة دقيقة للتربة، يجب الفصل بينها. وتكون بعض الحدود حادة، حيث تتغير التربة على مدى بضعة أمتار، وبعضها يكون أكثر تدرجًا. ويمكن ملاحظة عدد محدود فقط من البيدون. ومع ذلك، تكون هذه الملاحظات، المكتملة بفهم العلاقة بين التربة والغطاء النباتى والهيئة الطبيعية، كافية للتحقق من التنبؤات بأنواع التربة وتحديد حدودها.

ويتم تسجيل خصائص البيدون، والمجتمعات النباتية المرتبطة والجيولوجيا والأشكال الأرضية والمظاهر الأخرى. ويوصف نوع وترتيب الآفاق واللون والقوام وحجم وشكل التجمعات ونوع وكمية قطع الصخور وتوزيع جذور النباتات والتفاعل والمظاهر الأخرى التى تمكن من تصنيف وتحديد التربة (انظر الباب الثانى والثالث للحصول على التفاصيل). وتوصف الأنواع النباتية الموجودة (مجموعاتها وإنتاجيتها وحالتها) لتصنيف المجتمعات النباتية، وربطها بالتربة التى ترتبط بها عادةً، والتنبؤ باستجابتها للإدارة والتغيير. وبعد تحديد ووصف خصائص مكونات الهيئة الطبيعية، أو أجسام التربة الطبيعية، يتم ربط المكونات بفئة تصنيفية مناسبة، تُستخدم لتسمية وحدات الخرائط. وارتباط أو مقارنة التربة مع الأنواع المماثلة فى نفس الفئة التصنيفية فى مناطق أخرى، يؤكد البيانات ويساعد فريق العمل على تحديد الحاجة إلى تجميع بيانات إضافية. وفئات التصنيف مفاهيم. ولكل فئة مجموعة خصائص التربة محددة بدقة. وتستخدم الفئات كأساس للمقارنة لتصنيف التربة بشكل منهجى. ويعتمد تصنيف التربة (Soil Taxonomy)، النظام المستخدم فى الولايات المتحدة، بشكل أساسى على نوع وخصائص التربة وترتيب الآفاق داخل القطاع الأرضى (Soil Survey Staff, 1999).

وأثناء إجراء حصر الأراضى، تجمع عينات من بعض أنواع التربة لتحليلها فى المعمل. ويتم تفسير بيانات هذه التحليلات والاختبارات بالإضافة إلى خصائص التربة المرصودة فى الحقل لتحديد نطاق قيم الخصائص الرئيسية

لكل تربة. كما تستخدم هذه البيانات لتحديد السلوك المتوقع للتربة فى ظل استخدامات مختلفة. وتنظم بيانات خصائص التربة وتخزن فى قاعدة بيانات، حيث تستخدم لاستنتاج تفسيرات للتربة للاستخدام والإدارة. ويتم اختبار تفسيرات جميع أنواع التربة ميدانيًا من خلال مراقبة التربة فى استخدامات وتحت مستويات مختلفة من الإدارة. وتجرى دراسات خاصة لتوثيق خصائص التربة الديناميكية التى تتأثر بالاستخدام والإدارة (انظر الباب التاسع). كما تجمع البيانات من مصادر أخرى، مثل المعلومات البحثية والخبرة الميدانية للمتخصصين.

وبعد تحديد ومعرفة أجسام التربة الطبيعية المهمة فى المنطقة، يقوم فريق الحصر برسم حدود هذه الأنواع على الخريطة وتعريف كل منها كوحدة خريطة محددة بالاسم. وتُستخدم الصور التى تُظهر الأشجار والمبانى والطرق والأنهار عادة كخريطة أساس للمساعدة فى رسم مواقع الحدود بدقة. وتُستخدم الظلال والأنماط اللونية على الصور الجوية أو صور الأقمار الصناعية للدلالة على التغيرات المحتملة فى الغطاء النباتى وحالة الصرف ومواد الأصل والعوامل الأخرى التى تؤثر على انعكاس السطح. ونظرًا لدمج تقنيات رسم الخرائط الرقمية بشكل متزايد فى رسم الخرائط (انظر الباب الخامس)، تستخدم مصادر إضافية للمعلومات، مثل النطاقات متعددة الأطياف ونماذج الارتفاع الرقمية وطبقات البيانات الأخرى (مثل الجيولوجيا)، إلى جانب أنظمة تحديد المواقع (GPS) لتوقيع حدود وحدة الخريطة بدقة. وبالرغم من اختلاف العمليات المستخدمة فى تقنيات رسم الخرائط الرقمية عن الطرق التقليدية غير الرقمية، إلا أن المبادئ واحدة.

ويتباين حصر الأراضى فى المقياس وكثافة الملاحظات. ويتم تسمية مكونات وحدات الخريطة بالوحدات التصنيفية فى كتاب تصنيف التربة (Soil Survey Staff, 1999) أو كمناطق متنوعة (أى مناطق غير التربة). وعند تسمية وحدة الخريطة، يتم تعديل أسماء الوحدات التصنيفية (عادةً اسم سلسلة تربة) بمصطلحات الأطوار (قوام الطبقة السطحية، الانحدار، الفيضان، الأحجار، وما إلى ذلك) لنقل معلومات أكثر تحديدًا من النطاق الأوسع للخصائص المحددة للسلسلة (مثل قوام الطبقة السطحية) أو التى تمثل خاصية خارج التربة نفسها (مثل الفيضان). ويكون الطور عادة جزء من نطاق الخصائص التى تعرضها الوحدة التصنيفية. على سبيل المثال، قد تحتوى سلسلة تربة معينة على انحدارات تتراوح من 3 إلى أكثر من 60 فى المائة ولكن وحدات الخريطة تظهر بنطاقات أضيق (مثل 3 إلى 8، 8 إلى 15، 15 إلى 25) لتوفير معلومات مفيدة فى إدارة التربة فى المنطقة.

وتاريخيًا، صنفت أجسام التربة (polypedons) بأكملها وجمعت خصائصها من أجل مخرجات تفسيرية كخرائط vector (مضلعات). وتصنف بعض أعمال الحصر الحديثة خصائص معينة للتربة، مثل غطاء قطع الصخور السطحية، وإخراج المعلومات كخرائط raster، حيث يمثل كل pixel قيمة محددة للخاصية. وبهذه الخرائط، التى تسمى عمومًا "خرائط خصائص التربة"، يمكن للمستخدم تحديد كيفية جمع أو تجميع المعلومات لاحتياجاتها. وبالمعنى الدقيق، خرائط خصائص التربة الفردية ليست مرادفة لحصر الأراضى، الذى يحدد بالتعريف أجسام التربة الطبيعية.

رسم خرائط التربة والطريقة العلمية (Soil Mapping and the Scientific Method)

تستخدم الطريقة العلمية فى رسم خرائط التربة، حيث يجب: (1) تطوير أسئلة، (2) إنشاء افتراضات تجيب على الأسئلة، (3) اختبار الافتراضات، (4) تأكيد الافتراضات أو رفضها. وبعد رسم حدود مؤقتة لجسم التربة على صورة جوية أو صورة رقمية، يتساءل رسام الخرائط (الخطوة 1) عن نوع التربة الموجودة فى هذا الترسيم. وعادةً ما يتبع الترسيم مظهر الهيئة الطبيعية، مثل سهل فيضى كبير (flood plain) أو قمة تل (ridge summit). وبناءً على المعرفة السابقة حول تربة المنطقة، يطور رسام الخرائط (الخطوة 2) افتراضات، مثل سلسلة Alpha و/ أو Beta التى تحدث داخل الترسيم. ويختبر الرسام (الخطوة 3) هذه الافتراضات بواسطة الأوجر أو حفر الخنادق أو ملاحظة التعرض الطبيعى و (الخطوة 4) يؤكد أو يرفض كل فرضية. وبعد توثيق النتائج، يعود الرسام إلى الخطوة 1 (يطور الأسئلة) ويكرر العملية لمنطقة مجاورة. وتسمح هذه العملية برسم

خرائط التربة بكفاءة. وبدلاً من إجراء عدد كبير من الملاحظات بنظام شبكى منتظم لاكتشاف نوع التربة الموجود، يختار الرسام عددًا محدودًا من النقاط ذات موقع استراتيجى فى الهيئة الطبيعية لإجراء الملاحظات، التى تؤكد أو ترفض النموذج المطور مسبقًا. ويتنبأ رسام الخرائط بالتربة مسبقًا ويقوم فقط بالملاحظة لتأكيد التنبؤ، بدلاً من اكتشاف التربة بعد إجراء كل ملاحظة. وإذا كان النموذج دقيقًا، يقل عدد الملاحظات المطلوبة لعمل خريطة دقيقة (Hudson, 1992).

وتُستخدم الطريقة العلمية أيضا عند تحقيق نشأة التربة. ورغم اعتماد رسم الخرائط ووحدات تصنيف التربة على خصائص تقاس كميا بخلاف نشأة التربة (Smith, 1963)، إلا أنه من المفيد أن يطور الرسام نماذج مفاهيمية حول نشأة التربة خلال عملية رسم الخرائط (Arnold, 1965). والطريقة الأكثر فائدة هى إنشاء عدة افتراضات لمظهر ملحوظ بدلاً من فرض واحد، فمن غير المرجح أن يطور ارتباط سببى بفرضيته (Chamberlin, 1897). وبدلاً من ذلك، يبحث العالم على دليل يدحض كل الافتراضات المتنافسة. وتبقى "فرضية العمل". هذه الطريقة لاختبار فرضيات متعددة فى وقت واحد لا تعزز جودة النماذج المفاهيمية فقط، بل تقلل المناقشات العدائية بين العلماء (Platt, 1964).

خرائط التربة (Soil Maps)

المنهج التاريخى (Historical Approach)

استخدمت الصور الجوية كأساس لرسم الخرائط فى معظم مناطق حصر الأراضى فى الولايات المتحدة خلال القرن العشرين. واستخدم التصوير التقليدى panchromatic (أبيض وأسود)، والتصوير الملون، والتصوير بالأشعة تحت الحمراء للاستشعارعن بعد وكخرائط أساس لحصر الأراضى. وتم تغطية المعلومات المتعلقة بإمكانية تطبيق كل نوع من خرائط الأساس وكيفية استخدام منتجات الخرائط القديمة فى دليل حصر الأراضى لعام 1993 (Soil Survey Division Staff, 1993).

الصور الجوية (Aerial Photographs)

يظل استخدام الصور الجوية، حتى الآن، وسيلة فعالة لرسم خرائط التربة فى مناطق لا تتوفر لها صور رقمية مناسبة وطبقات البيانات أو المهارات أو الموارد أو الدعم المطلوب لتقنيات رسم الخرائط الرقمية. ويغطى الباب الخامس تكامل تقنيات رسم خرائط التربة الرقمية لإجراء حصر الأراضى.

ولا تزال الصور الجوية أساس رسم خرائط قابل للتطبيق فى حصر الأراضى. فهى توفر أدلة مهمة حول أنواع التربة من شكل ولون السطح والغطاء النباتى. ويمكن تحديد العلاقات بين أنماط التربة وأنماط الأشكال على الصور. واستخدام هذه العلاقات للتنبؤ بموقع حدود وأنواع التربة داخلها.

وتتيح الصور الجوية التى تستخدم نطاقات طيف غير مرئية للعين، مثل الأشعة تحت الحمراء الملونة، ملاحظة الفروق الدقيقة فى المجتمعات النباتية. وتفيد النطاقات الطيفية الأخرى فى الأشعة تحت الحمراء فى تمييز الاختلافات فى المنرالوجى والرطوبة على سطح التربة ولها أيضًا اختراق أفضل للسحب. ويجب تفسير هذه البيانات من خلال ربط النمط المرئى على الصور بخصائص التربة التى تم الحصول عليها من الفحص على الأرض.

ويمكن التعرف على مظاهر، مثل الطرق والسكك الحديدية والمبانى والبحيرات والأنهار وحدود الحقول وعديد من أنواع النباتات على الصور الجوية وتخدم كوسائل موقع مساعدة. وتكون المظاهر الحضرية عادةً أسهل فى التعرف عليها فى الصور الجوية، ولكنها لا تتطابق عمومًا بدقة مع الاختلافات فى التربة، باستثناء المناطق ذات التغييرات البشرية الكبيرة. ويقدم الباب الحادى عشر إرشادات حول رسم خرائط للهيئات الأرضية التى أحدثها الإنسان ومواد التربة التى نقلها.

وتلاحظ التضاريس بالدراسة المجسمة (stereoscopic). وتساعد مظاهر التضاريس فى توقيع عديد من حدود التربة على الخريطة. وتوفر الخرائط الطبوغرافية أيضًا نظرة ثاقبة للتضاريس والانحدار والاتجاه. وتحدد التضاريس أيضًا أنواعًا كثيرة من الأشكال الأرضية المرتبطة عادةً بأنواع التربة.

ويمكن معرفة وتحديد أشكال أرضية عديدة مثل الشرفات، السهول الفيضية، الكثبان الرملية، kames، eskers بشكل موثوق وفقًا للأشكال والارتفاعات النسبية والانحدارات. وتوفر علاقاتها بالمجارى المائية والأشكال الأرضية الأخرى أدلة إضافية. ويجب فهم الجيومورفولوجيا (تمت مناقشتها فى الباب الثانى) للاستفادة الكاملة من تفسير الصور.

ولا يمكن إنتاج خرائط دقيقة للتربة عن طريق تفسير الصور الجوية فقط. فيؤثر الزمان والمكان على الأدلة المرئية فى الصور. وقد تغير الأنشطة البشرية أنماط الغطاء النباتى وتؤدى إلى إرباك علاقاتها بأنماط التربة. ويجب ربط القرائن بخصائص التربة والتحقق منها فى الحقل.

النهج المعاصر (Contemporary Approach)

حلت الصور الرقمية محل الصور الفوتوغرافية كأساس لرسم الخرائط فى حصر الأراضى فى القرن الحادى والعشرين. وأدت القدرة على تركيب مصادر صور متعددة لإجراء مقارنات، وضبط المقياس بسرعة، واستخدام خرائط التربة المعتمدة على بيانات نقطية (raster-based soil maps) إلى زيادة سرعة تقديم منتجات حصر الأراضى بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من المنتجات المتاحة. ويتم تحسين منتجات حصر الأراضى من خلال اختيار صور الخلفية (على سبيل المثال، الصور الملونة والصور الطبوغرافية) المستخدمة لعرض معلومات حصر الأراضى. وتتم مناقشة طرق رسم الخرائط الرقمية للتربة والمنتجات المشتقة من الصور الرقمية فى الباب الخامس.

مصادر الخطأ الظاهر فى خرائط التربة الحالية

(Sources of Apparent Error on Existing Soil Maps)

حصر الأراضى فى الولايات المتحدة يستوفى المعايير الفنية ومتطلبات التصميم المعمول بها وقت اكتمالها. ومع ذلك، تختلف المعايير المستخدمة من ولاية إلى أخرى أو إقليميا. بالإضافة إلى تطور المعايير مع زيادة المعرفة حول التربة والتغيرات فى احتياجات المستخدمين. ولا يجب افتراض أن بيانات وخرائط حصر الأراضى التى تمت منذ سنوات عديدة، والتى لم تستفد من التقييم والتحديث الأخير، تلبى معايير وتوقعات المستخدمين اليوم.

ومن المحتمل أن يسبب مقياس رسم خرائط الحصر واعتبارات تصميم وحدة الخريطة حدوث أخطاء أكثر وضوحًا فى خرائط التربة. وقد صممت المشاريع لجمع وتوثيق توزيع التربة وخصائصها بناءً على احتياجات المستخدم ولم تكن أكثر تفصيلاً من اللازم. وبالنسبة للاستخدامات منخفضة الكثافة (مثل الرعى فى المراعى الطبيعية، والغابات، ومستجمعات المياه، ومواطن الحياة البرية)، تم إنجاز رسم خرائط التربة على صور أساس صغيرة المقياس من 1: 48000 إلى 1: 63560، أو أصغر. ومساحات التربة المختلفة فى الاستخدام والإدارة ولكنها صغيرة جدًا بحيث لا يمكن تحديدها على الخرائط توصف بأنها شوائب فى وحدات الخريطة أو يشار إليها برمز موضعى على الخريطة. وعند رسم الخرائط بمقياس أكبر، قد تظهر هذه المساحات على أنها أخطاء فى الخريطة.

وقد بدأ حصر الأراضى فى الولايات المتحدة بمذكرات تفاهم بين شركاء حصر الأراضى التعاونى الوطنى (NCSS) والشركاء المحليين الآخرين. وتضمنت هذه الوثائق أهداف التقدم المتفق عليها وتاريخ الإنجاز. وقد حدد الجدول الزمنى مقياس رسم الخرائط وكثافة أو مستوى الحصر. وتم تصميم وحدات الخرائط لتلبية احتياجات المستخدمين المحددة، وتم إجراء العمل الحقلى لإنشاء خرائط تربة تلبى تلك الاحتياجات. وإذا احتاج المستخدم إلى التغيير بسبب التغيرات فى استخدام الأراضى، فقد لا يلبى تصميم وحدة الخريطة الاحتياجات الجديدة بشكل مناسب. وقد لا يتم

فصل التربة ذات الإمكانات أو المخاطر المختلفة بشكل ملحوظ على أساس الاستخدام بشكل مناسب فى وحدات الخرائط.

وتحدد المعايير المستخدمة فى عملية ارتباط التربة أدنى مدى متطلبات لكل من وحدة الخريطة وسلسلة التربة المدرجة فى مصطلحات حصر الأراضى. وقد تم وضع هذه الحدود قبل استخدام الكمبيوتر للتأكد من أن البيانات والمعلومات ستبقى قابلة للإدارة. وفى نهاية المشروع، وحدات الخريطة وسلاسل التربة التى لا تلبى أدنى امتداد للمتطلبات تدمج مع وحدة الخريطة أو المكون الأكثر شبهًا فى المصطلحات ويتم توسيع المفاهيم لتشمل هذه التربة وتلك المناطق.

وتتطابق حدود مصطلحات خرائط التربة بشكل عام مع خطوط المقاطعة أو الولاية. ومساحات صغيرة من التربة لها جيولوجية صخر أصلى، أو فيزيوجرافى، أو منطقة موارد أرضية رئيسية (MLRA) مختلفة تعبر حدود حصر الأراضى السياسية (حدود مصطلحات الخريطة) وتكون صغيرة الامتداد جدًا بحيث لا تظهر فى مصطلحات وحدها، يتم دمجها مع وحدة الخريطة الأكثر تشابهًا. وعند ضم منطقتى حصر متجاورتين، قد تظهر خطوط خطأ بين الحصرين. وبموجب نهج MLRA المستخدم حاليًا لتحديث حصر الأراضى فى الولايات المتحدة، يتم تصحيح هذه الأخطاء.

وربما قد حدثت تغيرات كبيرة فى مورد التربة نفسه منذ زمن رسم خرائط التربة. فالأنشطة البشرية الكثيفة، التى تشمل التعدين والحفر وتسوية الأرض والبناء تزيل أو تدفن التربة الأصلية. وبسبب العمليات الطبيعية، مثل التغيرات فى مسارات المجارى المائية، والانهيارات الأرضية، والثورات البركانية، قد تختلف مواد التربة على السطح عن تلك المحددة فى خرائط التربة المنجزة سابقًا. هذه التغيرات تكون عموما مثيرة ويسهل معرفتها على الهيئة الطبيعية. وقد يكون بعضها دقيقًا (مثل، ردم المناطق المبتلة، التعديلات الهيدرولوجية، والتغييرات الميكانيكية مثل التمزيق والخلط العميق).

وقد يتم اكتشاف أخطاء أخرى على خرائط التربة، وتشمل أخطاء التمييز (labeling) التى تمت فى الحقل وأخطاء تجميع الخرائط والنشر. فيجب توثيقها وتصحيحها.

العمليات والمعدات الحقلية (Field Operation and Equipment)

يتطلب العمل الفعال لحصر الأراضى استخدام أنواع معينة من المعدات. والمعدات الرئيسية الثلاثة المطلوبة هى: (1) أدوات لفحص قطاع التربة؛ (2) أجهزة اختبار وقياس وتسجيل التربة لرسم الخرائط؛ و (3) مركبات نقل. وبينما تعكس بعض المعدات المستخدمة فى حصر الأراضى تقنية حديثة، مثل أدوات استشعار خصائص التربة عن قرب (الباب السادس)، تغير عديد من الأدوات الأساسية لفحص التربة فى الحقل فى السنوات الأخيرة قليلاً. ويحتوى دليل حصر الأراضى لعام 1993 مناقشة ووصف عديد من هذه الأدوات. كما يتوفر وصف مختصر للأدوات شائعة الاستخدام فى الحقل فى كتاب الحقل لوصف وأخذ عينات التربة Field Book for Describing and Sampling Soils (Schoeneberger et. al., 2012, pp. 8-5 and 8-6).

أدوات فحص واختبار التربة (Tools for Examining and Testing the Soil)

يتم فحص التربة غالبًا أثناء رسم الخرائط. ومن الضرورى فحص الاختلافات الأفقية والرأسية. والأدوات الأكثر استخدامًا هى الكوريك والأوجر. ويستخدم الأوجر فى معظم المناطق لرسم الخرائط الروتينى. وفى بعض المناطق، يستخدم الكوريك لفحص التربة. ويمكن جمع العينات بسرعة وسهولة باستخدام مجسات محمولة على شاحنة (شكل 4-1) أو مجسات يدوية فى التربة التى لا تحتوى على قطع صخرية. وتُستخدم الجرافات (Backhoes) والمجارف (shovels) لكشف التربة للفحص وأخذ العينات والتصوير. وعند استخدام المجس (probe) أو الأوجر بانتظام لفحص التربة، يمكن استخدام حفرة كبيرة مكشوفة بواسطة مجرفة خلفية (انظر شكل 4-2، الصورة

اليسرى) للتأكد من أن مفاهيم وحدة الخريطة كالمتوقعة ولم تنحرف عن النموذج المفاهيمى المتقدم.

شكل 4-1: مجس هيدروليكى مُثبَّت على شاحنة يُستخدم للحصول على قطاعات تربة بسرعة. مجسGiddings (الموضح) له قدرة على جمع عينة أساسية ذات قطر كبير أو صغير، ويمكن إضافة امتدادات إليه من أجل الحفر العميق. وتُفضل المجسات المثبتة على جانب السائق فى بعض المناطق ولكنها تقتصر على جمع عينات ذات قطر أصغر. (Photo courtesy of Casey Latta)

ومع ذلك للجرافات قيود. فيجب مراعاة تكلفة وزمن إجراء الصيانة اللازمة. وعندما يتوفر محليًا، يكون استئجار حفار ومشغل عند الحاجة خيارًا. وبعض الملاك لا يريدون معدات كبيرة فى ممتلكاتهم. ويجب تدريب المشغلين على استخدام المعدات بكفاءة، واستيفاء معايير السلامة (انظر شكل 4-2، الصورة اليمنى). ويجب تحديد مواقع خطوط الكهرباء العلوية وتحت الأرض، التى تشكل مخاطر كهربائية، والمرافق الأخرى وتجنبها. وقد تكون الانحدارات شديدة للتشغيل الآمن للآلات. ومن المهم التعرف على خصائص التربة التى تجعل جدران الخندق عرضة للانهيار وبالتالى تشكل خطرا على أى شخص فى الحفرة. ويؤدى تصميم خنادق الحفار مع مساند ومنحدرات خروج إلى تحسين السلامة.

ويجب مراعاة معدات البيئات الفريدة. فتستخدم معدات الطاقة عادة لتوفير الوقت والجهد. وتستخدم أجهزة جمع

العينات (Vibracore) لأخذ عينات تربة على عمق عدة أمتار تحت سطح الماء. وتُستخدم أجهزة مثل الماسكات الأساسية لمنع سقوط المواد الرملية من أنبوب العينة. كما تستخدم أدوات صغيرة مختلفة لفحص التربة، مثل الأجهزة الرقمية المحمولة الصغيرة لتقدير الملوحة وتفاعل التربة والصودية ومغذيات التربة. كما يمكن استخدام أدوات الاستشعار من قرب، مثل أجهزة XRF والحث الكهرومغناطيسى ورادار اختراق الأرض. راجع الأبواب 6، 10، 11 لمزيد من المعلومات حول الأدوات المناسبة للاستشعار القريب والبيئات الفريدة.

شكل 4-2: الصورة اليسرى: حفرة حفار توفر رؤية واسعة لقطاع التربة وتحسن الوصول للوصف وأخذ العينات. الصورة اليمنى: استخدام مساند ومنحدرات خروج وتدابير سلامة لحماية العاملين فى الخنادق العميقة. (Photos courtesy of Wayne Gabriel)

أجهزة القياس والتسجيل لرسم الخرائط

(Measuring and Recording Devices for Mapping)

جهاز نظام تحديد المواقع الجغرافى (GPS) المحمول يمكن أن يساعد فى الملاحة وتحديد موقع وصف التربة. ولا غنى عنه كمساعد ملاحى فى المناطق النائية أو عديمة الطرق. ويوفر الموقع الأفقى فى الإحداثيات الجغرافية والارتفاع. ويمكن تخزين واستدعاء الإحداثيات وبالتالى المساعدة فى تحديد مواقع محددة والعودة إليها. وتوفر بعض الأجهزة خرائط خلفية للمظاهر الجغرافية والحضرية للمساعدة فى التنقل.

وتفيد كاميرا رقمية صغيرة فى التقاط صور عالية الجودة لقطاعات التربة والمظاهر والهيئات الطبيعية والنباتات وتوثيق استخدام الأراضى وإدارتها. وتحتوى الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية وبعض أجهزة الكمبيوتر المحمولة على كاميرات مدمجة يمكن استخدامها لالتقاط الصور وتخزينها. وإذا استخدمت الصور الرقمية كأساس لرسم الخرائط، فيمكن استخدام أجهزة الكمبيوتر المحمولة أو الأجهزة اللوحية (بشرط أن تكون متينة بما فيه الكفاية ومناسبة للعرض الخارجى) لعرض الخرائط والتعليق عليها.

ويمكن تثبيت أجهزة تسجيل بيانات مقاومة للماء فى بعض مواقع الدراسة لتجميع قياسات درجة حرارة الهواء والتربة وإمكانات المياه وغير ذلك. ويمكن جمع هذه البيانات على مدى سنة أو أكثر حسب الحاجة وتلخيصها لتشخيص ظروف الموقع من أجل التصنيف والتفسير.

النقل (Transportation)

تتطلب العمليات الحقلية نقل العاملين والمعدات والإمدادات وعينات التربة. ويتم توفير مركبات لفريق حصر الأراضى لعملياتهم اليومية. وقد يكون الوقت الذى يقضى فى السفر من وإلى الحقل طويلًا وغير منتج. فيتم توفير مركبات تجعل وقت السفر قصيرًا قدر الإمكان.

ويتم عادةً تأجير أو توفير معدات إضافية تستخدم لأغراض خاصة أو لفترات قصيرة حسب الحاجة. على سبيل المثال، يتم توفير سيارة نقل ركاب أثناء المراجعة الحقلية. ويجب أن تحمل بعض المركبات معدات كهربائية أو تسحب مقطورات. وينبغى أن تكون جميع المركبات مناسبة لاحتياجات منطقة الحصر، سواء للاستخدام على الطرق الوعرة أو فى المناطق الممهدة؛ لنقل العاملين بكفاءة وراحة وأمان؛ أو حمل المعدات المستخدمة بانتظام؛ أو لاستيعاب حمولة إضافية؛ أو لحماية العاملين والمعدات من سوء الأحوال الجوية.

وبعض المناطق تتطلب مركبات خاصة. فتُستخدم الطائرات، خاصة الهليكوبتر، فى بعض عمليات الحصر لنقل العمال والمعدات ولتوفير رؤية واسعة للأشكال الأرضية والنباتات. وتفيد الطائرات فى تصوير الأشكال الأرضية وأنماط التربة واستخدام الأراضى. ويعد التوافر والتكلفة والافتقار إلى مواقع هبوط تقليدية معوقات رئيسية لاستخدام الطائرات. وتوفر عربات الثلوج إمكانية الوصول شتاء حيث يكون السفر مستحيلًا أو غير عملى فى المواسم الأخرى. وقد تتطلب الحاجة مركبات مجنزة، ودراجات، ومركبات صالحة لجميع التضاريس (ATVs) فى المناطق التى لا يمكن الوصول إليها إلا سيرًا على الأقدام. وقد تكون الخيول الوسيلة الوحيدة لنقل الأفراد والمعدات فى المناطق البرية. وتستخدم عربات ذات إطارات كبيرة وقوارب هوائية فى المستنقعات. وتستخدم الزوارق والقوارب الصغيرة للتنقل فى الممرات المائية أو للوصول إلى مناطق تتكون من جزر عديدة. وقوارب السحب الضحلة مفيدة فى إجراء حصر الأراضى فى مناطق تتكون من تربة تحت مائية (انظر الباب العاشر). ويجب أن تكون المركبات المتخصصة فعالة فى المناطق النائية.

وقد تكون تكاليف شراء أو استئجار المعدات وصيانتها وتدريب المشغلين مرتفعة، وطول زمن النقل والصيانة والتدريب. ويكون عمل بعض المعدات محفوفا بالمخاطر. بالإضافة إلى إتلاف الأنظمة البيئية الحساسة بواسطة المعدات.

تعريف التربة وتصنيفها (Soil Identification and Classification)

فى حصر الأراضى، يتم تصنيف الأجزاء المفردة التى تشكل استمرارية التربة. وتحدد أقسام أجسام التربة ذات تنوع وامتداد كبير. والأقسام التصنيفية مفاهيمية. وتعتمد التعريفات على معرفة التربة كما هى فى الطبيعة وفهم العمليات الوراثية المسئولة عن تكوينها. والأقسام التصنيفية ليست تربة حقيقية، ولكنها تتعلق بممثليها فى الطبيعة: جسم التربة (pedon) والجسم المتعدد (polypedon).

جسم التربة (Pedon)

البيدون هو أصغر جسم لنوع من التربة يكون كبيرًا بما يكفى لتمثيل طبيعة وترتيب الآفاق والتنوع فى الخصائص الأخرى. وليس له حدود مع البيدون المجاورة (Soil Survey Staff, 1999). وهو وحدة الفحص وأخذ العينات والتصنيف.

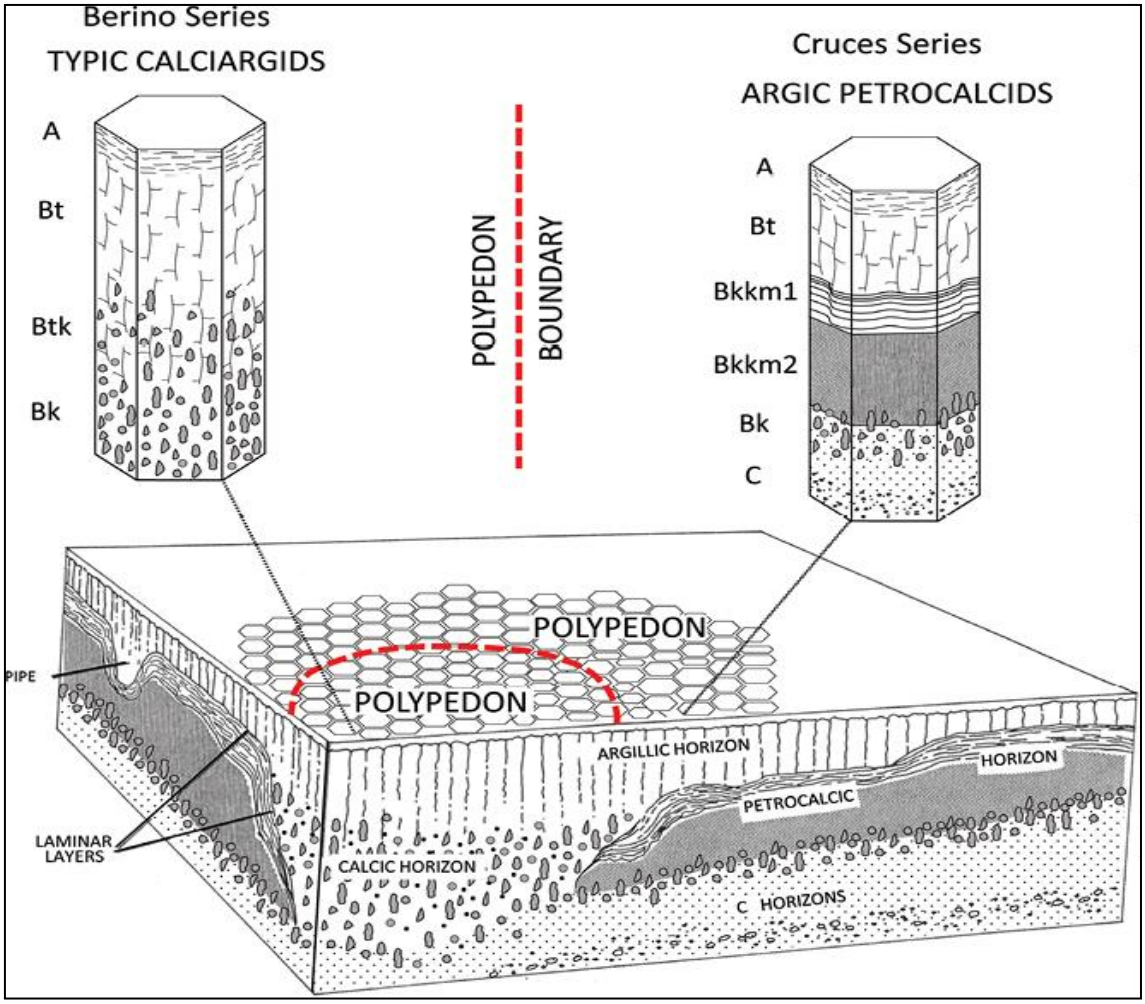
ويمتد البيدون إلى الحد الأسفل للتربة، عبر جميع الآفاق الوراثية، وإذا كانت هذه الآفاق رقيقة، يمتد إلى الجزء العلوى من المادة التحتية. ويشمل منطقة جذور معظم النباتات المعمرة. والحد الأسفل العملى للبيدون هو الصخر الأصلى أو عمق حوالى 2 متر، أيهما أقل عمقًا. ويسمح عمق 2 متر بعينة جيدة من آفاق التربة الرئيسية، حتى فى التربة السميكة. وهو يشمل التربة التى تخترقها جذور النباتات، ويسمح برصد موثوق لخصائص التربة.

وسطح البيدون متعدد الأضلاع تقريبًا وتتراوح مساحته من 1 إلى 10 أمتار مربعة، اعتمادًا على طبيعة تنوع التربة. وعندما تكون دورة الاختلافات أقل من 2 متر وتكون جميع الأفق متصلة وموحدة تقريبًا فى السُمك، تبلغ مساحة البيدون حوالى 1 متر مربع. وعندما تكون الآفاق أو الخصائص الأخرى متقطعة أو دورية على مدى فاصل 2 إلى 7 أمتار، فإن البيدون يشمل نصف الدورة (من 1 إلى 3.5 م). وإذا كانت الآفاق دورية على مدى فاصل أكبر من 7 أمتار، فإن كل دورة تحتوى على أكثر من تربة واحدة. ويسمح نطاق الحجم، من 1 إلى 10 متر مربع،

بتصنيف ملائم من أفراد مختلفين حيث تكون الآفاق المهمة دورية أو متقطعة بشكل متكرر على مسافات قصيرة.

جسم التربة المتعدد (Polypedon)

البيدون صغير جدًا كوحدة لرسم خرائط التربة لأنه لا يبين مظاهر مثل الانحدار وأحجار السطح. وهو صغير جدًا بحيث لا يجسد المدى الكامل للتنوع الذى يحدث داخل سلسلة التربة. وبدلاً من ذلك، يستخدام **polypedon** لتحديد سلسلة التربة، وهو وحدة رسم خرائط التربة. وهو جسم تربة ثلاثى الأبعاد أو الفرد المتجانس لتصنيف التربة على مستوى السلسلة. ويكون كبيرا بما يكفى لإظهار جميع الخصائص التى تراعى فى وصف وتصنيف ورسم خرائط التربة (شكل 4-3).



شكل 4-3: أجسام تربة متعددة مختلفة الأحجام. ويوضح الشكل جسم صغير تكون فى أنبوب عبر أفق جيرى متحجر (Gile et al., 2003). ويوضح أيضًا مفهوم أن البيدون ليس له حدود جانبية مع البيدون المجاورة، على عكس أجسام التربة المتعددة، التى لها حدود مع الأجسام المجاورة.

ومفهوم الـ **polypedon**، من الوجهة العملية، مكافئ إلى حد ما للمكون فى رسم خرائط التربة، ولكن مع اختلاف تقنى واحد. نظرًا لتعريف **polypedon** على أنه متجانس على مستوى تصنيف السلسلة، يجب أن يقع كل **pedon** يكون **polypedon** داخل حدود الفئة لجميع الخصائص (القوام واللون والتفاعل والسمك، إلخ) لتلك السلسلة. وعندما يتم تركيب حدود الأصناف على نمط التربة فى الطبيعة، نادرًا ما تتطابق مناطق الأقسام التصنيفية بدقة مع المناطق المرسومة على الخرائط. وعلى العكس، يمثل مكون وحدة الخريطة منطقة متنوعة أو جسم تربة طبيعى يشمل جميع البيدون التى تشكل ال **polypedon**، بالإضافة إلى بيدون أخرى مشابهة جدًا داخل منطقة الخريطة

التى تقع خارج نطاقات خصائص السلسلة. ويحدث ال polypedon والتربة المماثلة أو غير المتباينة ضمن مفهوم وحدود مكون وحدة الخريطة. وتتكون وحدات خريطة التربة من مكون واحد أو أكثر.

ويمثل polypedon أدنى وحدة تفسير وإدارة التربة. وإذا كانت حدود polypedon المفرد تدريجية ومنتشرة، فمن المستحيل فعليًا ترسيم polypedon لأن خصائصه مقيدة بالوحدة التصنيفية التى يمثلها (سلسلة) وتختلف هذه الخصائص بطريقة ملتوية أو مستمرة سواء فى الأبعاد الرأسية أو الأفقية. ومع ذلك، فإن الحدود بين مكونات وحدة الخريطة تكون واضحة عموما حيث تنتج الاختلافات مجتمعات نباتية محلية متباينة أو تغيرات فى الخصائص التى تؤثر على استخدام التربة وإدارتها. ويمكن ملاحظة حدود كل من مكونات وحدة الخريطة و polypedons بسهولة عند عدم الاستمرارية، مثل أسطح الانجراف والاتصالات الجيولوجية، والتغيير البشرى اللاحق.

وتربط Polypedons الأجسام الحقيقية للتربة فى الطبيعة بالمفاهيم العقلية للوحدات التصنيفية وهى أساس مكونات التربة المستخدمة فى رسم خرائط التربة وتفسيرها وإدارتها.

وحدات خريطة التربة (Soil Map Units)

تصمم وحدات خرائط التربة لتقدم معلومات بكفاءة لتلبية احتياجات المستخدمين لقرارات إدارة واستخدام الأراضى. ويمكن أن تظهر وحدات الخريطة كمناطق مفردة (polygons) أو نقاط أو خطوط على الخريطة. ووحدة الخريطة عبارة عن مجموعة من مناطق محددة وتسمى بنفس الاسم من حيث مكونات التربة، أو المناطق المتنوعة، أو كليهما. وتختلف كل وحدة خريطة فى بعض النواحى عن غيرها فى منطقة الحصر ويتم تحديدها على خريطة التربة. ووصف وحدة الخريطة هو توصيف مكتوب للمكون داخلها وعلاقة وحدة خريطة بأخرى. ويقدم الملحق 2 مثالاً لوصف وحدة الخريطة.

وتتكون وحدات خريطة التربة من مكون واحد أو أكثر. ويحتوى ترسيم (delineation) وحدة الخريطة على المكونات الرئيسية (dominant) المتضمنة فى اسم وحدة الخريطة، ولكنه قد لا يحتوى دائمًا على ممثل لكل نوع من المكونات الصغرى. ولم يتم وصف المكونات الصغرى أو تفسيرها بالتفصيل، فى حصر الأراضى القديم، وتمت الإشارة إليها على أنها شوائب (inclusions) داخل وحدة الخريطة. ويتم تمثيل المكون السائد أو الرئيسى فى الترسيم بواسطة جزء من polypedon، polypedon كامل، أو عدة polypedons. ويتم تمثيل جزء من polypedon عندما تتطلب معايير الطور (phase)، مثل الانحدار، تقسيم polypedon. ويحدث polypedon كامل إذا لم تكن هناك معايير طور تتطلب تقسيمه أو أن المظاهر التى يعرضها لا تتجاوز حدود الطور. ويمكن تمثيل عدة polypedons لمكون إذا كانت وحدة الخريطة تتكون من مكونين سائدين أو أكثر وكان النمط بحيث يكون مكون واحد على الأقل غير مستمر ولكنه يحدث كجسم معزول أو polypedon. وبالمثل، يتم تمثيل كل مكون ثانوى فى الترسيم بجزء من polypedon، أو polypedon كامل، أو عدة polypedons. ومع ذلك، يكون امتدادها صغيرا بالنسبة لامتداد المكونات الرئيسية. ونظرًا لأن حدود التربة نادرًا ما يمكن عرضها بدقة كاملة على الخرائط، يتم تضمين أجزاء وقطع من الـ polypedons المجاورة عن غير قصد أو استبعادها من الترسيمات.

وقد لا تحتوى بعض ترسيمات الوحدة الخرائطية على أى من المكونات السائدة المسماة فى وصف الوحدة ولكنها تحتوى على ما يسمى التربة المشابهة (similar soils). وفى معظم مناطق الحصر، توجد تربة كأجسام يمكن رسمها ولكن لها امتداد محدود جدا داخل منطقة الحصر. وتكون عادةً متضمنة مع وحدات خرائط أخرى إذا كانت تفسيرات تربتها، لجميع الأغراض العملية، هى نفسها. ويتم السماح بتربة متشابهة فى وحدات الخريطة حسب التصميم، الذى يسمح بخفض عدد وحدات الخريطة والمكونات المسماة دون تقليل القيمة التفسيرية لخريطة التربة.

وتعتمد أنواع الوحدات الخرائطية المستخدمة أساسا على أغراض الحصر ونمط التربة والمناطق المتنوعة فى الهيئة الطبيعية. والنمط ثابت فى الطبيعة، وليس هو نفسه تمامًا فى كل ترسيم لوحدة خريطة معينة. ويجب التعرف على هذه الأنماط وتصميم وحدات الخريطة لتلبية الأهداف الرئيسية للحصر بناءً على احتياجات المستخدم المعروفة

أو المتوقعة. ومن المهم تذكر أن تفسيرات التربة تتم لمساحات من الأرض وأكثر وحدات الخرائط فائدة هى التى تُجمع التربة على أساس التشابه بينها.

المكون (Component)

مكون وحدة الخريطة، كيانً يمكن ترسيمه على مقياس معين. ويكون عادة تربة وقد يكون منطقة متنوعة. والمكونات من تربة تسمى لسلسلة التربة أو وحدة تصنيفية أعلى. وتعطى المناطق المتنوعة أسماء مناسبة، مثل نتوء صخرى (Rock outcrop) أو أرض حضرية (Urban land). وفى كلتا الحالتين، يمكن تحديد كل مكون يشكل وحدة خريطة على الأرض وترسيمه بشكل منفصل على مقياس كبير. وتصف مكونات وحدة الخريطة خصائص أجسام تربة طبيعية، أو مناطق متنوعة، فى هيئة طبيعية معينة. وقد تكون المكونات كبيرة أو ثانوية الامتداد، اعتمادًا على نوع وحدة الخريطة وتركيبها النسبى. وتسمية المكونات أنها رئيسية أو ثانوية فى قواعد بيانات التربة مفيد للتجمعات التفسيرية. وتستخدم عادةً المكونات الرئيسية فقط فى إسم وحدة الخريطة.

ويسرد جدول 4-1 أنواع مكونات وحدة الخريطة المستخدمة فى حصر الأراضى. وتمثل مكونات التربة عادةً أقل من المدى الكامل لبعض الخصائص المسموح بها فى وحدة تصنيفية، والتى تعرف بواسطة حدود الخصائص التشخيصية الرئيسية. وقد تختلف أيضًا عن الوحدات التصنيفية وتكون خارج حدود بعض الخصائص التى تحدد التصنيف. والتربة التى خصائصها خارج الحدود التصنيفية المحددة قليلاً ولكنها لا تؤثر سلباً على الاستخدامات الرئيسية، تسمى تربة مشابهة (similar soils). ومكونات وحدة الخريطة تكون عادةً مجموعة فرعية من وحدة تصنيف أو سلسلة سائدة فى الترسيم والتربة المماثلة. وبتحديد المكونات وتسميتها فى وحدات الخريطة، يمكن توصيل المعلومات التفسيرية حول وحدة الخريطة بسرعة مع الإشارة إلى مدى تعقيدها.

سلسلة التربة (Soil Series)

تمثل السلسلة جسم تربة ثلاثى الأبعاد له مجموعة من الخصائص تميزه عن السلاسل المجاورة. وقد تطور مفهوم سلسلة التربة منذ أكثر من 100 عام واتبع إلى حد ما منطق السلسلة المستخدم لوصف الترسيبات فى المقطع العرضى الجيولوجى. وعملت سلسلة التربة كمفهوم رسم الخرائط الأساسى. وفى الجيولوجيا، كانت الطبقات المرتبطة ارتباطًا وثيقًا من حيث خصائصها وصفاتها أعضاء فى سلسلة فى السجل الرسوبى. وفى البداية، لم تتطابق سلسلة التربة مع درجة تصنيفية محددة ولا حدود خاصية، بل تطابقت مع خصائص وصفات سائدة للهيئة الطبيعية والمناخ والأماكن التى حدثت فيها.

وسلسلة التربة هى المستوى الأدنى والفئة الأكثر تجانسًا فى نظام التصنيف الأمريكى. والسلسلة مجموعة من التربة أو polypedons لها آفاق متشابهة فى الترتيب وفى خصائص متميزة. وتربة السلسلة لها مدى ضيق نسبيًا فى مجموعات من الخصائص. ورغم أنها جزء من تصنيف التربة، إلا أنها لم تسجل فيه. وتوجد فى قاعدة البيانات الرسمية لوصف سلاسل التربة فى الولايات المتحدة (Official Soil Series Descriptions (Soil Survey Staff, 2016a)). ويقدم الملحق 1 مثالاً لسلسلة التربة.

وسلسلة التربة ليست هى الغاية فى حصر الأراضى. فيتم رسم خرائط أجسام التربة الطبيعية ثم وصفها وتصنيفها. ويرتبط كل مكون فى وحدة الخريطة بسلسلة تربة أو فئة تصنيفية أخرى. وتعمل سلسلة التربة كجسر بين أجسام التربة الحقيقية وفئات التصنيف المفاهيمية. وهى أداة مهمة لتسمية وتذكر وإيصال المعلومات حول التربة. كما أنها تنقل المعرفة حول نشأة التربة وخصائصها وتفسيراتها من مكان إلى آخر، أينما ارتبطت سلسلة تربة معينة بمكون وحدة الخريطة.

وتتميز سلاسل التربة عن بعضها فى جميع المظاهر التشخيصية للفئات الأعلى فى تصنيف التربة بالإضافة إلى تلك الخصائص الإضافية والمهمة فى مقطع التحكم (control section) فى السلسلة (Soil Survey Staff,

(1999). وبعض الخصائص التى تستخدم للتمييز بين السلاسل هى نوع وسمك وترتيب الآفاق والبناء واللون ومظاهر الأكسدة والاختزال والقوام والتفاعل والتماسك ومحتوى الكربونات والأملاح الأخرى والدوبال وقطع الصخور ودرجة الحرارة وأنواع وسمك المواد التى يغيرها الإنسان والتركيب المعدنى. وقد يكون الاختلاف الكبير فى أى منها أساسًا للتعرف على سلسلة مختلفة. ومع ذلك، نادرًا ما تختلف سلسلتان من التربة فى خاصية واحدة فقط. وترتبط معظم الخصائص مع بعضها وتتغير معًا بشكل عام.

جدول 4-1: أنواع مكونات وحدة الخريطة المستخدمة فى حصر الأراضى.

Component kind	Description
Soil series	Most common component. It is the lowest categorical level of Soil Taxonomy.
Taxonomic categories above the series	Components given a taxonomic reference term that implies no specific range of properties beyond what is given in the map unit description.
Taxadjuncts	Components that are named for a soil series they resemble but have one or more differentiating characteristics that are outside the taxonomic class limits of that series. Their use and management is similar to that of the named soil series.
Miscellaneous areas	Components that are not soil as defined in *Soil Taxonomy* (such as Rock outcrop) or are bodies of soil that are no longer capable of supporting plants, such as soils heavily contaminated by toxic substances. Examples are given in table 4-2.
Phases of components	Components that are assigned a descriptive term to help distinguish between multiple components of the same taxonomic or miscellaneous area occurring within the same map unit legend or geographically associated map units.

وبعض أنواع التربة التى تقع خارج حدود أى سلسلة معروفة ولها مجموعات خصائص فريدة، تكون سلاسل جديدة محتملة. وعند التعرف على هذه التربة لأول مرة، يتم وصفها وتحديدها كتصنيف لأدنى فئة يمكن تصنيفها فيها. ويمكن استخدام طور من هذا التصنيف لتحديد وحدة الخريطة. وفى بعض أنواع الحصر، بما فى ذلك الحصر التفصيلى، تحتاج التعريفات مزيدا من الصقل. ويتم اقتراح سلسلة تربة جديدة. وتظل السلسلة الجديدة مؤقتة حتى يمكن وصف خصائصها بالتفصيل، وتحديد امتدادها، وحل أى تعارضات مع السلاسل المحددة. وإذا بقيت السلسلة المؤقتة خلال عملية الارتباط، يتم تأسيسها كسلسلة جديدة فى الارتباط النهائى. ويتضمن وصف الوحدة التصنيفية نطاق خصائص التربة المكتشفة داخل المناطق على الخريطة لتلك الوحدة التصنيفية. ويتم تعيين حدود هذه النطاقات للفئة التصنيفية، ولكن لا يتم عرض النطاق الكامل المسموح به لفئة التصنيف فى منطقة الحصر.

الوحدات التصنيفية فوق سلاسل التربة (Taxa Above the Soil Series)

المستوى فوق السلسلة هو العائلة (family). وتتطابق مكونات الخريطة على مستوى العائلة مع تصنيف السلسلة، ولكن ليس معايير السلسلة. ويستخدم اسم السلسلة الممثلة التى تنتمى إلى تصنيف المكون كاسم للمكون (مثل Ezbin family). ويمثل اسم المكون نطاق الخصائص لعديد من السلاسل ضمن العائلة. ويقتصر استخدام المكونات على مستوى العائلة على مستويات حصر الأراضى 3، 4.

ومكونات الخريطة بمستويات أعلى من العائلة تستخدم التصنيف كمصطلح مرجعى وقد تشمل نطاق خصائص عديد من عائلات التصنيف المرجعى، مثال coarse-loamy Typic Cryaquolls. فى هذا المثال، التصنيف الأعلى

هو تحت المجموعة Typic Cryaquolls ويتم تحسينه بمصطلح فئة قوام العائلة "coarse-loamy" لتوفير معلومات إضافية. وتُستخدم هذه المكونات بشكل خاص فى الخرائط صغيرة المقياس فى مستويات حصر الأراضى 3 إلى 5.

وأثناء الحصر، يتم اختبار نظام التصنيف ويعاد اختباره عدة مرات. وإقرار نتائج هذه الاختبارات فى المراجعات والارتباط الميدانى. وتسجل مشاكل رسم الخرائط أو تحديد التربة وعدم الاتساق بين النظام وخصائص التربة فى تقارير المراجعة الميدانية ومذكرات الارتباط. وبعد تقييم هذه التقارير، يقوم علماء التربة المشرفون بإبلاغ المكتب المسئول عن تحديث النظام بأى أوجه قصور.

ملحقات الأصناف (Taxadjuncts)

هى polypedons لها خصائص خارج نطاق أى سلسلة معروفة وخارج حدود الفئة الأعلى فى واحد أو أكثر من خصائص تمييز السلسلة. ويعطى الملحق (taxadjunct) إسم السلسلة المعتمدة الأكثر شبها فى خصائصها. وتصنف هذه المكونات بشكل مختلف ولكن لها نفس التفسيرات للاستخدام والإدارة مثل السلسلة المسماة. والاختلافات فى الخصائص بين السلسلة المسماة والملحق إذا كانت صغيرة ولا تؤثر على التفسيرات الرئيسية، لا تؤسس سلسلة جديدة. ويتم التعامل مع taxadjunct كعضو فى السلسلة، وتفسيراته تكون مماثلة للأطوار المماثلة فى السلسلة المسمى بها. وتوصف اختلافاته عن السلسلة المعتمدة. على سبيل المثال: مكون وحدة خريطة fine-silty يختلف قليلا عن سلسلة fine-loamy المعتمدة فى حجم الحبيبات فقط، ولاتوجد سلسلة تربة حالية لاستيعاب تصنيف fine-silty. فترتبط تربة fine-silty كملحق بسلسلة fine-loamy ولا تقترح سلسلة جديدة.

المناطق المتنوعة (Miscellaneous Areas)

المناطق المتنوعة عبارة عن أراضى تقل أو تنعدم بها التربة، وبالتالى تدعم قليلا من النباتات أو تكون معدومة الغطاء النباتى بدون إجراء عمليات استصلاح كبيرة. ويبين جدول 4-2 أمثلة على المناطق المتنوعة. وتنتج من الانجراف النشط أو الغسيل بالمياه أو ظروف التربة غير المواتية أو الأنشطة البشرية. ويمكن جعل بعض المناطق المتنوعة منتجة ولكن بعد جهود استصلاح كبيرة. وتصمم وحدات الخريطة لاستيعاب المناطق المتنوعة، ومعظم وحدات الخريطة المسماة بمناطق متنوعة تتضمن مساحات من التربة. وإذا تجاوزت كمية التربة المعايير الخاصة بالمكونات الثانوية المحددة للحصر، يتم تسمية وحدة الخريطة مركبة (complex) أو مجمعة (association) من مناطق متنوعة وتربة. ويجب الحرص فى تحديد أن المنطقة متنوعة وليست تربة. على سبيل المثال، لا يجب تسمية جميع مناطق المناجم باسم "Mined land ". وإذا كانت المناطق قادرة على دعم الغطاء النباتى وبالتالى تلبية تعريف التربة، يجب تصنيفها على أنها تربة. هذا مهم خاصة إذا كان من الممكن تزويد قاعدة البيانات ببعض بيانات خصائص التربة الرئيسية وبالتالى توفير معلومات تفسيرية ذات مغزى. ويحتفظ حصر الأراضى التعاونى الوطنى (NCSS) بقائمة رسمية للمناطق المتنوعة وتعريفاتها لاستخدامها فى حصر الأراضى (USDA-NRCS, 2016).

الأطوار (Phases)

تنقل مصطلحات الأطوار المضافة إلى أسماء مكونات وحدة الخريطة معلومات مهمة حول وحدة الخريطة وتميزها عن الوحدات الأخرى فى المصطلحات. وخاصية وحدة تصنيفية واسعة المدى جدا للتفسيرات المطلوبة، أو بعض مظاهر خارج التربة نفسها معنوية للاستخدام والإدارة، تكون أساسا لأطوار وحدات الخريطة. وتشمل الأطوار جزء من مدى السمات التى أظهرتها الوحدة التصنيفية داخل وحدة خريطة التربة. وأطوار التربة يمكن أن تقوم على صفات مثل خطر الصقيع، سمة الطبقة التحتية الأعمق، أو الموضع الفيزيوجرافى، وهذه ليست ضمن الخصائص المستخدمة لتحديد الوحدات التصنيفية ولكنها تؤثر على الاستخدام والإدارة.

جدول 4-2: المناطق المتنوعة المستخدمة كمكونات وحدة الخريطة.

Area	Description
Badland	Moderately steep to very steep barren land dissected by many intermittent drainage channels in soft geologic material. Ordinarily, it is not stony and occurs in semiarid and arid areas.
Beaches	Sandy, gravelly, or cobbly shores washed and rewashed by waves. The areas may be partly covered with water during high tides or storms.
Chutes	Elongated areas on steep mountain slopes that lack vegetation and have exposed bedrock, rock fragments, and woody debris. Avalanche or mass movement activity is evident.
Cinder land	Loose cinders and other scoriaceous magmatic ejecta. The water-holding capacity is very low, and trafficability is poor.
Dams	Artificial structures that are oriented across a watercourse or natural drainage area for the purpose of impounding or diverting water.
Dumps	Areas of smoothed or uneven accumulations or piles of waste rock and general refuse. "Dumps, mine" is an area of waste rock from mines, quarries, and smelters.
Dune land	Unstable sand in ridges and intervening troughs that shifts with the wind.
Glaciers	Large masses of ice formed by the compaction and recrystallization of snow. The ice front may be advancing or retreating. Areas may include incidental amounts of soil or rock.
Gullied land	Areas where erosion has cut a network of V-shaped or U-shaped channels deep enough to inhibit or prevent crossing.
Lava flows	Areas covered with lava. Most flows have sharp, jagged surfaces, crevices, and angular blocks characteristic of lava. Others are relatively smooth and have a ropy, glazed surface. A small amount of earthy material may occur in a few cracks and sheltered pockets.
Mined land	Areas that are significantly altered by mining activities. Soil material and rock have been moved into, out of, or within the areas designated. Because access to mined land may be limited by permissions or hazardous materials, identification of soil components can be difficult or impossible.
Oil-waste land	Areas where liquid oily wastes, principally saltwater and oil, have accumulated. They include slush pits and adjacent areas affected by the liquid wastes. The land is barren, although some of it can be reclaimed at high cost.
Pits	Open excavations from which soil and commonly underlying material have been removed, exposing either rock or other material. Examples are "Pits, mine," "Pits, gravel," and "Pits, quarry."
Playas	Barren flats in closed basins in arid regions. Many areas are subject to wind erosion and many are saline, sodic, or both. The water table may be near the surface at times.
Riverwash	Unstabilized sandy, silty, clayey, or gravelly sediment that is flooded, washed, and reworked frequently by rivers.
Rock outcrop	Exposures of bare bedrock other than lava flows and rock-lined pits. If needed, map units can be named according to the kind of rock, e.g., "Rock outcrop, chalk," "Rock outcrop, limestone," and "Rock outcrop, gypsum." If small, they can be identified by spot symbols on maps.
Rubbleland	Areas of cobbles, stones, and boulders commonly at the base of mountains or left on mountainsides by glaciation or periglacial processes.
Slickens	Accumulations of fine textured material from placer-mine and ore-mill operations. They may have undergone chemical extractions. They are typically confined in constructed basins.
Urban land	Land mostly covered by streets, parking lots, buildings, and other structures of urban areas.
Water	Streams, lakes, ponds, and estuaries that are covered with water, deep enough or moving, that growth of rooted vegetation is precluded. Many areas are covered with water throughout the year.

والأطوار الشائعة هى الانحدار، قوام الطبقة السطحية، الفيضانات والبرك، قطع الصخور على السطح، درجة الانجراف، والمناخ (انظر جدول 4-3 فى قسم "تسمية وحدات الخريطة"). ويستخدم عمق المياه الفوقية كمصطلح

طور لبعض أنواع التربة تحت الماء. وتُستخدم أطوار مثل "filled" أو"graded" أو "landscaped" لبعض وحدات الخرائط التى تتكون من تربة تشكلت فى مادة تم تغييرها أو نقلها بفعل الإنسان.

وتوضع مصطلحات الأطوار وتستخدم حسب الحاجة لتمييز وحدات الخريطة. وينبغى تكرار اختبار فائدة كل طور والتحقق منها أثناء الحصر. ويجب أن تختلف أطوار الوحدة التصنيفية اختلافًا معنويا فى السلوك. وإذا لم يتم تقديم أى غرض مفيد لفصلها على الخرائط، فيمكن جمع أطوار متشابهة من وحدات تصنيفية مختلفة ووصف المجموعة. وتقدم التفسيرات التى تم إعدادها أثناء إجراء الحصر دليلاً على أوجه التشابه والاختلاف بين وحدات الخريطة.

ويعتمد تبرير معظم الأطوار على سلوك التربة فى ظل استخدامات مختلفة. ويجب أن يكون بيان واحد على الأقل حول سلوك التربة فريدًا لكل طور من وحدات التصنيف، ويجب أن تتجاوز الاختلافات فى خصائص التربة أخطاء الفحص العادية. واستخدام مصطلحات الأطوار موصوف بمزيد من التفصيل فى قسم تسمية وحدات الخريطة (Naming Map Units) أدناه.

الأقسام (Classes)

ليس ضروريا استخدام أقسام خصائص التربة مباشرة كأطوار. وتصمم حدود أقسام الخصائص المحددة من أجل وصف مناسب للتربة، ويمكن استخدامها أيضًا لتحديد أطوار وحدات خريطة التربة في بعض الحالات. على سبيل المثال، يمكن تسمية وحدة الخريطة كطور متوسط الملوحة لتمييزها عن وحدة خريطة أخرى تحمل نفس الاسم ولكن تربتها لا تحتوى ملوحة معنوية. ومع ذلك، فإن مصطلحات أقسام الخصائص ليست مفيدة لجميع أنواع التربة. والفروق المهمة لنوع واحد من التربة ليست مهمة لنوع آخر. وتكون الخاصية مهمة فقط من خلال تفاعلها مع الخصائص الآخرى.

أنواع وحدات الخريطة

(Kinds of Map Units)

تختلف التربة فى حجم وشكل مساحاتها، ودرجة التباين مع التربة المجاورة، والعلاقات الجغرافية. وتُستخدم فى حصر الأراضى أربعة أنواع من وحدات الخرائط:

نقية (consociations)، مركبة (complexes)، مجمعة (associations)، ومجموعات غير متمايزة (undifferentiated groups).

فى معظم وحدات الخرائط، توجد مناطق لا تلبى جميع معايير تصنيف التربة (سلسلة أو تصنيفات أعلى) المستخدم لتسمية وحدة الخريطة. ومع ذلك، نظرًا لأن هذه التربة لها خصائص مشابهة لتلك الخاصة بالتربة المسماة وتفسر بالمثل لاستخدامات الأرض السائدة، يتم تضمينها كجزء من المكون المحدد، ويشار إليها أنها مشابهة (similar) أو غير متباينة (non-contrasting). وعلى العكس من ذلك، فإن المكونات الثانوية والتربة غير المسماة التى تفسر بشكل مختلف للاستخدامات الرئيسية، سواء كانت مناسبة تمامًا (أقل تقييدًا) أو غير مناسبة (أكثر تقييدًا)، تسمى تربة غير مشابهة (dissimilar) أو متباينة (contrasting).

ولا يتجاوز إجمالى كمية المكونات الثانوية غير المشابهة فى وحدة الخريطة عمومًا حوال 15% إذا كانت معوقة و 25% إذا كانت غير معوقة. ولا يتجاوز المكون المعوق الفردى غير المشابه بشكل عام 10% إذا كان متباينا جدا.

وفى معظم الحالات، يمكن ترسيم وحدات خرائط التربة كمضلعات (polygons). وفى بعض الحالات لا يمكن رسم المضلع ليتوافق مع معايير رسم الخرائط بسبب قيود الحجم أو الشكل. فى هذه الحالات، يمكن استخدام الخطوط أو النقاط لتعيين وحدات الخريطة. وإذا كان ذلك ضروريًا، يتم تضمين العرض الضيق أو الحجم الصغير فى وصف وحدة الخريطة للإشارة إلى طبيعة التربة فى الهيئة الطبيعية.

نقية (Consociations)

يسود فى وحدة الخريطة وحدة تصنيفية واحدة (أو منطقة متنوعة). ويكون نصف الـ pedons على الأقل فى كل ترسيم (delineation) من نفس تصنيفات التربة التى تسمى بها الوحدة الخرائطية. ويتكون الجزء المتبقى من تربة مشابهة بحيث لا تتأثر التفسيرات الرئيسية معنويا. ومكون وحدة الخريطة تربة تلبى معايير الفئة التصنيفية (سلسلة أو تصنيف أعلى) المستخدمة لتسمية وحدة الخريطة بالإضافة إلى أنواع تربة مشابهة. ويمكن تعريف التربة على أى مستوى تصنيف.

والوحدة النقية المسماة لمنطقة متنوعة (miscellaneous area) مثل البروزات الصخرية تتكون من هذا النوع من المنطقة، ولا تؤثر أى مكونات ثانوية موجودة معنويا على استخدام وحدة الخريطة. وتشغل التربة أقل من 15% من أى ترسيم أو أن أقل من حوالى 25% أنواع أخرى من مناطق متنوعة. وقد تختلف هذه النسب، حسب نوع المنطقة المتنوعة ونوع وحجم ونمط المكونات الثانوية.

مركبة (Complexes)

تتكون من مكونين رئيسيين مختلفين أو أكثر فى نمط متكرر بانتظام أو فى نمط غير متوقع. ولا يمكن فصل المكونات الرئيسية للمركب على خريطة بمقياس حوالى 1: 24000 (شكل 4-4). ويوجد كل مكون رئيسى عادة فى كل ترسيم، رغم أن النسب قد تختلف معنويا من ترسيم إلى آخر. وتختلف المكونات الرئيسية عن بعضها فى الشكل أو السلوك بحيث لا يمكن لوحدة الخريطة أن تكون نقية.

مجمعة (Associations)

تتكون من مكونين رئيسيين مختلفين أو أكثر فى نمط منتظم ومتكرر على الهيئة الطبيعية. ويمكن فصل المكونات الرئيسية لأى ارتباط بمقياس حوالى 1: 24000، ونظرًا لاستخدام الأراضى أو احتياجات المستخدم، يدمج تصميم وحدة الخريطة النمط المتكرر والمتوقع لحدوث التربة. ويستخدم عديد من الخرائط العامة للتربة مجمعات التربة لأنها بمقاييس أصغر كثيرا من 1: 24000 ويمكنها أن تصور الهيئات الطبيعية المميزة للتربة المجمعة، وليس التربة الفردية (شكل 4-5). وتختلف المكونات الرئيسية فى الشكل المورفولوجى أو السلوك بحيث لا يمكن لوحدة الخريطة أن تكون نقية.

مجموعات غير متمايزة (Undifferentiated groups)

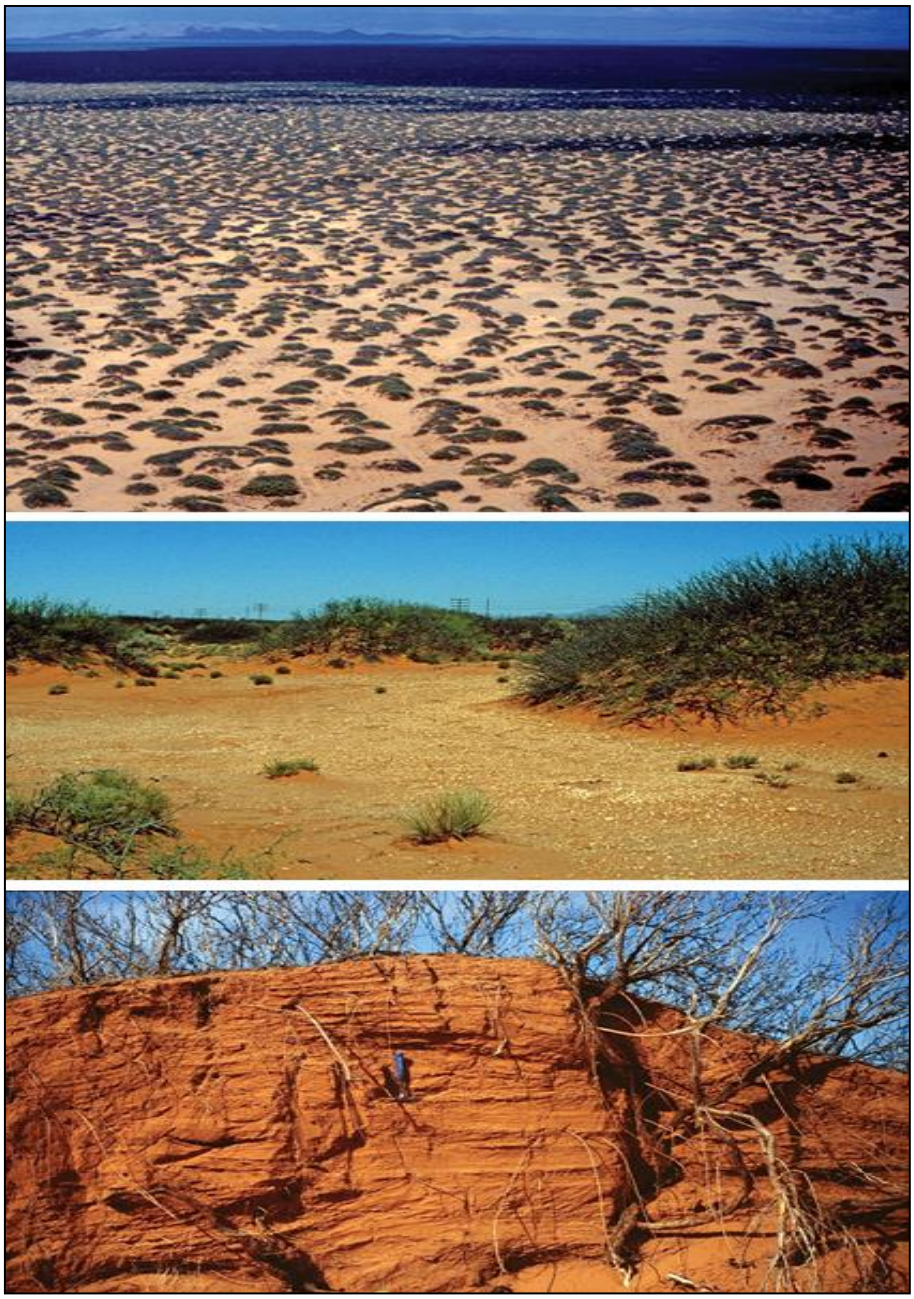
المجموعة غير المتمايزة هى وحدة خريطة لأنواع تربة غير متشابهة لا ترتبط جغرافيًا بشكل مستمر، وبالتالى، لا تحدث دائمًا معًا فى نفس ترسيم وحدة الخريطة. ويتم تضمين هذه المكونات فى نفس وحدة الخريطة لأن الاستخدام والإدارة متماثلان أو متشابهان جدًا للاستخدامات الشائعة. بشكل عام، تحدد بعض السمات الشائعة خارج التربة نفسها، مثل الانحدار أو الأحجار أو الفيضان، الاستخدام والإدارة. وإذا كانت تربتان أو أكثر شديدة الانحدار منفصلة جغرافيًا متشابهة جدًا فى إمكاناتها للاستخدام والإدارة بحيث لا يخدم تحديد وحدتين أو أكثر من الوحدات الخرائطية الإضافية أى غرض مفيد، يتم وضعها فى نفس الوحدة. ويحتوى كل ترسيم على واحد على الأقل من المكونات الرئيسية وقد يحتوى بعضها على جميع المكونات.

المكونات الثانوية ضمن وحدات الخريطة

(Minor Components Within Map Units)

فى كل أنواع حصر الأراضى، يشمل كل ترسيم مساحات من وحدات تصنيفية أو مناطق متنوعة لم يتم تعريفها فى اسم وحدة الخريطة. وتكون مساحات كثيرة من هذه المكونات صغيرة جدا بحيث لا يمكن رسمها منفصلة. ومن

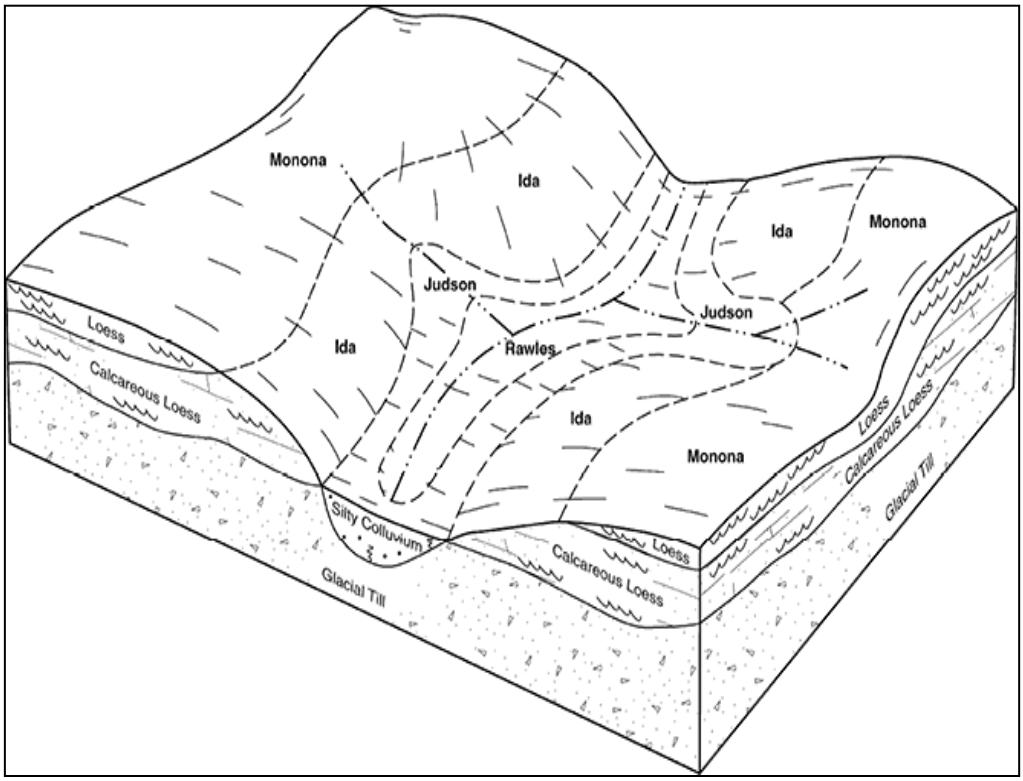
أمثلة ذلك مناطق صغيرة من الانحدارات الشديدة أو مساحات صغيرة من التربة الرطبة فى وحدة خريطة المرتفعات.



شكل 4-4: منطقة تتوافق مع تعريف مركب التربة (soil complex)، حيث لا يمكن فصل المكونات الرئيسية على خريطة بمقياس رسم حوالى 1: 24000. وتُظهر الصورة السفلى قطاع تربة من سلسلة Bluepoint (Typic Torripsamments) تشكلت ككثبان رملية حول الأشجار (coppice). وتُظهر الصورة الوسطى توزيع الكثبان الرملية حول الأشجار على الطور المنجرف من سلسلة Rotura (Typic Petroargids). والصورة العليا منظر طبيعى لمركب Bluepoint-Rotura فى جنوب نيو مكسيكو (New Mexico).

وموقع بعض المكونات لا يمكن تحديده بالطرق الحقلية العملية. وبعض المكونات الصغيرة يوضع عمدا فى ترسيمات معروفة على أنها وحدة خريطة أخرى، وذلك لتجنب الإفراط فى تفاصيل الخريطة أو مصطلحاتها. وكان يشار إلى هذه التربة محدودة الانتشار جدا ببساطة كشوائب (inclusions) فى رسم الخرائط قبل منتصف التسعينات، ولكنها تعرف الآن على أنها مكونات ثانوية ومرتبطة بالمستوى الأدنى من التصنيف، حسب الاقتضاء.

ولا يتم الإشارة إلى المكونات الثانوية فى اسم وحدة الخريطة، ولكن يتم ملاحظتها وتوثيقها فى وصف وحدة الخريطة. وتقلل المكونات الثانوية من تجانس وحدات الخريطة وقد تؤثر على التفسيرات. والهدف هو تحديد وحدات خريطة تحتوى على قليل من المكونات الثانوية التى يختلف سلوكها عن المكونات المسماة. ويجب تحديد وحدات الخريطة والتعرف عليها وترسيمها دائما فى الحقل.



شكل 4-5: رسم تخطيطى مجسم يوضح العلاقة بين التربة فى مجمع مونونا-إيدا-جودسون (Monona-Ida-Judson) فى الخريطة العامة للتربة (مقياس النشر 1: 125000) لمقاطعة وودبرى (Woodbury)، ولاية آيوا (Iowa) بالولايات المتحدة (USDA-NRCS, 2006). ونظرًا لأن الخريطة العامة للتربة لا يمكنها إظهار موقع كل تربة تشكل مجمعا، فإن الرسوم التخطيطية المصاحبة مثل هذه تستخدم عادة. وتصنف تربة مونونا على أنها Typic Hapludolls، وتربة إيدا Typic Udorthents، وتربة جودسون Cumulic Hapludolls، وتربة رولز على أنها Oxyaquic Udifluvents.

ويعكس عدد المكونات الثانوية النقاء التصنيفى لوحدات الخريطة. ويمكن استخدام هذا العدد ودرجة تباين المكونات الثانوية المختلفة عن المكونات الرئيسية لتقدير النقاء التفسيرى لوحدات الخريطة. ويتم تقدير المحتوى الفعلى للمكونات الثانوية من الملاحظات التى تمت أثناء الحصر. وقد تكون هناك حاجة إلى تعديلات فى رسم الخرائط وتصميم وحدة الخريطة.

وعند تعريف وحدات الخريطة، يجب الحكم على تأثيرات المكونات الثانوية على الإدارة مقابل مقدار العمل المطلوب لتقليل عدد المكونات الثانوية. ومن المفيد تحديد تأثير الاختلافات بين المكونات الرئيسية والثانوية. فإذا كانت الاختلافات صغيرة، تتم مقارنة المكونات على أنها متشابهة. وإذا كانت الاختلافات كبيرة، تعتبر المكونات غير مشابهة.

وتتشابه المكونات المشابهة فى معظم الخصائص وتشترك فى الخصائص التشخيصية والحدود. والتفسيرات لمعظم الاستخدامات الشائعة تكون متشابهة أو متشابهة بشكل معقول ولا تتأثر القيمة التفسيرية لوحدة الخريطة. بينما تختلف المكونات غير المشابهة بشكل ملحوظ فى خاصية واحدة أو أكثر، وتكون الاختلافات كبيرة بما يكفى للتأثير على التفسيرات الرئيسية. وتكون بعض المكونات غير المشابهة معوقة والبعض الآخر غير معوق بالنسبة

للتفسيرات محل الاعتبار.

وإذا كان المكون الثانوى لا يعيق استخدام مناطق بأكملها أو يفرض قيودًا على سهولة ممارسات الإدارة، فإن تأثيره على التنبؤات لوحدة الخريطة يكون ضئيلا. والمكونات الثانوية التى لها قيود على الاستخدام أقل شدة من تلك الموجودة فى التربة السائدة لا تؤثر سلبًا على التنبؤات حول الوحدة ككل. وقد تكون مفيدة. هذه المكونات تكون غير معوقة (nonlimiting)، ولا يتغير النقاء التفسيرى لوحدة الخريطة لمعظم التفسيرات. على سبيل المثال، وجود مساحات صغيرة انحداراتها 4 إلى 8 فى المائة فى منطقة انحدارات 15 إلى 25 فى المائة ليس لها أى تأثير سلبى على استخدام المنطقة لمعظم الأغراض. ومع ذلك، إذا كان للمكون الثانوى إمكانية استخدام أقل بكثير من المكون السائد فى وحدة الخريطة أو يؤثر على سهولة تلبية احتياجات الإدارة، يمكن لمحتوى صغير منه فى وحدة الخريطة أن يؤثر بشكل كبير على التنبؤات. هذه المكونات الثانوية هى أكثر خطرا لأنها تقلل من النقاء التفسيرى لوحدات الخريطة. ومساحة صغيرة بها انحدارات تتراوح من 15 إلى 25 فى المائة فى وحدة خريطة تسود فيها انحدرات من 4 إلى 8 فى المائة يمكن أن تؤثر بشكل خطير على استخدام المنطقة لأغراض عديدة. والمكونات الصغيرة من تربة مبتلة (مثل Typic Epiaqualfs) فى مناطق تربة الأراضى المرتفعة (مثل Aquic Hapludalfs) قد تتحكم وتحد من استخدامات مكون التربة السائد.

ومن المهم تحديد التربة التى لا يمكن استخدامها بسهولة لنفس أغراض التربة المحيطة. ويتم ترسيمها بشكل منفصل إذا كان مقياس الخريطة صغيرًا بدرجة كافية وإذا كان ترسيمها سيؤدى إلى تحسين فائدة الخريطة للاستخدامات الرئيسية المتوقعة. والمناطق الصغيرة جدًا التى يتعذر ترسيمها يمكن تحديد موقعها على الخريطة برموز خاصة.

التربة غير المشابهة المعوقة (Limiting Dissimilar Soils)

يتم ضبط معايير النقاء حسب الدقة التى تتطلبها أهداف الحصر. وتحتوى جميع الترسيمات عموما على تربة غير التى فى اسم وحدة الخريطة. هذه المكونات الصغيرة تقلل النقاء. ومع ذلك، تكون للأنواع المختلفة من المكونات الثانوية تأثيرات مختلفة على قيمة الخريطة للاستخدام. والمكونات الثانوية التى تنتقص من النقاء هى التى تكون أكثر تقييدًا للاستخدام من التربة المسماة. وهذه تسمى تربة غير مشابهة معوقة. وقد تكون التربة غير المشابهة معوقة لبعض الاستخدامات دون أخرى. ويجب مراعاة أهداف الحصر عند تحديد التربة غير المشابهة المعوقة. وليس المهم فقط كميتها ولكن أيضًا حجم مساحاتها الفردية. ويتم تعيين معايير حصر الأراضى لكليهما على مستويات لا تنتقص بشكل خطير من صلاحية التفسيرات المعتمدة على التربة المسماة.

ويتم تحقيق معايير النقاء بضبط العمليات الحقلية. على سبيل المثال، إذا كانت المعايير تتطلب ترسيم مساحات من التربة غير المشابهة قدرها 0.1 هكتار، فيجب اجتياز المنطقة على مسافات قريبة بما يكفى لتوقيع المساحات الصغيرة ويجب فحص التربة فى أماكن كافية على طول كل اجتياز لاكتشافها.

تصميم وتوثيق وحدات الخريطة

(Designing and Documenting Map Units)

تصميم وحدات الخريطة (Designing Map Units)

تعتمد الوحدات المصممة جيدًا على نماذج دقيقة للتربة-الهيئة الطبيعية. وترتبط باستمرار بمظاهر يمكن ملاحظتها على السطح مثل الغطاء النباتى والموقع الجيومورفولوجى، ويحددها باستمرار فريق الحصر. وتحدد التحقيقات الأولية نمط الحدوث لكل مكون يشكل وحدة الخريطة. وفى معظم الحالات، تتطلب وحدات الخرائط المصممة جيدًا عددًا قليلًا نسبيًا من الملاحظات لترسيمها بدقة.

معرفة العوامل (Knowing the Parameters)

تحدد المستندات الإرشادية (مثل مذكرة التفاهم أو خطة المشروع) اعتبارات مستوى الخرائط، ومقياس الرسم، والحد الأدنى لمساحة الترسيم، وصور الأساس (إذا استخدمت)، ومتطلبات التوثيق، واحتياجات المستخدم التفسيرية المحددة. وفريق الحصر مسئول عن جمع بيانات تربة كاملة ودقيقة، وتقييم مدى تعقيد الهيئة الطبيعية، وتصميم وحدات خرائط تدعم قرارات استخدام الأراضى وتفى بأهداف مشروع الحصر. وإذا كانت المعلومات عامة أو معقدة جدًا، فلن تحقق أهداف الحصر.

وأثناء دراسة أنماط التربة فى هيئات طبيعية مختلفة، يجب الأخذ فى الاعتبار أفضل السبل لربط الأنماط التى تمت ملاحظتها بوحدات الخريطة المناسبة. ويجب تحديد أنواع وحدات الخريطة، ومستوى أصناف التربة، والأطوار اللازمة لتلبية أهداف الحصر. وتختلف وحدة الخريطة عن جميع الوحدات الأخرى فى منطقة الحصر ويجب تحديدها بشكل فريد. وهذا يتطلب عديدا من الأحكام واختبار الفروض. وكل وحدة خريطة تم تحديدها مبدئيًا تقيم من خلال ثلاثة اختبارات: (1) هل هى متميزة فى الهيئة الطبيعية ويمكن التعرف عليها من صور الاستشعار عن بُعد أو الملاحظة الميدانية؟ (2) هل يمكن التعرف عليها وقابلة للتكرار لرسم خرائط متسقة؟ (3) هل هى ضرورية لتحقيق أهداف الحصر؟

ترسيم المناطق (Delineating the Areas)

يتم تقسيم الهيئة الطبيعية إما فى الحقل أو باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد. والخطوة الأولى هى تجميع المناطق التى لها نفس عوامل تكوين التربة (الباب الأول) والأنماط المعروفة أو النماذج المفاهيمية للتربة ذات الصلة. هذه الخطوة الأولية لرسم الخرائط تحدد الهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية والجيولوجيا والغطاء النباتى والمناطق المناخية. ويتم ترسيم المناطق التى تحتوى على هذه الأنماط المتكررة وتسميتها كوحدة الخريطة نفسها. ويوصى بإنشاء تجميعات واسعة أولاً. ويمكن ضبط الخطوط عندما يكمل فريق الحصر العمل الميدانى للتحقق من وحدات الخريطة وصقل المفاهيم.

أهم خطوط التربة (Most Important Soil Line)

تصميم وحدات الخريطة لتدل على فروق معنوية فى سلوك التربة مهم بشكل خاص لتحقيق أهداف الحصر. وتعتبر وحدات الخريطة المفصولة حسب الاختلافات فى العمليات الجيومورفولوجية (على سبيل المثال، مادة الأصل، التضاريس، والزمن) أهم خطوط التربة فى الهيئة الطبيعية. ويجب أن تكون هذه الخطوط هى أول الخطوط المرسومة على الخريطة. ومن المهم الإشارة إلى الاختلافات فى العمليات الجيومورفولوجية، حتى لو لم تكن هناك اختلافات مباشرة معروفة فى التفسيرات. واختلافات خواص التربة التى لا تؤثر على التفسيرات الحالية قد تكون مهمة فى المستقبل. ووجود ترسيمات كثيرة جدا يقلل من الفائدة الحالية لخريطة التربة. ويجب الموازنة بعناية بين الفائدة المستقبلية من الترسيمات الإضافية (قيمة المعلومات الإضافية) والتكاليف التى تنفق لعمل فصل إضافى. وكل حصر أراضى يصمم لتسجيل معرفة حول التربة؛ وهذا لا يعنى أن خريطة التربة يجب أن تظهر موقع كل نوع من أنواع التربة فى منطقة الحصر أو أن التقرير يجب أن يسجل كل ما تم معرفته حول التربة. والتقاط وإدارة جميع ملاحظات بيانات التربة على الخرائط، حتى لو لم يتم استخدام البيانات للنشر، أمر لا يقدر بثمن فى التحليل اللاحق لتطوير خرائط جديدة أو تحديث معلومات التربة.

تعريف المكونات (Defining the Components)

تحدد أهداف الحصر نوع وحدات الخريطة ونوع المكونات المستخدمة لتعريفها (انظر الجدول 4-1). وتوفر الفئات التصنيفية الإطار الذى يتم من خلاله تحديد المجموعات الأساسية لخصائص التربة التى تميز وحدات الخريطة. وهى تلخص قدرًا هائلاً من الأبحاث والخبرة المتعلقة بأهمية خصائص التربة ومجموعات الخصائص. وتوفر

مجموعات محددة مسبقا من خواص التربة التى تم اختبارها للعلاقات الوراثية والقيمة التفسيرية. وتوفر وحدات التصنيف قاعدة ثابتة للتعرف على مكونات وحدات الخريطة المحتملة فى منطقة غير مألوفة. واستخدام وحدات التصنيف المقررة أسهل بكثير من فرز مجموعات الخواص وقياس الحدود المعنوية للأقسام بشكل مستقل.

وفى كل حصر، يمكن تصميم خرائط التربة بمكونات مرتبطة بمستوى تصنيفى يعكس نطاقات خصائص محددة بشكل ضيق أو واسع. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تصميم وحدات الخرائط بتركيبات مختلفة من المكونات الرئيسية والثانوية. وتسمح مرونة التصميم بتطوير وحدات الخرائط التى ستكون مفيدة لأغراض حصر معين مع الحفاظ على أكبر قدر ممكن من التوحيد فى رسم الخرائط.

الخطوط العابرة (Traverses)

تُستخدم الخطوط العابرة لتحديد المكونات المختلفة على شكل أرضى (landform). وتكون المسافة بين نقاط الملاحظة على طول الخط على أى بعد. وتعدل المسافة وفقًا لاتجاه ومقياس حدود التربة وتنوع الخصائص المهمة فى كل مكون. ويتم اختيار مواقع لكل ملاحظة لتمثل مناطق معينة على شكل أرضى. على سبيل المثال، أحد الطرق لوضع خط الاجتياز فى الحقل هو التحرك فى اتجاه عمودى على أنماط الصرف المحلية. ويمكن بعد ذلك توثيق مكونات التربة فى مستنقع (swale) حيث يكون أكثر قتامة، على حافة يكون لونها أفتح، وكذلك فى مواقع الانحدار الأسفل والانحدار الخلفى (لرصد الانتقالات بين المناطق). وبمجرد معرفة مكون التربة لكل موقع، يمكن تطوير نموذج الشكل الأرضى لاستخدامه فى مناطق مماثلة فى جميع أنحاء منطقة الحصر.

القواطع (Transects)

تُستخدم لتحديد تركيب وحدات الخريطة وتصميمها. ولها فواصل طول ثابتة بين نقاط الملاحظة. والملاحظات فى نقاط على طول القاطع تحدد عادةً على أنها تنتمى إلى تصنيف معين، أو مكون تربة، ويمكن أيضًا أن تكون مزيجًا من الخصائص، مثل العمق أو السمك أو اللون أو الغطاء النباتى.

وعند اختيار ترسيمات لقطعها، من الضرورى عدم التحيز بتقسيم القواطع عشوائيا. وتتمثل إحدى الطرق البسيطة فى تقسيم الحصر إلى عدة أقسام فرعية وعمل قواطع فى كل فرع. ويجب مراعاة الاستخدامات المختلفة للأراضى (على سبيل المثال، الأراضى الزراعية والغابات) فى كل ترسيم بوحدة الخريطة، ويجب عمل قواطع فى وحدات الخرائط لكل استخدام للأرض. وتوضع القواطع لتواجه أقصى تغير فى كل ترسيم. ويتم توجيه القاطع بحيث لا يتبع خط الكنتور حول تل. ويجب أن تتجه القواطع إلى أعلى وإلى أسفل التل وتعبر المصارف.

ويقدر التباين المنتظم ويفهم بسهولة أكبر من خلال القاطع. ومركب وحدة الخريطة الذى يتكون من مكون تربة فى مواقع مقعرة ومكون آخر للتربة فى أماكن محدبة هو مثال لوحدة خريطة تظهر تباينًا منتظما. ويجب أن يكون فاصل المسافة فى القاطع صغيرًا بما يكفى لالتقاط التباين فى شكل الأرض. وتكون وحدات الخريطة الضيقة إشكالية لأن قاطع خط مستقيم قد لا يكون مناسبا أو يفتقد التباين الملاحظ بصريًا. فى مثل هذه الحالات، تستخدم القواطع المقطعية المستقيمة المقاسة لضمان التقاط جميع المكونات وتحديد كميتها. وعادةً ما تحتوى نسبة صغيرة فقط من ترسيمات وحدة الخريطة على قواطع. ومع زيادة مستوى الحصر، يزداد الطول والفواصل فى القاطع. وفى جميع الحالات، لا يكون القاطع هو نفسه الخط المستخدم لتحديد موضع حدود وحدة الخريطة على الشكل الأرضى.

كما يمكن قياس التباين العشوائى (أى التباين غير المفهوم وبالتالى لا يمكن تفسيره بسهولة) باستخدام القواطع. والمناطق التى تحتوى خصائص تربة لا تلاحظ أو تشرح بسهولة، كما هو الحال فى الطبقات الرسوبية المتبادلة (stratified) أو العمق إلى الصخر الأصلى على سهل بازلت مغطى بطبقة اللوس، مناسبة تمامًا للقواطع العشوائية الشبكية أو المتبادلة. كما يمكن استخدام طرق التباين العشوائى للقاطع لتحديد المكونات ذات الاختلاف المنتظم بدقة. والطرق المصممة خصيصًا لتوثيق قواطع التباين المنتظم لا ينبغى استخدامها لتقدير المكونات ذات

التباين العشوائى.

وتستخدم طرق إحصائية أخرى، مثل أخذ عينات المكعب اللاتينى (Latin hypercube) لتحديد التركيب، فى تقنيات رسم الخرائط الرقمية للتربة (انظر الباب الخامس). واختيار الموقع باستخدام التقنيات الرقمية يمكن استخدامه عند عمل الخرائط الرقمية. وأخذ عينات المكعب اللاتينى مفيد بشكل خاص إذا كان الباحث الميدانى يفتقر إلى الخبرة أو المعرفة الجوهرية بأنماط الهيئة الطبيعية والتربة.

تسمية وحدات الخريطة (Naming Map Units)

تسمى وحدة الخريطة بشكل يميزها عن الوحدات الأخرى فى منطقة الحصر. وتستخدم مصطلحات مختلفة لكل نوع من أنواع وحدات الخريطة الأربعة بحيث يمكن التعرف على نوع الوحدة بسهولة. وبشكل عام، تكون الأسماء قصيرة قدر الإمكان. وتتضمن أسماء وحدات الخريطة عادةً المكونات الرئيسية المسماة، تربة وغير تربة، التى تحدث فى وحدة الخريطة. وتسمى المناطق المتنوعة إذا حدثت كمكون رئيسى. ويتم عادةً استخدام مصطلح إضافى، مثل قوام السطح، الذى لا حاجة إليه لتمييز طور عن الأطوار الأخرى فى الحصر، بحيث يكون للأطوار المماثلة فى المناطق الأخرى نفس الاسم.

والأطوار مجموعات يتم إنشاؤها لخدمة أغراض محددة فى أنواع حصر الأراضى. ويمكن تحديدها لأى قسم أو أقسام من أى مستوى تصنيفى.. ويسرد الجدول 4-3 بعض مصطلحات الأطوار شائعة الاستخدام. ويمكن تطوير مصطلحات أخرى حسب الضرورة. وتساعد أقسام الطور فى وصف أطوار التربة المهمة للحصر. وتعتبر الاختلافات فى التربة أو المظاهر البيئية المهمة للاستخدام والإدارة أو السلوك هى الأساس لتحديد أطوار التربة.

ويمكن استخدام أى خاصية أو مجموعة من الخصائص التى لا تكرر حدود فئة أحد الأصناف للتمييز بين الأطوار، ويمكن تحديد أى قيمة لخاصية لتقسيم الأطوار. ويتم تحديد اختيار الخصائص والحدود من خلال الغرض من الحصر ومدى اتساق تطبيق معايير الأطوار. ونظرًا لاختلاف أهداف الحصر، فقد تختلف أيضًا حدود ونطاق الخاصية أو السمة من حصر إلى آخر. وبشكل عام، تعطى معايير الأطوار نطاقًا أصغر إذا كان استخدام التربة مكثفًا (كما هو الحال بالنسبة للزراعة المروية أو التنمية الحضرية) ومدى أكبر عند استخدام التربة على نطاق واسع (مثل الغابات أو الرعى).

بالنسبة للحصر التفصيلى، يجب تحديد المعايير التى تستخدم للتعرف على أطوار مكونات التربة، ومدى اتساع أو ضيق حدد الأطوار، وما إذا كانت الأطوار المتشابهة لمكونات مختلفة لها تفسيرات متشابهة بدرجة كافية بحيث يمكن دمجها. وتُستخدم الأطوار لنقل معلومات مهمة حول وحدة الخريطة ولتمييزها عن الوحدات الأخرى فى المصطلحات (legend). وفى الحصر الأقل تفصيلاً، يجب تحديد وتمثيل تعقيدات التربة فى مناطق شاسعة بشكل أفضل، ومجموعات التربة التى تميز الوحدات المفيدة ويمكن رسمها، والمستوى التصنيفى الذى ينبغى استخدامه فى تسمية المكونات، وأى الأطوار تساهم فى فائدة وحدات الخريطة.

وتستخدم أسماء وحدات تصنيف التربة، مع واحد أو أكثر من المصطلحات المعدلة المستخدمة، لتحديد التربة فى وحدات الخريطة. "Tama silt loam, 2 to 5 percent slopes" يدل على أن التربة من سلسلة (Udoll Tama) سائدة فى تلك الوحدة الخرائطية. وتستخدم أيضا أسماء وحدات التصنيف من المستويات الأعلى فى أسماء وحدات الخريطة، خصوصا على خرائط مقياس رسمها صغير. على سبيل المثال "Udolls, rolling" يحدد أن وحدة الخريطة تتكون غالبا من تربة من تحت رتبة Udoll التى تتضمن Tama وسلاسل أخرى.

ومع صقل طرق قياس خواص التربة، وزيادة الخبرة فى الحقل، وتكثيف متطلبات الاستخدام والإدارة، يمكن التعرف على أو إنشاء نطاقات أضيق فى خصائص التربة. ولا يجب إنشاء نطاقات ضيقة من الخصائص لمجرد أن الطرق تسمح بذلك. وتستغرق عمليات الفصل غير الضرورية وقتًا لتحديدها باستمرار، وتجعل الحصر صعب

الاستخدام. ومع ذلك، فعدم الفصل بين وحدتى خريطة مختلفتين معنويا يجعل الحصر أقل فائدة. وينبغى تقييم أهمية كل وحدة خريطة فى تحقيق أهداف الحصر باستمرار أثناء عملية رسم الخرائط.

جدول 4-3: الأطوار الأكثر استخدامًا فى تسمية وحدات خريطة التربة.

[يتم سرد المصطلحات بالترتيب المفضل للحدوث عند استخدام أكثر من مصطلح طور.]

Phase group	Phase usage
Surface texture	USDA surface texture name
Deposits on the surface	*Overblown, wind hummocky,* and *overwash*
Fragments	Size and quantity classes, including *gravelly, cobbly, stony,* and *rocky,* or *artifactual* (anthropogenic) and appropriate modifier of *non, very,* or *extremely*
Slope	Expressed as percent or a descriptive slope class, such as *nearly level, gently sloping (undulating), strongly sloping (rolling), moderately steep (hilly), steep,* and *very steep*
Depth	*Shallow* or *deep,* and appropriate modifier (such as *moderately* or *very*)
Substratum	Contrasting material as base of named soil (e.g., *sandy substratum, gravelly substratum, saline substratum*)
Soil water state	Reference to water table, drainage classes, wetness, flooding, or ponding or to artificial drainage (*drained*)
Salinity	*Nonsaline* through *strongly saline*
Sodicity	*Sodic,* with modifier as needed (e.g., *strongly sodic*)
Physiography	Landscape or physiographic term, as appropriate
Erosion	Degree of erosion, from *slightly eroded* through *severely eroded,* and *gullied*
Thickness	Thick or thin surface horizon or subsoil (e.g., *thick surface, thin solum*)
Climate	Precipitation and temperature variation (e.g., *high precipitation, cool*)

مستويات حصر الأراضى (Orders of Soil Surveys)

إجراء حصر الأراضى يتم عن طريق فحص ووصف وتصنيف التربة فى الحقل ورسم حدود مناطقها على الخرائط. وبعض أنواع الحصر تتم لخدمة مستخدمين يريدون معلومات دقيقة حول الموارد الأرضية فى مساحات صغيرة. وتتطلب أنواع الحصر هذه تمييزا متقنا لمناطق صغيرة متجانسة من التربة. وتجرى أنواع أخرى لمستخدمين يحتاجون إلى منظور واسع لمناطق شاسعة غير متجانسة، ولكنها متميزة. وإجراء حصر أراضى لمجموعة من المستخدمين قد لا يخدم مجموعة أخرى.

ويمكن ضبط عناصر حصر الأراضى لتوفير المنتج الأكثر فائدة للأغراض المطلوبة. وكثافات مختلفة من الدراسة الحقلية، ودرجات مختلفة من التفاصيل على الخرائط، ومراحل أو مستويات مختلفة من الاستخلاص فى تحديد وتسمية وحدات الخريطة، وتصميمات مختلفة لوحدة الخريطة تنتج نطاقا واسعا من دراسات حصر الأراضى. وتعديلات فى هذه العناصر تشكل أساسا لتمييز خمسة مستويات من حصر الأراضى. وجدول 4-4 هو مفتاح لتحديد هذه المستويات.

ومعرفة هذه المستويات بالتفصيل يفيد فى تواصل المعلومات حول أنواع الحصر والخرائط، رغم أن المستويات لا يمكن فصلها بشكل قاطع. والمستويات مطلوبة لتوصيل مستوى التفصيل المستخدم، ومقياس ترسيم وحدات الخريطة، ومدى عمومية الوحدات. كما تشير إلى مستويات مراقبة الجودة المطبقة. وتؤثر على نوع ودقة

التفسيرات والتكهنات. وتختلف مستويات الحصر فى العناصر التالية:

جدول 4-4: مفتاح تحديد مستويات حصر الأراضى.

Order and level of data needed	Field procedures	Min. size of map units (ha)[1]	Typical components of map units	Kind of map units[2]	Appropriate scales for field mapping and publications
Order 1 —Very intensive (e.g., experimental plots, individual building sites, required reviews and permits from regulatory agencies)	The soils in each delineation are identified by transecting or traversing or even grid mapping. Soil boundaries are observed throughout their length. Remotely sensed data are used as an aid in boundary delineation.	1 or less	Phases of soil series; misc. areas	Mostly consociations; some complexes; misc. areas	1:15,840 or larger
Order 2 — Intensive (e.g., general agriculture, urban planning)	The soils in each delineation are identified by field observations and by remotely sensed data. Boundaries are verified at closely spaced intervals.	0.6 to 4	Phases of soil series; misc. areas; few components named at a level above the series	Consociations, complexes; few associations and undifferentiated groups	1:12,000 to 1:31,680
Order 3 — Extensive (e.g., range, community planning)	Soil boundaries are plotted by observation and interpretation of remotely sensed data. They are verified by traversing representative areas and by some transects.	1.6 to 16	Phases of soil series or taxa above the series; misc. areas	Mostly associations or complexes; some consociations and undifferentiated groups	1:20,000 to 1:63,360
Order 4 — Extensive (e.g., general soil information for broad statements concerning land use potential and general land management)	Soil boundaries are plotted by interpretation of remotely sensed data. They are verified by traversing representative areas and by some transects.	16 to 252	Phases of soil series or taxa above the series; misc. areas	Mostly associations; some complexes, consociations, and undifferentiated groups	1:63,360 to 1:250,000
Order 5 —Very extensive (e.g., regional planning, selection of areas for more intensive study)	The soil patterns and composition of map units are determined by mapping representative ideas and like areas by interpretation of remotely sensed data. Soils are verified by some onsite investigation or by traversing.	252 to 4,000	Phases of levels above the series; misc. areas	Associations; some consociations and undifferentiated groups	1:250,000 to 1:1,000,000 or smaller

[1] This is about the smallest delineation allowable for readable soil maps. In practice, the minimum size of delineations is generally larger than that shown in table.

[2] Where applicable, all kinds of map units (consociations, complexes, associations, and undifferentiated groups) can be used in any order of soil survey.

- مصطلحات حصر الأراضى، وتشمل:

- أنواع وحدات الخريطة

(consociations, complexes, associations, and undifferentiated groups)

- أنواع وحدات تصنيف التربة المستخدمة فى تحديد مكونات وحدات الخريطة (سلاسل، عائلات، تحت مجموعات، مجموعات كبرى، تحت رتب، رتب، وأطوارها)؛

- معيار النقاء (فى التركيب أو الاحتمال) لمساحات التربة المحددة، وتشمل:

- أقل مساحة من التربة المعوقة غير المشابهة التى يجب رسمها منفصلة وتستبعد من المساحات المحددة كنوع آخر من التربة،

- أقصى نسبة مئوية من المكونات الثانوية المعوقة غير المشابهة المسموح بها فى وحدة الخريطة؛

- العمليات الحقلية الضرورية لتحديد وترسيم مساحات وحدات الخريطة ضمن المعايير المحددة؛

- أصغر مقياس رسم مطلوب لاستيعاب وحدات الخريطة فى المصطلحات، معايير الحد الأدنى للتركيب، وتفاصيل الخريطة المبررة بواسطة الأساليب الحقلية.

وتصمم مصطلحات (legends) الخرائط لتعطى درجة تحسين لوحدات الخريطة المطلوبة من الغرض من الحصر. وتحدد وحدات الخريطة consociation (منطقة فيها وحدة تصنيفية واحدة، مثل سلسلة أو تحت رتبة) أو مجموعة (خليط جغرافى) من عدة وحدات تصنيفية (association أو complexe). وقد تكون المجموعة غير متجانسة، وأقل نقاء، من consociation عند نفس المستوى من التصنيف. وسلسلة التربة لها مجموعة محددة من الخواص ذات نطاقات أضيق بكثير من تحت الرتبة، وتكون مميزة بدقة أكثر. وبالتالى، تستخدم أطوار سلسلة التربة كمكونات وحدة خريطة إذا احتاج المستخدمون معلومات أكثر دقة حول مساحات صغيرة من التربة. ويمكن استخدام أطوار أى مستوى من مستويات تصنيف التربة كمكونات وحدة خريطة إذا كانت هناك حاجة فقط إلى منظور واسع للموارد الأرضية فى مساحات شاسعة.

مقياس ومستوى رسم الخرائط (Scale and Order of Mapping)

ينعكس مستوى الحصر بشكل عام فى مقياس رسم الخرائط، ولكن لا يتم تحديده بواسطته. وبدلاً من ذلك، يتم تحديد مستوى الحصر بواسطة الإجراءات الحقلية المستخدمة لتحديد مكونات التربة وتوقيع حدود وحدة الخريطة، والحد الأدنى المسموح به من ترسيم وحدة الخريطة، ونوع وحدة الخريطة التى يتم تجميع مكونات التربة عليها. وعند توفر خرائط تربة رقمية، تسمح برامج الكمبيوتر للمستخدمين بتغيير مقياس الخريطة لأغراض العرض. وقد تؤدى القدرة على تكبير الخريطة بهذه الطريقة إلى سوء فهم دقة ومستوى التفاصيل على خريطة التربة. والمقياس المستخدم لإجراء الحصر هو المقياس الذى يجب استخدامه لعرض الخرائط. ولمناقشة المقياس ووضوح الخريطة راجع دليل حصر الأراضى لعام 1993 (Soil Survey Division Staff, 1993).

وتعمل تقنيات رسم الخرائط الرقمية للتربة (الباب الخامس) على زيادة الإجراءات الميدانية والاستشعار عن بعد فى تحديد مكونات خريطة التربة وتوقيع حدود وحدة الخريطة. وتزداد فوائد الخرائط الرقمية للتربة مع زيادة مستوى رسم الخرائط.

مستوى الحصر الأول (Order 1 Surveys) حصر مكثف

يتم إجراء هذا الحصر للأراضى كثيفة الاستخدام التى تتطلب معلومات تفصيلية جدا حول التربة، وبشكل عام فى مساحات صغيرة. وعادة تحتاج استخدامات الأراضى مراجعات وتصاريح من الوكالات التنظيمية والمهندسين وغيرهم من المهنيين. ويجرى حصر المستوى 1 أيضًا للحصول على معلومات متخصصة، مثل المواطن الخطرة أو الموارد الحضرية. ويمكن استخدام المعلومات فى التخطيط للرى والصرف ومحاصيل الخضر والموالح أو أى محاصيل خاصة أخرى وحقول التجارب؛ ولتحديد قطع البناء الفردية؛ والمناطق المثارة أو الأشكال الأرضية من فعل الإنسان (انظر الباب الحادى عشر)؛ ولتحديد الأراضى المبتلة والمواطن الخاصة؛ وغيرها من الاستخدامات التى تتطلب معرفة تفصيلية ودقيقة عن التربة ومتغيراتها. ويُشار إلى مستوى الحصر 1 أيضًا على أنه عالى الكثافة.

وتستخدام عمليات القواطع (transecting) والخطوط العابرة (traversing)، وفى بعض الحالات، رسم الخرائط الشبكية لوضع خطوط حدود التربة بدقة على مسافات صغيرة. ويمكن تحديد حدود التربة فى الحقل بوضع علامات لتحديد الموقع الدقيق بواسطة جهاز GPS أو طرق حصر الأراضى القياسية ثم نقلها لاحقًا إلى خريطة أساس باستخدام برنامج رسم الخرائط. وبيانات الاستشعار عن بعد والتقنيات الرقمية باستخدام LiDAR والرادار المخترق للأرض (الباب السادس) يمكن أن تساعد فى ترسيم حدود التربة. ويتم عادة حفر التربة لتحديد مادة الأصل، والصخر الأم، وحالة الصرف. وتحفر ميكانيكيًا باستخدام حفارات صغيرة أو كبيرة.

ونقاء وحدة الخريطة مرتفع فى مستوى الحصر 1. وتكون وحدات الخريطة عادةً consociations، لا تحتوى على أكثر من 15% مكونات ثانوية غير مشابهة. ونادرا ما تستخدم Complexes. وقد تكون مكونات وحدة الخريطة أطوارا من سلسلة التربة، أو فئات تصنيفية أعلى من سلسلة التربة، أو مناطق متنوعة. وقد تسمى بعض وحدات الخريطة على مستوى أعلى من السلسلة أو تسمى لنوع مادة التربة (محفورة "excavated"، مُعاد تقديرها "regarded"). وقد تستخدم مصطلحات خرائط التربة فئات تصنيفية أو مصطلحات ضمنية مخصصة للمستخدمين. وتصمم مساحة الترسيم لتلبية الاحتياجات التفصيلية للحصر. ويستخدم عديد من أنواع مستوى الحصر 1 أدنى مساحة ترسيم حوالى 1 هكتار (2.5 إيكر). واعتمادًا على مقياس الرسم، والاهتمامات البيئية ومتطلبات الحصر، يمكن استخدام مساحة صغيرة تصل إلى 2000 قدم مربع. ومقياس خريطة الأساس هو 1: 15840 أو أكبر وقد يصل إلى 1 سم = 15 م (1 بوصة = 20 قدمًا). وقد تحتوى خرائط أساس المستوى 1 أيضًا على حصر محيطى يحدده مساح أراضى محترف ويُظهر طبوغرافية تفصيلية لخطوط كنتور بفواصل أقل من 2 قدم. وقد يستخدم هذا الحصر أساليب مختلفة كثيرا عن مستويات الحصر 2 و 3، مثل المصطلحات التوضيحية (connotative legend)، التى تحتوى على رموز وحدة الخريطة التى تشير إلى الخصائص التفسيرية أو المتأصلة للمكون التصنيفى (مثل حالة الصرف أو القوام أو مجموعة التربة الهيدرولوجية) أو أى جانب من عنصر يهم المستخدم. والمستخدمون النهائيون النموذجيون للحصر عالى الكثافة، مثل المهندسين وموظفى الهيئات التنظيمية (الفيدرالية والولايات والمحليات) ومطورى الأراضى وعلماء الأراضى المبتلة ومقيّمى الموقع (مصممى أنظمة الصرف الصحى) وغيرهم من المتخصصين، ليسوا على دراية بسلسلة التربة المسماة على الخريطة.

ونظرًا للانحراف عن معايير الحصر العادية لاستيعاب احتياجات المستخدم والافتقار إلى عملية ارتباط تربة رسمية، يتم التعامل مع مستوى الحصر 1 فى الولايات المتحدة على أنه أنواع خاصة من التحقيقات فى الموقع وليست جزءًا من حصر الأراضى الوطنى التعاونى. ويمكن أن يختلف عن مستويات الحصر 2 و 3 فى نماذج الهيئة الطبيعية المستخدمة لشرح توزيع التربة والأشكال الأرضية. ومن المفيد عرض مكونات المستوى 1 مثل المستوى 2 أو 3 لفهم أنماط الهيئة الطبيعية بشكل أفضل.

مستوى الحصر الثانى (Order 2 Surveys) حصر تفصيلى

يتم إجراء حصر المستوى الثانى عند الحاجة لمعلومات تفصيلية حول الموارد الأرضية للتنبؤ بصلاحية التربة والعلاج المطلوب للاستخدامات الكثيفة. وتستخدم المعلومات فى التخطيط للزراعة، البناء، التنمية الحضرية، والاستخدامات المماثلة التى تتطلب معرفة دقيقة للتربة وتغيراتها.

ويتم فى الحقل توقيع حدود التربة عن طريق الملاحظة وتفسير بيانات الاستشعار عن بعد، ومعرفة التربة فى كل ترسيم بواسطة traversing و transecting. والملاحظات وبيانات الاستشعار عن بعد هى أنواع توثيق ثانوية. ويتم التحقق من الحدود على مسافات متقاربة. ومعظم وحدات الخريطة تكون consociations و complexes، وقد تشمل أيضا undifferentiated groups أو associations. وتكون مكونات وحدة الخريطة أطوار سلاسل التربة أو أطوار مناطق متنوعة. وقد تسمى وحدات الخريطة بفئات تصنيفية أعلى من السلسلة. وتتفاوت الترسيمات فى الحجم، بحد أدنى من 0.6 إلى 4 هكتار (1.5 إلى 10 إيكر)، اعتمادا على تعقيدات الهيئة الطبيعية

وأهداف الحصر. والمكونات الصغرى المتباينة تختلف فى الحجم والكمية فى حدود المسموح به حسب نوع وحدة الخريطة. ويتراوح مقياس رسم الخريطة الأساسية من 1: 12000 إلى 1: 31680.

مستوى الحصر الثالث (Order 3 Surveys) حصر نصف تفصيلى

يجرى حصر المستوى الثالث عندما لا تحتاج استخدامات الأراضى معرفة دقيقة للمساحات الصغيرة أو معلومات تفصيلية عن التربة. ويسود مناطق الحصر عادة نوع واحد من استخدامات الأراضى واستخدامات ثانوية قليلة. ويمكن استخدام معلومات التربة فى التخطيط للمراعى والغابات والمناطق الترفيهية وفى التخطيط المجتمعى.

ويتم توقيع معظم حدود التربة عن طريق الملاحظة وتفسير بيانات الاستشعار عن بعد. ويتم التحقق من الحدود بالملاحظات الحقلية، transecting، وبيانات الاستشعار عن بعد. وتشمل الأنواع الثانوية من التوثيق اجتياز (traversing) المناطق الممثلة وتطبيق المعلومات على مناطق مشابهة. وتتضمن وحدات الخريطة associations و complexes و consociations و undifferentiated groups. ومكونات وحدات الخريطة عبارة عن أطوار سلاسل التربة أو وحدات تصنيف أعلى من السلسلة أو مناطق متنوعة. ومساحة الحد الأدنى للترسيم حوالى 1.6 إلى 16 هكتارا (4 إلى 40 إيكر)، حسب الهدف من الحصر وتعقيدات الهيئات الطبيعية (landscapes). وتختلف المكونات الثانوية المتباينة فى المساحة والكمية فى حدود المسموح به لنوع وحدة الخريطة المستخدم. ويتراوح مقياس رسم خريطة الأساس عموما من 1: 20000 إلى 1: 63360، اعتمادا على تعقيدات نمط التربة والغرض من استخدام الخرائط.

مستوى الحصر الرابع (Order 4 Surveys) حصر استكشافى

يجرى حصر المستوى الرابع عند الحاجة إلى معلومات عامة عن التربة تتعلق بالإدارة العامة والمتوقعة للأراضى للاستخدامات المكثفة. ويمكن استخدام المعلومات فى تحديد مكان ومقارنة واختيار المناطق المناسبة للأنواع الرئيسية لاستخدام الأراضى، وفى التخطيط الإقليمى للاستخدام، وفى اختيار المناطق التى تحتاج لمزيد من الدراسة والتحقيق المكثف.

وتسمح الإجراءات الحقلية بتوقيع حدود التربة عن طريق تفسير بيانات الاستشعار عن بعد وtransecting . وتكون أنواع التوثيق الثانوى ملاحظات حقلية. ويتم عمل traverses فى المناطق الممثلة لتحديد أنماط التربة، وتطبق المعلومات على مناطق مشابهة. ويتم عمل خطوط قاطعة (transects) فى ترسيمات مختارة لتقدير تركيب وحدة الخريطة. وتكون معظم وحدات الخريطة associations، وبعضها consociations و undifferentiated groups. ومكونات وحدة الخريطة أطوار سلاسل التربة أو أصناف أعلى من السلسلة أو مناطق متنوعة. والحد الأدنى لمساحة الترسيمات حوالى 16 إلى 252 هكتار (40 إلى 640 إيكر). وتختلف المكونات الثانوية المتباينة فى المساحة والكمية فى حدود المسموح به لنوع وحدة الخريطة المستخدم. ومقياس رسم خريطة الأساس عموما هو 1: 63360 إلى 1: 250000.

مستوى الحصر الخامس (Order 5 Surveys) حصر استطلاعى أو إقليمى

تتم عمليات مستوى الحصر الخامس لجمع معلومات التربة فى مناطق شاسعة جدا بمستوى من التفصيل يناسب التخطيط الإقليمى لاستخدام الأراضى وتفسير المعلومات على مستوى عال من التعميم. والاستخدام الرئيسى لهذه المعلومات هو اختيار مناطق لمزيد من الدراسة المكثفة.

وتتكون الإجراءات الحقلية من تعيين مناطق ممثلة مساحتها 39 إلى 65 كيلومترا مربعا (15 إلى 25 ميلا مربعا) لتحديد أنماط التربة ومكونات وحدات الخريطة. ثم يتم تطبيق هذه المعلومات على مناطق مماثلة بواسطة تفسير بيانات الاستشعار عن بعد. ويتم التعرف على التربة بعدد قليل من الملاحظات الحقلية أو بواسطة عمل خطوط

قاطعة (traversing). وتكون وحدات الخريطة associations وقد تتضمن بعض consociations و undifferentiated groups. ووحدات الخريطة أطوار وحدات تصنيفية أعلى من مستوى السلسلة ومناطق متنوعة. والحد الأدنى لمساحة الترسيم حوالى 252 إلى 4000 هكتار (640 إلى 10000 إيكر). وتختلف المكونات الصغرى المتباينة فى المساحة والكمية فى حدود المسموح به لنوع وحدة الخريطة المستخدم. ويتراوح مقياس رسم خريطة الأساس من حوالى 1: 250000 إلى 1: 1000000 أو أصغر.

مستويان من حصر الأراضى فى نفس المشروع

)(Two Orders of Soil Survey in the Same Project

يكون ببعض مناطق الحصر أجزاء منفصلة ومتميزة ولها احتياجات مختلفة. على سبيل المثال، جزء يمكن دراسته لعمل توقعات مرتبطة بالزراعة المروية، وآخر يتم حصره لتوقعات تتعلق بإدارة المراعى. ويجب رسم جزء الزراعة المروية على خرائط بالكثافة المطلوبة لحصر أراضى من المستوى الثانى، ومعظم مكونات وحدات الخريطة consociations من أطوار سلاسل التربة تحدد بدقة. والجزء المستخدم للرعى، يمكن تعيينه بالمستوى الثالث من الحصر وتكون وحدات الخريطة associations, complexes وبعض consociations من أطوار من سلاسل التربة أو تصنيفات أعلى من السلاسل. وقد تتكون بعض وحدات خرائط هذين الجزئين من نفس أنواع التربة، ولكن من الضرورى أن تكون وحدات خرائط نوعى الحصر المختلفين ليس لها نفس الأسماء أو الرموز.

والمناطق الواسعة المنفصلة المتميزة ضمن نفس المشروع والتى يتم حصرها بطرق مختلفة ينبغى التمييز بينها تماما بحدود على خريطة التربة المنشورة أو على خريطة ذات مقياس رسم صغير. ويجب التعرف على كل جزء بمذكرة مطبوعة بالتوازى مع الخط الفاصل بين مناطق كل نوع من أنواع الحصر. ويحتاج كل جزء لمصطلحات منفصلة. وتعتبر الأجزاء مستويات مختلفة من الحصر بوضوح، ولكن النتائج توضع فى تقرير واحد. ويمكن استخدام نفس الخريطة أو خرائط بمقاييس رسم مختلفة لمستويات الحصر المختلفة، اعتمادا على الاستخدامات المرجوة.

وفى كثير من دراسات حصر المستوى الثانى يتم ترسيم بعض وحدات الخريطة بطرق أقل كثافة، بالرغم من أن المناطق المرسومة بكثافات مختلفة تختلط على الخريطة. على سبيل المثال، ضمن خريطة تفصيلية للتربة، يتم التحقق من حدود التربة شديدة الانحدار أو الحجرية جدا عادة بالكثافة التى تستخدم عادة فى المستوى الثالث للحصر.

وأنواع أخرى من حصر الأراضى تشمل مناطق تتكون من نوعين مختلفين أو أكثر من التربة يمكن رسمها على الخريطة بشكل منفصل بواسطة الحصر التفصيلى؛ ولكن لا يتم ذلك، لأن تكلفة الفصل لا يمكن تبريرها. على سبيل المثال، منطقة معظمها تربة منتجة مناسبة للزراعة العامة قد تحتوى على مساحات كبيرة من التربة الرملية غير منتجة مغطاة بأغصان سميكة. على الرغم من أن مناطق التربة الرملية تحتوى على أنواع متباينة يمكن أن ترسم منفصلة، وتكلفة الخرائط التفصيلية للفصل بين نوعى التربة قد يتجاوز العائد المتوقع. ويتم رسم الحدود الخارجية للمناطق الرملية بكثير من التفصيل والتحقيق الدقيق كما فى رسم حدود الأنواع الأخرى من الحصر، ولكن المناطق الرملية نفسها يتم رسمها باستخدام أساليب المستوى الثالث أو الرابع للحصر. ويتم عمل خطوط قاطعة (traverses)، وتحديد مكونات المناطق بمصطلحات أنواع ونسب وأنماط التربة الفردية. ويتم وصف الترسيمات فى نص التقرير المنشور للحصر كـ soil associations تم تعيينها بوسائل مستوى الحصر الملائم.

ومن المهم ملاحظة أن عديد من مناطق الحصر فى الولايات المتحدة أعيد تجميعها من الخرائط الأصلية ومقياس قاعدة النشر أثناء رقمنة حصر الأراضى فى التسعينات. وأنواع الحصر التى تحتوى مناطق مُدارة أو مأهولة بكثافة وأيضًا مناطق نائية شاسعة أو أراضى برية التى رسمت باستخدام مقاييس خرائط متعددة تمت إعادة تجميعها ورقمنتها كطبقة أساسية واحدة بمقياس 1: 24000. وتحديد مقاييس الخرائط الأصلية والنشر بالرجوع إلى

خطوات الارتباط (Correlation Steps)

ارتباط التربة عملية تقييم جودة متعددة الخطوات (شكل 4-6) تضمن الدقة والاتساق داخل وبين الحصر المحلى والإقليمى، ويشمل تصنيف التربة وتسمية وحدات الخريطة وتقديم تفسيرات دقيقة. والغرض من الارتباط توفير الاتساق فى تصميم وتسمية وحدات الخرائط، ونقل فعال للمعلومات إلى المستخدمين وبينهم، والسماح بالمرونة بين المعايير المستخدمة فى الحصر والتنوع الذى يلاحظه العلماء ويوثقوه جغرافيًا. والارتباط عملية مستمرة، من الوصف الأولى فى بداية رسم الخرائط وحتى التقرير النهائى والجداول وتطوير الخرائط والتصديق. وهو مسئولية جميع أعضاء فريق الحصر، وتعتمد القرارات أساسا على المعايير المستخدمة لإجراء الحصر (انظر جدول 4-5).

وعملية الارتباط جزء لا يتجزأ من حصر الأراضى. يتم تنفيذها باستمرار طوال فترة المشروع. ويمكن وصف ارتباط التربة بالخطوات التالية: (1) تصميم وحدات الخريطة، (2) توصيف وحدات الخريطة، (3) تصنيف مكونات وحدة الخريطة، (4) ارتباط وحدات الخريطة، (5) الشهادة.

تصميم وحدات الخريطة (Design of Map Units)

يجب أن يبدأ كل حصر للأراضى بفهم واضح لهدف المشروع واحتياجاته. ويجب وضع خطة لتحديد احتياجات الحصر. ويفضل أن يقوم جميع الشركاء بوضع مذكرة تفاهم والموافقة عليها. وتحدد هذه الوثائق المقياس المستخدم فى إجراء الحصر، أقل مساحة ترسيم لوحدات الخريطة، أنواع الوحدات، متطلبات التوثيق، واحتياجات التفسير لمستخدمى الحصر. ويكون هناك عادة اتفاق على نماذج الهيئة الطبيعية والتربة المستخدمة وعوامل التكوين الهامة ورتب التربة المعروفة فى منطقة المشروع. هذه المستندات ضرورية لموازنة تفاصيل الحصر والتكاليف والأطر الزمنية للمشروع.

ويمكن ارتباط وحدة الخريطة مبدئيًا بمجرد وصفها ورسمها بدقة. وترتبط وحدات الخريطة فى الحصر لضمان الاتساق فى تصميم ومستوى أو ترتيب رسم الخرائط فى منطقة الحصر.

توصيف وحدات الخريطة (Characterization of Map Units)

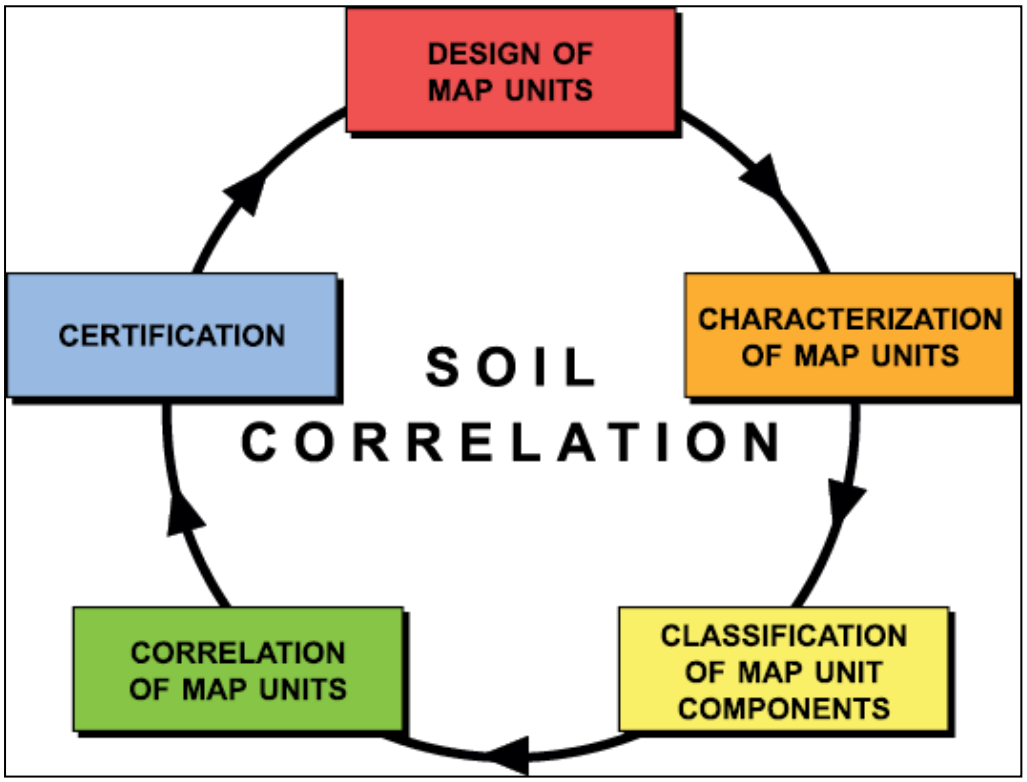
يتضمن توصيف وحدة الخريطة تحديد نوع المكونات (انظر جدول 4-1 فى قسم "وحدات خريطة التربة") ونوع وحدات الخريطة والبيانات التى يجب جمعها لقاعدة بيانات التربة. وقد يتطلب الحصر فى المناطق العالية القيمة كثيفة الاستخدام أن تكون معظم وحدات الخريطة consociations بمكونات محددة على مستوى السلسلة. ويتطلب الحصر فى المناطق النائية المستخدمة أساسا لحماية مستجمعات المياه أو مواطن الحياة البرية أن تكون وحدات الخريطة complexes وassociations بمكونات مسماة لفئات تصنيفية أعلى السلسلة.

تصنيف مكونات وحدة الخريطة (Classification of Map Unit Components)

يتم وصف أجسام التربة (pedons) التى تمثل مكونات وحدة الخريطة وتصنيفها إلى المستوى المناسب (سلسلة أو أعلى). وبالإضافة إلى وصف وتصنيف البيدون، تجمع بيانات التوصيف المعملى، ويمكن تطوير مظاهر تفسيرية (مثل وصف الموقع البيئى؛ انظر ملحق 4). وهذه المعلومات بالغة الأهمية. فيوفر الوصف والبيانات المعلومات الأساسية اللازمة لتفسير كامل ودقيق. ومن خلال الوصف، يقدم علماء التربة المشرفون أقصى مساعدة لفريق الحصر.

وتُسمى مكونات وحدة الخريطة بتصنيفات التربة (سلسلة أو فئة أعلى). وارتباط مكونات وحدة الخريطة داخليًا للتأكد من أن التصنيف متسق وأن الخصائص المسجلة تتطابق مع الحدود التصنيفية. وتستخدام نطاقات الخصائص

الموثقة للمكون التى تمتد قليلاً إلى ما بعد النطاقات التصنيفية لتوثيق وتفسير مكون وحدة الخريطة. وتدعم البيانات المعملية تجميع البيدون وكذلك قاعدة بيانات التربة. والـ pedons الموصوفة فى الحصر تصنف بنظام Soil Taxonomy.



شكل 4-6: رسم بيانى يوضح أن ارتباط التربة عملية مستمرة، وليس حدثًا واحدًا. وتُستخدم هذه العملية لتسهيل جمع معلومات التربة وتحديدها وتجميعها ونقلها بشكل متسق.

ولتصنيف التربة أربعة أغراض رئيسية. الأول هو تسهيل الاتصال بين علماء التربة. فيسمح التصنيف للعلماء بتجميع وفرز آلاف السلاسل بطريقة مفيدة. ويمكن إجراء التجميعات بمقاييس خرائط مختلفة باستخدام مستويات مختلفة من التسلسل الهرمى للتصنيف. وبالنسبة للحصر الأكثر تفصيلاً، يتم تجميع التربة على مستوى السلسلة. ويستخدم بعض مستوى الحصر 4 عائلات أو أطوار من التصنيف الأعلى. وقد يستخدم حصر بمقياس صغير مستوى الرتبة أو تحت الرتبة.

الغرض الثانى من تصنيف التربة هو توفير أسماء لوحدات التصنيف تعتمد على العناصر التكوينية. على سبيل المثال، تبدأ رتب التربة (مثل Aridisols) بعنصر تكوينى وتنتهى بـ "sol"، كلمة لاتينية تعنى تربة. وتنقل أسماء وحدات التصنيف معلومات حول التربة، تتضمن آفاق ومظاهر تشخيصية، نظم الرطوبة والحرارة، والخصوبة الطبيعية. واستخدام العناصر التكوينية ينظم المعرفة حول التربة.

الغرض الثالث هو توفير ترابط بين الأقسام المفاهيمية فى التصنيف والأجسام الطبيعية الفعلية للتربة. وتجسد الأقسام المفاهيمية فهما حاليا لنشأة التربة وتوزيعها الجغرافى العالمى. وأثناء عملية الارتباط، يتم تعيين أسماء مكونات التربة الطبيعية المحددة التى تشكل وحدات الخريطة الموضحة فى خرائط حصر الأراضى باستخدام نظام التصنيف.

وأخيرًا، يوفر تصنيف التربة طريقة لنقل المعلومات والتكنولوجيا. فيسمح بنقل المعلومات حول خصائص وسلوك التربة التى تم جمعها فى موقع إلى مواقع أخرى توجد بها نفس التربة.

ارتباط وحدات الخريطة (Correlation of Map Units)

يؤثر ارتباط وحدات الخريطة على فروع كثيرة من حصر الأراضى. ويجب تقييم التربة المشابهة والمختلفة

باستمرار وموضوعية وإدراجها فى وصف وحدات الخرائط وقواعد البيانات لحساب التعقيد فى الحصر بشكل صحيح. ويجب تطوير واتباع نظام لتحليل هذه المعلومات. وقد تتضمن طرق التحليل استخدام برنامج مكانى أو معلومات جدولية فى قواعد البيانات لتحديد التجمعات الصحيحة.

ويمثل وصف الوحدة التصنيفية نطاق خصائص التربة السائدة فى منطقة الحصر. ويجب أن تشير كل وحدة خريطة إلى بيدون نموذجى يصف نطاق خصائص ذلك التصنيف. ويمثل البيدون النموذجى، وبشكل عام وصف الوحدة التصنيفية، جزءًا من النطاق الكامل فى خصائص سلسلة تربة معينة.

وترتبط تفسيرات وتقييمات التربة للتأكد من أن صلاحية أو محددات التربة يتم تقييمها بشكل منصف عبر الحصر. ويضمن الارتباط تناسق أوصاف وحدة الخريطة، بما فى ذلك صياغة ثابتة لوصف المظاهر الهامة واستخدام ملائم لبيانات الأداء بين وحدات خرائط لها نفس الاستخدام والإدارة.

ويتضمن الارتباط أيضًا توثيق مناسب لتاريخ وحدة الخريطة. ويشمل ذلك التغييرات المفاهيمية التى قد تحدث أثناء الحصر حيث يتم تحديد مناطق جديدة لاستخدام نفس وحدة الخريطة. ويحافظ الحصر الحالى على هذا التاريخ وتتبعه فى قاعدة بيانات التربة.

الشهادة (Certification)

يحتوى حصر الأراضى عادة على وثيقة ارتباط رسمية نهائية تلخص جميع قرارات الارتباط فى المشروع. ويسرد هذا المستند الإصدارات النهائية لوحدة الخريطة ومصطلحات التصنيف ويشرح أسباب دمج التربة فى وحدات الخريطة وأى شذوذ فى التصنيف وأى استثناءات جغرافية. ويضمن شرح ارتباط وحدات الخرائط والمكونات بين المناطق المتجاورة الاتساق بينها. ويستخدم كل من الحصر الأولى والحديث عملية متشابهة لشرح قرارات الارتباط وتقديم المعلومات والبيانات الجديدة التى تم جمعها لدعم تلك القرارات.

وتشهد وثائق الارتباط على أن منتج الحصر قد تمت متابعته وتلبية المعايير المستخدمة لإجرائه. هذه الشهادة ضرورية لتسليم المنتج. ويستخدم التسليم الحالى لحصر الأراضى فى الولايات المتحدة موقع الحصر (Web Soil Survey) المتاح للجمهور (Soil Survey Staff, 2016b).

مراقبة وضمان الجودة

(Quality Control and Quality Assurance)

توفر مراقبة وضمان الجودة الاتساق فى الحصر لرسم الخرائط، وتصنيف وتسمية التربة. وتشمل أيضًا ربط الخرائط وتأهيل قاعدة البيانات وتطوير التفسيرات. وأنشطة الحصر التى تضمن الاتساق تشمل زيارات ومراجعات ميدانية وتواصل فريق الحصر. ومراقبة الجودة عملية تقييم وتحديد أولويات وتنسيق أنشطة الحصر للتأكد من أن المنتجات تلبى المعايير المتفق عليها واحتياجات المستخدم. ويجريها كل عضو من فريق الحصر، الذى يجب أن يكون على دراية بالمعايير المستخدمة والالتزام بها فى الأنشطة اليومية. وضمان الجودة عملية مراجعة وتقييم، يقوم بها ويجريها كبار علماء التربة دوريا. وتوفر مراجعة العمل المنجز وتدريب فريق العمل لدعم وضمان جودة الحصر للمستخدمين. وتجرى مراجعات العمل المنجز لاكتشاف وتصحيح الأخطاء أو التناقضات خلال الحصر وضمان الاستخدام المتسق للمعايير فى جميع أنحاء المشروع. والمشكلات التى تعرف أثناء المراجعات يتم تصحيحها ويمكن استخدامها لتوفير التدريب لفريق الحصر.

ومن الضرورى أن يكون لدى كل شخص مشارك فى الحصر فهم شامل للمعايير المستخدمة. ويسرد جدول 4-5 طرق استخدام المعايير فى حصر الأراضى. والمعايير ديناميكية ومتغيرة لتلبية الاحتياجات الحالية للمستخدمين ومواكبة التكنولوجيا. ومن المهم معرفة المعايير عند بداية إجراء الحصر لأنها ستؤثر على صيانته وتحديثه.

جدول 4-5: التطبيقات الرئيسية لمعايير حصر الأراضى.

- **Designing and controlling map legends**
- **Identifying, describing, and classifying soils in the field**
- **Delineating soil boundaries on a map**
- **Determining map unit composition**
- **Populating soil databases**
- **Preparing map unit descriptions**
- **Selecting and classifying representative pedons**
- **Naming map units**
- **Conducting special studies**
- **Preparing or testing interpretations**
- **Preparing soil survey manuscript and database**
- **Preparing correlation documentation**
- **Making documentation requirements**
- **Evaluating data**
- **Developing analytical procedures**

السجلات والتوثيق (Records and Documentation)

الاحتفاظ بتعريفات وأسماء أصناف التربة مُحدثة أمر ضرورى لمعرفة وحدات الخريطة، وارتباط التربة على مستوى الدولة، ونقل المعلومات حول التربة فى مكان إلى أنواع مماثلة لها فى مكان آخر. وقد تستخدم طرق مختلفة وتعدل دوريا. وهناك حاجة إلى نظام مركزى للحصول على منظور وطنى، والحفاظ على معايير تحديد أصناف التربة، وتجميع البيانات الحقلية والمعملية، ونشر المعلومات. انظر الباب السابع لمزيد من المعلومات.

تعريفات سلاسل التربة (Soil Series Definitions)

تُستخدم سلاسل التربة لتسمية معظم وحدات الخريطة فى حصر أراضى الولايات المتحدة. ويوجد حاليًا أكثر من 22000 سلسلة محددة ومسماة. وتعريفات سلاسل التربة هى الإطار الذى يتم فيه تحديد معظم المعلومات التفصيلية حول التربة فى الولايات المتحدة مع التربة فى أماكن محددة. كما أنها توفر الوسيلة الرئيسية التى يتم من خلالها إسقاط معلومات مفصلة عن التربة وسلوكها فى مكان ما على تربة مماثلة فى أماكن أخرى. وقد تغيرت مفاهيم فئة السلسلة والسلاسل المفردة بمرور الزمن.

وتضمن المعايير الدقيقة لتعريف سلاسل التربة أن أسماء ووصف نفس أنواع التربة متسقة من حصر إلى آخر. والاتساق هو الهدف الرئيسى لعملية الارتباط. وأقسام فئة سلاسل التربة ليست ثابتة. وعند اكتساب معرفة جديدة، يجب تعديل تعريفات بعض السلاسل المحددة. ويتم تحديد سلسلة جديدة لأنواع التربة المعروفة حديثًا. والتغييرات فى معايير أو حدود الوحدة التصنيفية فى الفئات الأعلى تتطلب عادةً تعديل تعريفات السلاسل.

والاحتفاظ بسجلات لأسماء السلاسل وتحديث تعريفاتها مستمر. ويجب عمل تغييرات بطرق تقلص القيمة الأصغر من التنبؤات المرتبطة بالتعاريف والأسماء السابقة. ويضمن نظام مركزى لحفظ السجلات أن أسماء وتعريفات السلاسل تفى بالمعايير الدقيقة المطلوبة فى حصر الأراضى الوطنى.

وصف سلاسل التربة الرسمية (Official Soil Series Descriptions (OSD))

يجب تعريف كامل ودقيق لكل سلسلة تربة حسب المعرفة الحالية. ويطبق ذلك على سلسلة التربة المقترحة المستخدمة فى حصر مفرد والسلاسل الرسمية. ولضمان شمول المعلومات الأساسية والسماح بمقارنة تعريفات السلاسل، يستخدم تصميم قياسى لتسجيل أنواع معينة من المعلومات.

ويسجل وصف سلاسل التربة الرسمية (OSD) التعريفات والمعلومات ذات الصلة بكل سلسلة. وقد يتغير التصميم ونوع ومقدار التفاصيل من وقت لآخر، ولكن التعريف التفصيلى ضرورى. وهناك حاجة إلى معلومات وصفية لمساعدة القارئ فى تحديد التربة فى الهيئة الطبيعية وربطها بأنواع أخرى.

ونظرًا لعدم إدراج سلاسل التربة ووصفها فى كتاب تصنيف التربة (Soil Taxonomy)، يلزم وجود نظام لتسجيل وتخزين هذه المعلومات بتنسيق يسهل الوصول إليه. ويتم الاحتفاظ بسلاسل التربة فى قاعدة بيانات وصف سلاسل التربة الرسمية (Soil Survey Staff, 2016a). ويتضمن وصف السلسلة المظاهر والأقسام المدرجة أدناه، بالترتيب. وبعض العناصر (مثل 1، 2، 4، 16، 17) تطبق جزئيًا أو كليًا فى النظام الأمريكى المصمم لتخزين وصف السلاسل. ويمكن تعديل هذه القائمة للأنظمة الأخرى. انظر الملحق 1 لمثال وصف سلسلة تربة رسمية.

سمات وأقسام وصف سلاسل التربة الرسمية (Features and sections of an OSD):

1. الموقع الأول لاسم السلسلة والولايات التى تستخدمه (رمز FIPS)
2. حالة سلسلة التربة (مؤقتة أو رسمية أو غير نشطة)
3. الأحرف الأولى من اسم المؤلفين (حتى ثلاث مجموعات من الأحرف الأولى؛ والخاصة بالمؤلف الأصلى تذكر أولاً)
4. تاريخ آخر مراجعة شهر/ سنة (ينشأ تلقائيًا فى حالة استخدام أداة صيانة SC-OSD)
5. اسم سلسلة التربة
6. فقرة تمهيدية، تتضمن معلومات عن الطبيعة العامة للتربة (بما فى ذلك العمق والصرف ومادة الأصل ومصادرها المحتملة)؛ معلومات الهيئة الطبيعية (متضمنة الموقع على الشكل الأرضى ومدى الانحدار)؛ ومعلومات المناخ (مثل متوسط درجة حرارة الهواء السنوى، والمطر، والموسم الخالى من التجمد، والارتفاع). وقد تتضمن أيضًا معلومات معينة مهمة لتطورالعمليات التكوينية والهيئة الطبيعية للسلسلة.
7. الاسم التصنيفى الكامل للعائلة. ويشير إلى الفئات التى توفر حدودًا للصفات التشخيصية للسلسلة على جميع المستويات، باستثناء الموجودة بين سلاسل نفس العائلة.
8. وصف البيدون النموذجى وآفاقه بتفصيل أكبر حسب الضرورة للتعرف على الفئة التصنيفية. ويتم وصف الآفاق والمظاهر التشخيصية.
9. تحديد الموقع الذى تم فيه وصف البيدون. ويعطى فى إحداثيات الوحدة الجغرافية ويوصف بدقة كافية لتحديده فى الحقل.
10. وصف نطاقات خصائص السلسلة. ويحتوى هذا القسم أيضًا على عبارات حول علاقة طبقة التحكم (control section) فى السلسلة والآفاق التشخيصية بالتقسيمات الفرعية الرأسية.
11. تمييز السلسلة عن السلاسل الأخرى فى نفس الفئة أو فئة مشابهة قد يتم الخلط بينها. وتشارك السلاسل المنافسة عادةً الحدود مع السلسلة الموصوفة أو تنتمى إلى نفس العائلة.
12. الموقع الجغرافى. يتم وصف الفيزيوجرافى والهيئة الطبيعية التى توجد فيها التربة.

13. التربة المرتبطة جغرافيا. تحديد أنواع التربة الأخرى التى ترتبط بها السلسلة جغرافيًا.

14. الصرف والتوصيل الهيدروليكى المشبع (النفاذية فى السلاسل القديمة). يتم وصف صرف التربة بدرجة الصرف أو غيرها من وسائل الوصف المتعلقة بنظم رطوبة التربة ومعدل حركة الماء خلال التربة. ووصف الابتلال أو الجفاف الموسمى، إذا كان مهمًا.

15. الاستخدام والغطاء النباتى. توصف الاستخدامات الرئيسية للتربة والأنواع السائدة من الغطاء النباتى التى تنمو عليها. ويتم تحديد النباتات الأصلية، إذا كانت معروفة.

16. التوزيع والامتداد. إعطاء التوزيع الجغرافى المعروف (بشكل عام المناطق الفيزيوجرافية، والولايات، و MLRAs) مع ما تشغله التربة من مساحة صغيرة أو متوسطة أو كبيرة.

17. مكتب حصر الأراضى الإقليمى (SSRO) المسئول. المكتب الإقليمى لحصر الأراضى التابع لـ NRCS الذى يوفر مراجعة ضمان الجودة وحفظ سجلات سلاسل التربة.

18. السلسلة المقترحة أو المنشأة. إعطاء تاريخ وموقع مشروع الحصر الذى تم فيه إنشاء السلسلة.

19. ملاحظات على الآفاق والمظاهر التشخيصية المعروفة فى البيدون. يتم سرد جميع الآفاق والمظاهر التشخيصية، متضمنة السمك والعمق والآفاق اللازمة لتحديد الفئة التصنيفية.

20. بيانات إضافية مطلوبة. يستخدم هذا القسم بشكل عام لتوثيق أخذ العينات والتحليل المعملى المرتبط بالسلسلة والمعلومات الخاصة بالحصر أو مشروع التحقيق.

العناصر الأخرى التى تحسن أوصاف سلاسل التربة الرسمية لجمهور أوسع تتضمن:

- صور القطاع الأرضى والهيئة الطبيعية للسلاسل الفردية، و
- القدرة على البحث فى أوصاف السلاسل المؤرشفة للمظاهر التشخيصية وسمك الأفق وخصائص التربة الأخرى التى تحتاج إلى تفسير.

كتاب التربة (Soil Handbook)

المصطلحات الوصفية (descriptive legend) هى الوثيقة الأساسية التى تحكم العمليات الحقلية، ولكنها جزء من المعلومات التى يتم جمعها أثناء الحصر. وتتكون المصطلحات الوصفية من أربعة أجزاء: (1) وصف وتصنيف التربة، (2) مصطلحات التعريف، (3) مصطلحات الرموز التقليدية والخاصة، (4) الخريطة العامة للتربة والمصطلحات. ويتم تنظيم المصطلحات الوصفية والمعلومات الأخرى حول التربة فى منطقة الحصر فى كتاب التربة (يجب عدم الخلط بينه وبين دليل حصر الأراضى الوطنى (National Soil Survey Handbook)، الذى يعد مستودعًا لسياسة وإرشادات NCSS). ويستخدم كتاب التربة فريق الحقل والمهندسون والزراعيون والمخططون وغيرهم ممن يحتاجون إلى معلومات حول التربة فى المنطقة قبل اكتمال الحصر.

ويحتوى كتاب التربة على كل ما يلزم لإجراء حصر الأراضى المنشور، بالإضافة إلى المواد المهمة لعلماء التربة الذين يقومون بالحصر. وتطوير الكتاب يجب أن يوجهه مخطط تفصيلى لنص حصر الأراضى المنشور. ويجب أن تتبع المصطلحات الوصفية وكتاب التربة نفس التنسيق الذى سيستخدم لحصر الأراضى المنشور. ويتطلب كتاب التربة الذى يتم تحديثه مع تقدم عملية رسم الخرائط حدًا أدنى من التصحيح بعد اكتمال الخرائط.

بالإضافة إلى مصطلحات الخرائط، يتضمن كتاب التربة تفسيرات وأقسامًا عامة تغطى الموضوعات المتعلقة بأنواع التربة فى المنطقة، مثل المناخ، الفيزيوجرافى، التضاريس، الصرف، الجيولوجيا، والغطاء النباتى. هذه المعلومات تحسن فهم خصائص التربة وتوزيعها واستخدامها وإدارتها.

يتم أيضًا الاحتفاظ بسجل لامتداد كل وحدة خريطة. وفى بعض أنواع الحصر، يتم تسجيل امتداد وحدة الخريطة تدريجيا مع اكتمال أوراق الحقل. وفى أنواع أخرى، يتم الاحتفاظ بسجلات الامتداد التدريجى لكل وحدة خريطة فقط حتى يتم اعتبار الوحدة ممتدة بما يكفى للاحتفاظ بها فى المصطلحات. ويتم إجراء الحصيلة النهائية بعد اكتمال الحصر.

وقد يتم دمج بعض العناصر المعدة لمصطلحات الخريطة أو الكتاب فى أقسام مختلفة من المنشور. على سبيل المثال، يمكن أن يصبح مفتاح المنشأ وجدول التصنيف جزءًا من القسم الخاص بكيفية تكوين التربة وتصنيفها. ويمكن استخدام بعض الرسوم البيانية فى هذا القسم وفى القسم الموجود على الخريطة العامة للتربة.

وصف وتصنيف التربة (Description and Classification of the Soils)

تتضمن المصطلحات الوصفية وصف أنواع التربة فى منطقة الحصر ووصف وحدات الخرائط المرسومة على لوحات الحقل. وتشكل هذه الأوصاف الوثيقة المرجعية الأولية لتحديد أنواع التربة والمناطق المتنوعة وتوفر المعلومات اللازمة للتصنيف المناسب والارتباط والتفسير. كما أنها توفر المعلومات اللازمة للتعرف على وحدات الخريطة. وأوصاف الوحدات التصنيفية ووحدات الخريطة، بما فى ذلك نطاقات الخصائص داخل منطقة الحصر، تضمن أن جميع أعضاء الفريق الميدانى يصنفون التربة ويخططون لها بشكل متسق. وإنشاء مجموعة أوصاف واضحة وموجزة ودقيقة وكاملة للتربة عمل صعب ومهم.

ووجود سجل محدث لما تم تعلمه عن التربة مهم خاصة عندما يتغير أعضاء فريق الحصر. وإذا غادر قائد المشروع قبل الانتهاء من الحصر، فإن المصطلحات الوصفية المحدثة لكيفية تصنيف التربة ورسم الخرائط تضمن استمرارية عمليات الحصر.

وينظم قائد المشروع المعلومات التى تم جمعها عن التربة فى المنطقة. وأثناء إعداد الوصف، قد يكتشف عناصر تحتاج إلى توضيح أو دعم البيانات الحقلية. ويمكن بعد ذلك التخطيط لدراسات ميدانية لتوضيح المفاهيم وتحسين المعرفة بالتربة.

وتؤكد المبادئ التوجيهية لوصف التربة المقدمة سابقا فى هذا الباب على أن أجسام التربة تستخدم لتحديد مكونات وحدة الخريطة. وتعطى أوصاف التربة فى المصطلحات الوصفية خصائص التربة بالإضافة إلى امتداد المكونات فى كل وحدة خريطة، والاختلافات فى الخصائص وامتداد المكونات من ترسيم إلى آخر فى جميع أنحاء منطقة الحصر، والعلاقات الجغرافية للمكونات داخل كل وحدة خريطة ووحدات الخريطة ببعضها. ويجرى وصف كامل للتربة يشمل وصف حقلى تفصيلى لأجسام التربة، وبيانات المعمل، والملاحظات المختصرة حول الخصائص الداخلية ومظاهر السطح، وملخصات القواطع. ويقدم ملحق 2 مثالاً لوصف وحدة الخريطة.

وأثناء إعداد وصف التربة، يقارن وصف كل وحدة خريطة مع التعريف القياسى للتربة التى سميت بها ومع أوصاف التربة وثيقة الصلة. ويجب أن يكون تصنيف التربة متسقًا مع أوصاف مكونات وحدات الخريطة ومع التعريف القياسى للسلاسل أو وحدات التصنيف الأخرى أيضًا.

وتتضمن المصطلحات الوصفية جدول تصنيف يوضح كيفية توافق التربة فى منطقة الحصر مع النظام الوطنى لتصنيف التربة كما هو معروض فى الـ Soil Taxonomy. وإذا استخدمت سلاسل التربة فى تسمية مكونات وحدة الخريطة، فيمكن سرد السلاسل أبجديًا، متبوعة بالتصنيف. وقد ترتب التربة فى الجدول حسب العائلات المناسبة، تحت المجموعات، إلخ.

كما يتم وصف طبيعة ونوع وموقع ومقدار المكونات الثانوية لكل وحدة خريطة. وامتداد وموضع وخصائص التمايز المعنوية للتربة التى تختلف عن المكونات المسماة لوحدة الخريطة لها أهمية خاصة. ويجب أيضًا تحديد امتداد وطبيعة المكونات الثانوية التى لها خصائص تفسيرية أو إدارية مماثلة لتلك الخاصة بالمكونات الرئيسية.

والسجلات الوصفية المكتوبة للتربة هى مراجع لحصر الأراضى الجارى. وتختلف خصائص التربة عادة من جزء فى منطقة الحصر إلى آخر ويمكن تقييمها بشكل مختلف نتيجة لزيادة الخبرة فى المنطقة. وتتم مراجعة أوصاف التربة وتحدث باستمرار مع تقدم عملية رسم الخرائط. وأثناء رسم الخرائط، تضاف عادةً وحدات خرائط ووحدات تصنيفية جديدة وتوقف الوحدات محدودة الانتشار.

ومع تقدم رسم الخرائط، تكتشف عادةً أنواع تربة لا تناسب أى وحدة خريطة فى المصطلحات. وإذا كان نوع التربة واسع الانتشار ومختلفًا عن التربة فى وحدات الخرائط الأخرى، تتم إضافته إلى المصطلحات بعد تحديده من أحد أعضاء المشروع واعتماده من قبل العلماء المشرفين من الوكالات المتعاونة. وبعض انواع التربة الجديدة يمكن معالجتها بإعادة تعريف وحدات الخريطة الحالية، والتعامل مع أنواع أخرى كمكونات ثانوية. ويجب إدراج وحدات الخريطة الجديدة المعتمدة فورا فى المصطلحات وتعريفها حتى يتمكن جميع أعضاء الفريق من استخدامها بشكل صحيح.

وبعض أنواع التربة تكون محدودة الانتشار بحيث يجب تضمينها فى وحدات خريطة أخرى. وقد يكون من الأفضل الجمع بين اثنين أو أكثر من التربة لها نفس الاستخدام والإدارة فى وحدة خريطة واحدة. والتربة شديدة التداخل بحيث لا يمكن ترسيمها منفصلة يجب رسمها كمركبات (complexes). ولا يتم حذف وعمل تغييرات أخرى رسميًا حتى يقوم علماء التربة المشرفون بمراجعة التغييرات المقترحة فى المصطلحات وقبولها. وإذا كانت التغييرات المقترحة غير مقبولة، يقوم ممثلوا الوكالة وقائد المشروع بحل أى مشاكل. ويتم الاحتفاظ بسجل كامل خاص بالتغييرات فى وحدات الخرائط والتخلص من أى وحدة خريطة غير مستمرة. وتسجيل أى تغييرات يتم إجراؤها بين المراجعات الميدانية فى تقرير المراجعة الميدانية التالية.

ويجب أن تكون الفروق بين وحدات الخريطة أكبر من النطاقات التى تحدث عادةً فى قياس الصفات التشخيصية وتوقيع حدود التربة. ويجب اختبار وصف التربة للتأكد من أن وحدات الخريطة معروفة ومحددة باستمرار.

ورسم فريق الحقل التدريجى للخرائط هو اختبار مستمر للمصطلحات. ويتم تقييم أوجه القصور، وإجراء أى تغييرات ضرورية فى المصطلحات. وتسجيل التغييرات على جميع نسخ المصطلحات، ويجب على كل عضو فى الفريق فهم المفاهيم الجديدة بوضوح.

وتلخص الملاحظات الميدانية دوريا، ويسجل الملخص فى مراجعات مصطلحات وصف التربة. وإذا لم تلخص الملاحظات وتسجل على الفور، فقد تفقد أو لا يستخدمها أعضاء آخرون فى المشروع.

والمراجعات الميدانية تختبر أيضًا المصطلحات واستخدامها فى رسم الخرائط لتحديد مدى الوفاء بأهداف الحصر ومتطلباته. وتتضمن عادة علماء التربة المشرفون وممثلوا الوكالات المتعاونة.

مصطلحات التعريف (Identification Legend)

يوضع رمز فى كل ترسيم على الخريطة للتعريف. ومصطلحات التعريف بيان لهذه الرموز وأسماء وحدات الخريطة التى تمثلها. وتسرد أسماء وحدات الخريطة أبجديًا فى بعض المصطلحات، متبوعة برموزها. ويستخدم علماء التربة قائمة الأسماء هذه أثناء قيامهم بالرسم. وفى مصطلحات أخرى، يتم سرد الرموز رقميًا أو أبجديًا، متبوعة بالأسماء. ويستخدم هذه القائمة كل من يقرأ الخرائط. ويتم عادة إعداد كلتا القائمتين.

وتربط مصطلحات التعريف أسماء وحدات الخريطة بالترسيمات على خرائط التربة من خلال رموز وحدات الخريطة. ويستخدم عديد من التقاليد والأنظمة لاختيار الرموز. وتختار رموز قصيرة وفريدة ويتم تسمية ووصف كل وحدة خريطة يمثلها كل رمز.

ويجب أن تكون جميع الرموز مقروءة على الخرائط عند عرضها على شاشة الكمبيوتر أو فى المطبوعات. والرموز الطويلة صعبة. وإذا تم جعلها صغيرة لوضعها على الخريطة، قد تكون غير مقروءة. ويجب عادة وضعها خارج

الترسيمات الصغيرة ويشار إليها بأسهم. وهذا يزيد من فرصة الخطأ. وقد أظهرت التجارب والاختبارات أن مستخدمى الخرائط يجدون صعوبة فى قراءة أوراق الحقل التى تحتوى على عديد من الرموز الموضوعة خارج مناطقها. وإذا كان الرمز مرسومًا بسهم من ترسيم كبير إلى صغير، يظن عديد من المستخدمين أنه يمثل ترسيمًا كبيرًا. بالإضافة إلى ذلك، يجب تجنب تجميعات الرموز التى يحتمل أن تكون مربكة. وهى تشمل الحرف l مع الرقم 1 والحرف الكبير O بالرقم 0 (صفر). ورموز وحدة الخريطة التى تتكون من أرقام تكون إدارتها أبسط، إلا أنه يلزم توخى الحذر لضمان تمييزها عن الأرقام الأخرى، مثل الإحداثيات وأرقام الشبكة والصفات الرقمية الأخرى التى قد تظهر على الخرائط النهائية.

وتُستخدم رموز الخريطة أساسا لتحديد وحدات الخريطة المرسومة داخل المضلعات. ويجب تجنب التعليقات باستخدام رموز خريطة تدل على تربة أو خاصية معينة. وينتج عادةً عن الرموز التوضيحية مصطلحات تفشل فى تحقيق هدفها الأساسى. وقد تقلل أى قيمة دلالة للرموز من وضوح الخريطة. وقد يؤدى استخدام رموز الخريطة الضمنية إلى الارتباك والارتباط الخاطئ لرموز الخريطة بأسماء مكونات التربة، خاصةً عند عرض مصطلحات الخرائط من مناطق حصر متجاورة. ويجب على مستخدمى الخرائط ألا يفترضوا أن الرموز الدالة أو حتى أسماء وحدات الخريطة تصف جميع خصائص التربة المهمة. ومجموعة أوصاف التربة (وحدة الخريطة والأصناف) ضرورية لغرض الحصر ويجب على الرسامين ومحتاجى المعلومات استخدامها أثناء إجراء الحصر.

ويؤدى استخدام نفس الرموز أو رموز مماثلة أثناء عمل الخرائط وعلى الخرائط المنشورة إلى تسريع تجميع الخرائط لأنه يقلل زمن تحويل مجموعة من الرموز إلى أخرى. كما أنه يقلل كمية الأخطاء. وهو عملى أكثر فى المناطق التى تكون فيها التربة معروفة جيدًا. ويكون غير عملى إذا كانت التربة غير معروفة جيدًا عند بداية الحصر، لأن الرموز قد تتغير أثناء رسم الخرائط والارتباط.

مصطلحات التصنيف (Taxonomic Legend)

تسرد مصطلحات التصنيف جميع أسماء مكونات التربة التى تظهر فى أسماء وحدات الخريطة لمنطقة الحصر متبوعة بتصنيفها الكامل. وعادةً يتبع أسماء السلاسل المقترحة (proposed) حرف (P). ويتبع أسماء السلاسل المستخدمة فى التربة الملحقة (taxadjunct) حرف (T). ويستخدم التصنيف كما تم ملاحظته ووصفه فى منطقة الحصر للتربة الملحقة.

مصطلحات الرموز التقليدية والخاصة (Conventional and Special Symbols Legend)

تبين الرموز التقليدية على خرائط التربة معالم طبيعية وحضرية عديدة غير وحدات الخريطة وحدودها. وتساعد المستخدمين على توقيع الترسيمات. وتحدد الرموز الخاصة بعض مساحات التربة أو المناطق المتنوعة الصغيرة جدا التى لا يمكن رسمها بمقياس رسم الخرائط. ويجب تعريف كل رمز. ويجب أن يحدد تعريف الرموز الخاصة حجم المنطقة التى يمثلها.

الخريطة العامة للتربة ومصطلحاتها (General soil map and legend)

تساعد الخريطة العامة للتربة فريق الحصر فى رسم الخرائط وتنظيم العمل الحقلى. كما توفر لأى مستخدم لحصر الأراضى لمحة عامة ومقدمة لأنواع التربة الرئيسية ونمط حدوثها فى منطقة الحصر. ومسودة الخريطة العامة للتربة التى تعد أثناء الدراسات الحقلية الأولية يتم تنقيحها كلما توفر مزيد من المعلومات عن التربة. ويتم وصف خصائص وتوزيع وامتداد التربة فى كل منطقة عامة وصلاحيتها ومحدداتها وإمكاناتها. كما يمكن أيضا إظهار الاختلافات الكبيرة فى رطوبة أو حرارة التربة بين المناطق على الخريطة العامة للتربة.

خرائط تربة منتجة بطرق أخرى (Soil Maps Made by Other Methods)

معظم خرائط التربة المنشورة فى الولايات المتحدة بواسطة حصر الأراضى الوطنى التعاونى تمت بالتحقيقات الحقلية، وبعضها أنجز من مصادر أخرى. وهذه الأنواع من خرائط التربة يتم وصفها أدناه.

خرائط التربة المعممة (Generalized Soil Maps)

يحتاج بعض المستخدمين لمعلومات عن مساحات أكبر من الحقول الفردية أو القطع، وربما كيلومترات مربعة عديدة. والخريطة التفصيلية تحجب العلاقات الواسعة. ويتم عمل خرائط تربة معممة لإظهار علاقات جغرافية لا يمكن رؤيتها بسهولة على الخريطة التفصيلية. ومعظم تقارير حصر الأراضى تتضمن خريطة تربة معممة للمنطقة. ويعتمد مقياس رسم هذه الخرائط على الاستخدامات المرجوة.

ويتم عمل خرائط التربة المعممة بالجمع بين ترسيمات خرائط الحصر الموجودة معا لتشكل وحدات خريطة أوسع. وتعمم الخريطة التفصيلية بواسطة إحاطة المناطق الأكبر التى يسود فيها عدد قليل من أنواع التربة فى أنماط ونسب ثابتة نسبيا. ويتم عادةً على خريطة التربة المعممة، تجميع وحدات الخرائط التفصيلية بناءً على تكرار قطع الهيئة الطبيعية والمناطق الفيزيوجرافية الأوسع. وتوصف المساحات الأكبر من حيث التربة السائدة. ويتم تفسير الخريطة لإظهار التأثيرات المجمعة للتربة المكونة لكل وحدة خريطة.

وتستخدم خرائط التربة المعممة عادة لتقييم الموارد الأساسية لكل المناطق، وتوجيه المصالح التجارية، ومساعدة مشرفى المزارع. وهى أساس لاستهداف وتنفيذ برامج الزراعة والصيانة. وأصبحت خرائط أساس لتخطيط استخدام أراضى المقاطعات والأقاليم والتنبؤ بصلاحية مساحات شاسعة للاستخدامات السكنية والترفيهية والحياة البرية وغيرها من الاستخدامات غير الزراعية.

والخريطة الرقمية العامة للتربة للولايات المتحدة (STATSGO2) هى خريطة تربة عامة منسقة وطنياً على مستوى الولايات، وأنتجت بمقياس 1: 250000 لمعظم الولايات المتحدة وأقاليمها وبمقياس 1: 1000000 لولاية ألاسكا. وتم تصميم مستوى رسم الخرائط لاستخدامات التخطيط والإدارة الواسعة التى تغطى مناطق الولاية والإقليم والولايات المتعددة. وتتكون STATSGO2 من وحدات خرائط عامة للتربة ويتم حفظها وتوزيعها كمجموعة بيانات مكانية وجدولية.

الخرائط التخطيطية (Schematic Maps)

تختلف الخرائط التخطيطية (وتسمى أيضا خرائط استكشافية) عن خرائط التربة المعممة حيث يتم تجميعها من معلومات أخرى غير الموجودة على خرائط التربة مسبقا. ومقياسها عادة 1: 1000000 أو أصغر، على الرغم من أن الخرائط المرسومة بمقياس أكبر تكون مفيدة فى بعض الأحيان. ويتم عمل خرائط التربة التخطيطية كخطوة تمهيدية لتحديد المناطق التى تحتاج مزيدا من التحقيقات الحقلية. وفى كثير من المناطق، خاصة فى الأقاليم غير المتطورة، تكون خريطة التربة التخطيطية مفيدة فى الحصر الحقلى المنتظم. وتكون بعض الخرائط المصدر الوحيد لمعلومات التربة فى مناطق تكون الدراسات المكثفة فيها غير مجدية.

ويتم عمل خرائط التربة التخطيطية باستخدام عديد من مصادر المعلومات للتنبؤ بالتوزيع الجغرافى لأنوع التربة المختلفة. وتجمع معلومات عن المناخ والغطاء النباتى والجيولوجيا والأشكال الأرضية والعوامل الأخرى المتعلقة بالتربة وتتم دراستها. والبيانات المتحصل عليها من خلال تقنيات الاستشعار عن بعد، بما فى ذلك التصوير الجوى وصور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف، ربما تكون مفيدة. وتستخدم أى معلومات متاحة عن التربة حسب مدى جودتها. وتوجد بعض المعلومات عن التربة لمعظم أنحاء العالم، ولكن المعلومات الخاصة بالمناطق النائية قد تكون أساسا عبارة عن ملاحظات الرحالة وخرائط تقريبية مفسرة من الصور الجوية بدون التحقق على الأرض.

الخرائط الموضوعية (Thematic Maps)

يتم عمل الخرائط الموضوعية بجمع ترسيمات خرائط التربة على أساس سمة خاصية مفردة، متضمنة مظاهر التربة (مثل قوام السطح، عمق مستوى الماء الأرضى، أو الملوحة). وهى عادةً تمثل صفات تفسيرية، مثل صلاحية حقول خزانات امتصاص الصرف الصحى، أو تصنيف قدرة الأرض للزراعة، أو مخاطر الاستخدام (مثل الفيضانات). وتوفر الخرائط الموضوعية مقارنة جغرافية لخاصية تربة أو سمة مفردة عبر مناطق شاسعة. ويتيح استخدام خرائط التربة الرقمية وأنظمة GIS مع قواعد بيانات خصائص التربة إنشاء سريع ومعالجة لخرائط التربة الموضوعية التى يفهمها بسهولة مدير الأراضى وصانع السياسات.

وتقنيات GIS والخرائط الرقمية (انظر الباب الخامس) ذات قيمة كبيرة فى تطوير الخرائط المعممة والتخطيطية والموضوعية. ويمكن أن يؤدى الجمع بين البيانات الرقمية المستمدة من مصادر أخرى مع معلومات التربة المعروفة إلى زيادة دقة توقيع خطوط الخريطة وكذلك تحسين نقاء التركيب أو الاتساق فى تحديد مكونات التربة.

البيانات الداعمة (Supporting Data)

البيانات التى تجمع أثناء إجراء حصر الأراضى يتم تسجيلها وتحليلها، ثم تدمج فى قرارات رسم الخرائط والتفسير والارتباط. وأبرز أنواع البيانات والمعلومات الداعمة التى تم تطويرها هى القواطع (transects)، الملاحظات الحقلية، الصور، التحليلات المعملية، التحقيقات، التفسيرات الخاصة، البيانات المناخية، الخرائط الجيولوجية، خرائط الغطاء النباتى، والتقارير البحثية.

والملاحظات أجزاء لا غنى عنها فى مصطلحات الخرائط. وتستخدم بعض الملاحظات فى مراجعة المصطلحات الوصفية، التى تدمج فى التقرير للنشر. وتساعد الملاحظات فى جعل رسم الخرائط أكثرسرعة ودقة. وقد تسجل أنماط الألوان على الصور الجوية الخاصة بوحدة خريطة معينة، أو العلاقة بين النباتات الثانوية ولكنها ذات مؤشرات رئيسية، أو التكوينات السطحية التى لها تأثير ضئيل على الاستخدام أو الإدارة ولكنها تساعد على تحديد مناطق التربة المهمة على الخرائط. والملاحظات والمعلومات الأخرى المطلوبة فى رسم الخرائط، ولكنها غير مخصصة للنشر، يمكن الاحتفاظ بها فى أوراق منفصلة بعد وصف كل تصنيف أو وحدة خريطة فى المصطلحات الوصفية.

وصور قطاعات التربة تكون فعالة جدا فى توضيح بعض المظاهر. وتبين الصور أو الرسوم البيانية لأنظمة التربة والهيئات الطبيعية علاقات التربة بالهيئات الطبيعية المختلفة. والرسوم البيانية المقطعية وثلاثية الأبعاد لأجزاء من منطقة الحصر تكون مفيدة أيضًا.

References

Arnold, R.W. 1965. Multiple working hypothesis in soil genesis. Soil Science Society of America Proceedings 29:717-724.

Chamberlin, T.C. 1897. The method of multiple working hypotheses. Journal of Geology 5:837-848.

Gile, L.H., R.J. Ahrens, and S.P. Anderson (eds.). 2003. Supplement to the Desert Project Soil Monograph: Soils and landscapes of a desert region astride the Rio Grande Valley near Las Cruces, New Mexico. Volume III. Soil Survey Investigations Report No. 44.

Hudson, B.D. 1992. The soil survey as a paradigm-based science. Soil Science Society of America Journal 56:836-841.

Platt, J.R. 1964. Strong inference. Science 146:347-353.

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, and E.C. Benham (editors). 2012. Field book for describing and sampling soils, version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. Available at http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/research/guide/?cid=nrcs142p2_054184. [Accessed 27 September 2016]

Smith, G.D. 1963. Objectives and basic assumptions of the new soil classification system. Soil Science 96:6-16.

Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.

Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436.

Soil Survey Staff. 2016a. Official soil series descriptions. USDA Natural Resources Conservation Service. Available at http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/survey/class/data/?cid= nrcs142p2_053587. [Accessed 1 October 2016]

Soil Survey Staff. 2016b. Web Soil Survey. USDA Natural Resources Conservation Service. http://websoilsurvey. nrcs.usda.gov/ [Accessed 4 October 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2006. Soil survey of Woodbury County, Iowa. Available at http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MANUSCRIPTS/iowa/IA193/0/Woodbury_IA.pdf. [Accessed 2 October 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016. National soil survey handbook, title 430-VI. http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054242 [Accessed 1 October 2016].

الباب الخامس

رسم الخرائط الرقمية للتربة

(Digital Soil Mapping)

By Suzann Kienast-Brown and Zamir Libohova, USDA-NRCS, and Janis Boettinger, Utah State University

المبادئ والمفاهيم (Principles and Concepts)

رسم خرائط التربة الرقمية هو جيل قواعد بيانات التربة المرجعية جغرافيًا على أساس علاقات كمية بين بيانات البيئة الواضحة مكانيًا وقياسات الحقل والمعمل (McBratney et al., 2003). وخريطة التربة الرقمية عبارة عن خطوط نقطية تتكون من خلايا ثنائية الأبعاد (pixels) مرتبة فى شبكة يكون فيها لكل بكسل موقع جغرافى محدد وتحتوى على بيانات التربة. وتوضح خرائط التربة الرقمية التوزيع المكانى لفئات التربة أو خصائصها ويمكن أن توثق الشك فى تنبؤات التربة. ويمكن استخدام خرائط التربة الرقمية لإنشاء خرائط حصر أولية، وتحسين أو تحديث حصر الأراضى الحالى، واستنتاج تفسيرات معينة للتربة، وتقييم المخاطر (Carré et al., 2007). ويمكن أن تسهل الجرد السريع وإعادة الجرد والإدارة القائمة على المشروع للأراضى فى بيئة متغيرة (الأسماء التجارية أو الشركات المستخدمة فى هذا الباب هى لأغراض إعلامية فقط. لا يشكل هذا الاستخدام موافقة من وزارة الزراعة الأمريكية - NRCS أو المؤلفين المساهمين فى هذا الباب).

نموذج اسكورين (SORPAN Model)

الأساس العلمى لرسم خرائط التربة هو نموذج Hans Jenny (1941) المفاهيمى بأن التربة (S) على الهيئة الطبيعية دالة لخمسة عوامل بيئية، هى المناخ (cl)، الكائنات الحية (o)، التضاريس (r)، مادة الأصل (p)، والزمن (t):

$$S = f\,(cl, o, r, p, t)$$

بينما كان هذا النموذج، المعروف أحيانًا باسم CLORPT، مفيدًا فى رسم خرائط التربة التقليدية، إلا أنه ليس كميًا ولا واضحًا مكانيًا. ولتمثيل التربة والعوامل البيئية ذات الصلة فى سياق مكانى والتعبير عن هذه العلاقات كمياً، اقترح ماكبراتنى وآخرون McBratney et al. (2003) نموذج SCORPAN، حيث تكون التربة (إما كأصناف، Sc، أو سمات، Sa) عند نقطة فى المكان والزمان دالة كمية تجريبية لسبعة متغيرات بيئية: التربة (s)، المناخ (c)، الكائنات الحية (o)، التضاريس (r)، مادة الأصل (p)، العمر (a)، والموقع المكانى (n):

$$S_{c,a} = f\,(s, c, o, r, p, a, n)$$

والتطورات المهمة لنموذج SCORPAN للاستخدام فى رسم الخرائط الرقمية للتربة هى: (1) معرفة أن العوامل البيئية ليست بالضرورة مستقلة عن بعضها البعض وبالتالى يتم تعريفها على أنها متغيرات بيئية، (2) إدراج التربة كمتغير بيئى، (3) الطبيعة المكانية الواضحة للنموذج، (4) الطبيعة الكمية للعلاقات الوظيفية. وفى نموذج SCORPAN، يمكن استخدام التربة، إما كبيانات رصد نقطية أو خرائط تربة موجودة أو خصائص طيفية مستشعرة عن بُعد، كبيانات إدخال. والمتغيرات البيئية هى بيانات رقمية وصريحة مكانيًا فى البيانات النقطية التى تتم معالجتها باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS). ونموذج SCORPAN يسهل القياس الكمى للعلاقات بين المتغيرات البيئية الرقمية الصريحة مكانيًا وفئات التربة أو سماتها التى يمكن توقعها فى سياق مكانى. كما أنه

يسهل تقدير الخطأ أو الشك فى التنبؤ المكانى لفئات التربة أو خصائصها.

خرائط التربة الرقمية مقابل الخرائط التقليدية (Digital vs. Conventional Soil Mapping)

توفير وسهولة الحصول على أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS)، وأنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS)، والبيانات الطيفية للاستشعار عن بعد، والبيانات الطبوغرافية المستمدة من نماذج الارتفاع الرقمية (DEMs)، والنماذج التنبؤية أو الاستدلالية، وبرامج تحليل البيانات أدى إلى تقدم كبير فى علم وفن حصر الأراضى. ويتضمن رسم خرائط التربة التقليدى على ملاحظات نقطية فى الحقل تتم الإشارة إليها جغرافيًا باستخدام GPS ونماذج الارتفاع الرقمية المرئية فى نظام GIS. والتمييز المهم بين رسم الخرائط الرقمية للتربة والرسم التقليدى هو أن الخرائط الرقمية تستخدم نماذج استدلال كمى للتنبؤ بفئات أو خصائص التربة فى قاعدة بيانات جغرافية (raster). والنماذج التى تعتمد على استخراج البيانات والتحليل الإحصائى والتعلم الآلى تنظم كميات هائلة من البيانات الجغرافية المكانية فى مجموعات ذات مغزى للتعرف على الأنماط المكانية.

وقد تم تطوير واختبار أدوات ومناهج ونماذج استدلال مختلفة لرسم خرائط التربة الرقمية فى الولايات المتحدة وخارجها لتسهيل التصور السريع والتقدير الكمى لأنماط الهيئات الطبيعية على مقاييس مكانية متعددة (Lagacherie et al., 2007; Hartemink et al., 2008; Behrens et al., 2010; Minasny et al., 2012). ويمكن أرشفة قدر كبير من البيانات المستخدمة فى رسم الخرائط الرقمية للتربة فى تنسيق رقمى واضح مكانيًا فى نظام GIS، وهكذا يتم الاحتفاظ بالمعرفة المتخصصة المستخدمة للتنبؤ بتوزيع التربة على الهيئة الطبيعية. ويمكن تنفيذ خطط أخذ العينات لالتقاط تباين الهيئة الطبيعية إحصائيًا، وتمثيله بواسطة متغيرات بيئية رقمية. وربما يكون الجانب الأكثر إثارة فى رسم الخرائط الرقمية للتربة هو القدرة على الحصول على معلومات موزعة مكانيًا عن فئات التربة و/ أو خصائصها والتقدير المرتبط بالشك (احتمال حدوث نوع معين و/ أو خاصية معينة للتربة فى نقطة معينة على سطح الأرض). وهناك طلب كبير عالميًا على معلومات التربة الموزعة مكانيًا. ويتضح هذا بانطلاق خريطة تربة العالم GlobalSoilMap (Arrouyas et al., 2014)، وهو مشروع لعمل خريطة تربة رقمية للعالم باستخدام أحدث التقنيات لرسم خرائط التربة والتنبؤ بخصائصها بدقة 100 متر.

والخرائط التى تتنبأ بالتوزيع المكانى لفئات التربة أو خصائصها مهمة فى عديد من البلاد لأنها تخبر بقرارات استخدام التربة وإدارتها. ورسم الخرائط الرقمية للتربة يلتقط بشكل أفضل التباين المكانى الملحوظ ويقلل من الحاجة إلى تجميع أنواع التربة على أساس مقياس الرسم (Zhu et al., 2001). والمكون المهم لرسم الخرائط الرقمية طريقة التحليل المستخدمة لتحديد العلاقة بين ملاحظات التربة والمتغيرات البيئية. وتم التحقق من عديد من أنواع الأساليب، متضمنة الأنظمة الخبيرة (Cole and Boettinger, 2007; Saunders and Boettinger, 2007; Zhu et al., 2001)، التصنيف غير الخاضع للرقابة (Boruvka et al., 2008; Triantifilis et al., 2012)، والتعلم الآلى أو النمذجة التنبؤية (Behrens et al. 2005; Behrens and Scholten, 2006; Bui and Moran, 2003; Stum et al., 2010; Brungard et al., 2015).

النماذج المنفصلة مقابل النماذج المستمرة (Discrete vs. Continuous Models)

النماذج المنفصلة (Discrete Models)

خريطة فئات التربة، مثل وحدات خرائط التربة، نوع من النماذج المنفصلة أو الهشة (هول وكامبل (Hole and Campbell, 1985)؛ بوروغ وماكدونيل (McDonnell, 1998)). وتمثل النماذج المنفصلة بيانات موضوعية أو فئوية تمثل فيها القيم فئة محددة مسبقًا مع عدد محدود من الاحتمالات. وتكون هذه النماذج عادةً اسمية أو ترتيبية أو ثنائية وبالتالى تفتقر إلى المعنى العددى. وعند تطبيقها فى البيانات النقطية (raster)، كل قيمة بكسل (pixel) تمثل الفئة المرتبطة به (على سبيل المثال، فئات التربة A، B، C، وما إلى ذلك). ولا يمكن تطبيق

العمليات الرياضية على البيانات المنفصلة لأن القيم ليس لها معنى عددى حقيقى (على سبيل المثال، فئة التربة B ليست ضعف فئة التربة A).

وتستخدم خرائط التربة النموذج المنفصل لتمثيل أنواع التربة المختلفة ومجموعاتها على الهيئة الطبيعية. وفى بيئة البيانات النقطية، تبسط النماذج المنفصلة عرض الفئات النموذجية وتنحاز فهميا مع نهج حصر الأراضى التقليدى. ومع ذلك، تقدم نماذج فئات التربة المنفصلة افتراضًا بأن التربة ثابتة عبر الفئة. ويمكن تحديد الفئات بشكل ضيق أو واسع لأى وحدة هيئة طبيعية للتربة، على نحو مشابه لكيفية تصنيف وحدة الخريطة التقليدية على أنها consociation أو complex. والفئات المحددة بشكل ضيق أفضل لتقديم تفسيرات خاصة بالموقع وهى أكثر ملاءمة فى حالات توفر ملاحظات ميدانية كافية (بيانات تدريب) لتحديد الفئات بشكل مناسب. وتساعد فئات التربة المحددة بشكل واسع فى سد الفجوة بين رسم خرائط التربة التقليدية (polygon, vector) ورسم خرائط التربة الرقمية (raster) وتكون أكثر ملاءمة فى حالات تكون فيها الملاحظات الميدانية محدودة.

النماذج المستمرة (Continuous Models)

خريطة خصائص التربة نوع من النماذج المستمرة. وتمثل النماذج المستمرة بيانات تكون فيها القيم قياسات أو حسابات لها معنى عددى وتمثل استمرارية (continuum). وفى بيئة البيانات النقطية، تمثل كل قيمة بكسل كمية حقيقية (مقاسة أو محسوبة أو مستنتجة) ويمكن أن يكون لها مستويات مختلفة من الدقة (على سبيل المثال، عدد صحيح أو نقطة عائمة). وتسمح النماذج المستمرة بأى قيمة على مدى مستمر، بينما النماذج المنفصلة لها عدد محدود من النتائج المحددة مسبقًا.

وتصمم نماذج التربة المستمرة للتعامل مع الطبيعة المستمرة لخصائص التربة بشكل أكثر واقعية من النماذج المنفصلة. ومن الناحية النظرية، تلغى النماذج المستمرة عيوب الفئات المحددة مسبقًا والحدود المميزة فى خرائط التربة. وفى الممارسة العملية، تعتمد الاستمرارية على حجم الخلية والدقة المستخدمة. ويتم تمثيل تنبؤات خصائص التربة عادة بنموذج بيانات مستمر.

وغالبية المتغيرات البيئية المستخدمة فى رسم الخرائط الرقمية للتربة نماذج بيانات مستمرة. وتعد سمات التضاريس المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمى (DEM)، مثل درجة الانحدار والانحناء والإشعاع الشمسى للمنطقة، نماذج مستمرة. والبيانات الطيفية، مثل الانعكاس، المستمدة من الاستشعار عن بعد بواسطة الأقمار الصناعية أو الطائرات هى أيضًا نماذج مستمرة.

المراحل والعمليات (Stages and Processes)

كل مشروع لرسم خرائط التربة الرقمية يكون فريدًا عادةً. وقد يختلف عديد من جوانب المشروع (على سبيل المثال، الأهداف، الخصائص الفيزيائية الحيوية لمنطقة الدراسة، توافر المتغيرات البيئية، وطريقة التنبؤ المطبقة). ومع ذلك، يجب أن تكون مراحل وعمليات رسم الخرائط الرقمية للتربة متسقة فى جميع المشاريع. وتتضمن كل مرحلة سلسلة أهداف محددة يجب تحقيقها حتى يتقدم مشروع رسم خرائط التربة الرقمى. وعملية رسم خرائط التربة الرقمية تكرارية وتتطلب مراجعة وتقييم فى عدة نقاط. وقد تم تحديد مراحل وعمليات مشاريع رسم الخرائط الرقمية للتربة فيما يلى ووصفها فى الأقسام الفرعية التالية.

ملخص المراحل والعمليات (Outline of Stages and Processes)

1. تحديد المنطقة ونطاق المشروع

أ. تحديد وصقل الهدف: فئات التربة أو خصائصها

2. التعرف على المظاهر الطبيعية للفائدة

أ. SCORPAN - المتغيرات المشتركة الهامة والبيانات المناسبة

ب. مقياس العمليات والقياسات

ج. القياسات المتاحة (الحقل والاستشعار عن بعد)

3. مصادر البيانات والمعالجة المسبقة

أ. تحديد البيانات والحصول عليها

ب. تقييم جودة البيانات

ج. تنظيم البيانات

د. بيانات ما قبل العملية

4. استكشاف البيانات وتحليل شكل الأرض

أ. اشتقاق منتجات البيانات الطيفية والتضاريس

ب. اختيار المتنبئين المناسبين

5. عينة لبيانات التدريب

أ. عينات على أساس الحالة والبداهة

ب. عينات ميدانية

مراجعة وتقييم:

- هل تمثل طبقات البيانات المتغيرات البيئية المهمة؟
  - o نعم - انتقل إلى المرحلة 6
  - o لا - ارجع إلى المراحل 2، 3، 4
- هل بيانات التدريب كافية للتنبؤ بالفئات أو الخصائص محل الاهتمام؟
  - o نعم - انتقل إلى المرحلة 6
  - o لا - ارجع إلى المرحلة 5

6. توقع فئات التربة أو خصائصها

أ. اختيار وتطبيق طريقة التنبؤ المناسبة

أولا. فئات التربة - التصنيف غير الخاضع للإشراف أو الإشراف، والنمذجة التنبؤية

ثانيا. خصائص التربة - النمذجة التنبؤية، الإحصاء الجغرافى (geostatistics)

مراجعة وتقييم:

- هل نتائج التنبؤ مقبولة؟
  - o نعم - انتقل إلى المرحلة 7
  - o لا - تطبيق طريقة توقع مختلفة أو مجموعة من المتنبئين أو مجموعة من بيانات التدريب - ارجع إلى

المراحل ، 5، 6

7. حساب الدقة وعدم اليقين من النتائج

مراجعة وتقييم:

- هل نتائج الدقة وعدم اليقين مقبولة؟
  - o نعم - انتقل إلى المرحلة 8
  - o لا - إعادة النظر فى طريقة التنبؤ، المتنبئين، وبيانات التدريب - ارجع إلى المراحل 4 و 5 و 6

8. تطبيق الخرائط الرقمية للتربة

أ. إنتاج خرائط فئات التربة أو الخواص

ب. تقييم الخرائط الموجودة

ج. إنشاء منتجات معلومات التربة

د. التطبيق على تخصصات أخرى

تحديد منطقة ونطاق المشروع (Defining the Area and Scope of the Project)

قبل البدء فى مشروع رسم الخرائط الرقمية للتربة، من المهم تحديد منطقة المشروع ونطاقه بوضوح. على سبيل المثال:

- ما هو الهدف المحدد للمشروع؟
- هل يهدف إلى إنشاء معلومات حصر أراضى أولية أو تحديث خرائط وبيانات التربة الحالية؟
- هل الهدف هو إنتاج خريطة لغرض معين؟
- ما هو الامتداد الجغرافى لمنطقة المشروع؟
- ما هى الخصائص الفيزيائية الحيوية للمنطقة؟
- كيف ترتبط الخصائص الفيزيائية الحيوية للمنطقة بتوزيع التربة على الهيئة الطبيعية؟
- على أى مقياس مكانى يتم التعبير عن التباين المتوقع فى توزيع التربة (محلى مقابل إقليمى)؟
- هل يجب التنبؤ بفئات و/ أو خصائص التربة ؟
- ما هو مقياس منتج (منتجات) الخريطة النهائية؟

ويمكن لرسم خرائط التربة الرقمية معالجة مجموعة متنوعة من الأسئلة. والمفتاح هو تحديد كيفية تطبيق رسم الخرائط الرقمية للتربة فى منطقة المشروع لتحقيق الأهداف.

تحديد المظاهر الطبيعية المهمة (Identifying the Physical Features of Interest)

المتغيرات البيئية والبيانات المناسبة (Environmental Covariates and Appropriate Data)

الخطوة الأولى بعد معرفة المنطقة ونطاقها هى تحديد المتغيرات البيئية الهامة لتطور التربة وتوزيعها فى منطقة المشروع. وبمجرد تحديد هذه الخصائص، يمكن تحديد التضاريس المعينة والخصائص الطيفية المتعلقة واختيار البيانات الرقمية المناسبة للسماح بتمييز تلك الظواهر الفيزيائية. وتُشتق عادة من البيانات الرقمية خمسة متغيرات

بيئية فى نموذج SCORPAN: خصائص التربة (s)، الكائنات الحية (o)، مادة الأصل (p)، التضاريس (r)، والمناخ (c). كما يمكن إدراك كيفية تغيير البشر لسطح الأرض، والذى يمكن أن يمثل فى بعض الحالات الزمن أو العمر (a) المتغير المشترك.

التربة (Soil): يمكن تمثيلها بالمتغيرات المشتركة المشتقة من: (1) بيانات النقطة المرجعية الجغرافية التى تمثل القياسات الحقلية و/ أو المعملية، (2) بيانات الطيف المستشعرة عن بُعد، أو (3) خرائط التربة الموجودة. وقد تتضمن البيانات الرقمية بيانات نقطة مثل فئة التصنيف، وعمق التربة إلى الصخر الأصلى، أو الخصائص الكيميائية أو الفيزيائية للتربة عن طريق الآفاق الوراثية (على سبيل المثال، بيانات معملية للتربة مرتبطة بموقع عينة مرجعى جغرافى (georeferenced) فى NRCS Kellogg Soil Survey Laboratory). وقد تحتوى خصائص السطح أو القريبة من سطح على بصمات طيفية تشخيصية يمكن تمييزها بواسطة بيانات الاستشعار عن بعد. على سبيل المثال، استخدم نيلد وآخرون (Nield et al., 2007) بيانات القمر الصناعى Landsat 7 +ETMلرسم خريطة رقمية لتواجد التربة مع تراكمات سطحية من الجبس، التى تميزت بنسبة اختلاف طبيعية بين نطاقى الموجات القصيرة والأشعة تحت الحمراء (SWIR) (bands 5 and 7). وقد تكون بيانات فئات التربة الموجودة فى شكل خرائط مفيدة أيضًا، خاصة فى مشاريع تحديث حصر الأراضى أو فى فصل تجمعات وحدات خريطة إلى مكونات التربة (Nauman and Thompson, 2014).

الكائنات الحية (Organisms): يتم تمثيلها عادةً بالبيانات الرقمية للنباتات أو الغطاء الأرضى، متضمنة بيانات الغطاء الأرضى الموجودة والبيانات الطيفية المستشعرة عن بُعد. وتتضمن بيانات الغطاء الأرضى خرائط النباتات، استخدام الأراضى، توزيع الأنواع، مثل تلك المتوفرة من البرنامج الوطنى لتحليل الفجوة (National Gap Analysis Program (USDI-USGS, 1999)). ويتم تمثيل الغطاء النباتى عادة ببيانات طيفية مستشعرة عن بعد لأن الغطاء النباتى الأخضر يعكس الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) ويمتص الإشعاع الكهرومغناطيسى الأحمر. ومؤشر الاختلاف الطبيعى للغطاء النباتى (NDVI) هو نسبة اختلاف نطاق طبيعية لل NIR والنطاقات الحمراء لصورة متعددة الأطياف. وتتراوح القيم من 1.0- إلى 1.0 وتشير القيم الأعلى إلى كثافة نباتية أعلى. ويمكن قياس NDVI كميًا لأى مصدر بيانات طيفية يحتوى على NIR ونطاقات حمراء، مثل بيانات Landsat. على سبيل المثال، كان NDVI متغيرًا مهمًا فى رسم الخرائط الرقمية للأراضى الوعرة ذات غطاء نباتى قليل جدًا فى حوض نهر Powder River Basin فى وايومنج (Wyoming) (Cole and Boettinger, 2007).

مادة الأصل (Parent material): يمكن معرفة مادة الأصل من خريطة جيولوجية أو بيانات قياس أشعة جاما أو باستخدام بيانات الطيف المستشعرة عن بُعد لتمييز الارتباطات المعدنية لمادة الأصل. وتختلف التجمعات المعدنية فى مواد أصل مختلفة (صخور ورواسب) فى الاستجابة الطيفية. وتستجيب المعادن خاصة فى نطاق SWIR للطيف الكهرومغناطيسى، ويمثله Landsat TM أو نطاقى ETM 5 و 7، ونطاقى Landsat 8 OLI 6 و 7، ونطاقات مقياس إشعاع الانعكاس والانبعاث الحرارى المتقدم من الفضاء (ASTER) من 4 إلى 9. على سبيل المثال، تتميز جبال سان فرانسيسكو (San Francisco) فى الحوض العظيم بجنوب غرب ولاية يوتا (Utah) بصخور رسوبية مختلطة (أساسًا كوارتزيت) تتداخل مع صخور نارية (أساسًا أنديسايت) مع خليط ملء الحوض. وساعد تحليل المكونات الرئيسية لنطاقات Landsat ETM+ من 1 إلى 5 و 7 على تمييز تغلغل (intrusion) الأنديسايت من الصخور الرسوبية وأظهر تأثير الأنديسايت على تكوين الانحدار الأسفل للترسيبات النهرية من التغلغل (Stum et al., 2010).

التضاريس (Relief): يمكن اشتقاق المتغير المشترك الذى يمثل التضاريس من بيانات الارتفاع، مثل اكتشاف الضوء والمدى (Light Detection and Ranging (LiDAR))، ومجموعة بيانات الارتفاع الوطنية (NED)، ورادار Interferometric Synthetic Aperture (IFSAR)، وبيانات المساحة الجوية

(photogrammetric)، وما إلى ذلك. هذه البيانات تُعرف باسم مشتقات سمات التضاريس أو الارتفاع. ومن أمثلتها درجة وطول وانحناء الانحدار، مؤشر الابتلال، مؤشر الصلابة، اتجاه الانحدار، شكل الأرض، والارتفاع النسبى. ويمكن لمجموعات مختلفة من سمات التضاريس أن تنتج أسطحًا جيومورفولوجية وتصف العمليات المتعلقة بتطور التربة.

المناخ (Climate): يمكن تقريب متغير المناخ فى بعض المناطق بالارتفاع، خاصة فى هيئات طبيعية معرضة لتأثيرات جبلية (orographic) أى أن الارتفاعات العالية تتعرض لدرجات حرارة أكثر برودة وكميات أكبر من الأمطار.وتتوفر أيضًا النماذج والبيانات المناخية الإقليمية، مثل البيانات المناخية بدقة 800 متر تقريبًا فى الولايات المتحدة من PRISM Climate Group (2016). ويعتبر الإشعاع الشمسى عموما ممثلا ممتازًا للمناخ، خاصة فى سيناريوهات حركة واتجاه المناخ. ونماذج الإشعاع الشمسى متاحة على نطاق واسع ويمكن حسابها فى حزم برامج GIS مختلفة.

العمر (Age): على الرغم من عدم اعتباره بشكل عام متغيرًا مشتركًا لـ SCORPAN، إلا أن عمر التربة له تأثير كبير على درجة تطور قطاع وخصائص التربة. ويلعب البشردورًا هامًا فى تغيير الهيئة الطبيعية و/ أو غطاء الأرض، وبالتالى تغيير خصائص (صفات) وفئات التربة واستخدام الأراضى. لذلك، يمكن فى بعض الحالات أن يمثل التأثير البشرى على الهيئة الطبيعية العمر. وأحد الأمثلة على ذلك هو الجزء الشمالى من منطقة لاس فيجاس (Las Vegas)، ولاية نيفادا (Nevada)، حيث قام البشر بتعمير الهيئة الطبيعية الصحراوية الجافة وخلق مساحات خضراء عن طريق الرى. وفى مناطق عديدة، تم تدمير الآفاق الجيرية المتحجرة (petrocalcic)، وتغيير المواطن اللازمة لأنواع النباتات المتوطنة النادرة، كما أدى الرى إلى تغيير خصائص التربة والهيدرولوجيا الإقليمية عن طريق غسيل الأملاح من التربة، ورفع مستوى الماء الأرضى، وتعطيل أنماط تدفق المياه الطبيعية. وقد تشير التغييرات البشرية فى الهيئة الطبيعية والغطاء الأرضى أيضًا إلى خصائص التربة. على سبيل المثال، تشير أجزاء الهيئة الطبيعية المحولة إلى الزراعة إلى موقع التربة التى لها خصائص مرغوبة، مثل محتوى منخفض من قطع الصخور أو مستويات ملوحة منخفضة.

مقياس العمليات والقياسات (Scale of Processes and Measurements)

العمليات المسئولة عن تطور وتوزيع التربة على الهيئة الطبيعية تعمل فى نطاق واسع من المقاييس المكانية، من القارية (مثل الأحداث التكتونية والجليدية) إلى الإقليمية (مثل ترسيب المواد النهرية والرمال التى تذروها الرياح) إلى انحدار التل (الانجراف والترسيب) إلى البيدون (إضافة وإزالة وتحويل ونقل المواد). هذه العمليات وتفاعلاتها وحجمها المكانى يمكن أن تخلق أنماطًا معقدة من التربة. ويجب فهم العمليات وتمثيلها بالقياسات المناسبة لكل من المتغيرات البيئية والملاحظات الحقلية. وتستخدم البيانات الرقمية لتقسيم الهيئات الطبيعية إلى وحدات جيولوجية وجيومورفولوجية متجانسة نسبيًا، تساعد فى فهم هذه العمليات وتطوير تصميم مناسب لجمع البيانات فى هذا المجال.

القياسات الحقلية (Field measurements): تستمد القياسات الحقلية فى رسم الخرائط الرقمية للتربة من النقاط الجغرافية المرجعية. وقد يكون وصف البيدون وبيانات المعمل المرتبطة به كاملة أو مختصرة. والهدف هو التنبؤ بفئات التربة وخصائصها خارج موقع الملاحظات الحقلية. ويجب مراعاة حجم عينة التربة ومساحة أو حجم التمثيل عند تحديد مواقع أخذ العينات الحقلية وتوقيت القياسات (Bouma et al., 1989; Mohanty and Mousli, 2000).

قياسات الاستشعار عن بعد (Remote sensing measurements): يعرف الاستشعار عن بعد أنه "فن وعلم استخلاص المعلومات من قياسات مأخوذة عن بعد" (Colwell, 1997). وتكتشف قياسات الاستشعار عن بعد الإشعاع الكهرومغناطيسى من سطح الأرض بطريقتين مختلفتين: سلبية (passive) ونشطة (active). ويجمع

الاستشعار السلبى المعلومات الكهرومغناطيسية الناتجة عن التفاعل بين طاقة الشمس ومواد السطح، مثل القياسات التى تجمع بواسطة أجهزة استشعار الأقمار الصناعية. ويجمع الاستشعار النشط المعلومات التى يتم إرجاعها من سطح الأرض نتيجة لإشارة منبعثة، مثل LiDAR (Light Detection and Ranging) أو الرادار. (انظر الباب 6 لمزيد من المعلومات حول الاستشعار عن بعد والوسائل الأخرى لاستشعار التربة من قرب).

قياسات الاستشعار عن بعد التى توفر بيانات الارتفاع الرقمى والاستجابة الطيفية تُستخدم عادة فى رسم الخرائط الرقمية للتربة. وينتج عن استشعار الطبوغرافية من بعد عبر أجهزة الاستشعار (مثل الصور الجوية) أو أجهزة الاستشعار النشطة (مثل LiDAR) الحصول على نماذج ارتفاع رقمية. وتستخدم نماذج الارتفاع الرقمية فى رسم خرائط التربة على نطاق واسع وموثق جيدًا لأن الاختلافات فى التضاريس ترتبط ارتباطًا وثيقًا بتوزيع خصائص التربة وفئاتها. ويوفر الاستشعار عن بعد للبيانات الطيفية معلومات مباشرة عن خصائص سطح التربة أو الغطاء النباتى أو المواد الأخرى. والخصائص الطيفية المستشعرة عن بعد على السطح ترتبط بالمتغيرات البيئية التى تتحكم فى تطور التربة. وبالتالى يمكن استخدام الخصائص الطيفية لاستنتاج خصائص التربة الأخرى. على وجه التحديد، يمكن استخدام بيانات الاستشعار عن بعد لرسم خريطة الاختلافات فى التضاريس، المناخ، الكائنات الحية، مادة الأصل، وحتى الزمن (بشكل غير مباشر).

وعند مراجعة مصادر البيانات المستشعرة عن بعد، يجب مراعاة آلية جمع البيانات، وامتداد واتساق البيانات، وحجم البيانات مقارنة بحجم الظواهر الفيزيائية. يجب أيضًا مراعاة التفاصيل المكانية، والأطوال الموجية الطيفية للصور، وحتى موسم العام أو الجوانب الزمنية الأخرى للبيئة المادية التى تؤثر على توقيت الحصول على البيانات.

ونظرًا لأن قياسات الاستشعار عن بعد تُجمع بدرجات دقة مكانية وطيفية مختلفة، فينبغى النظر بعناية فى اختيار البيانات على المقياس المكانى والطيفى المناسب لتمثيل المتغيرات والعمليات البيئية فى منطقة المشروع. ويجب التركيز على المجال المحدد للمشروع، على سبيل المثال، الدقة (resolution) المكانية والطيفية الأكثر ملائمة للأسئلة التى يتم طرحها؟ يجب بعد ذلك مقارنة هذه الاحتياجات مع نطاق البيانات المتوفرة بالفعل فى ظل الميزانية أو القيود الأخرى.

اختيار مصادر البيانات والمعالجة المسبقة (Selecting Data Sources and Preprocessing)

تحديد واكتساب البيانات Identify and Acquire Data

اختيار البيانات أحد أهم الخطوات فى مشروع رسم خرائط رقمية للتربة. ودمج البيانات التى تتطابق مع السؤال أو المشكلة قيد النظر ضرورى لنجاح المشروع. ويجب أن ترتبط خصائص البيانات مباشرة بالخصائص الفيزيائية وعمليات تكوين التربة فى المنطقة. على سبيل المثال، فى المناطق الجبلية، قد يميز DEM 30 متر بشكل مناسب المظاهر المهمة على الهيئة الطبيعية. وفى المناطق ذات التضاريس المنخفضة حيث يكون تكوين التربة مدفوعًا بتغيرات طفيفة جدًا بالتضاريس، قد يكون من الضرورى وجود دقة أعلى بكثير DEM لتوصيف مظاهر التضاريس بشكل مناسب. وأظهر العديد من الدراسات أن العلاقات بين التربة والهيئة الطبيعية موجودة على نطاق من المقاييس (Thompson et al., 2001; Smith et al., 2006; Park et al., 2009). والمعلومات المكانية عادة يجب أن يتم تصغير مقياسها أو زيادته ليتناسب مع المتغيرات البيئية الأخرى.

وقد يتطلب المشروع مزيجًا من البيانات لتمثل بشكل مناسب متغيرات SCORPAN المتعددة التى تؤثر على تطور التربة فى منطقة معينة. وتعتبر مشتقات الارتفاع والمشتقات الطيفية مزيجًا قويًا للتنبؤ بفئات التربة أو خصائصها فى معظم المناطق. ومع ذلك، اعتمادًا على السؤال الذى يتم النظر فيه والمظاهر الطبيعية للمنطقة، قد يتطلب المشروع واحدًا فقط من مصادر البيانات هذه.

وفى الولايات المتحدة، توجد مصادر متعددة لكل من DEMs وصور الاستشعارعن بعد. وأحد أكبر أرشيفات صور

الاستشعار عن بُعد موقع USGS EarthExplorer (USDI-USGS, 2016a). وموقع USGS National Elevation Dataset يوفر DEMs لمعظم الأماكن فى الولايات المتحدة (USDI-USGS, 2016b). وفى عديد من الولايات تتوفر أرشيفات لصور DEMs (USGS و LiDAR) و Landsat و ASTER ويجب التحقق فى أتها مصادر محتملة للبيانات. وتوفر بوابة البيانات الجغرافية المكانية (NRCS Geospatial Data Gateway) أيضًا عديدا من الأنواع المختلفة لطبقات البيانات (USDA-NRCS, 2016a).

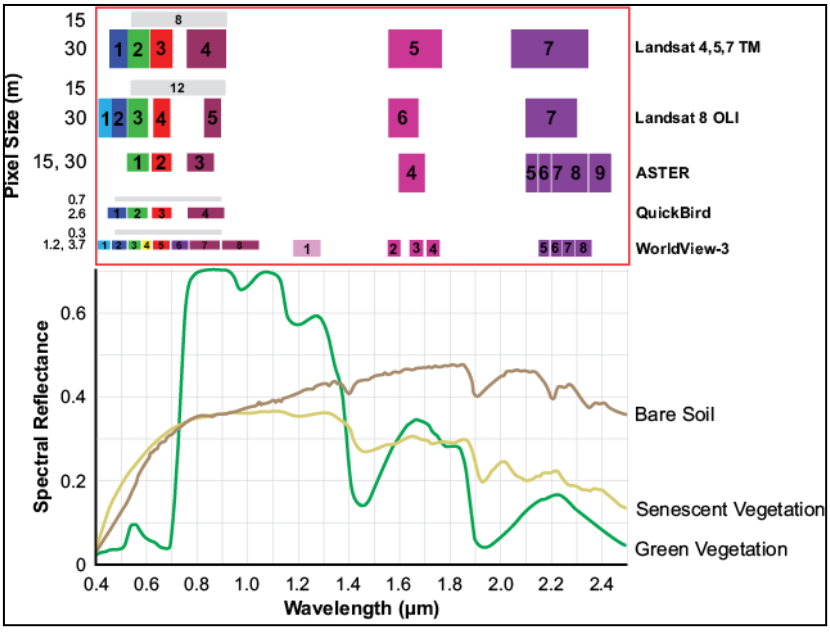
تقييم جودة البيانات (Assess Data Quality)

بمجرد تحديد مصادر البيانات، يجب تقييم جودتها لضمان استخدام أفضل البيانات المتاحة لتطوير النموذج. وتشمل السمات التى يجب مراعاتها الدقة والإسقاط المكانى والوحدات والمصدر.

الدقة (Resolution): أحد أهم السمات التى تراعى عند اختيار البيانات. وتتوفر حاليًا عدة مصادر بيانات عالية الدقة، ولكنها قد لا تعالج المشكلة محل الاعتبار. والبيانات عالية الدقة قد توفر كثيرا من المعلومات وتضيف ضوضاء غير مرغوبة و/ أو تخزين بيانات زائدة وزمن معالجة للتحليل والنمذجة. ويجب مراعاة مقياس المظاهر أو الخصائص الطبيعية على الهيئة الطبيعية عند اختيار الدقة الأنسب.

ويجب مراعاة أنواع الدقة، مكانية، طيفية، زمانية، وإشعاعية. وتطبق الدقة المكانية على جميع مصادر البيانات وتساوى حجم خلية الشبكة. وعند تحديد الدقة المكانية المناسبة، يجب مراعاة السمات ذات الأهمية على الهيئة الطبيعية؛ ويجب أن يكون حجم خلية الشبكة قادرًا على التقاط المظاهر المطلوبة بشكل مناسب. وإحدى القواعد الأساسية هى أن أصغر كائن يتم التعرف عليه يجب أن يكون مكافئًا لأربع خلايا شبكية من DEM (Rossiter, 2003).

وعند اعتبار البيانات الطيفية المستمدة من مصادر الاستشعار عن بعد، قد تكون الدقة الطيفية هى الخاصية الأكثر أهمية. وتشير الدقة الطيفية إلى عدد نطاقات البيانات التى يوفرها المستشعر وأى جزء من الطيف الكهرومغناطيسى يلتقطه. ويكون الجزء الأحمر و NIR من الطيف أكثر أهمية إذا كان التركيز على الغطاء النباتى ويكون جزء SWIR من الطيف أكثر أهمية إذا كان التركيز على المعادن أو مواد الأصل أو التربة الجرداء (شكل 5-1).



شكل 5-1: مقارنة النطاقات الطيفية لأجهزة الاستشعار الشائعة بأطياف الانعكاس للمواد الشائعة.

وتشير الدقة الزمنية إلى الوقت من السنة وتكرار الحصول على الصورة. وقد يكون الحصول على الصور موسمى أو متكررا على مدى عدة سنوات متغيرًا مهمًا. بالإضافة إلى ذلك، من المهم ملاحظة التاريخ إذا تم تجميع عدة صور معًا. ومن الناحية المثالية، يجب الحصول على صور التجميع (mosaic) فى نفس التاريخ أو قريبا منه لتقليل الاختلافات فى ظروف الغلاف الجوى وسطح الأرض. وفى حالة عدم توفر بيانات تفى بهذه المعايير، واستخدام بيانات من سنوات مختلفة، يجب أن تكون البيانات المستخدمة على الأقل من نفس الوقت من العام. ويتراوح معدل تكرار الحصول على الصور عادةً من كل يوم (مثل MODIS و AVHRR) إلى كل 16 يومًا (مثل Landsat).

على الرغم من ندرة اعتبار الدقة الراديومترية، هى سمة مستشعر (sensor) طيف مهمة. وتشير إلى عدد المستويات الرمادية التى يميزها المستشعر. وتصف المستويات الرمادية قيم السطوع (BV) أو قيم العدد الرقمى (DN) المسجلة للصورة. ولأن هذه القيم الكمية أعداد صحيحة، فهى مجرد أعداد صحيحة. لذلك، هناك ارتباط مباشر بين نطاق الأرقام المستخدمة فى وصف الصورة ومستوى التفاصيل فى تباين السطوع.

الإسقاط المكانى (Spatial projection): من المهم التأكد أن جميع البيانات الرقمية هى نفس الإسقاط المكانى (معلومات جغرافية مقابل إسقاط، إلخ) لسهولة المعالجة. ويوجد عديد البرامج يمكن استخدامها لتحديد الإسقاط (إذا كانت البيانات تأتى بدون ملف إسقاط ولكن الإسقاط معروف) وإعادة عرض البيانات. ويجب التحقق من المرجعية الجغرافية للبيانات بمقارنة المظاهر الرئيسية فى مصدر البيانات بنفس المظاهر فى مصدر صورة موثوق، مثل البرنامج الوطنى للصور الزراعية (NAIP). وإذا كان المرجع الجغرافى يحتاج إلى تصحيح، فعديد من البرامج تقدم هذه الوظيفة.

الوحدات ونوع البيانات (Units and data type): فهم وحدات البيانات وكيفية تفسيرها مهم. وإذا كانت الوحدات بين مصادر البيانات غير متوافقة (على سبيل المثال، أقدام مقابل أمتار لـ DEM)، فقد يلزم تحويل القيم. ويجب ملاحظة نطاقات البيانات لأنها ستؤثر على طرق تصنيف معينة.

يجب أيضًا ملاحظة نوع البيانات وكيفية تخزينها، مثل ما إذا كانت البيانات نقطة عائمة (تحتوى على كسور عشرية) أو عددًا صحيحًا (integer) وعدد وحدات أجزاء (bits) البيانات. وبالنسبة للأعداد الصحيحة، تكون بيانات 1-bit ثنائية (binary) وتخزن قيمتين (0 و 1)، ويمكن لبياناتbit-8 تخزين 256 قيمة، ويمكن لبيانات 16-bit تخزين 65536 قيمة. وأرقام النقطة العائمة إما مفردة (32 bit) أو مزدوجة (64 bit). وجانب آخر يجب مراعاته هو نوع الملف: موضوعى (منفصل، فئوى) أو مستمر. وتكون البيانات الموضوعية عادةً عددًا صحيحًا والبيانات المستمرة نقطة عائمة. والأرقام فى مجموعة البيانات المستمرة لها معنى جوهرى وتمثل قياسات فيزيائية حقيقية (الارتفاع أو الانعكاس) أو هى نتيجة لعملية حسابية تم إجراؤها على البيانات (على سبيل المثال، مؤشر الرطوبة من الارتفاع، نسبة النطاق الطيفى من الانعكاس). فى المقابل، تمثل البيانات الموضوعية (الفئوية) عادةً فئة مفسرة. ويمكن عادةً العثور على جميع المعلومات اللازمة لفهم البيانات بشكل صحيح فى بيانات وصف الملف (metadata).

مشاكل البيانات (Data issues): قد يحدث عديد من المشكلات المتعلقة بالبيانات، ويمكن حل معظمها أثناء المعالجة المسبقة. وبالنسبة للصور الطيفية، تتضمن المشكلات السحب والدخان وبريق الشمس وفقدان البيانات والمعايرة. ويجب استخدام صورة أخرى ذات جودة أفضل، إن أمكن. ويُفضل استخدام الصور الخالية من السحب والدخان لأن هذه المشكلات لا يمكن حلها من خلال المعالجة المسبقة. وفى حالة عدم توفر صورة بديلة، يجب تجربة تقنيات المعالجة المسبقة للبيانات لتقليل تأثير بريق الشمس أو فقدان البيانات أو مشكلات المعايرة على التحليل.

ويتم تطوير بيانات الارتفاع لنمذجة معالم تضاريس الأرض الجرداء من عدد من المصادر، ولكل مصدر مجموعة

فريدة من المشكلات. والشكل الأكثر استخدامًا لبيانات الارتفاع فى رسم الخرائط الرقمية للتربة هو سطح نقطى يتكون من نسيج من الخلايا مرتبة فى صفوف وأعمدة. ويمكن استيفاء قيم الارتفاع فى الخلايا من النقاط أو الخطوط الكنتورية. ويتم عادة تقرير دقة قيم الارتفاع نفسها لمصادر البيانات ويشار إليها فى البيانات الوصفية. والتعبير عن الدقة عادةً باستخدام خطأ الجذر التربيع المتوسط (RMSE) المرتبط بالخطأ المطلق لسطح الارتفاع. وتتطابق قيم RMSE الأصغر بشكل أكبر مع الارتفاعات المطلقة للسطح النموذجى. وتحدد الدقة المكانية للخلية مستوى تفاصيل التوصيف التى يمكن تحقيقها لتحليل مظاهر تضاريس الأرض الجرداء. ويجب ألا يتجاوز حجم الخلية المستخدمة مستوى دقة بيانات المصدر.

DEMs المشتقة من جغرافية الارتفاعات (hypsography) (بيانات الكنتور الرقمية)، والتى تسمى أيضًا HypsoDEMs، سيكون لها تحيز خط كنتور خاص، يعبر عنها كهيئة طبيعية مصاطب صناعية. وقد تحتوى DEMs الناتجة أيضًا على حواف مسطحة وقمم وتقاطعات غير واضحة بين الانحدارات السفلى(footslopes) والعليا (toeslopes). ويكون فاصل خط الكنتور عاملاً حاسمًا عند النظر فى استخدام البيانات المشتقة من DEM لتحليل التضاريس، خاصة فى مناطق التضاريس المنخفضة. والمنتجات المشتقة من HypsoDEM التى يتجاوز فاصل خط الكنتور فيها التغير فى التضاريس سوف تعرض مظاهر تعكس مواقع خطوط الكنتور وليس مظاهر سطح الأرض. ولا تتوفر حلول مرضية لتصحيح هذه المشكلة.

وقد تحتوى DEMs المنتجة من LiDAR على مناطق من عدم اليقين مرتبطة بالنباتات ووجود الماء. ومناطق الغطاء النباتى الكثيف تكون الأشعة المنعكسة من سطح الأرض الفعلى قليلة أو معدومة. ونادرًا ما يستقبل مستشعر LiDAR أشعة منعكسة عند وجود مياه سطحية. والمناطق ذات المياه الضحلة جدًا لن يتم جمع أى بيانات منها أو ستحتوى على نقاط حيث تلامس النبضات الغطاء النباتى فوق سطح الماء. فى هذه الحالات، سيكون للـ DEM ارتفاعات أكبر من سطح الأرض الفعلى. وإذا كانت هناك بقع منعزلة من نباتات كثيفة، فقد تحدث طفرات (spikes) صناعية فى DEM. وفى المناطق ذات غطاء أرضى مختلط، مثل الأراضى المنزرعة محاصيل وأراضى أشجار الأخشاب الصغيرة، قد يكون تأثير الأخيرة واضحًا. وقد يساعد إجراء مرشح بؤرى أدنى مع عمليات صقل بؤرى تكرارى فى تقليل هذه المشكلات.

DEMs المنتجة من الرادار (مثل رادار النطاق X، على سبيل المثال، IFSAR) لا تمثل سطح الأرض الجرداء عند وجود نباتات ما لم يتم تعزيزها ببيانات ارتفاع من مصدر آخر. على عكس LiDAR، لا يخترق IFSAR الذى يتم إنتاجه باستخدام رادار x-band بشكل كافٍ الغطاء النباتى لنمذجة سطح الأرض الجرداء. بالإضافة إلى ذلك، IFSAR غير حساس لمظاهر بتغيرات مفاجئة فى الانحدار، مثل الحواف الضيقة المحدبة أو المنخفضات المقعرة المغلقة. ونظرًا لأن DEMs من مصدر هذه البيانات قد يكتم التعبير عن هذه المظاهر، فيجب إجراء تعديلات لتعكس بدقة مشتقات التضاريس مثل الانحدار أو الانحناء، أو يجب الاعتراف بالتمثيل الأقل تحديدًا للمظاهر.

قد تكون Artifacts مشتقة من مخطط إدارة البيانات المستخدم فى بيانات المصدر واضحة مع DEMs مطورة من بيانات LiDAR أو بيانات الرادار. ويعتبر Tiling طريقة فعالة لإدارة ومعالجة كميات كبيرة من بيانات المصدر. وتنظم البيانات فى شبكات مستطيلة صغيرة منتظمة. وقد يؤدى التقاطع بين القطع المتجاور إلى إنتاج قطع artifacts غير مقصودة. وقد تتمكن عملية واحدة أو عدة عمليات صقل (جاوسية أو بؤرية) من مزج هذه القطع الأثرية بشكل مناسب. ومع ذلك، فإن أفضل ممارسة هى استشارة مصدر البيانات الأصلى (إذا كان متاحا).

تنظيم البيانات (Organize Data)

خطة إدارة البيانات مطلوبة فى بداية المشروع. ويجب أن تتضمن هيكل دليل عام، طريقة تسمية الملفات، المعيار الأدنى للبيانات الوصفية أو وسائل التوثيق الأخرى، وعملية النسخ الاحتياطى للبيانات. هذه الخطة مهمة خاصة إذا

كان المشروع سيشمل عدة أعضاء من الفريق للوصول إلى نفس البيانات واستخدامها. ويجب أن تكون بسيطة لكى يتمكن الأعضاء من تنفيذها يسهولة.

وأحد الأساليب هو الاحتفاظ بمصادر البيانات الأصلية منفصلة عن البيانات المعالجة. ويجب أن تمثل بنية المجلد الخطوات فى العملية، ويجب أن تعكس أسماء المجلدات والملفات محتواها. ويجب الاحتفاظ بخطوات المعالجة والتحليل واصطلاح تسمية الملفات فى مستند منفصل أو فى بيانات التعريف. ويمكن استخدام خطوات معالجة المشروع كدليل لتنظيم البيانات، بغض النظر عن بنية المجلد واصطلاحات التسمية.

بيانات ما قبل العملية (Preprocess Data)

نادرًا ما تكون البيانات بتنسيق قابل للاستخدام على الفور. وعادة تكون هناك حاجة إلى معالجة مسبقة قبل تحليل البيانات أو النمذجة. وبعض الإرشادات الأساسية للمعالجة المسبقة للبيانات هى:

- التأكد من أن جميع البيانات فى نفس الإسقاط ولها نفس الامتداد.
  - حدد الحدود الطبيعية لمنطقة المشروع إن أمكن وقم بتضمين عازل حول محيط المنطقة عند قص البيانات أو تعيينها جزئيًا للمعالجة. هذا يقلل أو يلغى تأثير الحافة المحتمل من المعالجة على طول هوامش مجموعة البيانات.
  - استخدم نظام snap raster للحفاظ على التناسق فى انتظام خلايا الشبكة.
- التحقق من صحة الإسناد الجغرافى مع مصدر صورة موثوق (على سبيل المثال، NAIP).
- جعل الدقة المكانية (حجم خلية الشبكة) بين الطبقات طبيعية.
  - إذا تم دمج مجموعات بيانات متعددة، فقد يكون من الأفضل أن تشترك فى دقة مكانية مشتركة.
- تتضمن بيانات الارتفاع إعداد DEM:
  - ملء الأحواض وتهذيب القمم؛
  - إزالة القطع الأثرية الخطية من صنع الإنسان (مثل الطرق والسكك الحديدية و قنوات الممرات المائية)؛
  - استخدام مرشح ترددات منخفضة أو لوغارتمات تسوية أخرى؛ و
  - ضمان أن المشتقات القائمة على الهيدرولوجيا (مثل تراكم التدفق، منطقة مساهمة الانحدار الأعلى، مؤشر الرطوبة الطبوغرافى، ومؤشر قوة المجرى) تشمل مستجمعات المياه بأكملها من أجل التفسير المتسق وتطبيق القيم عبر منطقة المشروع بأكملها.
- بالنسبة للبيانات الطيفية، يطبق توحيد الصورة أو التصحيح الجوى لحساب انعكاس السطح عند:
  - تجميع (Mosaicking) الصور من أجل التصنيف (إذا لم يتم الحصول على الصور فى نفس اليوم/ الوقت وتحت نفس الظروف الجوية)؛
  - حساب نسب النطاق؛
  - استخراج المعلومات الفيزيائية الحيوية من الصورة (الكتلة الحيوية، NDVI)؛ و
  - امتداد توقيعات الفئات عبر صور متعددة، خاصةً إذا تم الحصول على الصور فى تاريخ أو موقع مختلف.

وتتوفر منتجات انعكاس السطح من الأقمار الصناعية الأمريكية Landsat 4, 5, 7, 8 من USGS EarthExplorer (USDI-USGS, 2016a).

- إذا كان الموزايك مطلوبًا، تطبق جميع عمليات المعالجة المسبقة قبل تجميعه.
- ترتيب المنطقة فى طبقات لتقليل التباين فى التحليل أو النمذجة أو التصنيف.
  - اختيار ترتيب طبقى ينطبق على الهدف العام للمشروع ويعتمد على الحدود الطبيعية، مثل الجيولوجيا والارتفاع والمناطق الفيزيوجرافية وما إلى ذلك.

استكشاف البيانات وتحليلات الهيئات الطبيعية / الأشكال الأرضية

(Data Exploration and Landscape/Landform Analyses)

تتطلب عملية رسم الخرائط الرقمية للتربة استكشاف البيانات المتاحة للمشروع وربطها بمتغيرات SCORPAN الرئيسية والمعرفة البيدولوجية. ومع وضع عمليات التربة والهدف النهائى للمشروع فى الاعتبار، يجب استخدام تحليل الاستكشاف لتحديد ما إذا كانت البيانات ستوفر معلومات كافية عن تنوع وتوزيع المتغيرات الرئيسية عبر منطقة الاهتمام. وبشكل عام، يتم اكتشاف تباين غير متوقع فى البيانات ويلزم إجراء تقييم لتحديد ما إذا كانت المعلومات الحقيقية أو الضوضاء ممثلة. وفى معظم الحالات، يعد تطوير مشتقات البيانات الطيفية أو التضاريس أمرًا ضروريًا لاستغلال البيانات إلى أقصى إمكاناتها للتنبؤ بفئات التربة أو خصائصها.

اشتقاق سمات التضاريس (Deriving Terrain Attributes)

تُشتق سمات التضاريس من DEMs ويتم تمثيلها عادةً باستخدام تصميم البيانات النقطية. كما يمكن تمثيل الارتفاع كنقاط مثل عائدات LiDAR أو شبكات غير منتظمة مثلثة (TIN)، ولكن يُفضل عادةً تنسيق البيانات النقطية نظرًا لمرونته الأكبر. ويتم تطوير بيانات الارتفاع عادةً من بيانات الكنتور أو الحصر الطبوغرافى أو LiDAR. ويمكن تجميع سمات التضاريس على نطاق واسع فى فئتين: (1) سمات أساسية، التى تحسب مباشرة من DEM؛ و (2) سمات مركبة، وهى مجموعات من السمات الأساسية (Moore et al., 1991). وقد تطور مجال الجيومورفومترى (geomorphometry) (Hengl and Reuter, 2008) مع تكنولوجيا GIS ويساهم فى تطوير قائمة سمات التضاريس. ويسرد الجدول 5-1 بعض السمات شائعة الاستخدام فى رسم الخرائط الرقمية للتربة. وتتوفر قائمة شاملة فى Wilson and Gallant (2000). وكل سمات التضاريس هذه يمكن حسابها باستخدام حزم البرامج الإحصائية ونظم المعلومات الجغرافية المتاحة عادة (مثل ArcGIS، SAGA، R).

والمتغير الحرج الذى يجب مراعاته عند حساب مشتقات التضاريس هو حجم الجوار (neighborhood) المستخدم. وتستخدم عملية GIS النقطية النموذجية نافذة متجولة من 3 × 3 خلايا عند حساب المشتقات الأولى والثانية، مثل درجة وانحناءات الانحدار، على التوالى. وقد تكون هذه النافذة الصغيرة مشكلة إذا كان المصدر DEM بدقة عالية (على سبيل المثال، <10 أمتار) أو يحتوى على ضوضاء كبيرة. على سبيل المثال، حساب درجة انحدار من NED DEM بدقة 3 أمتار لمنطقة فى الغرب الأوسط للولايات المتحدة باستخدام جوار نموذجى 3 × 3 ينتج سطحًا صاخبًا، بينما ينتج جوار أكبر سطحًا أكثر سلاسة يمثل بشكل أفضل أنماط الانحدار التى تحكم توزيع التربة.

حجم الجوار الممتد الذى يتم من خلاله حساب مشتقات DEM يسمح بالمرونة فى رسم السمات المحلية أو الإقليمية. وكلما زاد حجم الجوار، زاد التركيز على الاتجاهات العامة والسمات الكبيرة. ويجب تحديد حجم الجوار الأكثر ملاءمة لأهداف النمذجة قيد التحقيق. ويجب أن تختلف أحجام الجوار وفقًا لخاصية التضاريس التى يتم حسابها. على سبيل المثال، يتم حساب سمة مثل الوعورة الطبوغرافية عادة باستخدام جوار أكبر لتوصيف اتجاه إقليمى (مثل إقليم جيومورفولوجى/ فيزيوجرافى) وعادةً ما يتم تصميم درجة الانحدار كسمة محلية (مثل، انحدار التل).

وسمات التضاريس القائمة على الهيدرولوجيا يجب حسابها باستخدام امتدادات تشمل مستجمعات المياه السليمة

الكاملة. وسمات التضاريس مثل منطقة الانحدارالأعلى (تراكم التدفق)، مؤشر الرطوبة، مؤشر طاقة التدفق، ودرجة مسافة الانحدار الأسفل سيكون لها قيم مخرجات متسقة وموحدة عند حسابها لمستجمعات المياه الكاملة، وسيكون لقيم المخرجات نفس المعنى عند مقارنتها عبر مستجمعات المياه المختلفة .

جدول 5-1: سمات التضاريس الأساسية والمركبة المستخدمة فى الخرائط الرقمية للتربة.

Attribute	Measures	Biophysical property
Primary		
Curvature	Second derivative of slope	Flow characterization, i.e., runoff or run-on
Relief, a.k.a. Topographic Ruggedness (Riley et al., 1999)	ABS (Zmax – Zmin) for specified neighborhood	Broad characterization of terrain (infers parent material)
Normalized Slope Height, a.k.a. Relative Elevation or Relative Position	(Z – Zmin)/(Zmax – Zmin) where Z = elevation of center cell for specified neighborhood	Relative landform position, catenary sequence, vegetation distribution
Compound		
Solar Radiation (Hofierka and Suri, 2002)	Estimates potential or actual incoming solar radiation for specified time interval	Solar energy incidence on surface, a means of modeling aspect
Wetness Index, i.e., Topographic Wetness Index (Moore et al., 1991)	W = (A/S) where A = upslope contributing area for a cell and S = the tangent of slope gradient	Spatial distribution of zones of saturation for runoff (assumes uniform soil transmissivity within the catchment)
Potential Drainage Density (Dobos and Daroussin, 2005)	Cell count of stream segments within specified neighborhood	A measure of landscape dissection
Morphometric Protection Index (Olaya and Conrad, 2009)	A measure of topographic openness	Plant communities, soil development, impact of wind
Multi-Resolution Valley Bottom Flatness Index and Ridge Top Flatness Index (Gallant and Dowling, 2003)	Process to differentiate valley floor and ridgetop positions	Landscape position
Geomorphon (Jasiewicz and Stepinski, 2013)	Landform classification based on line-of-sight	Crisp landform classes, catenary sequence

عامل آخر يتعلق بالسمات القائمة على أساس هيدرولوجى هو طريقة تحديد اتجاه التدفق. وقد طور أحد اللوغاريتمات الأولى تدفقًا محدودًا إلى أحد الاتجاهات الثمانية فى جوار 3 × 3. يُعرف باسم لوغاريتم 8 (D8) الحتمى (O'Callaghan and Mark, 1984). ويعمل لوغاريتم D8 بشكل جيد إذا كانت مسارات التدفق محصورة فى مناطق التدفق المركز ولا توجد سوى خلية واحدة ذات ارتفاع منخفض لتوجيه التدفق نحوها. وتحدث المشاكل إذا كان التدفق منتشرًا. واللوغاريتمات الأحدث، مثل طريقة اتجاه التدفق المتعدد (MFD) (Quinn et al., 1991) أو طريقة اللانهاية القطعية (Dinf) (Tarboton, 1997)، تخصص التدفق لاتجاهات متعددة وبالتالى تجعل مسار التدفق يمثل بشكل أفضل الطبيعة المنتشرة لتدفق المياه.

وعديد من سمات التضاريس المدرجة فى جدول 5-1 أو فى Wilson and Gallant (2000) يناسب تقسيم مناطق الدراسة أو تحديد مناطق إقليمية واسعة. وهى تشمل الوعورة الطبوغرافية (Riley et al., 1999)،

والوعورة بسبب التضاريس والاتجاه (Behrens, 2003)، Hammond's Landforms (1954, 1964), Iwahashi and Pike's Topographic Classification (2007), Fuzzy Landform Elements (Schmidt and Hewitt, 2004), and Geomorphons (Jasiewicz and Stepinski, 2013). حيث أن معظم هذه السمات يعتمد على جوار كبير، فيمكن استخدامها لوصف الخصائص الإقليمية. وقد يكون إنشاء مجموعات من هذه السمات مفيدًا أيضًا. على سبيل المثال، قد تكون الطبقة الهشة (أى عناصر Geomorphon للتضاريس) بالاشتراك مع الارتفاع النسبى مفيدة فى تحقيقات العلاقة بين الانحدارات الخلفية العلوية والمتوسطة والسفلية (Libohova et al., 2016).

مشتقات البيانات الطيفية (Spectral Data Derivatives)

عادة تحول البيانات الطيفية (ولا تستخدم كنطاقات طيفية خام) من أجل التأكيد على البصمات الطيفية المفيدة. واشتقاق البيانات الطيفية هو ببساطة تحويلها، سواء أرقام أو انعكاس السطح، إلى متغير طيفى مركب جديد. وتتضمن هذه التحولات عادةً مزيجًا من القيم الطيفية فى نطاقين أو أكثر. وتمثل النطاقات الأصلية قياس الإشعاع لنطاق طيفى معين، بينما يحول المشتق البيانات ويمثل عادةً بعض المعلومات المفيدة للتحليل اللاحق.

المشتقات الطيفية مفيدة لعدة أغراض، تتضمن: (1) مؤشرات خصائص فيزيائية حيوية مرتبطة عادة بمتغيرات بيئية مشتركة (SCORPAN)؛ (2) تقليل البيانات عن طريق تركيز المعلومات فى نطاقات جديدة قليلة؛ (3) تثبيط اختلاف الإضاءة المتعلقة بالطبوغرافية (تعتبر مشوشة وليست معلومات). من هذه التحولات الطيفية، من المحتمل أن يكون تحويل البيانات الطيفية إلى مؤشرات للخصائص الفيزيائية الحيوية هو الأكثر أهمية لرسم الخرائط الرقمية للتربة. وتتعلق المؤشرات الفيزيائية الحيوية الأكثر فعالية والأكثر استخدامًا بوفرة الغطاء النباتى ويرجع ذلك جزئيًا إلى أن الغطاء النباتى له نمط انعكاس طيفى مميز. ومع ذلك، فإن أى خاصية طبيعية، بما فى ذلك معادن التربة والرطوبة، يمكن أن تكون محور تحول إذا كان لها تأثير قابل للقياس على الانعكاس الطيفى الذى يمكن أن يميزها عن المواد السطحية الأخرى فى الصورة. وأكثر التحويلات الطيفية استخدامًا هى نسب النطاق، وتحليل المكونات الرئيسية، وتحويل Tasseled Cap(Kauth-Thomas).

نسب النطاق (Band ratios): يمكن استخدام نسب النطاقات الطيفية لإبراز الفروق بين مظاهر الانعكاس والامتصاص (Jensen, 2005). والنوعان من النسب الشائع استخدامهما هما البسيط (simple) والعادى (normalized). وتقسم **النسب البسيطة** ببساطة العدد الرقمى (DN) أو قيمة انعكاس السطح (%) لنطاق مستشعر على الآخر (على سبيل المثال، النطاق 1 / النطاق 2). وتقسم النسب العادية الفرق بين نطاقين على مجموع النطاقين. ولأن النسب لا تعتمد على الصورة (scene)، يمكن مقارنة النسب من صور (images) مختلفة. ويسرد جدول 5-2 نسب النطاق شائعة الاستخدام. ويجب التحقق من المعلومات فى صورة النسبة بالمعرفة المسبقة عن المنطقة أو بيانات أخرى مقاسة. ويمكن تطوير نسب متخصصة على أساس مظهر السطح الذى يعكس عاليا فى نطاق (band) ويمتص كثيرا فى نطاق آخر، مثل الجبس (Nield et al, 2007). ويجب حساب النسب على الصور المصححة أو القياسية (الصور المحولة لانعكاس السطح).

تحليل المكونات الأساسية (Principal components analysis): فى تطبيقات الاستشعار عن بعد، تحليل المكونات الرئيسية (PCA) هو تحويل بيانات تعتمد على الصورة وتختلف اعتمادًا على الخصائص الطيفية للبكسل (pixels) فى الصورة. ونظرًا لأن كل تحويل PCA يكون فريدا، فلا يمكن مقارنة نتائج تحويل PCA مباشرةً من صورة إلى تلك الموجودة فى صورة أخرى. هذا الشرط هو قوة وضعف فى نفس الوقت: قوة لأن التحويل سوف يسلط الضوء على المعلومات الموجودة فى صورة معينة، ونقطة ضعف لأن تفسير نتائج تحويل PCA يمكن أن يكون صعبًا (على سبيل المثال، يكون PCA لكل صورة مختلفًا ويجب تفسيره بناءً على تحويله المحدد).

وتحويل PCA هو دوران وترجمة عدد من نطاقات بيانات الصورة الأصلية لإنتاج نطاقات من بيانات جديدة، تكون

متعامدة (orthogonal) أو متعامدة (perpendicular) تبادليا فى مساحة ميزة طيفية (n-dimensional) وغير مرتبطة. ونتيجة هذه الطريقة فى ترتيب النطاقات الجديدة هى أن معظم التباين سيتركز فى مجموعة فرعية من نطاقات الكمبيوتر (Jensen, 2005). ويقلل PCA من تباين البيانات فى نطاقات أجهزة الكمبيوتر الجديدة، وهو تقليل قد يكون مرغوبًا فيه. ويجب فحص نطاقات الكمبيوتر الناتجة بعناية لتحديد النطاقات الجديدة التى تحتوى على معظم المعلومات ويمكن أن تكون مفيدة للغاية فى التحليل والنمذجة اللاحقة. وأجهزة الكمبيوتر الأكثر فائدة هى 1، 2، 3، ولكن يجب تقييمها لكل صورة فردية). ويتوفر تحويل PCA فى عديد من حزم البرامج ولا يتطلب صورة مصححة جويا (surface reflectance).

جدول 5-2: نسب النطاقات الطيفية المستخدمة فى رسم خرائط التربة الرقمية*.

Ratio name	Equation	Sensor/bands	Biophysical property
NDVI[1] (Normalized Difference Vegetation Index)	NIR – Red NIR + Re Values range from -1 to 1	Red and Near Infrared bands; Landsat 5, 7—bands 3, 4; Landsat 8—bands 4, 5	Healthy green vegetation
Soil Enhancement Ratios[2]	1) Red/Green: carbonates 2) Red/SWIR(a): iron 3) SWIR(a)/SWIR(b): hydroxyls (clay)	See band combinations for carbonate, iron, hydroxyls (clay) ratios below	Three simple ratios for carbonate, iron, and hydroxyls (clay) are combined into one three-layer image
Carbonate Normalized Ratio[3]	Red – Green Red + Green Values range from -1 to 1	Red and Green bands; Landsat 5, 7—bands 3, 2; Landsat 8—bands 4, 3	Calcium carbonate-bearing minerals
Iron Normalized Ratio[4]	Red – SWIR(a) Red + SWIR(b) Values range from -1 to 1	Red and SWIR bands; Landsat 5, 7—bands 3, 7; Landsat 8—bands 4, 7	Iron-bearing minerals
Clay (hydroxyls) Normalized Ratio[5]	SWIR(a) – SWIR(b) SWIR(a) + SWIR(b) Values range from -1 to 1	SWIR bands; Landsat 5, 7—bands 5, 7; Landsat 8—bands 6, 7	Clay or hydroxyl-bearing minerals
Rock Outcrop Normalized Ratio[6]	SWIR(a) – Green SWIR(b) + Green Values range from -1 to 1	SWIR and Green; Landsat 5, 7—bands 5, 2; Landsat 8—bands 6, 3	Sedimentary (bright pixels) vs. igneous (dark pixels) parent material
Ferrous Normalized Ratio	SWIR(a) – NIR SWIR(a) + NIR Values range from -1 to 1	SWIR bands; Landsat 5, 7—bands 5, 4; Landsat 8—bands 6, 5	Ferrous iron-bearing minerals

* For documentation and ERDAS Imagine models available for most ratios listed, see USDA-NRCS (2016b).

[1] Jensen, 2005

[2] Developed by U.S. Bureau of Land Management

[3] The carbonate band from the Soil Enhancement Ratio (see above) as a normalized index

[4] The iron band from the Soil Enhancement Ratio (see above) as a normalized index

[5] The clay band from the Soil Enhancement Ratio (see above) as a normalized index

[6] Bodily, 2005; Stum et al., 2010

تحويل Tasseled Cap (Kauth-Thomas): تحويل Tasseled Cap مشابه لـ PCA من حيث أنه تحويل متعامد متعدد النطاقات. وعلى عكس PCA، توجه الدورات لالتقاط خصائص فيزيائية حيوية محددة وليست خاصة بالصورة. وقد تم تطوير تحويل Tasseled Cap الأصلى لبيانات Landsat MSS ثم امتد لبيانات Landsat TM. وقد استند إلى تحليل البيانات الزراعية من الغرب الأوسط للولايات المتحدة ولكن منذ ذلك الحين تم استخدامه عالميًا وللمناطق غير الزراعية (بما فى ذلك الغابات والتطبيقات الحضرية).

ويعتمد تحويل Tasseled Cap على ملاحظة أن معظم التباين فى بيانات Landsat TM يمكن تفسيره بثلاث خصائص: (1) السطوع (brightness)، وهو يشبه متوسط قيمة DN عبر جميع النطاقات؛ (2) الخضرة (greenness)، وهى مقياس لوفرة الغطاء النباتى، مشابه لمؤشر الغطاء النباتى، ولكنه يشمل جميع النطاقات وليس فقط الأحمر و NIR؛ و (3) الابتلال (wetness)، الذى يميل إلى الارتباط بكمية الماء الموجودة. وهو متوفر فى حزم برامج معالجة الصور، مثل ERDAS Imagine، ويتطلب صورة مصححة جويا (انعكاس السطح) (Jensen, 2005).

اختيار المتنبئين المناسبين (Selection of Appropriate Predictors)

بعد استكشاف البيانات وتأسيس التضاريس و/ أو المشتقات الطيفية المناسبة، وقبل بدء عملية بناء النموذج، يجب اختيار مجموعة مثالية من متغيرات التوقع (covariates). ويتطلب رسم الخرائط الرقمية للتربة متغيرات بيئية مكانية شاملة (SCORPAN) تتعلق بصنف التربة أو الخاصية محل الاهتمام. وإنتاج عشرات إلى مئات من المتغيرات المشتركة يكون غير مكلف وسهل نسبيًا (Brungard et al., 2015; Miller et al., 2015; Xiong et al., 2014)، لا سيما عند استخدام نماذج الارتفاع الرقمية متعددة الدقة (Behrens et al., 2010; Roecker and Thompson, 2010; Smith et al., 2006). وبالرغم من إمكانية استخدام جميع المتغيرات المشتركة المتاحة كمتغيرات توقع فى النمذجة، فمن الأفضل تحديد مجموعة فرعية مثالية. ويؤدى تضمين متغيرات مشتركة غير سائدة إلى زيادة عدم اليقين فى النموذج، خاصةً للنماذج الخطية. وتقليل المتغير المشترك (المعروف أيضًا باسم اختيار الميزة) مهم أيضًا لأنه مع زيادة عدد المتغيرات، تزداد فرصة زيادة ملاءمة النموذج ومقدار زمن الحساب. وعلاوة على ذلك، فإن النماذج الأبسط تكون أسهل فى التفسير.

ويجب دمج المعرفة البيدولوجية فى عملية اختيار المتغير المشترك (كما هو موضح سابقًا فى هذا الباب) لأن رسم الخرائط الرقمية للتربة يكون أكثر دقة عندما يجرى أساسيا بواسطة خبير لديه معرفة كبيرة بنظام التربة (Kuhn and Johnson, 2013). وإذا كانت المعرفة البيدولوجية مفقودة أو غير مؤكدة (خاصة فيما يتعلق بالمقياس) و/ أو إذا كانت طبقات البيانات المتعددة تمثل نفس متغير SCORPAN، فيجب استخدام هذه الطرق. وفى بعض الحالات، يمكن أن تحدد طرق اختيار المتغيرات المشتركة شبه الآلية (semi-automated) مجموعة فرعية من متغيرات من مجموعة أكبر من جميع المتغيرات المتاحة بحيث يتم تحسين دقة التنبؤ مع أقل عدد من المتغيرات المشتركة (Nilsson et al., 2007; Xiong et al., 2014). ويجب استخدام المعرفة البيدولوجية وطرق اختيار المتغيرات شبه الآلية معًا (Kempen et al., 2009; Kuhn and Johnson, 2013).

ويمكن تجميع طرق اختيار المتغير المشترك شبه الآلية فى فئتين: غير خاضعة (unsupervised) وخاضعة (supervised) للإشراف (Kuhn and Johnson, 2013). وتقوم الطرق غير الخاضعة للإشراف بتقييم الصلة المتغيرة خارج النموذج التنبئى عن طريق اختيار المتغيرات المشتركة التى تجتاز بعض المعايير (Kuhn and Johnson, 2013). وتحدد الطرق الخاضعة للإشراف المتغيرات المشتركة المثلى من خلال تحديد مجموعة المتغيرات المشتركة التى تزيد من القدرة التنبؤية للنموذج (Kuhn and Johnson, 2013).

وتشمل طرق اختيار المتغير المشترك الخاضعة للإشراف الاختيار الأمامى والخلفى، التدعيم المحاكى (simulated annealing)، الخوارزميات الجينية، وخوارزمية بوروتا (Boruta algorithm). ويضيف

الاختيار الأمامى والخلفى بشكل متكرر (الاختيار الأمامى) المتغيرات المشتركة أو يزيل (الاختيار الخلفى) المتغيرات المشتركة لتحديد أى المتغيرات المشتركة غير مهمة. ويكون الاختيار الأمامى والخلفى مفيدًا بشكل خاص للارتداد (regression) الخطى عند دمجه مع معيار معلومات Akaike (AIC). ويعد حذف الميزة regression أحد أشكال الاختيار الخلفى الذى يتجنب ملاءمة نماذج متعددة فى كل خطوة (Guyon et al., 2002; Kuhn and Johnson, 2013). ويعدل التدعيم المحاكى مجموعة فرعية عشوائية أولية من المتغيرات المشتركة بناءً على احتمالية التناقص ببطء، بحيث يصبح من غير المرجح على مدى عدد من التكرارات أن يتم اختيار مجموعة متغيرة دون المستوى الأمثل (Kuhn and Johnson, 2013). وتقوم الخوارزميات (algorithms) الجينية بتغيير مجموعات المتغيرات المتعددة عشوائيا حتى يتم تحديد مجموعة المتغير المشترك التى تنتج النموذج الأكثر دقة. وتسجل خوارزمية Boruta كل متغير مقابل مجموعة من المتغيرات المشتركة العشوائية. وتعتبر المتغيرات المشتركة التى لها درجات أهمية أكبر بكثير من المتغيرات المشتركة العشوائية وثيقة الصلة (Kursa and Rudnicki, 2010). إضافة إلى ذلك، تقوم نماذج إحصائية tree- and rule-based عديدة (مثل الغابات العشوائية (random forests)، النماذج التكعيبية(cubist models) ، وشرائح الانحدار التكيفية متعددة المتغيرات (multivariate adaptive regression splines)، ونماذج لاسو (lasso models)) باختيار المتغير المشترك الداخلى.

ولأن كل طريقة خاضعة للإشراف لها نهج مختلف لاختيار المتغير المشترك، فإن الطرق المختلفة تحدد مجموعات المتغيرات المشتركة المثلى المختلفة. ومن المفيد عموما مقارنة طرق اختيار المتغيرات المشتركة المتعددة تحت الإشراف. ويمكن العثور على تطبيقات هذه الأساليب فى حزم الإقحام (Kuhn et al., 2015) و Boruta (Kursa and Rudnicki, 2010) لبرنامج R للحسابات الإحصائية (R Core Team, 2013).

يمكن استخدام طرق تقليل المتغير المشترك غير الخاضعة والخاضعة للإشراف معًا. على سبيل المثال، فى دراسة لرسم خرائط رقمية لعمق التربة فى جنوب شرق ولاية يوتا (Utah)، تم استخدام تحليل الارتباط فى البداية لتحديد وإزالة المتغيرات المشتركة شديدة الارتباط من مجموعة من 94 متغيرًا مشتركًا محتملًا. ثم استخدم كل من خوارزمية بوروتا (Boruta algorithm) والدعم المحاكى (simulated annealing) لتحديد مجموعة نهائية من 7 متغيرات مشتركة. ووفرت مجموعة المتغير المشترك النهائى دقة تنبؤية مساوية أو أفضل من مجموعات المتغير المشترك الأكبر (Brungard، بيانات غير منشورة).

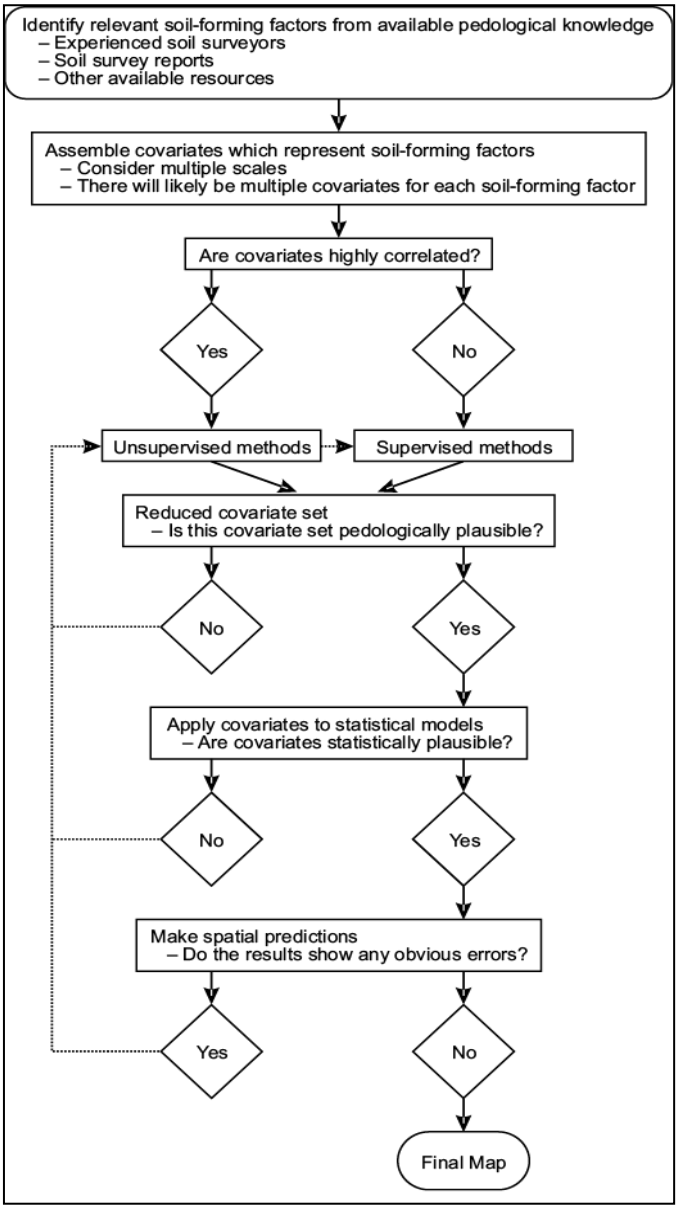
كما يجب استخدام الفحص البصرى الوصفى للتنبؤات المكانية لتقييم المتغيرات المختارة. ويجب إزالة المتغيرات المشتركة المعقولة من الناحية البيدولوجية والإحصائية ولكنها تنتج تنبؤات غير صحيحة بصريًا، مثل الحدود الخطية الحادة فى حالة عدم وجودها (Padarian et al., 2014).

وباختصار، يبدأ اختيار المتغير المشترك الأمثل باستخدام المعرفة البيدولوجية الحالية لتحديد طبقات البيانات التى تمثل متغيرات SCORPAN ذات الصلة. وقد تكون النتيجة عددًا كبيرًا نسبيًا من المتغيرات المشتركة نظرًا لأنه من المحتمل أن طبقات بيانات متعددة، على مقاييس متعددة، يمكن أن تمثل كل متغير مشترك من SCORPAN. ويمكن استخدام التقنيات الخاضعة وغير الخاضعة للإشراف لتحسين هذه المتغيرات. ويجب أن تكون مجموعة المتنبئ الأمثل هى مجموعة المتغير المشترك المعقولة من الناحية البيدولوجية والإحصائية، وتؤدى إلى النموذج الأكثر دقة، وتنتج تنبؤات صحيحة بصريًا. والشكل 5-2 يقدم دليل لاختيار المتغير المشترك.

أخذ العينات لبيانات التدريب (Sampling for Training Data)

تعتمد عملية رسم الخرائط الرقمية للتربة على العلاقة بين متغيرات التوقع (أى المتغيرات المشتركة) وسمة التربة المستهدفة (صنف أو خاصية التربة) للنموذج. وتنطبق هذه العلاقة على كل من طرق النمذجة القائمة على المعرفة والقائمة على البيانات. ومن المهم اختيار عينات من متغيرات مشتركة تمثل توزيع سمة التربة المستهدفة. وتوفر

هذه العينات، المعروفة باسم بيانات التدريب، البيانات التى ستستخدم لتدريب النموذج على التنبؤ بحوادث مماثلة. ويكون التنبؤ بأصناف أو خصائص التربة أكثر نجاحًا عندما تتوفر مواقع ملاحظة دقيقة لأنواع التربة النموذجية أو عندما يتمكن الخبراء من تقديم نقاط ضمنية دقيقة. ويمكن استخدام التحقيقات الحقلية الموجهة (الهادفة) لدعم طريقة النمذجة القائمة على المعرفة ولكن لا ينبغى استخدامها حصريًا. وأخذ العينات العشوائية أو المتبادلة يكون أكثر قوة وأقل ميلا للتحيز. ويمكن جمع بيانات التدريب من خلال أخذ العينات على أساس الحالة أو أخذ العينات المسبق إذا تم استخدام البيانات أو المعرفة الحالية أو عن طريق أخذ العينات فى الموقع إذا تم جمع بيانات جديدة على وجه التحديد لغرض تدريب النموذج.



شكل 5-2: مخطط انسيابى يوضح الخطوات العامة فى اختيار المتغيرات البيئية.

أخذ العينات على أساس الحالة و على أساس المعرفة المسبقة

(Case-Based and A Priori Knowledge Sampling)

أخذ العينات على أساس الحالة لبيانات التدريب يستخدم مواقع مرسومة مسبقًا للأصناف أو الخصائص لتدريب نموذج على رسم نفس الأصناف أو الخصائص فى مواقع غير مرسومة. ويمكن استخدام العلاقة التجريبية بين النتيجة (الصنف أو الخاصية) والمتغيرات المشتركة فى مواقع معروفة (مرسومة مسبقًا) للتنبؤ بنتيجة فى مناطق

غير معروفة ذات خصائص فيزيائية حيوية مماثلة. ويجب أن يكون للمناطق المعروفة وغير المعروفة علاقات التربة بالهيئة الطبيعية متشابهة. ويجب استخدام المعرفة بالعلاقات، جنبًا إلى جنب مع مقاييس أداء النموذج (تمت مناقشتها تحت عنوان التحقق من الصحة وعدم اليقين "Validation and Uncertainty")، لتحديد مدى موثوقية العلاقات التجريبية وقابليتها للتطبيق فى مناطق غير مرسومة.

وأخذ العينات المسبق لبيانات التدريب يستخدم المعرفة السابقة بمنطقة لأخذ عينات موقع بيانات التدريب من بيانات المتغير المشترك. ومن الأفضل تطبيقه على الأصناف الواضحة جدًا والتى يمكن تحديد موقعها بسهولة باستخدام صور عالية الدقة، مثل نتوء صخرى أو طبقة مائية. ولا ينبغى استخدامه للفئات التى تحتوي على مزيد من التباين، مثل فئة التربة، لتجنب إدخال التحيز فى عملية أخذ العينات. ومن الأفضل استخدام أخذ العينات على أساس الحالة أو أخذ العينات الحقلية للفئات الأكثر تنوعًا وتعقيدًا.

أخذ العينات الحقلية (Field Sampling)

جمع بيانات التدريب فى الحقل جزء أساسى من عملية رسم الخرائط الرقمية للتربة. ويجب جمع البيانات باستخدام المجموعة المختارة من المتغيرات المشتركة وتصميم أخذ العينات الملائم لأهداف النمذجة. ويتم عادةً تحديد عينة نقطة اختيار باستخدام برنامج GIS. ويستخدم عموما GPS للتنقل إلى مواقع العينات فى الحقل.

وتتباين الدقة المكانية لمستقبلات GPS ديناميكيًا وفقًا لتنظيم القمر الصناعى، الظروف الجوية والشمسية، التضاريس، ونوع مستقبل GPS المستخدم. ويجب إن أمكن، استخدام مستقبلات GPS قابلة للمقارنة لجميع أنشطة جمع بيانات المشروع. وتوفر جميع أجهزة استقبال GPS عرضًا ديناميكيًا للدقة المكانية. ويجب تحديد أدنى معيار مقبول للدقة الموضعية لأنشطة جمع البيانات.

ومن المهم أن يعرف القائمون بالعمل الحقلى ما المقصود من العينة لتمثله. وتعد أجهزة الكمبيوتر الميدانية التى تعرض البيانات المكانية مقابل موقع GPS وعينة الموقع مثالية لضمان أن الموقع فى الحقل قريب من موقع العينة. وفى المناطق النائية حيث لا يمكن استخدام أجهزة الكمبيوتر، يجب توفير المعلومات الداعمة للمساعدة فى مرجعية أفضل لموقع المكان لفريق الحقل. على سبيل المثال، إذا كانت العينة تقع قرب ملتقى الانحدار الجانبى بالانحدار الأسفل، ولكنها بوضوح على الانحدار الجانبى، فيجب تقديم هذه المعلومات إلى الفريق الميدانى. يجب أن تكون المعلومات فى نسخة ورقية مطبوعة أو نموذج قاعدة البيانات. ويجب توحيد نماذج جمع البيانات، سواء كانت رقمية أو مطبوعة، فى جميع مراحل المشروع وتشمل جميع المتغيرات اللازمة لتحقيق أهداف النمذجة المستهدفة. وقد يكون تضمين عنصر بيانات الحقل من أجل دقة GPS مفيدًا ويوفر مرجعًا طوال فترة المشروع.

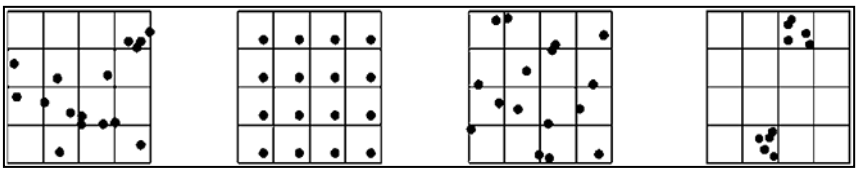
تصميم أخذ العينات (Sampling Design)

يعتمد اختيار تصميم العينات على مساحة منطقة المشروع وإمكانية الوصول إليها، أهداف النمذجة، مستوى الثقة والدقة المطلوب، التباين المتوقع لمظاهر التربة، وتكلفة الحصول على العينات. ويجب أن يلبى التصميم المختار الدقة الإحصائية للعشوائية وكذلك البقاء ضمن حدود الوقت والمال والفريق المتاح لأخذ العينات.

عشوائية بسيطة (Simple random): أخذ عينات عشوائية بسيطة هى الطريقة الأكثر مباشرة لاختيار عينات مستقلة وغير متحيزة. وكل من مواقع العينات له فرصة احتمال متساوية لاختياره (شكل 5-3). هذا التصميم له ميزة أساسية تتمثل فى أنه غير متحيز ويلبى المتطلبات الإحصائية للعشوائية. ويعطى كل موقع نفس الاحتمال (الفرصة) لاختياره لأخذ العينات. ومع ذلك، قد ينتج عن هذا التصميم تباعد غير منتظم و/ أو متفاوت للعينات. بالإضافة إلى ذلك، قد يصعب اكتشاف التباين المنتظم باستخدام هذه الطريقة. هذا التصميم مفيد للغاية لمساحات الدراسة الصغيرة والمتجانسة والتى تحتوى على متغيرات توضيحية قليلة.

منتظمة (Systematic): تؤخذ عينة طبقًا لنمط منتظم (شكل 5-3). وتضمن هذه الطريقة تغطية مكانية متساوية.

وقد تكون الأنماط خطوط مستقيمة أو مثلثة أو سداسية. وقد يسبب هذا التصميم مشكلة مع البيانات التى تختلف دوريًا أو تختلف على مسافات أصغر من تباعد العينات. ومن المهم التأكد من أن العينات المختارة لا تتطابق مع دورة معينة مثل الارتفاعات الدقيقة للكراديد (microhighs of hummocks) ولكنها تقع على النطاق الكامل.



شكل 5-3: تمثيل مبسط لمواقع أخذ العينات كما هو محدد بواسطة تصميمات عينات عشوائية بسيطة ومنتظمة وعشوائية طبقية وعشوائية متعددة المراحل.

عشوائية طبقية (Stratified random): تقسم منطقة أخذ العينات مكانيًا إلى طبقات مختلفة، ويتم تطبيق أخذ العينات العشوائية على كل طبقة (شكل 5-3). وعادةً ما تكون الطبقة جغرافية، مثل نوع الغطاء الأرضى، شكل الأرض، درجة الانحدار، اتجاه الانحدار، أو مادة الأصل. ويفترض أن هذه الطبقات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بمظاهر التربة المستهدفة. وقد تؤخذ العينات من الطبقات بالتساوى أو بما يتناسب مع المنطقة. ومع ذلك، إذا كان الهدف نادرًا فى المجتمع، فقد يكون من الأفضل أخذ عينات من الطبقات بالتساوى (Franklin and Miller, 2009; Kuhn and Johnson, 2013). ويوفر أخذ العينات العشوائية الطبقية دقة أعلى بتكلفة أقل. وتعتمد هذه الفوائد على مدى ملاءمة الطبقات المحددة، والتى تعتمد على المعرفة المسبقة الكافية بمظاهر التربة المستهدفة.

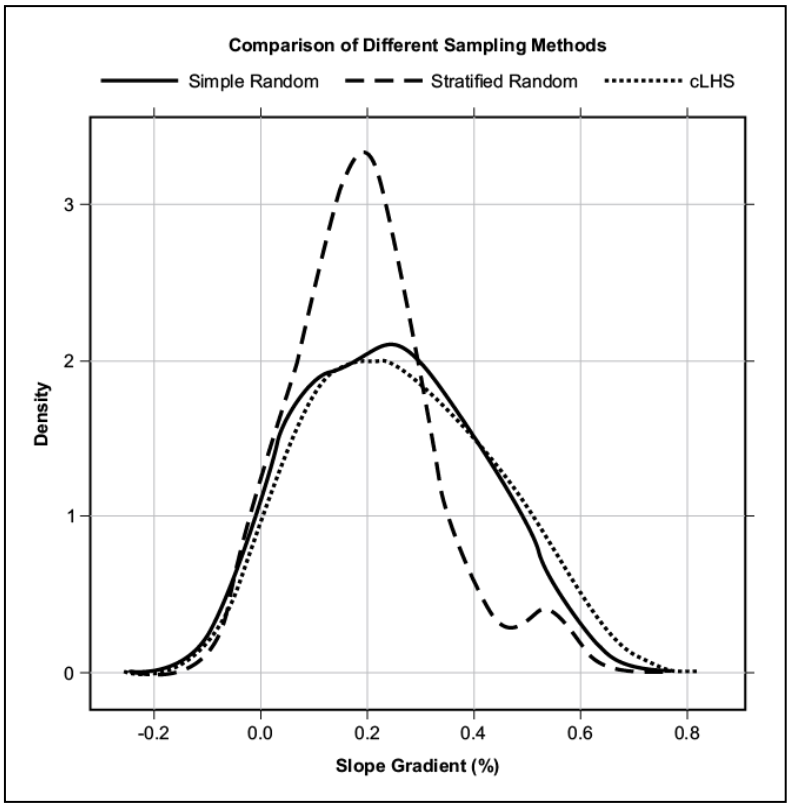
تجمع (Cluster): يتم اختيار تجمع أو مجموعة من النقاط فى موقع واحد أو أكثر، وتؤخذ عينات فقط من جزء من الطبقات المتاحة أو وحدات العينات الأولية (مثل الطبقات الجغرافية أو الحقول أو الفواصل الأخرى). وإذا كانت الطبقات محددًا مهمًا لمظاهر التربة المستهدفة التى يتم تقييمها، فمن الأفضل استخدام عينة عشوائية طبقية وأخذ عينات من جميع الطبقات. من الناحية المثالية، يمثل كل تجمع فى تصميم أخذ العينات التباين الكامل للمنطقة المعنية والتباين داخل المجموعة يكون أكبر من التباين بين المجموعات (Lohr, 2009). وعندما تكون تكاليف الوصول إلى وحدة أخذ العينات الأولية مرتفعة (على سبيل المثال، عندما تكون مناطق أخذ العينات بعيدة عن الطريق) وتكون تكلفة وحدات أخذ العينات الفردية منخفضة، يكون أخذ العينات التجمع عالى الكفاءة. ومع ذلك، يمكن أن يؤدى إلى التحيز إذا كانت المجموعات لا تمثل الأفراد ككل (على سبيل المثال، إذا كان التجمع فى منطقة فردية شديدة الاضطراب) وفقدان الدقة إذا كان التباين بين المجموعات مرتفعًا.

عشوائية متعددة المراحل (Multistage random): أخذ عينات عشوائية متعددة المراحل هو شكل معقد من أخذ العينات الطبقى والتجمع. وفى هذا التصميم، يتم اختيار مجموعة فرعية فقط من وحدات أخذ العينات الفردية (مثل البيدون) داخل كل تجمع لأخذ العينات. ويمكن ترتيب وحدات أخذ العينات الفردية من أجل تعظيم التباين، أو ترتب عشوائيًا، داخل وحدة أخذ العينات الأولية. على سبيل المثال، كما هو مبين فى شكل 5-3، قد يقسم تصميم أخذ العينات العشوائى المكون من مرحلتين المنطقة إلى شبكة قياسية ويختار عشوائيًا مجموعة فرعية من وحدات الطبقات (المرحلة الأولى)، ثم يختار عشوائيًا مواقع عينات فردية داخل كل وحدة طبقات (المرحلة الثانية) (Schaeffer et al., 1990; de Gruijter et al., 2006). ويوفر هذا التصميم ميزة الكفاءة بتكاليف منخفضة. وتتضمن العيوب إمكانية انخفاض الدقة. ويعتمد أخذ العينات العشوائى متعدد المراحل الناجح بشكل كبير على الاختيار المناسب للطبقات.

المكعب اللاتينى الشرطى (Conditioned Latin hypercube): أخذ عينات المكعب اللاتينى الشرطى (cLHS) هو نوع خاص لأخذ عينات عشوائية طبقية يستخدم مبدأ أخذ عينات المكعب اللاتينى المشروط بالبيانات المساعدة (المتغيرات المشتركة). وتحدد هذه الطريقة مواقع العينات التى تزيد من التباين الذى تمثله المتغيرات المشتركة المتعددة وتعمل على كل من البيانات المستمرة والفئوية (Minasny and McBratney, 2006).

وهى تختلف عن استراتيجيات أخذ العينات الأخرى، التى تركز على أخذ عينات جغرافيا، بالتركيز على أخذ عينات من مظهر متغير مشترك (متعدد الأبعاد). هذا النوع من تصميم أخذ العينات فعال لأنه يمكن أن يمثل التوزيع متعدد المتغيرات للمتغيرات المشتركة للمدخلات ذات أحجام عينات صغيرة نسبيًا (Brungard and Boettinger, 2010).

وتفضل هذه الطريقة لأخذ العينات فى رسم الخرائط الرقمية للتربة لأنها توفر عينة ممثلة بناءً على توزيع بيانات المتغير المشترك. وبدون تقنية مثل cLHS، يصعب الحصول على عينة تمثل مساحة المظهر (n-dimensional) بشكل متزايد مع زيادة عدد المتغيرات المشتركة. ويقارن شكل 5-4 توزيع طرق أخذ العينات المختلفة على مدى بيانات طبقة المتغير المشترك.



شكل 5-4: مقارنة توزيع طرق أخذ العينات العشوائية البسيطة والطبقية العشوائية و cLHS عبر نطاق بيانات متغير درجة الانحدار.

وطريقة المكعب اللاتينى المشروط لأخذ العينات ملائمة لأى مشروع لرسم خرائط التربة الرقمية تكون فيه المتغيرات المشتركة المستقلة المتعددة المتعلقة بمظاهر التربة المستهدفة معروفة أو يمكن استنتاجها. وإذا كانت علاقات المتغير المشترك بالتربة غير معروفة أو غير مؤكدة بدرجة كبيرة، فيجب استخدام تصميم آخر لأخذ العينات. وبالنسبة للمناطق التى تعانى من قيود الوصول إليها، يمكن استخدام طريقة cLHS المقيدة (Roudier et al., 2012)، أو استخدام طريقة cLHS مع تجمع k-means غير واضح (Kidd et al., 2015).

وتتضمن المعلومات اللازمة لتشغيل cLHS: (1) المتغيرات المشتركة التى تغطى كل منطقة المشروع، (2) عدد العينات المطلوبة، (3) عدد المكررات اللازمة للوصول إلى مخطط أخذ عينات مقنع. ويمكن إجراء طريقة المكعب اللاتينى الشرطى ببرنامج Matlab (MathWorks, Inc.)؛ وبرنامج R للحوسبة الإحصائية (Roudier, 2011)؛ USFS (U.S. Forest Service)، TEUI (Terrestrial Ecological Unit Inventory) مجموعة أدوات الجغرافيا المكانية (Geospatial Toolkit) (Vaughan and Megown, 2015).

التنبؤ بأصناف التربة وخصائصها (Predicting Soil Classes and Properties)

بعد اختيار المجموعة المثلى من متغيرات SCORPAN (متغيرات التنبؤ) وجمع بيانات التدريب، يمكن تطبيق طريقة على البيانات للتنبؤ بأصناف التربة أو خصائصها. وتوجد طرق تنبؤ كثيرة وقابلة للتطبيق فى رسم الخرائط الرقمية للتربة. وتتضمن اعتبارات اختيار طريقة التنبؤ ما يلى:

- هل الهدف أصناف التربة المنفصلة أو الخصائص المستمرة ؟
- هل بيانات التدريب كافية لدعم طريقة التنبؤ المرغوبة و/ أو عدد الأصناف المرغوبة؟
- هل البيانات موزعة بشكل طبيعى (parametric) أم لا (nonparametric)؟
- عند أى خطوة فى عملية حصر الأراضى يطبق التنبؤ: رسم الخرائط المسبق، رسم الخرائط الأولى، أو تحديث الخرائط، أو المنتج الثانوى؟
- ما هى القيود الزمنية لاستكمال التنبؤ؟

التصنيف هو عملية التنبؤ بالأصناف المنفصلة. وقد يوصف بأنه عملية فرز وحدات البكسل إلى عدد محدود من الأصناف، على أساس قيم بياناتها وتوزيعها فى مساحة (n-dimensional). وببساطة، إذا كان البكسل يفى بالمعايير التى تحدد صنفا، فيخصص البكسل لذلك الصنف. وتنفذ هذه العملية وفقًا لخوارزمية التصنيف. واعتمادًا على نوع المعلومات المراد استخلاصها من بيانات التنبؤ، قد تمثل الأصناف ببساطة تجمعات مختلفة إحصائيًا عن الكمبيوتر (exploratory) أو مرتبطة بمظاهر معروفة على الأرض (راجع دليل ERDAS الميدانى، Intergraph Corp., 2013).

وتتنبأ طرق الانحدار (Regression) والاستيفاء (interpolation) بالقيم المستمرة بدلاً من الأصناف المنفصلة. وتقوم طرق الاستيفاء بنمذجة الأنماط المكانية بناءً على قيم موجودة فى مواقع معروفة والافتراض بأن المواقع الأقرب إلى بعضها البعض أكثر تشابهًا من تلك البعيدة عن بعضها. والمناهج الإحصائية الجغرافية (Geostatistical) أنواع من الاستيفاء تعتمد على الدالات الإحصائية بدلاً من الحسابية. وتستخدم طرق الانحدار بعض الدالات الإحصائية لنمذجة العلاقة بين ملاحظات التربة ومجموعة من متغيرات التوقع.

التصنيف غير الخاضع للإشراف (Unsupervised Classification)

التصنيف غير الخاضع للإشراف هو طريقة التنبؤ الأكثر اعتمادًا على آلية الكمبيوتر، وهو الطريقة الوحيدة التى لا تتطلب ملاحظة التربة (أى بيانات تدريب) التى تغطى المنطقة. وتكشف الخوارزمية (algorithm) عن نظم إحصائية متأصلة فى البيانات وتجمع البكسل ذات الخصائص المتشابهة فى مجموعات (classes) فريدة تعتمد على معايير محددة إحصائيًا (Duda et al., 2001). وتعتمد تعريفات الأقسام الناتجة فقط على بيانات التوقع التى تمثل متغيرات SCORPAN وبعض عوامل محددة فى وقت تنفيذ التصنيف. ويجب تفسير الأقسام الناتجة لتحديد ما إذا كانت ذات مغزى من حيث العلاقات بين التربة والهيئة الطبيعية. ويمكن دمج الأقسام أو تجاهلها أو معالجتها بناءً على تقييم سمة القسم أو تعريفه فى مساحة المظهر (n-dimensional).

وتقنية تحليل البيانات ذات التنظيم الذاتى التكرارى (ISODATA) (Tou and Gonzalez, 1974)، ومتوسطات k (MacQueen, 1967)، أكثر خوارزميات التصنيف غير الخاضعة للإشراف استخدامًا وهى متوفرة فى عديد من حزم البرامج.ISODATA هو تعديل لخوارزمية متوسطات-k. وكلا الخوارزميتين عاملية (بافتراض مجموعة بيانات موزعة بشكل طبيعى). تستخدم عملية تكرارية تُنشئ مجموعات وتصنف وحدات البكسل حتى يصبح التغيير فى تعيين الفئة فى كل موقع بكسل صغيرًا، وعند هذه النقطة يتم تحديد الفئات النهائية. ويتمثل الاختلاف الرئيسى بين الخوارزميتين فى أن k-means تتطلب تعيين عدد الفئات مسبقًا بينما تسمح ISODATA بنطاق لعدد الفئات النهائية التى سيتم تعيينها. ويمكن لـ ISODATA تقسيم المجموعات ودمجها

وحذفها أثناء عملية التصنيف ولا يمكن ذلك لـ k-means. لهذا السبب، تعتبر ISODATA أكثر قوة ومرونة من الناحية الحسابية من k-means وتفضل بشكل عام.

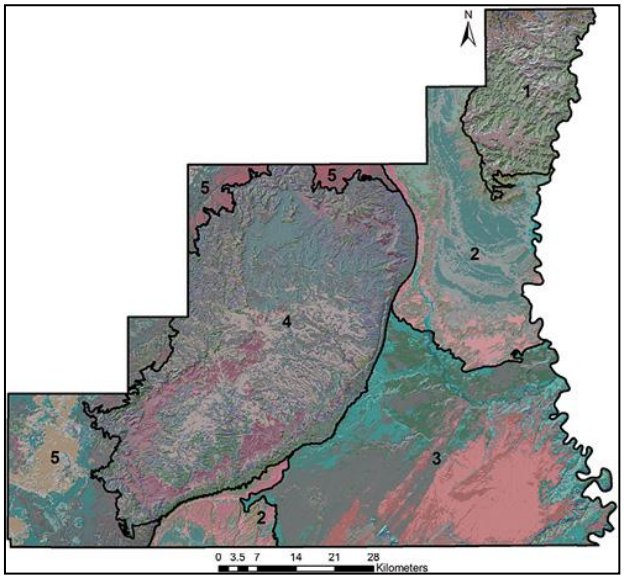
ويوفر التصنيف غير الخاضع للإشراف طريقة موضوعية تتحكم فى البيانات لاستكشاف التجميع المتأصل للبيانات وتحديد عدد الفئات التى يمكن أن تدعمها البيانات (متغيرات التوقع). ونظرًا لعدم الحاجة إلى معرفة مسبقة بالمنطقة، يعد التصنيف غير الخاضع للإشراف أداة استكشافية مفيدة يمكن أن تساعد فى توجيه أخذ العينات الميدانية وتطوير مفاهيم وحدة الخريطة. ومع ذلك، نظرًا لوجود تحكم قليل جدًا فى كيفية تحديد المجموعات، فقد يكون من الصعب تفسير النتائج. ويساعد استخدام مجموعة مناسبة من بيانات التنبؤ بناءً على متغيرات SCORPAN فى تقديم أكثر النتائج فائدة لتصنيف غير خاضع للإشراف.

والتصنيف غير الخاضع للإشراف أكثر قابلية للتطبيق فى المرحلة الاستكشافية لحصر الأراضى أو ما قبل رسم الخرائط (شكل 5-5). وقد يساعد فى أخذ العينات الميدانية الأولية ويكون مفيدًا فى مقارنة المناطق المرسومة وغير المرسومة خرائطيا. ويكون التصنيف غير الخاضع للإشراف مفيدًا فى المرحلة الأولية لرسم الخرائط الرقمية للتربة فى تحديد عدد الفئات التى يمكن أن تدعمها بيانات التوقع أو فى تحديد الأقسام المحتملة فى مناطق ليس لها بيانات تدريب كافية. وتمنع هذه التحديدات استخدام أقسام مستهدفة أكثر مما يمكن أن تفصله البيانات أو تدعمه.

التصنيف الخاضع للإشراف (Supervised Classification)

يختلف التصنيف الخاضع للإشراف عن غير الخاضع للإشراف فى أنه يتطلب ملاحظات تربة تغطى المنطقة والأقسام المستهدفة. ويجب اختيار ملاحظات التربة أو بيانات التدريب بعناية من أجل تمثيل الأقسام المستهدفة بشكل مناسب وإنتاج تصنيف له مغزى. ويتم دمج تعريفات الأقسام من بيانات التدريب مع بيانات توقع مختارة بعناية تمثل متغيرات SCORPAN، وتحدد الخوارزمية المطبقة القسم الذى ينتمى إليه كل بكسل.

وتوجد عدة طرق للتصنيف الخاضع للإشراف يتم تطبيقها باستمرار فى رسم الخرائط الرقمية للتربة. ويناقش هذا القسم أقل مسافة إلى المتوسطات، والاحتمال الأقصى (التحليل المميز)، والتصنيف الغامض، والتصنيف القائم على المعرفة، والنمذجة التنبؤية (التعلم الآلى أو النمذجة الإحصائية).



شكل 5-5: تصنيف ISODATA غير الخاضع للإشراف لكل من التضاريس ومشتقات البيانات الطيفية فى مقاطعة إمرى (Emery) الشرقية، ولاية يوتا (Utah)، يُظهر التجميع الطبيعى فى البيانات وكيف يمكن توزيع الأقسام المحتملة عبر الهيئة الطبيعية. وقد قسمت المنطقة إلى خمس مجموعات فرعية على أساس الجيولوجيا لتقليل التباين فى التصنيف، الذى تم إجراؤه على كل مجموعة فرعية بشكل مستقل (دقة الشبكة 10 م). وتمثل الألوان المختلفة أقساما مختلفة داخل كل مجموعة فرعية بمنطقة الحصر.

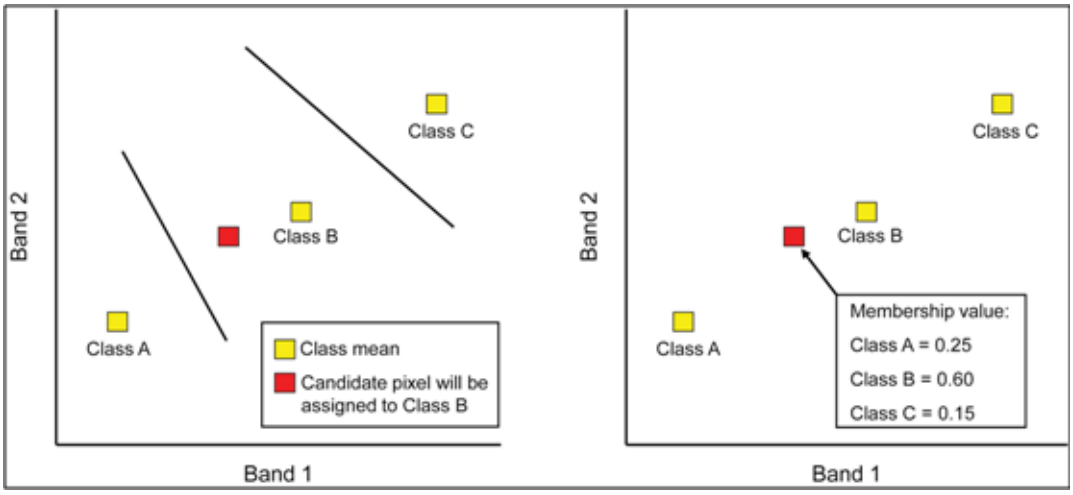
الحد الأدنى للمسافة إلى المتوسطات (Minimum distance to means): باستخدام خوارزمية التصنيف هذه، يمكن تصنيف وحدات البكسل المرشحة وفقًا لأقرب متوسط فئة تدريب. هذه الطريقة، لا تتضمن معلومات عن تنوع الصنف. لذلك، إذا كانت هناك اختلافات كبيرة فى التباين لكل صنف، فمن المحتمل ألا تكون الطريقة موثوقة. هذه الطريقة سريعة جدا حسابيا.

أقصى احتمال (تحليل مميز) (Maximum likelihood (discriminant analysis)): هذا التصنيف هو أحد أكثر طرق التصنيف القياسى الخاضع للإشراف المستخدمة على نطاق واسع ويعتمد على الاحتمال. ويستخدم متوسطات أقسام التدريب ومصفوفات التغير لتصنيف وحدات البكسل المرشحة. ويحسب احتمال وجود بكسل مرشح ينتمى إلى كل قسم من الأقسام، ويتم تعيين القسم ذو الاحتمالية الأعلى إلى البكسل. بالإضافة إلى ذلك، يسمح أقصى احتمال بتحديد الاحتمال السابق للقسم (إذا كان معروفًا) عبر مجموعة البيانات.

أدنى مسافة إلى المتوسطات وأقصى احتمال كلاهما عبارة عن مصنفات حدودية وتفترض مجموعة بيانات موزعة طبيعيا. لذلك، يجب أن تكون مواقع بيانات التدريب وتعريفات الأقسام متجانسة. هذه الأساليب للتصنيف الخاضع للإشراف تكون مفيدة فى مناطق لها نطاقات كبيرة من تربة متجانسة لا تختلف خصائصها على مسافات قصيرة. ويسمح هذا النوع من الهيئات الطبيعية للتربة بتعريفات أقسام نظيفة جدا وتصنيف ناجح، إذا تم اختيار بيانات التدريب والتنبؤ بشكل صحيح.

التصنيف غير الواضح (Fuzzy classification): الهيئات الطبيعية المتجانسة للتربة أكثر بساطة لرسم خرائط التربة الرقمية. ومع ذلك، من المرجح أن تحتوى البيئات الطبيعية على اختلافات طفيفة على مسافات قصيرة وحدود غير واضحة بين أنواع التربة. ويتم عادة خلط البكسل المرشح وله خصائص تتداخل مع أقسام متعددة.

وتوفر نظرية المجموعة الضبابية (Zadeh, 1965; Wang, 1990) أدوات للعمل مع بيانات غير دقيقة. ويسمح التصنيف الضبابى للمعلومات من أقسام متعددة بالمساهمة فى تصنيف بكسل مرشح من خلال استخدام المنطق الضبابى ووظائف العضوية. وفى شكل 5-6، على سبيل المثال، قد يكون للبكسل المرشح قيمة عضوية قدرها 0.25 للقسم A، 0.60 للقسم B، 0.15 للقسم C. والبكسل يشبه إلى حد كبير القسم B، ولكن لا يزال الحصول على معلومات حول القسمين A ، C. ويتمثل الاختلاف الرئيسى بين التصنيف الغامض والتصنيف الصلب التقليدى (مثل أدنى مسافة إلى المتوسطات وأقصى احتمال) فى القدرة على الحصول على معلومات حول الأقسام المكونة الموجودة فى بكسل مختلط (Foody, 2000). ونظرًا لهذه الخاصية، يمكن أن يستوعب التصنيف الغامض مجموعات بيانات غير عاملية.



شكل 5-6: تمثيل مبسط لتصنيف صلب (يسار) وتصنيف غامض (يمين). يتطلب التصنيف الصلب تخصيص البكسل المرشح لصنف واحد فقط، الأقرب لمتوسط الصنف. ويستخدم التصنيف الغامض متوسطات الصنف ولكنه يسمح للبكسل المرشحة بالتعبير عن خصائص أصناف متعددة بدلاً من واحد فقط. (الصورة مأخوذة من Jensen, 2005).

وللتصنيف الغامض نفس نقطة البداية مثل طرق التصنيف الأخرى الخاضعة للإشراف، أى بيانات التدريب والتنبؤ. ومع ذلك، نظرًا لقدرته على التعامل مع البكسل المختلطة، يمكن أن تمثل بيانات التدريب للتصنيف الغامض كلا من الأقسام المتجانسة وغير المتجانسة (Jensen, 2005). وهذا التصنيف أكثر فائدة فى المناطق غير المتجانسة حيث تؤدى الاختلافات فى نوع التربة إلى وحدات بكسل أو أقسام مختلطة (شائعة فى المناظر الطبيعية للتربة). وفى عملية التصنيف الغامض، يمكن تخصيص قسم مفرد للبكسل، ويوصف أيضًا بأنه صلب "hardening" (Zhu et al., 2001). ومع ذلك، يتم الاحتفاظ بالمعلومات المتعلقة بالأقسام المكونة ويمكن استخدامها لفهم العلاقات فى البيانات، وتحسين تعريفات الأقسام أو فرز الالتباس فى التصنيف، وفهم العلاقات بين التربة والمناظر الطبيعية (شكل 5-7).

شكل 5-7: تصنيف غامض خاضع للإشراف لصورة لاندسات لمنطقة على طول الشاطئ الشرقى لبحيرة Great Salt Lake)، يوتا، يبين نسخة "صلبة" من التصنيف الغامض (أى فئة واحدة مخصصة لكل بكسل). وقد استخدمت نتائج التصنيف المبهم لتفصيل مفاهيم وحدات الخريطة العريضة فى مناطق التربة المبتلة والملحية فى مشروع الحصر المحدث. ويظهر عمل خط قاعدة البيانات الجغرافية للحصر الأصلى (SSURGO) باللون الأسود؛ وتظهر أقسام الغطاء الأرضى التى تمثل التجمعات المحددة بواسطة علاقات التربة بالغطاء النباتى والرطوبة بالألوان.

التصنيف القائم على المعرفة (Knowledge-based classification): يستخدم هذا التصنيف أنظمة خبيرة لتمثيل معرفة الخبير كقواعد وبيانات فى جهاز الكمبيوتر (Jensen, 2005). ولا يستخدم فقط للتنبؤ بأقسام التربة بل يفيد أيضًا فى توثيق معرفة عالم التربة حول العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية (Zhu et al., 2001). ويتكون النظام الخبير القائم على المعرفة مما يلى:

- **المصدر (خبير، بيانات التدريب، بيانات التنبؤ)**
- **قاعدة المعرفة (المجال القائم على القواعد)**
- **أداة الاستدلال**
- **المستخدم**

إنشاء قاعدة المعرفة أو مجموعة القواعد باستخدام بيانات التوقع ومعرفة الخبير حول علاقات التربة بالهيئات الطبيعية وكيفية التعبير عنها من خلال البيانات (شكل 5-8). ومطلوب معرفة معينة تحدد علاقات التربة بالهيئات الطبيعية وأقسام التربة التابعة. مثال ذلك تجمعات تربة أراضى وعرة على انحدرات شديدة منجرفة "badland soil complexes occur on steep eroded slopes". هذه المعرفة يمكن تحويلها إلى قواعد محددة، مثل مجمعات تربة أراضى وعرة تحدث على انحدار قيمته > = 8 ولها قيمة نسبة نطاق Fe> = 67، ودمجها فى قاعدة معرفة للتنبؤ بالقسم المطلوب (على سبيل المثال، مجمع تربة أراضى وعرة). فى هذا المثال، تتطبق بيانات التنبؤ (طبقة الانحدار المشتقة من DEM وطبقة نسبة نطاق Fe المشتقة من البيانات الطيفية) على معرفة الخبير (القاعدة) حول علاقة تربة الأراضى الوعرة بالهيئة الطبيعية.

ويتطلب التصنيف القائم على المعرفة معرفة مسبقة حول علاقات التربة بالهيئات الطبيعية لجميع طرق التصنيف الواردة فى هذا الباب. ويكون ناجحًا فى المناطق التى اكتمل فيها كثير من العمل الميدانى والتوثيق وتم توثيق العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية وفهمها جيدًا. ومطلوب أيضًا بيانات تنبؤ كافية لدعم وتمييز القواعد المعينة المحددة فى قاعدة المعرفة.

التصنيف القائم على المعرفة هو نهج يستغرق وقتا طويلا جدا. ويتطلب ملاحظات حقلية لفهم العلاقات بين التربة والهيئات الطبيعية جيدًا بما يكفى لتطوير قواعد محددة لكل فئة بالإضافة إلى تحسين القواعد بطريقة تكرارية (مع اكتساب المزيد من المعرفة أو الحاجة إليها). وإذا كانت المصادر متاحة، يمكن أن يستحق التصنيف الاستثمار، خاصة من حيث قدرته على التقاط المعرفة الضمنية لعالم التربة.

ويقدم عديد من حزم البرامج تصنيفات قائمة على المعرفة. ويوفر البعض مصنفًا هرميًا شجرى القرار (ERDAS Imagine Knowledge Classifier) بينما يستخدم البعض الآخر نهج تصنيف غامض (ArcSIE, SoLIM). ومعظم الأنظمة الخبيرة مرنة فى استخدام كل من بيانات التنبؤ المستمرة والفئوية.

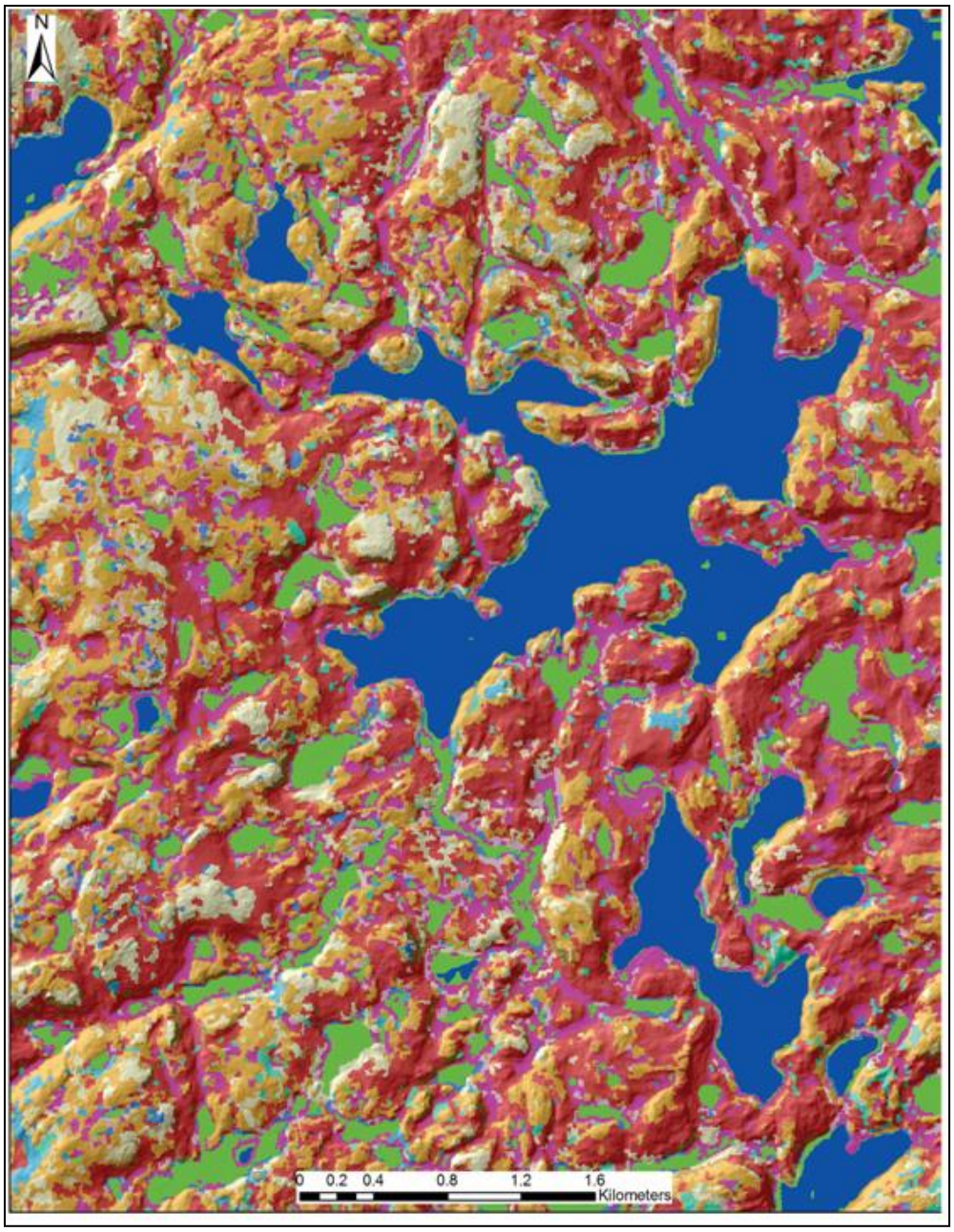
ومن الأفضل تطبيق طرق التصنيف الخاضعة للإشراف بمجرد جمع الوثائق الحقلية الأولية وتطوير مفاهيم وحدة الخريطة. ويمكن تطبيق التصنيف بفاعلية فى مشاريع حصر الأراضى الأولية والمحدثة. ونظرًا لأن المعرفة المسبقة وتعريفات الأقسام فى شكل توقيعات (أو قواعد) مطلوبة، فإن طرق التصنيف الخاضع للإشراف التى نوقشت أعلاه قد تستغرق وقتًا للبدء أطول من خيارات التصنيف التى تعتمد على البيانات ولا تتطلب قدرًا كبيرًا من المدخلات فى البداية، مثل التصنيف غير الخاضع للإشراف والنمذجة التنبؤية.

النمذجة التنبؤية (Predictive modeling): النمذجة التنبؤية (يشار إليها عادةً بالنمذجة الإحصائية أو التعلم الآلى) لرسم الخرائط الرقمية للتربة عملية تطوير نموذج رياضى يقارب العلاقة الحقيقية بين خصائص التربة أو الفئات والمتغيرات البيئية المشتركة من أجل إنتاج تنبؤ دقيق. ويتضمن اختيار بيانات توقع ضرورية تمثل متغيرات SCORPAN ونموذج رياضى مناسب.

شكل 5-8: منتج من تصنيف هرمى شجرى القرار قائم على المعرفة لأربعة أقسام: تربة رسوبية نهرية، تربة أراضى وعرة، مرتفعات، ومراوح رسوبية نهرية (تظهر بألوان مختلفة) فى منطقة بالقرب من Powder River Breaks، وايومنج (Cole and Boettinger, 2007) . تضمنت بيانات التوقع كلا من التضاريس ومشتقات البيانات الطيفية (دقة الشبكة 10 م).

يمكن تقسيم النماذج التنبؤية من الناحية المفاهيمية إلى مجموعتين عريضتين: التصنيف والانحدار. تُستخدم طرق التصنيف للتنبؤ بفئة التربة، وتستخدم طرق الانحدار للتنبؤ بخاصية التربة المستمرة. وداخل هذه المجموعات العريضة، يمكن تقسيم نماذج التنبؤ بناءً على نوع النموذج: خطى، أو غير خطى، أو شجرى ويعتمد على القواعد. من أمثلة الطرق الخطية الانحدار الخطى البسيط والتحليل المميز. ومن أمثلة الطرق غير الخطية شرائح الانحدار التكيفية متعددة المتغيرات والشبكات. ومن أمثلة الطرق الشجرية والمعتمدة على القواعد الغابات العشوائية (شكل

9-5) وآلات تعزيز التدرج. وقد ناقش Kuhn and Johnson (2013) و James et al. (2014) كل خوارزمية نموذج بعمق وكذلك العملية الشاملة للنمذجة التنبؤية.



شكل 5-9: تصنيف باستخدام طريقة الغابات العشوائية لأنواع مادة الأصل فى منطقة قوارب حد المياه البرية (Boundary Waters Canoe Area Wilderness)، ولاية مينيسوتا (Minnesota). تضمنت بيانات التوقع كلا من التضاريس ومشتقات البيانات الطيفية ونقاط بيانات التدريب من جمع البيانات الميدانية (دقة الشبكة 5 م).

بالرغم من توفر عديد من نماذج التنبؤ المحتملة، إلا أنه من الصعب العثور على نموذج يمكنه دائمًا إنتاج التنبؤات الأدق لأى مشروع لرسم خرائط التربة الرقمية. وذلك لأن القدرة التنبؤية للنموذج تعتمد على بنية مجموعات البيانات الفردية والطرق المستخدمة لاختيار المتغير المشترك. والأفضل هو تطبيق عدة نماذج تنبؤ واختيار النموذج الذى ينتج التنبؤ الأدق. ويمكن أن نبدأ بنموذج معقد (على سبيل المثال، غابات عشوائية أو شبكات عصبية)، ثم مقارنته بنماذج أبسط (مثل الانحدار الخطى أو أشجار التصنيف). وإذا كانت دقة النموذج الأبسط قابلة للمقارنة مع النموذج الأكثر تعقيدًا، فيمكن اختيار النموذج الأبسط. وتفضل النماذج البسيطة لسهولة تفسيرها.

يمكن أن يحدث التجاوز عند تطبيق النمذجة التنبؤية لرسم خرائط التربة الرقمية. يشير مصطلح "overfitting" إلى أن النموذج الإحصائي يفرط في التركيز على الضوضاء العشوائية بدلاً من الوظيفة الأساسية. لن تنتج نماذج Overfit تنبؤات دقيقة. وقد يحدث التجاوز (overfitting) عند تطبيق النمذجة التنبؤية لرسم خرائط التربة الرقمية. ويشير مصطلح "overfitting" إلى أن النموذج الإحصائى يفرط فى التركيز على الضوضاء العشوائية بدلاً من الوظيفة الأساسية. والنماذج المفرطة لا تنتج تنبؤات دقيقة. ويجب استخدام التحقق المتقاطع (طريقة التحقق من صحة النموذج لتقييم كيفية تعميم النتائج على مجموعة بيانات مستقلة) أثناء عملية بناء النموذج لتجنب الإفراط. والتحقق المتقاطع متأصل فى عديد من الخوارزميات أو على الأقل خيار لها.

يجب تطبيق النمذجة التنبؤية بعد اكتمال العمل الحقلى الأولى وتوافر بيانات تدريب كافية لتلبية النموذج وإنتاج تنبؤ دقيق. ويمكن أن يكون مفيدًا للحصر الأولى أو المحدث ولرسم خرائط خصائص التربة. واعتمادًا على النموذج، ويمكن استخدام مجموعات البيانات العاملية (parametric) وغير العاملية جنبا إلى جنب البيانات المستمرة والفئوية فى عملية النمذجة. ونتيجة لذلك، تعد النمذجة التنبؤية واحدة من أكثر الأساليب مرونة للتنبؤ برسم خرائط التربة الرقمية.

وتوفر النمذجة التنبؤية بديلاً كميًا موضوعيا لحصر الأراضى التقليدى وترجع تقديرًا للشك فى التنبؤ بناءً على التحقق المتبادل. ومع ذلك، قد تتطلب النمذجة التنبؤية الدقيقة مزيدا من ملاحظات التربة أكثر مما هو متاح أو يمكن جمعها نظرًا لقيود المشروع. وتعمل النمذجة التنبؤية بشكل أفضل إذا تم جمع الملاحظات باستخدام تصميم أخذ عينات احتمالى وإذا كانت تدار بواسطة خبير لديه معرفة كبيرة بنظام التربة (Kuhn and Johnson, 2013).

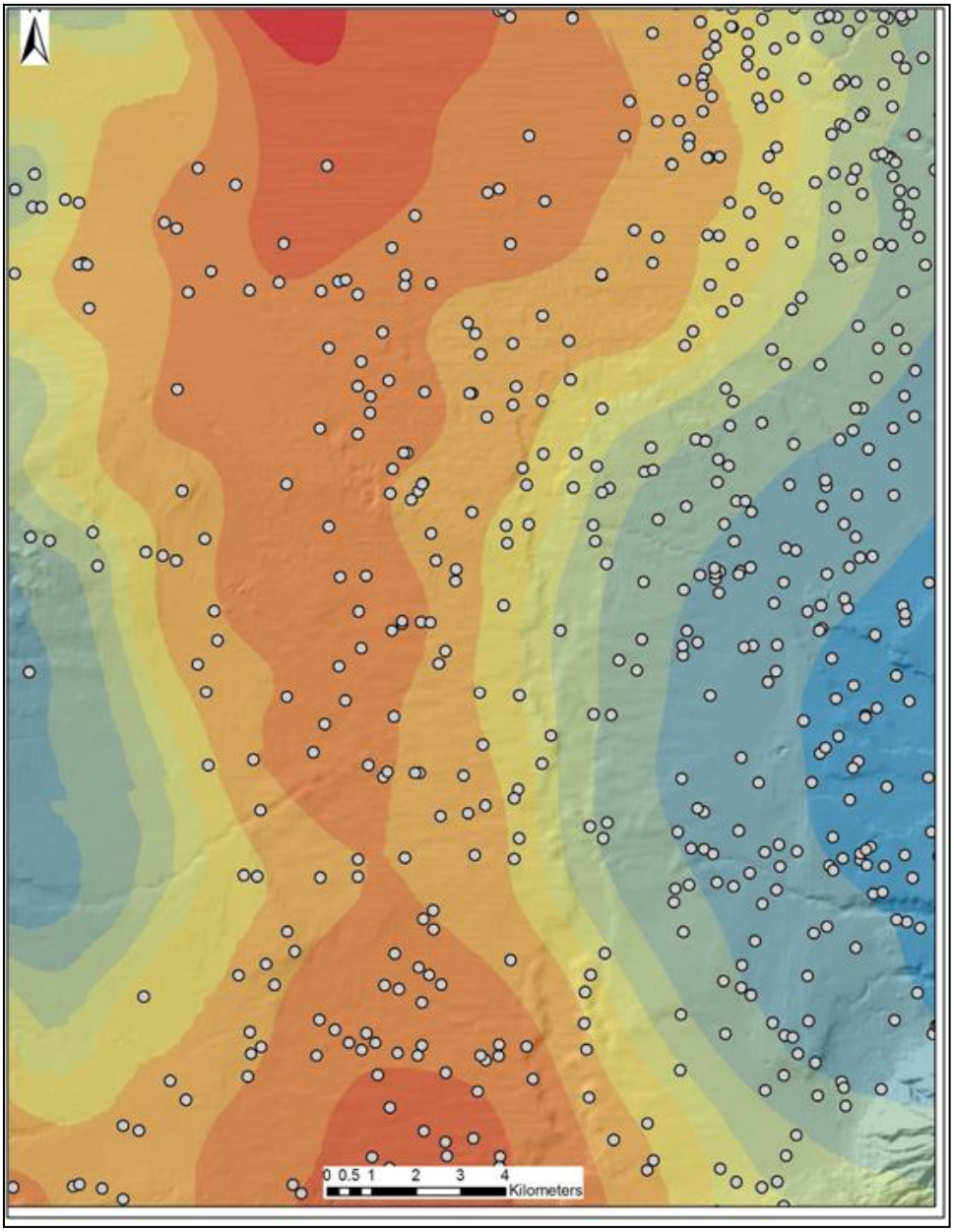
الإحصاءات الجغرافية (Geostatistics)

يشمل مجال الإحصاءات الجغرافية مجموعة من التقنيات لنمذجة الأنماط المكانية التى تفى بالافتراض الأساسى بأن الكائنات القريبة أكثر ارتباطًا ببعضها من الكائنات البعيدة. ومحور هذا الافتراض هو مفهوم نظرية المتغير الإقليمى، أو وصف الأنماط المكانية كمزيج مضاف من الاتجاه، والاختلاف المرتبط مكانيًا، والضوضاء. وتُستخدم الطرق الإحصاء الجغرافية عادةً لتقدير القيم فى مواقع بدون عينات (الاستيفاء) تعتمد على مجموعة محدودة من الخصائص المستمرة المأخوذة من العينات (وبدرجة أقل، الفئوية)، مثل pH الأفق، العمق إلى الطبقة المقيدة للجذر، أو وجود طبقة duripan. وترتبط الإحصائيات الجغرافية ارتباطًا وثيقًا بعدد من طرق الاستيفاء المكانى الأخرى، مثل مضلعات Voronoi، التثليث (triangulation)، الجيران الطبيعيين، وزن المسافة العكسية، أسطح الاتجاه، والخطوط. ومع ذلك، تفضل طرق الإحصاء الجغرافية عادة (عندما تتوفر بيانات كافية ويتم استيفاء الافتراضات الحرجة) لأنها توفر تقديرات غير متحيزة لعدم اليقين.

وبمجرد جمع البيانات المناسبة، تكون الخطوات النموذجية المتضمنة فى التحليل الإحصائى الجغرافى (Webster and Oliver, 2007; Isaaks and Srivastava, 1989) كما يلى:

1. التحقق من البيانات بحثًا عن القيم المتطرفة، الانحراف عن التوزيع الطبيعى، وأى اتجاه مكانى.
2. فى وجود اتجاه قوى (على سبيل المثال، درجة الارتفاع)، يلغى الاتجاه أو تستخدم مناهج هجينة مثل انحدار kriging (Hengl et al., 2007).
3. تحويل البيانات حسب الحاجة (يشيع استخدام تحويلات السجل، النقاط العادية، واللوغاريتم).
4. حساب المتغير التجريبى (وصف كيفية ارتباط البيانات بالمسافة)، والتحقق من تأثير أى قيم شاذة.
5. ملاءمة النموذج للمتغير التجريبى (empirical variogram)، والتحقق من منطقية العوامل.
6. استخدام شكل من أشكال kriging لعمل تنبؤات عن المواقع التى لم تتم زيارتها.

وأكبر محدد للإحصاء الجغرافى لحصر الأراضى هو أن موثوقية المتغير (وبالتالى التنبؤات المكانية اللاحقة) تعتمد على كل من حجم وتصميم العينة. وعادة تكون طرق أخذ عينات حصر الأراضى النموذجية غير كافية لتقدير متغير موثوق به. ومع ذلك، يمكن استخدام الإحصاء الجغرافى لمنتجات التربة الجديدة، بشرط إعطاء اهتمام خاص لتصميم العينات وعمل ملاحظات كثيرة (شكل 5-10). ويتطلب تقدير متغير قوى 150 عينة على الأقل (Webster and Oliver, 2007). ويجب أن يكون متوسط المسافة بين العينات أقل مقدارا من نطاق التغير (Olea, 2009). بالإضافة إلى ذلك، يتطلب تطبيق الأساليب الإحصائية الجغرافية اعتبارًا خاصًا لتباين الخواص، أى الاتجاهات الحالية أو التدرجات التى تظهر شكلاً من أشكال الاتجاه (مثل تأثير الجبال (orographic) على المناخ أو النمط المعقد لنظام القنوات الضفائرية). ومن الممكن دمج المعلومات الخارجية حول هذه الاتجاهات فى عملية kriging باستخدام طرق مثل kriging العالمية، أو kriging مع الانجراف الخارجى، أو انحراف كريجنج (regression-kriging) (Odeh et al., 1994, 1995).



شكل 5-10: الاستيفاء باستخدام kriging العادى لتركيز بوتاسيوم التربة فى وادى مدينة سولت ليك (Salt Lake City Valley)، ولاية يوتا (Utah). تمثل النقاط مواقع قياسات بوتاسيوم التربة التى جمعت فى الحقل. ويتراوح تركيز البوتاسيوم من منخفض (أزرق) إلى مرتفع (برتقالى).

وقد تم تنفيذ الطرق الأساسية للإحصاء الجغرافى فى حزمة gstat (Pebesma, 2004) لبرنامج R الإحصائى (R Core Team, 2013). وتتضمن حزم البرامج الأخرى المتاحة عادة، مثل ArcGIS، وظائف التحليل الإحصائى الجغرافى.

اليقين والشك (Validation and Uncertainty)

تعتمد أساليب حصر الأراضى الوصفى (التقليدى) والكمى (رسم الخرائط الرقمية للتربة) على نماذج مفاهيمية أو رياضية لوصف التوزيع المكانى للتربة. هذه النماذج تقريبية للواقع وبالتالى فهي عرضة لعدم اليقين. ونظرًا للطبيعة الكمية لرسم الخرائط الرقمية للتربة، فإن التنبؤات بفئات التربة أو خصائصها تصلح للتقييمات الكمية للدقة وعدم اليقين. ويعد اتصال الدقة وعدم اليقين المرتبطين بالتنبؤات المكانية للتربة أمرًا ضروريًا ويجب أن يكون جزءًا لا يتجزأ من أى مشروع لرسم الخرائط الرقمية للتربة، نظرا لاستخدام معلومات التربة فى صنع القرار وتقييم المخاطر.

الدقة (Accuracy)

جميع خرائط التربة تقريبية للواقع، حيث تنحرف القيم الموضحة على الخريطة إلى حد ما عن القيم الحقيقية. لذلك فإن تقديرات الدقة ضرورية لتحديد جودة التنبؤ. ودقة التنبؤ هى الفرق بين القيمة المتوقعة فى الموقع والقيمة المقاسة فى نفس المكان (Brus et al., 2011). وتتميز النماذج التنبؤية المرغوبة بدقة تنبؤ عالية (اختلافات طفيفة بين القيم المتوقعة والملاحظة).

ويختلف قياس دقة التنبؤ اعتمادًا على نمذجة فئات التربة أو خصائص التربة. وتقاس دقة التنبؤ بفئة التربة باستخدام الدقة الشاملة ودقة المستخدم ودقة المنتج. ويمكن فهم هذه المقاييس بشكل أفضل من خلال مراجعة مصفوفة الارتباك (جدول 5-3) التى تقارن عدد الملاحظات المتوقعة الصحيحة وغير الصحيحة لكل فئة. والدقة الشاملة هى نسبة الملاحظات المصنفة بشكل صحيح في مجموعة البيانات بأكملها. ودقة المستخدم (أخطاء العمل (errors of commission) أو الدقة) هى نسبة فئة متوقعة تتطابق مع الفئة التى تم ملاحظتها. ودقة المنتج ("أخطاء السهو" أو الخصوصية) هى نسبة فئة تم ملاحظتها تطابق الفئة المتوقعة (Congalton, 1991; Kuhn and Johnson, 2013).

جدول 5-3: مصفوفة الارتباك لثلاث فئات من تحت مجموعات تربة نموذجية.

Predicted soil class	Observed soil class			Total correctly predicted	User's accuracy
	Ustic Haplargid	Ustic Paleargid	Ustic Torriorthent		
Ustic Haplargid	6	1	1		0.75
Ustic Paleargid	0	0	0		0.00
Ustic Torriorthent	1	0	5		0.83
				11	
Producer's accuracy	0.86	0.00	0.83		Overall accuracy: 0.22

يوضح جدول 5-3 مصفوفة ارتباك لثلاث تحت مجموعات من التربة تم تعديلها من البيانات المقدمة فى (2015) Brungard et al. وكانت أعداد الملاحظات Ustic Haplargids 26 و Ustic Paleargids 2 ، 21 Ustic Torriorthents. وتم حساب الدقة الإجمالية بجمع الملاحظات المتوقعة الصحيحة (المصفوفة القطرية؛ 11) والقسمة على العدد الإجمالى للملاحظات (49). وحساب دقة المستخدم بقسمة الملاحظات المتوقعة الصحيحة لكل فئة على إجمالى الصفوف. وحساب دقة المنتج بقسمة الملاحظات المتوقعة الصحيحة لكل فئة على إجمالى العمود. وكانت الدقة الإجمالية منخفضة نسبيًا لأن فئة Ustic Paleargid لم يتم تصميمها بشكل صحيح أبدًا

(تأثير انخفاض عدد ملاحظات التدريب). والدقة الإجمالية المنخفضة تحجب الدقة العالية نسبيًا للفئتين الأخريين.

من المهم ملاحظة أن مقاييس الدقة المذكورة أعلاه تعتمد جميعها على الحد، أى شدة القطع التى فوقها يتم تصنيف الملاحظات على أنها تنتمى إلى فئة تربة معينة. وتنتج جميع النماذج التنبؤية قيم احتمالية أو عضوية، تصنف بعد ذلك على أنها تنتمى إلى فئة تربة معينة إذا كانت أعلى من حد معين (عادةً 0.5 افتراضيًا). ومع ذلك، إذا تغير هذا الحد، يتم تضمين ملاحظات التحقق أو استبعادها من فئة معينة وتغيير مصفوفة الارتباك ومقاييس الدقة الناتجة. وبالرغم من استخدامها الأكثر شيوعًا للتنبؤات من فئتين، إلا أن المقاييس المستقلة عن الحد، مثل المنطقة الواقعة تحت المنحنى (AUC)، توفر تقديرًا لدقة التنبؤ على جميع قيم الحد (Kuhn and Johnson, 2013).

وتقاس دقة تنبؤات خصائص التربة عادةً باستخدام متوسط الخطأ التربيعى (MSE) وجذر متوسط الخطأ التربيعى (RMSE)، ومعامل التحديد (R^2). ومتوسط الخطأ التربيعى هو متوسط الفرق التربيعى بين القيم المتنبأة والقيم المقاسة. ولأن MSE عبارة عن فرق تربيعى، يستخدم الجذر التربيعى (RMSE) لبيان الدقة فى نفس الوحدات مثل القياسات الأصلية(Kuhn and Johnson, 2013). ويشير RMSE الأصغر إلى نموذج أكثر دقة. ومعامل التحديد (R^2) هو مقياس الارتباط بين القيم المرصودة والمتوقعة، ويتم تفسيره عادة على أنه نسبة البيانات التى يشرحها النموذج. ويجب توخى الحذر عند استخدام R^2 لأنه مقياس الارتباط وليس الدقة، ويعتمد على التباين فى مجموعة الاختبار (Kuhn and Johnson, 2013).

ويمكن اشتقاق ملاحظات التحقق (المعروفة أيضًا باسم الملاحظات المرجعية) اللازمة لحساب مقاييس دقة التنبؤ من بيانات التحقق المستقلة أو مقاييس أداء النموذج الداخلية أو طرق تقسيم البيانات. وبيانات التحقق المستقلة هى ملاحظات تم جمعها بشكل مستقل عن البيانات المستخدمة لبناء النموذج (مجموعة بيانات التدريب). والتحقق المستقل هو أفضل طريقة لتقييم دقة التنبؤ لأنه الطريقة الوحيدة لتحديد دقة التنبؤ الحقيقية. ويجب جمع بيانات التحقق المستقلة باستخدام طرق العينات الاحتمالية لتجنب التحيز. ويمكن العثور على خطط أخذ العينات للتحقق فى Brus et al. (2011) وde Gruijter et al. (2006)، وإيجاد طرق حساب الملاحظات المطلوبة فى Congalton (1991).

ورغم أن بيانات التحقق المستقلة مفضلة لتقييم الدقة، إلا أنه فى بعض الحالات لا يمكن جمع هذه البيانات (البيانات القديمة) وهناك حاجة إلى طرق أخرى. وتُستخدم مقاييس أداء النموذج الداخلية (وتسمى أيضًا دقة المعايرة) لضبط النموذج. وتشير إلى مدى تطابق النموذج مع البيانات. وتتضمن هذه المقاييس الخطأ الخارجى (OOB) المستخدم فى نموذج الغابات العشوائية المستند إلى الأشجار ومتوسط الخطأ التربيعى المستخدم عادة فى عديد من نماذج الارتداد (James et al., 2014).

ومقاييس أداء النموذج الداخلية مفيدة لتقييم عوامل النموذج، لكن هذه المقاييس تبالغ عادةً فى تقدير دقة التنبؤ الفعلى لأن النماذج الإحصائية مصممة لتقليل (أو تعظيم) مقاييس الدقة الداخلية. ولا يجب الاستدلال على دقة التنبؤ من مقاييس أداء النموذج الداخلية فقط.

وترتبط طرق تقسيم البيانات بمقاييس أداء النموذج الداخلية. وتتضمن طرق تقسيم البيانات حجز جزء (عادة من 10 إلى 30%) من بيانات التدريب المتاحة لاستخدامها فقط للتحقق من الصحة. واستخدام الملاحظة لكل من تدريب النموذج والتحقق من الصحة غير ضرورى ومحظورة تمامًا. وفى تقسيم البيانات، يستخدم الجزء المحجوز من البيانات فقط فى التحقق من صحة النموذج وليس فى تدريب/ بناء النموذج. وبينما ممارسات تقسيم البيانات شائعة، لا يوجد ضمان بأن مجموعة فرعية مختلفة من بيانات التدريب ستؤدى إلى نفس تقديرات الدقة. والبديل الأفضل هو استخدام التحقق المتقاطع، الذى يقسم بيانات التدريب بشكل متكرر إلى مجموعات فرعية للتدريب والتحقق من الصحة (عادةً 5 أو 10) ، وبالتالى يقيّم عديد من الإصدارات البديلة من البيانات (Kuhn and Johnson, 2013). وينتج عن التحقق المتقاطع تقديرات دقة التنبؤ مع التباين المرتبط (مثال الانحرافات

المعيارية). وإذا كانت طريقة أخذ العينات الحقلية الأولية متحيزة، فقد لا تلتقط تقديرات دقة التحقق المتقاطع دقة التنبؤ الحقيقية بشكل كافٍ لأن التحقق المتقاطع يعتمد بدقة على البيانات المستخدمة فى النمذجة.

وتقديرات دقة التنبؤ ضرورية لتقدير جودة التنبؤ ويجب تضمينها كمكون ضرورى فى أى مشروع لرسم خرائط التربة الرقمية. وتتوفر مقاييس حساب الدقة فى عديد من حزم البرامج وعادة يتم تضمينها فى تنفيذ نماذج التنبؤ.

عدم اليقين (Uncertainty)

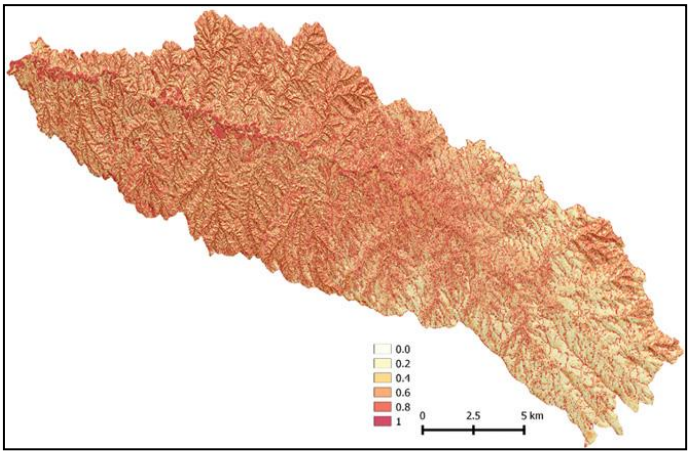
ينتج عدم اليقين فى الحصر التقليدى للأراضى من مقياس الرسم (مثل مستوى 1 مقابل مستوى 3)، ووضع خطوط وحدات الخريطة، وإدراج أنواع التربة المماثلة. ويقاس عدم اليقين باستخدام تركيب وحدة الخريطة (مثال وحدة الخريطة 1 تتكون من 55% تربة A ، 30% تربة B ، 15% تربة C).

وينتج عدم اليقين في رسم الخرائط الرقمية للتربة من عدة مصادر: (1) الدقة الموضعية لمكان البيدون (خاصة للملاحظات القديمة)؛ (2) دقة المتغير (على سبيل المثال، عدم اليقين الرأسى لنموذج الارتفاع الرقمى)؛ (3) فئة التربة أو قياس الخواص (مثل التصنيف أو التحليل المعملى)؛ (4) هيكل النموذج (على سبيل المثال، استخدام نموذج خطى لبيانات الخطوط المنحنية).

وتستخدم خرائط التربة الرقمية الأعضاء أو الاحتمالات لتقدير عدم اليقين فى التنبؤ عند نمذجة فئات التربة. وتشير أعضاء/ احتمالات فئة التربة إلى تشابه حدوث فئة التربة فى كل خلية شبكية. وينتج عن رسم الخرائط الرقمية للتربة شبكة عضو/ احتمال لكل فئة تربة نموذجية. ويقاس الارتباك بين تنبؤات فئات التربة باستخدام دليل الارتباك (CI):

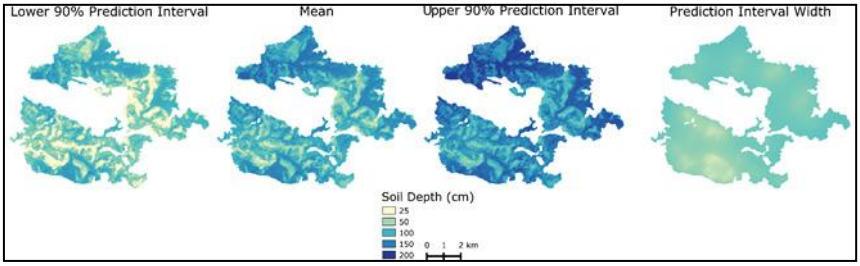
$$CI = [1-(\mu_{max} - \mu_{(max-1)})]$$

حيث μ_{max} هى قيمة العضو/ الاحتمال للفئة ذات الحد الأقصى للعضوية/ الاحتمال و $\mu_{(max-1)}$ هى ثانى أكبر قيمة عضوية/ احتمال. وإذا كانت عضوية/ احتمالية الفئتين الأكثر احتمالاً متشابهة (على سبيل المثال، 0.3 و 0.2) فإن CI سيقترب من 1، مشيرا إلى ارتباك كبير حول الفئة التى يجب أن ينتمى إليها التنبؤ (شكل 5-11). وإذا كانت عضوية/ احتمالات الفئتين الأكثر احتمالا غير متشابهة (على سبيل المثال، 0.7 مقابل 0.1) ، فإن CI سيقترب من الصفر، مما يشير إلى القليل من الالتباس بين الفئات (Burrough et al., 1997; Odgers et al., 2014).



شكل 5-11: مثال دليل الارتباك للتنبؤ بفئة تربة على مسافة 300 ك م ^{2} تقريبًا فى حوض النهر المسحوق (Powder River Basin، وايومنج (Wyoming). وتشير قيم مؤشر الارتباك بالقرب من 1 إلى مناطق عدم اليقين فى التنبؤات المكانية لفئة التربة. الشكل مقتبس من Brungard et al. (2015).

وتستخدم خرائط التربة الرقمية فواصل تنبؤ لتقدير الشك فى تنبؤات خصائص التربة (شكل 5-12). وتشير فواصل التنبؤ (وليس فترات الثقة، التي تقيس عدم اليقين حول المتوسط) إلى النطاق فى القيم الذى من المحتمل أن تحدث فيه القيمة الحقيقية (Malone et al., 2011). وتستخدم خرائط التربة الرقمية عادة فترات توقع 90%، والتى تشير إلى النطاق فى القيم التى سيعثر فيها على قياس جديد 9 مرات من كل 10. وتظهر فترات التنبؤ عادة كخرائط مصاحبة، حيث يظهر الفاصل الأقل للتنبؤ، والمتوسط والفاصل الأعلى للتنبؤ جنبًا إلى جنب (شكل 5-12). وفى بعض الحالات، يتم أيضًا توفير عرض فاصل التنبؤ للإشارة إلى التباين المكانى لعدم اليقين (شكل 5-12). وعلى الرغم من أنه أقل شيوعًا، إلا أن هناك خيارًا آخر لإظهار عدم اليقين فى التنبؤ بخصائص التربة من خلال "التبييض" (Hengl, 2003. 2007)، أى أن التنبؤات بيضاء/ باهتة بناءً على عدم اليقين بحيث تقترب التنبؤات غير المؤكدة بدرجة كبيرة من اللون الأبيض. وتتوفر طرق حساب عدم اليقين فى التنبؤ بسهولة فى عديد من حزم البرامج.



شكل 5-12: مثال على فواصل التنبؤ وعرض فاصل التنبؤ بعمق التربة إلى طبقة مقيدة تزيد مساحتها عن 50 كم^2 فى مقاطعة سان جوان (San Juan County)، ولاية يوتا (Utah). وتشير فواصل التنبؤ الأعرض إلى عدم يقين أكبر.

تطبيقات رسم الخرائط الرقمية للتربة

(Applications of Digital Soil Mapping)

يستخدم رسم الخرائط الرقمية للتربة على نطاق واسع للتنبؤ بفئات التربة وخصائصها وإنتاج خريطة التربة. ومع ذلك، يمكن تطبيق عملية إنشاء تنبؤات مكانية واضحة للظواهر الطبيعية باستخدام العلاقات الكمية بين بيانات التدريب ومتغيرات التنبؤ لإنتاج مجموعة واسعة من المعلومات. وتناقش الفقرات التالية أمثلة لتطبيق رسم الخرائط الرقمية للتربة فى البيدولوجى والمجالات ذات الصلة لإنتاج منتجات معلومات بخلاف خرائط التربة.

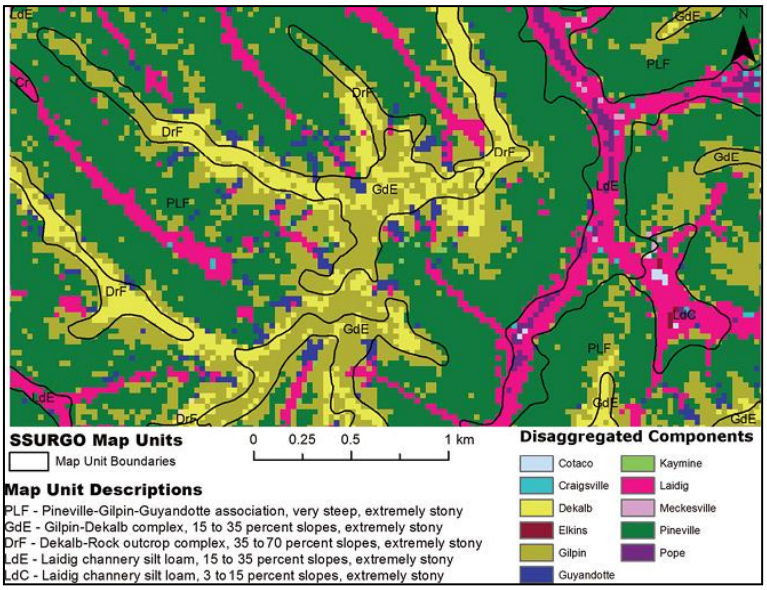
النقط مقابل المضلع، التجميع، وتقييم الخرائط الموجودة

(Raster vs. Polygon, Disaggregation, and Evaluation of Existing Maps)

تم تطبيق التصنيف الغامض للبيانات الطيفية للقمر الصناعى لاندسات 7 فى حصر الأراضى المحدث لوحدات الخرائط المبتلة والملحية على طول الشاطئ الشرقى لبحيرة سولت ليك الكبرى، يوتا، على وجه التحديد لتفصيل عدد قليل من وحدات الخرائط الواسعة للغاية. وقد أظهر المنتج توزيع مكونات التربة (مرتبطة بنوع الغطاء الأرضى) بدقة خريطة كلية 88%. وسلط الضوء على المعلومات الإضافية التى يمكن أن ينقلها منتج نقطى (raster) ولا يمكن لمنتج موجه (vector). ويسمح المنتج النقطى المفصل بتحسين مفاهيم وحدة الخريطة وعمل الخط، لا سيما فى المناطق التى تم تجميعها سابقًا فى وحدة خريطة بلايا (Playa)، والتى لا تحتوى على معلومات تربة لتدعمها. وتعتبر منطقة الحصر هذه مهمة للحفاظ على الأراضى المبتلة ومواطن الهجرة لأعداد كبيرة من الطيور وتتعرض لضغوط من تطور التعديات (Kienast-Brown and Boettinger, 2007).

وقد اكتمل تفصيل البيانات القديمة لقاعدة البيانات الجغرافية لحصر الأراضى "Soil Survey Geographic

”(SSURGO) Database فى خرائط على مستوى مكونات التربة لمقاطعتين فى ولاية فرجينيا الغربية باستخدام معرفة علاقة التربة بالهيئات الطبيعية، واستخراج البيانات، والنمذجة التنبؤية (Nauman and Thompson, 2014). واستخدم وصف علاقات التربة بالهيئات الطبيعية المخزنة فى قاعدة بيانات SSURGO لمنطقى الحصر، بجانب بيانات الارتفاع والمؤشرات الجيومورفولوجية المشتقة، لبناء مجموعة من مناطق التدريب الممثلة لجميع مكونات التربة. وقد استخدمت مناطق التدريب فى نماذج مجموعات شجرة التصنيف مع المتغيرات البيئية الإضافية للتنبؤ بامتداد سلاسل التربة (شكل 5-13). وتم أيضًا إنشاء أسطح تكرار تنبؤ تحتية من النماذج واستخدمت لإنشاء خرائط مستمرة لخصائص التربة. واتفقت توقعات النموذج مع تحقق البيدون من 22 إلى 44%. وتوضح هذه الدراسة كيفية استخدام تقنيات التفصيل لتحديث حصر الأراضى.



شكل 5-13: مثال تفصيل SSURGO فى ولاية فرجينيا الغربية يوضح تصنيف مكونات سلاسل التربة مع غطاء لحدود وحدات الخريطة الأصلية (معدل من Nauman and Thompson, 2014).

توقع القشور البيولوجية للتربة (Predicting Biological Soil Crusts)

القشور البيولوجية للتربة هى مجتمعات من البكتيريا الزرقاء (cyanobacteria) والطحالب (algae) والفطريات الدقيقة (microfungi) والطحالب (mosses) وحشيشة الكبد (liverworts) والأشنات (lichens) على سطح التربة (Soilcrust.org, 2016). وتعمل على تثبيت التربة وتقليل الانجراف بالرياح والمياه وهى مصادر مهمة للنيتروجين والكربون العضوى فى النظم البيئية الجافة وشبه الجافة (Belnap et al., 2001). وفئات مستوى تطور قشرة التربة البيولوجية (LOD) تمثل تسلسل تطور من الأدنى إلى الأعلى، مع وجود فئات أعلى تشير إلى زيادة نمو البكتيريا الزرقاء (Belnap et al., 2008). وقد اكتملت التنبؤات المكانية لفئات LOD المنخفضة والمتوسطة والعالية لمنطقة Canyonlands National Park وما يحيطها، ولاية يوتا، للمساعدة فى إدارة هذا المورد المهم (بيانات غير منشورة لـ Brungard ، Boettinger).

واشتقت تنبؤات مكانية لوجود فئة LOD لقشرة التربة البيولوجية باستخدام متوسط نموذج غير مرجح (Malone et al., 2014) من خمسة نماذج إحصائية: تعزيز التدرج العشوائى (stochastic gradient boosting)، والغابات العشوائية (random forests)، والحد الأقصى من الانتروبيا (maximum entropy)، والنماذج الخطية المعممة (generalized linear models)، والنماذج المضافة المعممة (generalized additive models). وتم الحصول على ملاحظات قشرة التربة البيولوجية المستخدمة فى تطوير النموذج أثناء تحديث حصر الأراضى للفترة 2006-2009 فى حديقة كانيونلاندز الوطنية

(Canyonlands National Park)، يوتا (Utah).

وتم حساب عدم يقين التنبؤ على أنه الانحراف المعيارى لتنبؤات الاحتمال المجمعة من كل نموذج. وعدم يقين التنبؤ المنخفض يشير إلى تنبؤات أكثر قوة. وقد قيمت جودة التنبؤ باستخدام التوافق (concordance). وهو عدد النماذج التى تتنبأ بحدوث فئة فى كل خلية نقطية (raster). وتشير قيم التوافق العالية (على سبيل المثال، 5) إلى مناطق تتنبأ فيها جميع النماذج بوجود قشرة تربة بيولوجية وبالتالى تحدد المناطق التى يمكن فيها وضع ثقة أكبر فى تنبؤات التواجد. وعلى العكس من ذلك، تشير قيم التوافق المنخفضة (على سبيل المثال، 1) إلى مناطق تتنبأ فيها نماذج قليلة فقط بوجود قشرة تربة بيولوجية وبالتالى تحدد المناطق التى قد تكون فيها ثقة أقل فى التنبؤات المكانية.

توقع المواقع البيئية (Predicting Ecological Sites)

ربط المواقع البيئية بوحدات خرائط التربة مكون مهم لرسم خرائط التربة فى الولايات المتحدة. ويوفر فهمًا لكيفية تفاعل العوامل الحيوية وغير الحيوية فى البيئة وتأثيرها على بعضها. (ويناقش الملحق 4 أوصاف الموقع البيئى). وتعتبر المواقع البيئية جزءًا حيويًا من كثير من قرارات إدارة الأراضى (USDA-NRCS, 2008). وقد أجريت دراسات عديدة ركزت على التنبؤ بتوزيع أنواع الغطاء النباتى، للمساعدة فى فهم العلاقات المكانية للمواقع البيئية، فى مقاطعة ريتش (Rich County)، يوتا (Utah). استخدمت مجموعة مختارة من مشتقات بيانات الارتفاع والطيف (Landsat) كمدخلات لنماذج الانحدار اللوجستى لإنتاج تنبؤات بأنواع الغطاء النباتى تلعب دورًا رئيسيًا فى تحديد الموقع البيئى (Peterson, 2009). وبلغت الدقة 71% بناءً على مجموعة بيانات تحقق مستقلة.

وفى دراسة لاحقة فى مقاطعة ريتش استخدم مزيج من مشتقات الارتفاع والطيف وتصنيف الغابات العشوائية للتنبؤ بخمسة أنواع نباتية سائدة (Stam, 2012). تراوحت الدقة الإجمالية بين 81% و 98%. كما تم استكشاف التنبؤ بالمواقع والحالات البيئية فى نفس الدراسة باستخدام مشتقات بيانات الطيف والتصنيف الخاضع للإشراف، تحديداً الاحتمال الأقصى. وحسب مؤشر التشابه، بناءً على مسافة Mahalanobis المتولدة أثناء التصنيف، والمتعلقة بحالات مختلفة (إجمالى 6) للموقع البيئى. ونجح مؤشر التشابه فى تحديد مكان حدوث حالات مختلفة لموقع بيئى معين على الهيئة الطبيعية، بدقة 65%.

توقع مواطن النباتات النادرة (Predicting Rare Plant Habitat)

Shrubby reed-mustard (*Schoenocrambe suffrutescens*)، شجيرة الخردل (SRM) مهددة بالانقراض مدرجة فى القائمة الفيدرالية فى الولايات المتحدة ومتوطنة فى حوض Uinta، يوتا، تواجه فقدان الموطن بسبب تطوير واستخراج طاقة الوقود الأحفورى. وقد استخدمت نماذج الغابات العشوائية والمتغيرات البيئية الرقمية لتحديد موطن هذه الشجيرة (Baker et al., 2016). واستخدم نهج من ثلاث خطوات لعمل خريطة التنبؤ النهائية. أولاً، استخدمت خصائص التربة المقاسة فى الحقل للتنبؤ بوجود أو غياب SRM (خطأ خارج الكيس [OOB] بنسبة 10%). ثانيًا، تم ربط خصائص التربة ببيانات الارتفاع والطيف، بما فى ذلك DEM، ومشتقات DEM، وصور Landsat 5 TM، للتنبؤ بمواطن SRM على نطاق مكانى وإنشاء نقاط بيانات تدريبية لنموذج نهائى (خطأ OOB بنسبة 28%). وقد ارتبط مكافئ كربونات الكالسيوم ومحتوى السلت وقيمة اللون الجاف ارتباطًا شديدا بالصفرة من تحويل Tasseled Cap، 2/3 نسبة الفرق المعيارية، و1/3 نسبة الفرق المعيارية (نسب النطاق الطيفى المرتبطة عادةً بالجيولوجيا ومحتوى الكربونات). ثالثًا، استخدمت بيانات الطيف والارتفاع لإنشاء بيانات نقطية تنبؤية نهائية لمواطن الخردل المحتملة مع وجود خطأ OOB بنسبة 23%، تم التحقق من صحته من خلال مجموعة بيانات مستقلة لمواقع SRM. واستخدمت مخططات الأهمية المتغيرة فى جميع النماذج للإشارة إلى متوسط الانخفاض فى الدقة لكل متغير. وتم اختيار أهم متغيرات التوقع وخفضها إلى مجموعة فرعية عن طريق الحذف التدريجى اليدوى للحصول على أفضل نموذج يتناسب مع أقل عدد من

المتغيرات. ويمكن استخدام النموذج النهائى لتحديد المواطن المحتملة عبر منطقة كبيرة، خاصةً عند صعوبة الوصول للأماكن البعيدة أو الوعرة وتتطلب الكثير من الوقت والعمالة. وبمجرد تحديد التربة وموقع بيانات مناطق المواطن المحتملة، يمكن استخدامها للتحقق من ملاءمة المواطن وتركيز جهود الحفظ أو الاستعادة.

الملخص (Summary)

تستخدم الخرائط الرقمية للتربة ملاحظات الحقل والمعمل إلى جانب المتغيرات البيئية الواضحة (SCORPAN) وتكنولوجيا الكمبيوتر الحديثة للتنبؤ بفئات التربة أو خصائصها. وهذا يكمل ويبنى على المعرفة المجمعة والخبرة المتراكمة على مدى عقود عديدة من عمل حصر الأراضى التقليدى. والمزايا الرئيسية لرسم الخرائط الرقمية تتضمن ما يلى:

- يمكن استخدام النموذج الأكثر دقة الذى تدعمه الموارد من خلال العملية التكرارية للتطوير والاختبار لإنشاء خريطة التربة النهائية. وتنقيح النماذج حتى تفى الخريطة الناتجة بمعايير الدقة وعدم اليقين.
- التطبيق الموحد للنموذج عبر منطقة المشروع ينتج عنه خريطة تربة متسقة.
- يمكن التعبير عن درجة الدقة وعدم اليقين المرتبطين بخريطة التربة كميا.
- يتم التقاط معلومات التربة لكل خلية شبكة بدلاً من تجميعها للمضلعات كلها. ونتيجة لذلك، يكون هناك تصور أكثر تفصيلاً لتنوع التربة قصير المدى على الهيئة الطبيعية.
- النماذج التى تم تطويرها للتنبؤ بفئات التربة أو خصائصها هى طريقة فعالة لالتقاط والحفاظ على معرفة الخبراء حول علاقات التربة والهيئة الطبيعية.

References

Arrouyas, D., N. McKenzie, J. Hempel, A.R. de Forges, and A.B. McBratney. 2014. GlobalSoilMap: Basis of the global spatial soil information system. Taylor and Francis, London, UK.

Baker, J.B., B.B. Fonnesbeck, and J.L. Boettinger. 2016. Modeling rare endemic shrub habitat in the Uinta Basin using soil, spectra, and topographic data. Soil Science Society of America 80:395–408.

Behrens, T. 2003. Digitale Reliefanalyse als Basis von Boden-Landschafts-Modellen- am Beispiel der Modellierung periglaziarer Lagen im Ostharz. Boden und Landschaft 42:189.

Behrens, T., and T. Scholten. 2006. A comparison of data-mining techniques in predictive soil mapping. *In* P. Lagacherie, A.B. McBratney, and M. Voltz (eds.) Digital soil mapping: An introductory perspective, Elsevier, Amsterdam, pp. 353–617.

Behrens, T., H. Förster, T. Scholten, U. Steinrücken, E.-D. Spies, and M. Goldschmitt. 2005. Digital soil mapping using artificial neural networks. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168:21–33.

Behrens, T., A.X. Zhu, K. Schmidt, and T. Scholten. 2010. Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping. Geoderma 155(3–4):175–185.

Belnap, J., J.H. Kaltenecker, R. Rosentreter, J. Williams, S. Leonard, and D. Eldridge. 2001. Biological soil crusts: Ecology and management. Technical Reference No. 1730-2, USDI Geological Survey, Forest and Rangeland Ecosystem Science Center, Denver, CO.

Belnap, J., S.L. Phillips, D.L. Witwicki, and M.E. Miller. 2008. Visually assessing the level of development and soil surface stability of cyanobacterially dominated biological soil crusts. Journal of Arid Environments 72(7):1257–1264.

Bodily, J.M. 2005. Developing a digital soil survey update protocol at the Golden Spike National Historic site. M.S. thesis, Utah State University, Logan.

Boruvka, L., L. Pavlu, R. Vasat, V. Penizek, and O. Drabek. 2008. Delineating acidified soils in the Jizera Mountains region using fuzzy classification. *In* A.E. Hartemink, A. McBratney, and M.L. Mendonça-Santos (eds.) Digital soil mapping with limited data, Springer, The Netherlands, pp. 303–309.

Bouma, J., A.G. Jongmans, A. Stein, and G. Peek. 1989. Characterizing spatially variable hydraulic properties of a boulder clay deposit in The Netherlands. Geoderma 45:19-29.

Brungard, C.W., and J.L. Boettinger. 2010. Conditioned Latin hypercube sampling: Optimal sample size for digital soil mapping of arid rangelands in Utah, USA. *In* J.L. Boettinger, D.W. Howell, A.C. Moore, A.E. Hartemink, and S. Kienast-Brown (eds.) Digital soil mapping: Bridging research, environmental application, and operation, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 67–75.

Brungard, C.W., J.L. Boettinger, M.C. Duniway, S.A. Wills, and T.C. Edwards. 2015. Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes. Geoderma 239-240:68-83.

Brus, D.J., B. Kempen, and G.B.M. Heuvelink. 2011. Sampling for validation of digital soil maps. European Journal of Soil Science 62(3):394–407.

Bui, E.N., and C.J. Moran. 2003. A strategy to fill gaps in soil survey over large spatial extents: An example from the Murray-Darling Basin of Australia. Geoderma 111:21–44.

Burrough, P.A., and R. McDonnell. 1998. Principles of geographical information systems. Oxford University Press.

Burrough, P.A., P.F.M. van Gaans, and R. Hootsmans. 1997. Continuous classification in soil survey: Spatial correlation, confusion and boundaries. Geoderma 77(2–4):115–135.

Carré, F., A.B. McBratney, T. Mayr, and L. Montanarella. 2007. Digital soil assessments: Beyond DSM. Geoderma 142:69-79.

Cole, N.J., and J.L. Boettinger. 2007. A pedogenic understanding raster classification methodology for mapping soils, Powder River Basin, Wyoming, USA. *In* P. Lagacherie, A.B. McBratney, and M. Voltz (eds.) Digital soil mapping: An introductory perspective. Developments in Soil Science, Vol. 31, Elsevier, Amsterdam, pp. 377-388.

Colwell, R.N. 1997. History and place of photographic interpretation. *In* Manual of Photographic Interpretation, second ed., American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

Congalton, R. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment 37(1):35–46.

de Gruijter, J., D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, and M. Knotters. 2006. Sampling for natural resource monitoring. Springer, Berlin.

Dobos, E., and J. Daroussin. 2005. The derivation of the Potential Drainage Density Index (PDD). *In* E. Dobos, J. Daroussin, and L. Montanarella (eds.) An SRTM-based procedure to delineate SOTER terrain units on 1:1 and 1:5 million scales.

Duda, R.O., P.E. Hart, and D.G. Stork. 2001. Pattern classification. John Wiley & Sons, New York, NY.

Foody, G.M. 2000. Estimation of sub-pixel land cover composition in the presence of untrained classes. Computers and Geosciences 26:469-478.

Fox, G.A., and R. Metla. 2005. Soil property analysis using principal components analysis, soil line, and regression models. Soil Science Society of America Journal 69(6):1782.

Franklin, J., and J.A. Miller. 2009. Mapping species distributions: Spatial inference and prediction. Cambridge University Press.

Gallant, J.C., and T.I. Dowling. 2003. A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. Water Resources Research 39(12).

Guyon, I., J. Weston, S. Barnhill, and V. Vapnik. 2002. Gene selection for cancer classification using support vector machines. Machine Learning 46(1-3):389–422.

Hammond, E.H. 1954. Small scale continental landform maps. Annals of the Association of American Geographers 44:32-42.

Hammond, E.H. 1964. Analysis of properties in land form geography: An application to broad-scale land form mapping. Annals of the Association of American Geographers 54(1):11-19.

Hartemink, A.E., A. McBratney, and M.L. Mendonça-Santos (editors). 2008. Digital soil mapping with limited data. Springer, Heidelberg.

Hengl, T. 2003. Visualisation of uncertainty using the HSI colour model: Computations with colours. Proceedings of the 7th International Conference on GeoComputation, pp. 1–12.

Hengl, T. 2007. A practical guide to geostatistical mapping of environ-mental variables. Geoderma 140(4):417–427.

Hengl, T., and H.I. Reuter. 2008. Geomorphometry. Developments in Soil Science, Vol. 33, Elsevier, Amsterdam.

Hengl, T., G.B.M. Heuvelink, and D.G. Rossiter. 2007. About regression-kriging: From equations to case studies. Computers and Geosciences 33(10):1301–1315.

Hofierka, J., and M. Suri. 2002. The solar radiation model for Open Source GIS: Implementation and applications. Proceedings of the Open Source GIS-GRASS User's Conference, pp. 1-19.

Hole, F.D., and J.B. Campbell. 1985. Soil landscape analysis. Rowman & Littlefield.

Intergraph Corporation. 2013. ERDAS field guide. Available at http://e2b.erdas.com/Libraries/Misc_Docs/ERDAS_FieldGuide_PDF_Intergraph_brand.sflb.ashx. [Accessed 20 September 2016]

Issaks, E.H., and R.M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York, NY.

Iwahashi, J., and R.J. Pike. 2007. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. Geomorphology 86(3):409-440.

James, G., D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani. 2014. An introduction to statistical learning: With applications in R. Springer, New York, NY.

Jasiewicz, J., and T.F. Stepinski. 2013. Geomorphons—A pattern re-cognition approach to classification and mapping of landforms. Geomorphology 182:147-156.

Jenny, H. 1941. The factors of soil formation. McGraw Hill, New York, NY.

Jensen, J.R. 2005. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective, 3rd edition. Pearson Prentice Hall, pp. 296-300, 301-321, 315-316.

Kempen, B., D.J. Brus, G.B.M. Heuvelink, and J.J. Stoorvogel. 2009. Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. Geoderma 151(3-4):311–326.

Kidd, D., B. Malone, A. McBratney, B. Minasny, and M. Webb. 2015. Operational sampling challenges to digital soil mapping in Tasmania, Australia. Geoderma Regional 4:1–10.

Kienast-Brown, S., and J.L. Boettinger. 2007. Land cover classification from Landsat imagery for mapping dynamic wet and saline soils. *In* P. Lagacherie, A.B. McBratney, and M. Voltz (eds.) Digital soil mapping: An introductory perspective. Developments in Soil Science, Vol. 31, Elsevier, Amsterdam, pp. 235–244.

Kienast-Brown, S., and J.L. Boettinger. 2010. Applying the optimum index factor to multiple data types in soil survey. *In* J.L. Boettinger, D.W. Howell, A.C. Moore, A.E. Hartemink, and S. Kienast-Brown (eds.) Digital soil mapping: Bridging research, environmental application, and operation, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 385–398.

Kuhn, M., and K. Johnson. 2013. Applied predictive modeling. Springer, New York, NY.

Kuhn, M., J. Wing, S. Weston, A. Williams, C. Keefer, A. Engelhardt, T. Cooper, Z. Mayer, B. Kenkel, T.R.C. Team, M. Benesty, R. Lescarbeau, A. Ziem, and L. Scrucca. 2015. caret: Classification and regression training.

Kursa, M.B., and W.R. Rudnicki. 2010. Feature selection with the Boruta package. Journal of Statistical Software 36(11):1–13.

Lagacherie, P., A.B. McBratney, and M. Voltz (editors). 2007. Digital soil mapping: An introductory perspective. Developments in Soil Science, Vol. 31, Elsevier, Amsterdam.

Levi, M.R., and C. Rasmussen. 2014. Covariate selection with iterative principal component analysis for predicting physical soil properties. Geoderma 219–220:46–57.

Libohova, Z., H.E. Winzeler, B. Lee, P.J. Schoeneberger, J. Datta, and P.R. Owens. 2016. Geomorphons: Landform and property predictions in a glacial moraine in Indiana landscapes. Catena 142:66-76.

Lohr, S.L. 2009. Sampling: Design and analysis, 2nd edition. Nelson Education.

MacQueen, J.B. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proceedings of the Fifth Symposium on Math, Statistics, and Probability, University of California Press, Berkeley, CA.

Malone, B.P., A.B. McBratney, and B. Minasny. 2011. Empirical estimates of uncertainty for mapping continuous depth functions of soil attributes. Geoderma 160(3–4):614–626.

Malone, B.P., B. Minasny, N.P. Odgers, and A.B. McBratney. 2014. Using model averaging to combine soil property rasters from legacy soil maps and from point data. Geoderma 232-234:34–44.

MathWorks, Inc. MATLAB 8.0 and Statistics Toolbox 8.1. Natick, MA.

McBratney, A.B., M.L. Mendonça-Santos, and B. Minasny. 2003. On digital soil mapping. Geoderma 117:3-52.

Miller, B.A., S. Koszinski, M. Wehrhan, and M. Sommer. 2015. Impact of multi-scale predictor selection for modeling soil properties. Geoderma 239-240:97–106.

Minasny, B., and A.B. McBratney. 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. Computers & Geosciences 32:1378–1388.

Minasny, B., B.P. Malone, and A.B. McBratney. 2012. Digital soil assessments and beyond. Proceedings of the 5th Global Workshop on Digital Soil Mapping. CRC Press, Boca Raton, FL.

Mohanty, B.P., and Z. Mousli. 2000. Saturated hydraulic conductivity and soil water retention properties across a soil-slope transition. Water Resources Research 43(11):3311-3324.

Moore, I.D., R.B. Grayson, and A.R. Ladson. 1991. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and bio-logical applications. Hydrological Processes 5(1):3-30.

Nauman, T.W., and J.A. Thompson. 2014. Semi-automated disaggregation of conventional soil maps using knowledge driven data mining and classification trees. Geoderma 213:385-399.

Nield, S.J., J.L. Boettinger, and R.D. Ramsey. 2007. Digitally mapping gypsic and natric soil areas using Landsat ETM data. Soil Science Society of America Journal 71:245-252.

Nilsson, R., J.M. Peña, J. Björkegren, and J. Tegnér. 2007. Consistent feature selection for pattern recognition in polynomial time. Journal of Machine

Learning Research 8:589–612.

O'Callaghan, J., and D. Mark. 1984. The extraction of drainage networks from digital elevation data. Computer Vision, Graphics, and Image Processing 28:323–344.

Odeh, I.O.A., A.B. McBratney, and D.J. Chittleborough. 1994. Spatial prediction of soil properties from landform attributes derived from a digital elevation model. Geoderma 63:197–214.

Odeh, I.O.A., A.B. McBratney, and D.J. Chittleborough. 1995. Further results on prediction of soil properties from terrain attributes—Heterotrophic cokriging and regression kriging. Geoderma 67:215–226.

Odgers, N.P., W. Sun, A.B. McBratney, B. Minasny, and D. Clifford. 2014. Disaggregating and harmonising soil map units through resampled classification trees. Geoderma 214–215:91–100.

Olaya, V., and O. Conrad. 2009. Geomorphometry in SAGA. Devel-opments in Soil Science, Vol. 33, Elsevier, Amsterdam, pp. 293-308.

Olea, R.A. 2009. A practical primer on geostatistics. USGS Open-File Report 2009-1103, USDI Geological Survey, Reston, Virginia.

Padarian, J., B. Minasny, A.B. McBratney, and N. Dalgliesh. 2014. Predicting and mapping the soil available water capacity of Australian wheatbelt. Geoderma Regional 2–3:110–118.

Park, S.J., G.R. Ruecker, W.A. Agyare, A. Akramhanov, D. Kim, and P.L.G. Vlek. 2009. Influence of grid cell size and flow routing algorithm on soil-landform modeling. Journal of the Korean Geo-graphical Society 44:122–45.

Pebesma, E.J. 2004. Multivariable geostatistics in S: The gstat package. Computers and Geosciences 30:683–691.

Peterson, K.A. 2009. Modeling potential native plant species distributions in Rich County, Utah. All Graduate Theses and Dissertations Paper 649, Utah State University.

PRISM Climate Group. 2016. PRISM climate data. Northwest Alliance for Computational Science & Engineering (NACSE) at Oregon State University. Available at http://prism.oregonstate.edu. [Accessed 16 September 2016]

Quinn, P.F., K.J. Beven, P. Chevallier, and O. Planchon. 1991. The prediction of hillslope flowpaths for distributed modelling using digital terrain models. Hydrological Processes 5:59-80.

R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing.

Vienna, Austria.

Riley, S.J., S.D. DeGloria, and R. Elliot. 1999. A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. Intermountain Journal of Sciences 5:23-27.

Roecker, S.M., and J.A. Thompson. 2010. Scale effects on terrain attribute calculation and their use as environmental covariates for digital soil mapping. *In* J.L. Boettinger, D.W. Howell, A.C. Moore, A.E. Hartemink, and S. Kienast-Brown (eds.) Digital soil mapping: Bridging research, environmental application, and operation, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 55–66.

Rossiter, D.G. 2003. Methodology for soil resource inventories, 3rd edition. ITC Lecture Notes SOL.27, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, The Netherlands.

Roudier, P. 2011. clhs: An R package for conditioned Latin hypercube sampling.

Roudier, P., D.E. Beaudette, and A.E. Hewitt. 2012. A conditioned Latin hypercube sampling algorithm incorporating operational constraints. *In* B. Minasny, B.P. Malone, and A. McBratney (eds.) Digital soil assessments and beyond: Proceedings of the 5th Global Workshop on Digital Soil Mapping, CRC Press, Sydney, Australia, pp. 227–231.

Saunders, A.M., and J.L. Boettinger. 2007. Incorporating classification trees into a pedogenic understanding raster classification methodology, Green River Basin, Wyoming, USA. *In* P. Lagacherie, A.B. McBratney, and M. Voltz (eds.) Digital soil mapping: An introductory perspective. Developments in Soil Science, Vol. 31, Elsevier, Amsterdam, pp. 389-399.

Schaeffer, R.L., W. Mendenhall, and L. Ott. 1990. Elementary survey sampling, 4th edition. PWS-Kent Publishing Company.

Schmidt, J., and A. Hewitt. 2004. Fuzzy land element classification from DTMs based on geometry and terrain position. Geoderma 121(3):243-256.

Schowengerdt, R.A. 1997. Remote sensing: Models and methods for image processing, 2nd edition. Academic Press.

Smith, M.P., A.X. Zhu, J.E. Burt, and C. Stiles. 2006. The effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey. Geoderma 137(1–2):58–69.

Soilcrust.org. 2016. Biological soil crusts. http://www.soilcrust.org/index.htm [Accessed 20 September 2016]

Stam, C.A. 2012. Using biophysical geospatial and remotely sensed data to classify

ecological sites and states. All Theses and Dissertations Paper 1389, Utah State University.

Stum, A.K., J.L. Boettinger, M.A. White, and R.D. Ramsey. 2010. Random forests applied as a soil spatial predictive model in arid Utah. *In* J.L. Boettinger, D.W. Howell, A.C. Moore, A.E. Hartemink, and S. Kienast-Brown (eds.) Digital soil mapping: Bridging research, environmental application, and operation, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 179–190.

Tarboton, D.G. 1997. A new method for the determination of flow directions and contributing areas in grid digital elevation models. Water Resources Research 33(2):309-319.

Thompson, J.A., J.C. Bell, and C.A. Butler. 2001. Digital elevation model resolution: Effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. Geoderma 100(1-2):67–89.

Tou, J.T., and R.C. Gonzalez. 1974. Pattern recognition principles. Addison-Wesley.

Triantifilis, J., N.Y. Earl, and I.D. Gibbs. 2012. Digital soil-class mapping across the Edgeroi district using numerical clustering and gamma-ray spectrometry data. *In* B. Minasny, B.P. Malone, and A. McBratney (eds.) Digital soil assessments and beyond. Proceedings of the 5th Global Workshop on Digital Soil Mapping, CRC Press, Sydney, pp. 187–191.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2008. Ecological sites: Understanding the landscape fact sheet. Available at http://nitcnrcsbase-www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1043492.pdf. [Accessed 20 September 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016a. Geospatial Data Gateway. https://gdg.sc.egov.usda.gov [Accessed September 20, 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016b. Job Aids (Soil Databases, GIS). http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/edu/ncss/?cid=nrcs142p2_054322 [Accessed 20 September 2016]

U.S. Department of the Interior, Geological Survey. 1999. National GAP analysis program land cover data, version 2.

U.S Department of the Interior, Geological Survey. 2016a. EarthExplorer. http://earthexplorer.usgs.gov [Accessed 20 September 2016]

U.S Department of the Interior, Geological Survey. 2016b. The National Map.

http://ned.usgs.gov/ [Accessed 20 September 2016]

Vaughan, R., and K. Megown. 2015. The Terrestrial Ecological Unit Inventory (TEUI) Geospatial Toolkit: User guide v5.2. RSAC-10117-MAN1. USDA Forest Service, Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City, UT.

Wang, F. 1990. Improving remote sensing image analysis through fuzzy information representation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 56:1163-1169.

Webster, R., and M.A. Oliver. 2007. Geostatistics for environmental scientists, 2nd edition. John Wiley & Sons.

Wilson, J.P., and J.C. Gallant. 2000. Terrain analysis: Principles and applications. John Wiley & Sons.

Xiong, X., S. Grunwald, D.B. Myers, J. Kim, W.G. Harris, and N.B. Comerford. 2014. Holistic environmental soil-landscape modeling of soil organic carbon. Environmental Modelling and Software 57:202–215.

Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8:338-353.

Zhu, A.X., B. Hudson, J. Burt, K. Lubich, and D. Simonson. 2001. Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. Soil Science Society of America Journal 65:1463-1472.

الباب السادس

أدوات استشعار التربة عن قرب

(Tools for Proximal Soil Sensing)

By Viacheslav Adamchuk, McGill University; Barry Allred, USDA–ARS; James Doolittle, USDA–NRCS; Katherine Grote, Missouri University of Science and Technology; and Raphael Viscarra Rossel, CSIRO Land and Water

مقدمة (Introduction)

استشعار التربة عن قرب مجموعة تقنيات تستخدم مستشعرًا (sensor) قريبًا من التربة أو على اتصال مباشر بها. ويقيس المستشعر خاصية التربة بشكل مباشر أو غير مباشر. وقد قدم Viscarra Rossel et al. (2011) وصفًا لاستشعار التربة عن قرب وتقنيات الاستشعار وخصائص التربة التى يمكن لهذه التقنيات قياسها. وفى هذا الباب وصف أنواع مختلفة من أدوات الاستشعار عن قرب التى يمكن استخدامها لرسم خرائط لخصائص التربة المهمة للزراعة وإدارة الموارد الطبيعية.

الأسماء التجارية أو الشركات المذكورة فى هذا الباب أمثلة للأغراض الإعلامية فقط. ولا يشكل استخدامها موافقة من وزارة الزراعة الأمريكية أو العلماء المساهمين فى هذا الباب.

تختلف خصائص التربة فى المكان وعبر الزمن. ونتيجة لذلك، نادرًا ما توصف بشكل مناسب على نطاق الحقل والهيئة الطبيعية بواسطة أدوات حصر الأراضال تقليدية. وقد توفر الطرق التقليدية لأخذ عينات التربة والتحليلات المعملية معلومات تفصيلية فى مواقع معينة. ولكن هذه المعلومات تكون محدودة العدد والحجم والتغطية المكانية. انظر الباب الثالث لمناقشة المعايير والبروتوكولات المستخدمة لفحص ووصف التربة على نطاق البيدون فى الحقل. وتوصيف الاختلافات المكانية والزمانية على مستوى الحقل والهيئة الطبيعية يكون مستهلكًا للوقت ومكلفًا وغير عملى باستخدام طرق أخذ العينات النقطية التقليدية وحدها. وقد يوفر الاستشعار عن بعد (صور الأقمار الصناعية والصور الجوية) تغطية مكانية ممتازة، ولكن القياسات تكون غالبا غير مباشرة وتقتصر عادةً على الـ 5-6 سم العليا من التربة. إضافة إلى ذلك، تكون الدقة عموما عاجزة عن توصيف التباين المكانى لخصائص التربة على المقياس المتوسط للحقل والهيئة الطبيعية. وبسبب هذه المحددات، أصبح استشعار التربة عن قرب أكثر شيوعًا كوسيلة لملء الفجوة بين بيانات النقاط عالية الدقة وبيانات الاستشعار عن بعد منخفضة الدقة (Adamchuk et al., 2011; Adamchuk and Viscarra Rossel, 2011).

ويمكن استخدام بيانات تقنيات الاستشعار من قرب فى مستويات الحصر 1 أو 2 أو 3. ويمكن استخدامها لإظهار اختلاف خاصية أو أكثر من خصائص التربة على جزء من الهيئة الطبيعية، للمساعدة فى تقدير نطاق قيم خصائص سلسلة تربة معينة أو مكون وحدة خريطة، لتحسين ترسيم حدود وحدات خريطة التربة، ولتحديد موقع ومدى تباين مكونات التربة داخل ترسيمات وحدة الخريطة. وقد تستخدم بعض الطرق لتوثيق خصائص التربة فى مواقع محددة (بيانات النقط) عند وصف قطاعات التربة. ويوضح جدول 6-1 التطبيق العام لمختلف طرق استشعار التربة عن قرب لأنشطة حصر الأراضى. وتعريفات مستويات حصر الأراضى تم شرحها فى الباب الرابع.

ينقسم هذا الباب إلى جزئين رئيسيين. يناقش الجزء الأول ثلاث طرق جيوفيزيائية: الرادار المخترق للأرض، والحث الكهرومغناطيسى، والمقاومة الكهربائية. وتستخدم هذه الطرق على نطاق واسع بواسطة الحصر التعاونى الوطنى للتربة (NCSS) لتوثيق تغير خصائص التربة فى هيئات طبيعية محددة ولتحديد مواقع مكونات التربة

المتباينة داخل وحدات الخريطة. ويناقش الجزء الثانى تسع طرق أخرى لاستشعار التربة عن قرب والتى، حتى الآن، كان لها تطبيق محدود بواسطة NCSS. ويتضمن هذا الباب هذه التقنيات لإمكانية التوسع فى استخدامها مستقبلا، خاصة فى الحصر عالى الكثافة (المستوى 1) وفى تسجيل الخصائص عند وصف قطاعات التربة.

جدول 6-1: طرق استشعار التربة عن قرب وتطبيقها الأساسى فى حصر الأراضى.

[مستوى الحصر 1 عالى الكثافة أو استخدام خاص. وتتضمن تطبيقات المستويات 1 و 2 و 3 حدود وحدة الخريطة وتركيب المكون و/ أو التوزيع المكانى للخصائص (انظر الباب الرابع). وتتضمن تطبيقات الحصول على بيانات النقاط توثيق خصائص التربة الثابتة أو المتغيرة.]

Method	Primary soil survey application		
	Map unit (spatial) data		Point data
	Order 1	Orders 2 & 3	
Ground-penetrating radar	X	X	
Electromagnetic induction	X	X	
Electrical resistivity	X	X	
Magnetometry	X		
Magnetic susceptibility	X		
Portable X-ray fluorescence			X
Time domain reflectometry			X
Optical reflectance	X	X	X
Gamma-ray spectroscopy	X	X	X
Mechanical interactions	X		X
Ion-selective potentiometry	X		X
Seismic	X	X	

الطرق الجيوفيزيائية الشائعة (Common Geophysical Methods)

الطرق الجيوفيزيائية الأكثر شيوعًا فى التربة والزراعة هى: الرادار المخترق للأرض (GPR)، والحث الكهرومغناطيسى (EMI)، والمقاومة الكهربائية (ER) (Allred et al., 2008a and 2010).

وتستخدم الطرق الجيوفيزيائية تباين الخواص الفيزيائية لقياس الاختلافات فى خصائص التربة الطبيعية والكيميائية وتوصيفها ورصدها بشكل غير مباشر؛ توقيع حدود التربة والصخور والطبقات الصخرية؛ وتمييز أنماط التربة وخصائصها. وتتضمن أمثلة الخواص الفيزيائية قابلية العزل (dielectric permittivity)، والتوصيل الكهربائى الظاهرى أو المقاومة، والقابلية المغناطيسية.

وقد استخدمت طرق ER و EMI فى البداية لتقييم ملوحة التربة، واتسع استخدامها مع تطور الزراعة الدقيقة فى التسعينات. ومنذ أواخر السبعينات، تم استخدام GPR على نطاق واسع كأداة لمراقبة الجودة لتحسين تفسيرات التربة. وأدت التحسينات التكنولوجية الحديثة إلى زيادة استخدام هذه الأساليب الجيوفيزيائية وغيرها. وتشمل التحسينات الأجهزة والقدرات الحسابية ومعالجة البيانات وطرق التفسير والعرض والتكامل مع التقنيات الأخرى مثل أنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS).

الرادار المخترق للأرض Ground-Penetrating Radar (GPR)

الرادار المخترق للأرض هو نظام رادار نبضى، ينقل نبضات قصيرة ذات تردد عالى جدًا (حوالى 30 ميجاهرتز إلى 1.2 جيجاهرتز) من الطاقة الكهرومغناطيسية من الهوائى إلى التربة والطبقات التحتية. وعند ملامسة النبضات واجهة بين طبقات ذات قدرة عزل (dielectric permittivity) متباينة، ينعكس جزء من الطاقة مرة أخرى إلى هوائى الاستقبال. وكلما زاد الاختلاف المفاجئ والمتباين فى قابلية العزل، زادت كمية الطاقة التى تنعكس مرة

أخرى إلى هوائى الاستقبال. ويسجل هوائى الاستقبال سعة الطاقة المنعكسة كدالة للزمن، ويعرض الاختلاف فى السعة على شاشة فيديو ويخزن للتشغيل والمعالجة. ويتم تفسير البيانات بملاحظة زمن وصول الانعكاس من واجهة تحت السطح وربط الانعكاس بواجهة تربة معروفة أو مشتبه بها. ولتفسير العمق إلى الواجهة، يجب تحديد سرعة النبض خلال التربة أو الحصول على عمق الواجهة بواسطة قياسات التحقيق الأرضى.

GPR أكثر فاعلية فى الأسطح البينية الحادة بين مواد قابلية عزلها متباينة. وبالرغم من تأثرها بالكثافة الظاهرية والتركيب المعدنى، إلا أن قابلية العزل يتحكم فيها محتوى الماء. وبالتالى، تكون تقنية GPR مفيدة لتصوير الواجهات بين الطبقات التى تحتوى على كميات مختلفة من الماء. كما أنها فعالة جدًا فى تحديد موقع الفراغات المملوءة بالهواء أو بالماء (مثل الأنابيب) والأشياء المعدنية. ويعمل GPR بشكل أفضل فى التربة خشنة الحبيبات لأن المواد الموصلة للكهرباء فى التربة ذات محتوى طين مرتفع والتربة الملحية تضعف الإشارة.

وعيوب GPR هى تناقص الدقة مع زيادة عمق الفحص وانخفاض تردد الهوائى. ورغم أن هوائيات التردد العالى توفر دقة أعلى، إلا أنها توفر أيضًا عمق بحث أقل. ويتناسب عمق الاختراق عكسيا مع تردد الصوت. ويكون الاختراق باستخدام هوائيات منخفضة التردد عموما أقل من 30 سم فى التربة الملحية وأقل من متر واحد فى التربة المبتلة والطينية (Daniels, 2004). وفى التربة الجافة الرملية والحصوية، قد يتجاوز الاختراق 50 مترًا (Smith and Jol, 1995). وتم تسجيل أعماق 10 م فى مواد تربة عضوية ذات توصيل كهربائى منخفض جدًا.

والسرعة والاقتصاد الميدانى والدقة العالية والقياس المستمر لـ GPR هى أصول فى تحقيقات التربة. والأنظمة الحديثة قائمة بذاتها ومحمولة ولها قدرة GPS متكاملة وتصور البيانات فى الوقت الفعلى، مما يسمح بقدر أكبر من التنقل واستخدام أكثر فعالية (شكل 6-1).

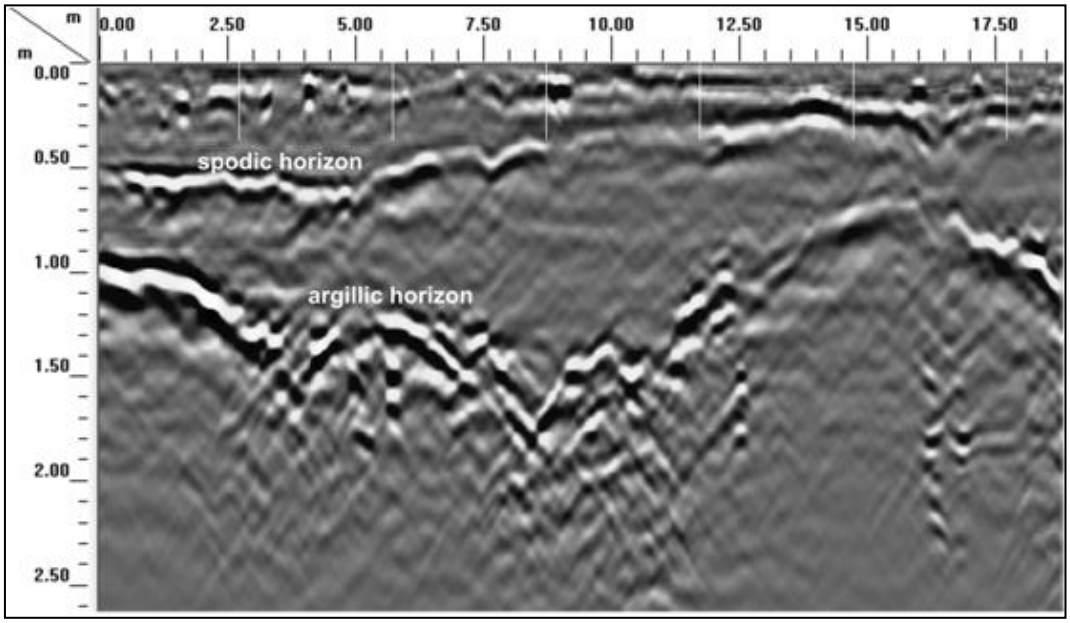
شكل 6-1: أنظمة GPR حديثة خفيفة وقابلة للحركة ومتكاملة. يتكون نظام GPR النموذجى من وحدة تحكم (أسفل الحاجب الأزرق على العربة) بهوائى (صندوق برتقالى أسفل العربة).

أمثلة استخدام GPR فى حصر الأراضى (Examples of GPR Use in Soil Survey)

استخدم الرادار المخترق للأرض فى عمليات حصر الأراضى للمستويات 1، 2، 3. وهو أداة لمراقبة جودة توثيق التصنيف وتحسين تفسيرات وحدات خريطة التربة (Doolittle and Butnor, 2008). فى هذه التطبيقات، يوثق GPR وجود، عمق، الامتداد الجانبى، وتنوع الآفاق التشخيصية تحت السطحية. وتنتج عادةً انعكاسات الرادار القوية عن طريق واجهات حادة بين مواد تربة شديدة التباين. وعندما تكون ظروف التربة مناسبة، يمكن تحديد عمق تباين الآفاق والطبقات تحت السطحية الرئيسية (B، C، R). كما يتم تحديد آفاق وطبقات التربة الأخرى باستخدام. وتشمل الأمثلة الآفاق التكوينية المدفونة، الطبقات الكثيفة التى تحد انتشارالجذور، طبقات التربة المتجمدة، تراكم المواد العضوية، والآفاق الملتحمة أو المتحجرة.

والرادار المخترق للأرض لا يكتشف التغيرات الطفيفة فى خصائص التربة (مثل البناء والمسامية والقوام)، والآفاق الانتقالية (مثل AB، AC، BC)، أو التقسيمات الرأسية للآفاق الرئيسية. ومع ذلك، فقد استخدم GPR لاستنتاج تغيرات رأسية واضحة فى لون التربة المرتبط بتغيرات حادة ومتباينة فى محتوى الكربون العضوى.

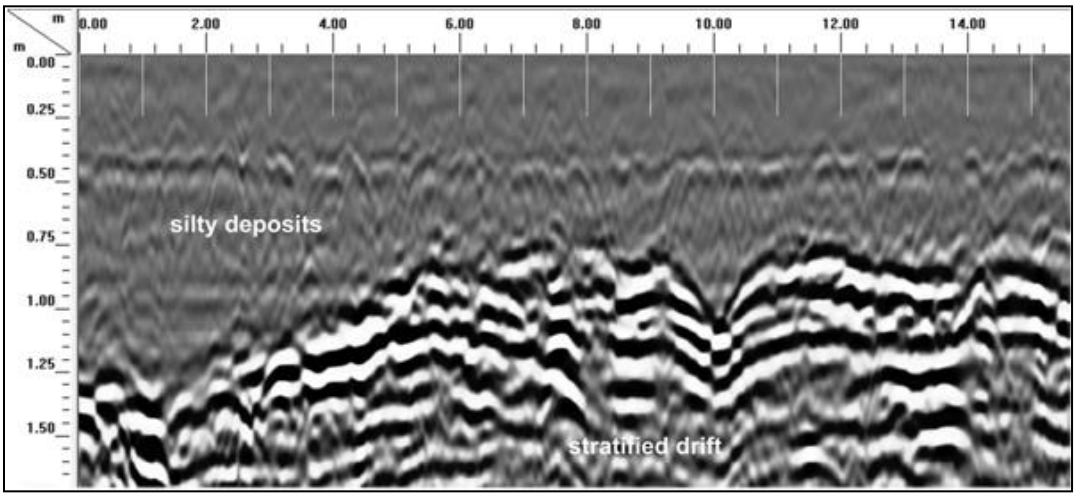
وشكل 6-2 عبارة عن تسجيل رادار من منطقة سلسلة تربة Pomona فى شمال وسط ولاية فلوريدا (تصنيفها (sandy, siliceous, hyperthermic Ultic Alaquods). الحدود العليا للآفاق spodic و argillic حادة ومواد تربة متباينة ومنفصلة. ولذلك فهى تنتج انعكاسات عالية المدى. وفى هذا السجل، يعطى الأفق spodic انعكاسًا مستمرًا يتراوح فى العمق من حوالى 20 إلى 60 سم. والحد الأعلى للأفق argillic غير منتظم بشكل كبير و يتراوح فى العمق من حوالى 60 إلى 150 سم. وتعطى آفاق argillic انعكاسات مستوية ومستمرة على أعماق أكثر اتساقًا من تلك الموضحة فى هذا المثال. وترجع الطبوغرافية غير المنتظمة للحد الأعلى لهذا الأفق إلى مظاهر التحلل الأساسية المرتبطة بالكارست (karst). وقد استخدم التواجد والأعماق المتغيرة لهذه الآفاق تحت السطحية للتمييز بين أنواع التربة المختلفة على طول خط اجتياز الرادار.



شكل 6-2: سجل رادار يُظهر آفاق spodic و argillic جيدًا فى تربة Pomona فى شمال وسط فلوريدا.

ويُظهر سجل الرادار فى شكل 6-3 انقطاعًا حادا ومتباينا يفصل غطاء السلت الريحى عن الانجراف الرملى تحته. هذا الانقطاع الطبقى هو عاكس سهل التعرف عليه ومستمر أفقيًا وعالى القوة يتراوح من حوالى 85 إلى 150 سم. ويستخدم العمق فى جنوب رود آيلاند (Rhode Island) لتمييز تربة بريدجهامبتون (Bridgehampton) سلتية خشنة (coarse-silty, mixed, active, mesic Typic Dystrudepts) وتربة إنفيلد (Enfield)

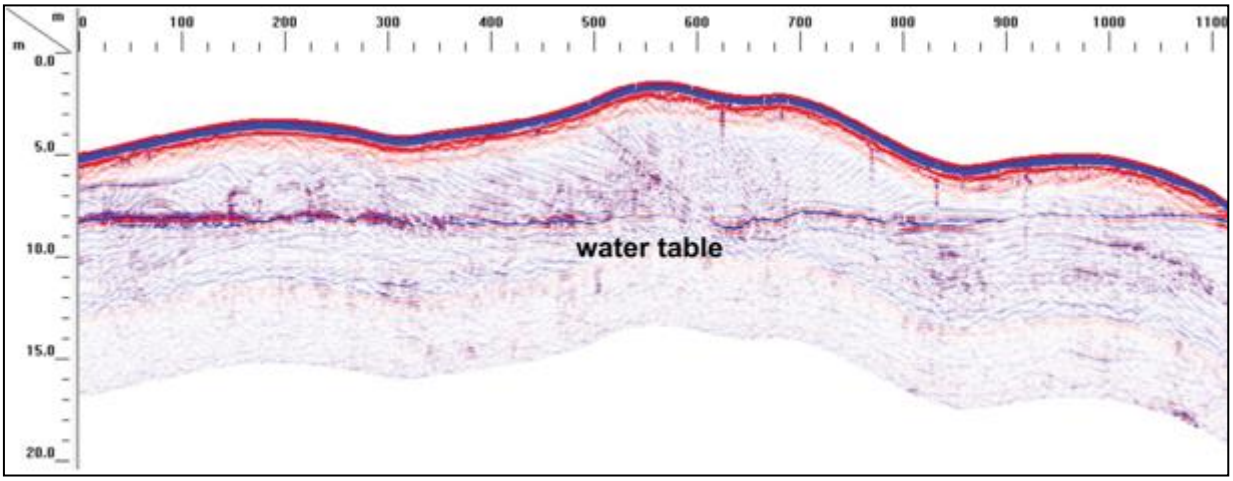
(coarse-silty over sandy or sandy-skeletal, mixed, active, mesic Typic Dystrudepts).
وتختلف مواد التربة الموجودة على جوانب مختلفة من هذا الانقطاع عن بعضها بشكل كبير فى التوزيع الحجمى للحبيبات، الكثافة الظاهرية، والتوزيع الحجم للمسام. بالإضافة إلى ذلك، ساعدت الانعكاسات الخطية فى المادة السفلية على تأكيد أن المادة عبارة عن انجراف جليدى وليس ركام (till). ويحتوى الركام عادة على توقيع رادار مشوش يتميز بوفرة من عاكسات النقط (من الحصى والصخور) وغياب العاكسات الخطية (التى تعتبر نموذجية للرواسب الطبقية). فى سجل الرادار هذا، يظهر أفق Bw الكثيف كعاكس خطى ضعيف على عمق حوالى 35 سم.



شكل 6-3: سجل رادار يُظهر انقطاعًا يفصل غطاء طميى ريحى عن ترسيب رملى جليدى فى جنوب رود آيلاند.

وتتطلب النمذجة الهيدروبيدولوجية (Hydropedological) معلومات مفصلة عن عمق وحركة المياه تحت تربة الهيئات الطبيعية. والتربة الرملية لها هامش شعرى ضيق، مما يؤدى إلى واجهة حادة نسبيًا بين مواد التربة غير المشبعة والمشبعة. ونتيجة لذلك، يمكن تمييز مستوى الماء الأرضى فى سجلات الرادار للتربة الرملية.

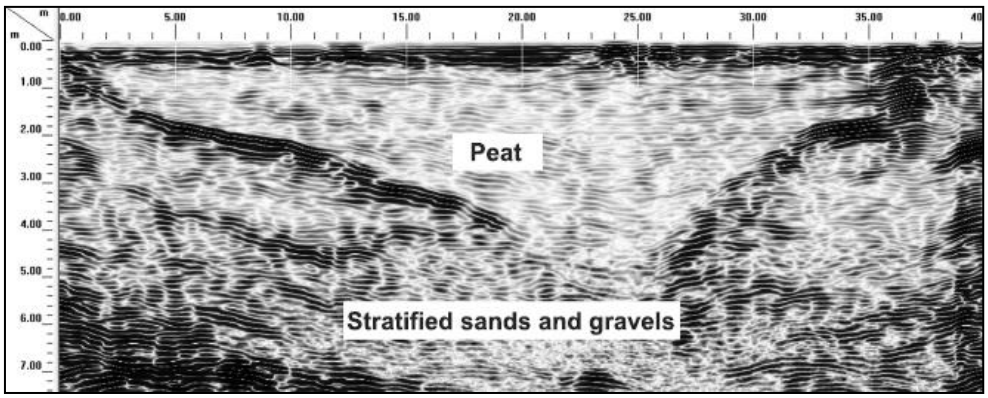
وشكل 6-4 سجل رادار سطح قياسى (تم استخدام بيانات الارتفاع لإظهار التغيرات الطبوغرافية)، يُبين كثبان رملية منخفضة من تربة Oakville عميقة جدًا سريعة الصرف (mixed, mesic Typic Udipsamments) شمال غرب إنديانا (Indiana). فى هذا السجل، يمكن رؤية مستوى الماء الأرضى كعاكس مستمر عالى السعة بين أعماق حوالى 2.5 ، 4.0 متر. ويمكن لقياسات GPR المتكررة على مدار العام أن تزيد مستوى الثقة فى تقييمات المواقع الهيدروبيدولوجية وتقلل عدد الآبار اللازمة لدراسات مستوى الماء الأرضى وتدفق المياه الجوفية.



شكل 6-4: سجل رادار مصحح للتضاريس فيه يوفر مستوى الماء الأرضى عاكسًا عالى السعة فى حقل كثبان رملية فى إنديانا (Indiana).

وقد استخدم الرادار المخترق للأرض على نطاق واسع فى أراضى البيت (peat). وتشمل تطبيقات GPR تقدير سمك وحجم رواسب البيت؛ تمييز الطبقات التى تختلف فى درجة الترطيب والكثافة الظاهرية وحجم محتوى الماء؛ توصيف الترسيبات المعدنية التحتية وتعاقب الطبقات والهيدرولوجيا وعلاقاتها بالنباتات الموجودة؛ وتصنيف ورسم خرائط التربة العضوية.

شكل 6-5 عبارة عن سجل رادار من مستنقع (fen) فى منخفض جليدى جنوب شرق ولاية ماساتشوستس (Massachusetts). fen منطقة من سلسلة تربة فريتاون (Freetown) عميقة جدًا، رديئة الصرف جدًا (dysic, mesic Typic Haplosaprists). والتغيرات الحادة وشديدة التباين فى محتوى الماء تجعل السطح بين المواد العضوية والمعدنية مميزًا فى سجل الرادار. ويشكل هذا السطح انعكاسًا واضحًا يتباين فى العمق من حوالى 0.36 مترًا إلى 5.4 مترًا.



شكل 6-5: سمك مواد التربة العضوية التى تغطى الانجراف الجليدى خشن القوام واضح فى سجل الرادار لمنطقة تربة فريتاون جنوب غرب ولاية ماساتشوستس.

بالإضافة إلى اكتشاف واجهات بينية تحت سطحية، يمكن استخدام GPR كأداة لرسم خرائط كمية لمحتوى الماء فى التربة (Huisman et al., 2003). ويمكن إجراء ذلك بسبب الاعتماد القوى لقدرة العزل على محتوى الماء فى التربة. وقدرة العزل الكهربائى للهواء والماء هى 1 و ~ 80، على التوالى. وتتراوح لمعظم أنواع التربة المعدنية من ~ 3 إلى 40، اعتمادًا على محتوى التربة من الماء. وتتراوح للتربة المعدنية الجافة من 3 إلى 5. وتتوفر نماذج بتروفيزيائية (petrophysical) عديدة لتحويل قياسات قدرة العزل إلى تقديرات محتوى الماء فى التربة. وتم تطوير أحد النماذج الأكثر استخدامًا بواسطة Topp et al. (1980). وتم تطوير هذا النموذج التجريبى باستخدام مجموعة من الأراضى الزراعية. ويمكن تطبيق النموذج بسهولة على مواقع تحتوى على تباين كبير فى أو توصيف محدود للتربة. ونموذج Topp التجريبى لتقدير محتوى الماء فى التربة (θ) من قدرة العزل الكهربائى (K) يعبر عنه على النحو التالى:

$$\theta = (5.3 \times 10^{-2}) + (2.29 \times 10^{-2})K - (5.5 \times 10^{-4})K^2 + (4.3 \times 10^{-6})K^3 \qquad [1]$$

وقد تم تطوير علاقات تجريبية أخرى لأراضى مختلفة القوام. كما يمكن تطوير علاقات تجريبية خاصة بالتربة باستخدام بيانات من GPR أو مقياس انعكاس المجال الزمنى (TDR). ويستخدم نوع آخر من العلاقات البتروفيزيائية الحجم وقابلية العزل المقاسة لكل مكون من التربة (المواد الصلبة والهواء والماء). ومع ذلك، تتطلب علاقات متوسط الحجم المسامية عادةً كمدخل، والتى قد تختلف على نطاق واسع عبر الموقع وغالبًا ما تكون غير معروفة (Roth et al., 1990).

يمكن تقدير قابلية العزل الكهربائى من قياسات السرعة الكهرومغناطيسية فى معظم المواد الترابية. وإذا كانت المادة شديدة التوصيل للكهرباء، فإن قابلية العزل تعتمد فقط على سرعة إشارة الرادار. وفى المواد متوسطة إلى

منخفضة التوصيل الكهربائى، تكون العلاقة بين سرعة إشارة الرادار (v) وقدرة العزل (K) هى:

$$K = (c/v)^2 \qquad [2]$$

حيث c هى سرعة الضوء (Conyers, 2004). وتوجد عدة طرق لقياسها. والطريقة الأكثر شيوعًا تستخدم الطاقة المنعكسة من واجهة تحت سطحية. وإذا كان العمق إلى العاكس تحت السطح معروفًا، فيمكن حساب السرعة باستخدام الزمن اللازم لانتقال الطاقة من المرسل إلى العاكس ثم العودة إلى المستقبل. ويمكن تحديد زمن السفر من خلال وقت وصول انعكاس تم عرضه فى سجل الرادار. وإذا كان عمق العاكس غير معروف، يمكن الحصول على السرعة من خلال إجراء حصر متغير الإزاحة. وتتطلب هذه الطريقة هوائيات إرسال واستقبال منفصلة. ويتم وضع هوائيات الإرسال والاستقبال قرب بعضهما ثم يتم إبعادهما بشكل متزايد مع كل قياس. وتقاس السرعة بتحليل زمن انتقال الإشارة المنعكسة كدالة للمسافة حيث يتم إبعاد الهوائيات عن بعضها. وبالرغم من أن حصر المسافة المتغيرة يوفر معلومات مهمة عن السرعة وعمق العاكس، إلا أنها تستغرق وقتًا طويلاً وبالتالى لا يمكن استخدامها لرصد مساحات كبيرة.

كما تستخدم تقنيات انعكاس GPR لتوفير قياسات غير مستمرة للسرعة وبالتالى محتوى الماء فى التربة. ويمكن إجراء هذه القياسات عندما يتم إنشاء القطع الزائد (hyperbola) للانعكاس فى سجل الرادار بواسطة أجسام معزولة تحت السطح (مثل الأحجار وقطع المعادن) أو بواسطة الأنابيب المدفونة التى تتجه عموديًا على اجتياز الرادار. وتظهر قطوع الانعكاس الزائدة فى سجلات الرادار كأشكال U مقلوبة. ويمكن استخدام إجراءات ملاءمة المنحنى للانعكاس الزائد لتقدير السرعة. هذه الإجراءات تضبط الشكل النموذجى لمطابقة شكل القطع الزائد للانعكاس على سجل الرادار. وينتج عن هذه الملاءمة تقدير سرعة رادار التربة من السطح نزولاً إلى الجسم أو الأنبوب المعزول. ولا يلزم معرفة عمق الجسم أو الأنبوب. ومع ذلك، فإن الملاءمة المرئية لأفضل منحنى لانعكاس القطع الزائد غير موضوعية إلى حد ما وقد تؤدى إلى عدم الدقة فى تحديد السرعة.

كما يمكن تقدير السرعة باستخدام الموجة الأرضية (groundwave) للرادار. وتنتقل الموجات الأرضية فى باطن الأرض الضحلة (من 0 إلى 30 سم) مباشرة بين هوائيات الإرسال والاستقبال. وبملاحظة فصل الهوائى وقياس الزمن اللازم لانتقال الطاقة بين الهوائيات، يمكن حساب السرعة. ولا تتطلب الموجات الأرضية سطح عاكس وبالتالى يمكن تطبيقها فى عديد من التربة. ويتأثر محتوى الماء بقوام التربة، ولذلك تستخدم قياسات الموجات الأرضية أيضًا لرسم خريطة للتغيرات فى قوام التربة على مستوى الحقل (Grote et al., 2003). وقد وجد بعض الباحثين (van Overmeeren et al., 1997; Galagedara et al., 2005; Grote et al., 2010) أن عمق أخذ عينات الموجة الأرضية يعتمد على التردد. ولذلك يمكن استخدام بيانات الموجات الأرضية متعددة الترددات لرسم خرائط التوزيع الضحل ثلاثى الأبعاد لمحتوى الماء.

إضافة إلى الانعكاس الزائد والموجة الأرضية، تقنية الرادار الثالثة لتقدير محتوى الماء فى التربة تستخدم GPR الذى يطلق من الهواء للحصول على انعكاسات من سطح التربة. ويستخدم حجم الانعكاس من سطح الأرض لقياس قدرة العزل الكهربائى. ويمكن الحصول على البيانات ومعالجتها بسرعة. ومع ذلك، فإن هذه التقنية لها عمق أخذ عينات أقل من 5 سم وتقل دقة البيانات بشكل كبير بسبب الغطاء النباتى وأسطح التربة غير المستوية والتغيرات الرأسية فى المحتوى المائى. ونتيجة لذلك، فإن هذه التقنية لها تطبيقات محدودة (Serbin and Or, 2003).

الحث الكهرومغناطيسى Electromagnetic Induction (EMI)

تستخدم طرق الحث الكهرومغناطيسى عدادات توصيل أرضى (GCM)، تتكون من ملف (coil) إرسال وملف استقبال واحد أو ملفات متعددة متباعدة على مسافات محددة. وتولد أجهزة قياس التوصيل الأرضى تيارات كهربائية متناوبة تمر عبر ملف جهاز الإرسال. تولد هذه التيارات مجالًا كهرومغناطيسيًا أوليًا متغيرًا بمرور الزمن.

هذا المجال يدفع التيارات الدوامة إلى التدفق عبر التربة وبالتالى توليد مجال كهرومغناطيسى ثانوى. ويتم قياس اتساع وطور المجالات الكهرومغناطيسية الأولية والثانوية بواسطة ملف (ملفات) المستقبل. وتحت ظروف التشغيل بأرقام حث منخفضة (McNeill, 1980)، يتناسب المجال الثانوى مع التيار الأرضى ويستخدم لحساب التوصيل الكهربائى الظاهرى للتربة (EC_a)، الذى يعبر عنه عادة بوحدات ملليسيمنس لكل متر (mS/m).

والتوصيل الكهربائى الظاهرى هو قياس متوسط وزنى للعمق لعمود من مواد التربة إلى عمق معين (Greenhouse and Slaine, 1983). وتنتج الاختلافات فى EC_a عن طريق التغيرات فى التوصيل الكهربائى للمواد الترابية. ويتأثر التوصيل الكهربائى للتربة بشكل أساسى بنوع وتركيز الأيونات فى المحلول، كمية ونوع الطين فى نسيج التربة، محتوى الماء، ودرجة حرارة وطور ماء التربة (McNeill, 1980). ويزداد التوصيل الكهربائى الظاهرى بزيادة تركيز الأملاح الذائبة، محتوى الماء أو الطين، ودرجة الحرارة (McNeill, 1980). ورغم استخدام EMI بشكل أساسى لرسم خريطة الاختلافات فى EC_a، فقد تم استخدام GCMs أيضًا لرسم خريطة الاختلافات فى القابلية المغناطيسية، وهى خاصية مفيدة فى تحديد التربة المائية والاختلافات فى بعض الصخور (Allred et al., 2010).

ونماذج GCMs الحديثة مناسبة تمامًا لدراسات التربة. وهى خفيفة الوزن إلى حد ما ويمكن تشغيلها فى أوضاع المشى أو التنقل (شكل 6-6). ونظرًا لأن EMI لا يتطلب اتصالًا مباشرًا بالأرض، فإن جمع البيانات يكون سهل وسريع وغير مكلف. لذلك، يسمح EMI بعدد قياسات أكبر من أدوات حصر الأرضى التقليدية وتغطية أشمل للمواقع. وقد استخدم الحث الكهرومغناطيسى فى مستويات حصر الأراضى 1 و 2 و 3 لقياس تباين خصائص التربة المكانى والزمانى بشكل غير مباشر. وتشمل الأمثلة الملوحة، القوام، السعة التبادلية الكاتيونية، التركيب الأيونى، محتوى كربونات الكالسيوم، محتوى الرطوبة، محتوى الكربون العضوى، المغذيات الميسرة للنبات، pH، الكثافة الظاهرية، والبناء (Doolittle and Brevik, 2014).

شكل 6-6: ثلاثة عدادات توصيل أرضى متاحة تجاريا تستخدم فى فحص التربة. لكل منها نقاط قوة وضعف خاصة بها. يمكن إجراء الحصر بكل منها مشيا (الصور اليسرى) أو تنقلا (الصور اليمنى).

تعتمد فعالية EMI على درجة توافق اختلافات EC_a مع الاختلافات فى الخاصية قيد التحقيق. ويتم الحصول على

ارتباطات أقوى عندما تحدث اختلافات كبيرة فى خاصية التربة المقاسة و EC_a وتظل خصائص التربة الأخرى التى تؤثر على EC_a ثابتة نسبيًا. وقد تكون الاختلافات أفقية أو رأسية أو كليهما. وتحدث ارتباطات أضعف ودقة تنبؤ أقل عندما تعرض خاصية التربة المقاسة و EC_a تباينًا منخفضًا فيما يتعلق بخصائص التربة المتفاعلة الأخرى والأكثر تنوعًا التى تؤثر على EC_a. ورسم خرائط EC_a واحد من أكثر الطرق قيمة فى الزراعة لقياس التباين المكانى لخصائص التربة على مستوى الحقل والهيئة الطبيعية (Corwin, 2008; Lück et al., 2009).

يُؤخذ عمق البحث depth of investigation (DOI) لقياسات EC_a التى أجريت باستخدام GCM عمومًا على أنه عمق الاستجابة التراكمية بنسبة 70 بالمائة. ويعتمد DOI على توصيل التربة والتردد واتجاه القطب الثنائى وتباعد ملفات GCM. وبالنسبة إلى GCMs الأكثر استخدامًا فى تحقيقات التربة، يتراوح DOI من حوالى 30 إلى 300 سم. ويمكن استخدام DOIs من 3 إلى 60 مترًا مع نماذج GCMs أخرى متاحة تجاريًا.

وتعتمد التفسيرات على تحديد الأنماط المكانية ضمن مجموعات بيانات EMI. واستخدم EMI بداية لتقييم ملوحة التربة، ولكن توسع استخدامه ليشمل رسم خرائط أنواع التربة؛ وصف محتوى التربة المائى وأنماط التدفق؛ تقييم الاختلافات فى قوام التربة والانضغاط ومحتوى المادة العضوية؛ وتحديد العمق إلى الآفاق تحت السطحية أو الطبقات الصخرية أو الأسطح الصخرية. كما استخدم الحث الكهرومغناطيسى لتقييم الفروق فى الصخور والمعادن، pH، معدلات غسيل الأملاح الذائبة على مستوى الحقل، معاملات تقسيم مبيدات الحشائش، السعة التبادلية الكاتيونية، النيتروجين الميسر، ، Ca، Mg، $CaCO_3$ المتبادلة (Doolittle and Brevik, 2014).

تشمل مزايا الحث الكهرومغناطيسى عدم التدخل وسرعة التشغيل والتسجيل المستمر للبيانات ذات المرجعية الجغرافية. وتوفر الكميات الكبيرة من البيانات التي يمكن جمعها بسرعة وبتكلفة زهيدة باستخدام EMI توصيفًا أكثر اكتمالاً للتنوع فى خصائص التربة فى المقاييس المتوسطة مقارنة بأساليب أخذ العينات النقطية التقليدية. والحث الكهرومغناطيسى ليس له محددات: نتائج غير مباشرة، شبه كمية، ومحدد الموقع ويتباين حسب شدة تعقيد التفاعلات بين خصائص التربة المتعددة والمتنوعة. بالإضافة إلى أن النبضات المغناطيسية من البرق (sferics) ومصادر الطاقة القريبة والأشياء المعدنية قد تتداخل مع جودة قياسات الحث الكهرومغناطيسى وتدهورها. ومطلوب معلومات تحقيق أرضى محدودة ومعرفة التربة ومصادر تباين EC_a لتفسير البيانات بشكل صحيح.

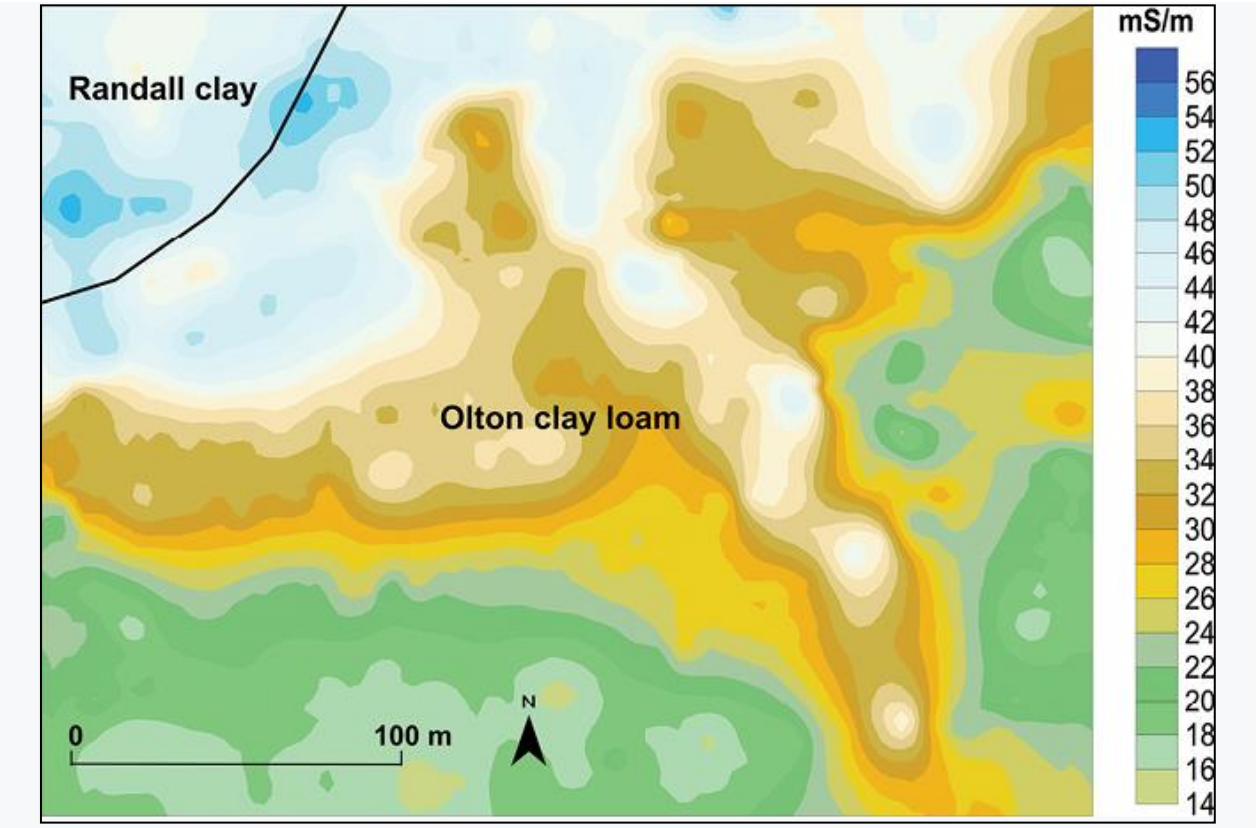
أمثلة استخدام EMI فى حصر الأراضى (Examples of EMI Use in Soil Survey)

يوضح شكل 6-7 تباين EC_a فى مساحة قدرها 7.7 هكتار تتضمن جزءًا من بلايا (playa) جافة شمال ولاية تكساس (Texas). تكونت تربة Randall (very-fine, smectitic, thermic Ustic Epiaquerts) العميقة جدا، رديئة الصرف فى رواسب طينية بحيرية على قاع البلايا. وتربة Olton العميقة جدًا، جيدة الصرف (fine, mixed, superactive, thermic Aridic Paleustolls) فى رواسب هوائية طميية جيرية على المنحدرات المحيطة بالبلايا. فى هذا الموقع، يرتبط تباين EC_a بالاختلافات فى رطوبة التربة ومحتوى الطين. وارتبطت المناطق الأعلى EC_a (> 36 mS/m) بالقوام الناعم (> 50% clay) لتربة راندال غير تامة الصرف.

وتعبر الخريطة جيدا عن تغيرات التربة والانتقال من نوع إلى آخر. وتم أخذ خط حد وحدة خريطة التربة من حصر الأراضى (Soil Survey Staff, 2015). هذا الحد له عرض ثابت ولا يمكن تصور معدل التغير المكانى بدقة أو التباين المكانى المعقد لأنواع التربة وخصائصها على طول الانتقال بين البلايا والأراضي المرتفعة. وكما هو واضح على الخريطة، يمكن لبيانات EC_a المكانية تحسين موضع خط حدود التربة وتمثيل التباين.

وشكل 6-8 خريطة EC_a لمراعى مساحتها 4.5 هكتار شمال شرق ولاية أيوا. عبر هذا الحقل، ينحدر السطح إلى الشمال والشمال الغربى. وأعلى ارتفاع فى الركن الجنوبى الشرقى. وأخذت خطوط حدود التربة من حصر الأراضى على الويب (Soil Survey Staff, 2015). وأسماء التربة السائدة موضحة على الخريطة. جميع هذه التربة العميقة تشكلت فى رواسب طميية تعلو ركام طميى ولكنها تنتمى لأقسام صرف مختلفة. تربة Ostrander

جيدة الصرف؛ تربة Kasson (fine-loamy, mixed, superactive, mesic Typic Hapludolls) وكذلك تربة Marquis (fine-loamy, mixed, superactive, mesic Oxyaquic Hapludalfs) صرفهما متوسط الجودة؛ (fine-loamy, mixed, superactive, mesic Oxyaquic Hapludolls) وتربة Floyd (fine-loamy, mixed, superactive, mesic Aquic Pachic Hapludolls) رديئة الصرف نوعا؛ وتربة Clyde (fine-loamy, mixed, superactive, mesic Typic Endoaquolls) رديئة الصرف ورديئة جدا.

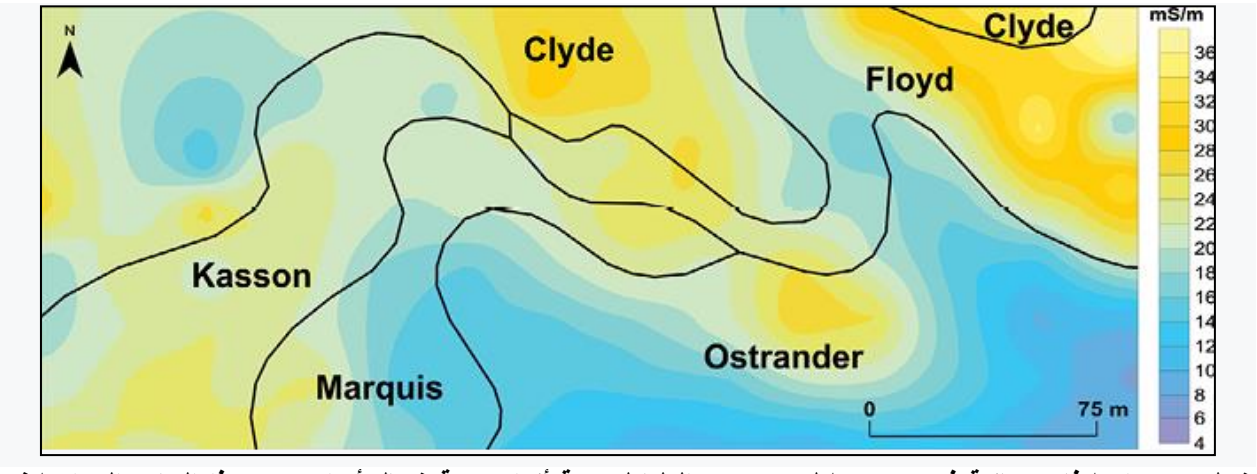


شكل 6-7: تباين مكانى فى EC_a خلال 150 سم العليا لقطاعات التربة شمال تكساس. تم استخدام هذه المعلومات لتحسين وضع خطوط الحدود وتوصيف التربة. وأسماء وحدات الخريطة وخط حدود التربة مأخوذة من Web Soil Survey.

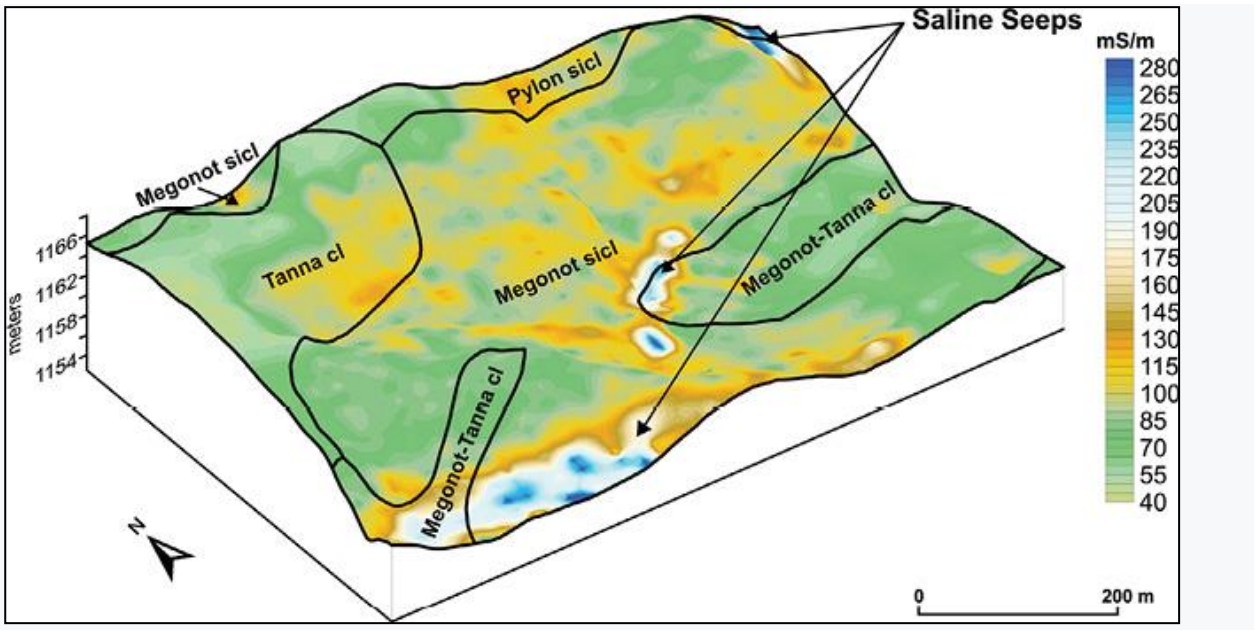
وتعكس الأنماط المكانية المعقدة الواضحة على خريطة EC_a عالية الكثافة فى شكل 6-8 أساسا الاختلافات فى درجة صرف التربة ومحتوى الرطوبة. فى الجزء الشمالى من الحقل، تحاكى المناطق عالية التوصيل الكهربائى (> 24 mS/m) توزيع تربة Clyde وFloyd المبتلة غير تامة الصرف. وتتطابق مناطق EC_a منخفضة التوصيل (< 20 mS/m) مع تربة Ostrander المرتفعة جيدة الصرف، الموجودة على الأسطح المحدبة السائدة فى الجزء الجنوبى الشرقى من الحقل. وترتبط المناطق عالية التوصيل الممتدة من الشمال الغربى إلى الجنوب الشرقى بعمليات السحب الواقعة بين خطوط التلال المرتفعة. وتساعد خرائط التوصيل الظاهرى، مثل الشكل 6-8، فى الكشف عن مدى تعقيد بناء التربة والهيئة الطبيعية وتأثيرها على التدفق تحت السطحى وأنماط رطوبة التربة على مقاييس الحقل.

يوضح شكل 6-9 تباين EC_a مكانى فى 150 سم العليا من تربة تحتوى على تسربات ملحية. مساحتها 64.7 هكتارًا فى شمال وسط مونتانا. وأخذ حد وحدة خريطة التربة من حصر الأراضى (Soil Survey Staff, 2015). التربة Megonot (fine, smectitic, frigid Torrertic Haplustepts)، Pylon (fine, smectitic, frigid Torrertic Haplustalfs)، وTanna (fine, smectitic, frigid Aridic Argiustolls).

تكونت هذه التربة متوسطة العمق جيدة الصرف فى بقايا تجوية من طفلة شبه صلبة وحجر سلتى. يتم التحكم فى وجود التسربات الملحية إلى حد كبير من خلال الجيولوجيا السطحية، وفترات هطول الأمطار فوق العادية، والممارسات الزراعية التى تساعد على تحرك المياه خارج منطقة الجذر. وعندما يتحرك الماء الزائد خلال التربة، يذيب المعادن القابلة للذوبان فى الماء. وعند مواجهة طبقة غير منفذة، يتم تقييد تدفق الماء لأسفل ويعاد توجيهه أفقياً على طول الطبقة المقيدة إلى مواقع انحدار منخفضة. ويتطور تسرب المياه المالحة عندما تكون المياه الجوفية المالحة خلال 1.5 متر من السطح (Daniels, 1987).



شكل 6-8: اختلافات مكانية فى EC_a خلال 150 سم العليا لخمسة أنواع تربة شمال أيوا. يعزى هذا التباين إلى اختلاف درجات الصرف ومحتوى الرطوبة. أخذت أسماء التربة وخطوط الحدود من Web Soil Survey.



شكل 6-9: توزيع EC_a مكانى عبر حقل مزروع شمال وسط مونتانا. وتوفر أنماط EC_a المكانية استنتاجات حول تدفق المياه تحت السطحية والأملاح القابلة للذوبان عبر الهيئة الطبيعية وتوزيع مناطق التغذية والتصريف والتدفق التى تساهم فى تطوير تسرب المياه المالحة. أخذت أسماء التربة وقوامات السطح وخطوط الحدود من Web Soil Survey.

فى شكل 6-9، يتم تحديد تسرب المياه المالحة من خلال EC_a المرتفع (> 170 mS/m). وترتب هذه التسربات فى نمط متقطع ومتعرج، عبر الحقل من الجنوب الغربى إلى الشمال الشرقى على طول قاعدة الانحدارات. وتبين هذه القطعة أيضًا خطوطًا معتدلة من EC_a تمتد إلى أعلى الانحدار بعيدًا عن التسربات. وتمثل مناطق EC_a

المرتفعة مناطق التصريف للتدفق تحت السطحى حيث تتركز الأملاح الذائبة عند فقد الماء عن طريق البخر والنتح. وتقع مناطق إعادة الشحن للتدفق تحت السطحى أعلى الانحدار من التسربات المالحة (إلى الغرب والشمال) ولها EC_a منخفض نسبيًا (< 85 mS/m).

المقاومة الكهربائية (Electrical Resistivity (ER))

تمثل المقاومة الكهربائية قدرة مواد التربة على مقاومة سريان التيار الكهربائى. وطرق حساب المقاومة الكهربائية الظاهرية تستخدم قانون أوم (Ohm) والتيار المحقون المقاس، فرق الجهد المقاس، والعامل الهندسى الذى هو دالة لتباعد أو ترتيب القطب (Samouëlian et al., 2005). ويعبر عن المقاومة الظاهرية عادة بوحدات أوم (Ωm). والمقاومة الظاهرية دالة معقدة لتكوين وترتيب مكونات التربة الصلبة، المسامية، تشبع المسام بالمياه، توصيل المسام للمياه، ودرجة الحرارة (Samouëlian et al., 2005). ويمكن تقسيم طرق المقاومة الكهربائية إلى طرق تحقن التيار فى الأرض من خلال الاقتران المباشر وأخرى تحقن من خلال الاقتران المستحث. وكلا النوعين يقيس المقاومة الكهربائية الظاهرية، والتى تحول إلى معكوسها، التوصيل الكهربائى الظاهرى للتربة.

طريقة الاقتران المباشر (Direct-Coupling ER)

طريقة المقاومة الكهربائية التقليدية بالاقتران المباشر، والمعروفة أيضًا باسم طريقة المصدر الجلفانى، تحقن التيار الكهربائى فى التربة باستخدام مجموعة من الأقطاب الكهربائية تكون متصلة بالأرض. فى نظام أربعة أقطاب الشائع، يطلق تيار كهربائى بين قطبى تيار ويتم قياس الجهد (فرق الجهد الكهربائى) بين قطبى جهد. وبالنسبة للحصر الميدانى، يتم الحفاظ على مسافة ثابتة لأقطاب التيار وأقطاب الجهد من بعضها البعض. ويتم التحرك على طول خط الحصر إلى نقاط قياس متتالية. وتختلف الدقة الأفقية والرأسية وعمق الفحص ونسبة الإشارة إلى الضوضاء باختلاف ترتيب مجموعة الإلكترود (Samouëlian et al., 2005). ويزداد عمق الفحص وحجم مواد التربة المقاسة مع زيادة تباعد الأقطاب. وبالعكس، تنخفض الدقة مع زيادة تباعد الأقطاب. واعتمادًا على الموقع النسبى لأقطاب الجهد والتيار، يمكن إجراء عديد من تكوينات المصفوفات المختلفة. والتكوينات الثلاثة الأكثر شيوعًا هى Schlumberger و Wenner و dipole-dipole (Allred et al., 2008b). ومجموعة Wenner أكثر حساسية لرسم خرائط التغيرات الجانبية فى المقاومة الكهربائية. وغالبًا ما تُفضل مصفوفات Schlumberger ثنائى القطب (dipole-dipole) فى عمليات الرصد الرأسية التى تقيس الاختلافات فى المقاومة الظاهرية مع العمق (Allred et al., 2008b; Samouëlian et al., 2005).

فى عديد من التحقيقات، يتم عكس بيانات ER. وهذه عملية تكرارية ينتج عنها نموذج ثنائى أو ثلاثى الأبعاد لتحت السطح يناسب البيانات المتحصلة بشكل أفضل. ومع ذلك، فإن النماذج التى تم إنشاؤها من البيانات المعكوسة توفر حلولًا غير فريدة. والنماذج غير فريدة لأنه، بناءً على القيود المطبقة أثناء عملية الانعكاس، يمكن وجود حلول أو تمثيلات عديدة لنفس مجموعة البيانات.

وتستخدم المقاومة الكهربائية الظاهرية فى مستويات الحصر 1، 2، 3 لقياس وتوصيف الاختلافات فى بناء التربة والخصائص الفيزيوكيميائية بشكل غير مباشر، اكتشاف مسارات التدفق التفضيلية، ومراقبة التغيرات الزمنية فى توزيعات مياه التربة. كما لاحظ Samouëlian et al. (2005)، أن المقاومة الكهربائية تسمح بترسيم أنواع التربة، وعندما تتم بشكل متكرر، توفر معلومات عن أداء التربة.

وحصر ER القياسى، الذى يتطلب إدخال وإزالة أقطاب كهربائية متكرر، كثيف العمالة نسبيًا ويستغرق وقتًا طويلاً. ولتقليل الزمن، تم تطوير أنظمة متعددة الأقطاب يتم التحكم فيها بواسطة الكمبيوتر مع عشرات إلى مئات الأقطاب الكهربائية (Allred et al., 2008b). ومع ذلك، كان استخدام هذه الأنظمة محدودا فى دراسات التربة.

وتم تطوير أنظمة ER سهلة الجر والتنقل مستمرة التسجيل لتسريع العمل الحقلى وتسهيل جمع مجموعات

البيانات ذات الكثافة المكانية على مستوى الحقل. وقد استخدمت فى مجال الزراعة الدقيقة وأبحاث التربة (شكل 6-10). والنظام شائع الاستخدام له ستة أقطاب كهربائية (اثنان للتيار وأربعة أقطاب للجهد) مع تباعد غير قابل للتعديل (Veris Technologies, 2016). وقد تم تشكيله فى مجموعة Wenner المعدلة (Sudduth et al., 2005) وبرمجته لرسم خريطة EC_a لعمقى تربة فى نفس الوقت (على سبيل المثال، 0 إلى 30 سم ومن 0 إلى 90 سم) (Lund et al., 2000). وتستخدم أنظمة أخرى مجموعة واحدة قابلة للتعديل لرسم خريطة EC_a داخل 45 سم العليا إلى 90 سم من قطاع التربة. وكلا النظامين مبرمج مسبقًا ولا يحتاج إلى معايرة. بالإضافة إلى ذلك، على عكس مستشعرات EMI، لا تتأثر القياسات بالنبضات الكهرومغناطيسية الناتجة عن الظواهر الجوية أو بالأجسام المعدنية القريبة أو كابلات المرافق أو المحركات. ومع ذلك، فإن أنظمة القطب الكهربائى المجرور تكون مدمرة، لذا فإن استخدامها الحقلى مقيد عادة بنمو وغطاء النبات ورطوبة التربة. ونظرًا لأنه يجب الحفاظ على ملامسة التربة فى جميع الأوقات أثناء رسم الخرائط ، فلا ينبغى تشغيل هذه الأنظمة فى التربة المتجمدة أو الصخرية ولا فى بعض الحقول المزروعة ذات المصاطب أو الخطوط.

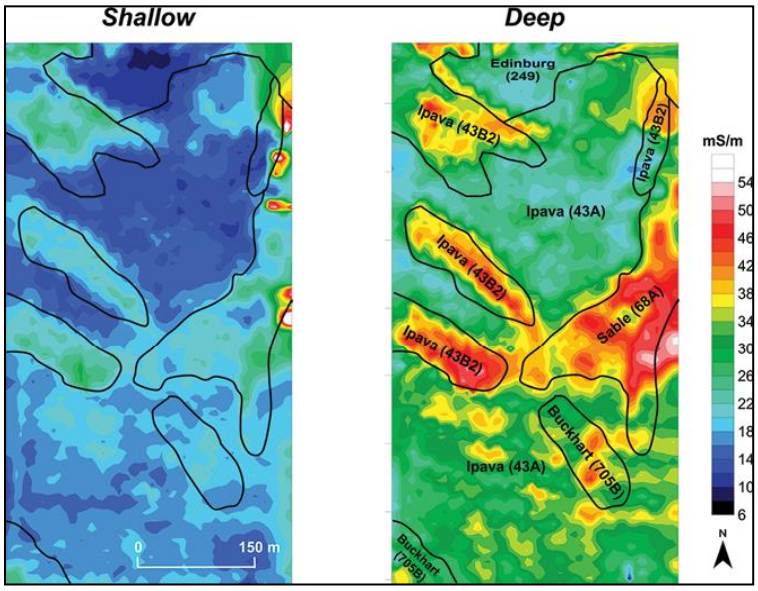
شكل 6-10: نظام رسم خرائط EC_a للتربة مكون من ستة أقطاب كهربائية خلف مركبة خدمات فى حقل بقايا ذرة.

مثال على استخدام ER للاقتران المباشر فى حصر الأرضى

Example of Direct-Coupling ER Use in Soil Survey

شكل 6-11 يبين نتائج حصر عالى الكثافة فى حقل مساحته 32.4 هكتارًا فى غرب إلينوى (Illinois). أسماء التربة ورموز وحدة الخريطة وخطوط الحدود موضحة على قطعة البيانات العميقة (0 إلى 90 سم) (الصورة على اليمين). وتظهر فقط خطوط الحدود على قطعة البيانات الضحلة (0 إلى 30 سم) (الصورة على اليسار). التربة هى Mollisols عميقة جدًا تكونت فى رواسب لوس سميكة والحبيبات سلتية ناعمة (fine-silty) وطينية (fine). ورغم أن التربة تنتمى إلى فئات حبيبات مختلفة الأحجام، إلا أنها لا تختلف بشكل ملحوظ فى محتوى الطين. وتتراوح من Aquolls رديئة الصرف إلى Udolls رديئة الصرف إلى حد ما ومتوسطة الصرف. والترب الرئيسية التى تم تحديدها فى موقع الدراسة هى Ipava، Buckhart، Edinburg، وSable. وتربة Ipava رديئة الصرف إلى حد ما (fine, smectitic, mesic Aquic Argiudolls) وتربة Buckhart متوسطة الصرف (fine-silty, mixed, superactive, mesic Oxyaquic Argiudolls) توجد فى مناطق المرتفعات. وتربة Sable رديئة الصرف (fine-silty, mixed, superactive, mesic Typic Endoaquolls) وتربة Edinburg (fine, smectitic, mesic Vertic Argiaquolls) توجد على طول مجارى الصرف المتقطعة وفى مناطق القمة الواسعة، على التوالى.

ويلاحظ من الشكل انخفاض EC_a فى الخريطة الضحلة (0 إلى 30 سم) عنه فى الخريطة العميقة (0 إلى 90 سم). ويرجع ذلك إلى زيادة محتوى الطين والماء فى الآفاق الأعمق. وبالنسبة للقياسات العميقة تمثل المناطق المنخفضة فى EC_a مساحات أفضل فى الصرف ومرتفعة عن تربة Ipava و Buckhart. وقد تم قياس قيم EC_a الأعلى فى المناطق الأكثر انحدارًا وانجرافا فى تربة Ipava (43B2) حيث يكون الأفق argillic ضحلًا ولوحظ وجود تسرب. ومناطق تربة Sable المنخفضة أكثر رطوبة وأعلى EC_a. وفى الجزء الجنوبى من الحقل، على الخريطة العميقة، يمكن التعرف على أنماط باهتة لثلاث شرفات متوازية اتجاهها أساسا شرق-غرب من خلال EC_a الأعلى.

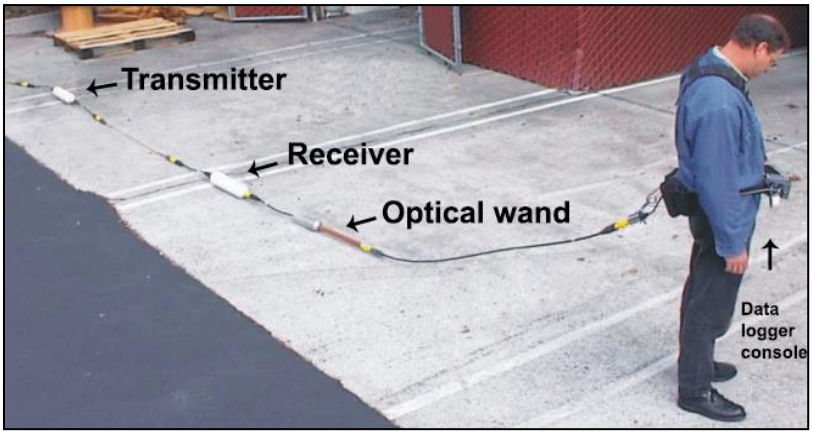


شكل 6-11: خرائط توصيل كهربائى ظاهرى أعدت من بيانات أعماق ضحلة وعميقة فى غرب وسط إلينوى.

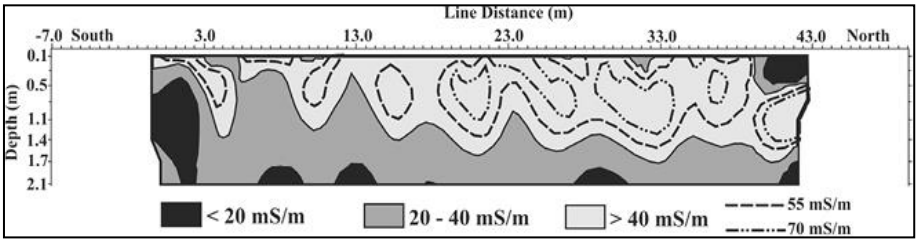
الاقتران المستحث بالسعة (Capacitively Induced Coupling)

تستخدم أنظمة مقاومة الاقتران المستحثة بالسعة (CCR) اقتران السعة بدلاً من التلامس الجلفانى لإدخال تيار كهربائى فى الأرض. وتقيس الجهد على السطح لتحديد مقاومة التربة الكهربائية الظاهرية. ويستخدم اقتران السعة الكابلات المحورية (coaxial) لتشكيل مكثف (capacitor) كبير. والدرع المعدنى للكابل المحورى هو أحد ألواح المكثف وسطح التربة هو الآخر. يعمل العزل الخارجى للكابل المحورى كمادة عازلة تفصل بين اللوحين. وجهاز إرسال النظام يستخدم تيارًا مترددا (AC) على جانب الكابل المحورى للمكثف، والذى بدوره يولد تيارا مترددا فى التربة على الجانب الآخر من المكثف. وتحدث فى المستقبل ظاهرة مماثلة، فى الاتجاه العكسى. ويشحن التيار المتردد فى التربة مكثف الكابل المحورى للمستقبل، ثم تُستخدم السعة المقاسة لتحديد فرق الجهد (الفولت) الناتج عن سريان التيار الكهربى داخل التربة.

أحد أنظمة CCR الأكثر شيوعًا له كابلان محوريان يتصلان بجهاز الإرسال، واحد على كل جانب، لتشكيل قطب تيار ثنائى، وله كابلان متحدا المحور يتصلان بجهاز الاستقبال، واحد على كل جانب، لتشكيل قطب ثنائى الجهد (Geometrics, 2001). ويتراوح عمق الفحص من 0.1 إلى 20 مترًا، اعتمادًا على الكابل ثنائى القطب وطول الوصلة. يسمح هذا الإعداد، مع بعض معالجة البيانات الأولية، لنظام CCR (شكل 6-12) بمحاكاة مجموعة القطب الجلفانى التقليدى ثنائى القطب (dipole-dipole electrode array). وتتكون المجموعة التقليدية من زوج أقطاب تيار متردد (current dipole) وزوج أقطاب جهد (potential dipole). وبزيادة المسافة بين الأقطاب للمستقبل والمرسل، يزداد عمق التحقيق وحجم التربة المقاسة (Walker and Houser, 2002). ويمكن استخدام طرق النمذجة العكسية لعرض التوصيل الكهربى لقطاعات عميقة (شكل 6-13) إذا تم جمع بيانات CCR على طول خط قاطع باستخدام عدة مسافات تباعد مختلفة بين ثنائيات أقطاب المرسل والمستقبل.



شكل 6-12: نظام مقاومة اقتران مستحث بالسعة شائع. (حقوق الصورة لشركة Geometrics, Inc.)



شكل 6-13: التوصيل الكهربائى لأعماق قطاع تربة من قطعة أرض اختبار زراعية فى جامعة ولاية أوهايو فى كولومبوس، أوهايو. تم جمع بيانات هذا القطاع باستخدام مسافات تباعد 0.625، 1.25 2.5، و 5 مترًا بين ثنائيات أقطاب المستقبل والمرسل. لإنشاء التوصيل الكهربائى لتربة القطاع المبين، تم إدخال البيانات إلى برنامج نمذجة كمبيوتر عكسى، ثنائى الأبعاد، تحسين مربعات صغرى، الذى طوره Loke (2014).

ونادرًا ما تستخدم أنظمة مقاومة الاقتران المستحثة بالسعة فى دراسات التربة. فى الحقل، يمكن بسهولة اصطياد الخطوط واجتياز العوائق (Gebbers et al., 2009). وتعمل أنظمة CCR بشكل جيد للغاية فى التربة عالية المقاومة، حيث يصعب غالبًا نقل تيار كافٍ إلى الأرض باستخدام أنظمة مصفوفة قطب كهربائى. ويكون اختراق إشارة هذه الأنظمة ضئيلًا فى التربة عالية التوصيل والبيانات الناتجة صاخبة (Gebbers et al., 2009).

طرق الاستشعار عن قرب الأقل شيوعا

(Less Common Proximal Sensing Methods)

تشمل طرق الاستشعار الأقل شيوعًا المستخدمة بواسطة NCSS القياس المغناطيسى، القابلية المغناطيسية، أجهزة الأشعة السينية المحمولة، قياس انعكاس المجال الزمنى، الانعكاس البصرى، التحليل الطيفى لأشعة جاما، التفاعلات الميكانيكية، قياس الجهد الانتقائى للأيونات، والزلازل.

القياس المغناطيسى Magnetometry (MT)

القياس المغناطيسى طريقة استشعار عن بعد تسجل حجم المجال المغناطيسى المحلى للأرض. وتوضع مستشعراته، مقاييس المغناطيسية (magnetometers)، على سطح الأرض، فى الهواء، فى الأقمار الصناعية، أو فى حفر تحت سطح الأرض. وللقياسات فى المجالات الزراعية، توضع أجهزة قياس المغناطيسية عادة مقترنة بسطح الأرض. ويتم إعداد أجهزة قياس التدرج (gradiometers)، التى يتم تكييفها بشكل أفضل للتأكيد على شذوذ المجال المغناطيسى من المصادر الضحلة، بمقياسين مغناطيسيين مثبتين على مسافة قصيرة (< 1 متر). ويسمح

هذا الترتيب بقياس تدرج المجال المغناطيسى بينهما (شكل 6-14). ومقاييس التدرج لها ميزة إضافية تتمثل فى عدم الحاجة إلى إجراء تصحيحات للتقلبات اليومية فى المجال المغناطيسى. ونجح الحصر المغناطيسى باستخدام مقاييس التدرج فى العثور على اضطرابات (مثل الخنادق الردمية والمناطق المحفورة) فى التربة الغنية بالحديد (Rogers et al., 2005). ويشير هذا إلى الاستخدام المحتمل لهذه التقنية لتحديد امتداد وموقع بعض أنواع التربة من صنع الإنسان، لا سيما فى تطبيقات حصر أراضى المستوى 1.

شكل 6-14: الحصر المغناطيسى باستخدام مقياس تدرج بخار السيزيوم (Geometrics, 2016) مدمج مع مستقبل نظام تحديد المواقع العالمى (Trimble, 2016).

القابلية المغناطيسية Magnetic Susceptibility (MS)

القابلية المغناطيسية هى قياس درجة مغنطة مادة عند تعرضها لمجال مغناطيسى. وتعتمد على تركيز وحجم وشكل المعادن قوية المغناطيسية وطريقة القياس (Mullins, 1977). وتشمل معادن الحديد المغناطيسية، مثل الماجنيتيت (magnetite)، الماجيميت (maghemite)، التيتانوماجنيتيت (titanomagnetite)، والبيروتيت (pyrrhotite). وقد تكون مصادر MS صخرية (lithogenic)، تكوينية (pedogenic)، أو بشرية (anthropogenic) (Grimley et al., 2004). وتتأثر بالاختلافات فى مادة الأصل، عمر التربة، القوام، الخلط، الحرق، التجوية، الإضافات إلى التربة (عادة ما تكون بفعل الإنسان)، pH، محتوى المادة العضوية،

ومحتوى رطوبة التربة (Maier et al., 2006; Grimley et al., 2004; Mullins, 1977).

وتسمح الأجهزة المحمولة بقياس MS عبر أسطح التربة، أسفل الثقوب صغيرة القطر، والقطاعات المكشوفة (مثل أجهزة Bartington, 2016). وتتطلب أجهزة الاستشعار أحادية الملف اتصالًا مباشرًا بالتربة، ويرتبط عمق البحث بقطر الملف. ويقتصر عمق الاختراق الفعال لمعظم المستشعرات المحمولة على حوالى 1 إلى 10 سم. ويمكن لأجهزة استشعار الحفر توثيق التباينات الرأسية فى القابلية إلى أعماق 20 مترًا (Dalan, 2006). على عكس GPR، EMI، ER، لا يتأثر حصر القابلية المغناطيسية كثيرا بالتغيرات فى محتوى رطوبة التربة. ولأن الأحجام التى تقاس بواسطة مستشعرات MS تكون صغيرة، فيمكن تحقيق دقة مكانية عالية. ومع ذلك، تقل دقة أجهزة الاستشعار المحمولة ذات الملف الواحد بسبب السريان الحرارى وفى المناطق ذات الأسطح الصخرية الخشنة أو الغطاء النباتى الكثيف.

كما يمكن قياس القابلية المغناطيسية بأجهزة التوصيل الأرضى (GCM). ويعتبر مكون طور الحقل الكهرومغناطيسى الثانوى فى GCM متناسبًا مع الاختلافات فى القابلية المغناطيسية وقد تم استخدامه لتعيينها. ومع ذلك، فإن استجابة الطور الداخلى لمستشعر EMI مقيدة بالعمق أكثر من استجابة طور التربيع (التوصيل الظاهرى). وتقيس استجابة الطور للجهاز المستخدم فقط 50 سم العليا من التربة (Dalan, 2006). وتفسيرات القابلية المغناطيسية من بيانات الحث الكهرومغناطيسى (EMI) تمثل تحديًا أيضًا. وتنتج التباينات عن الاختلافات فى تكوين الجهاز، ارتفاع الجهاز واتجاهه، طبوغرافية السطح وخشونته، العمق إلى الهدف، والتغيرات فى علامة (±) الاستجابة فى علاقتها بعمق الهدف (Shamatava et al., 2007; Tabbagh, 1986). وتشمل العيوب الأخرى لأجهزة استشعار الحث الكهرومغناطيسى انحراف الأداة واستخدام مستوى الصفر التحكمى.

وتعرض نتائج حصر القابلية المغناطيسية كقطاعات فردية أو قطع كنتور. ويتم عادةً تسجيل قياسات MS الحقلية فى وحدات حجم بلا أبعاد، على سبيل المثال، (SI) 5^{-10} (Mullins, 1977).

وعند وجود تباين فى الخواص المغناطيسية، ترتبط MS بالـ pedogenesis (Fine et al., 1989)، والاختزال (gleying) (Vadyunina and Babanin, 1972)، وموقع الانحدار (De Jong et al., 2000)، ودرجة الصرف والقوام (Grimley et al., 2004)، والإثارات البشرية (Dalan and Banerjee, 1996)، والملوثات الصناعية (Fialová et al., 2006; Magiera et al., 2006). وعند زيادة تركيز المعادن المغناطيسية، تستخدم MS لترسيم حدود التربة المائية (Lobred and Simms, 2009; Zwanka et al., 2007; Grimley et al., 2004; Arruda and Grimley, 2002; Grimley and Vepraskas, 2000) وتمييز أنواع التربة (Hanesch and Scholger, 2005; Dearing et al., 1996; Vadyunina and Smirnov, 1978). والحساسية المغناطيسية أكثر قابلية للتطبيق فى عمليات حصر الأراضى المستوى 1.

أجهزة الأشعة السينية المحمولة Portable X-Ray Fluorescence (P-XRF)

تستخدم أجهزة الأشعة السينية المحمولة فوتونات عالية الطاقة لإخراج الإلكترونات بالقوة من الغلاف الداخلى للذرات. وتسبب الثقوب الإلكترونية الناتجة عدم الاستقرار، مما يؤدى إلى سقوط الإلكترونات من الغلاف الخارجى إلى الغلاف الداخلى وملء الفراغات، وينتج انبعاث طاقة، يشار إليها X-ray fluorescence. ولأن الطاقة المنبعثة من الفلورة خاصة بالعنصر، يمكن تحديد العناصر المختلفة وقياسها (Weindorf et al., 2012a). ويقدم Kalnicky and Singhvi (2001) مناقشة شاملة حول P-XRF. ويمكن مسح عينات التربة والأسطح المكشوفة بسهولة باستخدام أجهزة P-XRF (شكل 6-15).

واستخدمت الأشعة السينية لتقييم المعادن فى التربة الملوثة (Dao et al., 2012; Schwarz et al., 2012; Weindorf et al., 2012b; Kalnicky and Singhvi, 2001). استخدموا Weindorf et al. (2012a) P-XRF لتطوير وصف مورفولوجيا التربة والتمييز بين الآفاق على أساس تركيز المعادن المختلفة. وفى تربة

جبسية غرب تكساس، استخدم P-XRF Weindorf et al. (2009) لقياس محتوى الكالسيوم وتقدير نسبة الجبس. وأجرى Beaudette et al. (2009) حصر P-XRF فى مستجمعين للمياه، أحدهما فوق صخور بركانية متحولة (metavolcanic) والآخر فوق جرانيت. واستخدموا البيانات الجيوكيميائية الناتجة لاستنتاج الاختلافات فى مؤشرات تطور تجوية التربة، المعادن، والسمات الجيولوجية. Doolittle et al. (2013) استخدموا بيانات EMI و P-XRF لتوصيف الاختلافات فى المعادن والصخور للتربة المشتقة وغير المشتقة من السربنتينيت فى شمال بيدمونت بنسلفانيا. ويمكن تطبيق P-XRF فى حصر الأراضى لتوثيق بيانات النقط.

شكل 6-15: جهاز طيف XRF محمول، يمكن وصله بمنصة مراقبة فى المكتب لمسح العينات التى تم جمعها (على اليسار) أو استخدامه فى الحقل لمسح الأوجه المكشوفة لحفر التربة أو الأسطح (على اليمين).

قياس انعكاس المجال الزمنى Time Domain Reflectometry (TDR)

مقياس انعكاس المجال الزمنى يقيس محتوى التربة من الماء، ومع بعض أجهزة الاستشعار، التوصيل الكهربائى. وأول من استخدم TDR فى علوم الأراضى Topp, Davis, and Annan (1980). ويستنتج TDR محتوى الماء والتوصيل الكهربائى من قدرة العزل المقاس وضعف الإشارة، على التوالى (Jones et al., 2002).

ويتم إدخال دليل موجى (waveguide)، أو مجس (probe)، طوله معروف فى التربة ويقاس زمن ذهاب النبضة الكهرومغناطيسية المتولدة لقطع هذه المسافة. وباستخدام نماذج تجريبية (Topp et al., 1980; equation 1) أو نماذج خلط عازلة للكهرباء، يتم تحويل زمن السفر إلى سرعة النبضة. وتستخدم السرعة لتحديد قابلية العزل الكهربائى للتربة، والتى تُستخدم لاستنتاج محتوى الماء الحجمى. وترتبط قابلية العزل مباشرة بمحتوى ماء التربة.

وبعض مزايا TDR Jones et al. (2002) هى: (1) تقدير دقيق لمحتوى الماء الحجمى (بحدود ± 2% بدون معايرة خاصة للتربة)، (2) الحد الأدنى من متطلبات المعايرة فى معظم أنواع التربة، (3) غياب مخاطر الإشعاع المرتبطة بمجس النيوترون أو تقنيات خفض أشعة جاما، (4) دقة مكانية وزمنية ممتازة، و (5) سهولة القياسات. وبعض عيوب TDR هى: (1) إمكانية حدوث أخطاء قياس إذا وجدت فجوات بين التربة والمجس، (2) TDR محدودة فى التربة شديدة الملوحة والمتجمدة (Ferrara and Flore, 2003)، (3) التربة عالية المحتوى من الطين أو المادة العضوية تتطلب معايرات خاصة، و (4) صعوبة إدخال المجسات فى بعض أنواع التربة.

وتتوفر مجموعة متنوعة من أجهزة استشعار TDR لتقدير محتوى الماء فى التربة. واعتمادًا على طول الدليل الموجى، يمكن أن توفر مستشعرات TDR قياسات الرطوبة على أعماق مختلفة. ويمكن استخدام قياس انعكاس المجال الزمنى بشكل أساسى لتوثيق بيانات النقط فى حصر الأراضى.

الانعكاس الضوئى Optical Reflectance (UV, vis-NIR, mid-IR)

تستخدم أجهزة استشعار الضوء لتحديد قدرة التربة على عكس الضوء فى أجزاء مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسى. وأجهزة الاستشعار الضوئى عن قرب هى نفس أنظمة الاستشعار عن بعد. وميزة المستشعرات

القريبة هى إمكانية استخدامها على السطح وتحت الأرض (شكل 6-16). ويمكن استخدام الانعكاس الضوئى فى حصر الأراضى لتوثيق بيانات النقط. ويستخدم للقياسات أثناء التنقل فى أعمال حصر الأراضى المختلفة. بالإضافة إلى استخدام التحليل الطيفى للانعكاس المنتشر للأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة فى المعمل للتقدير السريع لبعض خصائص التربة. وتغطى أنظمة الاستشعار الضوئى الأشعة فوق البنفسجية (100-400 نانومتر)، المرئية (400-750 نانومتر)، الأشعة تحت الحمراء القريبة (750-2500 نانومتر) أو الأشعة تحت الحمراء المتوسطة (2500-25000 نانومتر) أو مجموعة من هذه الأطوال الموجية. والأجهزة المستخدمة تتضمن مصدر ضوء خاص (مصباح كهربائى أو صمام ثنائى باعث للضوء). وتُستخدم ثنائيات ضوئية أو كاشفات لتقدير شدة الضوء المنعكس وربط هذا القياس بالضوء المنعكس من مجموعة معينة من المعايير. ويمكن أن ينتقل ضوء المصدر والضوء المنعكس عبر الهواء، الألياف الضوئية، أو نافذة تلامس من مادة عالية المقاومة، مثل الياقوت أو الكوارتز.

شكل 6-16: مجس مزود بأجهزة استشعار ومقياسى طيف، تغطى الأجزاء المرئية من الطيف والأشعة تحت الحمراء القريبة بالإضافة إلى التوصيل الكهربائى.

والقياسات المتحصل عليها باستخدام المستشعرات الضوئية يمكن أن ترتبط بعدد من خواص التربة، مثل التركيب المعدنى للتربة، محتوى الطين، لون التربة، الرطوبة، محتوى الكربون العضوى، pH، والسعة التبادلية الكاتيونية (Christy, 2008; Viscarra Rossel et al., 2009; Mouazen et al., 2010). والقياسات إما مباشرة أو غير مباشرة. وتعتمد العلاقات فى القياسات المباشرة على ظاهرة طبيعية تؤثر على انعكاس الضوء فى جزء معين من الطيف (مثل معادن التربة أو محتوى الماء يتم توقعه باستخدام نطاقات امتصاص الماء). وبالنسبة للقياسات غير المباشرة تكون العلاقات حتمية لنطاق محدود ويمكن أن ترتبط التأثيرات المشتركة لعديد من سمات التربة بخاصية معينة مثل المادة العضوية. وتتراوح طرق معايرة المستشعر من الانحدار الخطى البسيط إلى أساليب متعددة المتغيرات والقياسات الكيميائية واستخراج البيانات (Viscarra Rossel et al., 2006). ورغم إمكانية تطبيق بعض هذه النماذج على مناطق جغرافية كبيرة إلا أن معظمها يرتبط حاليًا بمجموعة محددة من

التربة.

وتستخدم الأشعة فوق البنفسجية (UV) مع الأطياف المرئية أو تحت الحمراء (Islam et al., 2003). وقد استخدمت الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لتوصيف المعادن غير العضوية، مثل أكاسيد الحديد (Schwertmann and Taylor, 1989). وتتوفر مجموعة كبيرة من التقارير حول استخدام أطياف الأشعة المرئية-تحت الحمراء القريبة (vis-NIR) وتحت الحمراء المتوسطة (mid-IR) لتحليل التربة. وتم فحص كل من ظروف المعمل واستشعار التربة القريب. وتحتوى mid-IR على مزيد من المعلومات حول معادن التربة والتركيب العضوى مقارنةً بـ vis-NIR، ومعايرة متغيراتها المتعددة أكثر قوة. وتتمتع mid-IR بهذه المزايا لأن الذبذبات الجزيئية الأساسية لمكونات التربة تحدث فى mid-IR بينما تكتشف إيحاءاتها ومجموعاتها فقط فى vis-NIR. وأطياف التربة vis-NIR تظهر ميزات امتصاص أقل وأوسع بكثير مقارنة بأطياف mid-IR.

قياس أطياف أشعة جاما (Gamma-Ray Spectroscopy)

تحتوى أشعة جاما على كمية كبيرة جدًا من الطاقة وهى أكثر الأشعة اختراقًا لمصادر طبيعية أو صناعية. وتقيس الأجهزة توزيع شدة إشعاع جاما (γ) مقابل طاقة كل فوتون. والمستشعرات نشطة أو سلبية. وتستخدم مستشعرات أشعة جاما النشطة مصدرًا مشعًا (مثل السيزيوم 137) لإطلاق فوتونات طاقة يمكن اكتشافها باستخدام جهاز قياس أشعة جاما (Wang et al., 1975). وتقيس مستشعرات أشعة جاما السلبية طاقة الفوتونات المنبعثة من النظائر المشعة التى تحدث طبيعيا للعنصر الذى نشأت منه (Viscarra Rossel et al., 2007). ويمكن رسم خرائط نظائر عناصر التربة بواسطة مستشعر أشعة جاما على مركبة (شكل 6-17). وقد يشمل تفسير البيانات تحليل القياسات المتعلقة بنظائر البوتاسيوم والثوريوم واليورانيوم أو العدد الإجمالى. ويكون رسم هذه الخرائط مفيدا للتنبؤ بخصائص التربة فى هيئات طبيعية مختلفة. ومع ذلك، تكون هناك حاجة إلى قدر كبير من المعالجة المسبقة لإظهار العلاقات بين أطياف أشعة جاما وبيانات التربة (Viscarra Rossel et al., 2007). ويستخدم التحليل الطيفى لأشعة جاما فى مستوى الحصر 1 (وربما بعض أنواع الحصر 2 أو 3) وفى القياسات على أساس النقط.

شكل 6-17: جهاز استشعار أشعة جاما سلبية مركب على سيارة.

يعتمد التحليل الطيفى للتشتت النيوترونى (Inelastic neutron scattering (INS) spectroscopy) (Schrader and Stinner, 1961) على الكشف عن أشعة جاما المنبعثة بعد التقاط وإعادة إطلاق النيوترونات السريعة كعينة يتم قصفها بالنيوترونات من مولد نيوترون نابض. وأشعة جاما المنبعثة من خصائص النوية

(nuclide) المُثارة، وترتبط شدة أشعة جاما مباشرة بالمحتوى العنصرى للعينة. والكواشف المستخدمة هى نفس المستخدمة فى التحليل الطيفى لأشعة جاما. وقد اقترح Wielopolski et al. (2008) استخدام التحليل الطيفى INS لقياس الكربون والعناصر الأخرى فى التربة.

التفاعلات الميكانيكية (Mechanical Interactions)

يمكن استخدام مستشعرات ميكانيكية بسيطة لتقدير المقاومة الميكانيكية للتربة (resistance). ومستشعرات قوة التربة تقيس مقاومة الفشل للتربة (Hemmat and Adamchuk, 2008). وعندما يتحرك مستشعر المقاومة الميكانيكى عبر التربة، يسجل قوى المقاومة الناشئة من قطع التربة وكسرها وإزاحتها، وكذلك قوى الاحتكاك والالتصاق التى تنشأ عند السطح البينى بين سطح المستشعر وما يحيط به من تربة. ويعبر عادة عن المقاومة الميكانيكية بوحدات الضغط وتمثل نسبة القوة المطلوبة لاختراق التربة والمنطقة الأمامية العادية لاتجاه اختراق الأداة المستخدمة.

وتتمثل الخطوة الأولى لاستشعار المقاومة الميكانيكية للتربة فى تحديد إجمالى القوة الأفقية (draft)، وفى بعض الحالات، إجمالى القوة الرأسية المستخدمة لأداة تقليدية ذات عمق ثابت تعمل مع التربة. وتمثل القياسات المسجلة قيمًا بديلة تتأثر بمجموعة متنوعة من العوامل، بما فى ذلك نوع وشكل الأداة التى تعمل بالتربة وسرعة وعمق العملية وظروف السطح. وبالإضافة إلى أجهزة قياس الاختراق المخروطية التى تعمل عموديًا، تم تصميم أجهزة استشعار أفقية لرسم خرائط عالية الدقة لمقاومة اختراق التربة الأفقية على عمق معين. ويمكن نشر أطراف متعددة فى وقت واحد على أعماق مختلفة. ويسمح هذا الترتيب بتحديد التباين المكانى للمقاومة الميكانيكية للتربة عند أى عمق بالإضافة إلى التباين الرأسى فى كل موقع من الحقل.

ولتجنب تكلفة إضافة أطراف استشعار مباشرة، يمكن تشغيل مستشعر أفقى أحادى الطرف عموديًا بطريقة تشبه مستشعر قوة التربة الكبيرة. بالإضافة إلى استخدام طريقة الأطراف، يمكن قياس التوزيع الرأسى للمقاومة الميكانيكية للتربة باستخدام أداة مدببة. ويقاس التوزيع باستشعار الحمل المباشر المطبق على السن على أعماق منفصلة و/ أو بقياس درجة الانحناء باستخدام تقنية قياس الإجهاد، طريقة الحزمة الكابولية (cantilever). وخرائط المقاومة الميكانيكية للتربة لطبقة بعمق 20-30 سم يمكن أن تكشف عن مظهر البنية التحتية القديمة، مثل الطرق. وتتغير مقاومة التربة الميكانيكية مع تغير محتوى الماء والكثافة الظاهرية. وقد استخدمت مستشعرات رطوبة التربة (عادةً مجسات السعة أو انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة) لفصل هاتين الخاصيتين.

وقد تكون المستشعرات الصوتية (acoustic) والهوائية (pneumatic) بدائل لأجهزة الاستشعار الميكانيكية لدراسة التفاعل بين التربة والأداة الزراعية. واستخدمت أجهزة الاستشعار الصوتية لمعرفة قوام التربة أو الكثافة الظاهرية أو كليهما عن طريق قياس التغير فى مستوى الضوضاء الناتج عن تفاعل الأداة مع حبيبات التربة. وتم استخدام أجهزة استشعار تعمل بالهواء المضغوط لاستشعار نفاذية الهواء فى التربة أثناء التنقل. ومقارنة الضغط المطلوب لإدخال حجم معين من الهواء فى التربة على عمق ثابت مع عديد من خصائص التربة، مثل البناء والانضغاط. والتفاعلات الميكانيكية قابلة للتطبيق بشكل أساسى لمستوى الحصر 1 وتوثيق بيانات النقطة.

قياس الجهد الانتقائى للأيونات (Ion-Selective Potentiometry)

أنظمة استشعار قياس الجهد الانتقائى للأيونات تشبه طريقة الكيمياء التقليدية لتقييم محتوى بعض الأيونات والمركبات الكيميائية. وتوفر أهم أنواع المعلومات اللازمة للزراعة الدقيقة ـ تيسر مغذيات التربة و pH. وتجرى القياسات باستخدام قطب كهربائى انتقائى للأيونات (ISE) أو ترانزستور تأثير مجال انتقائى للأيونات (ISFET). هذه المستشعرات تكتشف نشاط أيونات معينة فى الواجهة بين الأغشية الحساسة والجزء المائى من محلول التربة أو عينة رطبة طبيعيا. ويتكون نظام ISE الشائع من غشاء حساس لأيونات معينة وإلكترود مرجعى. يتم قياس

فرق الجهد بين الغشاء الحساس والمرجع وتحويله إلى نشاط أيونات معينة فى المحاليل المختبرة. ويسمح تصميم القطب الكهربى الانتقائى للأيونات بتجميع الأجزاء الحساسة والمرجعية فى مسبار واحد. وتمثل العلامات التجارية المختلفة للأقطاب الكهربائية تصميمات مختلفة للأغشية الانتقائية للأيونات والوصلات المرجعية.

ويدمج ISFET الانتقائية الأيونية لـ ISE مع الحجم الصغير والطبيعة القوية لترانزستور التأثير الحقلى. ويتم التحكم فى التيار بين قطبين من أشباه الموصلات (المصدر والتصريف) بواسطة قطب مدخل يمثله غشاء انتقائى للأيونات. ونظرًا لأن الأيونات المهمة تؤثر على المدخل، فإن شحنتها تؤثر على تيار تصريف المصدر، والذى يعطى مؤشرًا على نشاط الأيونات. الاختلافات الرئيسية بين ISFET و ISE هى أن ISFET لا يحتوى محلول داخلى ويتم لصق الغشاء الانتقائى للأيونات مباشرة على سطح مدخل ISFET. وتقنية ISFET جذابة بسبب صغر حجمه ونسبة الإشارة العالية إلى الضوضاء، خاصة عند استخدامه لطريقة تحليل حقن التدفق (FIA). ومع ذلك، فإن نطاق أجهزة ISFETs المتاحة تجاريًا لا يزال ضيقًا نسبيًا. والغشاء الحساس فى كل من ISE و ISFET مصنوع من الزجاج (H^+, Na^+)، كلوريد بولى فينيل (K^+, NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+})، أو معدن (H^+).

ويمكن استخدام مجموعة من الطرق لإنشاء واجهة بين ISE أو ISFET ومحلول التربة. بعض الطرق تتضمن تفاصيل كبيرة؛ وبعضها بسيط نسبيًا. فى أحد طرفى مجموعة الاحتمالات، يوجد تحضير كامل للعينة مع نسبة محددة مضبوطة بين حبيبات التربة ومحلول الاستخلاص. هذه الطريقة تضيف تعقيدًا إلى جهاز القياس وغالبًا ما تتطلب وقتًا أطول لأخذ العينات ودورة التحليل (Viscarra Rossel et al., 2005). وعلى الطرف الآخر، يوجد نهج قياس بسيط مباشر (DSM)، سهل التنفيذ نسبيًا (Adamchuk et al., 2005). ويحاكى الاستخلاص الكيميائى للأيونات فى الوقت الفعلى إجراءات تحليل التربة التقليدية. وأظهرت القياسات المعتمدة على DSM محتوى أيون معين فى تربة معينة، والذى قد لا يمثل توفر المغذيات طوال موسم النمو. ولأن العمليات الكيميائية فى التربة تتأثر كثيرًا بالتركيب الفيزيائى، فإن الجمع بين قياسات النشاط الأيونى المباشر والأجهزة الجيوفيزيائية (الموصوفة سابقًا) يمكن أن يساعد فى التنبؤ بقيم الاختبارات المعملية التقليدية المستخدمة لوصف مختلف محسنات التربة (شكل 6-18). وقياس الجهد الانتقائى للأيونات يكون قابلاً للتطبيق بشكل أساسى فى مستوى الحصر 1 وتوثيق بيانات النقط.

شكل 6-18: آلية أخذ العينات لنظام قطر يرسم فى نفس الوقت خريطة pH والتوصيل الكهربائى الظاهرى للتربة.

الزلزال (Seismic)

الموجات الزلزالية هى أساسا اهتزازات مرنة تنتشر عبر التربة والمواد الصخرية. ويمكن استخدام مصادر طاقة صناعية لإدخال موجات زلزالية فى الأرض للتحقق من الظروف أو المظاهر الموجودة تحت السطح. وأنواع الطاقة تتضمن المتفجرة (explosive)، الصدمية (impacting)، الاهتزازية (vibratory)، والصوتية (acoustic). بالنسبة للطرق الزلزالية الجيوفيزيائية التى تستخدم فيها الطاقة الصناعية، يتم توقيت الموجات الزلزالية أثناء انتقالها خلال تحت السطح من مصدر الطاقة إلى أجهزة الاستشعار، والتى تسمى geophones. يتم أيضًا قياس نطاق الموجات الزلزالية الواردة، وبالتالى الطاقة فى geophones. ويتم وضع مصدر الطاقة عادةً على السطح أو على عمق ضحل، ويتم إدخال الجيوفونات على سطح الأرض. والبيانات الخاصة بالوصول الموقوت ونطاق الموجات الزلزالية المقاسة بواسطة الجيوفونات تعطى نظرة ثاقبة للظروف تحت الأرض أو تساعد فى توصيف وتوقيع المظاهر تحت السطحية.

وطرق الزلازل التقليدية نادرًا ما تستخدم للأغراض الزراعية. ومع ذلك، فقد أظهرت الدراسات المعملية التى تستخدم الموجات الزلزالية ذات المصادر الصوتية من 2 إلى 7 كيلو هرتز أن سرعات الموجات الزلزالية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بانضغاط التربة والمسامية ومحتوى الماء وأن معاملات امتصاص الموجات الزلزالية ذات المصادر الصوتية تظهر ارتباطًا معنويا مع الكثافة الظاهرية ومحتوى الماء (Oelze et al., 2002; Lu et al., 2004). فى مقاطعة Appalachian Highlands Physiographic Province شمال غرب فرجينيا، استخدم Olson and Doolittle (1985) الانكسار الزلزالى لتحديد ارتفاع مستوى الماء الأرضى والعمق إلى الصخر الأصلى. ولاحظا أن هذه الطريقة الجيوفيزيائية لا تستطيع التمييز بين خصائص قطاع التربة. والأدوات الزلزالية قابلة للتطبيق فى مستويات حصر الأراضى 1 أو 2 أو 3.

References

Adamchuk, V.I., and R.A. Viscarra Rossel. 2011. Precision agriculture: Proximal soil sensing. *In* J. Gliński, J. Horabik, and J. Lipiec (eds.) Encyclopedia of agrophysics, Springer, New York, NY, pp. 650–656.

Adamchuk, V.I., E. Lund, B. Sethuramasamyraja, M.T. Morgan, A. Dobermann, and D.B. Marx. 2005. Direct measurement of soil chemical properties on-the-go using ion-selective electrodes. Computers and Electronics in Agriculture 48(3):272–294.

Adamchuk, V.I., R.A. Viscarra Rossel, K.A. Sudduth, and P. Schulze Lammers. 2011. Sensor fusion for precision agriculture. *In* C. Thomas (ed.) Sensor fusion–Foundation and applications, chapter 2, InTech, Rijeka, Croatia, pp. 27–40.

Allred, B.J., M.R. Ehsani, and J.J. Daniels. 2008a. General considerations for geophysical methods applied to agriculture. *In* B.J. Allred, J.J. Daniels, and M.R. Ehsani (eds.) Handbook of agricultural geophysics, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, pp. 3–16.

Allred, B.J., D. Groom, M.R. Ehsani, and J.J. Daniels. 2008b. Resistivity methods. *In* B.J. Allred, J.J. Daniels, and M.R. Ehsani (eds.) Handbook of agricultural

geophysics, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, pp. 85–108.

Allred, B.J., R.S. Freeland, H.J. Farahani, and M.E. Collins. 2010. Agricultural geophysics: Past, present, and future. *In* Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP) 2010, pp. 190–202.

Arruda, N., and D.A. Grimley. 2002. Using magnetic susceptibility to delineate hydric soils in Illinois: Evidence for magnetic dissolution. Geological Society of America Joint Annual Meeting, Paper 45–0.

Bartington Instruments. 2016. Magnetic susceptibility equipment. http://www.bartington.com/magnetic-susceptibility-systems.html [Accessed 12 September 2016]

Beaudette, D.E., L.K. Stupi, A. Swarowsky, A.T. O'Green, J.F. Chang, and B. Gallagher. 2009. Watershed-scale geochemical inventory of soils by portable X-ray fluorescence. Eos, Transactions American Geophysical Union, 90(52), Fall Meeting Supplement, Abstract B11A0467B, San Francisco, CA.

Christy, C.D. 2008. Real-time measurement of soil attributes using on-the-go near infrared reflectance spectroscopy. Computers and Electronics in Agriculture 61(1):10–19.

Conyers, L.B. 2004. Ground-penetrating radar for archaeology. AltaMira Press, Walnut Creek, CA.

Corwin, D.L. 2008. Past, present, and future trends in soil electrical conductivity measurements using geophysical methods. *In* B.J. Allred, J.J. Daniels, and M.R. Ehsani (eds.) Handbook of agricultural geophysics, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, pp. 17–44.

Dalan, R.A. 2006. Magnetic susceptibility. *In* J.K. Johnson (ed.) Remote sensing in archaeology: An explicitly North American perspective, Alabama Press, Tuscaloosa, AL, pp. 161–203.

Dalan, R.A., and S.K. Banerjee. 1996. Soil magnetism, an approach for examining archaeological landscapes. Geophysical Research Letters 23(2):185–188.

Daniels, D.J. 2004. Ground penetrating radar, 2nd edition. The Institute of Electrical Engineers, London, United Kingdom.

Daniels, R.B. 1987. Saline seeps in the Northern Great Plains of the USA and the Southern Prairies of Canada. *In* M.G. Wolman and F.G.A. Fournier (eds.) Land transformation in agriculture, John Wiley and Sons, pp. 381–406.

Dao, L., L. Morrison, and C. Zhang. 2012. Bonfires as a potential source of metal

pollutants in urban soils, Galway, Ireland. Applied Geochemistry 27:930–935.

De Jong, E., D.J. Pennock, and P.A. Nestor. 2000. Magnetic susceptibility of soils in different slope positions in Saskatchewan, Canada. Catena 40:291–305.

Dearing, J.A., K.L. Hay, S.M.J. Baban, A.S. Huddleston, E.M.H. Wellington, and P.J. Loveland. 1996. Magnetic susceptibility of soil: An evaluation of conflicting theories using a national data set. Geophysical Journal International 127:728–734.

Doolittle, J.A., and E.C. Brevik. 2014. The use of electromagnetic induction techniques in soils studies. Geoderma 223-225:33–45.

Doolittle, J.A., and J.R. Butnor. 2008. Soils, peatlands, and biomonitoring. *In* H.M. Jol (ed.) Ground penetrating radar: Theory and applications (chapter 6), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 179–202.

Doolittle, J., J. Chibirka, E. Muniz, and R. Shaw. 2013. Using EMI and P-XRF to characterize the magnetic properties and the concentration of metals in soils formed over different lithologies. Soil Horizons 54(3):1–10. DOI: 10.2136/sh13-01-0009.

Ferrara, G., and J.A. Flore. 2003. An evaluation of the early-time GPR amplitude technique for electrical conductivity monitoring. Biologia Plantarum 46(1):41–47.

Fialová, H., G. Maier, E. Petrovský, A. Kapička, T. Boyko, and R. Scholger. 2006. Magnetic properties of soils from sites with different geological and environmental settings. Journal of Applied Geophysics 59:273–283.

Fine, P., M.J. Singer, R. La Ven, K. Verosub, and R.J. Hubbard. 1989. Role of pedogenesis in distribution of magnetic susceptibility in two California chronosequences. Geoderma 44:287–306.

Galagedara, L.W., G.W. Parkin, J.D. Redman, P. von Berktold, and A.L. Endres. 2005. Field studies of the GPR ground wave method for estimating soil water content during irrigation and drainage. Journal of Hydrology 301:182–197.

Gebbers, R., E. Lück, M. Dabas, and H. Domsch. 2009. Comparison of instruments for geoelectrical soil mapping at the field scale. Near Surface Geophysics 7(3):179–190. DOI: 10.3997/1873-0604. 2009011.

Geometrics, Inc. 2001. OhmMapper TR1 Operation manual. http://www.geometrics.com/geometrics-products/geometrics-electro-magnetic-products/electro-magnetic-information-and-case-studies/ [Accessed 12 September 2016]

Geometrics, Inc. 2016. G-858 MagMapper. http://www.geometrics.com/geometrics-products/geometrics-magnetometers/g-858-magmapper/ [Accessed 12 September 2016]

Greenhouse, J.P., and D.D. Slaine. 1983. The use of reconnaissance electromagnetic methods to map contaminant migration. Ground Water Monitoring Review 3(2):47–59.

Grimley, D.A., and M.J. Vepraskas. 2000. Magnetic susceptibility for use in delineating hydric soils. Soil Science Society of America Journal 64:2174–2180.

Grimley, D.A., N.K. Arruda, and M.W. Bramstedt. 2004. Using magnetic susceptibility to facilitate more rapid, reproducible and precise delineation of hydric soils in the Midwestern USA. Catena 58:183–213.

Grote, K., S. Hubbard, and Y. Rubin. 2003. Field-scale estimation of volumetric water content using GPR groundwave techniques. Water Resources Research 39(11):1321–1334.

Grote, K., T. Crist, and C. Nickel. 2010. Experimental estimation of the GPR groundwave sampling depth. Water Resources Research 46, Article W10520. DOI: 10.1029/2009WR008403.

Hanesch, M., and R. Scholger. 2005. The influence of soil type on magnetic susceptibility measured throughout soil profiles. Geophysical Journal International 161:50–56.

Hemmat, A., and V.I. Adamchuk. 2008. Sensor systems for measuring spatial variation in soil compaction. Computers and Electronics in Agriculture 63(2):89–103.

Huisman, J.A., S.S. Hubbard, J.D. Redman, and A.P. Annan. 2003. Monitoring soil water content with ground-penetrating radar: A review. Vadose Zone Journal 2:476–491.

Islam, K., B. Singh, and A. McBratney. 2003. Simultaneous estimation of several soil properties by ultra-violet, visible, and near-infrared reflectance spectroscopy. Australian Journal of Soil Research 41(6):1101–1114.

Jones, S.B., J.M. Wraith, and D. Or. 2002. Time domain reflectometry measurement principles and applications. Hydrological Processes 16:141–153.

Kalnicky, D.J., and R. Singhvi. 2001. Field portable XRF analysis of environmental samples. Journal of Hazardous Materials (83):93–122.

Lobred, A.R., and J.E. Simms. 2009. Application of magnetic sus-ceptibility for

wetland delineation. Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP) 22:559–570.

Loke, M.H. 2014. RES2DINV. Geotomo Software, Penang, Malaysia. http://www.geotomosoft.com [Accessed 6 September 2016]

Lu, Z., C.J. Hickey, and J.M. Sabatier. 2004. Effects of compaction on the acoustic velocity in soil. Soil Science Society of America Journal 68:7–16.

Lück, E., R. Gebbers, J. Ruehlmann, and U. Sprangenberg. 2009. Electrical conductivity mapping for precision farming. Near Surface Geophysics 7(1):15–25.

Lund, E.D., C.D. Christy, and P.E. Drummond. 2000. Using yield and soil electrical conductivity (EC_a) maps to derive crop production performance information. *In* P.C. Roberts, R.H. Rust, and W.E. Larson (eds.) Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture (CD-ROM), Minneapolis, Minnesota, 16–19 July 2000, American Society of Agronomy, Madison, WI.

Magiera, T., Z. Strzyszcz, A. Kapička, and E. Petrovský. 2006. Discrimination of lithogenic and anthropogenic influences on topsoil magnetic susceptibility in Central Europe. Geoderma 130:299–311.

Maier, G., R. Scholger, and J. Schön. 2006. The influence of soil moisture on magnetic susceptibility measurements. Journal of Applied Geophysics 59:162–175.

McNeill, J.D. 1980. Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Technical Note TN–6. Geonics Limited, Mississauga, Ontario, Canada.

Mouazen, A.M., B. Kuang, J. De Baerdemaeker, and H. Ramon. 2010. Comparison among principal component, partial least squares and back propagation neural network analyses for accuracy of measurement of selected soil properties with visible and near infrared spectroscopy. Geoderma 158(1–2):23–31.

Mullins, C.E. 1977. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science: A review. Journal of Soil Science 28:223–246.

Oelze, M.L., W.D. O'Brien, Jr., and R.G. Darmody. 2002. Measurement of attenuation and speed of sound in soils. Soil Science Society of America Journal 66:788–796.

Olson, C.G., and J.A. Doolittle. 1985. Geophysical techniques for reconnaissance investigations of soils and surficial deposits in mountainous terrain. Soil

Science Society of America Journal 49(6):1490–1498.

Rogers, M.B., J.R. Cassidy, and M.I. Dragila. 2005. Ground-based magnetic surveys as a new technique to locate subsurface drainage pipes: A case study. Applied Engineering in Agriculture 21:421–426.

Roth, K., R. Schulin, H. Fluhler, and W. Attinger. 1990. Calibration of time domain reflectometry for water content using a composite dielectric approach. Water Resources Research 26(10):2267–2273.

Samouëlian, A., I. Cousin, A. Tabbagh, A. Bruand, and G. Richard. 2005. Electrical resistivity survey in soil science: A review. Soil & Tillage Research 83:173–193.

Schrader, C.D., and R.J. Stinner. 1961. Remote analysis of surfaces by neutron-gamma-ray inelastic scattering technique. Journal of Geophysical Research 66:1951–1956.

Schwarz, K., S.T.A. Pickett, R.G. Lathrop, K.C. Weathers, R.V. Pouyat, and M.L. Cadenasso. 2012. The effects of the urban built environment on the spatial distribution of lead in residential soils. Environmental Pollution 163:32–39.

Schwertmann, U., and R.M. Taylor. 1989. Iron oxides. *In* J.B. Dixon and S.B. Weed (eds.) Minerals in soil environments, Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 145–180.

Serbin, G., and D. Or. 2003. Near-surface soil water content measurements using horn antenna radar: Methodology and overview. Vadose Zone Journal 2:500–510.

Shamatava, I., B.E. Barrows, F. Shubitidze, B. Zhang, L. O'Neill, P. Fernández, and K.P. Paulsen. 2007. Estimating magnetic susceptibility from EMI data. *In* R.S. Harmon, J. Thomas Broach, and J.H. Holloway (eds.) Detection and remediation technologies for mines and minelike targets XII, Proceedings of SPIE, Vol. 6553. DOI: 10.1117/12.720034.

Smith, D.G., and H.M. Jol. 1995. Ground-penetrating radar: Antenna frequencies and maximum probable depths of penetration in Quaternary sediments. Journal of Applied Geophysics 33:93–100.

Soil Survey Staff. 2015. Web Soil Survey. USDA Natural Resources Conservation Service. http://websoilsurvey. nrcs.usda.gov/ [Accessed 1 August 2016]

Sudduth, K.A., N.R. Kitchen, W.J. Wiebold, W.D. Batchelor, G.A. Bollero, D.G. Bullock, D.E. Clay, H.L. Palm, F.J. Pierce, R.T. Schuler, and K.D. Thelen. 2005. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. Computers and Electronics in Agriculture 46:263–283.

Tabbagh, A. 1986. What is the best coil orientation in the Slingram electromagnetic prospecting method? Archaeometry 28:185–196.

Topp, G.C., J.L. Davis, and A.P. Annan. 1980. Electromagnetic deter-mination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. Water Resources Research 16:574–582.

Trimble Navigation Ltd. 2016. AgGPS 132 DGPS receiver/AgGPS 132 FlightBar system. http://www.trimble.com/agriculture/technical_support.aspx?id=4359 [Accessed 12 September 2016]

Vadyunina, A.F., and V.F. Babanin. 1972. Magnetic susceptibility of some soils in the USSR. Soviet Soil Science 4:588–599.

Vadyunina, A.F., and Y.A. Smirnov. 1978. Use of magnetic susceptibility in the study and mapping of soils. Pochvovedeniye, Moscow, Russia.

van Overmeeren, R., S. Sariowan, and J. Gehrels. 1997. Ground pene-trating radar for determining volumetric soil water content; Results of comparative measurements at two test sites. Journal of Hydrology 197:316–338.

Veris Technologies. 2016. Soil EC 3100. http://www.veristech.com/the-sensors/v3100 [Accessed 12 September 2016]

Viscarra Rossel, R.A., M. Gilbertson, L. Thylén, O. Hansen, S. McVey, and A.B. McBratney. 2005. Field measurements of soil pH and lime requirement using an on-the-go soil pH and lime requirement measurement system. Precision Agriculture, European Conference on Precision Agriculture, pp. 511–520.

Viscarra Rossel, R.A., D.J.J. Walvoort, A.B. McBratney, L.J. Janik, and J.O. Skjemstad. 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma 131(1–2):59–75.

Viscarra Rossel, R.A., H.J. Taylor, and A.B. McBratney. 2007. Multi-variate calibration of hyperspectral γ-ray energy spectra for proximal soil sensing. European Journal of Soil Science 58:343–353.

Viscarra Rossel, R.A., S.R. Cattle, A. Ortega, and Y. Fouad. 2009. *In situ* measurements of soil colour, mineral composition and clay content by vis-NIR spectroscopy. Geoderma 150(3-4):253–266.

Viscarra Rossel, R.A., V.I. Adamchuk, K.A. Sudduth, N.J. McKenzie, and C. Lobsey. 2011. Proximal soil sensing: An effective approach for soil measurements in space and time, chapter 5. Advances in Agronomy 113:237–283.

Walker, J.P., and P.R. Houser. 2002. Evaluation of the OhmMapper instrument for soil moisture measurement. Soil Science Society of America Journal 66:728–734.

Wang, C.H., D.L. Willis, and W.D. Loveland. 1975. Radiotracer meth-odology in the biological environmental and physical sciences. Prentice-Hall Biological Science Series, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Weindorf, D.C., Y. Zhu, R. Ferrell, N. Rolong, T. Barnett, B.L. Allen, J. Herrero, and W. Hudnall. 2009. Evaluation of portable X-ray fluorescence for gypsum quantification in soils. Soil Science 174(10):556–562.

Weindorf, D.C., Y. Zhu, B. Haggard, J. Lofton, S. Chakraborty, N. Bakr, W. Zhang, W.C. Weindorf, and M. Legoria. 2012a. Enhanced pedon horizonation using portable X-ray fluorescence spectrometry. Soil Science Society of America Journal 76(2):522–531.

Weindorf, D.C., Y. Zhu, S. Chakraborty, N. Bakr, W. Zhang, and B. Huang. 2012b. Enhanced use of portable X-ray fluorescence spectrometry for environmental quality assessment of peri-urban agriculture. Environmental Monitoring and Assessment 184:217–227.

Wielopolski, L., G. Hendrey, K.H. Johnsen, S. Mitra, S.A. Prior, H.H. Rogers, and H.A. Torbert. 2008. Nondestructive system for analyz-ing carbon in the soil. Soil Science Society of America Journal 72(5):1269–1277.

Zwanka, W.P., G.W. Hurt, D.A. Graetz, W.D. Graham, and M.W. Clark. 2007. Using magnetic susceptibility to delineate hydric soils in southeastern Coastal Plain soils. Soil Survey Horizons 48(2):32–38.

الباب السابع

جمع بيانات حصر الأراضى وإدارتها ونشرها

(Soil Survey Data Collection, Management, and Dissemination)

By Soil Science Division Staff. Revised by Jim Fortner, USDA-NRCS.

مقدمة (Introduction)

أثناء إجراء حصر الأراضى، يتم جمع أو تطوير بيانات كثيرة، بأنواع وبأشكال مختلفة. تتضمن هذه البيانات، على سبيل المثال لا الحصر، الملاحظات الميدانية، وصف قطاعات التربة والهيئات الطبيعية، الرسومات، التحاليل المعملية، الصور، وصف وحدات خرائط التربة ومكوناتها، وخريطة التربة الأساسية.

قبل بداية مشروع الحصر، إقرار نوع النظام الذى سيستخدم لجمع وتخزين وإدارة ونشر المعلومات التي يتم جمعها و / أو تطويرها. على سبيل المثال، قد يتم الاحتفاظ بالبيانات والمعلومات وتوزيعها كنسخة ورقية أو فى شكل إلكترونى أو عن طريق مزيج من الاثنين. وقد يكون تحديد كيفية إدارة هذه البيانات شاق، ولكنه مهم جدا.

ويجب أولاً الإجابة على بعض الأسئلة:

- **ما هو الغرض من الحصر؟**
- **لمن أعدت هذه المعلومات؟**
- **هل ستكون المعلومات متاحة لأى شخص يريدها، أو الاحتفاظ بها داخل الجهة التى تجري الحصر ؟**
- **ما هى أنواع المنتجات أو المخرجات التى يجب إنتاجها فى نهاية المشروع؟**
- **ما هو الشكل الذى ستتاح فيه هذه المنتجات - إلكترونية أو ورقية، أو كليهما؟**
- **هل المستخدم النهائى للمعلومات يحتاج فقط بيانات ملخصة، أو يحتاج الوصول إلى بيانات النقاط التى تم جمعها فى نقاط فردية على الهيئة الطبيعية؟**
- **هل البيانات و / أو المعلومات التى تم إنشاؤها سيتم تسليمها عبر الإنترنت؟**
- **ما هى المصادر والخبرات المتوفرة لحفظ البيانات ونشرها؟**

الإجابات على هذه الأسئلة وغيرها ستساعد فى تحديد نوع النظام المطلوب.

بداية يجب التمييز بين "بيانات التربة" و "نظام معلومات التربة". وتشير بيانات التربة إلى البيانات الفعلية التى يتم جمعها أو إنشاؤها أثناء إجراء حصر الأراضى. ونظام معلومات التربة لا يتضمن البيانات فقط، بل يشمل أيضًا الطرق المختلفة و / أو الأنظمة المستخدمة لجمع وتخزين وإدارة البيانات والتفسيرات والمعلومات الناتجة ونشرها للمستخدمين النهائيين.

ويمكن تعريف قاعدة البيانات أنها "مجموعة من المعلومات أو البيانات التى يتم تنظيمها بحيث يمكن الوصول إليها وإدارتها وتحديثها بسهولة." وفى أبسط أشكالها، تكون مجموعة من النسخ الورقية المحفوظة فى خزانة ملفات أو صندوق. ووجود قاعدة بيانات بسيطة، يسهل الوصول إلى هذه البيانات وإدارتها وتحديثها. وفى التنسيق الإلكترونى، تكون قاعدة البيانات سلسلة من جداول البيانات ذات الصلة تحفظ فى بعض برامج إدارة قواعد البيانات (DBMS) على الكمبيوتر. وقد تكون البيانات جدولية (تصف خصائص ونسب التربة فى منطقة الحصر) وبيانات مكانية (تتضمن مواقع حدود وحدات خريطة التربة ومواقع جمع عينات تربة معينة وأوصاف قطاعات التربة وغيرها من الملاحظات الميدانية، وكذلك طبقات البيانات الموضوعية الأخرى).

وإذا تم جمع بيانات الحصر وتخزينها وإدارتها ورقيا، تكون خيارات تسليم المنتج ضئيلة. وإذا تقرر استخدام تنسيق إلكترونى لجمع البيانات وتخزينها وإدارتها، فستكون هناك حاجة إلى قواعد بيانات إلكترونية. وتوجد خيارات عديدة لنشر البيانات المحفوظة إلكترونيا.

المعالجة الآلية للبيانات فى حصر الأراضى

(Automated Data Processing in Soil Survey)

المعالجة الآلية للبيانات (ADP) أداة قوية للتعامل مع بيانات حصر الأراضى المتراكمة، والتى تستخدم أجهزة الكمبيوتر فى معالجة الكلمات، قاعدة البيانات، جداول البيانات، نظم المعلومات الإحصائية والجغرافية (GIS)، وغيرها من حزم البرامج المصممة خصيصًا. ADP تسهل جمع وإدخال وتحرير البيانات والملخصات والمقارنات والتحليلات فى وقت مناسب. وتتيح التحديث المتكرر وغير المكلف للقوائم الطويلة، مثل قوائم سلاسل التربة لمختلف المناطق الجغرافية، بأى ترتيب أو تسلسل، ومنتجات المخرجات الأخرى. وتوفر الملخصات معلومات لتوجيه قرارات سياسة هامة. ADP يمكنها إجراء عمليات حسابية منتظمة بسرعة وفى زمن قليل. وتسمح بتحرير سهل للمواد الوصفية والمخطوطات والبيانات والمعلومات السردية أو الجدولية.

فى السنوات الأخيرة، مع زيادة استخدام الكمبيوتر وتطوير تطبيقات مثل أنظمة المعلومات الجغرافية، تم تسليم مزيد من بيانات حصر الأراضى للمستخدمين النهائيين فى شكل إلكترونى أو رقمى (انظر الباب الخامس). كما تم جمع البيانات وتسجيلها، على الأقل جزئيًا، فى شكل إلكترونى فى الحقل باستخدام مجموعة متنوعة من الأدوات (انظر الباب السادس). وتتيح إدارة البيانات بتنسيق رقمى مرونة أكبر فى تسليم البيانات. ويمكن توصيلها إلى المستخدمين مطبوعة أو إلكترونية. ويخصص الجزء الباقى من هذا الباب لإدارة بيانات التربة وتسليمها إلكترونيا.

ويحتاج علماء التربة إلى معرفة أساسيات ADP كحاجتهم إلى معرفة أساسيات الكيمياء وعلم النبات والجيولوجيا والرياضيات والاقتصاد وغيرها من الموضوعات التى تدعم عمل الحصر. وتتوفر مراجع عن أساسيات ADP بسهولة. وتستخدم المعالجة الآلية للبيانات فى عديد من مهام الحصر، وهذا لا يعنى وجوب استخدامها لجميع هذه المهام. وقبل اتخاذ أى قرار لاستخدام ADP، يلزم إجراء دراسة موضوعية (تحليل الأنظمة) لتحديد المعدات والأشخاص والعوامل الأخرى الأكثر فائدة واقتصادية. واختيار أى نظام جديد يجب أن يأخذ فى الاعتبار مدى توافقه مع الأنظمة التى تستخدمها الجهات المتعاونة للتعامل مع بيانات الحصر والبيانات الفيزيائية والبيئية ذات الصلة. ويتوفر عديد من أجهزة الكمبيوتر ووسائط التخزين وأجهزة الإدخال والإخراج ووسائل الاتصال.

وبعد تصميم نظام ADP وتنفيذه، تكون الدراسة المستمرة والاختبار والتحسين مطلوبة. وتتغير تقنية ADP بسرعة، ويتم تطوير معدات وإجراءات جديدة باستمرار. ومع اكتساب الخبرة، قد يحتاج النظام الحالى إلى تحسين أو استبدال.

وتعالج البيانات بطرق عديدة. ولأن معظم البيانات تكون مطلوبة فى مجموعات مختلفة، فمن المحتمل أن يكون الاستخدام الأساسى لـ ADP هو تخزين البيانات واسترجاعها. لهذا يجب إدخال السجلات المحددة بدقة وبشكل متسق فى بعض الوسائط التى يمكن قراءتها بواسطة أجهزة الكمبيوتر وترتيبها في ملفات مفهرسة. ويشار إلى كل هذه الملفات كقاعدة بيانات حصر الأراضى.

وتوزع قواعد البيانات بين مواقع متعددة أو يحتفظ بها فى نظام مركزى، حسب متطلبات النظام والوسائل المتاحة. ففى الإصدارات المبكرة من النظام الوطنى لمعلومات التربة (NASIS) المستخدم فى الحصر التعاونى الوطنى للتربة فى الولايات المتحدة (NCSS)، تم تقسيم (توزيع) قاعدة البيانات بين 17 قاعدة بيانات إقليمية وكل إقليم يدير بيانات الحصر الخاصة بمنطقته. وفى الإصدارات اللاحقة، تم دمج قواعد البيانات فى قاعدة وطنية واحدة. وحاليا، يصل جميع المستخدمين إلى قاعدة بيانات فردية لإنشاء وإدارة البيانات المسؤولين عنها. ونظام التشفير

الموحد ضرورى للحصول على تنسيق متسق للبيانات، يسمح بنقلها ومشاركتها مباشرة واستخدام برامج الكمبيوتر لمعالجتها.

كما يمكن تصنيف قواعد البيانات على أنها معاملات (transactional) أو منشورات. فى قواعد بيانات المعاملات، تجرى تعديلات وإضافات مستمرة على البيانات. وتستخدم هذه القواعد بواسطة أعضاء الهيئة المسئولة عن قاعدة البيانات. وتعتبر NASIS قاعدة معاملات. وفى قواعد بيانات النشر، المحتوى معتمد ومتاح للجمهور. NCSS's Soil Data Mart هى قاعدة بيانات النشر.

بعد إدخال معلومات التربة بشكل منتظم فى قاعدة البيانات وتنظيم أدوات وتعليمات التشغيل اللازمة، تكون البيانات ميسرة لأنواع كثيرة من العمليات. وقد تحتاج برامج الكمبيوتر إلى تطوير، يكون عادةً أكثر تكلفة واستنزافا للوقت فى معالجة البيانات. ويقلل نظام إدارة البيانات الجيد من كمية البرامج المطلوبة. وتشمل التطبيقات المهمة لحصر الأراضى ما يلى:

1. الإجابة على أسئلة مثل: ما هى التربة التى تحتوى على مجموعات معينة من الخصائص؟ ما هى التربة التى ترسم فى أماكن محددة؟ ما هى التربة التى ستنتج محصول ذرة أكثر من 100 بوشل للإيكر (حوالى 6700 كيلوجرام للهكتار) فى ظل نظام إدارة معين؟
2. إجراء دراسات إحصائية، خاصة ارتباطات متعددة، لأغراض كثيرة، تتضمن اختبار الحدود العددية للقيم فى تصنيف التربة، تحديد الخصائص التى يمكن ملاحظتها فى الحقل وترتبط جيدًا بالنتائج المعملية، وتحديد خصائص التربة التى يمكن ملاحظتها وتدل بثقة على سلوك التربة.
3. إعداد الملخصات (مثل التفسيرات حسب عائلات التربة، أطوار العائلات، تحت المجموعات، وما إلى ذلك؛ ملخصات انتشار أنواع تربة فى مناطق جغرافية مختلفة؛ وملخصات لعدد وامتداد التربة التى لها سمات مثل fragipan).
4. ترتيب وطباعة المواد المجدولة لمخطوطات الحصر والتقارير الأخرى (انظر الملاحق). والنص الذى يتكرر فى دراسات حصر منشورة لولاية أو منطقة معينة يمكن تخزينه فى شكل نهائى وإعادة استخدامه حسب الحاجة.
5. تخزين القوائم مثل تصنيف سلاسل التربة وتحديثها بسهولة.
6. إنتاج خرائط تفسيرية وطباعتها عند الطلب (انظر ملحق 4). لهذا التطبيق قيمة متزايدة فى إدارة التربة وتخطيط استخدامات الأراضى.

ومستخدم مخرجات ADP يجب أن يدرك أهمية المعلومات الأصلية الموثوقة والدقيقة. وينبغى إدخال بيانات عالية الجودة. ADP لا تستطيع تحسين جودة البيانات، ومع ذلك، يمكن أن تكون أداة قيمة للعثور على تناقضات البيانات.

تخزين بيانات حصر الأراضى إلكترونيا، يتطلب قاعدة بيانات إلكترونية أو أكثر. وقد تصبح قواعد البيانات معقدة جدا، حسب عدد خواص التربة التى يتم تسجيلها وتخزينها ودرجة دقة أو تكرار البيانات التى يتم جمعها.

وتصميم قاعدة البيانات مهم. وقد تنجح أو تفشل بسبب تناسق البيانات أو عدم وجودها. ويجب وضع معايير للمساعدة فى ضمان اتساق البيانات. ومن المهم تحديد الجداول والسمات أو الأعمدة المختلفة داخل قاعدة البيانات بشكل لا يكون فيه غموض بشأن المعلومات التى يجب تسجيلها فى كل جدول و/ أو عمود وبأى شكل. هذه المعلومات التى تصف قاعدة البيانات "metadata"، يجب إتاحتها للأفراد الذين يقومون بجمع البيانات وإدخالها فى قاعدة البيانات وكذلك للمستخدمين النهائيين. وتمنع البيانات الوصفية سوء الفهم وسوء استخدام بيانات التربة الناتجة.

وتستخدم قاعدة البيانات الإلكترونية أيضًا مجموعة متنوعة من أدوات وقواعد التحقق من صحة البيانات للمساعدة فى ضمان سلامتها وجودتها. على سبيل المثال، يمكن أن تسمح قاعدة البيانات بإدخال قيم رقمية فقط فى حقل

البيانات الذى تم تحديده على أنه يتطلب إدخالًا رقميًا. وقد يضمن النظام إدخال قيم ضمن نطاق رقمى معين فقط (على سبيل المثال، يُسمح فقط بالقيم بين 1 و 14 للـ pH). ويمكن تطوير قوائم اختيار لضمان استخدام المصطلحات المعتمدة فقط لعناصر بيانات محددة وإدخال بيانات متسقة هجائيا.

ويعتمد التصميم الفعلى وبناء قاعدة البيانات إلى حد ما على نوع البيانات التى يتم جمعها و / أو التى تحتاج إلى تخزينها وتسليمها إلى المستخدمين النهائيين. وقد يختلف أيضًا إلى حد ما بناءً على برنامج إدارة قواعد البيانات (DBMS) الذى سيتم استخدامه لإدارتها.

ومناهج أو بروتوكولات قياسية لجمع البيانات مطلوبة لضمان أن تكون البيانات التى يتم جمعها من مواقع مختلفة، وفى أوقات مختلفة، بواسطة أشخاص مختلفين يمكن دمجها بشكل مناسب وتلخيصها أو تقييمها. على سبيل المثال، يجب قياس الانحدار بنفس الطريقة ويجب تقدير محتوى الطين باستخدام نفس الإجراءات فى جميع أنحاء منطقة الحصر.

تسجيل بيانات ومعلومات الحقل والمعمل

(Recording Data and Information—Field and Lab)

المعلومات التى يتم جمعها أثناء حصر الأراضى تسجل فى مجموعة متنوعة من الأشكال والمحتوى. إضافة إلى خريطة التربة الأساسية، تشمل أشكال البيانات المهمة الملاحظات الحقلية ووصف قطاعات التربة ونتائج التحاليل المعملية والصور والرسومات. وتضمن هذه الأشكال من المعلومات جودة الحصر. وتقع البيانات فى ثلاث فئات أساسية: بيانات النقط والبيانات المجمعة والبيانات المكانية.

بيانات النقط (Point Data)

بيانات النقط يتم جمعها أو قياسها أو ملاحظتها فى موقع جغرافى معين فى الحقل. وهى تسجل قيمة واحدة لكل صفة لوحدة خريطة التربة ككل، أو مكون فى وحدة خريطة التربة الفردية، والهيئة الطبيعية التى تحدث فيها. وفى موقع جغرافى محدد فى نقطة زمنية معينة، كل سمة لها قيمة واحدة فقط. وتتضمن السمات الانحدار، شكل الأرض، عمق الأفق، ودرجةالـ pH أو قوام كل أفق، إلخ. كما تشمل بيانات النقاط الصور الفوتوغرافية المأخوذة فى موقع العينة ورسومات وأشكال الهيئة الطبيعية و / أو قطاع التربة. وقد تكون بيانات النقاط نتائج الملاحظات الميدانية أو القياسات المباشرة، نتائج التحاليل المعملية لعينات التربة التى تم جمعها فى الموقع، أو نتائج أدوات المراقبة المستمرة لجمع البيانات (مثل درجة حرارة التربة أو محتوى رطوبة التربة) على فترات منتظمة. ويجب أن يتضمن كل جزء من بيانات النقاط التى تم جمعها إشارة إلى وحدة خريطة التربة و / أو مكون وحدة الخريطة التى يمثلها. هذا جزء من عملية الارتباط التى تحدث أثناء مشروع حصر الأراضى (انظر قسم "خطوات الارتباط" فى الباب الرابع). والنظام المطويره لإدارة بيانات الحصر يحتاج إلى القدرة على إدارة جميع أشكال بيانات النقاط التى سيتم جمعها.

وحدات خريطة التربة مقابل مكونات وحدة خريطة التربة

(Soil Map Units vs. Soil Map Unit Components)

فى حصر الأراضى، تمثل المناطق الموضحة على خريطة التربة جزءًا من الهيئة الطبيعية ويشار إليها عمومًا باسم وحدة خريطة أو ترسيم. ويسمى كل مضلع برمز يشير إلى وحدة خريطة التربة التى يمثلها. ويظهر امتداد وحدة الخريطة على الهيئة الطبيعية ويعرف على أنه مجموعة من أنواع التربة التى تحدث معًا فى نمط متكرر بانتظام على الهيئة الطبيعية. وكل نوع تربة داخل وحدة خريطة يُشار إلى أنه مكون وحدة خريطة التربة. ويشتمل مكون

وحدة خريطة التربة عمومًا على نفس النسبة تقريبًا من وحدة الخريطة فى كل مضلع (على سبيل المثال، فى وحدة خريطة التربة "10"، يشكل مكون التربة A 75% من وحدة الخريطة، ومكون التربة B 15%، ومكون التربة C 10%). ونادرًا ما تتكون وحدات الخرائط بنسبة 100% من أى نوع تربة معين.

ومستوى تفاصيل كل عنصر من مكونات وحدة الخريطة يعتمد عموما على مقياس خريطة التربة. وتحتوى الخرائط صغيرة المقياس (مثل 1: 100000) على مكونات وحدة خريطة محددة بشكل أوسع عن خرائط المقياس الأكبر (مثل 1: 12000). وللحصول على مناقشة أكثر تفصيلاً لوحدات خرائط التربة ومكونات وحدة الخريطة، انظر الباب الرابع.

الملاحظات الحقلية (Field Notes)

تتضمن الملاحظات الحقلية وصف قطاع التربة والهيئة الطبيعية، وصف العلاقة والتفاعلات بين مكونات التربة أو وحدات الخريطة، معلومات عن سلوك التربة، واستنتاجات حول كيف تكونت التربة. ويتم تطوير المعلومات المسلمة للمستخدمين النهائيين المرفقة بخرائط التربة بناءً على الملاحظات الميدانية، التى تُستخدم لإعداد تعريفات وأوصاف قياسية لسلاسل التربة، وحدات خرائط التربة، ومكونات وحدة الخريطة ولربط التربة فى البرنامج الوطنى. فهى لا تقل أهمية عن خريطة الأساس التى توقع عليها حدود وحدة خريطة التربة.

ويجب تسجيل الملاحظات الميدانية مباشرة. على سبيل المثال، تسجيل وصف قطاع التربة أثناء فحصه. وتسجيل المعلومات من المزارع أثناء المحادثة أو بعدها مباشرة. وقد تفقد المعلومات إذا لم تسجل على الفور. ويجب أن تكون جميع الملاحظات الميدانية واضحة. ويجب تسجيل المنطقة والتاريخ والموقع والقائم بالحصر لكل ملاحظة. ويجب أن ترتبط الملاحظة بوحدة خريطة التربة المحددة أو مكون وحدة الخريطة. كما يجب تحديد مصدر المعلومات، إذا لم تكن من الملاحظات المباشرة.

ويجب تنظيم وتخزين الملاحظات الميدانية بطريقة موحدة لكى تكون متاحة ومفيدة. والتخزين الإلكترونى جيد. والملاحظات المكتوبة باليد يمكن فيما بعد تخزينها فى قاعدة بيانات الكمبيوتر. كما يمكن تسجيل الملاحظات على الأجهزة المحمولة باستخدام برنامج معالجة الكلمات أو تدوين الملاحظات فى الحقل، وتخزن الملفات الناتجة فى مجلدات قياسية على الكمبيوتر.

والملاحظات الميدانية يجب أن تكون مفهومة لجميع فريق الحصر. ويجب نسخ الملاحظات المختصرة إلى مصطلحات قياسية. واستخدام الكلمات والعبارات الشائعة فقط، كما هى موجودة فى القاموس أو المرجع الفنى.

والملاحظات الأهم تسجل الأشياء الشائعة، مثل الأنواع الواسعة من التربة وخصائصها، والمحاصيل الشائعة أو الغطاء النباتى، وأداء أنظمة الصرف الصحى، إلخ، ويجب تجنب الميل إلى تسجيل أى شيء آخر غير شائع، لأن جهود إعداد مصطلحات وصفية أو عمل تفسيرات من هذه الملاحظات لن تنجح. وفى المراحل الأولى من مشروع الحصر، يكون من الصعب التمييز بين "الشائع" و "الشاذ". ومع تقدم العمل فى منطقة الحصر، قد يصبح ما يبدو شاذا فى البداية أمرًا شائعًا فيما بعد عند تعيين أجزاء أخرى من المنطقة. ويجب أن تشير الملاحظات الميدانية إلى مدى قرب تمثيل شيء ما للعامة. ويجب أن يتعلم القائم بالحصر أولاً أن يرى ويسجل الأشياء الشائعة، ثم يعرف الخروج عن المعتاد.

والملاحظات الميدانية تسجل الملاحظات بالإضافة إلى الأوصاف الكاملة للبيدون فى مواقع معينة مختارة. والملاحظات التى تجرى أثناء العمل اليومى عادةً لا تكون وصفًا كاملا. قد تسجل فقط لون وقوام وسمك الآفاق الرئيسية كما ترى فى حفرة البريمة. وتستخدم هذه المعلومات لتكملة الوصف التفصيلى. ومثل هذه الملاحظات مهمة خاصة لتربة غير معروفة ووحدات خريطة محتملة، ولكن مشكوك فيها.

وتتضمن الملاحظات الميدانية معلومات حول علاقة وحدات الخريطة ومكونات وحدة الخريطة، وأشكال الأرض

والمعالم الطبيعية الأخرى. وموقع التربة في الهيئة الطبيعية مهم. وتؤثر مظاهر الهيئة الطبيعية بقوة على توزيع التربة. ويمكن استنتاج خصائص التربة وامتدادها وموقع حدود التربة في الهيئة الطبيعية. ويجب وصف شكل الأرض أو الجزء الذى تشغله تربة معينة وكيف تتناسب التربة مع الهيئة الطبيعية. وتعتبر أنماط التربة وأشكال ترسيمات التربة مهمة لإدارة التربة على نطاق واسع. وقد تم مناقشة تحديد الهيئة الطبيعية في الباب الثانى.

أثناء العمل الميدانى، تدون وتسجل أنواع وكميات المكونات المختلفة لكل وحدة خريطة، إضافة إلى مواقعها في الهيئة الطبيعية. وتحدد مكونات وحدة خريطة التربة بالإسم أو وصف خصائصها المتباينة. ورغم اختلاف أنواع وكميات مكونات وحدة الخريطة من ترسيم إلى آخر، والشخص المتمرس لا يجد صعوبة في الحفاظ على مستوى النقاء التفسيرى داخل وحدة خريطة التربة. ويرجع ذلك إلى أن معظم مكونات وحدة الخريطة المتباينة (أى التربة غير المتشابهة والمناطق المتنوعة) تشغل مواقع محددة يسهل التعرف عليها في الهيئة الطبيعية. وإذا كانت هناك حاجة إلى تقدير دقيق للنقاء التصنيفى لترسيم معين، فإن تقنيات خاصة لأخذ العينات تكون مطلوبة، مثل طرق الخطوط القاطعة (transects) أو اعتراض النقاط (intercept).

ويجب عمل ملاحظات حول انجراف التربة في وحدات خرائط معينة، تشمل وصف المناطق المنجرفة، درجات الانجراف داخل وبين أطوار التربة، الاختلافات في التباين بين التربة ومواقعها على الهيئة الطبيعية، مدى إعادة توزيع التربة وترسيبها في وحدات الخريطة، وتأثير الانجراف على إنتاج المحاصيل وإدارة التربة.

ويتعلق سلوك التربة بأدائها من حيث صلتها بالإنتاجية، قابلية الانجراف، واستخدام الأرض (مثل البناء أو التخلص من النفايات). والحصول على ملاحظات متعلقة بسلوك التربة، على عكس تلك المتعلقة بطبيعة التربة وخصائصها، يتم إلى حد كبير من ملاحظات وتجارب مستخدمى الأراضى المحليين. ويجب تصنيف ملاحظات علماء الحقل المباشرة واستنتاجاتهم المستخلصة على هذا النحو.

الملاحظات حول السلوك تسلط الضوء على الاستخدامات الحالية والمتوقعة للتربة المهمة في المنطقة. على سبيل المثال، إذا كان الرعى هو الاستخدام الأساسى للأرض في منطقة الحصر، فقد تكون هناك حاجة إلى معلومات حول إنتاج المراعى إلى جانب وصف مجتمع النبات لجميع أنواع التربة في المنطقة. وملاحظات حول أداء التربة المروية تكون مطلوبة وكذلك أماكن التربة المروية أو التى يمكن ريها في المستقبل. وتكون المعلومات المتعلقة بالنمو المحتمل للغابات وأوصاف المجتمع النباتى وثيقة الصلة بأغراض الحصر رغم أنها تأتى من خبرة قليل من الأفراد أو أنواع قليلة من التربة. والمنطقة التى يتزايد عدد سكانها بسرعة تحتاج بيانات حول الأداء الهندسى للتربة، مثل مدى دعم أنواع التربة المختلفة للمنازل، وأنواع الدرجات الفرعية المطلوبة للشوارع والطرق، وما إذا كانت أنظمة التخلص من النفايات في الموقع ستعمل بشكل جيد.

ويتم الحصول على معلومات قيمة حول أداء التربة من الملاحظات الحقلية أثناء الحصر. ويمكن أن يرى علماء التربة ضعف نمو المحاصيل في التربة المبتلة أو في منطقة انجراف. ويلاحظوا فشل الطرق أو نظام التخلص من النفايات لأنواع معينة من التربة. ومع ذلك، فإن البيانات المتعلقة بالإنتاجية وممارسات الإدارة لمحاصيل معينة تأتى عادةً من المزارع أو الحقول التجريبية. وإذا لم تكن السجلات، مثل التى تقارن إنتاجية المحاصيل بين أطوار التربة المنجرفة وغير المنجرفة متاحة، تكون هناك حاجة إلى دراسات خاصة وجمع بيانات.

والمعلومات المتعلقة بنمو الغابات أو إنتاج المراعى ومكونات المجتمع النباتى تستمد عادة من ملاحظات قام بها آخرون، ويمكن استكمالها بالمعلومات التى يسجلها عالم التربة. وتأتى معظم المعلومات حول الأداء الهندسى للتربة من الأشخاص الذين يعملون مع التربة كمواد بناء. وأثناء العمل الميدانى، يجب بذل جهد خاص للحصول على هذه المعلومات من الأفراد ذوى المعرفة.

ويتم تقييم مصدر المعلومات حول سلوك التربة وتسجيلها في الملاحظات الميدانية. ويجب تمييز الاستدلالات بوضوح عن ملاحظات مورفولوجيا التربة، الغطاء النباتى، شكل الأرض، وما إلى ذلك. ومعظم الملاحظات حول

كيفية تكوين التربة، على سبيل المثال، تكون استنتاجات. وحالة نمو المحاصيل يمكن ملاحظتها، لكن البيانات حول إنتاجية التربة بناءً على هذه الملاحظات هى استنتاجات. ويمكن ملاحظة أن بعض مواد التربة طميية سلتية وخالية من المكونات الخشنة؛ واستنتاج أن التربة متكونة من اللوس. ويجب ألا تؤثر النظريات التى تعتمد على الاستنتاج على اختيار مواقع الملاحظات أو الخصائص التى يجب ملاحظتها.

وصف قطاعات التربة (Soil Profile Descriptions)

أوصاف قطاعات التربة تعتبر بيانات أساسية فى حصر الأراضى (انظر المناقشة التفصيلية فى الباب الثالث). ويوفر وصف القطاعات جزءًا كبيرًا من المعلومات المطلوبة للارتباط وتصنيف التربة فى المنطقة. وهو ضرورى لتفسير التربة ولتنسيق التفسيرات بين مناطق الحصر. ووصف التربة وخريطة التربة هى أجزاء من مشروع حصر الأراضى الأطول فائدة.

ويتراوح الوصف الميدانى لقطاعات التربة من وصف جزئى للمواد التى تمت إزالتها بواسطة الكوريك أو الأوجر إلى وصف كامل لجسم التربة (من الحفر التى يتم إزالة الطبقات الأفقية بالتتابع من السطح إلى الأسفل). والاهتمام بالوصف الحقلى لقطاعات التربة ضرورى.

ويجب أن يتضمن الوصف الحقلى، على سبيل المثال لا الحصر:

- التاريخ والوقت من اليوم والظروف الجوية؛
- إسم القائم بالوصف؛
- الموقع الجغرافى للمكان؛
- السمات الخارجية، مثل الموقع فى الهيئة الطبيعية وشكل الأرض وخصائص الانحدار؛
- السمات المستنتجة للبيدون، مثل مادة الأصل والتتابع السنوى لحالات مياه التربة؛
- الغطاء النباتى أو استخدام الأرض؛
- الخصائص الداخلية للبيدون، مثل سمك الأفق واللون والقوام والبناء والتماسك؛
- الصفات التكوينية المستنتجة للبيدون، مثل تسمية الأفق ومادة الأصل؛
- درجة الصرف المستنتجة للتربة؛ و
- تصنيف التربة فى أدنى فئة ممكنة.

تعتمد درجة التفاصيل التى يتم تسجيلها إلى حد ما على ما إذا كان المقصود من الوصف تقديم وصف كامل لقطاع التربة للمقارنات مع قطاعات أخرى موجودة فى نفس الفئة التصنيفية أو لتحديد تباين خاصية محددة فى الوحدة التصنيفية. ويجب أن يوضع فى الاعتبار أن غالبية الوقت والتكاليف فى جمع الوصف تكمن فى إيجاد موقع العينة والوصول إليه وحفر قطاع التربة. والوصف الكامل أثناء الزيارة الأولى، خاصة فى المناطق النائية، أكثر اقتصادا من العودة إلى الموقع لاحقًا.

وسمات البيدون، وإجراءات وصف خصائصها الداخلية، والمصطلحات القياسية موضحة فى الباب الثالث. وإذا كانت المصطلحات القياسية كافية لوصف جميع خصائص وسمات التربة، تستخدم كلمات وصف شائعة.

النماذج والمصطلحات القياسية (Standard Forms and Terminology)

النماذج القياسية مفيدة لتسجيل الملاحظات والبيانات المطلوبة فى حصر الأراضى. وتسمح بتسجيل المعلومات فى مساحة صغيرة. ويوضح شكل 7-1 نموذجا قياسيا يستخدم لتسجيل وصف خصائص التربة. وهو مجرد مثال. ولا يوجد نموذج قياسى يغطى جميع الحالات. ويتم تعديل النماذج مع معرفة المزيد عن التربة وكيفية تقييم البيانات.

وتكون النماذج آلية للسماح بالتسجيل الإلكترونى للمعلومات والحد من الحاجة لإدخال البيانات لاحقا. ويمكن برمجة أجهزة الكمبيوتر المحمولة، بتنسيق قياسى، للسماح بإدخال معلومات التربة أثناء التواجد فى الحقل، وتحميلها لاحقًا على جهاز كمبيوتر فى المكتب أو إلى قاعدة بيانات مركزية. ويستخدم كمبيوتر المكتب لتخزين المعلومات وفرز وطباعة الوصف. وتتجنب النماذج الآلية أخطاء نسخ البيانات التى تحدث أثناء الإدخال، وبالتالي تحسين جودة البيانات.

شكل 7-1: نموذج وصف بيدون قياسى.

USDA-NRCS | **PEDON DESCRIPTION** | **PEDON ID#:** | **2/2012**

Series or Component Name:	**Map Unit Symbol:**	**Photo #:**	**Classification:**	**Soil Moist. Regime (Tax.):**

Describer(s):	**Date:**	**Weather:** **Temp.:** *Air:* *Soil:* *Depth:*	**Latitude:** ° ' " N **Geodetic Datum:** **Longitude:** ° ' " W	**Location:** Sec. T. R.	

UTM: *Zone:* *mE:* *mN:*	**Topo Quad:**	**Site ID:** *Yr:* *State:* *County:* *Pedon #:*	**Soil Survey Area:**	**MLRA/LRU:**	**Transect:** *ID:* *Stop#:* *Interval:*		

Landscape:	**Landform:**	**Microfeature:**	**Anthro:**	**Elevation:**	**Aspect:**	**Slope (%):**	**Slope Complexity:**	**Slope Shape:** *(Up & Dn / Across)*

Hillslope Profile Position:	**Geom. Component:**	**Microrelief:**	**Physio. Division:**	**Physio. Province:**	**Physio. Section:**	**State Physio. Area:**	**Local Physio. Area:**

Drainage:	**Flooding:**	**Ponding:**	**Soil Moisture Status:**	**K_{sat}:**	**Land Cover / Use:**

Parent Material:	**Bedrock:** *Kind:* *Fract.:* *Hard.:* *Depth:*	**Lithostrat. Units:** *Group:* *Formation:* *Member:*	

Erosion: *Kind:* *Degree:*	**Surface Frag %:** *GR:* *CB:* *ST:* *BD:* *CN:* *FL:* *Kind:*	**P.S. Control Section:** *Depth Range:*	*Ave. Clay%:* *Ave. Rock Frag %:*

Diagnostic Horz. / Prop.: *Kind:* *Depth:*

VEGETATION:

SYMBOL	COMMON NAME	% GD COVER

MISCELLANEOUS FIELD NOTES / SKETCH:

Component Name: | **Map Unit Symbol:** | **Date:**

	Obser. Method	Horizon	Depth (in) (cm)	Bnd	Matrix Color Dry	Matrix Color Moist	Texture	Rock Frags Knd % Rnd Sz	Structure Grade Sz Type	Consistence Dry	Consistence Mst	Consistence Stk	Consistence Pls	Notes
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

	Redoximorphic Features % Sz Cn Hd Sp Kd Loc Bd Col	Concentrations % Sz Cn Hd Sp Kd Loc Bd Col	Ped / V. Surface Features % Dst Cont Kd Loc Col	Roots Qty Sz Loc	Pores Qty Sz Shp	pH, method	Effer (agent)	Clay %	Sand %	Notes
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

ويمكن أن يكون النموذج القياسى بمثابة قائمة مرجعية للخصائص التى يجب تسجيلها. وللقائمة المرجعية قيمة

خاصة لعلماء التربة المبتدئين لأنها تذكرهم بتسجيل البيانات الخاصة بالخصائص المدرجة. ومع ذلك، لا ينبغى أن تتوقف الملاحظات على الخصائص المدرجة. والميل لتسجيل المعلومات التى يتطلبها النموذج فقط. وبالتالى، فإن النموذج المصمم لتعيين حد أدنى لكمية المعلومات المسجلة يميل أيضًا إلى حد أقصى. ويتطلب الوصف الجيد لقطاع التربةً معلومات غير المطلوبة لإكمال النموذج. ويشيع استخدام ملاحظات ذات شكل حر لهذا الغرض.

النماذج القياسية مفيدة لتسجيل الملاحظات اليومية. وكثير من هذه الملاحظات ليس وصفًا كاملاً للتربة. ويمكن إجراء الأوصاف المختصرة فى شكل قياسى بسهولة أكبر من كتابتها فى شكل سردي. والملاحظات المختصرة مفيدة أيضًا فى تسجيل عديد من الملاحظات أثناء المراجعات الميدانية وعند عمل الخطوط القاطعة. وتسهل النماذج تدوين الملاحظات وتقلل من مخاطر تسجيل وصف غير كافى. ويتطلب الوصف الكامل، مثل الذى يتم عند أخذ عينات من التربة لدراسات خاصة أو الخاص بالبيدون النموذج لسلسلة التربة أو مكونات وحدة الخريطة، نموذجًا أكثر شمولاً أو جهاز تسجيل حتى يتم وصف جميع الخصائص بشكل مناسب.

وتتطلب النماذج القياسية، سواء كانت فى شكل نسخة مطبوعة أو إلكترونية، استخدام الاختصارات أو الرموز بسبب المساحة المحدودة. ويجب أن تتبع هذه الاختصارات أو الرموز تنسيقًا قياسيًا بحيث يمكن للأشخاص الآخرين تفسير المعلومات المسجلة بسهولة ودقة ونسخها بشكل صحيح إلى مصطلحات قياسية. والرموز الموجودة فى الكتاب الميدانى لوصف وأخذ عينات التربة أمثلة لذلك **Field (Schoeneberger et al., 2012) Book for Describing and Sampling Soils.**

وجميع أوصاف قطاعات التربة، بغض النظر عن اكتمالها أو الشكل الذى تم تسجيلها به، يجب أن تصبح جزءًا من السجل الدائم لمنطقة الحصر بحيث تكون متاحة لاستخدامها بواسطة الآخرين.

الصور (Photographs)

الصور عنصر مهم فى جمع وتوثيق بيانات حصر الأراضى. وقد توضح أشياء مهمة حول التربة الفردية أو الكاتينا (catena) فى تقارير الحصر والمجلات العلمية والكتب والدوريات. ويمكن تضمينها فى أى عرض إلكترونى للبيانات للمستخدمين النهائيين. وتوفر الصور الجيدة سجلات ومصادر مرجعية لمعلومات التربة الأساسية. ويجب التخطيط لأخذها مبكرا.

والصور الفوتوغرافية التى تتضمن مقياسًا مفيدة فى تقدير الحجم أو المساحة أو التوزيع الحجمى. ومقارنة القطع الخشنة فى التربة مع صور لكميات معروفة تعمل على تحسين موثوقية التقديرات. وقد تستخدم معايير فوتوغرافية مماثلة لتقدير كمية أو حجم العقد والتجمعات الصلبة والبقع والجذور والمسام وقطع الصخور. كما يمكن استخدام المعايير الفوتوغرافية فى تقدير المساحة أو الترتيب الخاص لمظاهر السطح واستخدام الأراضى.

معدات للاستخدام الميدانى (Equipment for Field Use)

الكاميرا الجيدة مهمة للحصول على صور عالية الجودة. والكاميرات الرقمية معيار عام حاليا. وتسمح بتخزين ملف الصور، إلى جانب البيانات الوصفية الخاصة بها، فى نظام ملفات قاعدة البيانات لاستخدامها لاحقًا. ويجب أن تكون دقة الكاميرا أكبر من 8 ميجا بكسل (يفضل 16 على الأقل) لإنتاج صور عالية الجودة. وتغيير الفتحة وإعدادات زمن التعرض مرغوبة. والكاميرات الأكبر والتقاط الصور والكاميرات الرقمية العاكسة أحادية العدسة مقاس 35 مم مناسبة.

والحامل ثلاثى القوائم ضرورى، خاصة عند سرعات غالق تقل عن 50/1 ثانية. ويقلل من حركة الكاميرا ويركز المصور على التركيب والتركيز. ويلزم إضاءة فى بعض حالات الإضاءة الضعيفة أو لإزالة الظلال.

وعناصر أخرى ضرورية للحصول على صور جيدة لقطاعات التربة. وشريط قياس يشير إلى عمق الأفق أو سمكه

مهم. ومقياس لا يتباين كثيرا مع التربة، مثل مسطرة خشب غير مصقولة وغير ملونة أو شريط قماش بنى أو كاكى بطول 2 م وعرض 5 سم يعمل بشكل جيد. أشكال كبيرة سوداء أو صفراء على فترات 50 سم، وعلامات كبيرة على فترات 10 سم، وعلامات صغيرة على فترات 5 سم تكمل المقياس. ويزيد شريط القياس الرأسى من جودة الصورة، على عكس المقياس المائل.

وسكين صغيرة أو شوكة المطبخ أو سكين ضيقة الشفرة مفيدة فى إعداد قطاع التربة. وتساعد فُرَش الطلاء ومضخة الإطارات فى تنظيف الغبار. ويستخدم البخاخ لترطيب القطاع عند الضرورة.

تصوير قطاعات التربة (Photographing Soil Profiles)

التخطيط الدقيق ضرورى للحصول على صور عالية الجودة لقطاعات التربة. ويتم تحديد موقع ممثل على وجه مقطوع رأسيًا أو فى منطقة يمكن فيها حفر حفرة كبيرة بما يكفى لإضاءة مناسبة لجميع الآفاق ولكى تبعد الكاميرا عن القطاع 1.5 إلى 2.5 متر. ويجب توجيه الحفرة أو الوجه المقطوع بحيث يقع عليه أكبر قدر من الضوء بزاوية مناسبة عند التصوير. والحصول على صور أفضل عندما يكون قطاع التربة فى ضوء شمس كامل أو ظل كامل. وتكون الاختلافات الدقيقة فى لون التربة أكثر وضوحًا فى الأيام الغائمة عن المشمسة. ويؤدى التعرض المباشر لأشعة الشمس الكاملة إلى صورة باهتة غالبًا.

ويجب تجهيز القطاع لإظهار التباين فى البناء واللون بين آفاق التربة. وبداية من أعلى، تكسر قطع التربة باستخدام سكين أو شوكة مطبخ أو سكين صغيرة لإزالة علامات الحفر وكشف بناء التربة الطبيعى. وتنظيف الغبار والأجزاء الصغيرة أو نفخها بعيدًا. وترطيب القطاع بالكامل أو جزء منه باستخدام بخاخ يدوى يساعد فى الحصول على محتوى رطوبة وتباين موحد.

ويتم تصوير كل قطاع تربة ثلاث أو أربع مرات بإعدادات فتحة وزوايا ضوء وأوقات تعريض مختلفة. وتدوين الملاحظات فور التقاط كل صورة لتسجيل الموقع والتاريخ، الوصف الكامل للموضوع، الوقت من اليوم، مقدار الضوء وزاويته، إعداد الكاميرا، طريقة إعداد القطاع، والحقائق الأخرى غير الواضحة فى الصورة. وتوفر الملاحظات الجيدة معلومات لتحسين التقنية، إلى جانب زيادة طرق استخدام الصورة. ويجب أن ترفق صورة الهيئة الطبيعية مع صورة قطاع التربة، إن أمكن .

تصوير الهيئات الطبيعية (Photographing Landscapes)

توضح صور الهيئات الطبيعية العلاقات المهمة بين التربة والجيومورفولوجيا والغطاء النباتى واستخدام وإدارة الأراضى. ويجب أن تكون الصورة واضحة وذات تركيز حاد ولها تباين جيد. والصور التى تمثل منطقة الدراسة تكون أكثر فائدة.

والإضاءة هى أهم شيء فى تصوير الهيئات الطبيعية. وتلتقط أفضل الصور فى الوقت من اليوم وخلال أوقات السنة عندما تضيء الشمس المشهد من الجانب. والظلال الناتجة من هذه الإضاءة تفصل أجزاء الهيئة الطبيعية وتعطى عمقا للصورة. وإذا كانت الشمس فى زاوية منخفضة من الأفق، تكون الظلال ضخمة وتعطى الصورة مزيدًا من التباين والعمق. والصور التى تلتقط فى منتصف النهار أو بإضاءة أمامية مباشرة تفتقر إلى التدرج اللونى وبالتالى تبدو مسطحة. وقد تواجه الصور التى تلتقط فى الأيام الغائمة نفس المشكلة. ويجب استخدام فتحة عدسة صغيرة للحصول على أقصى عمق تركيز.

وتركيب الصورة مهم. والصورة الجيدة لها نقطة اهتمام أساسية واحدة فقط. والأشياء التى تشوش الصورة (مثل أعمدة المرافق والطرق والأسوار التى لا تتم صيانتها جيدًا واللافتات والمركبات) تنقص من الموضوع الرئيسى. ويجب ألا تكون نقطة الاهتمام فى وسط الصورة. وتعتبر "قاعدة الأثلاث" للتكوين مفيدة عند النظر إلى المشهد من خلال عدسة الكاميرا. ويمكن تصور منطقة الصورة على أنها مقسمة إلى أثلاث أفقيًا ورأسيًا. ويكون مركز الاهتمام

أحد النقاط الأربع التى تتقاطع فيها هذه الخطوط. وتشكل السماء أقل من ثلث الصورة، ويجب أن تظل الكاميرا فى نفس مستوى الأفق. إضافة إلى ذلك، يجب التقاط صور الهيئة الطبيعية من زوايا مختلفة (على سبيل المثال، من وضع الركوع، على سلم، فوق سيارة أو مبنى منخفض، وما إلى ذلك).

التصوير عن قرب (Close-up Photography)

يمكن تصوير مظاهر التربة، مثل وحدات البناء، المسام، الجذور، قطع الصخور، krotovinas، الأكسدة والاختزال، التجمعات الصلبة، والكائنات الحية، من مسافة قريبة. ويسمح الحد الأدنى للبعد البؤرى لمعظم الكاميرات المستخدمة فى هذا المجال بتصوير المظاهر الصغيرة. وعديد من الكاميرات لها ميزة تركيز كبيرة تتيح التركيز فى بضع بوصات. وتتوفر عدسات كبيرة لمعظم الكاميرات مقاس 35 مم. وأيضًا مرفقات التقريب للعدسات التقليدية. وزاوية الإضاءة مهمة كما هو الحال فى تصوير الهيئات الطبيعية. وتميل الإضاءة الأمامية المباشرة إلى مزج القوام والفصل والتباين فى الصورة.

وتصوير أغشية الطين وغيرها من سمات التربة الدقيقة يتطلب معدات وتقنيات تصوير مجهرى.

البيانات الوصفية (Metadata)

يجب تسجيل البيانات الوصفية لكل صورة، تشمل التاريخ، الموقع الجغرافى، وصف ما تريد الصورة إظهاره، وإشارة إلى وحدة الخريطة ومكونات التربة فى المنطقة.

البيانات المجمعة (Aggregated Data)

تلتقط البيانات المجمعة نطاقات الخصائص الفيزيائية والكيميائية المختلفة لوحدات خريطة التربة ومكونات كل وحدة. وتشمل وصف وحدة الخريطة ومكوناتها؛ الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمورفولوجية التفصيلية للتربة؛ وصف العلاقة بين وحدة خريطة التربة والوحدات الأخرى على الهيئة الطبيعية. والبيانات المجمعة لخصائص التربة هى البيانات المستخدمة لعمل تقييمات تفسيرية لكل وحدة خريطة ومكوناتها.

ويتم تطوير البيانات المجمعة من خلال تلخيص الأجزاء المختلفة من بيانات النقط التى جمعت أثناء حصر الأراضى وتشير إلى وحدة خريطة تربة معينة أو مكون وحدة الخريطة. ويعبر عن قيم خاصية تربة معينة عادة كنطاق. واعتمادًا على مقياس الرسم وتصميم وحدة الخريطة ومستوى خصوصية البيانات اللازمة لغرض الحصر، يجب تخزين الحدود العليا والسفلى، وفى معظم الحالات، القيمة الممثلة (RV) لنطاق كل خاصية تربة فى قاعدة البيانات (على سبيل المثال، يتراوح محتوى الطين من 18 إلى 27%، مع قيمة RV 22%) . والقيمة الممثلة هى القيمة التى توجد على الأرجح لخاصية تربة معينة وهى مفيدة فى نماذج الكومبيوتر التفسيرية. ويمكن تحديد RV من خلال تلخيص القيم المسجلة على القطع الفردية لبيانات النقطة. ويمكن استخدام المعرفة الضمنية لرسامى خرائط التربة لزيادة قياسات بيانات النقاط المسجلة.

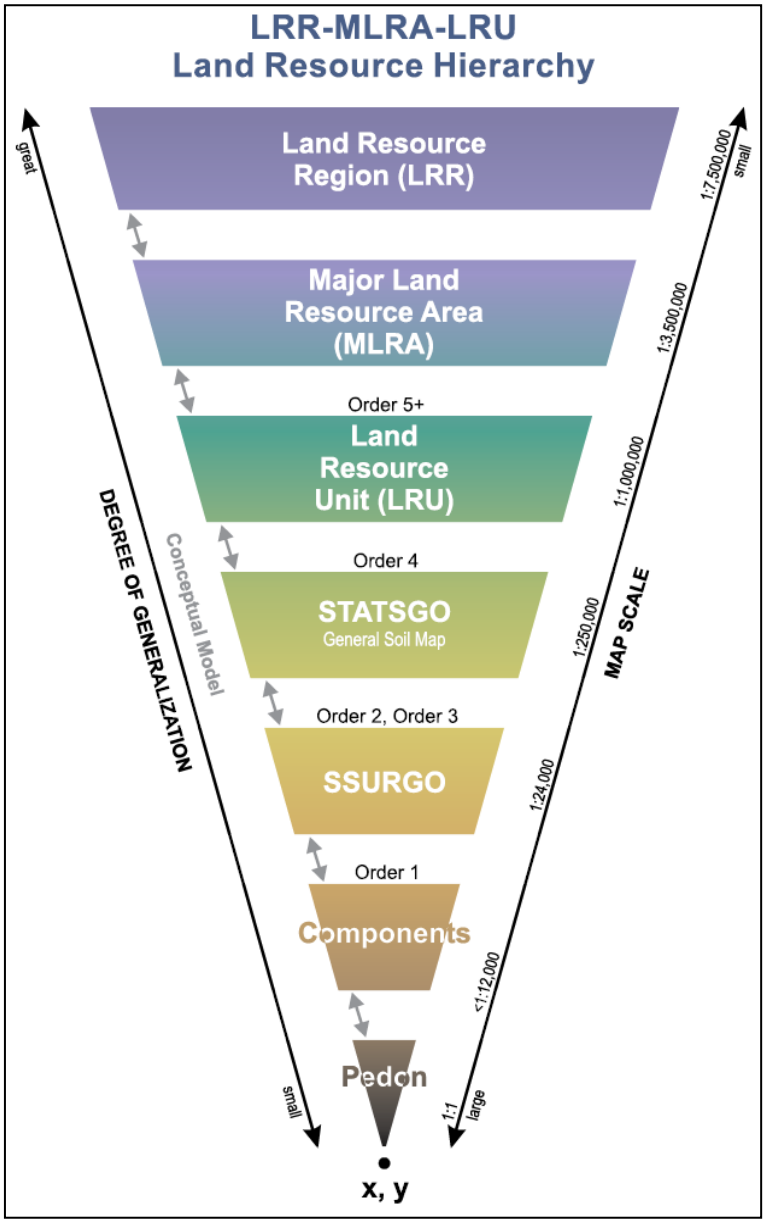
والخصائص الفيزيائية والكيميائية والمورفولوجية فى البيانات المجمعة هى عموما معظم أو كل تلك التى تم تضمينها فى بيانات النقاط. ويجب أن تشمل أى خصائص تستخدم لعمل تقييمات تفسيرية.

قيم عديد من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية لوحدة خريطة معينة أو مكون وحدة خريطة تختلف عادة من موقع طبوغرافى أو من موقع جغرافى إلى آخر، ضمن وحدة خريطة معينة أو ترسيم واحد لوحدة خريطة. وقد تتباين الخصائص من وقت إلى آخر، ومن سنة إلى أخرى، ومن استخدام و / أو نظام إدارة إلى آخر (انظر الباب التاسع لمناقشة خصائص التربة الديناميكية). ويجب أن تمتلك قاعدة البيانات القدرة على تسجيل هذا التباين.

وتمثل البيانات المجمعة وحدات خرائط تغطى منطقة جغرافية معينة بمقاييس رسم مختلفة، على سبيل المثال، 1: 12000 أو 1: 24000 وأيضًا 1: 100000 أو 1: 250000. وتمثل الاختلافات فى المقياس خريطة تربة تفصيلية

وخريطة تربة معممة لنفس المنطقة. ويختلف تصميم وحدة الخريطة ومكونات وحدة الخريطة ذات الصلة بشكل عام بين مقاييس الخريطة الأكبر (مثل 1: 24000) والأصغر (مثل، 1: 250000). وقد تم وصف أنواع وحدات خرائط التربة وتصميم وحدة الخريطة بمزيد من التفصيل فى الباب الرابع.

وتقوم هيئة الحصر التعاونى الوطنى للتربة (NCSS) فى الولايات المتحدة و NRCS بشكل روتينى بإنتاج وحفظ بيانات التربة والخرائط المنتجة فى مجموعة متنوعة من مقاييس الرسم. ويوضح شكل 7-2 العلاقة الهرمية بين منتجات بيانات مجمعة وبيانات نقط أصلية. والمنتجان الأساسيان لحصر الأراضى هما SSURGO (قاعدة البيانات الجغرافية لحصر الأراضى) و STATSGO (خريطة التربة العامة).



شكل 7-2: نموذج تخيلى يوضح العلاقات ودرجة تعميم البيانات بين مقاييس ومنتجات الخرائط المختلفة. (انظر الباب الرابع لمناقشة مستويات رسم الخرائط).

وتتضمن البيانات المجمعة أيضًا التصنيفات التفسيرية المختلفة لكل وحدة خريطة تربة وكل مكون من مكونات الوحدة. وبعض التصنيفات تطبق على وحدة الخريطة ككل (مثل تصنيف الأراضى الزراعية الرئيسية)، بينما يطبق البعض الآخر على مكونات وحدة الخريطة الفردية (مثل محددات تطوير موقع البناء).

ومن أجل تسليم بيانات حصر الأراضى للمستخدمين النهائيين، يتم عادةً تخزين البيانات المجمعة فى قاعدة بيانات. ويجب تصميم قاعدة البيانات لتخزين البيانات لتسليمها ودعم تفسيرات التربة المختلفة المطلوبة. وتحديد ما سيتم تسليمه للمستخدمين فى نهاية مشروع الحصر (مثل خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية والمورفولوجية وعلاقاتها بالهيئة الطبيعية) يساعد فى تحديد البيانات التى يجب جمعها كبيانات نقط.

البيانات المكانية (Spatial Data)

يتم جمع البيانات المكانية أو تطويرها أثناء حصر الأراضى. وتتضمن الإحداثيات الجغرافية (خطوط الطول والعرض) التى تحدد حدود كل مضلع وحدة خريطة على خريطة التربة. كما تتضمن الإحداثيات الجغرافية لكل نقطة تم جمع بياناتها على الهيئة الطبيعية. ويمكن أيضًا تضمين الحدود السياسية والفيزيوجرافية المختلفة كطبقات بيانات إضافية. وتُستخدم طبقات بيانات إضافية أخرى، مثل الغطاء النباتى، بيانات نموذج الارتفاع الرقمى (DEM)، التصوير الجوى، استخدام الأراضى، والجيولوجيا، عادة فى نظام المعلومات الجغرافية (GIS) عند إجراء الحصر. كما تُستخدم طبقات البيانات المشتقة (من طبقات بيانات أخرى)، مثل مؤشر الابتلال، الانحدار، والاتجاه. ويمكن تطوير خصائص التربة المختلفة والخرائط التفسيرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وفى الباب الخامس مناقشة تفصيلية لرسم الخرائط الرقمية للتربة. ومقياس الرسم المناسب ومستوى الدقة أو التفاصيل اعتبارات مهمة عند اختيار طبقات البيانات المراد استخدامها.

وتصميم قواعد البيانات يجب أن يتضمن آلية لربط كل مضلع وحدة خريطة فردية على خريطة التربة بالمجموعة المناسبة من البيانات المجمعة التى تصف خصائص وحدة الخريطة التى يمثلها المضلع. ويستخدم رمز وحدة الخريطة عادة على خريطة التربة لهذا الغرض.

ولضمان أن تكون البيانات المكانية الناتجة متسقة وعملية للمستخدمين النهائيين، يجب تطوير و / أو اعتماد معايير لطبقات البيانات المكانية تمامًا كما هى لجمع بيانات خصائص التربة فى الحقل. وهذا يشمل رقمنة خرائط التربة. ووضع المعايير مهم خاصة لمشاريع الحصر الكبيرة، التى تشمل أطراف عديدة. وللحصول على مجموعة بيانات متسقة، يجب استخدام أساليب وتقنيات موحدة.

ونظرًا لأن مجموعات البيانات المكانية تكون كبيرة جدًا، فيجب مراعاة مساحة التخزين الكافية عند تطوير نظام كمبيوتر لإدارة بيانات الحصر. وفى قاعدة بيانات الحصر بالولايات المتحدة، تشغل طبقة البيانات المكانية لخرائط التربة التفصيلية ما يقرب من ثلث قاعدة البيانات. وتحتل بيانات خصائص التربة المجمعة المرتبطة ثلثا آخر، والثلث الباقى تحتله تفسيرات التربة المتضمنة. ويجب توفير مساحة تخزين إضافية لطبقات البيانات الأخرى المستخدمة فى إجراء حصر الأراضى.

نظم معلومات التربة (Soil Information Systems)

نظام معلومات التربة، كما ذكر سابقا، لا يتضمن فقط بيانات ومعلومات حصر الأراضى الفعلية، بل يشمل أيضًا الطرق المختلفة وتطبيقات الكمبيوتر والعمليات المستخدمة لجمع وإدارة وتخزين البيانات ونشرها للمستخدمين النهائيين. وتتوفر مجموعة متنوعة من الأدوات لجمع بيانات التربة إلكترونيًا فى الحقل. يمكن توصيل مسجلات البيانات بمعدات المراقبة لقياس درجة حرارة ورطوبة التربة وتسجيلها على فترات زمنية منتظمة فى فترة زمنية طويلة. ويمكن بعد ذلك استيراد البيانات إلى قاعدة بيانات دائمة.

ويمكن برمجة أجهزة الكمبيوتر المحمولة والتابلت واللابتوب لعرض مجموعة متنوعة من الأشكال الميدانية. وإدخال البيانات يدويًا فى الذاكرة الرقمية فى الحقل وإدخالها لاحقًا فى قاعدة بيانات تربة مركزية. وتوصيل أجهزة التحليل فى المعمل بجهاز كمبيوتر لتسجيل نتائج الاختبارات التحليلية آليا. ويمكن توصيل أنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS) والكاميرات الرقمية بأجهزة الكمبيوتر هذه بحيث يمكن ربط بيانات الإحداثيات الجغرافية والصور

بالبيانات الأخرى التى يتم جمعها. وتسمح أجهزة الكمبيوتر المزودة ببرنامج GIS برسم خريطة التربة إلكترونيًا فى الحقل بدلاً من رسمها يدويًا على نسخة ورقية. والتقاط البيانات إلكترونيًا يلغى الحاجة إلى إدخالها لاحقًا فى الكمبيوتر. وذلك يزيد من كفاءة العمل ويزيل احتمال خطأ إدخال البيانات.

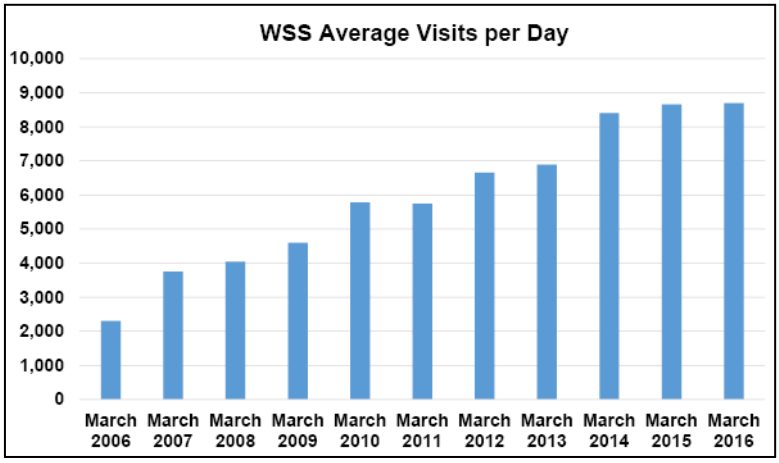
وتسمح التقنيات المتطورة برسم خريطة أولية للتربة باستخدام خوارزميات الكمبيوتر أو البرامج التى تكرر تفاعل العوامل الخمسة لتكوين التربة (الطبوغرافية، المناخ، مادة الأصل، الكائنات الحية (خاصة النباتات الطبيعية)، والزمن). وتستخدم هذه الخوارزميات المنطق الذى طوره علماء تربة على دراية بمنطقة الحصر. وتم مناقشة هذا النهج لتطوير خريطة التربة، رسم الخرائط الرقمية للتربة، بالتفصيل فى الباب الخامس.

وتفيد تطبيقات الكمبيوتر فى إدارة وتحرير وتوصيل بيانات الحصر التى تم جمعها فى الحقل. وتوفر القدرة على تحديث خرائط التربة والبيانات المرتبطة بها بسهولة أكبر والحفاظ على المعلومات الحالية. وبالتالى، فإنها تتيح تجديدًا أسرع وأسهل للمنتجات النهائية ونشر المعلومات المحدثة.

كما هو الحال مع أى نظام كومبيوتر، يحتاج النظام نفسه إلى التحديث. وتثبيت إصدارات جديدة من البرنامج. وتحتاج أجهزة الكمبيوتر إلى الإصلاح أو الاستبدال. ويحتاج الناس إلى التدريب على كيفية استخدام النظام. وستحدث مشكلات وأسئلة يوميا مع ظهور مشاكل مع النظام. ويتطلب ذلك أفرادًا يتمتعون بمهارات تقنية المعلومات بالإضافة إلى أولئك الذين لديهم مهارات أعمال التربة.

استخدامات معلومات حصر الأراضى (Uses of Soil Survey Information)

يتزايد الطلب على بيانات ومعلومات التربة واستخدامها. ويوضح شكل 7-3 العدد المتزايد لمستخدمى تطبيق Web NRCS's Soil Survey. وأنجز حصر الأراضى على الويب (Soil Survey Staff, 2016) فى عام 2005 وهو أداة التوزيع العامة الأساسية لبيانات ومعلومات حصر الأراضى الرسمية. وقد ازداد تنوع المستخدمين أيضًا. ويتم إجراء حصر الأراضى عادة للمناطق التى بها أكثر من نوع من استخدامات الأراضى المهمة وللمستخدمين الذين لهم اهتمامات واحتياجات متنوعة. وقد تكون هذه الاحتياجات قليلة وغير معقدة، كما هو الحال فى مناطق استخدام مكثف للأراضى حيث لا يتوقع تغيير، أو تكون كثيرة ومعقدة، كما هو الحال فى مناطق استخدام مكثف للأراضى حيث يتوقع حدوث تغييرات.



شكل 7-3: رسم توضيحى للعدد المتزايد لمستخدمى تطبيق NRCS's Web Soil Survey (WSS).

تميل تنبؤات استخدامات التربة غير الزراعة والرعى ومواطن الحياة البرية والغابات إلى التركيز على محددات التربة للاستخدامات المقصودة. وعندما يكون الاستثمار لكل وحدة مساحة مرتفعًا، يكون تعديل التربة لتحسين صلاحيتها للاستخدام المراد مجديًا اقتصاديًا. ويعمل علماء التربة مع المهندسين وغيرهم لتطوير طرق تحسين

لاستخدامات محددة. وتزداد أهمية التنبؤات فى المناطق التى يرتفع فيها الطلب على موارد التربة.

والمعلومات المجمعة فى حصر الأراضى قد تستخدم للتنبؤ أو تقدير إمكانات ومحددات التربة لاستخدامات معينة عديدة. ويجب تفسير المعلومات فى أشكال يستخدمها المخططون المحترفون وغيرهم. ويمثل حصر الأراضى جزءا مهما من المعلومات المستخدمة فى وضع خطط إدارة الأراضى. ويناقش الباب الثامن تفسيرات التربة بالتفصيل.

وتنبؤات حصر الأراضى أساس لاتخاذ قرارات حول استخدام وإدارة المساحات الصغيرة والشاسعة. ويجب تقييمها إلى جانب الاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية قبل أن تكون التوصيات الخاصة باستخدام الأراضى وإدارتها صالحة.

ويُستخدم حصر الأراضى لتقييم إمكانات ومحددات التربة فى المناطق المحلية التى لها هيكل إدارى. ويسمى التخطيط على هذا المستوى أحيانًا التخطيط المجتمعى (community planning). وينطبق على الوحدات المجتمعية (القرى، البلدات، المقاطعات، الأبرشيات، وما إلى ذلك) وعلى المناطق التجارية التى تضم أكثر من وحدة سياسية محلية. كما يستخدم حصر الأراضى لتقييم موارد التربة فى مناطق متعددة المقاطعات أو الولايات بها مشاكل لا يمكن حلها بواسطة الوحدات السياسية المحلية. ويشمل التخطيط الإقليمى (regional planning) استخدام الأراضى فى مناطق شاسعة. ويتم ذلك بتفاصيل أقل من التخطيط المجتمعى. وحصر الأراضى وتفسيراته للتخطيط الإقليمى يكون أقل تفصيلاً وأقل تحديدًا. ويجب أن توفر خرائط التربة وتفسيراتها للتخطيط الإقليمى عروضا بيانية للتربة السائدة.

ويوفر حصر الأراضى معلومات أساسية حول موارد التربة اللازمة لتخطيط تطوير أراضى جديدة أو تحويل الأراضى إلى استخدامات جديدة. هذه المعلومات مهمة فى تخطيط استخدامات محددة للأراضى والممارسات اللازمة للحصول على النتائج المرجوة. على سبيل المثال، بالنسبة للاستخدام الترفيهى، يشير حصر الأراضى إلى محددات وإمكانات التربة فى المنطقة لاستخدامات، كالملاعب والمسارات والممرات، أو استخدام المركبات على الطرق الوعرة. ويمكن أن يساعد مهندس الهيئات الطبيعية فى تصميم المنطقة بشكل صحيح. ويستخدم المقاول حصر الأراضى فى تخطيط وتصنيف وتنفيذ برنامج تحكم فى الانجراف أثناء البناء. ويستخدمه عالم البساتين فى اختيار الغطاء النباتى المناسب لتنسيق الحدائق.

ويوفر حصر الأراضى أساسًا لاتخاذ قرارات حول نوع وكثافة إدارة الأراضى، تشمل العمليات التى يجب دمجها لتحقيق أداء تربة جيد. على سبيل المثال، معلومات حصر الأراضى مفيدة فى تخطيط وتصميم وتنفيذ نظام رى المزرعة. وتساعد المعلومات المتعلقة بنوع التربة والخصائص المرتبطة بها فى تحديد طول الجريان، معدل استخدام المياه، احتياجات محسنات التربة، متطلبات غسيل الأملاح، متطلبات الصرف، والممارسات الحقلية للحفاظ على ظروف تربة مثلى لنمو النبات.

يفيد حصر الأراضى أيضًا فى تحديد المصادر المحتملة للرمل أو الحصى أو التربة السطحية. وهو عنصر مهم فى نقل التكنولوجيا من حقول وقطع البحوث الزراعية إلى مناطق أخرى ذات تربة مماثلة. ويتم نشر المعرفة حول استخدام وإدارة التربة من خلال تطبيق الخبرة من موقع إلى مناطق أخرى مع نفس التربة أو ما شابهها والظروف ذات الصلة.

ويمكن التنبؤ بمخاطر نقص مغذيات النباتات والحيوانات، من خرائط التربة إذا تم تحديد علاقات النقص بالتربة الفردية. وفى السنوات الأخيرة، تم اكتشاف علاقات مهمة بين عديد من التربة ونقص النحاس والبورون والمنجنيز والموليبدينوم والحديد والكوبالت والكروميوم والسيلينيوم والزنك. والعلاقات بين أنواع التربة ونقص الفوسفور والبوتاسيوم والنيتروجين والماغنيسيوم والكبريت معروفة على نطاق واسع. وتم تحديد علاقات التربة ببعض العناصر الكيميائية السامة. ولم يتم توصيف أنواع عديدة من التربة لهذه الظروف (خاصة بالنسبة للعناصر الدقيقة) وهناك حاجة إلى مزيد من البحث.

ويوفر حصر الأراضى عادة البيانات والمعلومات الأساسية لتجميع خرائط التربة العامة. ويجرى عديد من حصر الأراضى لأغراض تتطلب تحقيقًا ميدانيًا مكثفًا نسبيًا ومقاييس خرائط 1: 12000 إلى 1: 24000. ومع ذلك، قد تكون خريطة التربة بمقياس أصغر مع وحدات أكثر تحديدًا أفضل لتطوير خطط استخدام الأراضى فى مناطق شاسعة. ويتراوح مقياس خريطة التربة العامة من حوالى 1: 100,000 إلى 1: 1,000,000 وتوفر نظرة عامة على موقع وامتداد التربة السائدة فى منطقة كبيرة. ويمكن عمل خريطة عامة للتربة بتجميع وحدات خرائط التربة كبيرة المقياس وتعميم تفاصيل الخريطة. وقد تكون وحدات الخريطة الناتجة مفيدة أكثر للاستخدام المراد. وكمية المعلومات التى يمكن إعطاؤها حول الوحدات على خريطة التربة العامة - وبالتالى عدد التفسيرات الممكنة - تعتمد على درجة تعميم وحدات الخريطة، والتى تحدد بمقياس الخريطة. وتطبيقات الكمبيوتر مثل GIS تسهل إلى حد كبير تلخيص وتعميم بيانات حصر الأراضى التفصيلى أثناء تطوير وحدات خرائط التربة بمقياس أصغر.

وتوفر خرائط التربة صغيرة المقياس أساسًا لمقارنة الإمكانات والمحددات المتعلقة بالتربة على نطاق واسع على المستويات الإقليمية والوطنية وحتى العالمية. وحقق التعاون الدولى بين علماء التربة الكثير فى ربط أنظمة تصنيف التربة فى مختلف البلدان ببعضها البعض باستخدام خرائط صغيرة المقياس. وهذا يسمح لنتائج بحوث التربة فى بلد ما أن تمتد إلى أنواع مماثلة فى أماكن أخرى. Soil Taxonomy (1975 and 1999) وSoil Survey Manual (1951 and 1993) وجهوا علماء التربة فى جميع أنحاء العالم لسنوات عديدة. وساهم الكثير منهم بالأفكار والبيانات فى نظام حصر الأراضى. ونتيجة لذلك، امتد استخدام البيانات من حدود البلدان التى تم الحصول عليها فيها إلى غيرها.

نشر معلومات حصر الأراضى (Dissemination of Soil Survey Information)

هناك حاجة إلى آليات لتوصيل معلومات حصر الأراضى المكتملة للمستخدمين النهائيين. واعتمادًا على احتياجات المستخدم، يختلف نوع ومحتوى وشكل منتجات الحصر. ويتطلب كل نوع من المنتجات آلية مختلفة لتسليمه.

قد يرغب بعض المستخدمين فى تسلم البيانات الأولية التى تم جمعها أثناء مشروع الحصر بتنسيق رقمى. وقد يرغب آخرون فى الحصول على خرائط التربة مطبوعة مع المعلومات الوصفية المرتبطة بكل وحدة خريطة تربة ومكوناتها وتفسيراتها. وقد يحتاج بعض المستخدمين إلى الوصول إلى أحدث المعلومات المتاحة للمنطقة ورؤيتها فى تطبيق كمبيوتر عبر الإنترنت يسمح لهم بتكبير مساحة معينة من الأرض. وقد لا يحتاجون أو لا يهتمون ببيانات منطقة الحصر بأكملها. وقد يهتمون فقط ببيانات حصر الأراضى والتفسيرات المتعلقة باستخدام معين للأرض. وقد يهتم آخرون فقط ببيانات التربة الخاصة بمساحات أكبر من أجل التخطيط الإقليمى.

ويفضل بعض المستخدمين الوصول مباشرة عبر الإنترنت إلى بيانات التربة حتى يتمكنوا من دمج هذه البيانات مع أنظمة البيانات والتطبيقات الأخرى الموجودة على أجهزة الكمبيوتر الخاصة بهم. وخدمات الويب أدوات تم تطويرها لاستيعاب هذا الوصول. وباستخدامها يمكن الاتصال بقاعدة البيانات فى وضع القراءة فقط ثم الاستعلام عن البيانات المكانية والجدولية لمنطقة جغرافية معينة. وتتيح هذه الخدمات أيضًا للمستخدم الوصول إلى أحدث البيانات المتاحة دون الحاجة إلى الحصول على البيانات وحفظها على نظامهم المحلى. ومع زيادة استخدام أجهزة الكمبيوتر وأنظمة المعلومات الجغرافية والتطبيقات الأخرى، أصبحت طريقة نشر بيانات ومعلومات حصر الأراضى أكثر انتشارًا وشعبية.

تلقى طلبات الحصول على بيانات ومعلومات حصر الأراضى يتم عادة أثناء الحصر. ويجب تحديد كيفية التعامل مع الطلبات وما هى البيانات و/أو المعلومات المناسبة لتقديمها. وأى معلومات تقدم يجب وضع علامة على أنها "أولية" و "قابلة للتغيير" حتى تتم مراجعتها واعتمادها بشكل كامل. وقد تتضمن بعض الطلبات الحاجة إلى تفسيرات متخصصة للبيانات، وينبغى توفير آلية لتقديم تلك التفسيرات إن أمكن.

بيانات ومعلومات حصر الأراضى، متضمنة البيانات الجدولية والمكانية، يمكن تسليمها إلى المستخدمين النهائيين

بتنسيقات مختلفة. وتشمل البيانات الجدولية وصف وحدة الخريطة ومكوناتها؛ بياناتها الفيزيائية والكيميائية والمورفولوجية؛ وتفسيرات كل تربة لمجموعة متنوعة من الاستخدامات. وتتضمن البيانات المكانية حدود وحدة خريطة التربة وموقع أى بيانات نقط تم جمعها داخل منطقة الحصر. والصور يتم عادةً تضمينها لتوضيح الهيئات الطبيعية فى منطقة الحصر ولإظهار السمات المهمة لأنواع التربة المختلفة. كما يتم تضمين نص سردى لتوصيل معلومات قد لا تكون فى البيانات الجدولية إلى المستخدمين النهائيين ولوصف العلاقات بين أنواع التربة المختلفة فى المنطقة.

وتسليم البيانات المجدولة للمستخدمين كبيانات أولية فى شكل قاعدة بيانات إلكترونية، إما عبر الإنترنت أو فى ملف قاعدة بيانات مستقل يمكن تحميله على أجهزة الكمبيوتر المحلية الخاصة بهم. كما يمكن تقديم البيانات كتقارير تسلم كملفات إلكترونية للعرض أو كمطبوعات. وتقدم البيانات الجدولية أيضًا كخرائط موضوعية تتضمن البيانات المكانية لترسيمات وحدة الخريطة (انظر الملحق 4 للأمثلة). وحسب مقياس الرسم وتصميم وحدة الخريطة، يمكن تمثيل الترسيمات على الخريطة كمضلعات أو خطوط أو نقاط.

تعرض الخرائط الموضوعية تقديرا لكل ترسيم وحدة خريطة. فإذا كانت هناك وحدة خريطة تحتوى على مكونات متعددة، وللمكونات قيم تفسيرية مختلفة لتفسير معين، فيجب تجميع التقديرات حتى يمكن تسليم تقدير كلى واحد لوحدة الخريطة. ويمكن بعد ذلك تعيين هذا التقدير المجمع لترسيمات وحدة الخريطة. وتستخدم طرق تجميع مختلفة، مثل المكون السائد والحالة السائدة. فقد تُظهر الخريطة توزيع خاصية تربة، مثل درجة الـ pH أو محتوى الطين فى الطبقة السطحية. كما يمكن تقديم تفسيرات مختلفة، مثل صلاحية أو محددات كل وحدة خريطة تربة لحقول خزانات امتصاص الصرف الصحى، فى تقارير أو كخرائط موضوعية.

يمكن تقديم خرائط التربة كملفات رقمية لاستخدامها على جهاز كمبيوتر محلى. وتكون الملفات الرقمية بيانات أولية تمثل حدود وحدة خريطة التربة أو تحتوى على خرائط تربة يمكن عرضها فى الكمبيوتر أو طباعتها. ويمكن عرض حدود وحدة الخريطة بتنسيق vector أو raster. فى تنسيق vector، يتم تحديد حدود وحدة الخريطة بواسطة سلسلة إحداثيات x y (مثل خطوط الطول والعرض) والتى بمجرد توقيعها تكرر شكل حدود وحدة الخريطة الأصلية المرسومة على الخريطة. وفى تنسيق raster، تقسم خريطة التربة إلى تنسيق شبكى تكون فيه كل خلية شبكة بدقة تمثل أفضل شكل لمضلعات وحدة خريطة التربة الأصلية. ودرجات الدقة الشائعة 10 و 30 مترًا، تعنى أن كل خلية شبكية تمثل مساحة 10 × 10 أو 30 × 30 مترًا على سطح الأرض. ويتم تحديد أركان كل خلية شبكية بواسطة خطوط الطول والعرض القياسية أو إحداثيات UTM. وكل من تنسيقات vector وraster لها مزايا وعيوب. كما يمكن تسليم خرائط التربة كنسخ مطبوعة.

أثناء مشروع حصر الأراضى، يمكن إجراء دراسات خاصة للتربة المختارة داخل منطقة الحصر. تتضمن هذه الدراسات فحصًا معمليًا مفصلاً للتركيب الفيزيائى والكيميائى والمعدنى للتربة. وقد تركز دراسات أخرى على نشأة التربة أو الجيومورفولوجيا فى المنطقة. وتستخدم نتائج هذه الدراسات للمساعدة فى ملء قاعدة بيانات التربة لمنطقة الحصر ويتم نشرها عادة فى تقارير وأوراق بحثية خاصة بالتربة فى المجلات العلمية. وتقدم الأوراق التى تناقش الدراسات عادة فى اجتماعات المنظمات العلمية المهنية.

أيًا كان تطوير نظام جمع وتخزين وإدارة وتسليم بيانات ومعلومات حصر الأراضى، يجب مراعاة تنوع أشكال ومحتوى المعلومات المنشورة. وتتغير الطلبات على معلومات حصر الأراضى ومن المتوقع أن تستمر فى التغير بوتيرة أسرع. وقد يحتاج النظام إلى التغيير لتلبية الاحتياجات والمتطلبات المستقبلية. وفكرة "مقاس واحد يناسب الجميع" أو " منتج واحد يلبى جميع احتياجات المستخدم" لم تعد مناسبة. ويجب أن يكون نظام تقديم معلومات حصر الأراضى مرنا حتى يمكن تحديثه وتعديله لتلبية احتياجات المستخدمين المتغيرة. ومع ذلك، من المهم تذكر أنه كلما زادت مرونة نظام التسليم، كلما زادت تكاليف الحفظ والصيانة.

تاريخ إدارة بيانات التربة فى الولايات المتحدة

(History of Soil Data Management in the U.S)

بدأ تطوير نظام وطنى لجمع وتخزين وإدارة ونشر بيانات ومعلومات حصر الأراضى(NCSS) فى الولايات المتحدة فى أواخر الستينيات وأوائل السبعينيات، وشمل العديد من التكرارات. وتسارعت وتيرة التطوير والقدرة الوظيفية بشكل مطرد منذ منتصف التسعينيات.

الجيل الأول (The First Generation)

إدارة خدمة حفظ التربة (SCS) بوزارة الزراعة الأمريكية (USDA)، التى أعيد تسميتها خدمة حفظ الموارد الطبيعية (NRCS) فى عام 1994، أنشأت قاعدة بيانات وطنية للتربة فى أوائل السبعينيات من خلال اتفاقية تعاونية مع المختبر الإحصائى فى جامعة ولاية أيوا (ISU) (Fortner and Price, 2012). وتم اختيار ISU بسبب تاريخها الطويل من العمل التعاونى مع SCS، والذى يعود إلى الأربعينيات. وبدأ عمل برمجة لقاعدة بيانات التربة فى عام 1972 بالتشغيل الآلى لسجل تفسيرات التربة (SIR)، أو نموذج SOI-5، والذى تم استخدامه بشكل أساسى كنموذج إدخال لإنشاء جداول حول الاستخدامات الهندسية للتربة لتقارير الحصر المنشورة. وتم تطوير نموذج SOI-5 أولا فى أواخر الستينيات. وتطوير SIR واحد على الأقل لكل سلسلة تربة معروفة فى الولايات المتحدة. وبعض سلاسل التربة لها أكثر من SIR، اعتمادًا على عدد أطوار السلسلة التى تم التعرف عليها ورسمها خرائطيا.

وتطورت برامج الكمبيوتر لتخزين وفحص وطباعة البيانات. وسجل تفسير التربة لسلسلة تربة سيسيل (NC0018) كان أول سجل تم تخزينه على وحدة ISU المركزية فى عام 1973. وفى عام 1974، تم تقديم جداول مخطوطة لخصائص التربة لإدراجها فى تقارير حصر الأراضى. وفى البداية، تمت معالجة جميع البيانات فى ISU وتم إرسال نسخة مطبوعة من الجداول عبر البريد. وأرسلت نماذج SOI-5، مع نماذج SOI-6، التى استخدمت لإدخال معلومات وحدة خريطة معينة، بالبريد من مكاتب SCS إلى ISU للمعالجة. وتم إرسال النسخ المطبوعة من السجلات المنقحة والجداول المنشأة بالبريد إلى مكتب SCS لطلب الجداول. وحل نظام الجدول الآلى محل العملية اليدوية الشاقة للغاية والتى تستغرق وقتًا طويلاً لإنشاء جداول للتقارير المنشورة.

مع توفر هذا المنتج المفيد، زاد الاهتمام بتخزين البيانات فى نظام الكمبيوتر. وفى عام 1977، اكتسب النظام القدرة على إنشاء تفسيرات آلية للتربة لـ 26 استخدامًا محددًا (معظمها هندسى) من بيانات التربة المخزنة فى قاعدة البيانات باستخدام معايير مبرمجة. وتم تخزين هذه التصنيفات التفسيرية فى قاعدة البيانات وطباعتها على نماذج SOI-5. وبعد عام 1977، تم تطوير تحسينات أخرى، تضمنت إضافة قواعد بيانات وصف سلاسل التربة الرسمية (OSD) وتصنيف السلسلة (SC).

بدأ استخدام الكمبيوتر فى مكاتب SCS لمعالجة بيانات حصر الأراضى عام 1977 باستخدام معدات معالجة النصوص Linolex فى مكاتب المركز الفنى الوطنى. واستخدمت المعدات لإعداد جداول المخطوطات الواردة على شريط مغناطيسى من ISU للنشر النهائى. وبدأ الوصول عن بُعد من SCS إلى ISU، فى كل من مكاتب الولايات والمكاتب الإقليمية، فى أوائل الثمانينيات باستخدام معدات Harris Remote Job Entry. كان الاتصال من خلال اتصال هاتفى بسرعة 4800-baud. وكان لا بد من تغيير كبير بإعادة تصميم البرامج للاستخدام عن بُعد وإدخال البيانات. وتحول معالجة وطباعة المخطوطات من ISU إلى مكاتب SCS.

واستمر عمل قاعدة بيانات SIR حتى عام 1996، عندما توقف إصدار برنامج وقاعدة بيانات النظام الوطنى لمعلومات التربة (NASIS) الجديد. وتم تطوير حوالى 35,000 SIRs خلال 24 عامًا من نشاط قاعدة بيانات SIR.

الجيل الثانى (The Second Generation)

بدأ العمل على الجيل الثانى من قاعدة بيانات التربة الوطنية عام 1978، عندما طورت SCS برنامج كمبيوتر لتصنيف التربة للأراضى الزراعية الرئيسية وغيرها من فئات الأراضى الزراعية المهمة وإنشاء خرائط لمشروع مزارع كولورادو (Colorado) الهامة. وتطلب هذا المشروع تصنيف حوالى 4500 وحدة خريطة تربة فى كولورادو. واستخدمت المعايير الوطنية للأراضى الزراعية الرئيسية ومعايير الولاية للأراضى الزراعية المهمة والأراضى الزراعية الفريدة. وكانت المشكلة الأصعب هى جعل التصنيفات متسقة عبر مناطق الحصر. وقيم البرنامج 10 خصائص للتربة وكان دقيقًا إلى حد ما فى تصنيفاته. ومع ذلك، كانت هناك حاجة إلى قاعدة بيانات كبيرة لعمل التقييمات، والجهد المطلوب لتطوير قاعدة البيانات جعل المشروع غير عملى. وأدت الحاجة إلى قاعدة بيانات كبيرة، يمكن الوصول إليها والتعامل معها بسهولة، إلى تطوير مفاهيم للجيل الثانى لإدارة المعلومات.

تم توثيق هذه المفاهيم لأول مرة عام 1980 فى أول تقرير فنى لنظام معلومات موارد التربة (SRIS) لولاية كولورادو. وأظهر SRIS جدوى دمج عديد من قواعد بيانات الموارد الطبيعية فى بيئة بيانات مشتركة سهلة الاستخدام. وتضمن SRIS: (1) قاعدة بيانات مكونات خريطة التربة، (2) قاعدة بيانات تفسير التربة، (3) قاعدة بيانات وصف البيدون، (4) قاعدة بيانات مناخية، (5) قاعدة بيانات نباتية، (6) مكون إدارة التربة و (7) مخطط لبيانات ووصف النظام. وكان SRIS أول جهد لإدارة بيانات التربة باستخدام تقنية جديدة تسمى أنظمة إدارة قواعد البيانات (DBMS). وسمح نظام المعلومات الجديد بالإجابة على الأسئلة المتعلقة بأكثر من مورد طبيعى واحد. وسهلت الوصول إلى معلومات التربة وسمحت بإدارة البيانات بشكل مستقل عن البرنامج التطبيقى الذى وصل إليها، بينما تتطلب قاعدة بيانات SIR كتابة برنامج كمبيوتر لكل طلب. وفى عام 1982، تم تنفيذ قاعدة بيانات التربة SRIS فى كولورادو.

وفى عام 1985، أنشأت SCS فريق تطوير البرامج فى Fort Collins، كولورادو. وكانت مهمة الفريق تطوير برامج الكمبيوتر لمساعدة المكاتب الميدانية لـ SCS. وفى عام 1987، نتج عن هذا الجهد تطوير برنامج المكتب الميدانى لنظام الإدارة والتخطيط بمساعدة الكمبيوتر (CAMPS) وقاعدة بيانات حصر الأراضى (SSSD). وكان SSSD، تطبيق يعتمد على UNIX ويستخدم برنامج Prelude RDBMS، تتويجًا لجهود SRIS وتم ملؤه باستخدام معلومات وحدة الخريطة والاستعلام عن قاعدة بيانات SIR. وسميت بيانات الحصر الناتجة ككل بقاعدة بيانات سجل تفسير وحدة الخريطة (MUIR).

مع إصدار SSSD عام 1987، تم تجهيز مكاتب SCS فى الولايات بأجهزة كمبيوتر UNIX. وسمح برنامج SSSD لمكاتب الولايات بإدارة الجزء الخاص بها من قواعد بيانات حصر الأراضى، والتى تم تنزيلها من جامعة ولاية أيوا عبر الاتصالات. والوظيفة الأساسية للإصدار الأول من SSSD كانت مراجعة بيانات التربة، عمل التعديلات اللازمة، وتوفير تنزيل قاعدة بيانات MUIR إلى CAMPS. وقدم الإصدار الأول من SSSD القدرة على تطوير التقارير من خلال استعلامات قاعدة البيانات القياسية وإدارة أوصاف التربة غير الفنية. كما جاء مع هذا الإصدار الاعتراف بالحاجة إلى عالم تربة (مدير مجموعة بيانات التربة) فى مكتب كل ولاية لإدارة نظام معلومات التربة.

وباستخدام SSSD، أمكن لمكاتب SCS فى الولايات تعديل بيانات خصائص وتفسير وحدة خريطة التربة (MUIR) فى ISU وبالتالى تمثيل الظروف المحلية بدقة أكثر. وتعيد المكاتب نسخة من البيانات المعدلة إلى ISU. وقدمت هذه القدرة على التحرير للتجميع الوطنى لبيانات MUIR فى عام 1993. وأضافت إصدارات SSSD من 1988 حتى 1993 قدرات إضافية. فى عام 1988، تم إصدار برنامج وصف الـ Pedon، الإصدار 1.0، ووحدات إدارة سلاسل التربة الرسمية وتقارير التربة.

فى عام 1989، تم الربط بين قاعدة البيانات الجغرافية لحصر الأراضى (SSURGO) ونظام دعم تحليل الموارد

الجغرافية (GRASS). وفى نفس العام أطلق نظام بريد UNIX المسمى SoilNet ونسخة آلية من نموذج SOILS-6، الذى كان مستخدما لتسجيل بيانات وحدة الخريطة وتسهيل تنزيل وإدارة بيانات MUIR من ISU. وفى عام 1991، تم إطلاق وحدة جدول مواعيد حصر الأراضى. وقدمت هذه الوحدة برنامج الإدارة والجدولة وحفظ السجلات لمكاتب SCS بالولايات والمكاتب الوطنية لاستخدامها فى جهود حصر الأراضى. وفى عام 1993، تم إطلاق وحدات التحديث التدريجى للتربة المائية ومواقع الرعى و MUIR.

وبالرغم من أن إنشاء الجدول ظل هو الغرض الأساسى منها، إلا أن قاعدة بيانات MUIR سرعان ما استخدمت لأكثر من تطوير جداول تفسير التربة للتقارير. بدأت SCS فى استخدام قاعدة البيانات للإجابة على الأسئلة حول مجموعة واسعة من القضايا المتعلقة بالتربة فى جميع أنحاء الولايات المتحدة، على سبيل المثال، انتشار التربة المتأثرة بالأملاح، تحمل فقد التربة وإمكانية الانجراف لتحديد الأراضى شديدة الانجراف، وتحديد التربة المائية (الأراضى المبتلة). واستمر استخدام قاعدة بيانات التربة فى التوسع والتغيير حتى أصبح واضحًا فى عام 1988 أن SSSD و MUIR لا يمكنهما تلبية الاحتياجات المتغيرة. وتم توفير تكنولوجيا نظم المعلومات الجديدة التى يمكن أن تحسن استخدام معلومات حصر الأراضى.

وكان نظام قاعدة بيانات التربة SIR و MUIR قادرًا على التطور بطرق عديدة بمرور الوقت ولكنه احتفظ بتصميم نظامه الأساسى لمدة 25 عامًا تقريبًا، حتى توقف فى عام 1996. فى ذلك الوقت، احتوت قاعدة بيانات MUIR على بيانات حوالى 2,900 منطقة حصر وتضمنت ما يقرب من 250,000 وحدة خريطة تربة. وبدأ تنفيذ نظام الاستبدال، النظام الوطنى لمعلومات التربة (NASIS)، فى عام 1994. وقبل توقف نظام SSSD، تم تحويل معلومات التربة الموجودة فى قاعدة بيانات MUIR إلى قاعدة البيانات NASIS الجديدة.

الجيل الثالث (The Third Generation)

بدأ تطوير NASIS بتحليل وتوثيق أعمال حصر الأراضى من البداية إلى النهاية. وتكوين فرق من مستويات مختلفة فى الحصر التعاونى الوطنى للتربة بالولايات المتحدة (NCSS) لاستكمال تحليل المتطلبات. وباستخدام تحليل الأنظمة المهيكلة، قامت هذه الفرق بتوثيق المتطلبات، التى تم تمريرها إلى مبرمجى البرامج المتعاقدين. وثق هذا التحليل التحول المهم فى NCSS من إنتاج تقارير حصر الأراضى الثابتة والمطبوعة إلى توفير قاعدة بيانات ديناميكية لمعلومات التربة التى يمكن أن تلبى مجموعة واسعة من الاحتياجات والطلب المتزايد باستمرار على بيانات ومعلومات حصر الأراضى.

وكان نظام جمع البيانات الميدانية مطلوبا لضمان سلامة واكتمال البيانات، بما فى ذلك الإحداثيات الجغرافية. وتم تصميم النظام لتزويد المستخدمين بمعلومات دقيقة وكاملة عن حصر الأراضى بناءً على ما تم ملاحظته أثناء عملية الحصر. وتضمنت هذه الفكرة القدرة على وصف تنوع التربة وخصائصها بدقة فى الهيئة الطبيعية. وهذا النظام الجديد يوفر تحديثًا مستمرًا لقاعدة البيانات كلما تم جمع معلومات جديدة، حتى تكون هناك نسخة واحدة من هذه البيانات متاحة للمستخدمين على مستوى الحقل والولاية والمستوى الوطنى.

ويوفر NASIS وسيلة لمجموعة متنوعة من العلماء لتطوير معايير التفسير وإنشاء تفسيرات للتربة بناءً على متطلبات المحليات أو الولاية أو الدولة. على سبيل المثال، على المستوى المحلى تكون هناك حاجة لتفسير صلاحية التربة للتخلص من نفايات الحيوانات وعلى المستوى الوطنى تكون هناك حاجة لمؤشر إنتاجية التربة. ويجب تطبيق هذه التفسيرات على نسخة واحدة فقط من البيانات متسقة وطنيا. ويوفر النظام توصيل فعال وكافى للبيانات، متضمنا سهولة وصول المستخدمين من الداخل والخارج (غير التابعين لـ NCSS). ويجب تسليم هذه المعلومات بهيكل بيانات عادى، وتعريفات قاموس البيانات، والبيانات الوصفية المناسبة حتى يفهم المستخدمون المعلومات ويطبقوها.

أهداف نظام NASIS (NASIS System Objectives)

تحددت أهداف النظام التالية بعد أسابيع من التحليل والمناقشة وعدة اجتماعات للمتابعة (Soil Survey Staff, 1991):

- وضع الأدوات الآلية لفرق مكاتب الحقل.
- إدخال البيانات مرة واحدة، حتى يمكن استرجاعها من خلال وحدات برمجية متعددة فى برامج مختلفة.
- إدخال البيانات بوسيلة بسيطة بنفس التنسيق المستخدم أثناء جمع البيانات.
- التحقق من الإدخال الصحيح للبيانات والخوارزميات لتوفير القيم الافتراضية.
- إجراءات الارتباط الآلية وضمان الجودة.
- مرونة النظام للتكيف مع تغير الإجراءات والمعايير واحتياجات البيانات والسياسات.
- القدرة على تجميع خرائط التربة الرقمية كبيرة المقياس إلى مقاييس أصغر حسب معايير يحددها المستخدم.
- خيارات معالجة البيانات واسترجاعها لجميع قواعد البيانات ووحدات البرامج تتضمن إمكانية النمذجة.
- القدرة على استخدام قيم الخصائص الفردية أو القيم الممثلة، بالإضافة إلى النطاقات، فى النماذج.
- القدرة على بيان حدود الثقة ودقة بيانات وحدة الخريطة.
- التحديث المستمر لقواعد بيانات الحصر على مستوى الدولة والولاية والحقل.
- الوصول إلى قواعد بيانات الولاية والدولة لإدخال أو تحرير البيانات التى يديرها المكتب المناسب.
- التخزين الدائم لجميع وثائق الحصر.
- القدرة على نقل ملفات البيانات بين أنواع مختلفة من الأجهزة.
- روابط ثنائية الاتجاه بقواعد بيانات الموارد الطبيعية الأخرى.
- وحدات برامج تفاعلية، قائمة على القوائم، وسهلة الاستعمال.
- التدريب على كيفية استخدام النظام.

تطوير وتنفيذ برامج NASIS (NASIS Software Development and Implementation)

كما هو الحال مع برنامج SSSD، توالت الإصدارات الأولية من برنامج NASIS. وتم إضافة وظائف وإمكانيات جديدة أو محدثة مع كل إصدار.

- تم تنفيذ الإصدار 1.0، الذى أطلق فى عام 1994، فى كل مكاتب SCS فى الولايات. وتحتفظ كل ولاية وتدير البيانات الخاصة بمناطق الحصر الخاصة بها. وتم تطوير NASIS 1.0 فى لغة البرمجة C+ باستخدام نظام X Window، وهو نظام نافذة رسومات قائم على UNIX. ومثل تطبيق Microsoft Windows الموجود على عديد من أجهزة الكمبيوتر الشخصية، فإن نظام X Window هو برنامج مستخدم رسوم (GUI). وتم اختيار برنامج INFORMIX لإدارة قاعدة بيانات NASIS (DBMS) بسبب ميزاته الأمنية. وقد مكن هذا التصميم من بناء نظام يمنع التلف العرضى أو المتعمد للبيانات. ويسمح NASIS بامتلاك سجلات البيانات المختلفة فى قاعدة البيانات بواسطة أفراد أو مجموعات من المستخدمين، بحيث يمكن للعلماء المؤهلين فقط تحرير أو إنشاء البيانات. والمالك له سلطة تغيير البيانات إذا كانت مطلوبة. ويمكن إنشاء ملكية فردية أو جماعية حسب الحاجة.

ويوفر الإصدار 1.0 التحقق من صحة بيانات MUIR وتحويلها إلى هيكل قاعدة بيانات NASIS؛ نظام أمن وتحكم؛ قاموس البيانات التشغيلية؛ محرر المساحات، والمصطلحات، وبيانات وحدات الخرائط؛ والمساعدة عبر الإنترنت. ويصل مستخدم NASIS إلى النظام باستخدام واجهة تستند إلى مستعرض الويب والتى تتصل بقاعدة

بيانات الولاية الخاصة بهم لإدخال البيانات وتحريرها.

- الإصدار 2.0، الذى صدر فى 1995، وفر وظائف القص والنسخ واللصق لموضوعات البيانات، محرر ومدير استعلام، وظائف تخصيص عالمية، إنشاء التقارير، ونظام مساعدة محسّن عبر الإنترنت.
- الإصدار 3.0، الذى صدر فى 1996، وفر إجراءات الحساب والتحقق من صحة البيانات والقدرة على إنشاء معايير للتفسيرات وعمل التفسيرات. وكانت هذه خطوة رئيسية سمحت بإنشاء معايير تفسيرية متخصصة وتقييم كل مكون فى وحدة الخريطة مقابل تلك المعايير.
- الإصدار 3.1، الذى صدر فى 1997، قدم لاستبدال بيانات MUIR الوطنية ببيانات NASIS وقواعد بيانات NASIS الموحدة من مكاتب الولايات الفردية إلى المكاتب الإقليمية الأصلية الـ 17 MLRA. وقدم تنزيلات إلى أنظمة الكمبيوتر بمكاتبNRCS الميدانية (FOCS) وتنزيل مجموعات البيانات بتنسيق SSURGO. وتناولت الإصدارات من 1.0 إلى 3.1 تطوير وإدارة بيانات وحدة الخريطة.
- الإصدار 4.0، الذى صدر فى عام 1998، قدم جداول بيانات لتخزين بيانات موقع ووصف البيدون وإمكانيات مدمجة لإدخال أوصاف البيدون ومعلومات موقع التربة والوصول إليها. كما كرر تخزين بيانات وحدات الخرائط الوطنية عبر الإنترنت فى ISU ومشاركة البيانات.
- الإصدار 5.0، فى عام 2001، عزز قاعدة بيانات NASIS إلى بيئة خادم مركزية فى مركز تكنولوجيا معلومات NRCS فى فورت كولينز (Fort Collins)، كولورادو. وتوقف تخزين البيانات فى ISU.
- إصدار 5.2، فى 2003، تضمن القدرة على تصدير مجموعات البيانات إلى مستودع بيانات التربة لكل منطقة.
- فى عام 2003 أيضًا، تم اعتماد وتنفيذ الإصدار 2.0 من نموذج بيانات حصر الأراضى (SSURGO) لتوزيع البيانات الجدولية الرسمية للحصر. وبالتزامن مع هذا الإصدار، تم تنفيذ مستودع ومركز تسوق بيانات التربة (انظر أدناه).
- ابتداء من عام 2004، بدأ تطوير جيل جديد من NASIS. ونتيجة لذلك، صدر NASIS 6.0 فى عام 2010. وقدم هذا الإصدار بيئة قائمة على خادم العميل حيث يتفاعل المستخدم مع قاعدة بيانات التربة الوطنية على الخادم المركزى باستخدام إصدار من تطبيق NASIS على الكمبيوتر الشخصى المحلى. وهو نظام قائم على Microsoft Windows يستخدم نظام تشغيل NET و SQL Server DBMS.

قدم NASIS 6.0 مفهوم إدارة بيانات حصر الأراضى من خلال المشاريع بدلاً من مناطق الحصر التقليدية (عادةً المصطلحات على أساس المقاطعات). وشجع هذا المفهوم تصميم وحدات الخريطة على أساس جغرافى طبيعى بدلاً من اقتصار امتدادها المكانى على الحدود الجيوسياسية. وبدأت عملية تحديث البيانات وتكرار الارتباط لضمان ربط سلس للبيانات المكانية والخصائص بين مناطق الحصر. ونتيجة لذلك، تمتد خصائص التربة وصفاتها وتفسيرات وحدات الخريطة ومكوناتها عبر الحدود الجيوسياسية إلى مداها الطبيعى.

- استمرت الإصدارات الدورية من NASIS فى إضافة وظائف جديدة وتحسين نموذج البيانات مع تغير الاحتياجات.
- فى عام 2014، تم الإصدار 7.0 من قاعدة بيانات NASIS. وتضمن إضافة جداول لوضع البيانات المتعلقة بالنباتات التى تم جمعها كجزء من جرد الموقع البيئى. وتستخدم هذه البيانات لتطوير أوصاف الموقع البيئى للولايات المتحدة. ويسمح نموذج البيانات بربط وصف البيدون وبيانات تحليل المعمل من موقع معين ببيانات الغطاء النباتى لنفس الموقع. ويتم تحويل بيانات حصر النباتات الحالية من قواعد البيانات الموجودة الأخرى واستيرادها إلى جداول NASIS الجديدة.

• فى عام 2016، تم إطلاق الإصدار 7.0 من تطبيق NASIS. منح مستخدمى NASIS القدرة على إنشاء نماذج خاصة لاستخدامها (بدلاً من شاشات تحرير NASIS التقليدية) لإنشاء البيانات وعرضها وتحريرها.

رقمنة خرائط حصر الأراضى (Digitization of Soil Survey Maps)

بدأ الاهتمام برقمنة خرائط تربة NCSS بإدخال نظام تجميع معلومات الخرائط وعرضها (MIADS) إلى SCS فى عام 1971. MIADS طريقة تعتمد على الخلايا للرقمنة وتم استخدامها بشكل أساسى لإنشاء بيانات تفسيرية. كانت أوكلاهوما واحدة من الولايات التى قامت برقمنة معظم أو كل أعمال حصر الأراضى الخاصة بها باستخدام هذا النظام. واستمر بذل الجهود لإيجاد طريقة فعالة ومجدية ومتسقة لرقمنة خرائط التربة باستخدام طريقة مقطع الخط (line-segment). واختبرت طرق مختلفة. فى عام 1990، صدرت سياسات وإجراءات قياسية لرقمنة أعمال الحصر الجديدة والمحدثة مثل تبنى قسم حصر الأراضى فى SCS "التعليمات الوطنية National Instruction No. 170-303 CGI -- المواصفات الفنية لرقمنة خرائط التربة التفصيلية". وكان الغرض من هذه المعايير وضع مجموعة من السياسات والإجراءات يستخدمها الجميع، وبالتالى ضمان جودة متسقة للمنتجات. وكان الحصول على خرائط تربة رقمية بطيئًا وشمل مجموعة متنوعة من الموظفين والمقاولين.

بدأت NRCS مبادرة SSURGO لرقمنة حصر الأراضى عام 1995 بتخصيص أموال خاصة. ورغم أن بعض الأعمال تم رقمنتها فى وقت مبكر من عام 1975، كانت مبادرة SSURGO أول جهد متضافر لرقمنة جميع حصر الأراضى فى الولايات المتحدة. وبدأ مشروع ضخم مدته 12 عامًا لتحويل خرائط التربة المطبوعة إلى SSURGO واستمر حتى عام 2007. خلال هذه الفترة، تم تحديث عديد من حصر الأراضى ورقمنته. وإنشاء مراكز للقيام بالرقمنة الفعلية أو لإجراء مراجعات جودة للعمل الذى يقوم به الآخرون.

وأصبحت رقمنة خرائط التربة، بدءًا من منتصف إلى أواخر التسعينيات، جزءًا من عمل مشروع حصر الأراضى الفعلى. والخرائط الرقمية هى إحدى المنتجات الأولية لأعمال الحصر الجديدة أو المحدثة. ولا يعتبر مشروع حصر الأراضى مكتملاً حتى تتوفر الخرائط الرقمية وتفى بالمعايير المعمول بها.

مستودع وسوق بيانات التربة (Soil Data Warehouse and Soil Data Mart)

تحليل الأعمال المبكر لنظام معلومات التربة الوطنى حدد الحاجة إلى نقطة واحدة لتسليم بيانات ومعلومات حصر الأراضى الرسمية والقدرة على أرشفة نسخ منها. (تم تصميم قاعدة بيانات وتطبيق NASIS بشكل أساسى للاستخدام الداخلى فى تطوير وإدارة بيانات حصر الأراضى وليس للوصول أو التوصيل العام للبيانات). ولتلبية ذلك، تم تخصيص مستودع (SDW) وسوق بيانات التربة (SDM) فى عام 2003. وبحلول ذلك الوقت، تم إحراز تقدم كبير فى رقمنة خرائط حصر الأراضى.

تم تصميم SDW للاحتفاظ بجميع إصدارات بيانات حصر الأراضى الرسمية (كل من SSURGO2 و STATSGO) المنتجة منذ عام 2003، لا تتضمن فقط بيانات السمات الجدولية والبيانات المكانية الرقمية ولكن أيضًا ملفات البيانات الوصفية التى تتوافق مع معايير لجنة البيانات الجغرافية الفيدرالية (FGDC). وتحتوى قاعدة بيانات SDM فقط على أحدث نسخة من البيانات الرسمية وكانت فى البداية بمثابة موقع توزيع البيانات. ووفرت نقطة وصول عامة للبيانات وسمحت للمستخدم بتنزيل مجموعات بيانات SSURGO الرقمية بتنسيق قياسى لاستخدامها فى نظام معلومات جغرافية محلى (GIS) أو لتشغيل تقارير حصر الأراضى القياسية على مجموعات بيانات مختارة. وفى عام 2013، تم ترحيل وظيفة توزيع البيانات الخاصة بـ SDM إلى شبكة حصر الأراضى على الإنترنت (انظر أدناه).

نموذج قاعدة بيانات الوصول SSURGO (SSURGO Access Database Template)

عند تنزيل البيانات من Soil Data Mart، كانت جداول بيانات الصفات فى سلسلة من ملفات نصية غير مرتبطة. ولاستخدام البيانات، يجب أولاً تحميلها فى تنسيق قاعدة بيانات مرتبطة من اختيار المستخدم. وتم تطوير قالب قاعدة البيانات بتنسيق Microsoft Access لهذا الغرض. ويتضمن القالب وحدات كبيرة لتحميل البيانات بالإضافة إلى الاستعلامات والتقارير القياسية لعرض البيانات. وتم تضمينه مع كل تنزيل للبيانات.

عارض بيانات التربة (Soil Data Viewer)

عارض بيانات التربة (SDV) هو تطبيق تم تطويره كملحق إضافى لـ ESRI ArcMap لعرض خرائط التربة الرقمية التى تم تنزيلها من Soil Data Mart ولاحقًا من Web Soil Survey. ويتطلب نموذج قاعدة بيانات الوصول SSURGO (الموصوف أعلاه) للوصول إلى بيانات الصفة. وتم تطويره للمساعدة فى حماية المستخدم من بعض تعقيدات هيكل بيانات الصفات. ويتضمن SDV سلسلة من القواعد لتجميع خصائص التربة وتفسيرات مكونات وحدة الخريطة الفردية إلى قيمة واحدة لوحدات الخريطة المعنية لعرضها فى الخرائط الموضوعية التى أنتجت بواسطة GIS. هذه الأداة متاحة للجمهور.

حصر الأراضى على شبكة الإنترنت (Web Soil Survey)

مع تقدم رقمنة خرائط حصر الأراضى وامتلاء Soil Data Mart بالبيانات الكاملة، بدأ المستخدمون طرح أسئلة (مثال، لماذا لا يمكنهم عرض خرائط التربة من SDM عبر الإنترنت؟ لماذا يحتاجون إلى تنزيل البيانات؟). ولم يكن لدى عديد من المستخدمين المعدات أو الخبرة للعمل مع البيانات بأنفسهم. ولمعالجة هذه المشكلة، تم تطوير Web Soil Survey (WSS) ونشره لأول مرة فى أغسطس 2005. ويوفر واجهة على الإنترنت يمكن للجمهور الوصول إلى مجموعات بيانات SSURGO فى قاعدة بيانات SDM. فى WSS، يجب على المستخدم أولاً تحديد منطقة الاهتمام (AOI) التى يرغب فى الحصول على بيانات ومعلومات حصر الأراضى. قد تكون AOI مزرعة فردية أو مزرعة مواشى أو حقل فردى أو منطقة صرف مستجمعات المياه أو منطقة حصر أراضى كاملة. كما أنه لا يقتصر على جزء من منطقة حصر واحدة ولكن يمكن أن يمتد إلى مناطق حصر متعددة. ويمكن للمستخدمين تحديد المنطقة الخاصة بهم باستخدام أدوات رسوم تعد جزءًا من واجهة WSS، أو تحميل حد تم تطويره فى GIS المحلى.

بعد تحديد AOI، يمكن لمستخدم WSS عرض خريطة التربة لمنطقة محددة، أو إنشاء خرائط تفسيرية أو موضوعية لمجموعة متنوعة من الاستخدامات أو خصائص التربة، أو طباعة خرائط فردية أو تجميعها فى تقرير مركب، أو تنزيل بيانات SSURGO لمنطقة مختارة. كما يتم تضمين بيانات الخرائط الموضوعية فى تنزيلات بيانات SSURGO بحيث يمكن للمستخدم إنشاء خرائط مماثلة باستخدام برنامج GIS المحلى.

WSS يدمج مجموعات البيانات ويعرض البيانات والخرائط فى طبقة واحدة. ويستخدم نفس القواعد التى يستخدمها عارض بيانات التربة لتجميع البيانات لعرضها على مستوى وحدة الخريطة. كما يوفر القدرة على تنزيل مجموعة بيانات SSURGO المقطوعة إلى حدود AOI لاستخدامها فى GIS المحلى.

فى عام 2013، تم إطلاق الإصدار 3.0 من WSS. ومع هذا الإصدار، تم نقل عملية تنزيل بيانات حصر الأراضى الرسمية، SSURGO2 و STATSGO، من Soil Data Mart إلى Web Soil Survey. وتتوفر مجموعات بيانات SSURGO2 لكل مناطق الحصر فى الولايات المتحدة. وتتوفر بيانات STATSGO كمجموعات بيانات فردية للولاية أو للولايات المتحدة بأكملها كما كان الحال مع SDM، ويتضمن كل تنزيل بيانات نسخة من نموذج قاعدة بيانات الوصول إلى SSURGO.

References

Fortner, J.R., and A.B. Price. 2012. United States soil survey databases. *In* P.M. Huang, Y. Li, and M.E. Sumner (eds.) Handbook of soil sciences, 2nd edition, CRC Press, Boca Raton, FL.

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, and E.C. Benham (editors). 2012. Field book for describing and sampling soils, version 3.0. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. Available at http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/research/guide/?cid=nrcs142p2_054184. [Accessed 27 September 2016]

Soil Survey Staff. 1991. National Soil Information System—soil interpre-tation and information dissemination subsystem. Draft requirements statement. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Soil Survey Staff. 2016. Web Soil Survey. USDA Natural Resources Conservation Service. http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/ [Accessed 10 October 2016]

الباب الثامن

التفسيرات: تأثير خواص التربة على استخدامات الأراضى

(Interpretations:The Impact of Soil Properties on Land Use)

By Soil Science Division Staff. Revised by Robert Dobos, Cathy Seybold, Joseph Chiaretti, Susan Southard, and Maxine Levin, USDA-NRCS.

مقدمة (Introduction)

يشرح هذا الباب المفاهيم والمبادئ المستخدمة فى تفسير بيانات خصائص التربة لتقييم أو التنبؤ بصلاحية أو محددات أو إمكانات التربة لاستخدامات متنوعة. وتجيب معلومات حصر الأراضى على مدى واسع من الأسئلة المتعلقة بالتربة، مثل أى المحاصيل ستنمو وأين وما هى أفضل المواقع للبنية التحتية. وتستخدم معلومات التربة وحدها أو كطبقة من المعلومات فى أنظمة متكاملة مع الموارد الطبيعية الأخرى والسكان والمناخ والعوامل البيئية فى اتخاذ القرار.

فى الولايات المتحدة، بيانات حصر الأراضى والمعلومات التفسيرية للتربة من قاعدة البيانات الجغرافية الرسمية لحصر الأراضى (SSURGO) جزء رئيسى من أنظمة ونماذج المعلومات الجغرافية (GIS). هذه الأنظمة والنماذج تُستخدم فى التخطيط الإقليمى، التنبؤ بالانجراف، تقدير غلة المحاصيل، إدارة الأخشاب والطاقة، التخطيط الحضرى، اعتبارات الصحة العامة، وتحديد قدرة التربة على أداء بعض خدمات النظام البيئى (مثل تخزين الكربون) التى قد تؤثر على المناخ العالمى. وقد استخدمت تفسيرات حصر الأراضى لتزويد الجمهور بتنبؤات تفسيرية خاصة باستخدام الأراضى. ويهدف تفسير التربة إلى تحديد معايير وظيفة التربة المقدمة من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. وخدمات النظام البيئى التى تؤديها التربة تشمل توفير مواد البناء، ترشيح المياه، توفير مواطن للكائنات الحية، عزل الكربون، تخفيف الفيضانات، تثبيت البنية التحتية البشرية، دعم نمو المحاصيل، وتكون مخزنًا للموارد الطبيعية.

والبرنامج الوطنى لحصر الأراضى التعاونى (NCSS)، يوفر معلومات تفسيرية فى قاعدة بيانات عامة تعرض على الويب (WSS) (Soil Survey Staff, 2016). وتراجع البيانات والمعايير الأساسية وتنقح باستمرار. ويتم تحديث المعلومات التفسيرية سنويا. وتقدم الملاحق أمثلة لتفسيرات التربة المتاحة من خلال WSS، تشمل الخرائط الموضوعية لخصائص التربة وتقييمات الصلاحية بالإضافة إلى التقارير الجدولية. ويعكس تفسير التربة قدرتها على دعم استخدامات وممارسات إدارة مختلفة. ومستوى جمع البيانات اللازمة لتنفيذ برنامج التفسيرات الحالى لـ NCSS تم تحديده فى الأجزاء ذات الصلة من كتاب حصر الأراضى الوطنى (*National Soil Survey Handbook*) (USDA-NRCS, 2016).

ويتضمن إعداد التفسيرات الخطوات التالية: (1) تجميع المعلومات حول التربة وهيئاتها الطبيعية، (2) اشتقاق استدلالات وقواعد ونماذج للتنبؤ بتأثير الخصائص على سلوك التربة فى ظل استخدامات محددة، و (3) دمج هذه التنبؤات فى تعميمات لكل مكون من مكونات وحدة الخريطة.

وتوفر تفسيرات التربة معلومات رقمية ووصفية تتعلق بمجموعة واسعة من التنبؤات التفسيرية. يمكن التعبير عن هذه المعلومات كدرجات أو مؤشرات أو قيم بوحدات قياس مختلفة. على سبيل المثال، يمكن استنتاج بيانات حجم الحبيبات من مفصولات التربة من الرمل والسلت والطين؛ أقسام قوامات وزارة الزراعة الأمريكية؛ أو أقسام التربة الموحدة. وتجرى تفسيرات التربة لاستخدامات محددة ويتم تقريرها فى شكل محددات أو صلاحية أو إمكانات.

بالنسبة للمحددات، يشار إلى خصائص التربة التى تحد من استخدام الأرض أو تحدد شدة المعوق. بالنسبة للصلاحية، تعطى صفات التربة التى تحدد خصائص الصلاحية. بالإضافة إلى دمج التفسيرات، سواء كانت محددات أو صلاحية، فى تصنيفات إمكانيات إلى جانب بيانات الموارد والمعلومات التفسيرية الأخرى. ويمكن تقديمها فى جداول أو خرائط تبين الامتداد المكانى بمقاييس تناسب تطبيق معين.

ويمكن اشتقاق التطبيق العملى المتوقع لخيارات الإدارة البديلة من تفسيرات التربة. وبالنسبة لأى استخدام للأراضى، يمكن التنبؤ باستجابات التربة لبدائل الإدارة، وتحديد الإدارة المطلوبة، وتقييم العلاقة بين التكلفة والعائد.

اعتبارات لتطوير تفسيرات التربة (Considerations for Developing Soil Interpretations)

تفسير محددات مثل حقول خزانات امتصاص الصرف الصحى، يوفر معلومات لغرض معين ونادرًا ما يكون قابلاً للتكيف دون تعديل لأغراض أخرى. وتطبيق التفسيرات لمنطقة معينة من الأرض له قيود متأصلة تتعلق بمقياس الرسم وتنوع التكوين داخل وحدة الخريطة. يرتبط هذا القيد بكيفية إجراء الحصر والعلاقة المكانية للمنطقة بترسيمات وحدة الخريطة. هذه الارتباطات مهمة بشكل خاص للمناطق التى يتم التفكير فى إنفاق أموال كبيرة فيها (مثال، المنازل). عادة تكون هذه المناطق صغيرة بالنسبة لحجم ترسيمات وحدة الخريطة وقد تحدث على مكون ثانوى غير مماثل له تفسيرات تختلف عن تلك الخاصة بالمكونات الرئيسية للوحدة. هذه المخاوف تكون أكبر للوحدات متعددة الأصناف. راجع الباب الرابع للحصول على مناقشة كاملة لوحدات الخريطة ومكوناتها ومقياس الرسم .

ويحدد التباين المكانى لخاصية التربة المتأصلة دقة التفسيرات ودقة تنبؤات سلوك التربة لمناطق محددة. ونادرًا ما تكون تفسيرات حصر الأراضى صالحة لعمليات تقييم موقع مثل المنازل دون مزيد من التقييمات فى الموقع. وتوفر تفسيرات التربة معلومات عن احتمال أن تكون المنطقة صالحة لاستخدام معين، وبالتالى فهى ذات قيمة لفحص المناطق للاستخدام المخطط. يمكن التعبير عن هذا الاحتمال كصلاحية أو معوق.

وتقدم تنبؤات معينة لسلوك التربة كدرجة المعوق التى تفرضها خاصية أو أكثر من خصائص التربة. ويجب مراعاة محددات خاصية معينة للتربة مع محددات الخصائص الأخرى لتحديد الخاصية التى تشكل أخطر معوق. على سبيل المثال، قد تكون الإمكانية العالية للانكماش والتمدد هى الخاصية الوحيدة المقيدة للتربة لبناء منازل ذات طوابق سفلية لبعض أنواع التربة. ومع ذلك، قد تكون تربة أخرى لها قدرة عالية على الانكماش والتمدد بها صخر على أعماق ضحلة، وقد يمثل العمق الضحل للصخر قيدًا أكبر من الانكماش والتمدد. وبالمثل، بعض أنواع التربة التى لها قدرة منخفضة على الانكماش والتمدد، وتعتبر مناسبة للمنازل، قد يكون لها قيود بسبب الرطوبة، الفيضانات، الانحدار، وما إلى ذلك. ودرجة المعوق التى تفرضها خاصية التربة تكون تكلفة مضافة لأداء استخدام الأرض بالنسبة للتربة الأقل تقييدًا. ويمكن التغلب على أى قيود، ولكن التكلفة الإضافية للتثبيت والصيانة والأداء المنخفض تكون باهظة.

يتم تقديم تنبؤات سلوك التربة الأخرى من حيث الصلاحية لاستخدام معين للأرض. وتقييم صلاحية التربة كمادة، مثل التربة السطحية أو مصدر الرمل. ويتم عادةً تقرير مؤشرات الإنتاجية للمحاصيل والنباتات بمصطلحات الصلاحية. والمبدأ الأساسى هو أن التربة ستستخدم كما هى دون أى تدابير للتغلب على كل ما يجعلها أقل صلاحية لوظيفة ما. والعيب الرئيسى لتفسير الصلاحية هو أنه يجب تحديد وتقييم جميع خصائص التربة والموقع التى قد تؤثر على استخدام الأرض. وإذا تم تحديد خاصية غير موجودة فى قاعدة البيانات على أنها مهمة، فيجب اشتقاقها أو تضمينها بطريقة ما فى عملية التصنيف. وإغفال خاصية تربة غير مناسبة سيؤدى إلى تصنيفات غير صالحة.

بعض الاعتبارات التى تحدد القيمة الاقتصادية للأرض ليست جزءًا من التفسيرات ولكنها جزء لا يتجزأ من تحديد إمكانات التربة لاستخدام معين. على سبيل المثال، تعتبر المجموعات المحلية موقع الأرض له علاقة بالطرق

والأسواق والخدمات الأخرى عند تطوير تصنيفات التربة المحتملة بناءً على تكاليف الحفاظ على مورد التربة مقابل الفوائد المتحصلة.

والتفسيرات تكون حساسة للتغير فى التكنولوجيا واستخدامات الأراضى. فتزداد غلة المحاصيل بمرور الزمن، وتقلل الممارسات الجديدة محددات الاستخدامات غير الزراعية. على سبيل المثال، أدى بناء منزل على أرضية من الألواح الخرسانية المسلحة إلى الحد من معوق الانكماش والتمدد لبناء المبانى الصغيرة. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب الاستخدامات الجديدة أو التغيرات فى التكنولوجيا نماذج تنبؤ جديدة للتفسيرات.

كما يمكن تفسير خصائص التربة من حيث الأفضلية لنمو بعض الفطريات والبكتيريا والكائنات الحية الأخرى غير المرغوب فيها (مثل الكائنات الحية المسببة للأمراض) أو المرغوبة اقتصاديًا. وعندما لا تدار الأرض لكائن حى معين، فإن التنبؤ بوجود أو عدم وجود الكائن الحى يمكن أن يكون مفيدًا. كما يمكن استخدام خصائص التربة لتقييم ميل التربة للاحتفاظ أو نقل بعض المواد الكيميائية أو الطاقة (الحرارة والبرودة). هذا الميل ليس محددًا أو صلاحية، لأنه لا يدل على خطر أو استحسان، بل اتجاه.

أخيرًا، تطبق التفسيرات المعتمدة على خصائص التربة الموجودة فقط إذا كانت خصائص مساحة الأرض مماثلة لما كانت عليه عندما تم رسم خرائط التربة. وقد تكون هناك حاجة إلى تفسيرات جديدة إذا تأثرت التربة وخصائص الموقع بالحركة الفيزيائية أو انضغاط أو زيادة مواد التربة أو التغيرات فى أنماط حالات المياه عن طريق الرى أو الصرف أو تغيير الجريان السطحى عن طريق البناء.

النماذج التفسيرية (Interpretive Models)

التفسيرات عبارة عن نماذج تتنبأ بسلوك التربة على أساس خصائصها الطبيعية والكيميائية. وتعتمد تعميمات سلوك التربة إلى حد كبير على مجموعة معروفة أو يمكن الحصول عليها من التربة وخصائص الموقع المحتفظ بها فى قاعدة البيانات أو متوقعة لكل مكون من مكونات التربة. وتستخدم خصائص أو سمات التربة للتنبؤ بسمات أخرى، مثل احتمال حدوث التجمد أو تآكل الخرسانة. بالإضافة إلى استخدام التجارب الموثقة بالتربة التى تحتوى على مجموعات معينة من الخصائص للتعميم أو التنبؤ بسلوك التربة لعديد من استخدامات الأراضى. ويتم إضفاء الطابع الرسمى على هذه التعميمات فى نماذج تفسيرية للتصنيفات يتم إنشاؤها بواسطة الكمبيوتر.

قد تعتمد النماذج التفسيرية على معرفة كيفية أداء التربة فى ظل استخدامات مختلفة أو استنادًا إلى بيانات البحث و / أو الاستدلالات. وقد تحتوى هذه النماذج على مجموعة ضيقة من الاستدلالات لاستخدامات أو تطبيقات محددة (على سبيل المثال، تقييد التربة لعمل خندق كمكب للنفايات)، أو بها مجموعة متكاملة للغاية من الاستنتاجات حول الممارسات المعقدة التى تعتمد على عدد كبير من الاعتبارات، بعضها فقط خصائص تفسيرية للتربة (مثل نظام تصنيف القدرة الإنتاجية؛ Klingebiel and Montgomery, 1961). وتطوير تفسيرات استخدام معين للأرض يتبع طريقة علمية، مثل العمليات الأخرى فى حصر الأراضى. ويقوم العالم أو المجموعة بإعداد المعايير باستعراض المراجع، مقابلات الخبراء، عمل ملاحظات حول أداء التربة فى ظل استخدام محدد، تطوير مجموعة من المعايير باستخدام خصائص التربة الأساسية، اختبار المعايير، وأخيراً اعتماد النظام. والعملية ليست ثابتة؛ فكلما توفرت تقنيات جديدة، يجب إعادة تقييم المعايير.

تطور تفسير التربة (Developing a Soil Interpretation)

إحدى المهام الأولى لتطوير التفسير هى إنشاء جدول معايير للتربة والموقع والسمات المناخية التى قد تؤثر على استخدام الأرض. ويقدم جدول 8-1 مثالاً. يحتوى على مجموعة شاملة من المعايير لتفسير التربة لحقول خزانات امتصاص الصرف الصحى. وبعض المعايير قد لا تكون قابلة للتطبيق فى بعض الأماكن (على سبيل المثال، مناطق التربة المتجمدة). باستخدام هذا المثال، يحدد عالم التربة أو المجموعة التى تقوم بتطوير تفسير أولاً قائمة

بخصائص التربة المعروفة أو التى يعتقد أنها مهمة لحقول خزانات امتصاص الصرف الصحى. ويعتبر عمق مستوى الماء الأرضى، التوصيل الهيدروليكى المشبع، عمق الصخر الأصلى، عمق الطبقة الملتحمة، العمق إلى التربة المتجمدة، الانحدار، الفيضان، البرك، القطع > 75 مم، والقابلية للحركة إلى أسفل أو الهبوط من الخصائص الهامة. بعد تحديد قائمة خصائص التربة، يتم وضع حدود لكل خاصية وكل فئة. هذه المرحلة التكرارية هى عادة الأكثر صعوبة. وتختبر مجموعة المعايير الأولية فى مناطق مختلفة تحت مجموعة متنوعة من ظروف التربة. وقد تتطلب نتائج الاختبارات تعديلات على المعايير وإعادة الاختبار. بمجرد تعيين الحدود، يمكن ترتيبها فى الجدول طبقًا لدرجة الخطورة أو الأهمية. وتفسيرات التربة هى نماذج للتنبؤ بكيفية استجابة التربة تحت استخدام معين. وتستخدم مجموعة من القواعد أو المعايير تعتمد على خصائص التربة الأساسية أو الخصائص النموذجية أو فئات الخصائص. وفى بعض الحالات، يكون من الضرورى نمذجة مجموعة فرعية أو تفسير وسيط لتقييم خصائص مثل تأثير التجمد المحتمل أو التآكل أو احتمال حركة الكتلة.

جدول 8-1: خصائص التربة التفسيرية ودرجات المحددات لحقول خزانات امتصاص الصرف الصحى.

Interpretive soil property	Limitation class			Limiting feature
	Not limited	Somewhat limited	Very limited	
Total subsidence (cm)	---	---	> 60	Subsidence
Flooding	None	Rare	Very frequent, frequent, occasional	Flooding
Bedrock depth (m)	> 1.8	1–1.8	< 1	Too shallow
Cemented pan depth (m)	> 1.8	1–1.8	< 1	Too shallow
Free water occurrence (m)	> 1.8	1–1.8	< 1	Depth to saturation
Saturated hydraulic conductivity (µm/s)—				
Minimum 0.6 to 1.5 m [a/]	10–40	4–10	< 4	Slow water movement
Maximum 0.6 to 1 m [a/]			> 40	Poor filter
Slope (pct)	< 8	8–15	> 15	Too steep
Fragments > 75 mm [b/]	< 25	25–50	> 50	Large stones
Downslope movement			[c]	Landslides
Permafrost			[d]	Permafrost

[a/] 0.6 to 1.5 m pertains to the water transmission rate; 0.6 to 1 m pertains to filtration capacity.

[b/] Weighted average to 1 m.

[c/] Rate "severe" if occurs.

[d/] Rate "severe" if occurs above a variable critical depth (see discussion of the interpretive soil property).

تتطور التفسيرات غالبا استجابة لاحتياجات المستخدم؛ ويجب أن تتضمن عملية التطوير مدخلات من المستخدمين والمهنيين فى تخصصات أخرى. وملاحظات المستخدم بالغة الأهمية فى العملية التكرارية لتنقيح تفسير معين.

وخاصية التربة التفسيرية هى السمة التى يجب توفيرها للنموذج، عن طريق استخلاصها من قاعدة البيانات. ومع ذلك، يمكن تطبيق المعايير الواردة فى الجدول على التربة الفردية دون استخدام جهاز كمبيوتر، حسب الظروف. ويحدد درجات المعوق فريق الخبراء بالتعاون مع مستخدمى التفسير. كما يحدد الخبراء أحجام سمات التربة عند الدرجات الحرجة للتأثير ووجود أو غياب بعض الظروف. والمظهر المحدد هو السبب فى أن خاصية معينة للتربة تحد من استخدام الأرض.

جدول 8-2 يوضح كيفية تطبيق المعايير محليًا على أحد مكونات تربة Aksarben. ويشرح الجدولان 8-1 ،8-2 عملية تطوير التفسير. لاحظ فى جدول 8-2، أن خصائص التربة التى تنطبق على المنطقة المحلية هى المطلوبة

فقط، وعدد الخصائص التى يتم تقييمها أقل من العدد الوارد فى جدول 8-1.

جدول 8-2: قيم الخصائص التفسيرية المطبقة لأنظمة الصرف الصحى لمكون Aksarben.

Property	Limitation Class			Values
	Not limited	Somewhat limited	Very limited	
Flooding	X			None
Bedrock depth	X			> 1.8 m
Free water occurrence	X			> 1.8 m
Saturated hydraulic conductivity—				
Min. 0.6 to 1.5 m			X	2 µm/s
Max. 0.6 to 1 m	X			6 µm/s
Slope		X		8 percent
Fragments > 75 mm	X			0 percent

فى المثال أعلاه، الفيضان، عمق التربة، عمق الماء الحر، ومحتوى قطع الصخور ليست معوقة. ويمثل الانحدار، عند 8%، بعض القيود. والحد الأقصى للتوصيل الهيدروليكى المشبع فى نطاق العمق من 0.6 إلى 1.0 متر (6 ميكرومتر فى الثانية) غير معوق. ومع ذلك، فإن الحد الأدنى للعمق من 0.6 إلى 1.5 متر (2 ميكرومتر فى الثانية) يعد قيدًا شديدًا لأنه يتسبب فى بطء حركة الماء.

الاختبار وإعادة التقييم (Testing and Reevaluation)

يخضع النموذج التفسيرى للتدقيق المستمر من خلال تعليقات المستخدمين، من جمعيات مالكى المنازل المحليين والوحدات الحكومية إلى الوكالات والمنظمات البيئية الوطنية. ويواصل علماء التربة اختبار التفسيرات من خلال الملاحظات والمناقشات مع مجموعات المستخدمين المحليين أثناء عملية الحصر.

نظام التفسير الأمريكى الحالى (Current U.S. Interpretive System)

يصف هذا القسم كيفية تطور تفسيرات التربة وإدارتها فى الحصر التعاونى الوطنى للتربة (NCSS). ويتم مناقشة النظام شائع الاستخدام لوضع التربة فى درجة محدد أو صلاحية تفسيرية باختصار، ثم شرح النظام الأحدث والأكثر تطورا. ويستخدم النظام الأحدث مفاهيم النظام الضبابى للتعبير بشكل كامل عن درجة عضوية التربة فى فئة تفسيرية معينة.

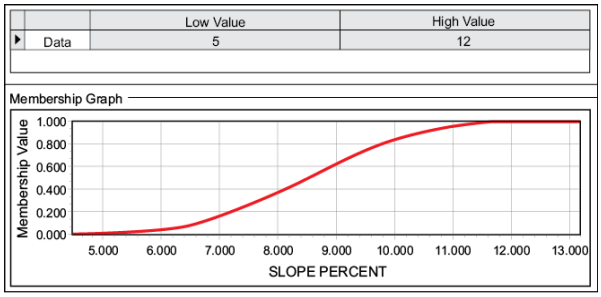
نظرة عامة على نظام التفسيرات (Overview of the Interpretations System)

يعبر عن نتائج تفسير التربة كدرجات محددة أو صلاحية. وتفسيرات نمط المعوق تضع التربة فى ثلاث درجات تفسيرية، "بسيطة" أو "متوسطة" أو "شديدة"، وتقرر أى خصائص التربة أو سماتها مقيدة لاستخدام الأرض. ومن أمثلة التصنيف "شديد" للمساكن ذات الطوابق السفلية التربة ذات قدرة عالية على الانكماش والتمدد. وتضع تفسيرات نمط الصلاحية التربة فى درجات تفسيرية "جيدة" أو "متوسطة" أو "ضعيفة" وتقرر خصائص التربة أو سماتها التى تجعل التربة أقل صلاحية للاستخدام أو الإدارة. ومثال على تصنيف "جيد" لمصدر رمال محتمل. وقد تتخذ أسماء الدرجات للنتائج التفسيرية شكل يناسب احتياجات المستخدم. ويفضل بعض المستخدمين بيانًا إيجابيًا مع قائمة بالخصائص المعوقة. وتم عديد من الحصر فى الولايات المتحدة بتفسيرات معبر عنها بهذه الطريقة.

مفاهيم النظام الضبابى (Fuzzy System Concepts)

الطرق الحالية لتطوير ومعالجة المعلومات التفسيرية لا تسمح فقط بإقرار أسماء الدرجات، بل أيضًا بالتقييمات الرقمية التى تدل على درجة المعوق أو صلاحية التربة لاستخدام الأراضى أو الإدارة. وتعتمد هذه الأرقام على مفاهيم النظام الضبابى (Cox and O'Hagan, 1998) التى تصف عضوية التربة فى مجموعة تكون إما معوقة أو صالحة للاستخدام المعين. باستخدام هذه التقنية، يمكن وصف وحدات خرائط التربة ومكونات وحدة الخريطة أنها أعضاء كاملة أو جزئية أو غير أعضاء فى مجموعة تفسيرية معينة. وتقدم هذه العضوية كمؤشر رقمى يتراوح من 0 إلى 1، فكلما ارتفع رقم المؤشر، كانت التربة عضوًا كاملا فى المجموعة، وبالتالى زادت درجة المعوق أو الصلاحية لاستخدام معين.

يقيم فريق الخبراء المتخصصين تأثير كل خاصية تربة على استخدام الأرض المعين ويحدد البدايات التفسيرية. لتفسير نمط التقييد، قد يكون لخاصية مثل درجة الانحدار مستوى غير مقيد ويكون المؤشر المرتبط 0، مما يعنى أن هذه التربة ليست عضوًا فى مجموعة التربة المعوقة بدرجة الانحدار. ومع زيادة الانحدار، تصل التربة إلى مستوى لا يمكن فيه نجاح استخدام معين للأرض ويكون المؤشر المرتبط هو 1، مما يعنى أن هذه التربة تقع فى مجموعة معوقة بدرجة الانحدار. ويتم رسم هذه العلاقة بمنحنى يسمى تقييم أو دالة العضوية (انظر شكل 8-1).



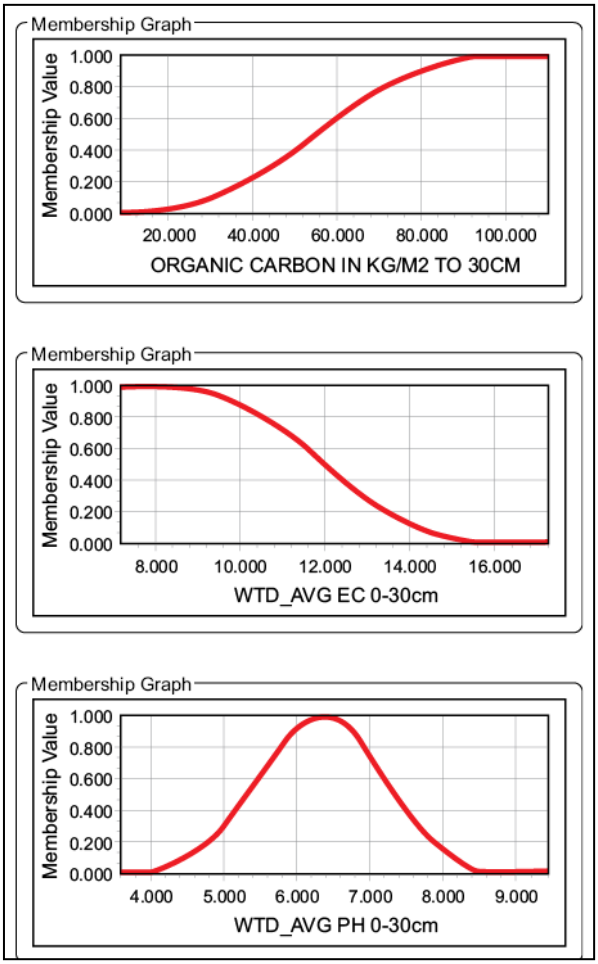
شكل 8-1: دالة العضوية للنسبة المئوية للانحدار لتفسير نمط المعوق حيث تشير قيمة العضوية 1 إلى معوق وتشير القيم الأقل إلى تقييد أقل (انحدارات بسيطة).

المثال فى شكل 8-1، عندما يكون الانحدار 12% أو أكثر، تكون التربة معوقة لاستخدام الأرض. وعندما يكون الانحدار 5% أو أقل، تكون التربة غير معوقة. ويعطى الانحدارات بين 5، 12 تصنيفات عددية تشير إلى درجة العضوية الجزئية فى مجموعة التربة المعوقة بسبب الانحدار. ويتم تحديد طبيعة المنحنى أيضًا بواسطة فريق الخبراء.

ويتكون النظام الآلى الشامل من ثلاثة أجزاء: (1) سمة مستخرجة من قاعدة البيانات، (2) تقييم قيمة عضوية السمة، و (3) سبب أو وصف قيمة العضوية. وترتبط مجموعة من هذه الأجزاء بكل تربة أو موقع أو سمة مناخية. يمكن تحديد نطاق عمق معين لبيانات الأفق، وتحليل عناصر مثل الرطوبة الموسمية والفيضانات والبرك شهريا. كما يمكن استخدام البيانات الموجودة لنمذجة جزء من البيانات التى لم يتم التقاطها فى حصر الأراضى. وتخضع بيانات التربة أو الموقع أو المناخ المستخرجة من قاعدة البيانات لتقييم يتم فيه تصنيف البيانات المقدرة مقابل منحنى مثل الذى فى شكل 8-1. هذه المنحنيات لها ثلاثة أشكال أساسية: الأكثر هو الأفضل، الأقل هو الأفضل، أو تركيز متوسط المدى هو الأفضل للاستخدام المقصود (شكل 8-2). ويعتبر عزل الكربون أو تعظيم غلة المحاصيل أمثلة على الاستخدامات المقصودة.

من التقييم، يتم إرسال التصنيف الخاص بخاصية معينة إلى القاعدة الفرعية المقابلة حيث يتم إرفاق سبب التصنيف بقيمة العضوية. وأسباب التصنيف تكون عبارات تصف طبيعة العامل المحدد، مثل "شديدة الانحدار" أو "فيضانات" أو "مبتلة جدًا" أو "واسعة جدًا". ولأن أكثر من تصنيف يشكل عادة التفسير، يشار إلى القواعد أنها فرعية (child rules) فى نظام الولايات المتحدة. ويتم دمج قيم العضوية التى تنتجها مجموعة القواعد الفرعية

التى تشكل نموذجًا تفسيريًا (القاعدة الرئيسية) باستخدام الرياضيات الغامضة لإنتاج قيمة عضوية إجمالية من 0 إلى 1 (رقم الدليل). ويتم تعيين قيمة العضوية النهائية وتصنيف المحدد أو الصلاحية اللفظية المرتبط بها فى القاعدة الأصلية.

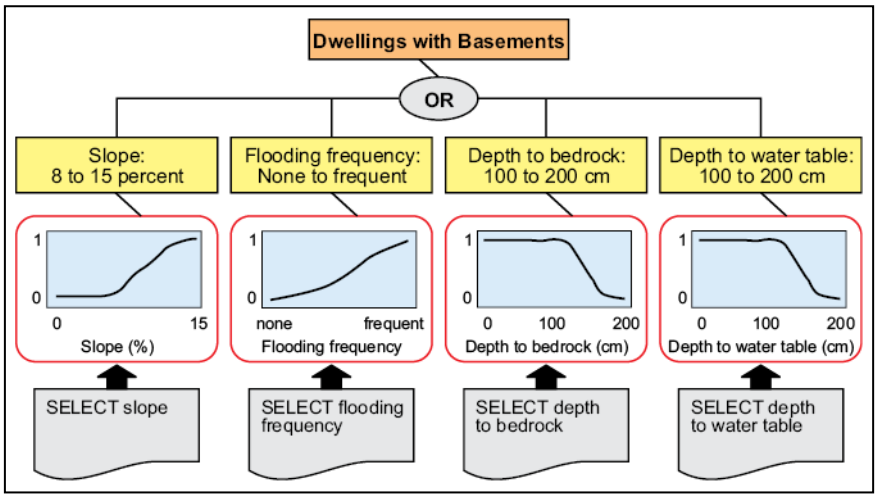


شكل 8-2: رسوم بيانية تمثل أنماط الصلاحية الأساسية الثلاثة. الأعلى: الأكثر أفضل. فى هذه الحالة، محتوى الكربون العضوى الأكبر (كجم / متر مربع) فى 30 سم العليا من التربة أفضل. الأوسط: الأقل أفضل. فى هذه الحالة، التوصيل الكهربائى الأقل (dS/m) فى 30 سم العليا من التربة أفضل. الأسفل: النطاق المتوسط أفضل. فى هذه الحالة، نطاق pH المتوسط فى 30 سم العليا من التربة أفضل.

شكل 8-3 رسم تخطيطى لقاعدة أصلية مبسطة للمساكن ذات طوابق سفلية. يفرض عامل التشغيل "or" أنه وفقًا لقواعد الرياضيات الضبابية لتفسير نمط التحديد، يتم إرجاع أعلى قيمة عضوية من مجموعة القواعد الفرعية كتقييم كلى (رقم الدليل) لمكون معين. وتمثل المستطيلات القواعد الفرعية للسمات المعوقة. ويستخدم عادةً عامل التشغيل "and"، الذى يُرجع أدنى قيم عضوية للقاعدة الفرعية، لتفسيرات نمط الصلاحية حيث تحدد السمة الأقل صلاحية مدى جودة التربة لاستخدام الأرض. وتتضمن المشغلات الأخرى "المتوسط" و "المجموع" و "الناتج". ويعتمد المشغل المستخدم فى النموذج التفسيرى على العوامل الأكثر منطقية بالنسبة للنظام الذى يتم تصميمه.

تقييم المعوقات (Limitation Ratings)

يمكن تصنيف التربة طبقا لمعوقات الاستخدامات. وتعتمد تقديرات المحددات على أخطار أو مخاطر أو عوائق خصائص التربة غير المثارة. ويتكون التصنيف من مجموعة من المصطلحات الوصفية وقيم العضوية التى تحدد عضوية التربة فى مجموعة لها مظاهر معوقة.



شكل 8-3: رسم تخطيطى لقاعدة أصلية افتراضية للمساكن ذات الطوابق السفلية (تفسير نمط معوق).

غير محددة (Not limited): التربة فى هذه الفئة التفسيرية ليست عضوا فى مجموعة التربة التى بها معوقات. ويخصص لها رقم مؤشر 0. وتعطى أداءً مرضيًا مع تعديل قليل أو بدون تعديل. وتكون التعديلات أو العمليات التى يمليها الاستخدام بسيطة وغير مكلفة. ومع الصيانة العادية، يجب أن يكون الأداء مرضيًا لفترة زمنية مقبولة للاستخدام.

محددة نوعًا (Somewhat limited): التربة فى هذه الفئة التفسيرية عضو جزئى فى مجموعة بها معوقات. وقيمة العضوية أكبر من 0 وأقل من 1.0. وكلما زادت قيمة العضوية، زادت عضوية التربة فى مجموعة بها سمات أو خصائص معوقة. على سبيل المثال، تربتان (A و B) لهما عضوية جزئية فى مجموعة تربة محددة ومنحدرة. والتربة A لها مؤشر عضوية 0.13 بينما مؤشر عضوية التربة B هو 0.87. ورغم أن التربتين لهما انحدار معوق، إلا أن التربة A أقل تقييدًا من التربة B. والتربة العضو جزئيا فى مجموعة محددة لاستخدام معين لا تتضمن مخاطر أو تكلفة استثنائية لهذا الاستخدام. ومع ذلك، تكون بها بعض خصائص أو مظاهر غير مرغوبة. ويلزم تعديل التربة نفسها أو التصميم الخاص أو الصيانة لتحقيق أداء مرضٍ خلال فترة زمنية مقبولة. وعادةً تزيد التدابير المطلوبة تكلفة إنشاء الاستخدام أو الحفاظ عليه، لكن التكلفة المضافة تكون غير باهظة عموما.

محددة جدا (Very limited): التربة فى هذه الفئة التفسيرية عضو فى مجموعة محددة لاستخدام أو ممارسة إدارة معينة. ولها رقم مؤشر 1.0. وإذا لم يتم تعديل التربة ، تكون لها مخاطر عالية للاستخدام. وتحتاج تصميم خاص أو زيادة كبيرة فى تكلفة الإنشاء أو تكلفة صيانة أعلى لتحقيق أداء مقنع خلال فترة زمنية مقبولة. ويصنف المعوق المطلوب إزالته واستبداله بأنه "محدد جدا". ولا يعنى هذا أنه لا يمكن تهيئة التربة لاستخدام معين، بل أن تكلفة التغلب على المعوق ستكون مرتفعة.

غير مُصنَّفة (Not rated): فئة تفسيرية خاصة تُستخدم فقط عندما تكون البيانات الأساسية لإنتاج التصنيف غير موجودة.

تقييم الصلاحية (Suitability Ratings)

يمكن تصنيف التربة حسب درجة صلاحيتها لاستخدامات معينة. وتعتمد تصنيفات الصلاحية على خصائص التربة التى تؤثر على سهولة استخدام أو تهيئة التربة لاستخدام معين. وتستخدم تقييمات الصلاحية مصطلحات وصفية (الدرجات) مع وظائف التسجيل المفهرسة لتحديد عضوية التربة فى مجموعة التربة التى تحتوى على مظاهر أو خصائص تدعم استخدام المقصود التربة أو إدارتها. وتختلف تصنيفات الصلاحية عن تصنيفات التقييد فى أن تصميم النموذج التفسيرى يقرر مظاهر التربة التى تدعم التطبيق المقصود بدلاً من المظاهر المعوقة.

جيدة (Good): التربة عضو فى مجموعة لها خصائص تحافظ على الاستخدام المقصود أو ممارسة الإدارة. ورقم المؤشر لها 1.0. ويتوقع أداء مرضى وتكلفة صيانة منخفضة.

متوسطة (Fair): التربة عضو جزئى فى مجموعة لها خصائص تحافظ على الاستخدام المقصود. ورقم المؤشر أكبر من 0 وأقل من 1.0. وكلما زادت قيمة المؤشر، زادت عضوية التربة فى مجموعة التربة الصالحة للاستخدام أو ممارسة الإدارة، وكلما كانت خصائص التربة أفضل. على سبيل المثال، التربتان (A و B) لهما عضوية جزئية فى مجموعة تربة ملائمة كمصدر للرمل. ومؤشر العضوية 0.27 للتربة A بينما يبلغ 0.78 للتربة B. ورغم أن التربتين عضوان جزئيًا فى مجموعة التربة التى تعد مصدرًا "متوسطا" للرمل، إلا أن التربة B هى الأنسب. وتتطلب التربة العضو جزئيا فى مجموعة صالحة لاستخدام معين تكلفة إضافية لأن لها خصائص أو مظاهر معينة غير مرغوبة. وتتناسب التكلفة بشكل عام مع مؤشر العضوية.

ضعيفة (Poor): التربة ليست عضوا فى مجموعة التربة الملائمة للاستخدام المحدد أو ممارسة الإدارة. ولها رقم مؤشر 0. هذه التربة لها خاصية واحدة أو أكثر غير مواتية للاستخدام المحدد. على سبيل المثال، تُصنف التربة التى لا تحتوى رمل على أنها مصدر رديء للرمل. وعكس المعوقات الأخرى، لا توجد وسيلة أو علاج لتصحيح نقص الرمل فى التربة. ولا تحتوى عمومًا على حلول علاجية. ويمكن أيضًا استكمال تصنيفات الصلاحية بالخصائص المعوقة التى تؤثر على أداء التربة لاستخدام معين. قد تكون المظاهر المعوقة بيان بخصائص التربة المهمة لاستخدام معين ويتم سردها مع كل فئة تنطبق عليها. ومن الأمثلة "متوسطة - مستوى ماء أرضى على عمق 25 إلى 50 سم" و "ضعيفة - صخر على عمق أقل من 50 سم". وإدراج الصلاحية مع المظاهر المعوقة بهذه الطريقة يعطى المستخدم معلومات أكثر اكتمالاً عن طريق تحديد الخصائص أو المظاهر الأخرى التى قد تحتاج إلى معالجة لاستخدام معين.

معظم التفسيرات المصممة للاستخدام العام على نطاق واسع (مثل تلك المستخدمة فى إقليم جغرافى كبير أو دولة) لها أهداف محددة بدقة على أنها إما معوقات أو صلاحية. ويفضل بعض المستخدمين تعبيرات تفسيرية تستخدم كلا النهجين، مثل بيان الصلاحية وأيضًا قائمة بالخصائص المعوقة طبقا لشدة أو صعوبة التغلب عليها.

وتجرى عادةً التفسيرات بواسطة الكمبيوتر بشكل منفصل لكل مكون فى وحدة الخريطة لأى مساحة. ويعطى تقييم ملخص مجمّع لكل وحدة خريطة. وتسمح التقنيات الحالية للمستخدمين برسم مخرجات تفسيرية للمكون المعوق أكثر، أو المكون الأقل، أو الحالة السائدة، أو المتوسط الوزنى، أو الخاصية المعوقة. وتسمح نظم المعلومات الجغرافية الحالية (GIS) أيضًا بعرض النتائج التفسيرية لمناطق جغرافية واسعة وبطرق متنوعة، بما فى ذلك الخرائط الموضوعية والمخططات والجداول القياسية.

وحدات الخريطة وتفسيرات التربة (Map Units and Soil Interpretations)

يناقش هذا القسم العلاقات بين المصطلحات والتقاليد المستخدمة لتحديد ووصف وحدات الخريطة (انظر الباب الرابع) وتفسيرات التربة. ومكونات وحدات الخريطة هى الكيانات التى يتم تقديم تفسيرات لها. وتطبق المعلومات التفسيرية على مساحات من الأرض من خلال وصف وحدات الخريطة وتعتمد على فهم وحدة الخريطة المستخدم فى التفسيرات.

وحدات الخريطة النقية والمجمعة والمركبة (Consociations, Associations, and Complexes)

بالنسبة لوحدات الخريطة النقية (consociations)، تتعلق التفسيرات عمومًا بتربة واحدة مسماة وقابلة للتطبيق فى كل الترسيم، رغم أنه يمكن تصنيف المكونات الثانوية إذا كانت البيانات المرتبطة بها موثوقة. وبالنسبة للوحدات المجمعة (associations) والمركبة (complexes)، يمكن إعطاء تفسير لكل مكون مسمى بالإضافة إلى المكونات غير المسماة أو لوحدة الخريطة ككل، اعتمادًا على الهدف. وفى وصف وحدة الخريطة، يتم توفير

معلومات عامة حول التواجد الجغرافى للمكونات على الهيئة الطبيعية. ومن هذه المعلومات، يمكن تطبيق تفسيرات لكل مكون من المكونات المسماة لوحدة الخريطة على الجزء الذى يوجد فيه. هذا التطبيق يتطلب معلومات تتجاوز ما يمكن أن توفره خريطة التربة وحدها. ومطلوب موقع كل تربة داخل ترسيم وحدة الخريطة. ويوفر وصف وحدة الخريطة معلومات عن موقع وامتداد كل مكون مسمى من مكونات وحدة الخريطة.

وتختلف وحدات الخريطة فى خصوصية التربة المسماة وبالتالى فى اتساع النطاقات لمختلف خصائص التربة التفسيرية. وأطوار مكونات التربة التى تعتمد على السلسلة تعتبر مفاهيم تربة أكثر تحديدًا من أطوار مكونات التربة التى تستند إلى مستوى تصنيف أعلى، مثل مجموعة كبرى، على سبيل المثال، **Haplaquods**. وبالتالى، فإن المعلومات التفسيرية لطور مكون من التربة تعتمد على سلسلة التربة لها نطاقات أضيق من تلك التى تستند إلى فئة تصنيفية أعلى.

التربة المشابهة (Similar Soils)

التربة المشابهة تختلف قليلاً عن التربة المسماة فى وحدة الخريطة بحيث لا توجد اختلافات مهمة فى التفسيرات. وهذه التربة ليست مكونات مسماة فى وحدة الخريطة. ويقتصر تعريفها على وصف موجز للمظاهر التى تختلف فيها عن التربة المسماة. على سبيل المثال: "الجزء العلوى فى بعض الأماكن طين سلتى. وفى مساحات قليلة، تحتوى الطبقة التحتية على تجمعات جيرية قليلة".

التربة غير المشابهة (Dissimilar Soils)

وحدات الخريطة لها نسب معينة من التربة التى تختلف عن التربة المسماة بما يكفى للتأثير على التفسيرات الرئيسية. وتسمى هذه التربة غير مشابهة (**dissimilar**) (انظر الباب الرابع). ويكون عدم المشابهة عادة أن سلوك التربة مختلف. وتسمى التربة غير المشابهة فى وصف وحدة الخريطة إذا كانت جزءًا من اسم وحدة خريطة أخرى فى منطقة الحصر. خلاف ذلك، يتم وصف التربة غير المشابهة بإيجاز بطريقة عامة، على سبيل المثال، "تربة متوسطة القوام مع طبقة صخرية على عمق أقل من 50 سم". ويمكن تحديد موقع التربة غير المشابهة بالنسبة للهيئة الطبيعية. ويمكن الحصول على الاستدلالات المتعلقة بتأثير التربة غير المشابهة على سلوك وحدة الخريطة من خصائصها التفسيرية وموقعها على الهيئة الطبيعية. ويوضح وصف وحدة الخريطة كيفية تأثير التربة غير المشابهة على سلوك التربة. ولا تتضمن خصائص التربة المجدولة والتفسيرات المتعلقة خصائص وتفسيرات التربة غير المشابهة. وتتأثر تقديرات المحصول بوجود تربة غير مشابهة إذا كانت تعتمد على مستوى القياس الحقلى. وإذا تأثرت الغلة بشكل كبير، فمن المحتمل أن تكون التربة غير المشابهة مكونًا مسمى لوحدة الخريطة.

بالنسبة للوحدات النقية (**consociations**)، تتعلق التفسيرات بتربة واحدة مسماة والتربة المشابهة. وبالتالى يكون لها إمكانية للتطبيق فى جميع أنحاء الترسيم أكبر من وحدات الخريطة المسماة لأكثر من وحدة تصنيفية. بالنسبة للوحدات المجمعة (**associations**) والمركبة (**complexes**)، احتمال وجود أنواع مختلفة من التفسير يكون أعلى من **consociations**، إلا إذا كانت التربة مشابهة. وقد يلزم تقديم التفسيرات على أساس الاحتمال أو الإمكانية. وعندما ترتبط التربة بأشكال أرضية معينة أو أجزاء منها، تكون التفسيرات مرتبطة بالتربة والتضاريس.

التجميع (Aggregation)

فى قاعدة بيانات حصر الأراضى الحديثة، قليل جدًا من وحدات الخرائط تتكون من مكون واحد؛ ودائما توجد بعض المكونات الثانوية ويتم تفسيرها. ويمثل هذا تحديًا لعرض المخرجات التفسيرية فى نظام المعلومات الجغرافية، حيث يمكن ربط قيمة واحدة فقط بمضلع (**polygon**). وتكون هناك حاجة إلى طريقة لتجميع البيانات عبر المكونات. واعتمادًا على سياق التفسير وما هو منطقى للعرض، يمكن استخدام إحدى الطرق العديدة إما على أساس فئات التقييم أو قيم العضوية. وتاريخيًا، على سبيل المثال، تم عرض فئة التقييم (مثال، **slight,**

(moderate, or severe) للمكون السائد باللون الأخضر أو الأصفر أو الأحمر لترسيم وحدة الخريطة. بالنسبة لوحدات الخرائط متعددة الوحدات التصنيفية، قد يمثل هذا 40% من مساحة وحدة الخريطة. وحدات الخريطة متعددة الأصناف، يمكن استخدام تجميع الحالة السائدة لوصف أكثر من وحدة الخريطة. فى هذه الطريقة، يتم عرض وحدة التصنيف المرتبطة بأعلى مجموع للنسب المئوية للمكون. فى بعض الحالات، يكون منطقيا عرض الحالة الأقل أو الأكثر تحديدًا لوحدة الخريطة. كما يمكن إعادة تصنيف قيم العضوية لإنشاء فئات أكثر لرسمها لتمثل تدرج الفئة متوسطة التحديد. إذا استخدم جزء كبير من مساحة وحدة الخريطة فى سياق استخدام الأراضى، كما هو الحال فى التطبيقات الزراعية مثل مؤشرات الإنتاجية، يكون المتوسط الوزنى لقيم العضوية حسب النسبة المئوية للمكون هو الأنسب. (للحصول على معلومات إضافية، انظر الملحق 4، الجدول 4-A).

خصائص التربة التفسيرية (Interpretive Soil Properties)

يتم توفير تفسيرات حصر الأراضى لاستخدامات محددة. وتعتمد تفسيرات كل استخدام على مجموعة من الخصائص التفسيرية للتربة. تشمل هذه الخصائص عموميات الموقع (مثال، درجة الانحدار)، القياسات على الآفاق الفردية (مثال، التوزيع الحجمى للحبيبات)، والخصائص المتكررة زمنيا المتعلقة بالتربة ككل (مثال، عمق الماء الحر).

شرح الأوصاف المختصرة لعديد من خصائص التربة التفسيرية شائعة الاستخدام المستخدمة فى NCSS أدناه. بالنسبة للعرض المنطقى، تجمع فى فئات: بيانات الموقع والمكون والأفق؛ المظاهر أو العمليات الفيزيائية؛ الانجراف؛ والتآكل. وقد تم تعيين الفئات الرسمية لعديد من خصائص التربة التفسيرية. وتعطى هذه الفئات عند استخدامها فى الأوصاف المورفولوجية الحقلية. وجميع هذه الفئات تم وصوفها فى كتاب حصر الأراضى الوطنى (National Soil Survey Handbook) (USDA-NRCS). وقد تفرض الظروف المحلية خصائص تفسيرية أخرى للتربة أو تركيزًا أكبر على تقسيم فرعى لبعض الخصائص التفسيرية المدرجة هنا.

بيانات الموقع (Site Data)

المناخ (Climate)

متوسط درجة حرارة الهواء السنوى (Mean annual air temperature): متوسط درجة حرارة الهواء للسنة التقويمية.

فترة عدم التجمد (Frost-free period): متوسط أطول فترة لكل سنة تقويمية خالية من التجمد.

متوسط الأمطار السنوى (Mean annual precipitation): متوسط الرطوبة السنوية لكل سنة تقويمية، متضمنة الأمطار والأشكال الصلبة للمياه.

الهيئة الطبيعية (Landscape)

الانحدار (Slope): نطاق درجة الانحدار، كنسبة مئوية.

اتجاه الانحدار (Slope aspect): الاتجاه الذى يواجهه الانحدار بالدرجات.

شكل الانحدار (Slope shape): سطح الأرض إما محدب أو مقعر أو خطى.

الارتفاع (Elevation): الارتفاع فوق مستوى سطح البحر.

المكون الجيومورفى (Geomorphic component): الجزء من شكل الأرض الذى تشغله التربة (على سبيل المثال، interfluve, head slope, nose slope, side slope).

الموقع من انحدار التل (Hillslope position): الموضع الذى تشغله التربة على الهيئة الطبيعية (على سبيل

المثال، summit, shoulder, backslope, footslope, toeslope).

بيانات المكون (Component Data)

توصيف الماء الحقلى (Field Water Characterization)

سعة الماء الميسر (Available water capacity (AWC)): حجم الماء الذى تحتفظ به طبقة التربة بين الشد 10 كيلو باسكال (التربة الرملية) أو 33 كيلو باسكال و 1500 كيلو باسكال. يعتبر الماء متاحًا لمعظم النباتات الزراعية الشائعة. وتنخفض كمية الماء اعتمادًا على حجم قطع الصخور والتأثيرات الأسموزية لتركيز الأملاح المرتفع. ويعبر عن كمية الماء كحجم وسمك. والمعيار المرجعى هو فرق الاحتفاظ بالماء (under 4C in Soil Survey Staff, 2014a). ويتم خفض اختلاف احتفاظ الماء للتشعب الجذرى غير المكتمل المرتبط بآفاق تصنيفية معينة ومظاهر تشخيصية و / أو تقييدية (مثل fragipans) وللخصائص الكيميائية التى تدل على تقييد الجذر (مثل المحتوى المرتفع من الأملاح والمستويات المنخفضة من الكالسيوم الميسر، أو مستويات عالية من الألومنيوم القابل للاستخلاص). وكمية الماء المتاح إلى أقصى عمق متوقع لاختراق الجذر (عادة إما 1 أو 1.5 متر) أو للحد الطبيعى أو الكيميائى للجذور، أيهما أقل ضحالة، تمت صياغتها فى مجموعة من أقسام تخزين المياه المتاحة فى منطقة الجذور. ويختلف عمق انتشار الجذور المفترض وحدود الأقسام المنصوص عليها حسب أنظمة الرطوبة التصنيفية.

مجموعات التربة الهيدرولوجية (Hydrologic soil groups (HSG)): فئات تفسيرية لها إمكانات جريان مماثلة تحت ظروف أقصى ابتلال سنوى. ويفترض أن سطح الأرض مكشوف وأن الجليد لا يعيق تشرب وانتقال الماء إلى أسفل. فى بعض الحالات، تستخدم HSG كخاصية للتربة.

الفيضان (Flooding): الغمرعن طريق جريان المياه. يوضع تكرار ومدة الفيضان فى فئات.

البرك (Ponding): الغمر بالماء الراكد. تسجل مدة وشهور السنة التى تحدث فيها البرك.

حالة الرطوبة (Moisture status): سمك المنطقة بحالة مائية معينة، نوع الحالة المائية، أشهر السنة التى توجد فيها الحالة المائية داخل التربة. تُستخدم ثلاث فئات عامة لحالة المياه فى قاعدة بيانات مسح التربة: الجافة والرطبة والمبتلة. ويقدم الباب الثالث فئات أكثر دقة. فى قاعدة بيانات حصر الأراضى، تكون الفئة المبتلة مشبعة بالرطوبة وتشمل الفئة الرطبة غير مشبعة. وكل من المبتلة المشبعة وغير المشبعة فئات مبتلة فرعية فى الباب الثالث. وهناك أيضًا مجموعة من الفئات لوجود الماء الداخلى الحر. تشمل هذه الفئات العمق والنوع وشهور السنة التى توجد فيها منطقة من المياه الحرة داخل التربة. ويعرف الماء الحر بأنه مشبع من خلال التشبع.

بيانات الأفق (Horizon Data)

حجم الحبيبات والقطع > 2 مم (Particle Size and Fragments > 2 mm)

فئات القوام وتعديلات وزارة الزراعة الأمريكية (USDA texture classes and modifiers): القوام هو الجزء النسبى، وزنا، لحبيبات الرمل والسلت والطين (فئات القوام). وتعدل الفئات بأقسام وصفية على أساس نسبة وحجم وشكل قطع الصخور ونسبة المادة العضوية، إذا كان محتواها مرتفعًا.

مفصولات حجم الحبيبات (Particle-size separates (based on < 2 mm fraction)): مفصولات حجم الحبيبات المسجلة فى قاعدة بيانات حصر الأراضى هى النسبة المئوية للرمل الكلى (2.0–0.05 مم)، رمل خشن جدًا (2.0–1.0 مم)، رمل خشن (1.0 –0.5 مم)، رمل متوسط (0.5-0.25 مم)، رمل ناعم (0.25 - 0.10 مم)، رمل ناعم جدًا (0.10-0.05 مم)، سلت كلى (0.05 - 0.02 مم)، سلت خشن (0.05 - 0.02 مم)، سلت ناعم (0.02-0.002 مم)، طين كلى (<0.002 مم)، وطين كربونات. ويتم التعبير عن النسب المئوية كنسبة مئوية وزنية

للجزء أقل من 2 مم. بالنسبة للتربة التى تفرق بصعوبة، يتم تقييم النسبة المئوية الكلية للطين عادة على أساس نسبة احتفاظ الماء عند 1500 كيلو باسكال إلى الطين.

قطع التربة> 250 مم (Soil fragments > 250 mm (based on whole soil)): يعبر عنها كنسبة مئوية وزنية للأفق الذى تشغله قطع تصل إلى حد أعلى غير محدد (حجم قطع الصخور لا يتجاوز حجم البيدون). وتشمل الصخر الأصلى، مواد شبيهة بالصخور، عقد، تجمعات صلبة، ومواد خشبية (تربة عضوية). لا يتم تضمين القطع التى يزيد حجمها عن 250 مم فى تحديد مواضع الفئة الموحدة أو AASHTO، ولكنها قد تؤثر بشكل كبير على صلاحية التربة لاستخدامات معينة.

القطع 75-250 مم (Soil fragments 75–250 mm (based on whole soil)): يعبر عنها كنسبة مئوية وزنية من الأفق الذى تشغله قطع بحجم 75-250 مم. وتشمل قطع الصخر الأصلى، مواد شبيهة بالصخور، عقد، تجمعات صلبة، ومواد خشبية (تربة عضوية). ولا يتجاوز الحد الأعلى لحجم القطع حجم البيدون. ولا تؤثر القطع التى يزيد حجمها عن 75 مم على مواضع الفئة الموحدة و AASHTO، ولكن قد يكون لها تأثير كبير على مدى الصلاحية لاستخدامات معينة.

قطع التربة > 2 مم (Soil fragments > 2 mm (based on whole soil)): يعبر عن الكمية كنسبة مئوية من حجم الأفق الذى تشغله قطع > 2 مم. وتتضمن البيانات المرتبطة نوع وحجم وشكل واستدارة وصلابة القطع. وتشمل قطع الصخور، مواد شبيهة بالصخور، عقد، تجمعات صلبة، ومواد خشبية (تربة عضوية).

النسبة المئوية لمناخل المرور أرقام 4 و 10 و 40 و 200 (على أساس القطع > 75 مم) (Percent passing sieve numbers 4, 10, 40, and 200 (based on < 75 mm fraction)): النسبة المئوية الوزنية للمادة التى تمر من كل منخل. ويبلغ قطر الفتحات 4.8 مم للمنخل رقم 4 و 2.0 مم لرقم 10 و 0.43 مم لرقم 40 و 0.075 مم لرقم 200. ويعبر عن الكميات كنسبة مئوية للقطع > 75 مم. يمكن تقدير المواد المارة من المنخلين رقمى 4 و 10 فى الحقل (انظر الباب الثالث) أو قياسها فى المكتب أو المعمل. ويمكن قياس المواد التى تمر من المنخلين رقمى 40 و 200 مباشرة فى المعمل. كما يمكن تقدير النسبة المارة من قياسات حبيبات وزارة الزراعة الأمريكية وقطع الصخور التى تجرى فى الحقل أو المعمل.

التحليلات المتعلقة بنسيج التربة (Soil Fabric-Related Analyses)

الكثافة الظاهرية الرطبة (Moist bulk density): الوزن الجاف فى الفرن بالميجاجرام مقسومًا على حجم التربة بالمتر المكعب عند أو قرب السعة الحقلية، باستثناء وزن وحجم القطع > 2 مم.

نسبة الامتداد الخطى (Linear extensibility percent (LEP)): فرق الحجم الخطى العكسى لكتلة طبيعية بين السعة الحقلية وجفاف الفرن، بما فى ذلك قطع الصخور. ويعبر عن تغير الحجم كنسبة مئوية لتغير التربة كلها. ويعتمد LEP الفعلى (الانكماش والتمدد) على الحد الأدنى من محتوى الماء فى ظل الظروف الحقلية. ولا تحتوى التربة العضوية عادةً على تغيرات عكسية فى الحجم عند تجفيفها فى الفرن. وتحدد فئات الانكماش والتمدد على أساس LEP.

الاحتفاظ بالماء (Water retention (10, 33, and 1500 kPa)): محتوى الماء الذى يتم الاحتفاظ به عند شد 10، 33، 1500 كيلو باسكال، معبرًا عنه كنسبة مئوية من وزن التربة الجافة بالفرن بما فى ذلك قطع الصخور (التربة الكاملة). وتجرى القياسات فى المعمل على الكتل (لشد 10، 33 كيلو باسكال) والعينات المنخولة (لشد 1500 كيلو باسكال). وتُستخدم وظائف Pedotransfer أيضًا لتقدير محتوى الماء عند شد 10، 33، 1500 كيلو باسكال.

سعة الماء الميسر (Available water capacity): يعرف هذا فى قسم "توصيف الماء الحقلى" على أنه حجم

الماء الميسر للنباتات إذا كانت التربة، بما فى ذلك قطع الصخور، عند السعة الحقلية. والسعة الحقلية هى حجم الماء المتبقى فى التربة بعد يومين أو ثلاثة أيام من الابتلال وبعد أن يصبح الصرف الحر ضئيلاً. ويعبر عن محتوى الماء كحجم وسمك. والماء المتاح هو كمية الماء المحتفظ بها بين 10 أو 33 و 1500 كيلو باسكال. ويجب تخفيض الاختلاف فى الاحتفاظ بالماء للطبقات التى تعيق الجذور والتى ترتبط بآفاق وسمات تصنيفية معينة (مثل fragipans) وللخصائص الكيميائية التى تدل على تقييد الجذور (مثل المستويات المنخفضة من الكالسيوم الميسر والمستويات العالية من الألومنيوم المستخلص). كما يمكن إجراء تعديلات للتأثير الأسموزى لتركيزات الأملاح المرتفعة، إن وجدت.

التوصيل الهيدروليكى المشبع (Saturated hydraulic conductivity (K_{sat})): كمية الماء الذى يتحرك إلى أسفل خلال وحدة المساحة للتربة المشبعة فى مكانها فى وحدة الزمن فى ظل وحدة تدرج هيدروليكى. ويستخدم لبيان معدل حركة الماء فى التربة إلى أسفل فى ظل ظروف مشبعة (ووحدة تدرج هيدروليكى). وتعريف درجات التوصيل الهيدروليكى المشبع فى الباب الثالث.

التصنيف الهندسى (Engineering Classification)

حد السيولة (Liquid limit (LL)): محتوى الماء عند التغير بين الحالة السائلة والمرنة. ويقاس على أساس مادة التربة الموحلة (puddled) تمامًا التى مرت بمنخل رقم 40 (0.43 مم) ويعبر عنه على أساس الوزن الجاف. وتوضع القيم عادة فى أقسام تفسيرية.

دليل المرونة (Plasticity index (PI)): نطاق محتوى الماء الذى تكون فيه مادة التربة مرنة. والقيمة هى الفرق بين حد السيولة وحد المرونة لمادة التربة المبتلة تمامًا والتى مرت بالمنخل رقم 40 (0.43 مم). وحد المرونة هو محتوى الماء عند الحد الفاصل بين الحالة المرنة وشبه الصلبة. وتوضع القيم فى أقسام تفسيرية.

التصنيف الموحد (Unified classification): نظام تصنيف تفسيرى لمواد التربة مصمم لأغراض البناء العامة. يعتمد على توزيع حجم الحبيبات < 75 مم وحد السيولة ودليل المرونة وما إذا كانت مادة التربة تحتوى على نسبة عالية من المادة العضوية. هناك ثلاثة أقسام رئيسية: مادة تربة معدنية بها أقل من 50% حبيبات < 0.074 مم (تمر من منخل 200 mesh)، ومادة تربة معدنية تحتوى 50% أو أكثر حبيبات < 0.074 مم، ومواد تربة عضوية. وتنقسم الأقسام الرئيسية إلى مجموعات على أساس حد السيولة ودليل المرونة وخشونة المادة التى يزيد قطرها عن 0.074 مم (لا تمر من منخل 200 mesh).

تصنيف آشتو (AASHTO classification): نظام تصنيف تفسيرى لمواد التربة لإنشاء الطرق السريعة والمطارات (Procedure M 145-91; AASHTO, 1997). ويعتمد على توزيع حجم الحبيبات < 75 مم وحد السيولة ودليل المرونة. ويفصل النظام مواد التربة التى تحتوى 35% أو أقل حبيبات تمر من منخل رقم 200 (قطرها < 75 مم) عن مواد التربة التى تحتوى أكثر من 35%. كل قسم ينقسم إلى مجموعات تصنيف على أساس الإرشادات التى تستخدم حجم الحبيبات وحد السيولة وتغير الحجم. ويمكن حساب مؤشر المجموعة بناءً على حد السيولة ودليل المرونة بالإضافة إلى النسبة المئوية للحبيبات < 0.074 مم. ودليل المجموعة عبارة عن كمية عددية على أساس مجموعة من الصيغ.

التحليل الكيميائى (Chemical Analysis)

مكافئ كربونات الكالسيوم (Calcium carbonate equivalent): كمية الكربونات فى التربة معبرًا عنها فى صورة كربونات كالسيوم $CaCO_3$ وكنسبة مئوية وزنية للجزء أقل من 2 مم. وتتأثر سعة الماء المتاح وتيسر مغذيات النبات بكمية الكربونات التى تؤثر على pH التربة.

السعة التبادلية الكاتيونية (Cation-exchange capacity (CEC)): كمية الكاتيونات المتبادلة التى يمكن

للتربة أن تدمصها عند pH7.0. ويكون CEC الفعال (ECEC) فى التربة عند pH فى مستخلص 1: 1 5.5 أو أقل.

الجبس (Gypsum): يرتبط الجبس بكمية الجزء أقل من 20 مم. والطرق المرجعية تحت Soil Survey)6F Staff, 2014a).

المادة العضوية (Organic matter): للحصول على محتوى المادة العضوية يُضرب الكربون العضوى المُقاس فى عامل Van Bemmelen البالغ 1.72.

التفاعل ((Reaction (pH): الطريقة القياسية لل pH هى مستخلص 1: 1. لمواد التربة العضوية، يستخدم pH in 0.01M $CaCl_2$. وتم مناقشة الفئات الزراعية النموذجية فى الباب الثالث.

الملوحة (Salinity): تستخدم مجموعة من الأقسام للإشارة إلى تركيز الأملاح الذائبة فى مستخلص مائى. ويعبر عنها كتوصيل كهربى (EC). وتقاس فى مستخلص عجينة التربة المشبعة بالماء المقطر. والوحدات هى ديسيسيمنس لكل متر (dS/m).

معدل ادمصاص الصوديوم ((Sodium adsorption ratio (SAR): يتم تقييم SAR للماء المستخلص من عجينة التربة المشبعة. البسط هو تركيز الصوديوم الذائب فى الماء، والمقام هو الجذر التربيعى لنصف مجموع تركيزات الكالسيوم والماغنيسيوم الذائبة فى الماء.

المواد الكبريتيدية (Sulfidic materials): مواد التربة التى تحتوى على كميات كبيرة من الكبريتيدات الأحادية المختزلة، عند تعرضها للهواء، تنتج pH منخفض جدا. والمتطلبات محددة فى الإصدار الأخير من Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014b). كما يستخدم القياس المباشر لرقم pH بعد التعرض للهواء.

المظاهر أو العمليات الفيزيائية (Physical Features or Processes)

العمق إلى آفاق أو طبقات معوقة (Depth to Restrictive Horizons or Layers)

العمق إلى الصخر الأصلى (Depth to bedrock): العمق إلى الصخر الأصلى غير المجوى. والصخر الأصلى يكون عادة متحجرا ولكن قد يكون ملتحم جدا، والحفر يكون صعب جدا أو أصعب.

العمق إلى الطبقة الملتحمة (Depth to cemented pan): العمق إلى منطقة تكوينية ضعيفة الالتحام إلى متحجرة. والطبقات رقيقة أو سميكة. تشير الرقيقة إلى طبقة يقل سمكها عن 8 سم إذا كانت متصلة وأقل من 45 سم إذا كانت متقطعة أو متكسرة. وغير ذلك، تكون سميكة.

العمق إلى التربة المتجمدة (Depth to permafrost): يتحدد العمق الحرج بالطبقة النشطة العليا التى تذوب فى الصيف وتتجمد فى الخريف. وتوضع المرافق والسياج والقواعد وغير ذلك أسفلها. ويتأثر الحد الأدنى بعمق التجمد السنوى. وقد يتأثر العمق بغطاء التربة.

مظاهر العملية (Process Features)

الهبوط الكلى (Total subsidence): الانخفاض المحتمل فى ارتفاع السطح الناتج عن صرف تربة مبتلة ذات طبقات عضوية أو معدنية شبه سائلة. وينتج من فقد الماء والصلابة الناتجة، الانضغاط الميكانيكى، الانجراف بالرياح، الاحتراق، أو الأكسدة (ذات أهمية خاصة للتربة العضوية).

تأثير التجمد المحتمل (Potential frost action): احتمال حركة أعلى أو جانبية للتربة بسبب تكوين عدسات جليدية وبالتالى فقد قوة التربة عند الذوبان. ويستبعد الانهيار واسع النطاق الذى يشكل حفر ويعتبر حركة كتلة.

وتعتمد التنبؤات على درجة حرارة التربة وحجم الحبيبات ونمط حالات المياه.

الانجراف (Erosion)

العوامل والمجموعات المتعلقة بتآكل المياه أو الرياح
(Factors and Groupings Related to Water or Wind Erosion)

عامل K (The K factor): مؤشر لقابلية التربة المزروعة الجرداء لفصل الحبيبات ونقلها عن طريق هطول الأمطار. ويُستخدم هذا العامل فى معادلة فقد التربة الشاملة المنقحة (Renard et al., 1997). وتجرى القياسات على قطع ذات أبعاد قياسية. ويعدل الانجراف إلى مستوى انحدار 9%. وتقاس عوامل K حاليًا عن طريق تطبيق محاكاة هطول الأمطار على قطع أراضى محروثة حديثًا. وأدرجت القياسات السابقة الانجراف السنوى للقطع المزروعة تحت المطر الطبيعى. ويمكن حساب عامل K من تركيب التربة، والتوصيل الهيدروليكى المشبع، وبناء التربة.

عامل T (The T factor): الحد الأقصى لمعدل انجراف التربة السنوى الذى يسمح باستدامة إنتاجية المحاصيل اقتصاديًا وإلى أجل غير مسمى (تحمل فقد التربة). ويمكن استخدامه فى المعادلة العالمية المعدلة (Renard et al., 1997). وعوامل T قيم صحيحة من 1 إلى 5 تشير إلى طن لكل إيكر فى السنة. ويستخدم العامل 1 للتربة الضحلة أو الهشة و 5 للتربة العميقة الأقل تعرضًا للضرر بسبب الانجراف.

مجموعات الانجراف بالرياح (Wind erodibility groups): مجموعة أقسام، باستخدام أعداد صحيحة من 1 إلى 8، حسب الخصائص التركيبية للأفق السطحى التى تؤثر على القابلية للانجراف بالرياح. والمعايير التفسيرية الرئيسية هى القوام، وجود الكربونات، محتوى أكاسيد الحديد، المواد التى لها خصائص تربة andic، ودرجة تحلل التربة العضوية. وترتبط كل مجموعة قابلية للانجراف بمؤشر يعبر عنه بالطن لكل فدان فى السنة. ومؤشر قابلية الانجراف بالرياح كمية نظرية طويلة الأجل للتربة المفقودة سنويًا بفعل الرياح. ويفترض أن تكون التربة جرداء، ليس بها قشرة سطحية، تحدث فى موقع غير محمى، وتتعرض للطقس فى جاردن سيتى (Garden City)، كانساس (Kansas) (Woodruff and Siddoway, 1965). ووتيرة الحراثة والممارسات غير محددة.

التآكل (Corrosivity)

معدلات التآكل للمنشآت الفولاذية أو الخرسانية الملامسة للتربة (Corrosivity Ratings for Steel or Concrete Structures in Contact with the Soil)

الفولاذ غير المطلى (Uncoated steel): يعتمد هذا التصنيف على قوام التربة، درجة الصرف، الحموضة، وإما مقاومة عجينة التربة المشبعة أو التوصيل الكهربائى للتشبع.

الخرسانة (Concrete): يعتمد هذا التصنيف على قوام التربة، وجود آفاق عضوية، pH، كميات كبريتات الماغنيسيوم والصوديوم أو كلوريد الصوديوم فى عجينة التربة المشبعة.

خصائص التربة الديناميكية (Dynamic Soil Properties)

تناول القسم السابق بالكامل تقريبًا خصائص التربة التى لا تتغير عادةً بشكل كبير مع الاستخدام والإدارة. وبعض خصائص التربة تكون حساسة وقد تتغير حسب الزمان والمكان، وتسمى هذه خصائص التربة الديناميكية (DSP) ويتم مناقشتها بالتفصيل فى الباب التاسع. وتعتبر صالحة ومفيدة كمتغيرات فى تفسيرات التربة، خاصةً إذا تم التنبؤ بنتائج خيارات الإدارة المختلفة.

التطبيقات التفسيرية (Interpretive Applications)

فى هذا القسم، يتم عرض أنواع تفسيرات التربة أو مجموعات التربة. ويمكن تطوير التفسيرات على مستويات عديدة من التعميم أو التجريد. وقد تم تطوير تفسيرات قياسية للاستخدام والتطبيق على نطاق واسع. وينتج عن استخدام كثير من المتخصصين فى حصر الأراضى هذه المعايير التفسيرية نتائج تفسيرية مستمرة من مكان إلى آخر. ومع ذلك، قد تكون هذه المعايير القياسية عامة جدًا للتطبيقات على بعض المستويات المحلية أو الإقليمية. وقد توفر المعايير القياسية نموذجًا فعالًا لتعديل الحدود التفسيرية أو إضافة معايير أخرى للتعامل بشكل أفضل مع الظروف المحلية.

الأماكن النسبية المحلية (Local Relative Placements)

تطبق خصائص التربة ومعايير النموذج المستخدمة فى التعميمات التفسيرية على نطاق واسع جدًا من الأراضى على أساس إقليمى أو وطنى. وبالنسبة للقرارات المحلية، قد يكون التصنيف النسبى فى نفس المكان التفسيرى مهمًا للغاية. وقد يلزم تعديل النموذج التفسيرى ليعكس متطلبات أو تشريعات أو قوانين استخدام الأراضى الإقليمية أو المحلية. وإذا أجريت التفسيرات محليًا، يمكن تصنيف التربة على أساس نسبى دقيق وإدخال المعرفة المحلية حول سلوك التربة التى قد استبعدت من التصنيفات الوطنية العامة. ويستخدم مصطلح "التفسيرات المحلية" لوصف التصنيفات الرقمية الخاضعة للرقابة محليا والتى تعطى التصنيف النسبى للتربة لاستخدام معين. فى المقابل، يؤكد النظام التفسيرى الوطنى لاستخدام معين على المعايير المطبقة على المستوى الوطنى وبالتالى يوفر تصنيفات أكثر عمومية.

وتفسيرات التربة المحلية ذات قيمة كبيرة فى تنفيذ مراسيم التخطيط المحلى لمساحات معينة. وإذا توفرت تصنيفات مقارنة لكل تربة فى منطقة معينة لاستخدام معين، يمكن اتخاذ قرار منطقى للاستمرار، أو تغيير الخطط، أو البحث عن منطقة أخرى بها تربة ذات إمكانات أعلى. وفى بعض الحالات، قد تكون أفضل أنواع التربة فى المنطقة المحددة للاستخدام الخاص هى التى لها إمكانات منخفضة فى كل منطقة حصر الأراضى.

مدى تقييد خاصية معينة، وفى كثير من الحالات، الممارسات المستخدمة للتغلب على المعوقات، تتأثر بخصائص التربة الأخرى. مثال ذلك القوة المنخفضة لبعض أنواع التربة فى عائلات سلتية خشنة. قد لا تكون هذه التربة معوقة لأساسات المساكن إذا تجاوز عمق الماء الحر 2 متر. وإذا كان عمق الماء الحر فى حدود 25 إلى 50 سم من قاعدة الأساس، تكون هذه التربة محددة بشكل مؤكد للأساسات. ونظرًا لأن عملية تحديد إمكانات التربة تتضمن مدخلات من السكان المحليين المطلعين، يمكن للتفسيرات المحلية استخدام معايير أكثر تعقيدًا.

خطوات تطوير التفسيرات المحلية (Steps for Developing Local Interpretations)

تقدم تفسيرات التربة المحلية إما كمجموعة من الفئات الوصفية، أو كمؤشر عددى، أو كلاهما. والخطوة الأولى هى تحديد المنتج التفسيرى المحلى والمعلومات التى سيتم توفيرها للمستخدم. على سبيل المثال، قد تطلب منطقة صحية محلية تفسيرات تربة تعتمد على أكوادها الصحية. هل المعلومات ستقدم كفئات منفصلة أو كقيم عضوية؟ هل المعايير الكودية تلبى الشرط الأول أم أن التغييرات مطلوبة؟ ما هو الهدف الدقيق لكل متطلب وارد فى الكود المحلى؟ قد يكون أحد المتطلبات هو "العمق إلى مستوى الماء الأرضى". ما هو تعريف الكود المحلى لمستوى الماء الأرضى؟ ما المقصود بالعمق؟ ما هى الأشهر التى قد يتواجد فيها مستوى الماء الأرضى؟ هل الطبقة القريبة من التشبع تعتبر مستوى ماء أرضى للاستخدام المحدد؟

الخطوة الثانية هى تحديد خصائص التربة التى تؤثر بشكل كبير على الاستخدام المعين أو إدارة التربة. يتم تحديد القيم الحرجة لكل خاصية محليًا وتعتمد بشكل عام على الكود المحلى أو القوانين أو اللوائح الإدارية، على سبيل المثال، "عمق مستوى الماء الأرضى لن يقل عن 16 بوصة". هل عمق المياه 17 بوصة مهم؟ من خلال العمل مع

راعى التفسير المحلى، يجب معالجة هذه الأسئلة وغيرها.

الخطوة الثالثة هى تطوير النموذج التفسيرى. فى هذه الخطوة، يتم وصف تأثير كل معيار على التصنيف العام إلى جانب المخرجات التفسيرية. وقد يرجح معيار أو يعطى أسبقية على معيار آخر، أو يمكن وصف تفاعل المعيار. وبمجرد إنشاء النموذج، يلزم إجراء اختبار مكثف ومراجعة فنية كاملة قبل تسليم المنتجات التفسيرية إلى الراعى.

مجموعات الإدارة (Management Groups)

مجموعات الإدارة تحدد التربة التى تتطلب أنواعًا متشابهة من الممارسات لتحقيق أداء مقبول لاستخدام محدد. وقد اقتصرت مجموعات الإدارة فى الولايات المتحدة على استخدامات زراعية. وقد تتعلق مجموعات الإدارة باستخدامات زراعية وغير زراعية. والميزة الرئيسية لمجموعات الإدارة هى أن المستخدم يحتاج فقط إلى فهم المفاهيم المجسدة فى مجموعات قليلة نسبيًا من التربة لاتخاذ قرارات إدارية بدلاً من فهم وتقييم تفاصيل محددة لجميع أنواع التربة الفردية فى المنطقة. ولا يتوقع أن تكون جميع أنواع التربة فى مجموعة إدارة خصائص أو احتياجات إدارية متطابقة؛ ومع ذلك، يجب أن تنطبق متطلبات كل مجموعة إدارة على جميع أنواع التربة. وكلما اتسعت المجموعات كلما قل تحديد وصف احتياجات الإدارة. ويعتمد عدد أقسام مجموعة الإدارة على نطاق خصائص التربة، كثافة ومقياس الاستخدام، الغرض من التجميع، المستخدمين المستهدفين، وتوافر المعلومات ذات الصلة. ويجب أن يوازن عدد الأقسام بين الحاجة إلى التجانس داخل القسم والتعقيد الناتج عن زيادة العدد. وتقل مزايا مجموعات الإدارة إذا كانت الأقسام واسعة جدًا بحيث تختلف التربة داخل المجموعة اختلافًا كبيرًا أو إذا كانت ضيقة جدًا بحيث يكون عدد الأقسام كبيرًا والاختلافات بينها صغيرة جدًا.

مجموعة إدارة التربة الأكثر تطبيقاً فى الولايات المتحدة هى نظام تصنيف قدرة الأراضى، الذى يستخدم على نطاق واسع فى تطوير خطط الحفاظ على الزراعة. ومجموعات الإدارة الأخرى الشائعة هى مجموعات ملاءمة الغابات، مجموعات المراعى والأراضى العشبية، والمواقع البيئية. وحديثا، تم تحديد مجموعات إدارة لأغراض جرد التربة الوطنى. والأراضى الزراعية الرئيسية، نوع من مجموعة الإدارة. وتجرى تعميمات متكاملة للغاية لمجموعات الإدارة. ويمكن عمل تجميعات للتربة لبرامج إدارة الأراضى وقوائم الجرد الوطنية المختلفة. هذه التجميعات قد تكون متكاملة جدا (مثل الأراضى الزراعية الرئيسية) أو تعتمد على معايير قليلة ومحددة تمامًا (مثل الأراضى شديدة الانجراف). ولأن مثل هذه المجموعات التفسيرية يُشار إليها فى التشريع، أصبح تطبيقها والحفاظ عليها مهمًا فى تحقيق الأهداف البيئية الوطنية فى الولايات المتحدة. ونتيجة لذلك، تم تحديد قاعدة بيانات حصر الأراضى الرسمية التابعة لـ NCSS على أنها المصدر الوحيد لهذه البيانات وغيرها.

مجموعات الجرد الأمريكية الحالية (Current U.S. Inventory Groupings)

تم تطوير مجموعات تقنية للتربة كمعايير لتطبيق التشريعات الوطنية الخاصة بالبيئة وإنتاج السلع الزراعية. وقد تتعلق المجموعات بالإنتاجية والتنوع الزراعى، الانجراف، نوعية المياه السطحية والجوفية، صيانة الأراضى المبتلة، أو الاحتياجات الوطنية الأخرى. يتم وصف أربع مجموعات أدناه: الأراضى الزراعية الرئيسية، الأراضى الزراعية الفريدة، التربة المائية، والأراضى شديدة الانجراف. ارجع إلى كتاب حصر الأراضى الوطنى (National Soil Survey Handbook) لمعرفة كيفية استخدام معايير وحدة الخريطة، وخصائص التربة التفسيرية، لوضع تعريفات لأهداف الحصر.

الأراضى الزراعية الرئيسية (Prime farmland): هى التى بها أفضل مزيج من الخصائص الطبيعية والكيميائية لإنتاج محاصيل الغذاء والأعلاف والألياف والبذور الزيتية. ويجب أن تكون متاحة أيضًا لهذه الاستخدامات. ولها نوعية تربة، وموسم نمو، وإمدادات رطوبة تعطى إنتاجية عالية مستدامة اقتصاديًا من المحاصيل عند معالجتها وإدارتها طبقا لطرق الزراعة الملائمة و إدارة المياه. وتتمتع الأراضى الزراعية الرئيسية عموما بإمدادات مياه

كافية ويمكن الاعتماد عليها من هطول الأمطار أو الرى، وموسم نمو ودرجات حرارة مناسبة، وحموضة أو قلوية مقبولة، ومحتوى ملائم من الملح والصوديوم، وصخور قليلة أو عديمة، منفذة للماء والهواء، ليست قابلة للانجراف الشديد أو مشبعة بالمياه لفترة طويلة، ولا تتعرض للفيضان بشكل متكرر أو محمية منه.

الأرض الزراعية الفريدة (Unique farmland): غير الأراضى الزراعية الرئيسية المستخدمة لإنتاج محاصيل غذائية وألياف محددة عالية القيمة. تحتوى على مزيج خاص من نوعية التربة والموقع وموسم النمو وإمدادات الرطوبة اللازمة لإنتاج جودة و / أو غلات عالية مستدامة من الناحية الاقتصادية لمحصول معين عند معالجتها وإدارتها حسب طرق الزراعة المقبولة. ومن أمثلة المحاصيل المكسرات والزيتون والتوت البرى والموالح وغيرها من الفواكه والخضر.

التربة المائية (Hydric soils): تكونت تحت ظروف تشبع أو فيضان أو برك لفترة كافية لتطوير ظروف لاهوائية فى الجزء العلوى. وتشكل أحد المعايير الثلاثة اللازمة للأراضى المبتلة.

أراضى شديدة الانجراف (Highly erodible land): تم تعريف هذه الأراضى لتحديد المناطق التى يجب أن تتركز فيها جهود مكافحة الانجراف. ويعتمد التعريف على المؤشرات المشتقة من متغيرات معينة فى معادلة فقد التربة العالمية المنقحة (Renard et al., 1997) ومعادلة الانجراف بالرياح (Woodruff and Siddoway, 1965). والمؤشر هو ناتج قسمة كمية فقد التربة بالطن عن طريق الانجراف المتوقع للأرض الجرداء على فقد التربة المستدام (عامل T).

تخطيط استخدام الأراضى (Land Use Planning)

تخطيط استخدام الأراضى هو صياغة سياسات وبرامج لتوجيه استخدامها العام والخاص فى مناطق بأى مساحة حيث تتنافس استخدامات مختلفة على الأرض (land). وتشير كلمة "الأرض" إلى خصائص المكان وعوامل أخرى بجانب التربة. ويجب على المخطط اعتبار المكان ومساحة المنطقة والعلاقة بالأسواق والتنمية الاجتماعية والاقتصادية ومهارة مستخدمى الأرض وعوامل أخرى. ويساعد حصر الأراضى فى تخطيط الاستخدام بمعرفة موارد التربة فى المنطقة وتوفير المعلومات لتقييم الآثار البيئية والاقتصادية لاستخدامات الأراضى المقترحة. ويمكن تفسيرها لتخطيط الاستخدام من خلال تجميعات أو تصنيفات التربة طبقا لمحدداتها وصلاحياتها وإمكاناتها لاستخدامات معينة.

التخطيط المحلى (Local Planning)

تقوم وحدات الحكم المحلى، فى المدن والبلدات والمقاطعات، بالتخطيط الذى يطبق على مجمعات المزارع والمزارع الحيوانية والمشاريع السكنية ومراكز التسوق والمجمعات الصناعية ومجتمعات أو وحدات سياسية كاملة.

يستخدم المخططون المحليون تفسيرات التربة والمعلومات الأخرى لوضع توصيات بشأن البدائل لاستخدام الأراضى ونظم الخدمات والمرافق العامة. وقد يحتاج المخطط إلى خرائط تفسيرية بمقاييس مختلفة، تعتمد على الهدف. وتفسيرات المساحات الصغيرة للتخطيط المحلى يمكنها تصنيف المحددات، تحديد احتياجات الإدارة أو المعالجة، والتنبؤ بأداء وإمكانات أنواع التربة المحددة فى خرائط حصر الأراضى التفصيلية. وتفسيرات المناطق التى تشمل وحدات حكومية كاملة تقيم التربة لجميع الاستخدامات المتنافسة داخل منطقة التخطيط. هذه الخرائط يكون مقياسها أصغر، ووحدات الخريطة عبارة عن تجمعات لسلاسل التربة أو الأصناف الأعلى. ويحتاج المخطط المحلى عادة إلى تصنيفات التجميع كله للاستخدامات البديلة. وقد تكون الخرائط الخاصة التى توضح موقع المناطق متماثلة الإمكانات أو المحددات لاستخدامات معينة مفيدة. ويمكن إعطاء معلومات حول كميات وأنماط التربة ذات إمكانات مختلفة داخل كل تجمع فى جداول أو فى نص تقرير حصر الأراضى.

التخطيط الإقليمى (Regional Planning)

تتعلق عوامل محددات التربة واسعة النطاق جغرافيًا بمناطق تغطى وحدات سياسية عديدة. ويكون التخطيط الإقليمى لهذه الحالات ملائما. والوظائف الرئيسية للتخطيط الإقليمى هى جمع وتحليل ونشر معلومات التخطيط والهندسة، إعداد خطط بعيدة المدى، والتنسيق بين الوكالات.

معظم خرائط التربة للتخطيط الإقليمى تكون متوسطة المقياس معممة من خرائط الحصر التفصيلية. وتبين تفسيرات التربة الاختلافات بين وحدات الخريطة من حيث الصلاحية والمحددات للاستخدامات المتنافسة الرئيسية. ويعرض توزيع وحدات الخريطة ذات السلوك المماثل لاستخدام معين عادة على خرائط خاصة. والنص المصاحب يصف الوحدات، ويشرح أساس التصنيفات، وقد يصف أيضًا تأثيرات نمط التربة المرتبطة على استخدام قطع معينة. ويحتاج المخطط الإقليمى عادة إلى معلومات عن صلاحية القطع الصغيرة الأكثر تحديدًا من التى توفرها خرائط التربة المعممة. على سبيل المثال، قد يحدد موقعًا مناسبًا للتنزه ولكنه يحتاج أيضًا إلى معرفة أن الموقع المحتمل لخزان يحتوى على تربة صالحة لتخزين المياه قبل أن يتمكن من إكمال الخطة الإقليمية.

الأرض الزراعية (Farmland)

يحدد حصر الأراضى فى المناطق الزراعية الخصائص التى تحدد صلاحية التربة وإمكاناتها للزراعة. وتتضمن تفسيرات الزراعة وضع التربة فى مجموعات إدارة (مثل نظام تصنيف القدرة الإنتاجية) تحديد خصائص التربة المهمة التى تتعلق بإنتاج المحاصيل، تطبيق ممارسات الصيانة، والجوانب الأخرى للزراعة، التى تشمل: إمكانات المحصول، قابلية الانجراف، عمق الطبقات التى تعيق انتشار الجذور، كمية الماء المتاح، التوصيل الهيدروليكى المشبع، النمط السنوى لحالات مياه التربة (متضمنا درجة الصرف، الغمر، ووجود الماء الحر)، الخصائص التى تصف الحرث، محددات استخدام المعدات (متضمنة درجة الانحدار وتعقيده، قطع الصخور، البروزات الصخرية، واللزوجة)، الملوحة ومعدل ادمصاص الصوديوم، وجود مواد سامة، نقص مغذيات النبات، القدرة على حفظ المغذيات وإطلاقها، القدرة على الاحتفاظ بالمواد الذائبة التى قد تسبب تلوث المياه الجوفية، القدرة على امتصاص أو تثبيط مبيدات الآفات، ودرجة الـ pH المتعلقة بنمو النبات والحاجة إلى إضافة الجير.

ومصير المغذيات ومبيدات الآفات المضافة، المتعلق بإدارة المزرعة وأنظمة المحاصيل، من الاعتبارات الهامة فى تلوث المياه. وتحديد خصائص التربة الحرجة فيما يتعلق بأنظمة إدارة الموارد أمر بالغ الأهمية فى الاستخدام الحكيم للأرض. ويشير نظام تصنيف قدرة الإنتاجية إلى صلاحية التربة للاستخدامات الزراعية (Klingebiel and Montgomery, 1961). ويصنف هذا النظام التربة للإنتاج الآلى للمحاصيل الحقلية الأكثر شيوعًا كالذرة والحبوب والقطن والحشائش والبطاطس والخضر. ولا ينطبق بشكل مباشر على أنظمة الزراعة التى تنتج محاصيل، مثل بعض الفواكه والمكسرات، التى تتطلب زراعة قليلة أو محاصيل تغمرها المياه، مثل الأرز والتوت البرى. كما لا يمكن استخدامه لأنظمة الزراعة التى تعتمد على الأدوات البدائية والعمالة اليدوية المكثفة.

إنتاجية التربة (Soil productivity): هى ناتج نبات معين أو مجموعة نباتات تحت مجموعة محددة من ممارسات الإدارة. وهى التقييم الأهم للزراعة. وإذا كان الرى اختيارى، يتم إعطاء الإنتاج لكل من الظروف المروية وغير المروية. ويعبر عن الإنتاجية بكمية المنتج لوحدة المساحة، مثل كيلوجرام أو طن مترى للهكتار. وبالنسبة للمراعى، يمكن التعبير عن الإنتاجية بالقدرة الاستيعابية لوحدات الحيوانات القياسية لكل وحدة مساحة لكل موسم أو سنة، أو كزيادة فى الوزن الحى. وقد يعبر عن الإنتاجية كتصنيف أو مؤشر متعلق بالإنتاج الأمثل أو الأدنى، أو كدلالة لمجموعة من صفات التربة التى تتعلق بالإنتاجية المحتملة. وتتميز مؤشرات الإنتاجية بأنها أقل تأثرا بالتغيرات فى التكنولوجيا من تعبيرات الإنتاجية على أساس الغلة.

وتعبر قيم الإنتاجية عن العوائد المتوقعة لمحاصيل معينة تحت إدارة محددة كنسب مئوية من الغلات القياسية. وتحسب بالمعادلة التالية:

$$Productivity\ rating = \frac{Predicted\ yield\ per\ unit\ area}{Standard\ yield\ per\ unit\ area} \times 100$$

ويوفر هذا التقييم مقياسًا لمقارنة إنتاجية أنواع مختلفة من التربة فى مناطق شاسعة. وتصلح التقييمات للمعالجة العددية. وتسمح التقديرات بمقارنة إنتاجية محاصيل تختلف بشكل ملحوظ فى القيم العددية. على سبيل المثال، تنتج تربة معينة 60.000 كجم / هكتار ذرة علف و 9000 كجم / هكتار حبوب ذرة. ونظرا لأن هذه الكميات تمثل مستويات متشابهة من الإنتاج، فإن تصنيفات الإنتاجية تكون متشابهة. ويعتمد اختيار العائد القياسى للمحصول على الغرض من التصنيف. وللمقارنة الوطنية، يجب أن تكون الغلات القياسية للمحصول لمستوى عالٍ من الإدارة فى أفضل تربة بالمنطقة. وللإنتاج المحتمل، يتم استخدام الغلة فى إطار أفضل مجموعة من الممارسات.

يمكن جمع تصنيفات الإنتاجية للمحاصيل الفردية للحصول على تصنيف عام للتربة. وتوزن التصنيفات الفردية بالمساحة التى يشغلها كل محصول، ويحسب المتوسط الوزنى الذى يصف الإنتاجية العامة.

وتستخدم مؤشرات الإنتاجية المرتبطة بخصائص التربة كتصنيف نسبى للتربة. ويتم عادة اختيار خصائص التربة المهمة لعمق الجذور المناسب والسعة المائية المتاحة. وتعتمد بعض نماذج الإنتاجية على خصائص التربة المهمة، مثل pH والكثافة الظاهرية (Kiniry et al., 1983). ويستخدم مؤشر إنتاجية المحاصيل السلعية (Dobos et al., 2012) معلومات التربة والموقع والمناخ لتوفير نسق تربة الولايات المتحدة على أساس قدرتها فى تعزيز نمو المحاصيل.

الرجوع (Resiliency): تفسير يتعلق بقدرة التربة على الارتداد من استنفاد المغذيات النباتية أو المواد العضوية أو تدهور خصائص التربة الفيزيائية أو الكيميائية (Seybold et al., 1999). وتعتمد تقييمات الرجوع على تقديرات الخصوبة الطبيعية للتربة، محتوى الكربون، السعة المائية المتاحة، عمق الجذور، التوزيع الحجمى للحبيبات، وتوزيع الأملاح فى القطاع. وتعتبر تصنيفات الرجوع مهمة فى تقييم أنظمة الإدارة البديلة التى تعتمد على مدخلات كيميائية وطاقة منخفضة. والممارسات التقليدية التى تستخدم مدخلات عالية من الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية تعوض عادة النقص فى بعض خصائص التربة المهمة لإنتاج المحاصيل. ورجوع التربة مهم أيضا فى تقييم الآثار طويلة المدى لأنظمة الإدارة على التربة.

أراضى المراعى (Rangeland)

أراضى غطاؤها النباتى غالبا حشائش، نباتات شبيهة، عشب، أو شجيرات نتيجة المناخ الجاف. وتشمل الأراضى التى أعيد اخضرارها طبيعيا أو صناعيا لتوفير غطاء نباتى يدار مثل النباتات الأصلية (يتم إدارة أنواع الأعلاف التى تم إدخالها أيضا كمراعى). وتكون النباتات صالحة للرعى بواسطة الحيوانات. وتتضمن المراعى أراضى الحشائش الطبيعية والسافانا وعديد من الأراضى المبتلة والصحارى والتندرا وبعض الشجيرات والعشب.

يعطى ارتباط الموقع البيئى بالتربة فى حصر الأراضى صلاحية التربة لإنتاج أنواع ونسب وكميات مختلفة من النباتات. هذه المعرفة هامة فى تطوير بدائل الإدارة اللازمة للحفاظ على إنتاجية الموقع. ويتم عادة تقديم تفسيرات أراضى المراعى فى الولايات المتحدة كأوصاف للمواقع البيئية.

وصف الموقع البيئى (Ecological site descriptions (ESD)): يتضمن الوصف عادةً المعلومات التالية:

1. المظاهر الفيزيوجرافية التى تصف الموقع على الهيئة الطبيعية وهل ينتج أو يستقبل جريان المياه.
2. العوامل المناخية التى تميز الموقع، فضلاً عن خصائص ديناميكيات الموقع، بما فى ذلك شدة العواصف، وتكرار أحداث العواصف الكارثية، ودورات الجفاف.
3. التأثير على مظاهر المياه حيث يرتبط الموقع بالأراضى المبتلة أو المجارى المائية.
4. مظاهر التربة الممثلة التى تؤثر معنويا على علاقات النبات بالتربة والمياه وهيدرولوجيا الموقع، مثل عائلات التربة الرئيسية، التكوين الجيولوجى، مظاهر السطح، الأفق السطحى والقوام، عمق التربة، سمك وسعة الماء

الميسر لمنطقة الجذور الرئيسية، نوع وكمية التجمعات، قطع الصخور فى القطاع، التفاعل، الملوحة، الصودية، حالات مياه التربة، مستوى الماء الأرضى، والفيضان.

5. المجتمعات النباتية فى الموقع، وتتضمن وصف ديناميكيات الغطاء النباتى، حالات النبات العامة، والانتقالات بين الحالات. وتعريف البدايات على أنها حدود للحالات الخضرية. وتتضمن معلومات المجتمع النباتى الأخرى رسما بيانيا للحالة والانتقال، تكوين المجتمع النباتى، الغطاء الأرضى والبناء، الإنتاج السنوى، منحنيات النمو، وصور كل حالة نباتية (انظر ملحق 4).
6. تفسيرات الموقع لمجتمع الحيوانات (الثروة الحيوانية والحياة البرية)، الوظائف الهيدرولوجية، الاستخدامات الترفيهية، المنتجات الخشبية، والاستخدامات الأخرى المحتملة.

أراضى الغابات (Forestland)

أراضى تسود فيها الأشجار الأصلية أو التى تم إدخالها، وتتكون عادة من أنواع كثيرة من الأشجار الخشبية والأعشاب والحشائش والطحالب والأشنات. وتنتج بعض الغابات نباتات تكفى لتوفير العلف.

وارتباط الموقع البيئى بالتربة فى حصر الأراضى يعطى صلاحية التربة لإنتاج الأخشاب أو خدمات النظم البيئية الأخرى. وإذا كانت الغابات جزءا من الحصر، تعطى الإنتاجية المقدرة للأشجار الشائعة لكل تربة على حدة. ويوصف الغطاء النباتى السفلى بكثافة المظلة المتوقعة الأكثر تمثيلا للموقع. وتحديد الإنتاجية يتطلب تعاونا بين علماء الغابات وعلماء التربة.

يتم التعبير عن إنتاج الخشب أو المحصول عادة على أنه مؤشر الموقع أو كمقياس آخر لحجم الخشب المنتج سنويًا. ومؤشر الموقع هو متوسط ارتفاع الأشجار السائدة لنوع معين فى عمر معين. ويتم عادة امتداد قياسات مؤشر الموقع إلى عدة أنواع تربة مماثلة لا تتوفر عنها بيانات. ويرتبط مؤشر الموقع بكل تربة ويمكن تفسيره أيضا بالأمتار المكعبة لكل هكتار.

يمكن تجميع التربة باستخدام نظام تنسيق الغابات (woodland ordination system). هذا النظام يستخدم رموزًا للإشارة إلى القدرة الإنتاجية والمحددات الرئيسية لاستخدام وإدارة تربة مفردة أو مجموعات تربة. الجزء الأول من رمز التنسيق، رقم، هو رمز القسم، يشير إلى الإنتاجية المحتملة بالمتر المكعب من نمو الخشب لكل هكتار سنويًا، بناءً على مؤشر الموقع لأنواع الأشجار. بالنسبة لعديد من الأنواع، تتوفر بيانات لتحويل مؤشر الموقع إلى متوسط نمو سنوى للأخشاب. الجزء الثانى من رمز التنسيق (القسم الفرعى) يشير إلى التربة أو الخصائص الفيزيوجرافية التى تعوق الإدارة (الأحجار أو الصخور أو الابتلال أو العمق المقيد للجذور. وقد يحتوى رمز التنسيق أيضًا على جزء ثالث لتمييز مجموعات التربة التى تستجيب بشكل مشابه للإدارة. والتربة التى تحمل رمز المجموعة لها نفس الإنتاجية المحتملة تقريبًا، وهى قادرة على إنتاج أنواع مماثلة من الأشجار والنباتات غير الطبيعية، ولها احتياجات إدارة مماثلة.

يمكن تقييم التربة لعوامل مثل القابلية للانضغاط الميكانيكى أو الإزاحة أثناء عمليات الغابات، القيود الناجمة عن الحرق، مخاطر الآفات والأمراض التى تنقلها التربة، والقيود بسبب خصائص تربة معينة مثل الابتلال. وفى إدارة الأشجار، يجب أولا فهم التربة التى تنمو عليها الأشجار أو ستُزرع فيها. ويتضمن حصر الأراضى المعلومات التى يمكن استخدامها بشكل فعال فى إدارة أراضى الغابات. وتشمل:

خطر الانجراف (Erosion hazard): احتمال حدوث أضرار انجراف نتيجة إعداد الموقع وعواقب عمليات القطع والحرائق والرعى الجائر.

محددات المعدات (Equipment limitations): قيود استخدام المعدات موسميًا أو على مدار العام بسبب خصائص التربة مثل الانحدار وقطع الصخور السطحية والابتلال وقوام التربة السطحية.

موت الشتلات (Seedling mortality): يأخذ فى الاعتبار خصائص التربة التى تساهم فى موت شتلات الأشجار الطبيعية أو المزروعة، مثل الجفاف، حالة الصرف، واتجاه الانحدار. ولا يعتبر منافسة النباتات.

خطر الرياح (Windthrow hazard): يعتمد على خصائص التربة التى تؤثر على احتمال اقتلاع الأشجار من جذورها بسبب الرياح نتيجة عدم كفاية عمق التربة لثبات الجذر. قد تؤثر طبقة صلبة (fragipan)، صخر، حصى، أو مستوى ماء أرضى مرتفع على عمق الجذور. ولا يؤخذ فى الاعتبار الاختلافات فى أنظمة الجذور المرتبطة بأنواع الأشجار. وهذا التصنيف مستقل عن احتمال هبوب رياح شديدة ما لم تكن التربة عادةً فى مواقع هيئة طبيعية معرضة للرياح العاتية.

المنافسة النباتية (Plant competition): احتمال غزو أو نمو نباتات غير مرغوب فيها فى فتحات داخل مظلة الشجرة. عمق مستوى الماء الأرضى الموسمى والسعة المائية المتاحة هى خصائص التربة التى لها أكبر تأثير على التجدد الطبيعى أو منع نمو الأنواع النباتية المرغوبة.

مصدات الرياح (Windbreaks)

تتكون مصدات الرياح من صف واحد أو أكثر من الأشجار أو الشجيرات. وتعمل على حماية موارد التربة، التحكم فى ترسيب الثلوج، الحفاظ على الرطوبة والطاقة، تجميل المنطقة، توفير مواطن للحياة البرية، وحماية المنازل والمحاصيل والماشية. والأنواع النباتية المستخدمة ليس بالضرورة أن تكون أصلية فى المنطقة. ولأن كل نوع له حدود مناخية وفيزيوجرافية معينة، فقد يكون نوع معين مناسبًا تمامًا أو غير مناسب بناءً على خصائص التربة. لذلك، فإن ارتباط خصائص التربة وأنواع مصدات الرياح القابلة للتكيف أمر ضرورى.

تعطى قائمة الأنواع القابلة للتكيف لكل نوع تربة، أو لكل تجميع حسب الموقع البيئى أو مجموعة الصلاحية، حيث يمكن لمصدات الرياح أن تخدم غرضًا مفيدًا، مثل الزراعة فى الحقول المفتوحة، تشجير أراضى الغابات الحالية، والتعديلات البيئية مثل حواجز الرياح أو المياه وتطوير مواطن الحياة البرية. وتجمع أنواع معينة حسب ارتفاعها عند عمر 20 عامًا.

أماكن الترفيه (Recreation)

تجرى التفسيرات فى المناطق الحضرية والضواحى لممرات الجولف ومواقع التنزه والملاعب والمسارات والمماشى والمعسكرات. ويتم عمل تفسيرات لمنحدرات التزلج ومسارات الثلج والمركبات على الطرق الوعرة فى بعض الأماكن. وتعتمد التقييمات على خصائص التربة التفسيرية المعوقة، مثل الانحدار، وجود الماء الداخلى الحر، قوام الآفاق السطحية، ورجوع التربة.

ويجب تطبيق تفسيرات الترفيه بحذر. وعديد من مناطق الترفيه فى الولايات المتحدة التى تقع على مساحات كبيرة من أراضى ملكية عامة لها حصر أراضى المستوى الثالث أو أعلى. وتكون وحدات الخرائط عبارة عن تجمعات أو معقدات تربة تختلف بشكل ملحوظ فى محدداتها وصلاحيتها. علاوة على ذلك، يجب أن تأخذ الصلاحية العامة لوحدة الخريطة فى الاعتبار ليس فقط صفات الأنواع الفردية ولكن أيضًا نمط التربة والتفاعلات المحتملة. وقد تعتمد الصلاحية على مزيج من عدة أنواع من التربة بنمط مناسب للاستخدام المقصود. أخيرًا، هناك عوامل أخرى غير التربة تكون مهمة فى التخطيط الترفيهى. فالاعتبارات الجمالية، إمكانية الوصول، قيمة الأراضى، الوصول إلى المياه وخطوط الصرف الصحى العامة، وجود مواقع حجز الماء المحتمل، وموقع مناسب للمرافق الحالية قد تكون مهمة على الرغم من عدم تقييم أى من هذه العوامل لوحدات الخرائط.

مواطن الحياة البرية (Wildlife Habitat)

تؤثر التربة على الحياة البرية من خلال التحكم فى تنوع الغطاء النباتى. وتتكون أوصاف التربة كموطن للحياة

البرية من جزئين. فى الجزء الأول، يتم تسجيل درجة الصلاحية لمجموعات نباتية مختلفة. تسمى هذه المجموعات عناصر الموطن. كل عنصر منها مكون محتمل لبيئة الحياة البرية. وأشجار الأخشاب الصلبة ومناطق المياه الضحلة أمثلة لعناصر الموطن. وفى الجزء الآخر من الوصف يتم تقييم التربة بشكل منفصل لعدة أنواع من الحياة البرية، تشمل الحيوانات التى تتكيف مع الأراضى المفتوحة والغابات والأراضى المبتلة والمراعى. ولا يؤخذ الاستخدام الحالى والنباتات الموجودة فى الاعتبار لأن هذه العوامل معرضة للتغير ولا يمكن تحديدها من خريطة التربة. ولا يُنظر لعدد الحيوانات البرية بسبب تنقلها وإمكانية تغير عددها خلال العام. وتبين التقييمات مكان تطبيق إدارة الحياة البرية بشكل فعال والممارسات المناسبة. وقد توضح أيضًا سبب عدم إمكانية تحقيق أهداف معينة (مثل إنتاج طيور pheasants). وتتضمن بعض أنواع الحصر توصيات إدارية واضحة.

مواد البناء (Construction Materials)

تفسيرات حصر الأراضى تقدر ملاءمة التربة كمواد بناء وتبين أماكن هذه المواد. والمواد التى تندمج بسهولة ولها مقاومة عالية وإمكانية انكماش وتمدد منخفضة تفضل كمادة أساس للطرق والإنشاءات. ويجب تقييم مادة الملء لاحتمال تكوين كبريتات حامضية قد تتسبب فى تآكل الفولاذ والخرسانة وتشكل ظروف pH غير مرغوبة فى المروج والهيئات الطبيعية. ويستخدم الحصى والرمل للخرسانة ورصف الطرق والمرشحات فى حقول الصرف. وتُستخدم مواد التربة العضوية على نطاق واسع كنشارة البستنة وتربة الأصص ومحسنات التربة. والتربة المعدنية غنية عموما بالمواد العضوية وتستخدم فى المروج والحدائق وجوانب الطرق. ويمكن تقييم التربة كمصدر لهذه المواد. ومع ذلك، لا يمكن عادةً تحديد جودة موقع معين.

مواقع البناء (Building Sites)

تجرى التفسيرات لإنشاء المبانى الصغيرة؛ الطرق والشوارع والمرافق؛ والمروج وتنسيق الحدائق وإدارة مياه الأمطار. وهذه الاستخدامات تتطلب إنفاق أموال ضخمة فى مناطق صغيرة نسبيًا. والتقييم فى الموقع ضرورى.

وتفيد تفسيرات حصر الأراضى فى مقارنة المواقع البديلة، التخطيط للتحقيقات والاختبارات فى الموقع، وتخطيط استخدام الأراضى. وقد تساعد خرائط التربة فى اختيار مواقع بناء تكون قريبة من مناطق مناسبة للمرافق والحدائق والاحتياجات الأخرى.

قد يؤدى إعداد مواقع البناء إلى تغيير خصائص التربة بشكل ملحوظ. ولذلك، يجب تطبيق بعض خصائص التربة التفسيرية للمواقع غير المثارة بحذر. ربما تتم إزالة الآفاق العليا ونقلها محليًا، وقد يزداد العمق إلى الآفاق المهمة لسلوك التربة أو يقل. وقد يتغير نمط حالات مياه التربة. وربما تكون المناطق قد تم تجفيفها، وبالتالى لا تكون مبتلة كما هو موضح فى الحصر. وربما استخدم الرى لإنشاء غطاء نباتى والحفاظ عليه مما أدى إلى تربة أكثر رطوبة وحركة عميقة للمياه. وتزيد الأرصفة والأسطح وبعض الجوانب الأخرى للبناء من الجريان السطحى وقد تسبب الغمر عند ارتفاعات منخفضة حيث لم يتم الإشارة إلى مثل هذه المخاطر فى الحصر.

تشييد المبانى (Building construction): ينتمى تشييد المبانى وصيانتها فى المقام الأول إلى مجالات العمارة والهندسة. بالإضافة إلى دعم المبانى الكبيرة متعددة الطوابق بشكل عام بقواعد موضوعة أسفل عمق فحص حصر الأراضى. لذلك، لا تكون تفسيرات الحصر مصدرًا نهائيًا للمعلومات لتشييد المبانى. وخصائص التربة التفسيرية الهامة للمبانى الصغيرة والمنشآت الملحقة، مثل الطرق والمرافق، تشمل الانحدار، الغمر، حركة الكتلة، إمكانية التجمد، عمق الصخر والطبقات الصلبة، احتمال الانكماش والتمدد، قطع الصخور > 75 مم، قابلية الانجراف، الهبوط، ومقاومة التربة.

الطرق والشوارع والمرافق (Roads, streets, and utilities): يرتبط إنشاء الطرق والشوارع ومواقف السيارات والمنشآت المماثلة مباشرة بأداء التربة التحتية فى حالات كثيرة. ويتم عادة دفن خطوط الأنابيب فى

التربة على عمق ضحل. وقد تؤثر خصائص التربة على تكلفة التركيب ومعدل التآكل. وتُستخدم مواد التربة مباشرة كطبقة سطحية وطريق وركام للخرسانة. ويمكن أن تتنبأ التفسيرات ببعض صلاحيات ومحددات أنواع مختلفة من التربة لهذه الاستخدامات، رغم أنه لا يمكنها التنبؤ بأداء الطرق السريعة والشوارع الرئيسية والإنشاءات المماثلة، فمن الضرورى إجراء اختبار فى الموقع. واستخدام معلومات الحصر قد يقلل من عدد الجسات والاختبارات الهندسية اللازمة.

ومعلومات التربة مع الاختبارات الهندسية تحدد التربة التى يمكن تثبيتها فى مكانها كأساس طريق وتحدد المكان الذى سيكون فى حاجة إلى وضع الحصى أو الحجر المكسر. وقد تفيد عمليات الحصر فى تحديد طرق تثبيت الحفر والردم. وقد تؤثر خصائص التربة على تكلفة إنشاء ومدة خدمة خطوط الأنابيب والقنوات المدفونة، فيزيد الصخر الضحل من التكلفة كثيرا. ويرتبط معدل التآكل بالرطوبة والتوصيل الكهربائى والحموضة والتهوية. واختلافات الخصائص بين الآفاق المتجاورة، بما فى ذلك التهوية، تزيد التآكل فى بعض أنواع التربة. وتؤثر الخصائص على الحماية الكاثودية التى توفرها المعادن المدفونة مع الأنابيب. وقد تكسر قطع الصخور الطلاء الواقى على الأنابيب. وانكماش وتمدد بعض أنواع التربة قد يعوق استخدام أنواع معينة من أنابيب المرافق.

وقد تفيد تفسيرات الحصر فى التنبؤ بالمشكلات المحتملة على طول المسارات المقترحة. والمعلومات الهيدرولوجية والبيانات الأخرى المرتبطة بخصائص التربة التفسيرية، مثل المجموعات الهيدرولوجية، قد تكون مفيدة فى تقدير الجريان السطحى المحتمل لتصميم المجارى المغطاة والجسور. ويمكن تحديد احتمال وجود صخور وتربة غير مستقرة تتطلب إزالة أو معالجة من الحصر.

المروج وتنسيق الحدائق (Lawns and landscaping): تعطى تفسيرات حصر الأراضى معلومات عامة حول مصادر الردم والتخطيط والغرس وصيانة الأراضى والحدائق والمناطق المماثلة. والأهمية الخاصة هى صلاحية التربة للعشب وأشجار الزينة والشجيرات؛ القدرة على تحمل الدوس وحركة المرور؛ الصلاحية للممرات والمناطق الأخرى المسطحة؛ والقدرة على مقاومة الانجراف. وقد يكون عدد من خصائص التربة الكيميائية حرجا، خاصة بالنسبة للزارعات الجديدة. وتتطلب التفسيرات الخاصة لنباتات معينة ومعالجة موقع معين مدخلات من تخصصات أخرى.

ويزرع عديد من الحدائق ونباتات الزينة فى مساحات مستوية على طبقة تحت تربة مكشوفة أو طبقة تحتية أو على مواد محفورة منتشرة على الأرض. وتفسر صلاحية هذه المواد للحدائق والزراعات الأخرى، وكمية التربة السطحية اللازمة، والمعالجات الأخرى المطلوبة لإنشاء الغطاء النباتى. وتستخدم إدارات الطرق السريعة تفسيرات التربة عند إنشاء وصيانة المزروعات على مادة تحت التربة فى حقوق الطريق.

إدارة مياه الأمطار (Stormwater management): إنشاء البنية التحتية (مثل الطرق والأرصفة وأسطح المنازل) يصنع أسطحًا غير منفذة، تزيد من الجريان السطحى وقد تساهم فى الفيضانات. وتفسر التربة لممارسات مختلفة لحفظ مياه العواصف والرشح الذى يمكن أن يقلل من خطر الفيضانات وتلوث المياه السطحية. وقدرة التربة على نقل المياه وحفظ المواد الضارة التى لا تساهم فى عدم استقرار الهيئة الطبيعية اعتبارات موقع مهمة.

التخلص من النفايات (Waste Disposal)

التخلص من النفايات إما بوضعها فى مساحة صغيرة نسبيًا من التربة أو توزيعها على مساحات أكبر.

التخلص الموضعى (Localized placement): فى هذا السياق، تشمل النفايات مجموعة كبيرة من المواد، تتضمن النفايات المنزلية السائلة، النفايات الصلبة، النفايات الصناعية المختلفة. وتوزع نفايات الصرف الصحى السائلة فى حقول الترشيح. وتخزن النفايات السائلة وتعالج فى بحيرات مشيدة فى مواد التربة. ويتم ترسيب النفايات الصلبة فى مدافن صحية وتغطى بمواد التربة.

والحدود القصوى من التوصيل الهيدروليكى المشبع والماء الحر عند عمق ضحل تحد من استخدام التربة فى حقول خزانات امتصاص الصرف الصحى. (يوضح جدول 8-1 معايير حقول خزانات امتصاص الصرف الصحى). وتتطلب بحيرات الصرف الصحى الحد الأدنى من التوصيل الهيدروليكى المشبع لمنع التسرب السريع للمياه، انحدار فى حدود معينة، احتمال بسيط أو معدوم للفيضان أو حدوث الماء الحر فى أعماق ضحلة.

تستخدم التربة للتخلص من النفايات الصلبة، إما فى خنادق أو فى طبقات متتالية على سطح الأرض. للتخلص فى الخنادق، الخصائص التى تتعلق بجدوى حفر الخندق (عمق الصخر والانحدار) والعوامل التى تتعلق باحتمال تلوث المياه الجوفية (مثل منطقة ضحلة من الماء الحرة، حدوث الغمر، وتوصيل هيدروليكى عالى التشبع) لها أهمية خاصة. وللتخلص على سطح التربة، التوصيل الهيدروليكى المشبع، الانحدار، وحدوث الغمر مهمة.

التوزيع منخفض الكثافة (Low-intensity distribution): تُستخدم التربة لتوفير النفايات الصلبة أو السائلة الآمنة التى تنشر على سطح الأرض أو تُحقن فى التربة. وتشمل هذه النفايات الأسمدة، حمأة الصرف الصحى، ومختلف المواد الصلبة ومياه الصرف الصحى (خاصة من مصانع معالجة المنتجات الزراعية). وعموما، فإن عملية التوزيع الفيزيائى تحدها الانحدارات الحادة، قطع الصخور > 75 مم، البروزات الصخرية، والابتلال. ويُطلق على معدل تطبيق النفايات دون تلويث المياه الجوفية أو المياه السطحية "قدرة التحميل". وقيم الرشح المنخفضة تحد من معدل امتصاص التربة للنفايات السائلة. وبالمثل، التوصيل الهيدروليكى المشبع المنخفض خلال معظم المتر العلوى يحد من معدل حقن النفايات السائلة. والعمق الضحل للطبقة الصلبة أو الصخر أو الحبيبات الخشنة يقلل كمية النفايات السائلة التى يمكن أن تمتصها التربة فى فترة معينة. والتربة المتجمدة أو حدوث الماء الحر فى الأعماق الضحلة يقلل زمن تطبيق النفايات. وتقلل درجات حرارة التربة المنخفضة من معدل تلويث التربة للمادة ميكروبيولوجيا.

وتختلف التربة فى قدرتها على الاحتفاظ بالملوثات حتى يتم تثبيطها أو استخدامها بواسطة النباتات. وتسمح التربة عالية النفاذية بتحرك النترات إلى المياه الجوفية. وبالمثل، تسمح التربة المشبعة أو المتجمدة للجريان السطحى بحمل الفوسفات الممتص على حبيبات التربة أو فى النفايات المترسبة على التربة مباشرة إلى المجارى المائية دون دخول التربة. والتربة التى تجمع بين قدرة محدودة على الاحتفاظ بالمياه فوق طبقات بطيئة النفاذية والزيادة الموسمية فى المياه تسمح للمياه التى تحمل الملوثات بالتحرك أفقيًا فى الأعماق الضحلة. وقد تدخل فى مجارى المياه مباشرة.

وقد تؤدى كميات كبيرة من النفايات إلى تغيير التربة. ويؤدى التحميل الثقيل بالنفايات السائلة إلى تقليل إمداد الأكسجين بحيث تنخفض إنتاجية بعض المحاصيل. وعلى العكس من ذلك، يمكن أن توفر الأحمال الثقيلة ريًا وتسميدًا مفيدًا لأنواع أخرى من التربة ومجموعات محاصيل. وتعمل المخلفات الحيوانية على تحسين معظم أنواع التربة، ولكن التأثيرات تختلف باختلاف نوع التربة.

والخطوة الأولى فى عمل تفسيرات للتربة للتخلص من النفايات تكون عادةً تحديد كيفية أداء أنظمة التخلص لكل نوع من النفايات على أنواع معينة من التربة فى المنطقة. وتأتى البيانات إما من العمل التجريبى أو من البحث. ويجب تحديد الخصائص المهمة وكيفية تقييم تأثيراتها. ويمكن تحديد القيم المحددة للخصائص الحرجة من خلال الخبرة ويمكن استخدامها فى عمل التفسيرات عندما تكون البيانات المتعلقة بأداء التربة شحيحة أو غير متوفرة.

إدارة المياه (Water Management)

تتعلق إدارة المياه بإنشاء أبنية صغيرة أو متوسطة الحجم نسبيًا، التحكم فى الممرات المائية متوسطة الحجم، عمل أنظمة رى وصرف، التحكم فى الجريان السطحى لتقليل الانجراف. وتتطلب هذه الأنشطة نفقات مالية كبيرة. وفى معظم الحالات، يجب إجراء تقييم فى الموقع، خاصة لخصائص التربة الموجودة على عمق. وتفيد عمليات حصر الأراضى مستوى 2 أو 3 فى تقييم المواقع البديلة، ويتطلب ذلك إجراء تحقيقات فى الموقع لتصميم المشاريع

الهندسية.

البرك والخزانات (Ponds and reservoirs): تُستخدم معلومات التربة فى التنبؤ بصلاحيتها للبرك والخزانات. وتحتوى السدود الترابية التى تغذيها المياه السطحية على تربة مختلفة نوعًا ما عن تلك التى يتم حفرها وتغذيتها بالمياه الجوفية. ويتم إجراء تفسيرات منفصلة.

احتمال تسرب التربة المحدد بالحد الأدنى من التوصيل الهيدروليكى المشبع وعمق التربة السابقة، عامل مهم لتصميم البرك والخزانات. والانحدار يؤثر على سعة الخزان. وتتعلق المجموعة الهيدرولوجية للتربة (انظر الباب الثالث) بالتنبؤ بالجريان السطحى إلى البركة أو الخزان.

السدود والحواجز والجسور (Embankments, dikes, and levees): أبنية مرتفعة من تربة مثارة لحجز المياه أو لحماية الأرض من الغمر. ويتم تقييم التربة كمصدر للبناء. والتوزيع الحجمى للحبيبات ووضعها فى النظام الموحد مهم. ولا تأخذ التفسيرات فى الاعتبار ما إذا كانت التربة الموجودة يمكن أن تدعم البناء. وقد يتطلب الأداء والسلامة الفحص إلى أعماق أكبر من المعتاد.

الرى (Irrigation): اعتبارات تصميم أنظمة الرى المهمة هى معدلات استخدام المياه، سهولة تسوية الأرض والتأثير الناتج على التربة، إمكانية الانجراف بواسطة مياه الرى، عوائق استخدام المعدات، والتعرض للفيضانات. وقد تكون هناك حاجة إلى حصر الأراضى المستوى 1 لفحص وقياس معدلات الرشح إلى أعماق أبعد من الحصر العادى. قد تعتمد التفسيرات على خصائص التربة المختلفة، متضمنة التوصيل الهيدروليكى المشبع، السعة المائية المتاحة، قابلية الانجراف، الانحدار، الصخور، عمق الجذور الفعال، الملوحة، معدل ادمصاص الصوديوم (SAR)، محتوى الجبس، وخصائص أخرى قد تؤثر على مستوى استجابة المحاصيل.

قد تكون تفسيرات الرى فى المناطق الجافة وشبه الجافة أكثر تعقيدًا منها فى المناطق الرطبة، لأن الرى يغير نظام مياه التربة أكثر فى المناطق الجافة وشبه الجافة. وتكون الملوحة و SAR ذات أهمية خاصة، وكذلك جودة مياه الرى. وقد تؤدى الاختلافات البسيطة فى الانحدار والارتفاع إلى تراكم مياه الصرف المالحة فى الأماكن المنخفضة أو مستوى ماء أرضى مرتفع إذا لم يتوفر نظام صرف مناسب.

الصرف (Drainage): يشير إلى إزالة الماء الزائد من التربة للاستصلاح أو التغيير. ويضع المهندسون معايير الإنشاء. وتتضمن تباعد وعمق المصارف تحت السطح، عمق وعرض الخنادق المفتوحة وانحداراتها الجانبية، والتدرج المسموح. وخصائص التربة المهمة للصرف تتضمن انتقال الماء، عمق التربة، كيمياء التربة، الفعل المحتمل للتجمد، الانحدار، ووجود قطع صخرية > 75 مم.

الصحة والسلامة العامة (Public Health and Safety)

تؤثر خصائص التربة والموقع بشكل عميق على توزيع الكائنات المسببة للأمراض، خطر تحرك الكتلة والمخاطر التى تسببها الزلازل، وناقلات الأمراض المتعلقة بمواطن البعوض. وصلاحية التربة كموطن للفطريات والبكتيريا التى تؤثر على صحة الإنسان أو الحيوان يمكن تحديدها من خلال زيادة دقة الخرائط التى توضح مختلف مخاطر وميول التربة فى مقاييس حصر الأراضى.

الأمراض التى تنقلها التربة (Soil-Borne Diseases)

حمى الوادى مثال للأمراض التى تنقلها التربة. وتسببه فطريات ***Coccidioides immitis*** ، ***Coccidioides posadasii***. وهذه الفطريات لها احتياجات تربة ومناخ خاصة جدا، ولذلك يمكن التنبؤ بالمناطق المناسبة كموطن لهذه الكائنات. لذلك، يمكن تجنب مناطق المواطن المحتملة أو اتخاذ تدابير لمنع تكون الغبار أثناء أوقات اطلاق الفطريات للجراثيم (spores).

حركة الكتلة (Mass Movement)

يمكن الاستدلال على احتمال انزلاق التربة باستخدام قوة القص ومفاهيمها من الانحدار وشكل سطح الأرض وعمق التربة إلى مستويات الضعف. ويتأثر ميل بعض أنواع التربة إلى السيولة أثناء الزلزال بعمر ورطوبة الهيئة الطبيعية. ويمكن نمذجة هذه السمات وعلاقاتها باستخدام بيانات حصر الأراضى. والحذر مطلوب فى تقييم أهمية التنبؤات إذا كان عمق الاستدلال لبيانات التربة ليس عميقًا بما يكفى لوصف مادة التربة المتأثرة.

الأدوات الجيوفيزيائية وصلاحية الموقع (Geophysical Tools and Site Suitability)

يستخدم رادار اختراق الأرض (GPR) والأدوات الجيوفيزيائية الأخرى (التى تمت مناقشتها فى الباب السادس) على نطاق واسع لتحديد مواقع البنية التحتية تحت الأرض، خصائص التربة، ومواقع الدفن والتطبيقات الأخرى التى يجب فيها فحص مساحات كبيرة دون إثارة التربة. وتؤثر خصائص مثل التوصيل الكهربى ومحتوى الطين والمنرالوجى على توهين واختراق الطاقة الكهرومغناطيسية. وتوقع مكان وكيفية عمل GPR باستخدام خصائص التربة. وقد طورت الولايات المتحدة سلسلة من الخرائط التفسيرية توضح ملاءمة التربة لاستخدام GPS فى جميع أنحاء البلاد (USDA-NRCS, 2009).

التربة تحت الماء (Subaqueous Soils)

تتكون التربة تحت الماء فى مادة ترسبت بالمياه ويمكن رسم خرائط لها وتوصيفها وتفسيرها. وتخضع هذه الترسيبات لعمليات بيدوجينية (Demas and Rabenhorst, 2001). وتحدث فى أنماط يمكن التنبؤ بها ولها خصائص تربة يمكن التنبؤ بها وتكون مفيدة للتفسير. وفى هذا القسم يتم مناقشة بعض التفسيرات التى تم تطويرها للتربة تحت الماء فى الولايات المتحدة. ويقدم الباب العاشر مزيدًا من المعلومات حول طبيعة وخصائص التربة تحت الماء. وقد تم تطوير تفسيرات لهذه البيئة. ويساعد رسم خرائط التربة وتوصيفها على ضمان الاستخدام الحكيم لموارد التربة القريبة من الشاطئ. وفيما يلى بعض الأمثلة على تفسيرات التربة تحت الماء.

المراسى (Moorings)

المكان المستقر لربط المراكب المائية أمر ضرورى أثناء العاصفة. ويعتمد نوع المراسى المستخدمة لتأمين المراكب المائية على طبيعة التربة تحت الماء (Surabian, 2007). والمناطق التى يكون فيها القاع سائلًا (قاع هش)، تكفى مرساة فطر المشروم لتثبيت القارب فى مكانه. والمناطق التى يتكون فيها القاع أساسا من الرمل والحصى (قاع صلب)، يلزم وجود مرساة ثقيلة.

استعادة حشائش Eelgrass (Eelgrass Restoration)

حشائش Eelgrass مهمة فى البيئة تحت الماء لأنها توفر غذاء وغطاء للأسماك والمحار المرغوبة. وتتطلب تربة رملية خالية من كبريتيدات أحادية مختزلة. ويجب أن يكون الماء ضحلًا بما يكفى للسماح باختراق الضوء وعميقًا بدرجة كافية لتجنب التجمد.

أراضى التخلص من المواد المجروفة (Land Disposal of Dredged Material)

يتم إزالة الرواسب من القنوات الملاحية لتسهيل حركة السفن. وإذا وضعت هذه المادة على الأرض، فسوف تتأكسد. وفى حالة وجود كبريتيدات أحادية مختزلة فى المادة المجروفة، تتأكسد هذه المركبات وتكون حامض كبريتيك، يمكن أن يكون له تأثيرات بيئية خطيرة.

أصداف الطبقة التحتية الصلبة (Hard Clam Substrate)

تربية الأحياء المائية قطاع مهم فى المناطق الساحلية. ويتطلب المحار الصلب طبقة تحتية رملية لأن حبيبات التربة الناعمة يمكن أن تسد جهاز الترشيح.

تطبيق التفسيرات مساحيا (Areal Application of Interpretations)

هدف حصر الأراضى هو تقديم تفسيرات لمناطق محددة فى خرائط التربة. ويناقش هذا القسم علاقة التفسيرات بمصطلحات وتقاليد وحدة الخريطة (موصوفة بالتفصيل فى الباب الرابع)، الأساس التفسيرى لتصميم وحدة الخريطة، والشك فى التنبؤات التفسيرية لمناطق محددة داخل وحدة الخريطة.

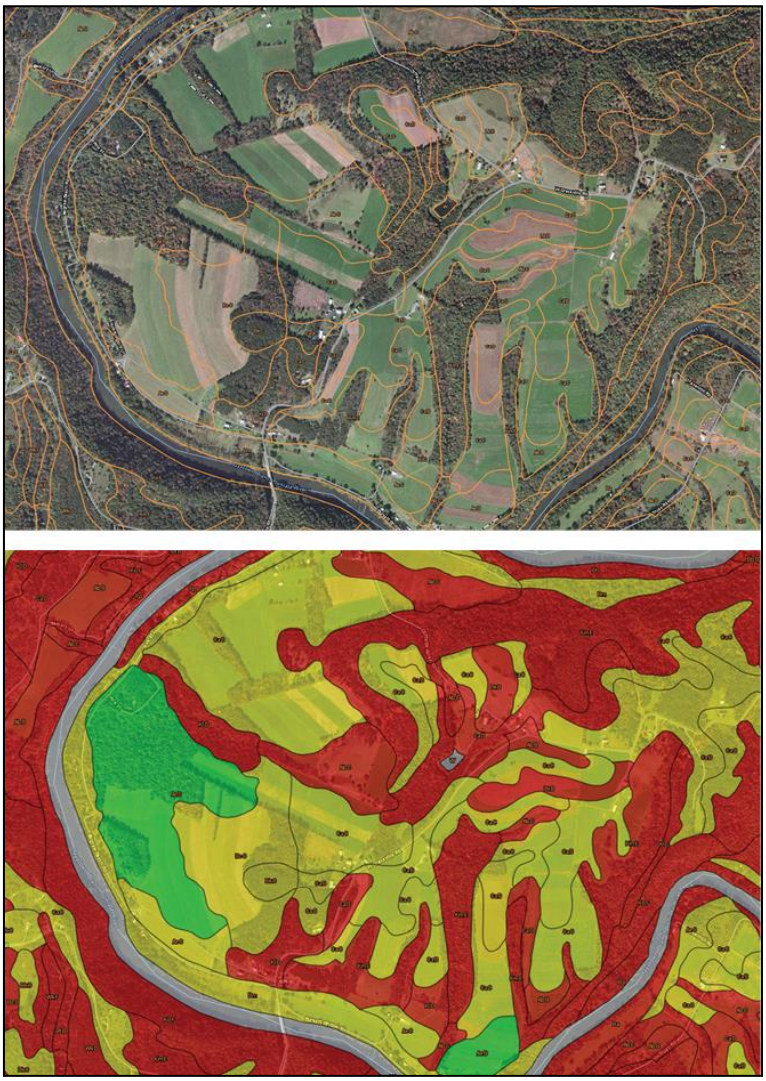
تفسيرات التربة المعتمدة على المضلع (Polygon-Based Soil Interpretations)

تطبق التفسيرات المعتمدة إلى المضلع بشكل موحد على ترسيم وحدة الخريطة بالكامل. والصورة العلوية فى شكل 4-8 عبارة عن خريطة تربة تُظهر ترسيمات وحدات الخريطة والمعالم الأخرى على الهيئة الطبيعية. وتُظهر الصورة السفلية نفس مساحة الصورة العلوية وتوضح تقييمات وحدات خريطة التربة للطرق والشوارع المحلية. ويدل اللون الأخضر إلى أنه غير محدد، والأصفر محدد نوعًا ما، والأحمر محدد جدا. ولم يتم تقييم المناطق الرمادية لعدم وجود بيانات كافية (فى هذه الحالة تكون عبارة عن مسطحات مائية). ويشير جدول 8-3 إلى خصائص التربة (فى العمود "أسباب التقييم") المحددة للطرق والشوارع المحلية لوحدة الخريطة Albrights (AbB). وتعطى القيم الرقمية تقديرًا لدرجة المحدد التى يفرضها كل سبب. ورغم وجود مكون واحد فى اسم وحدة الخريطة (على سبيل المثال، Albrights)، فمن المفهوم وجود أكثر من مكون فى الوحدة. فى هذه الحالة، تربة Brinkerton المتضمنة تشكل حوال 5% من وحدة الخريطة (المدرجة فى العمود "اسم المكون").

تفسيرات التربة المعتمدة على النقط (Raster-Based Soil Interpretations)

العمليات المستخدمة فى رسم خرائط رقمية للتربة (انظر الباب الخامس) تقدم إمكانيات مثيرة للاهتمام للتطور المستقبلى وعرض تفسيرات مكانية واضحة للتربة. ونظام التفسير الأمريكى الحالى له عيبين أساسيين يحدان من دقة وصحة التنبؤات. أولاً، يقتصر النظام على استخدام بيانات من داخل قاعدة البيانات فقط. وبينما هذا معقول بالنسبة لبيانات خصائص التربة، فمن الأفضل الحصول على البيانات المناخية والجيومورفية من مصادر أكثر ثقة. ثانيًا، لا يمكن عرض التفسير إلا كقيم مجمعة لمضلعات الخريطة الأصلية. ولا يمكن تقديم أى تفاصيل دقيقة للهيئة الطبيعية. وتوفر الخرائط الرقمية للتربة (DSM) الفرصة للتغلب على هذين المحددين من خلال السماح باستخدام طبقات البيانات الموثوقة وعرض النتائج بدقة خريطة التربة الرقمية. والنماذج التفسيرية مستقلة عموما عن المقياس، وتسمح بيانات المدخلات عالية الدقة بثقة أكبر فى الموقع المكانى للنتائج.

وترتبط مزايا التفسيرات المعتمدة على النقط بمساحة استخدام الأراضى. فاستخدامات مثل الزراعة وتربية المواشى والغابات تكون واسعة (من 10 إلى 1000 هكتار) مع استثمار منخفض نسبيًا لكل هكتار (رغم أن بعض أنظمة الزراعة تكون أكثر كثافة من غيرها). ومقياس 1: 20000 يكون مناسبًا لهذه الاستخدامات. واستخدامات الأراضى الأخرى، مثل مواقع المنازل ومرافق النفايات الحيوانية، تكون أكثر كثافة (0.1 إلى 1 هكتار) ولها استثمار مالى أعلى لكل هكتار. وتشغل جزءًا منفصلاً من الهيئة الطبيعية، التى قد تقع فى منطقة لا يتم احتسابها فى خريطة تربة مجمعة مقياسها 1: 20000. وقد يشتمل الاستخدام الخطى، مثل خط أنابيب أو طريق، على جزء طويل وضيق من الهيئة الطبيعية التى تغطى عدة كيلومترات من الطول وتقطع أجزاء عدة وحدات خرائطية. ويؤدى حساب التجانس المتأصل فى الهيئة الطبيعية لهذه الأنواع من الاستخدام إلى السماح بتغيير اتجاه الطريق لتجنب العقبات والمناطق الحساسة التى لا يتم عرضها على خريطة التربة.

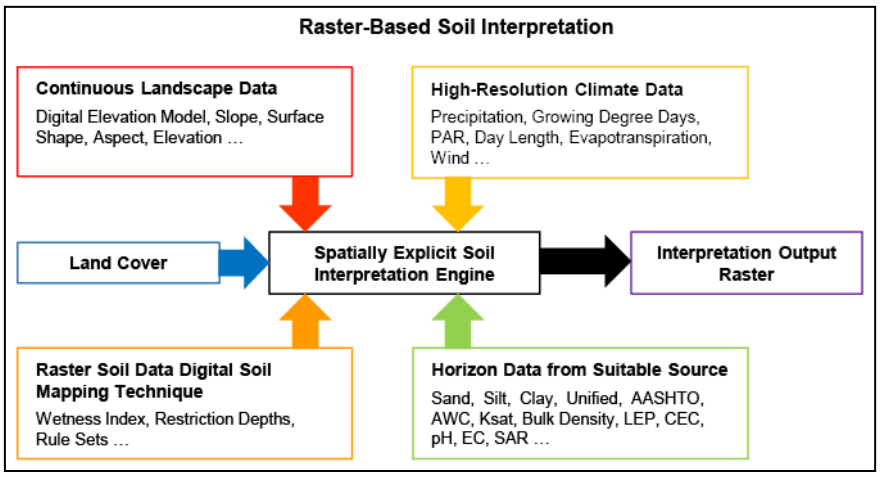


شكل 8-4: خريطة تربة تبين توزيع الوحدات الخرائطية على الهيئة الطبيعية وخريطة تفسيرية توضح محددات الطرق والشوارع المحلية.

جدول 8-3: التصنيفات المحددة للطرق والشوارع المحلية لوحدة خريطة Albrights (AbB)

Local Roads and Streets—Summary by Map Unit—Bedford County, Pennsylvania (PA009)						
Map unit symbol	**Map unit name**	**Rating**	**Component name** (percent)	**Rating reasons** (numeric values)	**Acres in AOI**	**Percent of AOI**
AbB	Albrights silt loam, 3 to 8 percent slopes	Very limited	Albrights (90%)	Depth to thick cemented pan (1.00)	43.6	**3.1%**
				Depth to thin cemented pan (1.00)		
				Frost action (0.50)		
				Depth to saturated zone (0.48)		
			Brinkerton (5%)	Depth to thick cemented pan (1.00)		
				Depth to saturated zone (1.00)		
				Depth to thin cemented pan (1.00)		
				Frost action (1.00)		
				Low strength (1.00)		

وفى البيئة النقطية، تسمح بيانات التربة المستمرة برسم نتائج تفسيرية محدودة فقط بحجم البكسل فى DSM. وتتم معالجة المتغيرات البيئية، مثل بيانات المناخ والطبوغرافية، بالإضافة إلى بيانات خصائص التربة بواسطة نظام نمذجة التفسير لكل بكسل (شكل 8-5). وتكون هذه البيانات متاحة من عملية DSM.



شكل 8-5: إطار تصورى لتفسير التربة على أساس البيانات النقطية.

وتخضع التفسيرات المعتمدة على بيانات النقط الصريحة مكانيًا لنفس مشاكل جودة البيانات والثقة مثل DSM التى تم اشتقاقها منها. وتتم الإشارة إلى مستوى الثقة فى DSM، كما يكون للنتائج التفسيرية فترة ثقة يمكن تقريرها. وحجم المعالجة يكون أكبر من المطلوب حاليا ويختلف حسب دقة DSM.

References

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1997. The classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes. AASHTO designation M145–91. *In* Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing, Part 1: Specifications (18th ed.).

Cox, E., and M. O'Hagan. 1998. The fuzzy systems handbook: A practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems, 2nd edition. Morgan Kaufmann Publishers.

Demas, G.P., and M.C. Rabenhorst. 2001. Factors of subaqueous soil formation: A system of quantitative pedology for submersed environ-ments. Geoderma 102:189-204.

Dobos, R.R., H.R. Sinclair, and M.P. Robotham. 2012. User guide for the National Commodity Crop Productivity Index (NCCPI), version 2.0. USDA Natural Resources Conservation Service.

Kiniry, L.M, C.L. Scrivener, and M.E. Keener. 1983. A soil productivity index based on water depletion and root growth. University of Missouri-Colombia, Research Bulletin 105, p. 89.

Klingebiel, A.A., and P.H. Montgomery. 1961. Land-capability classification. USDA Agriculture Handbook No. 210. Available at http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf. [Accessed 5 September 2016]

Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, and D.C. Yoder (coordinators). 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook No. 703.

Seybold, C.A., J.E. Herrick, and J.J. Brejda. 1999. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. Soil Science 164:224-234.

Soil Survey Staff. 2014a. Kellogg Soil Survey Laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, version 5.0. R. Burt and Soil Survey Staff (eds.). USDA Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2014b. Keys to soil taxonomy, 12th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

Soil Survey Staff. 2016. Web Soil Survey. USDA Natural Resources Conservation Service. http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov/ [Accessed 26 August 2016]

Surabian, D.A. 2007. Moorings: An interpretation from the coastal zone soil survey of Little Narragansett Bay, Connecticut and Rhode Island. Soil Survey Horizons 48:90-92.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. National soil survey handbook, title 430-VI. http://soils.usda.gov/technical/handbook/ [Accessed 26 August 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2009. Ground-penetrating radar soil suitability maps. Available at http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/geo/?cid=nrcs142p2_053622. [Accessed 9 September 2016]

Woodruff, N.P., and F.H. Siddoway. 1965. A wind erosion equation. Soil Science Society of America Proceedings 29:602-608.

الباب التاسع

تقييم خصائص التربة الديناميكية وتغير التربة

(Assessing Dynamic Soil Properties (DSPs) and Soil Change)

By Skye Wills, Candiss Williams, and Cathy Seybold, USDA-NRCS.

تتغير خصائص التربة الديناميكية (DSPs) مع استخدام الأراضى والإدارة والإثارة مع الزمن (عقود إلى قرون). والخصائص الثابتة (مثل قوام التربة) قد تتغير قليلاً، مع تغير استخدام الأراضى وإدارتها. وقد استخدم مصطلح "خصائص التربة الديناميكية" Tugel et al. (2005) لوصف الخصائص التى يمكن توثيقها كجزء من أنشطة حصر الأراضى. وقد تم تحديد إجراءات قياس وتسجيل DSP فى دليل تغيير التربة Soil (Tugel et al., 2008) Change Guide. ويستخدم المصطلح عند الإشارة إلى الخصائص التى قد تتغير خلال الاستخدام البشرى للأراضى وإدارتها، إما مباشرة (مثل الحراثة) أو بشكل غير مباشر (من خلال التسبب فى هطول الأمطار الحامضية). ورغم أن خصائص تربة كثيرة (مثل الرطوبة والحرارة والتنفس) ديناميكية على مقاييس الزمن اليومية أو الأصغر، إلا أن المعلومات المتعلقة بها لا يتم تضمينها فى منتجات حصر الأراضى الحالية. DSPs التى يعالجها الحصر تشمل خصائص تعكس وظائف التربة وتكون مؤشرات على جودة التربة أو دلائل لخدمات النظام البيئى. والخصائص الديناميكية تكون أكثر وضوحًا عند سطح التربة أو بالقرب منه ويمكن استخدامها لتقييم التغيرات والخروج عن معيار أو مجموعة من خصائص التربة المرجعية. ويسمح هذا بربط DSPs بمكونات وحدة الخريطة المستخدمة فى الحصر التقليدى (انظر الباب الرابع).

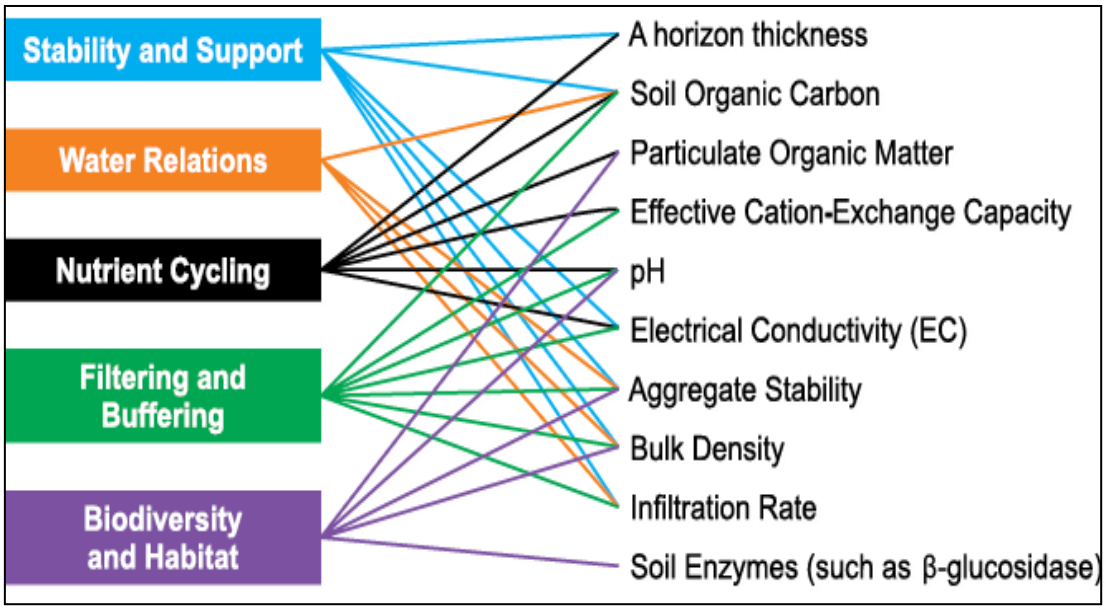
أهمية خصائص التربة الديناميكية (Importance of DSPs)

يعتمد عديد من برامج صيانة الأراضى والمياه فى الولايات المتحدة على إدارة خصائص التربة الديناميكية. وتُستخدم ممارسات الصيانة المؤكدة للحفاظ على إنتاجية التربة وجودتها واستدامتها على المدى الطويل. ويعتمد تخطيط الصيانة على معرفة الحالة الراهنة لمورد التربة وما يمكن تحقيقه أثناء الممارسات. وتوفر تقييمات DSP قيم خصائص التربة المحتملة التى تحدد ما يمكن تحقيقه.

وتُستخدم بيانات DSP لتوثيق وشرح والتنبؤ بتأثيرات استخدام الأراضى وإدارتها على وظائف التربة والنظام البيئى. ويتم جمعها بطريقة توثق خصائص التربة وتصنيفاتها إلى جانب معلومات عن استخدام الأراضى وإدارتها، ثم تخزينها فى قاعدة بيانات منظمة. ويمكن استخدام المعلومات حول استخدام الأراضى وإدارتها فى الماضى والحاضر لشرح خصائص التربة الحالية. كما تستخدم أثناء الاستدلال أو النمذجة، للتنبؤ بخصائص التربة ووظائفها فى المستقبل.

ووظيفة التربة طريقة لوصف دور التربة فى البيئة وتستخدم لتحديد خواصها وجودتها. وتشمل وظائف التربة الأساسية تدوير المغذيات، تخزين واطلاق الماء، التنوع البيولوجى والمواطن، الترشيح والعزل، والاستقرار الطبيعى والدعم (Mausbach and Seybold, 1998). وتخزن التربة وتضبط دورة المغذيات والعناصر الأخرى. وتنظم صرف وتدفق وتخزين المياه والمواد الذائبة (النيتروجين والفوسفور والمبيدات الحشرية). وتدعم التنوع البيولوجى والمواطن وتعزز نمو النبات والحيوان والأحياء الدقيقة. وترشح وتعزل المواد السامة والمغذيات الزائدة وتحمى جودة الماء والهواء والموارد الأخرى. وتوفر التربة الاستقرار الطبيعى والدعم، مما يسمح بمرور الهواء والماء خلال البناء المسامى، وتعمل التربة كبيئة لجذور النباتات، وتدعم تثبيت المبانى. وعديد من وظائف التربة معقد ويصعب قياسه، إلا أن بعض الخصائص الرئيسية مؤشرات لوظائف تربة معينة (شكل 9-1) (Doran

et al., 1996; Karlen and Stott, 1994; Mausbach and Seybold, 1998). هذه الخصائص هى محور جمع حصر الأراضى لـ DSP.



شكل 9-1: العلاقة بين وظائف التربة وبعض الخصائص الديناميكية (Tugel et al., 2008).

يوفر إطار حصر الأراضى جمع ونشر معلومات عن كيفية تغير DSPs (ووظائف التربة التى تدعمها) مع الغطاء النباتى واستخدام الأراضى والإدارة (Wills et al., 2016). وبيانات DSP، مثل قيم الكثافة الظاهرية تحت خطط رعى مختلفة، تحسن معلومات الحصر من خلال توفير إمكانات خصائص التربة فى ظل سيناريوهات مختلفة لاستخدام وإدارة الأراضى. وبجمع معلومات DSP مع معلومات حصر الأراضى المرتبطة مكانيًا (مثل مكونات وحدة خريطة التربة)، يوفر الحصر السياق المكانى (الخرائط، المناطق المتأثرة، إلخ) لمستخدمى الأراضى والباحثين وصناع القرار فيما يتعلق بالتأثيرات المتوقعة للتغيرات فى الاستخدام والإدارة. وخصائص التربة وإمكاناتها الوظيفية جنبًا إلى جنب مع مجموعات بيانات DSP المجمعة توفر خصوصية أكبر للتفسيرات، القيم المستهدفة لتقييم خواص وجودة التربة، مبادئ رصد المؤشرات، وبيانات المعايرة والتحقق من صحة نمذجة الموارد.

كيفية جمع (DSPs) لحصر الأراضى (How to Collect DSPs for Soil Survey)

تنظم مشروعات DSP جمع وتحليل البيانات حول أنواع تربة معينة ومجموعات تربة وأنظمة إدارة الأراضى. ويعتمد مجال وخصوصية وتكرار كل مشروع DSP على أهداف هذا المشروع. والهدف الشامل لجمع البيانات هو توثيق النطاق والاتجاهات المركزية لـ DSP لمجموعة معينة من التربة وظروف إدارة الأراضى (مثل الحالة المرجعية والحالات المتدهورة أو أفضل ممارسات إدارة المحاصيل النموذجية). ويجب أن يوفر المشروع معلومات حول قيم DSP النموذجية والمحتملة لمكونات وحدة خريطة التربة وأوصاف الموقع البيئى. وبالتكرار المناسب، يمكن إجراء هذه المشاريع كدراسات مقارنة لتغير التربة (Tugel et al., 2008) حيث تستخدام ظروف بديلة فى إطار عمل إحلال مكانى مقابل الزمن لتقديم استنتاجات حول كيفية تغير التربة مع الزمن فى ظل إدارة سيناريوهات معينة. فى هذا النهج، يُفترض أن جميع الأماكن التى لها نفس التربة تكون لها نفس الخصائص فى الزمن صفر (أى قبل تطبيق ممارسات إدارة أراضى معينة). والافتراض هو أن أى اختلافات لوحظت ترجع إلى الإدارة وليس التباين المكانى المتأصل. والتكرار متعدد المقاييس يحد من تأثير أى تباين مكانى يتم ملاحظته عند عمل استنتاجات حول تغير التربة. وقد تسعى مشاريع DSP أيضًا إلى توثيق الظروف الأساسية (مثل الظروف المرجعية للموقع

البيئى)، سيناريوهات إدارة الحالة الأفضل والأسوأ، أو الظروف البديلة ذات الأهمية.

ويجب جمع وتنظيم واستخدام معلومات DSP لحصر الأراضى بطريقة تتفق مع بروتوكولات الحصر والمعايير المستخدمة للخصائص المتأصلة. ويمكن وصف جمع البيانات بطريقتين: مشتتة وقائمة على المشروع. ويشير جمع بيانات DSP المشتت إلى تكامل جمع البيانات مع عمليات مشروع الحصر الروتينية الأخرى. ونتيجة لذلك يتم توثيق معلومات DSP وإدارة الأراضى فى مجموعة واسعة من أنشطة المشروع. ولا تتركز الجهود على أى استخدام أو نظام إدارة واحد للأرض، ولكنها مشتتة فى جميع الحالات التى تحدث فيها التربة. فى المقابل، يتم تصميم مجموعة بيانات DSP القائمة على المشاريع لإجراء تقييم مكثف لظروف إدارة اراضى معينة. ويتضمن جمع بيانات DSP كلا النهجين، فيوفر تمثيلًا لإدارة الأراضى والمكان (من جهود متفرقة) ومقارنات تفصيلية لسيناريوهات الإدارة فى هيئات طبيعية معينة (من الجهود القائمة على المشروع). ويمكن استخدام بيانات DSP لتقييم تمثيل بيانات التربة (عبر أنظمة استخدام الأراضى وإدارتها) وتقييم التباين المكانى.

الهدف من جمع DSP المشتت هو البناء على أنشطة الحصر الأخرى وزيادة المعرفة العامة بـ DSP عبر جميع أنواع التربة وظروف إدارة الأراضى. فى هذا السياق، يعد مصطلح "حالة إدارة الأراضى" مصطلحًا عامًا يشمل مجموعة من المواقف المحتملة، بما فى ذلك الحالات البيئية، المجتمعات النباتية، استخدام الأراضى، وأنظمة إدارة محاصيل ومراعى معينة. ومزايا جمع البيانات المشتت هى أنها تتطلب موارد إضافية قليلة وتوفر معلومات عن مدى واسع من التربة وظروف المديرين والمصممين وصانعى السياسات. ويستخدم تحليل البيانات لتجميع التربة وظروف إدارة الأراضى لمزيد من التقييم خلال مشاريع DSP، والتحقق من صحة الملخصات والتنبؤات التى تمت من مشاريع مكتملة.

جمع بيانات DSP المشتت (Dispersed DSP Data Collection)

فى موقع كل ملاحظة يجب تسجيل معلومات عن الموقع، البيدون، وحالة إدارة الأراضى والممارسات. وتتضمن البيانات أى معلومات معروفة حول الاستخدام العام، الحالة البيئية، نوع وكمية الغطاء النباتى، وأنظمة المحاصيل؛ مثل الحراثة، تناوب المحاصيل، واستخدام مبيدات الآفات أو الأسمدة. وتقيم خصائص إضافية على عينات قرب سطح التربة، مثل نشاط الإنزيم والاستقرار الكلى. ويجب أن تكون إجراءات ومصطلحات تسجيل هذه المعلومات موحدة. وتتضمن أنظمة معلومات التربة الجيدة عناصر بيانات متعلقة بمؤشرات وظيفة التربة واستخدام الأراضى وحالة الإدارة.

جمع بيانات DSP القائم على المشروع (Project-Based DSP Data Collection)

يتطلب جمع بيانات DSP القائم على المشروع تخطيطًا شاملاً ويكون أكثر أنواع جمع البيانات كثافة. ويحدد نوع المشروع كيفية سير عملية جمع البيانات. ويمكن تخطيط المشاريع لتلبية أهداف متعددة. ويجب تخطيط تكرار الموقع والبيدون لتلبية جميع أهداف المشروع على أصغر وحدة مستهدفة من التربة وإدارة الأراضى. ومن المفيد اجتماع كل أصحاب المصلحة (الذين سيجمعون ويستخدمون المعلومات) لتحديد أهداف مشروع DSP والتربة المستهدفة والظروف.

تحديد أهداف مشروع DSP (Determining DSP Project Goals)

تختلف الأهداف حسب نوع المشروع. وفيما يلى وصف ثلاثة أنواع من المشاريع مع أمثلة لكل منها.

دراسة نطاق DSP (DSP range study): الهدف من هذا النوع هو تقييم النطاق الكامل لقيم خصائص DSP وبالتالى توفير معلومات مكونات التربة بغض النظر عن إدارة أو استخدام الأراضى. وتختار تربة واحدة أو مجموعة تربة وثيقة الصلة. ولا يتم التحكم فى ظروف إدارة الأراضى (أى لا يتم استهدافها على وجه التحديد فى

أخذ العينات) ولكن يجب توثيقها جيدًا. ويتطلب هذا النوع من المشروع أقل قدر من التكرار. لذلك، عند تطبيق النتائج عبر منطقة الدراسة (مجموعة التربة)، تكون البيانات عادة غير كافية للمقارنات الإحصائية بين ظروف إدارة الأراضى.

مثال: التربة محل الاهتمام توجد فى منطقة تستخدم للمراعى والحشائش وزراعة المحاصيل. ولدراسة نطاق DSP تؤخذ عينات من أنظمة الإدارة عبر استخدامات الأراضى الثلاثة، تشمل المتوقع أن يكون لها أصغر وأعلى قيم DSP.

مثال آخر: أرادت ولاية غرب وسط الولايات المتحدة معرفة قيم DSPs النموذجية فى الإقليم. ولمدة عامين، تضمنت جميع المشاريع أخذ عينات لـ DSPs بالإضافة إلى توثيق معلومات استخدام الأراضى والإدارة لبيدون واحد على الأقل. وقدمت البيانات فكرة عامة عن الظروف النسبية للمنطقة. ولم تكن هناك أزواج أو مكررات تستخدم لعمل مقارنات إحصائية لأن هذا لم يكن الهدف من المشروع.

خط أساس DSP أو الدراسة المرجعية (DSP baseline or reference study): الهدف من هذه المشروعات هو إنشاء خط أساس أو مستويات DSP مرجعية أو ظروف إدارة محدودة. وتستخدم خطوط الأساس لتفسير التقييمات فى الموقع لجودة التربة كنقطة انطلاق لنمذجة أو مراقبة المشاريع. وتطبق النتائج عبر منطقة (تربة أو مجموعة) وظروف إدارة الأراضى ذات الأهمية. ويتطلب التعميم خارج هذه الظروف معرفة خبرة ويعتمد على امتداد وتمثيل ظروف إدارة الأراضى المختارة. ويحتاج هذا النوع من المشاريع مستوى تكرار متوسط للتربة المستهدفة وظروف إدارة الأراضى.

مثال: تربة كيركلاند (Kirkland) مرعى طبيعى حدث به حريق عرضى (هذه هى الحالة المرجعية لموقعها البيئى). تستهدف دراسة DSP المرجعية هذه الحالة، ويمكن مقارنة التقييمات والتقديرات المستقبلية بمستويات خط الأساس أو المرجع.

دراسة تغير التربة (DSP soil change study): الهدف من هذه المشروعات تقييم تغير التربة باستخدام تقنية استبدال المكان مقابل الزمن. فبدلاً من تقييم تأثيرات نظام الإدارة فى موقع واحد على مدار فترة زمنية طويلة، تقارن هذه التقنية بين موقعين مختلفين لهما أنظمة إدارة مختلفة خلال نفس الفترة الزمنية. ويفترض أن خصائص التربة فى الموقعين هى نفسها قبل تطبيق نظام الإدارة. ويكون هذا النوع من الدراسة عادةً دراسة أساسية أو مرجعية للتربة أو مجموعة من التربة. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب دراسات تغير التربة الاختيار الحذر لاستخدام أراضى وظروف إدارة تمثل حالة مرجعية وحالة بديلة. ويلزم تكرار قوى متعدد المقاييس لعمل استنتاجات إحصائية حول تغير التربة الناجم عن إدارة الأراضى. قدم Pickett (1989) خلفية نظرية لاستبدال المكان بالزمن، و Tugel et al. (2008) ناقشوا تطبيق هذه التقنية فى حصر الأراضى.

مثال: أرادت مجموعة من علماء التربة فى ولاية ميتشيجان (Michigan) فحص خصائص التربة الديناميكية تحت نوعين من استصلاح الأراضى المبتلة. وقرروا أنهم بحاجة إلى إجراء دراسة تغير DSP تتضمن خط الأساس أو الحالة المرجعية (فى هذه الحالة أرض مبتلة مرجعية غير مثارة) وظروف استخدام بديلة للأراضى مع مخطط أخذ عينات متعدد المقاييس لاستنتاج التباين فى الأراضى المبتلة الفردية وعبر منطقة المشروع.

تحديد التربة والظروف المستهدفة (Determining the Target Soils and Conditions)

يمكن تصميم دراسات لتربة مستهدفة أو مواقع بيئية أو ظروف إدارة أراضى.

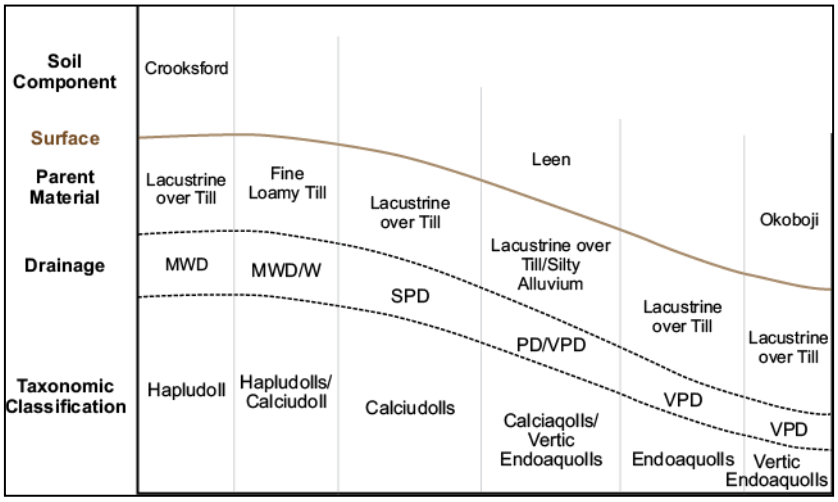
التربة أو المواقع البيئية (Soils or ecological sites): استهداف تربة أو مواقع بيئية معينة سيحدد مدى مشروع DSP، أماكن جمع العينات والملاحظات، وأين يجب تطبيق النتائج. وتشمل مناهج التربة المستهدفة وحدة تربة مفردة ونظام تربة وموقع بيئى.

وحدة تربة مفردة (Single soil unit): أصغر وحدة دراسة هى مكون وحدة الخريطة الذى يمثله سلسلة التربة. ويتم اختيار التربة القياسية التى تمثل أنواع التربة الأخرى فى المنطقة و / أو تمثل اهتمامات مهمة بالموارد والعمليات البيئية.

مثال: فى منطقة بولاية ميتشيجان، تعتبر تربة Houghton العضوية المبتلة الأكثر شيوعًا فى الأراضى المبتلة المستصلحة. وتربة Adrian مشابهة جدًا تصنيفيا وتوجد فى نفس مواقع الهيئة الطبيعية. لذلك اعتبرت التربتان تربة مستهدفة لأخذ العينات والمقارنات.

نظام التربة (Soil system): دراسة نظام التربة تقسم الهيئة الطبيعية وتقيم تسلسل هرمى مناسب فى نظام أو كاتينا. ويمكن الجمع بين مكونات تربة تمثل أجزاء متشابهة من الهيئة الطبيعية و / أو استجابتها متماثلة لظروف استخدام وإدارة الأراضى لأغراض أخذ العينات.

مثال: فى مقاطعة رينفيل (Renville)، ولاية مينيسوتا (Minnesota)، قسمت الهيئة الطبيعية للتربة إلى ثلاثة أجزاء بناءً على الطبوغرافية والهيدرولوجيا والفئات التصنيفية (شكل 9-2). وتم اختيار مكون تربة لتمثيل كل مجموعة من المجموعات.



شكل 9-2: قطاع عرضى معمم لهيئة طبيعية قرب أوليفيا، ولاية مينيسوتا. تم تصميم مشروع DSP لمعرفة تأثير تغير استخدام الأراضى على نظام التربة. مكونات Crooksford تمثل Hapludolls جيدة الصرف نسبيًا، ومكونات Leen تمثل Calciudolls و Calciaquolls على حواف منخفض، ومكونات Okoboji تمثل Endoaquolls فى المنخفضات وسهول البحيرة. (اختصارات درجة الصرف: MWD–متوسطة، W–جيدة، SPD–رديئة نوعًا ما، PD–رديئة، و VPD–رديئة جدًا.)

الموقع البيئى (Ecological site): دراسة الموقع البيئى تجمع مكونات التربة فى وحدات ذات معنى للعمليات البيئية وإدارة الأراضى.

ظروف إدارة الأراضى (للمرجع أو لخط الأساس أو للمقارنة) (Land management conditions)

يتم اختيار ظروف إدارة الأراضى طبقًا للتربة ونوع المشروع وتشمل فئات الغطاء الأرضى العامة (على مراعى أو أراضى زراعية) أو أنظمة إدارة معينة (مثل دورة حرق كل 3 سنوات مع رعى معتدل أو عدم حراثة مع محاصيل الغطاء). ويجب، لكل مشروع، الحفاظ على مستوى مشابه من التباين ضمن ظروف إدارة الأراضى المحددة. على سبيل المثال، قد تكون مقارنة ظروف الغابات داخل حالة مرجعية مع نظام إدارة أراضى محاصيل أكثر ملاءمة من مقارنة جميع ظروف الغابات تحت نظام إدارة معين. وعند محاولة توثيق تغير التربة، يجب أن يقسم النموذج المفاهيمى المختار تغير التربة إلى أطر مرجعية منفصلة، ظروف يمكن وضعها فى فئات منفصلة (Starfield et

al., 1993) ويمكن أخذ عينات منها فى مواقع طبيعية منفصلة (باستخدام تقنية المكان مقابل الزمن). ويوصى دليل تغير التربة (Soil Change Guide) (Tugel et al., 2008) باستخدام نماذج شائعة لإثارة وانجراف التربة، مثل STIR و RUSLE2 و SCI, (Foster, 2005; Hubbs et al., 2002; USDA-NRCS, 2003, 2006). وحدد Wills et al. (2016) إطارًا محتملاً لتجميع أنظمة الإدارة حسب مجموعات الإنتاج الأولية وأنواع وكمية الإثارة.

مثال: من أجل تحقيق الأهداف، حدد فريق تخطيط DSP فى ميتشيجان أخذ عينات من أراضى مرجع أساسى مبتلة وتوثيقها بالإضافة إلى نوعين من أراضى مستصلحة وإنتاج زراعى نموذجى.

مثال آخر: فى مقاطعة دودج (Dodge)، ولاية نبراسكا (Nebraska)، تم اختيار نظامين للإدارة الزراعية كظروف مستهدفة. وكان الظرف المرجعى هو أعلى استخدام للأراضى الزراعية.

خطة جمع البيانات (Data Collection Plan)

تعمل الخطة المكتوبة كأداة لتنظيم العمل وسجل لكيفية تنفيذ المشروع لاستخدام البيانات فى المستقبل.

تصميم أهداف المشروع (Formalizing Project Objectives)

تسجيل قرارات التخطيط، وتحدد أهداف المشروع والمعوقات الجغرافية والظرفية بوضوح. وتشمل المعلومات تحديد التربة وظروف إدارة الأراضى المقبولة أو غير المقبولة للعينات.

جمع البيانات الموجودة (Gathering Existing Data)

توقع البيانات ذات الصلة فى حصر الأراضى والمعمل عن طريق الاستفهام عن تصنيفات التربة المستهدفة أو الارتباطات المكانية أو بوسائل أخرى. وقد توجد المعلومات أيضًا فى المجلات أو المنشورات الإرشادية أو أعمال طلاب الدراسات العليا فى الجامعات أو الكليات أو المجموعات الأخرى القريبة.

جمع بيانات إضافية (Additional Data Collection)

تحتاج جميع مشاريع DSP إلى بروتوكول لجمع البيانات عبر مقاييس متعددة. ويجب أن تشمل المواقع (المواقع المستقلة التى يتم أخذ عينات منها عادةً على أنها قطع) مجموعة كاملة من التربة وظروف إدارة الأراضى ذات الأهمية. وفى كل موقع، يجب وضع ما لا يقل عن ثلاثة بيدون فى تخطيط قياسى أو بطريقة عشوائية. ومناقشة الأساليب ونماذج الحقل والمعدات الخاصة بجمع البيانات الميدانية موضحة فى الملحق 3 من دليل تغير التربة (Tugel et al., 2008). ويجب توفير المعلومات كبيانات وصفية عامة حول كيفية تصميم المشروع وتنفيذه.

تحديد مصادر وأنواع ومقدار التباين

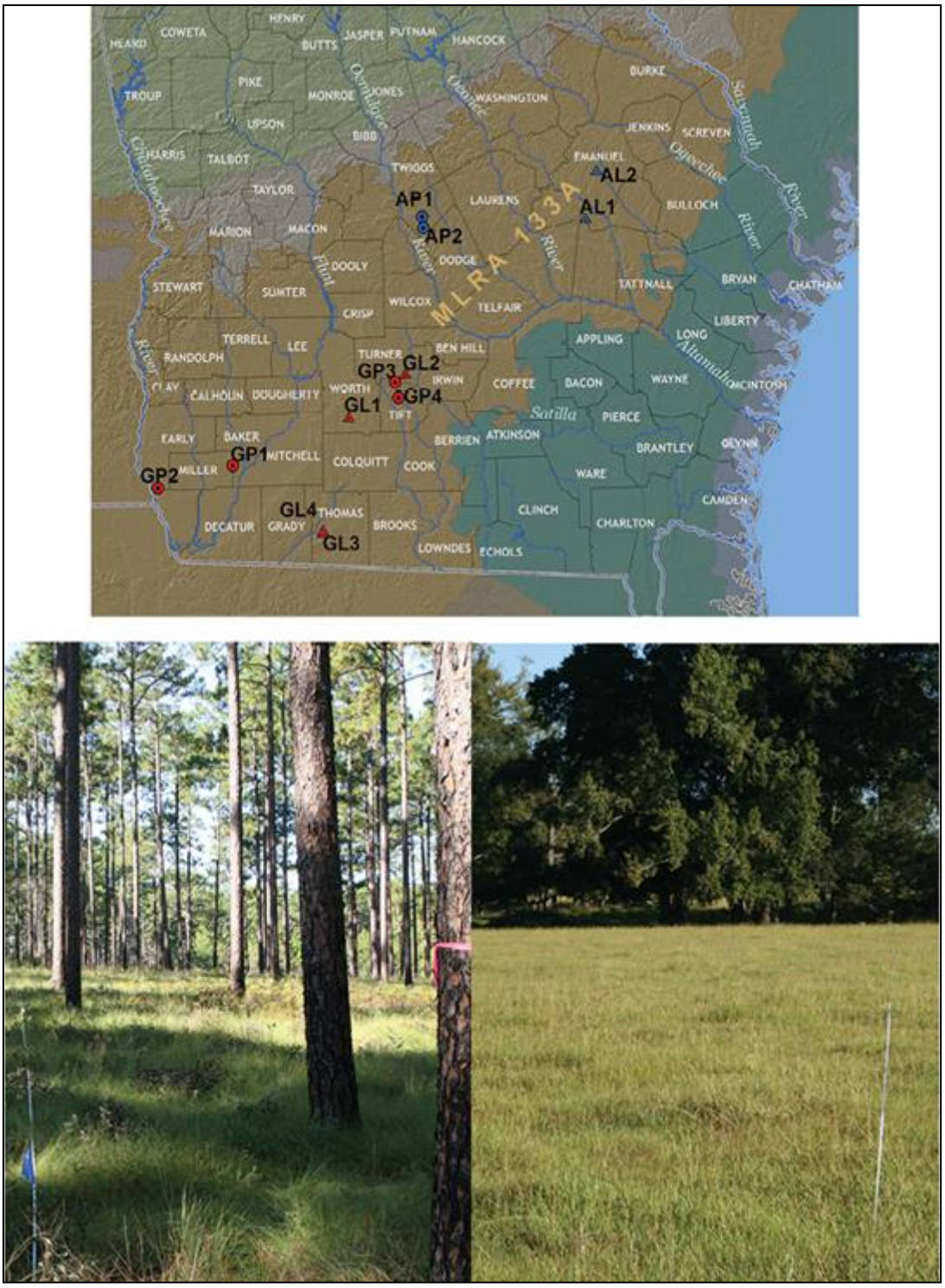
(Determining Sources, Types, and Amount of Variability)

تُستخدم معرفة الخبراء بالنظام والبيانات الموجودة لتحديد مصادر التباين. ويمكن استخدام أدوات مثل Multi-Scale Sampling Requirement Evaluation Tool (Tugel et al., 2008) أو عمل التقديرات اللازمة لعدد من المواقع و pedons لكل موقع لتحقيق أهداف المشروع.

تصميم مخطط أخذ العينات (Designing a Sampling Scheme)

يمكن تحديد أفضل ترتيب للبيدون داخل الموقع باستخدام المعلومات حول التباين المتوقع. ويجب أن تشمل خطة أخذ العينات مواقع متعددة داخل منطقة الدراسة. ويجب أن لا يقلل التصميم أو يزيد من تمثيل الهيئات الطبيعية

(على سبيل المثال، الروابى أو المنخفضات) أو المظاهر الدقيقة (على سبيل المثال، الممرات أو رمى الأشجار) داخل الموقع. ويبين شكل 9-3 مخطط أخذ العينات.

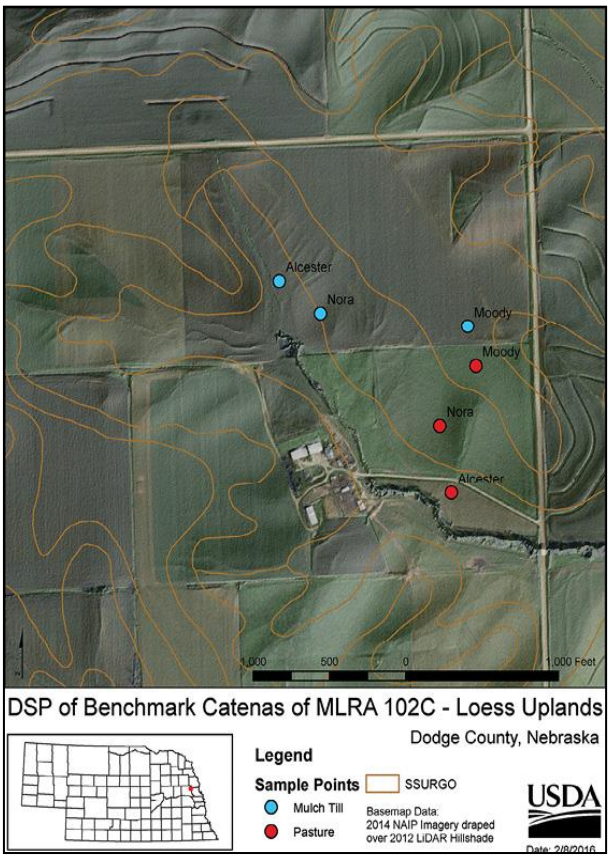


شكل 9-3: وثائق من مشروع Georgia Longleaf Pine Dynamic Soil Property (غير منشورة). تتضمن كل ظروف استخدام الأراضى المستهدفة فى منطقة الدراسة. أعلى: توزيع قطع عبر منطقة موارد الأراضى الرئيسية 133A (MLRA). تم تصنيف قطع الأراضى لتسميتها A (Atlantic) أو G (Gulf) جانب المنطقة و P (pasture) أو L (longleaf pine). أسفل يسار: قطعة أرض صنوبر طويلة الأوراق. أسفل يمين: قطعة أرض مراعى بها شريط عرضى (لتدابير الغطاء النباتى). وأسماء المقاطعات وحدودها موضحة على الخريطة. (Photo courtesy of Dan Wallace)

تحديد مواقع جمع البيانات (Locating Sites for Data Collection)

يجب أن تمثل المواقع الميدانية كلاً من المفهوم المركزى والنطاق النموذجى لخصائص التربة المستهدفة وظروف إدارة الأراضى. وينبغى الحذر لتجنب التحيز فى اختيار الموقع. ويمكن استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، مثل أخذ عينات المكعب اللاتينى المشروط، أو تقنيات أخذ العينات الإحصائية الأخرى. ويجب اختيار مواقع بديلة عند تعذر الوصول إلى الموقع أو رفضه. وقد وصف Brungard and Johanson (2015) خطة دقيقة للاستبدال.

تطوير خطة جمع البيانات والعينات (Developing data collection and sampling plan): يجب التخطيط لبروتوكولات وإجراءات أخذ عينات مشروع DSP. ويجب أن تتوافق عناصر البيانات والمصطلحات المستخدمة مع نظام التربة. وتوضح الصورة العليا فى شكل 9-3 كيفية توزيع المواقع فى المنطقة. ويبين شكل 9-4 توزيع البيدون داخل موقع مزدوج فى مقاطعة دودج، ولاية نبراسكا. فى هذا المشروع، تم تحديد المواقع كأزواج (مع وجود كل ظروف إدارة الأراضى المستهدفة) للحد من تنوع التربة وتحسين مقارنات الظروف.



شكل 9-4: مثال موضع بيدون لموقع مزدوج فى مقاطعة دودج، نبراسكا. كل موقع له ظروف إدارة الأراضى المستهدفة (مراعى وذرة-فول صويا مع حراثة الملش). تم التقاط نظام التربة بثلاثة أنواع تربة مستهدفة. وتمثيل موقع البيدون المركزى على الخريطة وتسميته باسم التربة. ولم يتم عرض اثنين من البيدون الفضائية الإضافية على الخريطة واقعين على خط الكونتور.

إرشادات قبول أو رفض موقع أخذ العينات (Guidelines for accepting or rejecting a site for sampling): يجب التحقق من التربة والظروف فى الحقل للتأكد من أن العينات تفى بأهداف المشروع. ويجب أن تحدد الإرشادات نطاقات التربة والمظاهر وظروف إدارة الأراضى المقبولة لإدراجها فى المشروع.

قائمة عناصر البيانات لمعلومات الموقع (List of data elements for site information): يتم عادةً جمع

بيانات الإدارة والغطاء النباتى على مستوى الموقع. ويجب تحديد جميع عناصر البيانات المراد قياسها أو تسجيلها فى كل موقع (مكان أو قطعة أرض). وقد تشمل الغطاء النباتى، البقايا، دليل الموقع، أو أى مقاييس أخرى للنباتات أو الإدارة. ويمكن استخدام مخططات التجميع الشائعة لبيانات الموقع البيئى فى منطقة المشروع كنقطة بداية. وجدول 9-1 مثال على العناصر التى يمكن جمعها فى كل موقع أو مكان أو قطعة أرض.

جدول 9-1: عناصر بيانات مشروع DSP التى يتم جمعها على مستوى الموقع (قطعة أرض)

Type of data	Property/measurement
Management information	Crop rotation Tillage system General description Tillage operations (frequency and timing) Applications and other operations and treatments Grazing management Forestry management
Vegetation information (as appropriate)	Plant biomass or production Composition Understory Overstory Line-point intercept Canopy and basal gap Site index
Forest floor (when present in any part of study)	Woody debris Visual disturbance classes* Soil surface displacement, compaction, litter thickness, crust cover, etc.
Surface properties	Residue cover/bare soil Pedoderm and pattern class+

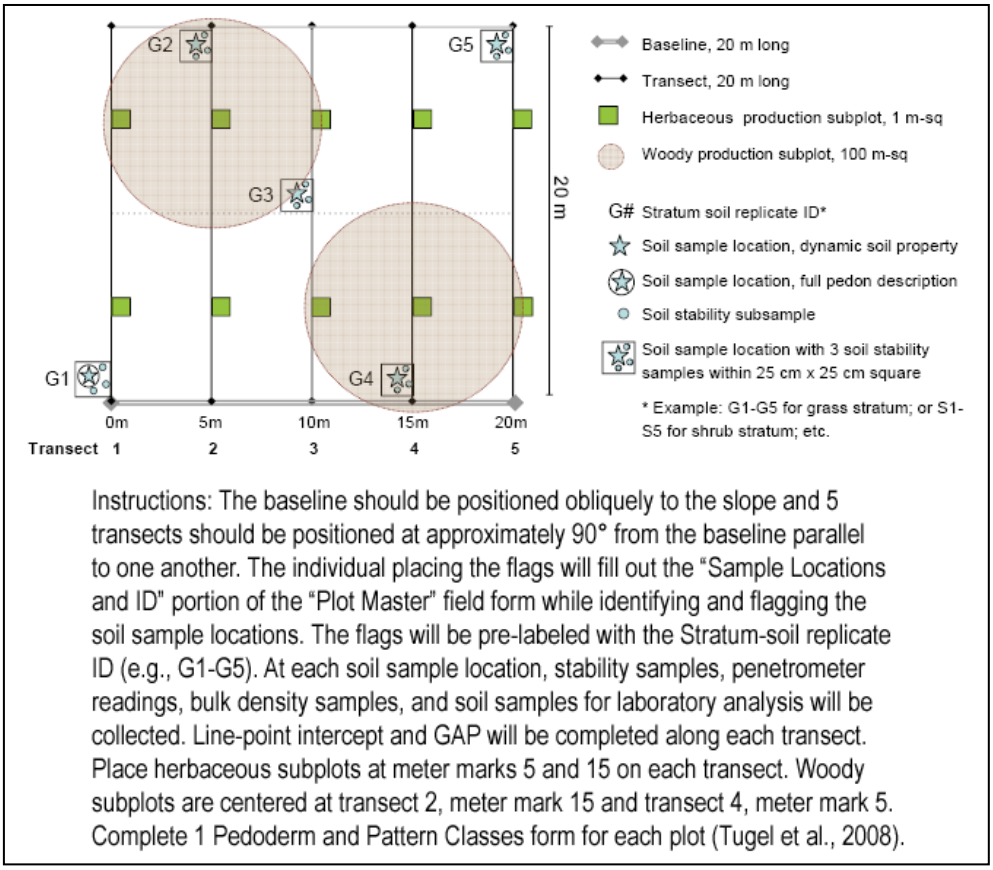
* Page-Dumroese et al., 2012 + Burkett et al., 2011

تعليمات لتحديد مواقع البيدون والقياسات (Instructions for locating individual pedons and measurements): مطلوب خطة واضحة لشرح كيفية توقيع البيدون داخل كل موقع ومكان وكيفية قياس أى خصائص سطح مرتبطة. وتتضمن الخطة رسما قياسيًا للقطعة (شكل 9-5)، توقيع البيدون عشوائيًا داخل منطقة قطعة الأرض، أو مقاطع عرضية (شكل 9-4) مع وضع البيدون على أبعاد منتظمة على طول كنتور الكاتينا. وقياس الرشح والتوصيل الهيدروليكى وخصائص السطح (مثل البقايا ودرجة النمط وقشرة التربة) قبل إثارة البيدون تحسن تكامل البيانات.

تعليمات أخذ عينات البيدون ووصفه (Instructions for pedon sampling and description): وصف البيدون إلى عمق محدد مسبقًا يجب أن يتبع إجراءات قياسية (انظر صفحة 8-2 من Schoeneberger et al. 2012). ويُقترح ملاحظة بيدون لكل موقع، أخذ عينة بيدون واحد لكل حالة إلى عمق ضرورى لتأكيد سلسلة التربة، وجمع معلومات تفصيلية جيدة، مثل الكثافة الظاهرية وحفظ الماء (جدول 9 -2).

تعليمات جمع العينات (Instructions for sample collection): جمع عينة من عمق محدد مسبقًا (على سبيل المثال، 0-5 سم) قرب السطح يساعد فى عمل مقارنات بين الظروف. ويجب ملاحظة نوع عينة الأفق السطحى (انظر الباب الثالث). هذه العينة يمكن التعامل معها كعينة فرعية من الأفق الأول أو وصفها كأفق منفصل. وتجمع العينات الأخرى كآفاق جينية لالتقاط أكبر قدر من التباين داخل القطاع والسماح بإجراء مقارنات بين الآفاق. ولأن عديد من DSPs حساس للإثارة، فيجب تجنب المشى أو استخدام معدات ثقيلة فى أماكن أخذ العينات. ويجب

وضع خطة لتصنيف العينات لتتبع التربة والحالة والموقع وتكرار البيدون بالإضافة إلى معلومات حول الآفاق والطبقات.



شكل 9-5: مثال لتعليمات تفصيلية لأخذ عينات من قطعة أرض لمشروع DSP للمراعى بولاية يوتا. ونظرًا لأن المشروع يشمل علماء التربة وعلماء المراعى، فقد تم تطوير خطة تفصيلية للغاية لأخذ العينات. دليل تغير التربة (Tugel Soil Change Guide (et al., 2008.

جدول 9-2: عناصر بيانات مشروع DSP التى تجمع فى البيدون؛ من أماكن متعددة.

Type of data	Property/measurement
Surface properties	**Aggregate or soil stability** **Infiltration** **Single ring** **Double ring** **Crust description (when present)** **Pedoderm and pattern class** **Relevant microtopography** **Soil surface temperature** **Cover/bare soil**
Pedon properties	**Pedon description** **Horizon depths, colors, textures, fragment estimates** **Agronomic feature (furrow, wheel-track, etc. at pedon location)** **Soil horizon/depth increment** **Temperature** **Cover/bare soil** **Saturated hydraulic conductivity**

تعليمات التعامل مع العينات (Instructions for sample handling): عديد من الخصائص المقاسة فى دراسات DSP يتم قياسها فى إجراءات حصر الأراضى القياسية. وينصب التركيز على استهداف وتتبع وتكرار ظروف معينة. ومع ذلك، تكون بعض القياسات ذات أهمية خاصة لأخذ عينات DSP، مثل الكثافة الظاهرية، الاستقرار الكلى، وقياسات بيولوجيا التربة (على سبيل المثال، نشاط الإنزيم). ويجب التعامل مع العينات بحذر وعدم تعريضها للتكسير أو التسخين. وينبغى تجفيف العينات هوائيا فى أسرع وقت ممكن إذا كان سيتم شحنها و / أو تخزينها لأكثر من 24 ساعة.

الحد الأدنى المطلوب لبيانات عينات المعمل (Desired minimal dataset for laboratory samples): يجب أن تحتوى مجموعة البيانات على معلومات عن الخصائص الأساسية القياسية للسماح بالارتباط والمقارنات بين التربة والمواقع. وقد تتضمن معلومات وصف البيدون القياسية (مثل سمك الأفق والقوام والمكونات الخشنة) وبيانات المعمل (مثل تحديد حجم الحبيبات). ويجب أن تتضمن بيانات DSP الكربون (عضوى وغير عضوى)، pH، EC، الكثافة الظاهرية، الثبات الكلى، الإنزيمات الحيوية (β-glucosidase)، المواد العضوية الدقيقة، والمغذيات (N، P، K، إلخ.). ويقدم جدول 9-3 قائمة محتملة للخصائص المطلوب قياسها. ويحلل معمل Kellogg لحصر الأراضى حاليًا الخصائص التفسيرية والديناميكية القياسية.

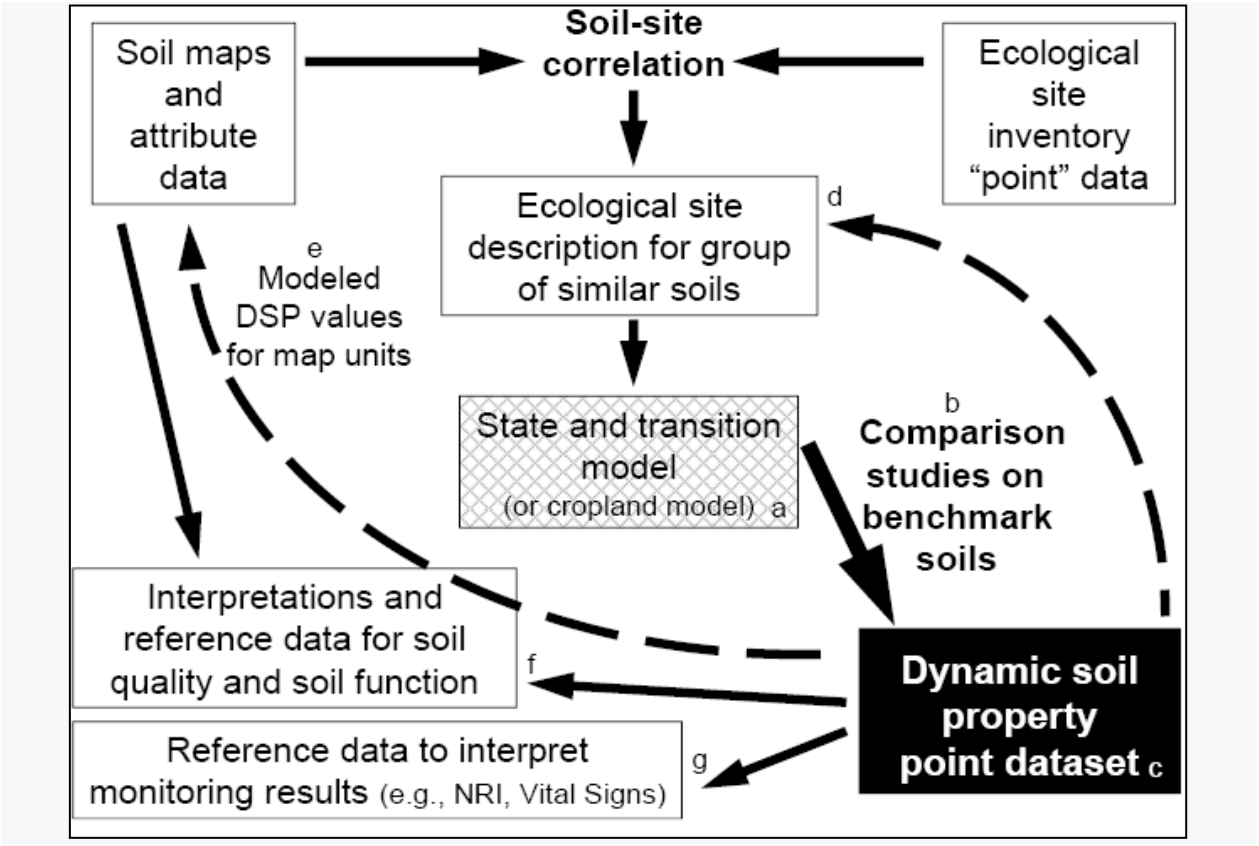
جدول 9-3: قياسات خصائص التربة الديناميكية على عينات فردية.

Type	Property/measurement
Standard nterpretive	Standard laboratory characterization Particle-size determination Other properties *in lieu* of particle size Minerology (clay or other as appropriate) CEC
Standard dynamic	Organic carbon Derived from total and inorganic carbon Inorganic carbon Derived from calcium carbonate equivalent pH EC Bulk density Aggregate stability Water stable aggregates Total N P (Mehlich or other as appropriate) Water retention Extractable bases Extractable acidity ECEC Permanganate extractable carbon (POX-C or Active C) Soil enzymes β-glucosidase Particulate organic matter (POM)
Supplemental as needed and available	SAR Plant available P Dry sieve aggregates Potentially mineralizable N
Field lab	pH Active C (kit for permanganate extractable C) Aggregate stability Advanced soil structure and pore analysis CO_2 burst and respiration tests

تحليل بيانات خواص التربة الديناميكية

(Analyzing Dynamic Soil Property Data)

تستخدم بيانات DSP لأغراض عديدة، يرتبط بعضها مباشرة بحصر الأراضى وكثير منها مرتبط بشكل غير مباشر (شكل 9-6). والحصيلة الأولى والأطول لمشروع DSP هى جمع وتوثيق بيانات التربة والغطاء النباتى فى ظل سيناريوهات مختلفة لاستخدام وإدارة الأراضى. وهذا منتج سريع يكون بمثابة مدخلات لعديد من المنتجات الأخرى، مثل نمذجة آثار الصيانة وتحليل عام للموقع الجغرافى.



شكل 9-6: علاقة بيانات خصائص التربة الديناميكية بالمواقع البيئية وتفسيرات التربة وبيانات الملاحظة. يستخدم نموذج بسيط (a) لتصميم دراسات المقارنة (b). وتُستخدم بيانات خصائص التربة الديناميكية المستمدة من هذه الدراسات لملء مجموعة بيانات النقط (c). وتتوفر بعد ذلك بيانات النقط لتضمينها فى وصف المواقع البيئية (d)، نمذجة قيم خصائص التربة الديناميكية للتربة المماثلة (e)، تطوير التفسيرات (f)، وتفسير بيانات الرصد التى جمعت من البرامج (g)، مثل حصر الموارد الطبيعية (NRI)، العلامات الحيوية، وجرد الغابات وتحليلها (FIA). من Tugel et al., 2008. والخطوات الأولية لتحليل بيانات DSP هى كتلك الخاصة بتجميع بيانات حصر الأراضى. وتجميع البيانات معقد عن طريق تكرار المواقع والبيدون. ويساعد حفظ السجلات وعلامات التمييز بشكل جيد فى كل المراحل على ضمان نتائج موثوقة. وللسماح بالتحسين المستمر، يجب توثيق جميع عمليات تجميع البيانات من خلال سجلات مكتوبة وبرامج نصية وقواعد البيانات العامة. والمخطط التفصيلى التالى يصف عديد من الخطوات والاعتبارات الهامة فى تحليل بيانات DSP.

معالجة بيانات DSP (DSP Data Handling)

1. **حفظ خطة جمع بيانات المشروع.** خطة جمع البيانات تعمل كبيانات وصفية للمشروع وتشرح لمستخدمى البيانات كيف ولماذا تم جمع البيانات.
2. **إدخال البيانات والتحقق منها بحثًا عن الأخطاء.** إدخال البيانات فى برامج وقواعد البيانات المطلوبة وفحصها بحثًا عن الأخطاء. وتتضمن البيانات معلومات عن المواقع، البيدون، العينات التى تم جمعها، وأنظمة إدارة

الأراضى. وقد يتم جمع بعض المعلومات (مثل معدل الرشح) فى الحقل وتسجيلها لاحقًا فى قاعدة بيانات أو ملفات أخرى.

3. **تجميع البيانات أو ربطها عبر مقاييس شائعة**. يتم ربط وتسمية بيانات DSP، لتضمين معلومات الموقع والملاحظة (على سبيل المثال، يتم تسمية الغطاء النباتى والبيدون المفردة من نفس الموقع بنفس رمز قطعة الأرض). ويجب أن تسمح قاعدة البيانات بربط عناصر البيانات عبر الظروف والمواقع.
4. **تعميم الآفاق ووحدات القياس الأخرى**. يجب تجميع البيانات التى تم جمعها بواسطة العينات التى تم تصنيفها بشكل فردى، مثل الأفق الجينى، فى وحدات عامة حتى يمكن تحليل الخصائص ومقارنتها. وإضافة عناصر البيانات الأخرى (مثل الطبقة القابلة للمقارنة؛ Tugel et al., 2008) التى تجمع كل الآفاق المحتملة فى المشروع. والاحتفظ بالنصوص والقواعد كجزء من البيانات الوصفية والوثائق الخاصة بالمشروع.
5. **تجميع الملاحظات والقياسات الفردية**. اختيار مقارنات هادفة بين الظروف، من أصغر عنصر بيانات فردى (قيم العينة) إلى أوسع مستوى من الاهتمام (التربة واستخدام الأراضى أو نظام الإدارة). وتجميع الآفاق والبيدون والمواقع لعمل المقارنات.

ا. إنشاء عناصر بيانات منفصلة لعينات السطح (0-5 سم) وطبقات المقارنة، مثل جميع آفاق A أو B أو المجموعات الأخرى الموضحة فى دليل تغير التربة (Tugel et al., 2008).

ب. استخدام المتوسطات الوزنية حسب العمق لدمج الآفاق فى قيم البيدون.

ج. حساب القياسات الإحصائية لقطع الأراضى أو المواقع.

د. حساب المقاييس الإحصائية لاستخدام الأراضى أو إدارتها.

6. **تحليل البيانات**.

أ. إجراء تقييم البيانات والمقارنات المرسومة. يتم تقييم البيانات الأولية لقياس الاتجاهات العامة وتحديد الأخطاء والقيم الشاذة. ويجب أن تتضمن الرسوم البيانية المخططات الصندوقية حسب الطبقات المقارنة والبيدون والمواقع والأعماق داخل البيدون. ويوضح شكل 9-7 ملخصًا لطبقتين سطحيتين لمشروعى DSP منفصلين. ويستخدم تصور البيانات لاستكشاف وفحص ومشاركة الاستنتاجات العامة حول المشروع.

ب. حساب الإحصاءات الوصفية لمجموعات التربة. وتتضمن الاتجاهات المركزية (المتوسط والوسط والطريقة) بالإضافة إلى قياس التشتت والتغير (المدى والانحراف المعيارى وما إلى ذلك).

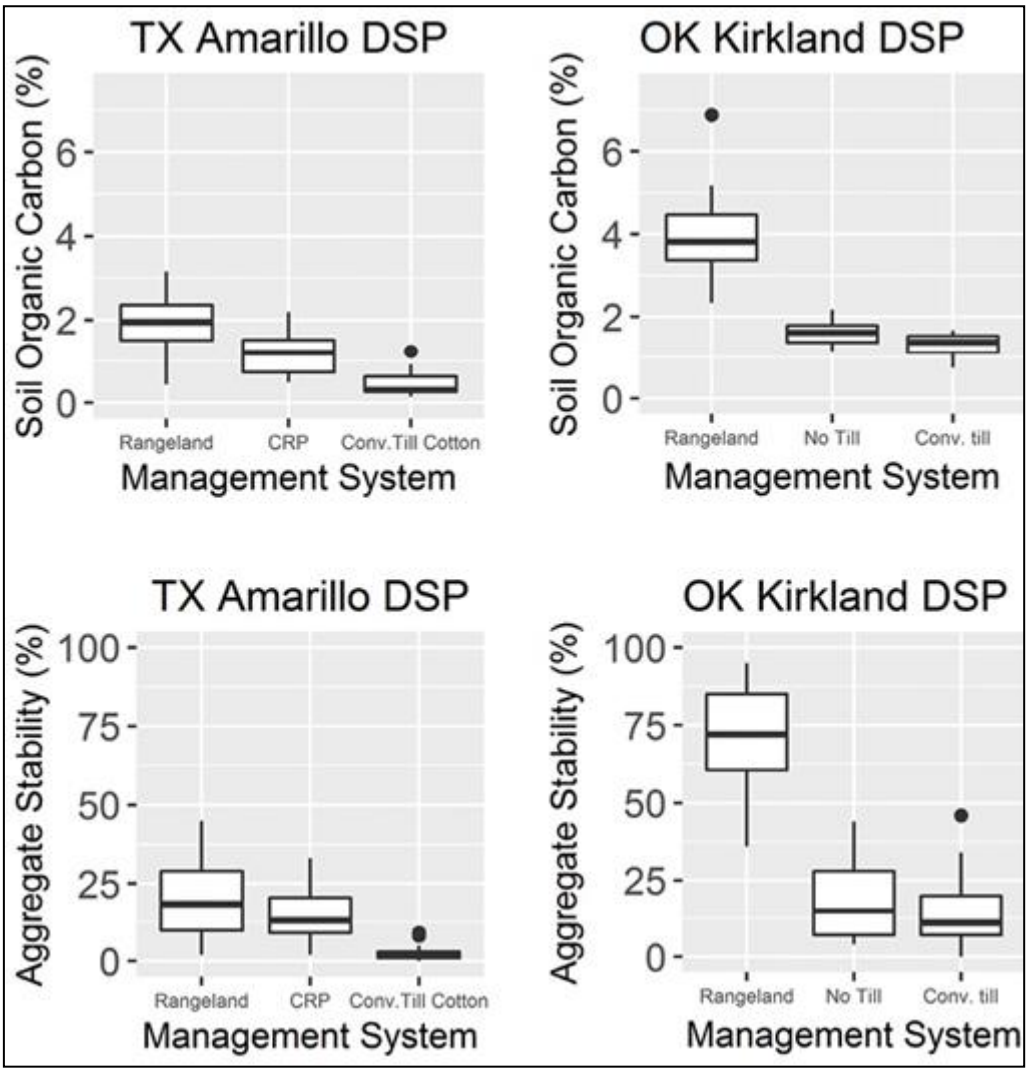
ج. حساب الإحصاء الوصفى لظروف إدارة الأراضى الفردية. حساب قياسات الاتجاهات المركزية والتشتت والتغير. استخدام متوسطات الموقع أو نموذجًا مختلطًا لتعكس بدقة أى ارتباط تلقائى بين الملاحظات المأخوذة فى نفس الموقع.

د. المقارنة الإحصائية والتأكد من الفروق المعنوية. تقييم الاختلافات الإحصائية بين ظروف الإدارة.

أولا. استخدام اختبارات T، F للاختلافات. تعمل النماذج المختلطة على تحسين استخدام العوامل الثابتة (الحالة) والعشوائية (تكرار القطعة).

ثانيا. فحص الأبحاث لتحديد ما إذا كانت الاختلافات الموصوفة ذات مغزى لوظيفة التربة.

ثالثا. تقييم كفاية أخذ العينات (على سبيل المثال، هل تم جمع عينات كافية لاكتشاف الفرق إن وجد؟). وإذا كانت الخصائص أكثر تغيرًا مما كان متوقعًا فى الأصل، فقد لا يكتشف تصميم أخذ العينات غير الاختلافات الكبيرة جدًا. ويمكن اختيار مواقع إضافية وجمع عينات لإجراء مقارنات إحصائية معنوية لاكتشاف الاختلافات الأصغر المهمة فى قيم DSP.



شكل 9-7: خصائص التربة الديناميكية لعينات من 0 إلى 2 سم لمشروعين DSP (تربة Amarillo و Kirkland): أ) الكربون العضوى للتربة (%) مقاسا ككربون كلى و ب) التجمعات الثابتة فى الماء (%). وتمثل المخططات الصندوقية النسب المئوية الخامسة والعشرون والخامسة والسبعون. لاحظ أنه تم استخدام المراعى كمرجع لكلا المشروعين ولكن تم استخدام أنظمة بديلة مختلفة لإدارة الأراضى للمقارنة. وتحتوى التربة أيضًا على مستويات مرجعية مختلفة لهذين المشروعين.

7. عمل استنتاجات عن تنوع التربة، ظروف إدارة الأراضى، وتغير التربة. ويلخص التقرير النهائى أهداف المشروع، التربة المستهدفة وظروف إدارة الأراضى، عملية جمع البيانات، وطرق تجميع البيانات وتحليلها. ويجب أن تتضمن الاستنتاجات النهائية المستوى الأكثر تحديدًا للتقييم ومنطقة الاستدلال المتوقعة (مناطق أخرى تطبق فيها النتائج). ويوثق التقرير العملية ويدعم أى استنتاجات.

8. تعبئة قواعد بيانات حصر الأراضى بالمعلومات مثل الخاصة بمكونات وحدة خريطة التربة. وحسب طبيعة المشروع، يتم تقرير النتائج للامتداد الكامل للتربة أو النتائج المقصورة على ظروف معينة.

ويجب الحذر عند دمج بيانات مشروع DSP فى تجميع بيانات قياسى. ويوضع فى الاعتبار توزيع البيانات وتمثيلها عند إدخال معلومات مكونات عامة، مثل القيم الممثلة (RV). وإذا كانت ظروف إدارة مختلفة لها DSP مختلفة إحصائيًا، فيجب مقارنة توزيع الظروف التى تم تقييمها مع عدد البيدون المتاح للتجميع. وقد يتم التجميع حسب حالة إدارة الأراضى ثم وزن الظروف حسب الانتشار المكانى للوصول إلى القيمة الإجمالية.

ملخص DSPs فى حصر الأراضى

(Summary of DSPs in Soil Survey)

خصائص التربة الديناميكية تعزز حصر الأراضى بتوفير معلومات حول خصائص التربة التى تتغير مع استخدام الأراضى وإدارتها. والمعلومات حول DSPs تحسن القدرة على توثيق وشرح والتنبؤ بآثار استخدام الأراضى وإدارتها على وظيفة التربة والنظام البيئى. ويمكن جمع بيانات DSP كمعلومات عامة أو كمشاريع مصممة لاكتشاف الاختلافات الإحصائية بين أنواع الإدارة واستخدام الأراضى. وفى كلتا الحالتين، يتم جمع DSP بطريقة توثق خصائص التربة وتصنيفاتها ومعلومات استخدام الأراضى وإدارتها. ويضمن التخطيط وأخذ العينات والتحليل الحذر أن تعزز بيانات DSP مشاريع حصر الأراضى وتسمح باستخدام إضافى لمعلومات التربة.

References

Brungard, C., and J. Johanson. 2015. The gate's locked! I can't get to the exact sampling spot. . . can I sample nearby? Pedometron 37:8-10. Available at http://www.pedometrics.org/Pedometron/Pedometron37.pdf. [Accessed 29 September 2016]

Burkett, L.M., B.T. Bestelmeyer, and A.J. Tugel. 2011. A field guide to pedoderm and pattern classes, version 2.2. USDA Agricultural Research Service and Natural Resources Conservation Service. ISBN 0-9755552-4-3. Available at

http://jornada.nmsu.edu/files/FieldGuidePedodermPattern.pdf.

Doran, J.W., T.B. Parkin, and A.J. Jones. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. *In* Methods for assessing soil quality, SSSA Special Publication No. 49, pp. 25-37.

Foster, G.P. 2005. Science documentation: Revised Universal Soil Loss Equation, version 2 (RUSLE 2). USDA Agricultural Research Service.

Hubbs, M.D., M.L. Norfleet, and D.T. Lightle. 2002. Interpreting the soil conditioning index. *In* E. van Santen (ed.) Making conservation tillage conventional: Building a future on 25 years of research, pp. 192-196.

Karlen, D.L., and D.E. Stott. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. *In* Defining soil quality for a sustainable environment, SSSA Special Publication No. 35, pp. 53-72.

Mausbach, M.J., and C.A. Seybold. 1998. Assessment of soil quality. *In* R. Lal (ed.) Soil quality and agricultural sustainability, pp. 33-43.

Page-Dumroese, D.S., A.M. Abbott, M.P. Curran, and M.F. Jurgensen. 2012. Validating visual disturbance types and classes used for forest soil monitoring protocols.

Pickett, S.T.A. 1989. Space-for-time substitution as an alternative to long-term

studies. *In* G.E. Likens (ed.) Long-term studies in ecology: Approaches and alternatives, Springer-Verlag, New York, pp. 110-135.

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, E.C. Benham, and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, version 3.0. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Starfield, A.M., D.H.M. Cumming, R.D. Taylor, and M.S. Quadling. 1993. A frame-based paradigm for dynamic ecosystem models. Ai Applications 7(2&3):1-13.

Tugel, A.J., J.E. Herrick, J.R. Brown, M.J. Mausbach, W. Puckett, and K. Hipple. 2005. Soil change, soil survey, and natural resources decision making: A blueprint for action. Soil Science Society of America Journal 69:738-747.

Tugel, A.J., S.A. Wills, and J.E. Herrick. 2008. Soil change guide: Procedures for soil survey and resource inventory, version 1.1. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. Available at http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/edu/?cid=nrcs142p2_053372. [Accessed 23 September 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2003. Interpreting the Soil Conditioning Index: A tool for measuring soil organic matter trends. Soil Quality—Agronomy Technical Note 16. Available at http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053273.pdf. [Accessed 29 September 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2006. The soil tillage intensity rating (STIR). Available at http://efotg.nrcs.usda.gov/references/public/ID/agron_TN50-STIR.doc.

Wills, S.A., C. Williams, C. Seybold, L. Scheffe, Z. Libohova, D. Hoover, C. Talbot, and J. Brown. In press. Using soil survey to assess and predict soil condition and change. *In* D. Field, C.L. Morgan, and A.B. McBratney (eds.) Global soil security, Springer Publishing.

الباب العاشر

حصر الأراضى تحت الماء

(Subaqueous Soil Survey)

By Mark Stolt, University of Rhode Island, and James Turenne and Maggie Payne, USDA-NRCS.

مقدمة (Introduction)

تختلف التربة تحت الماء عن التربة التى على سطح الأرض فى وجود مياه دائمة على سطح التربة. وتحدث هذه التربة فى المياه العذبة والبيئات البحرية الضحلة، مثل البرك والبحيرات ومناطق مصبات الأنهار ومناطق المد والجزر. ويعرف كتاب (Soil Survey Staff, 2014) التربة "الضحلة" بحوالى 2.5 متر. وفى أعماق تزيد عن 2.5 متر، يتم عادة تخفيف ضوء الشمس ويغيب الغطاء النباتى المائى المغمور (SAV). ومع ذلك، قد يكون هذا العمق أكبر بكثير فى المياه الصافية. وبالتالى، لأغراض تفسيرية، يتم عادةً رسم خرائط إلى أعماق تصل إلى 5 أمتار. ويتم أيضًا تضمين مناطق ذات نطاقات المد والجزر الشديدة كتربة تحت مائية على الرغم من أنها قد تتعرض للجو لمدة ساعة أو ساعتين أثناء الجزر التام أو حدث مماثل. وتوجد التربة تحت الماء فى مجموعة من التضاريس تحت المد والجزر، مثل دلتا المد والجزر، ومراوح الغسيل، وقاع البحيرات (Schoeneberger and Wysocki, 2012; USDA-NRCS, 2016). وتصنف حاليًا فى رتبتى Histosol و Entisol فى كتاب تصنيف التربة (Soil Survey Staff, 2014).

الحدوث (Occurrence)

توجد التربة تحت الماء فى جميع أنحاء العالم، باستثناء المناطق الداخلية الأكثر جفافاً حيث لا تتجمع المياه بشكل دائم لتكوين بحيرات أو برك. وفى المناطق الساحلية، تكون هذه التربة أكثر انتشارًا فى الهيئة الطبيعية. على سبيل المثال، رود آيلاند (Rhode Island) بها حوالى 700000 إيكر تربة تحت جوية. وإذا تم تضمين مساحة البيئات تحت الماء التى يقل عمق المياه فيها عن 5 أمتار، فإن المساحة الإجمالية للتربة ستتضاعف تقريبًا.

الأهمية (Importance)

تقع المراكز السكانية فى العالم فى المناطق الساحلية. وفى الولايات المتحدة، تشكل مقاطعات مستجمعات المياه الساحلية أقل من 10% من مساحة اليابسة، لكن أكثر من 50% من السكان يعيشون فى هذه المقاطعات. وإذا تم تضمين المدن والبلدات الواقعة على مسافة قصيرة من منطقة البحيرات العظمى (Great Lakes)، فسيكون هذا العدد أكبر. وتُستخدم المياه الساحلية والداخلية للنقل والاستجمام والزراعة وسبل العيش الأخرى. وتعتبر المياه الضحلة والداخلية مناطق حضانة لمعظم الحيوانات التى تعيش فى هذه النظم البيئية. وتوفر التربة تحت الماء فى هذه المواطن الضحلة أساس وهيكل النظام البيئى. والأنشطة البشرية العديدة فى المياه الضحلة تعطل وتثير وربما تدمر هذه المواطن. لذلك فإن فهم توزيع وخصائص التربة تحت الماء بالغ الأهمية لإدارة هذه المواطن واستخدامها كما ينبغى حتى تعمل النظم البيئية بشكل صحيح وتستمر فى حالة جيدة ونابضة بالحياة. ويشمل استخدام وإدارة التربة فى النظم البيئية للمياه الضحلة التكريك، مكان وضع التجريف، استعادة الغطاء النباتى المائى المغمور، تحديد مناطق تربية المحار، استعادة أرصدة المحار البرية، وتحديد مناطق الأرصفة والمراسى (Stolt and Rabenhorst, 2011; Erich et al., 2010).

أخذ العينات والوصف والتشخيص والتصنيف

(Sampling, Description, Characterization, and Classification)

تمثل بيئة التربة تحت الماء تحديات فريدة لملاحظة قطاعات التربة، وجمع العينات، ووصف خصائص التربة. ويقدم هذا القسم معلومات خاصة بالتربة تحت الماء. وكتاب الحقل لوصف وأخذ عينات التربة (Field Book for Describing and Sampling Soils) به قسم يوفر معلومات مهمة خاصة برسم الخرائط ووصف وأخذ عينات التربة تحت الماء (McVey et al., 2012).

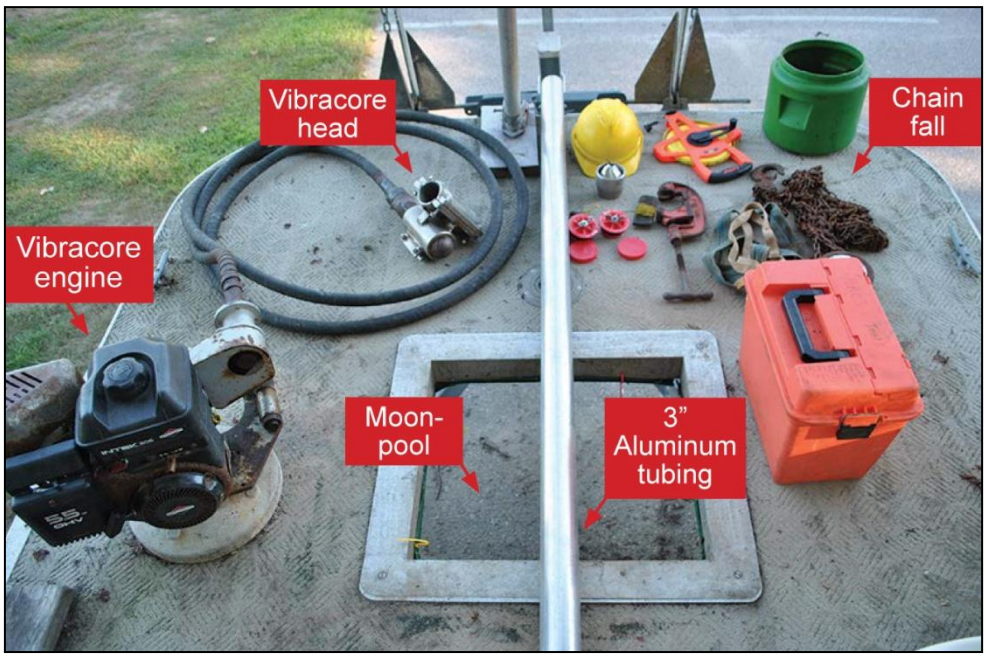
أخذ العينات (Sampling)

يمكن أخذ عينات من التربة تحت الماء بطرق تقليدية عديدة، ولكن مناهج علوم البحار أفضل. وللوصف وأخذ العينات سريعا، يستخدم أوجر دلو (bucket) قياسى. ولأخذ عينات من الموقع والعمق بدقة، تستخدم قطعة أنابيب PVC بقطر داخلى أكبر قليلاً من الأسنان الموجودة على أوجر الدلو. ويوضع الأوجر داخل الأنبوب، وتجمع العينة بطريقة نموذجية. وأثناء نزع الدلو، يدفع أنبوب PVC إلى عمق التربة. ويتم سحب العينة ووضعها فى صينية (قطعة طويلة من مزراب الفينيل). يدفع أوجر الدلو لأسفل الأنبوب مرة أخرى، ويتم إزالة التالف الناتج عن دفع أنبوب PVC لأسفل، ثم تؤخذ عينات من العمق التالى. هذا الإجراء فعال لأخذ عينات من 75 سم العلوية من التربة. لكن تحت هذا العمق، يصبح جمع العينات صعبًا جدا.

فى المياه الضحلة حيث تكون التربة غير سائلة، يمكن أخذ العينات باستخدام أوجر الدلو أثناء الخوض فى الماء. ويعمل قارب (raft) صغير خفيف (مصنوع من مادة عائمة) جيدًا فى مسك صينية العينة. وتستخدم مرساة صغيرة (طوبة بها ثقوب) لتثبيت القارب فى مكانه. وفى المياه العميقة، يمكن جمع العينات من جانب القارب. ويستخدم قارب به سطح عند القوس، ولكن يفضل استخدام قارب عائم بمنفذ أخذ عينات 60 × 60 سم مقطوع فى السطح بين العوامات (moon-pool) (شكل 10-1). ويثبت القارب عند نقطتين، ويواجه القوس الريح أو اتجاه الموجات القادمة لإبقاء القارب فى مكانه أثناء أخذ العينات. ويجب تجنب أخذ العينات إذا كانت هناك رياح أو أمواج قوية. وفى المياه العذبة فى المناخات الشمالية، يمكن أخذ العينات خلال الجليد. ويستخدم أوجر جليد قياسى لعمل حفرة فى الجليد، وأخذ عينات من التربة من خلال الحفرة.

بالنسبة لمواد التربة العضوية أو المواد المعدنية السائلة، جهاز أخذ عينات البيت Macaulay فعال جدا. ومعظم الأجهزة بها فجوة أخذ عينات بطول 50 سم. ويمكن تصنيع فجوات أوجر أطول (1 متر)، لأخذ عينات التربة تحت الماء. وتستخدم الأجهزة بسهولة خلال moon-pool، أو من جانب القارب، أو من خلال ثقب فى الجليد. ولاختلاف أعماق المياه، يجب إضافة أو إزالة امتدادات على أوجر الدلو أو جهاز عينات البيت. ولأخذ عينات تفصيلية ووصف مواد غير سائلة، يعتبر جهاز أخذ العينات Vibracore مثاليًا. ويتكون من موتور خلط خرسانة، كابل توصيل الاهتزاز من المحرك إلى أنبوب أخذ العينات، ورأس اهتزاز يتم تثبيته على أنبوب الرى (برميل أساسى) لتوصيل الاهتزاز إلى البرميل الأساسى الذى يجمع العينة (شكل 10-2). ويعمل الاهتزاز على تفكيك (أو تسييل) مادة التربة حول البرميل بحيث يمكن دفع القلب بسهولة إلى التربة بأقل قدر من الضغط من أعلى الأنبوب. ويتم أخذ العينات عادةً من قارب عائم به moon-pool. وإذا كان حجم الماء صغيرًا جدًا بالنسبة للقارب العائم، أو لا يمكن استخدام القوارب التى تعمل بالغاز، فيمكن استخدام زورق (barge) صغير به moon-pool فى المنتصف. فى هذه الحالة، يستخدم محرك خلط الخرسانة فى القارب الصغير لسحب الزورق ويتم جمع التربة واستعادتها من خلال moon-pool. وهناك أنواع "backpack" من vibracores يمكن استخدامها خارج الزوارق أو خلال الجليد. وفى بعض الحالات، لا تكون هذه الأنواع من أدوات الحفر قوية بما يكفى لدفع الأنابيب فى مواد تربة كثيفة.

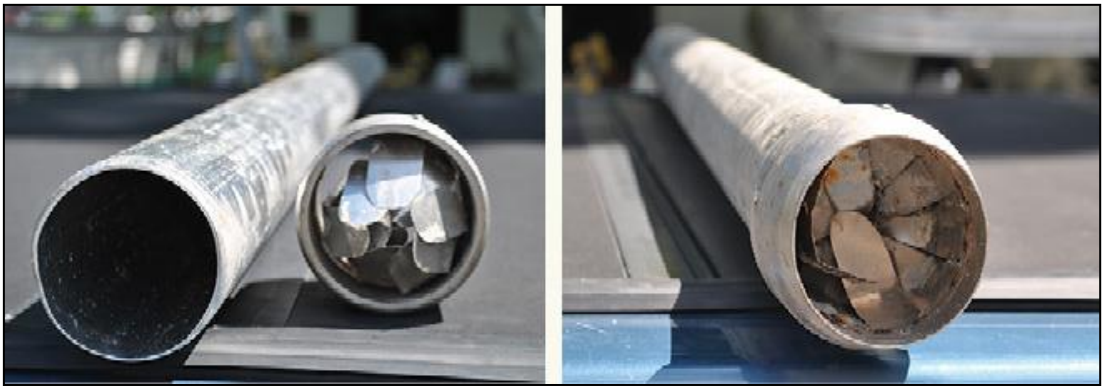
شكل 10-1: قارب عائم يستخدم لأخذ عينات التربة تحت الماء.



شكل 10-2: معدات vibracore أخذ عينات. يتكون الجهاز من محرك وكابل ورأس وبرميل قلب. وتعمل المحركات عادةً بالبنزين (تُباع كجهاز لخلط الخرسانة). ينقل الكابل الاهتزازات إلى الرأس، وهو متصل ببرميل القلب بأربعة مسامير.

يبلغ قطر برميل القلب المستخدم فى vibracoring 10 سم (شكل 10-3) ويجب أن يستوعب طوله كل من عينة التربة والمياه التى فوقها. وبمجرد دفع البرميل إلى التربة إلى العمق المطلوب، يتم إسقاط وزن رصاص (ثقالة)

متصل بخيط فى البرميل لقياس المسافة من أعلى البرميل إلى سطح التربة فى الأنبوبة. يتم عمل نفس الشيء على الجزء الخارجى من القلب. وتجرى هذه القياسات لتحديد مقدار الانهيار أوالثبات الذى حدث للتربة أثناء الحفر (McVey et al., 2012). ويجب ملاحظة الانهيار الكبير عند تسجيل أعماق الآفاق والكثافة الظاهرية للتربة.



شكل 10-3: برميل قلب وماسك. الصورة اليسرى- قطر البرميل عادة 10 سم. منظر ماسك الرمل من داخل البرميل. الصورة اليمنى - للمواد الرملية أو السائبة، يوصل ماسك القلب أسفل البرميل.

لاستعادة التربة، يتم أولاً ملء القلب ببطء بالماء. وضع غطاء (سدادة) فى الأعلى، عند إحكام ربطه، يغلق الجزء العلوى من القلب. ويؤدى ذلك إلى عملية شفط، وبالنسبة لمعظم المواد، يحافظ على كل مواد التربة فى قلب البرميل عند إخراجه. فى بعض مواد التربة، خاصة المواد خشنة القوام مع كثير من قطع الصخور، قد تسقط بعض مواد التربة من قاع البرميل عند استعادتها. فى هذه الحالات، يمكن إضافة ماسك إلى قاعدة القلب قبل اهتزازه فى التربة (شكل 10-3). وبمجرد إغلاق القلب، يتم إرفاقه بحزام ثقيل برافعة أو سقوط سلسلة ويتم سحبه من التربة. واستخدام سقوط السلسلة المرتبط بحامل ثلاثى القوائم فوق moon-pool هو طريقة أكثر أمانًا لإزالة القلب (شكل 10-1). ولأخذ عينات من الزورق أو من الجليد، يستخدم عادة سلم من الألومنيوم بدلاً من الحامل ثلاثى القوائم لخفة وزنه. بمجرد سحب القلب من التربة وإغلاقه من أسفل (لمنع فقد العينة)، يتم عمل ثقب صغير فى أنبوب الرى فوق الجزء العلوى من التربة فى البرميل للسماح بتصريف الماء الموجود أعلى القلب ببطء (انظر المعلومات أعلاه حول قياس العمق من أعلى البرميل إلى الجزء العلوى من التربة). بعد صرف المياه، يتم قطع الأنبوب فوق سطح التربة مباشرةً باستخدام قاطع وربط الغطاء فى مكانه مرة أخرى للحفاظ على القلب. ويغلق الجزء السفلى أولاً بغطاء لمنع فقد السحب. ويجفف البرميل ويتم تمييزه بوضوح برقم البيدون ومكانه الصحيح. ويمكن فتح القلب على القارب، أو تخزينه فى رف ووصفه لاحقًا وأخذ عينات منه على الأرض أو فى المعمل. ويجب حفظ الـ Vibracores فى المعمل عند درجة حرارة 4 مئوية لتقليل التجفيف وأكسدة الكبريتيدات قبل أخذ العينات والتحليل.

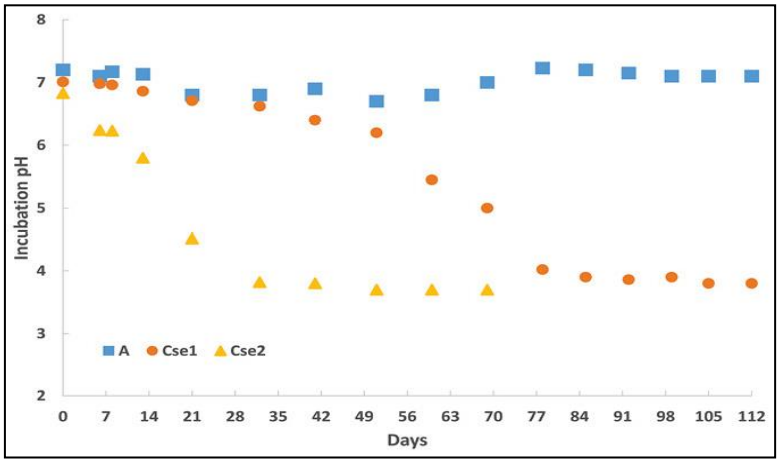
يفضل فتح البراميل عن طريق وضع القلب لأسفل على طاولة أو منضدة معمل والقطع بالطول على جوانب متقابلة باستخدام مقصات معدنية كهربائية (شكل 10-4، الصورة العلوية). والمنشار الدائرى يعمل ولكنه يسبب مشاكل تتعلق بالسلامة وينتج قطع ألمنيوم يجب جمعها. ويوضع سلك بيانو أو وتر جيتار فولاذى بين القطع فى الأنبوب لتقسيم القلب إلى قسمين. وفصلهما عن بعضهما. يوصف أحد الجانبين وتؤخذ عينات منه، والآخر يتم أرشفته إذا لزم الأمر (شكل 10-4، الصورة السفلية).

الوصف (Description)

توصف التربة تحت الماء بنفس طريقة وصف التربة السطحية (Schoeneberger et al., 2012) ولكن باستخدام مصطلحات وطريقة أخذ عينات وخصائص كيميائية ومورفولوجية مختلفة تم وصفها بواسطة McVey et al. (2012). ويجب التأكيد على ضرورة توخى الحذر عند أخذ عينات من تربة مصبات الأنهار ووصفها نظرًا

لأن هذه التربة تحتوى عادةً على كميات كبيرة من الكبريتيدات. بمجرد نقل مواد التربة المحتوية على كبريتيدات من حالتها الطبيعية (تحت الماء)، تبدأ الكبريتيدات فى التأكسد (حتى عند تخزينها فى برميل محكم الإغلاق عند 4 درجات مئوية). والكبريتيدات الأحادية أكثر تفاعلًا للأكسدة من الثنائية، مثل البيريت. وقد تتسبب الأكسدة فى تغير لون التربة وانخفاض سريع فى درجة pH حيث تتحول الكبريتيدات إلى حمض كبريتيك (فى بعض الحالات ينخفض رقم pH من أكثر من 7 إلى أقل من 3؛ انظر شكل 10-5) (Fanning et al., 2010; Rabenhorst and Stolt, 2012). وإذا كانت درجة pH المواد منخفضة جدًا، فقد يبدأ أنبوب الألمنيوم الذى يحتوي على قلب التربة فى التآكل وينتج أملاح ألومنيوم. وإذا كان لون التربة، pH، الملوحة، وتوزيع حجم الحبيبات مهمًا لتوصيف التربة، فيجب أخذ عينات التربة ووصفها فى أسرع وقت ممكن أو تجميد العينات فورًا بعد أخذها لتقليل كمية أكسدة الكبريتيد.

شكل 10-4: قلب أخذ عينات تحت الماء. الصورة العلوية - قطع لفتح القلب بمقص كهربائى. الصورة السفلية - قلب منقسم يظهر التربة. عادة تؤخذ عينات من جانب، والآخر يتم تخزينه وأرشفته.



شكل 10-5: pH تحضين ثلاثة آفاق (A، Cse1، Cse2) من Fluventic Sulfiwassent، جمعت من مصب Island Thimbles فى كونيكتيكت (Connecticut). العينات التى لها pH 4 أو أقل بعد 16 أسبوعًا أو أكثر تحضين رطب والتى انخفض pH ما لا يقل عن 0.5 وحدة تفى بمتطلبات المواد الكبريتيدية. ويفى كل من أفق Cse1 و Cse2 بهذه المتطلبات. وبلغ أفق Cse2 درجة pH حرجة فى أقل من 4 أسابيع بينما أخذ أفق Cse1 12 أسبوعًا للوصول إلى رقم pH 4.

خصائص مهمة للتصنيف والتفسير

(Important Properties for Classification and Interpretation)

تشمل الخصائص المهمة لتصنيف وتفسير التربة تحت الماء نوع المواد العضوية، محتوى الكربون العضوى، التوصيل الكهربى (EC)، السيولة، درجة pH التحضين، محتوى كبريتيدات المسام، التوزيع الحجمى للحبيبات، المنرالوجى، ولون التربة. كما أن وجود روائح (مثل الكبريت أو البترول)، وجود أجزاء أصداف أو غطاء نباتى سابق، وطبيعة بيئة الترسيب مهمة أيضًا. وتسود المواد العضوية أو تكون التربة سائلة لا تدعم دعائم الأرصفة وتتطلب مراسى خاصة (Surabian, 2007). ويستخدم التوصيل الكهربى للتمييز بين تربة المياه العذبة ومصبات الأنهار ولتحديد التربة التى بها مشاكل ملوحة عند جرفها ووضعها على سطح التربة. ودرجة pH التحضين مقياس للحموضة المحتملة لمواد التربة.

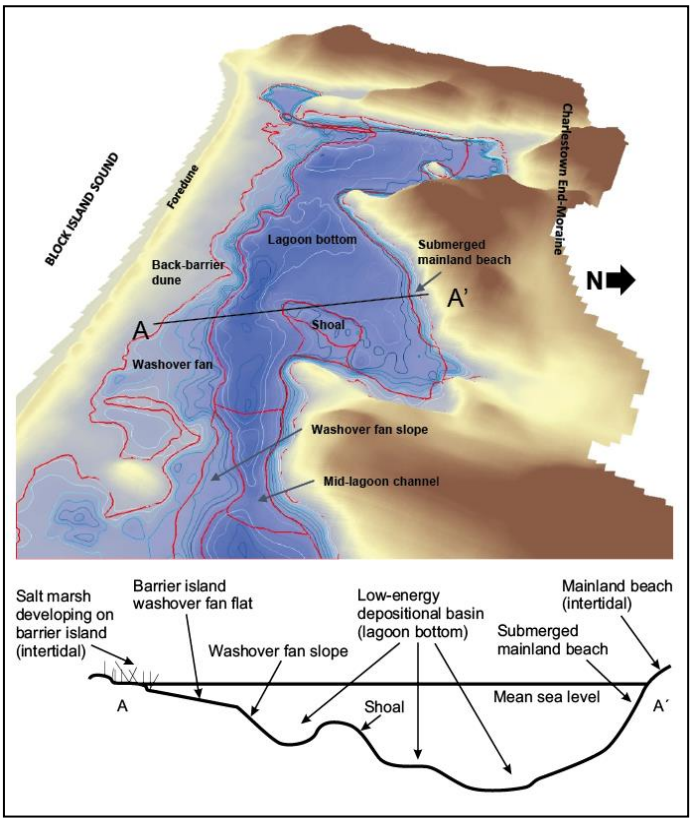
وقد يكون pH التربة تحت الماء التى يسود فيها كبريتيدات أحادية وثنائية منخفضا جدا عند تكريكها ووضعها على سطح الأرض. وفى بعض الحالات، تنخفض قيم pH إلى أقل من 4 وتتكون تربة كبريتات حامضية (Clark and McConchie, 2004; Fanning et al., 2010). وقد تكون المحتويات عالية الكبريتيد، خاصة فى المياه المسامية، سامة للنباتات المائية المغمورة وقد تشير إلى بيئة شديدة نقص الأكسجين وغير صالحة لعديد من الكائنات فى القاع. والتربة عادةً لها chroma منخفضة (< 2) و neutral hue (N) أو صفراء (5Y) أو خضراء مزرقة (BG). وتشير الـ chroma الأفتح (< 2) أو الـ hue الأكثر احمرارًا إلى دخول هواء (من المياه الجوفية أو من عمود الماء) أو تكون بقايا تربة سطحية مغمورة الآن (انظر الصورة السفلية فى شكل 10-4).

علاقات التربة بالهيئات الطبيعية (Soil-Landscape Relationships)

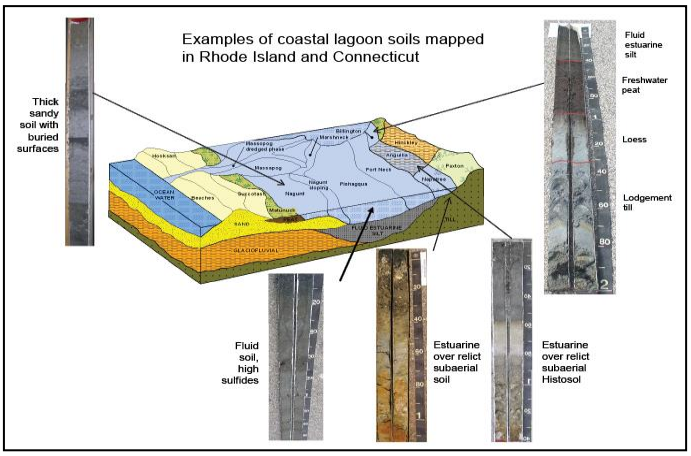
تتكون التربة تحت الماء نتيجة إضافات وفقد وتحولات مختلفة (Simonson, 1959). وتعتمد العمليات السائدة التى تكون نوعًا معينًا من التربة على مكان التربة فى الهيئة الطبيعية تحت الماء. والشكلان 10-6، 10-7 أمثلة للبحيرات الساحلية، الشائعة جدًا فى أنظمة مصبات الأنهار على طول الساحل الشرقى للولايات المتحدة. وفى مساحات كبيرة من أحواض البحيرات الساحلية تسود تربة ناعمة القوام (طميية سلتية وطميية طينية سلتية) غنية بالكبريتيدات، شديدة السيولة، وتحتوى على نسبة عالية من الكربون العضوى إلى عمق 2 متر أو أكثر. ونظرًا لأن قاع البحيرة فى وضع منخفض الطاقة، يتم ترسيب الحبيبات الناعمة فقط (رمل ناعم جدًا أو أنعم) والمواد العضوية. ويتوفر قليل من الأكسجين للتنفس الميكروبى، وتكون إمكانات الأكسدة والاختزال منخفضة جدا. ونتيجة لذلك، تتحول الكبريتات إلى كبريتيدات. ومع الإضافات المستمرة للمواد العضوية وقلة تحللها عند إمكانات الأكسدة والاختزال المنخفضة، تظل مستويات الكربون العضوى فى التربة مرتفعة. ونظرًا لأن مواد الأصل الغنية بالسلت والطين لها أحجام حبيبات دقيقة، لا يتم ضغطها بسهولة فى بيئة منخفضة الطاقة تغمرها المياه بشكل دائم، تتشكل تربة شديدة السيولة.

أعلى الهيئة الطبيعية تحت الماء للبحيرة الساحلية، عادة بين قاع البحيرة الأعمق ومروحة الغسيل الضحلة، تكون للتيارات المائية طاقة أكبر من تلك الموجودة فى قاع البحيرة حيث تستقر أنعم الحبيبات والمواد العضوية. وأثناء العواصف، الطاقة الأكبر بسبب زيادة الأمواج، وأحداث الغمر الزائد القريبة، تجلب وترسب الحبيبات الخشنة (الرمل). وعند اختلاط كائنات القاع بالجزء العلوى من التربة، يكون القوام طميى وتكون السيولة منخفضة. فى هذا الجزء من الهيئة الطبيعية، تطور التربة تحت الماء آفاق A ولا توجد مواد كبريتيدية عادةً فى الآفاق العليا بسبب الاختلاط والارتفاع (عمق المياه الضحل).

بجوار الجزيرة الحاجزة التى تفصل البحيرة عن المحيط المفتوح، تكون مراوح الغسيل هى وحدة الهيئة الطبيعية السائدة. ويزداد تكرار أحداث الغسيل الزائد التى تصل إلى مروحة الغسيل مع تناقص المسافة إلى الجزيرة الحاجزة، وعادةً لا تحتوى التربة على آفاق A.



شكل 10-6: أمثلة وحدات هيئة طبيعية تحت الماء عبر بحيرة ساحلية.



شكل 10-7: علاقات التربة بالهيئة الطبيعية عبر بحيرة ساحلية فى رود آيلاند وكونيكتيكت.

أنظمة المياه العذبة كالبرك والخزانات والبحيرات تكون عادة منخفضة الطاقة. ولا تحتوى على وحدات عالية الترسيب والانجراف (مثل الدلتا أو مراوح الغسيل أو القنوات التى تشكلها التيارات) الموجودة فى مصبات الأنهار. وبالتالى، تكون أنماط الهيئات الطبيعية فى أنظمة المياه العذبة أبسط بكثير من تلك الموجودة فى أنظمة مصبات الأنهار. وقد حددت باين (Payne, 2007) 21 وحدة هيئة طبيعية فى دراستها لثلاثة خلجان ضحلة لمصبات الأنهار فى رود آيلاند. وأشارت إلى أن الاختلافات فى الجيولوجيا والجيومورفولوجيا والجغرافيا والرياح وأنماط المد والجزر كانت مسئولة عن كثير من تباين الوحدات. فى المقابل، درس باكن (Bakken, 2012) ستة أنظمة طبيعية للمياه العذبة ووجد فقط أربع وحدات هيئات طبيعية (cove, shoal, lakeshore, and lakebed).

و Erich et al., 2010; Bakken, 2012 درسوا تربة المياه العذبة تحت الماء، ووجدوا أن خصائص هذه التربة تأثرت بالتاريخ الجيولوجى والبشرى أكثر من تأثرها بالهيئة الطبيعية. وكانت التربة فى الخزانات مشابهة

جدًا لتلك التى كانت موجودة قبل الحجز والفيضان. وكانت البحيرات الطبيعية عبارة عن فتحات دائرية تملأ ببطء بالمياه الجوفية المرتفعة. وفى معظم الحالات، تراكمت مواد التربة العضوية فى هذه الفتحات عندما كانت الأراضى مبتلة مع قليل من المدخلات المعدنية بعد الغمر الدائم والبرك. وهكذا، كانت هذه التربة Histosols. وفى المناطق التى يوجد فيها مدخلات بشرية كبيرة من المغذيات، تكاثرت أنواع غير مرغوبة مثل milfoil (*Myriophyllum* sp.) و Fanwort (*Cabomba caroliniana*) وتراكمت رواسب سميكة من المواد العضوية الناتجة من النباتات، مكونة Histosols تحت الماء فى الوقت الحاضر

طرق وإجراءات الحصر (Survey Methods and Procedures)

تستخدم طرق وإجراءات خاصة لعمل خرائط أساس لحصر التربة تحت الماء. وقد تكون أدوات وتقنيات الاستشعار عن بعد مفيدة أيضًا فى إعداد خرائط حصر الأراضى تحت الماء.

قياس الأعماق (Bathymetry)

تطوير نماذج علاقة التربة بالهيئات الطبيعية أمر بالغ الأهمية لرسم خرائط التربة تحت الماء (Bradley and Stolt, 2003; Osher and Flanagan, 2007). والخطوة الأولى تتمثل فى الحصول على بيانات قياس الأعماق وإنشاء خريطة قياس أعماق الأشكال الأرضية تحت الماء (Bradley and Stolt, 2002). وتؤدى خريطة الأعماق نفس غرض الخريطة الطبوغرافية. وتكون الصور الجوية، إذا كان وضوح المياه جيدًا يوم التقاطها، مفيدة فى تحديد الحدود الدقيقة لوحدات الهيئة الطبيعية على الخريطة، مثل مراوح الغسيل والمياه الضحلة والشواطئ المغمورة (washover fans, shoals, and submerged beaches).

تتباعد الخطوط القاطعة من 20 إلى 30 مترًا، وتجمع البيانات كل 5 إلى 10 ثوانٍ، اعتمادًا على سرعة القارب. فى كل مرة يتم تسجيل عمق المياه، وأيضًا تسجيل إحداثيات x و y باستخدام نظام تحديد المواقع العالمى (GPS). فى بعض المناطق، تتوفر بالفعل خرائط دقيقة لقياسات الأعماق؛ وفى مناطق أخرى، تحتاج إلى إنشائها. ويتم إنشاء خرائط قياس الأعماق عن طريق جمع بيانات عمق الماء بشكل منتظم أثناء تسجيل إحداثيات x و y. ويحدد عمق الماء عادةً باستخدام مقياس مثبت بجسم القارب. ويُقاد القارب ببطء عبر الماء لعمل سلسلة من المقاطع العرضية. ويمكن لـ fishfinder المزود بإمكانيات GPS جمع بيانات x و y وبيانات z (عمق الماء) فى نفس الوقت. ويجب توخى الحذر فى مناطق الغطاء النباتى المائى الكثيف المغمور (SAV) حيث قد يقرأ مقياس الرطوبة الجزء العلوى منه على أنه سطح التربة. فى هذه الحالات، يجب جمع قراءات عمق الماء يدويا من حين لآخر ومراجعتها مع قيم جهاز القياس. كما يتم عمل عدة مقاطع موازية للخط الساحلى لزيادة بيانات المقاطع الأخرى. وفى أنظمة المياه العذبة، يمكن تصحيح أعماق المياه إلى متوسط مستوى الماء. وفى أنظمة المد والجزر، يجب تسجيل تقلبات المد والجزر فى نفس الوقت مع بيانات x و y و z لتصحيح بيانات عمق المياه. ويمكن لأى جهاز تسجيل مستوى المياه يحتوى على بيانات الوقت أن يخدم هذا الغرض. وفى مناطق تكون تقلبات المد والجزر معقدة، يلزم استخدام نحو ثلاثة أجهزة لتسجيل مستوى المياه فى وقت واحد. ومع ذلك، فى معظم الحالات، يمكن استخدام جهاز قياس واحد ونقله إلى مواقع جديدة لجمع بيانات قياس الأعماق. ونظرًا للتطورات الحديثة فى اكتشاف وتحديد نطاق الضوء (LiDAR) للتطبيقات تحت الماء، فقد تتاح فى النهاية خرائط أعماق دقيقة لمعظم البيئات الساحلية.

تستخدم بيانات قياس الأعماق فى برنامج GIS لإنشاء خرائط كنتورية. وتكون عادة kriged، ويتم تعيين خط التوقف عند نقطة بدء المد والجزر المختارة على أنها الارتفاع عند التقاء الماء بالأرض. ويتم تطبيع جميع بيانات قياس الأعماق التى تم جمعها فى أنظمة المد والجزر إلى NAVD-88 أو بيانات عمودية جديدة متوفرة. وقد ناقش McVey et al. (2012) استخدام المعلومات المختلفة لخريطة كنتور قياس الأعماق. ولتطبيع البيانات، يجب تحديد العمق السفلى (الارتفاع) لكل مقياس مد وجزر باستخدام تقنيات حصر الأراضى التقليدية من المستوى 1. ونادراً ما تكون التغييرات فى الهيئات الطبيعية الضحلة تحت الماء حادة؛ وبالتالى، فإن الفواصل الكنتورية

لخرائط الأعماق تكون فى حدود 20 إلى 30 سم. وباستخدام الخرائط الكنتورية والصور الجوية، يتم تحديد وحدات الهيئات الطبيعية المختلفة داخل المنطقة. وتتضمن وحدات الهيئات الطبيعية المختلفة فى الأنظمة الساحلية قاع البحيرة، قاع الخليج، دلتا المد والفيضان، مروحة غسيل، مدخل، ومياه ضحلة (Schoeneberger and Wysocki, 2012; USDA-NRCS, 2016). وتشمل وحدات الهيئات الطبيعية فى البحيرات وبرك المياه العذبة الخط الساحلى المغمور، قاع البحيرة، الكهف، والمياه الضحلة (Bakken, 2012).

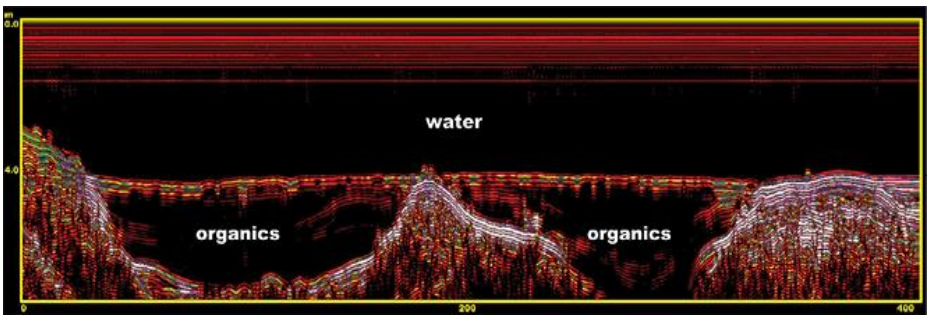
تستخدم الخرائط الكنتورية لقياسات الأعماق كخرائط أساس لحصر الأراضى تحت الماء. ووحدة الهيئة الطبيعية هى العامل الأساسى فى ترسيم توزيع التربة. ويجب الوصول إلى كل وحدة وعمل تقييم أولى باستخدام أوجر الدلو وجهاز أخذ عينات الـ peat. ولتطوير مقاييس أولية لتغير التربة داخل وحدات الهيئة الطبيعية، يتم فحص الوحدات الأكبر فى ثلاثة أو أربعة مواقع عشوائية. والوحدات التى تحتاج إلى تحقيقات إضافية تعتمد على مقياس الرسم (مستوى الحصر الأول أو الثانى). يمكن استخدام التقييمات الأولية لعمل علاقات أولية بين التربة والهيئات الطبيعية. ويجب إعادة تقييم الترسيمات التى لا تتبع هذه العلاقات، وإضافة ترسيمات إضافية (polygons) أينما كان ذلك مناسبًا. ويجب تحديد أنواع التربة الممثلة، ومواقعها من أجل vibracoring. ويمكن عمل مقاطع عبر الوحدات الأكبر لتقييم التباين داخل الترسيمات. ولرسم خرائط الوحدات الحجرية أو الصخرية، يمكن استخدام مجس الدفع لتقدير الصخور والأحجار بسرعة وتحديد الحدود بين الأطوار المختلفة بشكل أفضل.

الاستشعار من بعد (Remote Sensing)

عديد من أدوات الاستشعار من بعد يمكن أن تساعد فى تحسين دقة الخرائط. فى أنظمة مصبات الأنهار، يكون سونار المسح الجانبى فعالاً فى تحديد قوام السطح ومظاهر مثل الأحجار، الصخور، غطاء الطحالب الكبيرة، SAV، نوع القاع، والمظاهر البشرية (Oakley et al., 2012). وسونار المسح الجانبى خلف القارب يرسل إشارات فى مساحات من 25 إلى 50 مترًا. ويتم تحديد البعد بين المقاطع حسب مساحات المسح لضمان التغطية الكاملة. وتسجل القياسات وتترجم باستخدام البرنامج المناسب فى خريطة توضح المساحات المجمعة. وتُستخدم العينات السطحية من الحصر الأولى كتحقيق أرضى للإشارات التى يتم تعيينها على الخريطة. والمظاهر التى يمكن تحديدها بسهولة من بيانات المسح الجانبى تتضمن انتشار الأحجار أو الصخور وقوام السطح.

كاميرا الفيديو تحت الماء من الأدوات البسيطة التى تعمل بشكل جيد فى مناطق ذات مياه صافية (تعكر منخفض). ويمكن للقارب سحب الكاميرا ببطء وتعقبها باستخدام جهاز GPS. ويتم عرض الصور على جهاز كمبيوتر محمول. والنقاط المهمة (على سبيل المثال، التغيرات فى قوام السطح أو وجود أو غياب أو وفرة الحصى أو الأحجار والصخور) تتم ملاحظتها وتسجل إحداثيات الـ GPS. ومحددات الكاميرا هى مجال الرؤية وإمكانية التلوث بالطحالب أو الأعشاب البحرية. وغالبًا ما يقتصر مجال الرؤية على عرض 25 سم لأن الكاميرا تحتاج إلى أن تكون قريبة من سطح التربة تحت الماء لرصدها بوضوح. وبالتالى، يكون عديد من المقاطع ضرورى لترسيم الحدود بين وحدتى خريطة (مثل تربة محتواها مرتفع من قطع الصخور وتربة ذات محتوى منخفض). وكلما اقتربت الكاميرا من سطح التربة، زاد احتمال تلوث العدسة بالمخلفات أو الطحالب أو الأعشاب البحرية.

والرادار الذى يخترق الأرض (GPR) مفيد جدا فى أنظمة المياه العذبة (ولا يمكن استخدامه فى المياه المالحة لأن الأملاح تضعف الإشارة). ويمكن سحب هوائى GPR ببطء خلف قارب فى عوامة مطاط أو بلاستيك أو عبر الجليد. GPR فعال فى تحديد الأحجار والصخور السطحية وتحت السطحية، والأعماق الضحلة للمواد الحجرية، وعمق وتوزيع مواد التربة العضوية (شكل 10-8). ويحتوى الباب السادس على معلومات إضافية حول استخدام GPR فى حصر الأراضى.



شكل 10-8: منتج GPR لبحيرة مياه عذبة بمواد عضوية سميكة. يسهل التعرف على المياه ومواد التربة المعدنية والعضوية من الناتج.

أهمية معلومات التربة تحت الماء

(Significance of Subaqueous Soil Information)

يمكن أن يكون لتفسيرات حصر الأراضى تحت الماء مجموعة متنوعة من الاستخدامات.

خصائص عمق الماء (Water depth characteristics): قياس الأعماق أحد أهم طبقات البيانات المكانية لاستخدام الجسم المائى الضحل. ورغم أن خرائط قياس الأعماق لحصر الأراضى ليست مخصصة لأغراض الملاحة (تشمل الخرائط البحرية مواقع العوامات ومعلومات أخرى للقوارب)، فقد تستخدم هذه الخرائط لفهم آثار العواصف على النظم الساحلية أو تحديد التغيرات السريعة فى عمق المياه للأغراض الترفيهية (غالبا صيد السمك). وفى معظم حصر الأراضى تحت الماء، يتم توفير عمق المياه كطور لكل تربة على الخريطة (على غرار أطوار الانحدار فى حصر الأراضى العادى). ورغم أنها ليست مثالية لأغراض الملاحة، إلا أن هذه البيانات يمكن أن تساعد فى تحديد المناطق الضحلة التى يجب على القوارب تجنبها أو فى تحديد المناطق الضحلة المناسبة لأنشطة الخوض، مثل المحار.

التخفيف من آثار التكريك (Mitigation of dredging effects): يتم تكريك مناطق التربة تحت الماء فى مصبات الأنهار أو مواقع المياه العذبة للسماح للقوارب والسفن بالتحرك بحرية أو لإنشاء وتطوير المراسى. والقضايا المتعلقة بالتكريك هى أساسا اضطراب بيئة القاع، وإعادة إنطلاق الملوثات والمغذيات فى التربة، والتخلص من مواد التكريك. وفى حالة وضع هذه المواد فى مكان ما فى الماء، يتم إثارة منطقة أخرى تحت الماء. وقد تؤدى عملية التكريك إلى إعادة تعلق العناصر الغذائية أو الملوثات التى كانت مخزنة فى التربة تحت الماء. وقد بين Pruett (2010) أن التربة عالية السيولة (Hydrowassents) والتربة التى بها مواد كبريتيدية (Sulfiwassents) تحتوى على تركيزات من المعادن الثقيلة (Pb، Zn، As، Cu، Cr) أعلى من التربة العادية (Haplowassents) والتربة الرملية (Psammowassents). Hydrowassents تكون عادةً أنعم قواما وتحتوى على مستويات عالية من الكربون العضوى. ويكون الكربون العضوى فى التربة معقدًا مع المعادن فى عمود الماء، ثم يترسب على سطح التربة. فى Sulfiwassents، قد تتعقد المعادن أيضًا مع الكبريتيدات. وقد وجد Pruett (2010) فى بعض الحالات أن تركيزات المعادن فى Sulfiwassents كانت عالية بما يكفى للتأثير سلبًا على بيئة القاع. وفى أنظمة المياه العذبة، وجد Bakken (2012) اختلافات كبيرة فى تركيزات الفوسفور بين أنواع التربة. وعندما كان تركيز الفوسفور المستخلص أكبر من 200 ميكروجرام لكل جرام تربة، كانت هناك فرصة أكبر لوجود نباتات غازية مثل milfoil و fanwort.

وتوضع مواد التكريك عادة على سطح الأرض. ومعرفة ما إذا كانت تحتوى على ملوثات أو كبريتيدات أمر مهم لإدارة هذه المواد. وعند تعرضها للهواء، تتأكسد الكبريتيدات، وتطلق حامض الكبريتيك، وقد تخلق ظروفًا أو تربة كبريتات حامضية، قد تطلق معادن إذا اقترب التفاعل من درجة حموضة عالية (pH 4 أو 3)، كما يصعب

زراعتها. وأوضح Salisbury (2010) أن التربة فى بيئات منخفضة الطاقة، مثل الكهوف، وأرضيات خلجان، وقيعان بحيرات، تحتوى تركيزات عالية من الكبريتيد، ينخفض فيها pH من 7.5 إلى 3.0 فى أقل من 3 أسابيع بعد التكريك ووضعها فى بيئة مؤكسدة.

الصلاحية للمراسى والأرصفة والأبنية الأخرى (Suitability for moorings, docks, and other structures): أظهر Surabian (2007) كيف تؤثر خصائص التربة تحت الماء، وخاصة السيولة وعمق مواد التربة السائلة، على أنواع المراسى التى يمكن استخدامها لتأمين القوارب. إذا كانت مواد التربة غير سائلة، يلزم وجود مراسى ثقيلة. وإذا كانت سائلة، يتم استخدام مراسى فطر المشروم. وبالمثل، تتطلب مناطق الأرصفة مواد تربة غير سائلة تتحمل الدعائم.

الاستزراع المائى (Aquaculture): أوضح Salisbury (2010) أن بعض أنواع التربة تحت الماء أكثر إنتاجية للاستزراع عن غيرها (فى هذه الدراسة، المحار والأصداف الصلبة). على سبيل المثال، متوسط 58 فى المائة من المحار الذى ينمو فى تربة رملية غير سائلة وصل إلى حجم الحصاد فى موسمى نمو بينما بلغ أقل من 12 فى المائة من المحار الذى ينمو فى تربة يسود فيها الكبريتيد هذا الحجم فى نفس الفترة. ويستخدم مربوا الأحياء المائية خرائط التربة تحت الماء لتحديد أماكن جديدة لتنمية المحار فى البحيرات الساحلية.

التقييم البيئى والاستعادة (Ecological assessment and restoration): الحشائش البحرية مثل eelgrass (*Zostera marina*) مكون مهم للنظام البيئى فى مصبات الأنهار. وتوفر عديدا من وظائف وخدمات النظام البيئى، تتضمن مسك الرواسب والملوثات فى عمود الماء، وتعمل كموطن لمجموعة متنوعة من المحار، الأسماك، الجنبرى، وحيوانات القاع الأخرى. وبسبب تقلص موطن حشيشة eelgrass فى جميع أنحاء العالم، ركزت دراسات عديدة على توزيع واستعادة eelgrass. وكانت استعادتها صعبة، حيث بلغ متوسط معدل النجاح 30 فى المائة (Fonseca et al., 1998). ونظرا لأن القضية الرئيسية هى اختيار الموقع (Calumpong and Fonseca, 2001)، فإن حصر الأراضى تحت الماء يمكن أن يوفر بيانات التربة المكانية لاستخدامها فى نماذج اختيار الموقع لاستعادة حشيشة eelgrass.

حساب الكربون (Carbon accounting): حساب الكربون مهم فى علوم التربة. ولا يتم عادة أخذ عينات من التربة تحت الماء وتحليلها لتقييم مخزون الكربون. ومع ذلك، فقد أظهرت الدراسات أنه رغم اختلاف تركيز الكربون العضوى على نطاق واسع فى التربة تحت الماء، إلا أن بعض النظم البيئية قد تحتوى على قدر من الكربون مثل أنظمة الأراضى المبتلة والغابات (Jespersen and Osher, 2007; Payne, 2007; Balduff, 2007; Pruett, 2010; Bakken, 2012). ويجب حصر المناطق المحتملة للكربون وتوصيفها وأخذها فى الاعتبار فى ميزانيات الكربون الإقليمية.

References

Bakken, J. 2012. Freshwater subaqueous soils. M.S. thesis, University of Rhode Island, Kingston, RI.

Balduff, D.M. 2007. Pedogenesis, inventory and utilization of subaqueous soils in Chincoteague Bay, Maryland. Ph.D. dissertation, University of Maryland, College Park.

Bradley, M.P., and M.H. Stolt. 2002. Evaluating methods to create a base map for a subaqueous soil inventory. Soil Science 167:222-228.

Bradley, M.P., and M.H. Stolt. 2003. Subaqueous soil-landscape relationships in a

Rhode Island estuary. Soil Science Society of America Journal 67:1487–1495.

Calumpong, H.P., and M.S. Fonseca. 2001. Chapter 22: Seagrass transplantation and other restoration methods. *In* F.T. Short and R.G. Coles (eds.) Global seagrass research methods, Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands.

Clark, M.W., and D.M. McConchie. 2004. Development of acid sulfate soil in sub-aerially disposed dredge spoil at Fisherman Islands, Brisbane, Australia. Soil Research 42:553–567.

Erich, E., M. Payne, D. Surabian, M.E. Collins, P.J. Drohan, and L.R. Ellis. 2010. Subaqueous soils: Their genesis and importance in ecosystem management [electronic resource]. Soil Use and Management 26:245–252.

Fanning, D.S., M.C. Rabenhorst, D.M. Balduff, D.P. Wagner, R.S. Orr, and P.K. Zurheide. 2010. An acid sulfate perspective on landscape/seascape soil mineralogy in the US Mid-Atlantic region. Geoderma 154:457-464.

Fonseca, M.S., W.J. Kenworthy, and G.W. Thayer. 1998. Guidelines for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastal Ocean Office, Silver Spring, MD.

Jesperson, J.L., and L.J. Osher. 2007. Carbon storage in the soils of a mesotidal gulf of Maine estuary. Soil Science Society of America Journal 71:372–379.

McVey, S., P.J. Schoeneberger, J. Turenne, M. Payne, D.A. Wysocki, and M.H. Stolt. 2012. Subaqueous soils (SAS) description. *In* P.J. Schoeneberger, D.A. Wysocki, E.C. Benham, and Soil Survey Staff (eds.) Field book for describing and sampling soils, version 3.0, USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, pp. 2-97 to 2-119.

Oakley, B.A., J.D. Alvarez, and J.C. Boothroyd. 2012. Benthic geologic habitats of shallow estuarine environments: Greenwich Bay and Wickford Harbor, Narragansett Bay, Rhode Island, U.S.A. Journal of Coastal Research 28:760 – 773.

Osher, L.J., and C.T. Flannagan. 2007. Soil/landscape relationships in a mesotidal Maine estuary. Soil Science Society of America Journal 71:1323–1334.

Payne, M.K. 2007. Landscape-level assessment of subaqueous soil and water quality in shallow embayments in southern New England. M.S. thesis, Department of Natural Resources Science, University of Rhode Island, Kingston, RI.

Pruett, C.M. 2010. Interpretations of estuarine subaqueous soils: Eelgrass restoration, carbon accounting, and heavy metal accumulation. M.S. thesis,

University of Rhode Island, Department of Natural Resources Science, Kingston, RI.

Rabenhorst, M.C., and M.H. Stolt. 2012. Subaqueous soils: Pedogenesis, mapping, and applications. *In* H. Lin (ed.) Hydropedology: Synergistic integration of soil science and hydrology. Academic Press, Elsevier, pp. 173–204.

Salisbury, A.R. 2010. Developing subaqueous soil interpretations for Rhode Island estuaries. M.S. thesis, University of Rhode Island, Department of Natural Resources Science, Kingston, RI.

Schoeneberger, P.J., and D.A. Wysocki. 2012. Geomorphic description system, version 4.2. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, E.C. Benham, and W.D. Broderson. 2012. Field book for describing and sampling soils, version 3.0. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Simonson, R.W. 1959. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Science Society of America Proceedings 23:152-156.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy, 12th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

Stolt, M.H., and M.C. Rabenhorst. 2011. Subaqueous soils. *In* P.M. Huang, Y. Li, and M.E. Sumner (eds.) Handbook of soil science, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL.

Surabian, D.A. 2007. Moorings: An interpretation from the coastal zone soil survey of Little Narragansett Bay, Connecticut and Rhode Island. Soil Survey Horizons 48:90-92.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2016. National soil survey handbook, title 430-VI. Part 629—Glossary of landform and geologic terms. http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054242 [Accessed 8 August 2016]

الباب الحادى عشر

التربة التى تغيرت والتى نقلت بواسطة الإنسان

(Human-Altered and Human-Transported Soils)

By John Galbraith, Virginia Polytechnic Institute and State University, and Richard K. Shaw, USDA-NRCS.

مقدمة (Introduction)

هذا الباب هو مرشد عملى لعلماء التربة لإجراء أو تفسير حصر الأراضى للتربة والمواد التى تغيرت ونقلت بواسطة الإنسان (HAHT). وتتضمن التربة التى عدلت عمدا وجوهريا بواسطة البشر لغرض مقصود، عادة لزراعة المدرجات، دعم البناء، التعدين، النقل، والتجارة. ولا تشمل التربة المعدلة من خلال الممارسات الزراعية القياسية (مثل الحرث الضحل، وإضافة الجير، والتسميد) أو التربة المنزرعة مع انجراف غير مقصود بفعل الرياح والمياه. وتتضمن أدلة تربة HAHT عناصر مصنعة (artifacts) فى القطاع، مواد تغيرت بواسطة الإنسان (تربة محفورة أو محروثة بعمق) أو مواد نقلها الإنسان (ردم)، ومواضع على أو فوق تضاريس بشرية المنشأ (حواجز التحكم فى الفيضانات) والمظاهر الدقيقة (مثل علامات كشط الحفار). والمعايير التفصيلية المتعلقة بتحديد الأشكال الأرضية الصناعية والمواد التى تغيرت والمواد المنقولة بفعل الإنسان موجودة فى مفاتيح تصنيف التربة Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014).

واستخدام موضع على أو فوق تضاريس ومظاهر بشرية خاصة جدا كصفة مميزة للتربة لأغراض التصنيف يعتبر إلى حد ما خروج عن التقاليد السابقة لتحديد الفئات فى تصنيف التربة. ومع ذلك، فقد تم استخدام المعايير المتعلقة بالهيئات الطبيعية والأشكال الأرضية لتحديد تحت المجموعات Fluventic ، Cumulic (الانحدار) ولتحديد plaggen epipedon (التضاريس المرتفعة). واستخدام أنواع معينة من التضاريس البشرية لتربة HAHT هو امتداد لهذه السوابق. والتضاريس والمظاهر الدقيقة للبناء والهدم بفعل الإنسان (انظر الباب الثانى) لها هدف واضح وهى مرتبطة بالتربة نفسها. والاستقامة الخطية للممرات المائية وخنادق الصرف وتلال مدافن النفايات الصحية ومظاهر الحفر ذات الشكل الهندسى كلها مرتبطة بتعديل أو تجميع شديد للتربة (شكل 11-1). وبغض النظر عن خصائص التربة، إذا كانت التربة على أو فوق شكل أرضى أو خاصية دقيقة من صنع الإنسان، فإنها بالتأكيد تكون مرتبطة بنشاط بشرى ويتم تخصيصها لوحدة تصنيفية فريدة. على سبيل المثال، يصعب إنكار أن التربة الموجودة فى مدافن النفايات العامة الكبيرة فى شكل 11-1 قد تم نقلها بواسطة البشر، سواء تم العثور على عناصر مصنعة فى قطاع التربة الذى يبلغ عمقه مترين أم لا. والسجلات التاريخية يمكن أن توفر دليلًا داعمًا إضافيًا. وتحريك التربة بواسطة الإنسان يعيد ضبط عامل الزمن لتكوين التربة ويتم عادة قطع أو دفن تربة أكثر تطوراً، وبالتالى تؤثر بشدة على خصائصها. ويعتمد تطور التربة على جميع عمليات التكوين، بما فى ذلك تلك المرتبطة ببناء الأشكال الأرضية أو المظاهر الدقيقة بفعل الإنسان.

يتم عادةً فى المناطق الحضرية نقل التربة بواسطة الإنسان (ردم) أو التغيير (قطع أو خلط فى الموقع) إلى عمق كبير. وتظهر التربة عموما مجموعة متنوعة من الظروف، وعديد منها يغطى بأسطح غير منفذة (مثل المبانى والأرصفة). ويحدث نفس الوضع فى الضواحى والمناطق الحضرية منخفضة الكثافة، ولكن نسبة تغير التربة ونسبة المبانى والأرصفة تكون أقل. وفى عديد من المناطق التى بها تربة HAHT، تتغير جيومورفولوجية وهيدرولوجية السطح بشكل مكثف. وتحتوى الهيئات الطبيعية الأخرى المعدلة على كميات كبيرة من المواد التى ينقلها الإنسان، مثل الأراضى الزراعية شديدة الانحدار مع مدرجات منحدرات تلال متقاربة (شكل 11-2) ومناطق

النشاط المكثف، مثل المناجم وحقول النفط وممرات الطرق السريعة. والأنقاض الناتجة عن تسوية الأرض، الردم، البناء، التعدين، التكريك، التخلص من النفايات، وعمليات التصنيع تصبح مواد أصل للتربة الجديدة، التى تستخدم عادة لتوسيع المناطق الحضرية أو المطارات إلى المياه الضحلة أو لردم الأراضى المبتلة. والمناطق الرئيسية للمواد التى تم تغييرها بواسطة الإنسان توجد عند شق الأراضى الزراعية بشدة لتفكيك آفاق غير منفذة تحت التربة، كما فى الحوض المركزى لولاية كاليفورنيا. وتحديد ووصف ورسم خريطة أراضى HAHT مطلوب لأن هذه التربة يتم تعديلها عن حالتها الأصلية بحيث لا توفر خرائط التربة السابقة المعلومات الصحيحة أو قد لا توجد معلومات عنها على الإطلاق.

شكل 11-1: الصورة العلوية - مجمع مقلب قمامة (يمين الوسط) عبارة عن شكل أرضى إنشائى من صنع الإنسان يرتفع حوالى 33 مترًا عن مستنقع السهل الساحلى السفلى بالقرب من شاطئ فيرجينيا. والحفرة ذات الشكل الهندسى (البحيرة) هى شكل أرضى هدم مرتبط. وكلا الشكلين خارجين عن سياق التربة والأشكال الأرضية المحيطة. الصورة السفلية - تضاريس بشرية المنشأ يمكن تأكيدها بأدلة موثقة من القمامة المنتجة للميثان والمصنوعات اليدوية الموجودة فى طبقات بين غشاء التكسية الأرضية ومواد التربة (الصور بواسطة R. Facun and S. Early، بإذن من The Virginian-Pilot).

شكل 11-2: ماتشو بيتشو (Machu Picchu)، بيرو (Peru). يمكن تحديد تربة HAHT ليس فقط بواسطة المظاهر التشخيصية فى قطاع التربة ولكن أيضًا من خلال ارتباطها بأشكال أرضية من فعل الإنسان، سواء تم العثور على عناصر مصنعة فى القطاع أم لا. وتحتوى هذه المنطقة الحضرية القديمة على شرفات منحدرات تلال هندسية الشكل على تضاريس قطع وملء (فى المقدمة وأسفل اليمين) أنشأها البشر فى الأراضى الجبلية للسماح بالرعى والزراعة وبناء المنازل على منحدرات شديدة الانحدار. وتوضح التعديل البشرى المتعمد ونقل التربة. (تصوير Pedro Szekely)

خلفية (Background)

يقوم الناس بتعديل أو تحويل جوهرى للخصائص والعمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة (Richter and Yaalon, 2012). وبسبب إمكانية التأثير العميق على جميع عوامل تكوين التربة الخمسة (مادة الأصل، المناخ، الكائنات الحية، الزمن، والتضاريس أو الطبوغرافية)، فقد أسس بعض العلماء (Dudal, 2005) العامل السادس، الموصوف بأنه "متغير رئيسى قادر على تعديل أو التحكم فى العوامل الخمسة الأخرى" (Amundson and Jenny, 1991). على وجه الخصوص، يقوم البشر بالحفر بعمق كافٍ لإزالة معظم أو كل آفاق التربة، ونقل المواد المصنعة والأنقاض (القطع الأثرية) التى أصبحت متضمنة فى مواد الأصل للتربة (شكل 11-3)، ونقل وترسيب كميات كبيرة من التربة والصخور و الرواسب التى تصبح مواد أصل جديدة.

يقوم الناس أيضًا بتسوية (قطع وملء) مساحات كبيرة من الأراضى، مما يؤدى إلى تدمير التضاريس الطبيعية وبناء تضاريس ومظاهر دقيقة (مثل قنوات الصرف) كما هو موضح فى الباب الثانى. وتشير الأدلة الأثرية إلى أن البشر قد قاموا بتغيير التربة لمدة لا تقل عن 8000 إلى 10000 عام. وكانت تغييرات التربة طفيفة (سطحية) وملازمة للممارسات الزراعية القياسية (الانجراف) أو مقصودة وعميقة (التعدين على قمم الجبال والتغيير المكثف فى شكل الأرض من خلال عمل المصاطب أو نشاط حقول النفط). وتسمى المناطق التى تم تعديلها على نطاق واسع مع الإدارة المتكاملة للأراضى "anthroscapes" (Eswaran et al., 2005) (شكل 11-4).

شكل 11-3: قطاع سلسلة تربة لاجواردیا (Laguardia) یظهر قطع أثریة فی ترسیبات متعددة من مواد منقولة بواسطة الإنسان. یحتوی حطام المبنی المدفون علی طوب وخرسانة وأسلاك وصلب وأسفلت. (تصویر Richard Shaw)

تطور مفاهیم HAHT فی الولایات المتحدة

(Development of HAHT Soil Concepts in the U.S.)

بدأت جهود وصف وتصنیف تربة HAHT رسمیًا فی عام 1988 بتشکیل اللجنة الدولیة للتربة بشریة المنشأ (ICOMANTH). تم تکلیف هذه اللجنة من قبل هیئة صیانة التربة بوزارة الزراعة لتقدیم التمایز والأصناف لتصنیف وحصر الأراضی التی غیرها والتی نقلها الإنسان (وتسمی أیضًا التربة بشریة المنشأ). وکانت مهمة اللجنة هی إدخال HAHT فی نظام التصنیف الأمریکی، تسهیل رسم خرائط المناطق الحضریة، تقدیم مصطلحات ومواد جدیدة فی قواعد بیانات وزارة الزراعة الأمریکیة، عمل تفسیرات معبرة عن المواد والتربة الفریدة، وتسهیل

تأسيس وربط سلاسل تربة جديدة. بين عامى 1995 و 2010، تم توزيع سبع رسائل معممة دوليًا للتعليق على أفكار اللجان. وقد استخدمت الجولة الميدانية الدولية للتربة بشرية المنشأ فى نيفادا وكاليفورنيا عام 1998؛ الجولة الخامسة للتربة فى المناطق الحضرية والصناعية والمرورية والتعدين (SUITMA) فى مدينة نيويورك عام 2009؛ ومؤتمر IUSS الرابع لتصنيف التربة فى لينكولن، نبراسكا، عام 2012 لاختبار المقترحات والحصول على ردود الأفعال من مجموعات متنوعة. وتمت مراجعة مقترحات ICOMANTH وقبولها ونشرها فى الإصدارين الحادى عشر والثانى عشر من مفاتيح تصنيف التربة (Keys to Soil Taxonomy) (Soil Survey Staff, 2010, 2014). وكانت النتائج الرئيسية هى تحديد المواد المعدلة والمواد المنقولة بشريًا، والعناصر المصنعة على أنها متميزة على مستوى تحت المجموعة والعائلة، بالإضافة إلى اعتماد المصطلحات والتقاليد القياسية لوصف المظاهر البشرية (artifacts) فى التربة، كما تم اعتماد تسميات آفاق إضافية لتحديد الآفاق المتأثرة بالنشاط البشرى (انظر الباب الثالث).

شكل 11-4: منظر الحضارة الرومانية القديمة، يذكرنا بأن البشر قاموا عمدا بتعديل ونقل التربة فى مناطق حضرية لآلاف السنين (يوجد المدرج (Colosseum) فى الخلف على اليمين). وغالبًا ما تتضمن التضاريس الحضرية الحديثة فسيفساء من المياه والحدائق والمبانى والأرصفة (طرق وأرصفة مشاة). (تصوير Andreas Tille)

الأهمية (Importance)

أثر البشر على البيئة منذ الثورة الصناعية لدرجة اقتراح عصر جيولوجى جديد اسمه الأنثروبوسين (Anthropocene) (Crutzen and Steffen, 2003; Steffen et al., 2011). ومع زيادة عدد السكان، تزداد درجة ومقدار تغيير الأرض. وقد تم تصنيف حوالى 3% من سطح الأرض كمناطق حضرية (CIESIN, 1995)، وتزداد النسبة مع انتقال مزيد من الناس إلى المدن، خاصة على طول السواحل، حيث 10% من الأراضى حضرية. وفى عام 2011، كان ما يقرب من 82% من سكان الولايات المتحدة و 52% من سكان العالم يعيشون فى مناطق حضرية (United Nations, 2013). وفى مناطق كثيرة، يقوم الناس بزراعة محاصيل الغذاء فى مناطق شديدة التطور أو بالقرب منها، فى تربة ذات خصائص غير موثقة أو غير متوقعة. ويحدث التغيير البشرى للتربة فى جميع أنحاء العالم. على سبيل المثال، يقوم الناس بإزالة الغابات فى أمريكا الجنوبية من أجل الزراعة والتعدين، وبالتالى دفع الاستيطان شمالًا إلى مناطق غير متطورة. وتزرع التربة المعدلة بكثافة فى معظم القارات. ويُزرع الأرز فى حقول يرويها الإنسان وتغمرها المياه (عديد منها عبارة عن مصاطب على انحدار التلال) مساحتها 153.7 مليون هكتار (IRRI, 2010).

لم يُعرف فى الماضى إلا القليل عن الخصائص الكيميائية والفيزيائية وسلوك التربة المتغيرة. وكان تصنيفها ضئيلًا بسبب التباين العالى. على سبيل المثال، تم تصنيف تربة HAHT الحضرية فى فئات أعلى، مثل Udorthents، ولم يكن لها تقريبًا أى معلومات محددة فى قواعد البيانات لتقديم تفسيرات مفهومة. ومن أجل تحسين حصر أراضى HAHT، كانت هناك حاجة إلى فئات إضافية للتصنيف، وطرق جديدة للتحليل، ومصطلحات جديدة لوصف خصائصها حتى يمكن توفير خرائط تربة وتفسيرات استخدام مناسبة.

قضايا إدارة الموارد وتربة HAHT (Resource Management Issues and HAHT Soils)

تشمل الاستخدامات الهامة لمعلومات حصر الأراضى فى المناطق الحضرية جهود استعادة الغطاء النباتى، التفسيرات الهيدرولوجية لإدارة المياه، الزراعة الحضرية، وحصر الموارد (مثل تحديد الأراضى المبتلة). ويستخدم الحصر للدعوة إلى أفضل ممارسات استخدام وإدارة للمناطق المفتوحة.

تحتوى أراضى المناجم والمحاجر والمزارع والمناطق الزراعية المستخدمة بكثافة وبعض المناطق الحضرية على تربة HAHT ملوثة. ولأن أكثر من نصف سكان العالم يعيشون الآن فى مناطق حضرية، تزداد أهمية المخاطر الصحية المتعلقة بالتربة. وتحدث مخاوف صحة الإنسان من ملامسة التربة الملوثة أو التعرض لها، وكثير منها تربة HAHT. وقد تؤثر التربة على الإنسان بشكل مباشر (مثل استنشاق الغبار أو ملامسة القدمين) أو بشكل غير مباشر (مثل امتصاص الخضروات للمعادن). وبعض أنواع التربة شديدة التلوث تكون غير آمنة لأخذ عينات إلا بواسطة متخصصين مدربين ومجهزين؛ ويرجح حصر ورسم خرائط الأراضى الأقل تلوثًا. كما أن المناطق الزراعية المعرضة لمبيدات الآفات أو الحشائش أو الفطريات يكون لها تأثير سلبى على ماء التربة والمياه السطحية والجوفية. ويحتاج المطورون والإداريون والسياسيون والمنظمون والمخططون معلومات التربة لتحديد أفضل ممارسات الإدارة لحماية جودة المياه والصحة العامة. ويمكن إدارة المواقع المحتمل أن تكون ملوثة للاستخدام البشرى. على سبيل المثال، بعض مدافن النفايات والحقول البنية شيدت بعناية أو استصلحت لاستخدامها كمتنزهات (Scheyer and Hipple, 2005; Craul, 1992, 1999).

الحدوث (Occurrence)

توجد تربة HAHT فى جميع القارات، حتى فى القارة القطبية الجنوبية (شكل 11-5). وهى شائعة فى الأراضى كثيفة الإدارة حيث نشأت الحضارات، تشمل بعض المناطق تحت الماء الآن. وتتكون تربة HAHT جديدة كل يوم. وفى المستقبل، قد توجد تربة HAHT على الأجرام السماوية الأخرى. ولا يوجد سجل لتوزيعها ولا خرائط باستخدام أنظمة التصنيف الوطنية أو القاعدة المرجعية العالمية (World Reference Base) لموارد التربة (IUSS, 2014). ورغم أن تربة HAHT منتشرةعالميا، إلا أنها غير مرسومة على خرائط، وغير معروفة، ولا تحظى بالتقدير الكافى.

التحديد (Identification)

تربة HAHT لها تغيرات عميقة وهادفة أو تحدث مع البناء أو الحفر. والتغيير يكفى لإنتاج مادة أصل جديدة (مادة منقولة بشريًا) أو تغييرًا كبيرا فى مادة الأصل الموجودة (مادة معدلة بشريًا) (انظر الباب الثانى). ولا تتضمن تربة HAHT أنواع ذات تغييرات سطحية عرضية أو غير مقصودة بسبب ممارسات زراعية قياسية أو القطع الأثرية الضحلة من خلال الحرث. على سبيل المثال، التربة التى بها ارتفاع فى درجة الـ pH، أو الخصوبة، أو تشبع أساسى بسبب الممارسات القياسية ليس بها تغير طويل المدى، فى حين أن التربة التى تشكلت فى مصطبة صيانة زراعية تتغير بشكل كبير ومتعمد لغرض طويل الأجل. ولا تخدم بعض التغييرات أى غرض مفيد ويمكن الحكم عليها أنها غير مقصودة (على سبيل المثال، يمكن أن تؤدى الزراعة إلى الانجراف بالرياح أو المياه أو التملح ووجود قمامة فى طبقة المحراث).

شكل 11-5: محطة ماكموردو (McMurdo)، القارة القطبية الجنوبية (Antarctica). تغييرات بشرية فى التضاريس، ونقل التربة لإنشاء البنية التحتية، وتغيير قطاعات التربة حتى فى هذا الموقع البعيد. (تصوير Alan Light)

عديد من الأنظمة، كالقاعدة المرجعية العالمية (IUSS, 2014) والتصنيف الأمريكى، تحدد HAHT على المستويات الأعلى، مثل Anthosols و Technosols. ويحدد التصنيف الأمريكى HAHT حاليًا بمجموعة أصناف على مستوى تحت المجموعة والعائلة. وتتضمن مظاهر التربة:

- **أفق سطحى أنثروبيك (anthropic) أو بلاجن (plaggen)**
- **مادة سمكها بين 25 و 50 سم تلبى جميع متطلبات أفق بلاجن ماعدا السمك**
- **50 سم أو أكثر مواد تم تغييرها ونقلها بواسطة الإنسان فوق مادة التربة الأصلية**
- **تشمل مادة HAHT كل التربة فوق طبقة تحد انتشار الجذور أو تلامس أقل عمقًا من 50 سم**

وصفات وخصائص التربة المستخدمة لتحديد المواد المنقولة والمواد التى تم تغييرها بواسطة الإنسان فى الباب الثالث من Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) وملخصة أدناه.

المواد التى نقلها الإنسان (Human-Transported Material)

المواد التى نقلها الإنسان (HTM) هى مادة أصل تربة عضوية أو معدنية تم نقلها أفقيًا إلى بيدون من مصدر خارجى بفعل الإنسان. ونظرًا لأن التضاريس الإنشائية البشرية مبنية بمواد منقولة، فإن HTM ترتبط بهذه التضاريس. ويمكن عادة ملاحظة الانقطاع الصخرى أو الأفق المدفون أسفل HTM مباشرة. وقد يصعب التمييز بين المواد المنقولة بشريًا ومادة الأصل من عمليات حركة الكتلة (الانهيارات الأرضية) دون فحص وتحليل مكثف. ويشمل دليل HTM ما يلى:

- **قطع منفصلة من آفاق تشخيصية (مثل argillic أو calcic أو histic أو spodic) ناتجة من مادة المصدر المحفورة**
- **وجود قطع artifacts مثل الطوب، الأسفلت، الزجاج، المعادن، البلاستيك، نواتج الاحتراق، الصخور المفتتة**

ميكانيكيًا، مواد القمامة، وعلامات الكشط

- توزيعات غير منتظمة للقطع الأثرية أو الملوثات سواء كانت عميقة فى القطاع أو بالقرب من تضاريس أو مظاهر أو أبنية مشيدة، مثل طريق أو مبنى
- عدم الاستمرارية الصخرية عند التلامس بين HTM والسطح السابق تحتها
- طبقة تحتية مصنعة، مثل بطانة تكسية أرضية أو خرسانة
- مكان المادة على أشكال إنشائية أو معالم دقيقة أو فى حدود تضاريس بشرية أو معالم دقيقة مدمرة

المواد التى غيرها الإنسان (Human-Altered Material)

المواد التى غيرها الإنسان (HAM) هى مادة أصل تربة عضوية أو معدنية خضعت للإثارة أو الخلط بواسطة البشر. وتختلف عن HTM فى أنها تغيرت فى مكانها وتحتوى على أدلة قليلة أو لا تحتوى على أى دليل على نقلها من مكان آخر. وتشمل التربة الزراعية المختلطة بشدة بالتمزيق العميق لطبقة تحت التربة المعوقة للجذور مثل duripan والتربة التى تم ضغطها ميكانيكيًا لحجز المياه (كما هو الحال فى حقول الأرز مع تشبع anthric). ويشمل المفهوم أيضًا التربة التى أزيلت وخزنت واستبدلت أثناء الاستصلاح (كما هو الحال فى بعض أنشطة التعدين السطحى أو التنمية الحضرية) ومواد التربة التى تظل مكشوفة بعد الحفر (مثل تلك الموجودة على أرضية حفر الحصى).

وترتبط المواد المعدلة بواسطة الإنسان عادة بتضاريس بشرية مدمرة. وتوجد هذه التضاريس فى مناطق إزالة مواد التربة (حفر، محاجر، مناجم، وما إلى ذلك). فى بعض الحالات، يمكن التعرف على الشكل المدمر بتتبع أفق تحت سطحى (مثل argillic أو spodic) من تربة مجاورة غير متغيرة بشريًا جانبيا إلى النقطة التى يختفى فيها الأفق فجأة، والتى تتوافق مع حدود الشكل المدمر.

تحفر التضاريس البشرية المدمرة وقد يتم ملؤها أو تغطيتها لاحقًا. وفى حالة ملء الحفر جزئيًا أو كليًا بمواد التربة الأصلية، تعتبر المادة HAM. وعندما تملأ بمواد تربة مختلفة، تعتبر المادة HTM.

تشمل الأدلة على المواد التى تم تغييرها بواسطة الإنسان ما يلى:

- مواد توجد فى منطقة متأثرة بالممارسات الزراعية للحرث العميق لتكسير طبقة معوقة للجذور أو للضغط المتعمد لحجز المياه.
- مواد داخل منطقة محفورة (شكل أرضى مدمر) مثل حفرة أو محجر.
- يتميز قطاع التربة بسمات مثل قطع من آفاق تشخيصية أعيد توجيهها؛ قطع صخور تم تفتيتها ميكانيكيًا؛ علامات كشط تحت مادة التربة التى تم إزالتها وتخزينها واستبدالها فى الموقع؛ أو طبقات مضغوطة عمدا تتشكل أثناء أنشطة البناء.

الطبقات المُصنعة (Manufactured Layers)

الطبقة المصنعة هى طبقة صناعية تحد انتشار الجذور تحت سطح التربة. ويمكن التعرف عليها من خلال وجودها فى أو على شكل أرضى أو سمة دقيقة، مثل مدافن النفايات والخنادق المبطنة بالخرسانة والبرك. والتربة أعلاها هى مادة HAHT. وتُستخدم فى البناء (مثل سقف مبنى تحت الأرض) أو لإعاقة المياه أو الغاز أو الجذور (مثل بطانة مقلب القمامة). ويوجد اتصال مع HTM فى الجزء العلوى من الطبقة المصنعة، وعادة يتم صنعها من بطانات التكسية الأرضية أو الأسفلت أو الخرسانة أو المطاط أو البلاستيك. تحت الطبقة، قد يكون هناك مزيد من HTM، طبقة من مواد غيرها الإنسان، مادة التربة الطبيعية، أو الصخور.

الوصف (Description)

يتم وصف مواد مواد التربة التى تم نقلها والتى تم تغييرها بواسطة الإنسان (HAHT) باستخدام منهجية وإجراءات كالتى تمت مناقشتها فى الباب الثالث. كما يستخدم عديد من التقاليد القياسية، ولكن هناك عدد قليل من العناصر الفريدة للوصف. هذه العناصر يتم تلخيصها بإيجاز أدناه. انظر الباب الثالث للحصول على معلومات إضافية.

تسمية الآفاق الشائعة (Horizon Nomenclature Common to HAHT Soils)

يستخدم رمز علامة الإقحام (^) كبادئ للحرف الكبير للأفق الرئيسى (مثال A^) لآفاق التربة أو الطبقات التى تشكلت فى HTM. وتكون هذه المواد عادة على السطح الحالى. ومع ذلك، فى عديد من المواقع الأثرية، يتم دفن المواد المنقولة بمواد حديثة أو مواد منقولة طبيعيا.

ويمكن استخدام بادئ عددى أمام رمز علامة الإقحام للإشارة إلى عدم الاستمرارية (على سبيل المثال، -A^ 2C^). ووصف الانقطاع الصخرى مستقل عن وصف مواد HAHT. وليس من الضرورى الإشارة إلى انقطاع عند التلامس بين جميع مواد HAHT والمواد التحتية، ولكن يمكن عمل ذلك إذا كانت المواد مختلفة بشكل كبير ويساعد ذلك فى فهم طبيعة قطاع التربة.

ويتم تحديد آفاق وطبقات HAHT التى تحتوى قطع أثرية (artifacts) مع حرف الإقحام كبادئة والحرف الصغير u كلاحقة (على سبيل المثال، Au^). ولا يوجد حد أدنى للنسبة المئوية لحجم القطع الأثرية. ولا يلزم وصف القمامة العرضية (مثل أكياس البلاستيك المنقولة بالرياح أو علب الألمنيوم المهملة) بحرف "u" ما لم يدل على ترسيب هادف من قبل البشر.

يتم تعريف الطبقات المُصنَّعة (البطانات) بالحرف الكبير للأفق الرئيسى M. ويوجد اتصال طبقة مُصنَّعة فى الأعلى. والأنواع المعروفة من البطانات تتضمن بطانات التكسية الأرضية والأسفلت والخرسانة والمطاط والبلاستيك. ولا تُستخدم بادئة رمز علامة الإقحام مع "M." وقد تعمل التربة المضغوطة عمدًا كبطانة، ولكن نظرًا لأنها لم تضغط صناعيًا، فيشار إليها بالحرف الصغير d كلاحقة. ويمكن تحديد الطبقة على أنها مادة كثيفة (densic) ولها اتصال densic إذا كانت تفى بهذه المعايير (Soil Survey Staff, 2014).

القطع الأثرية (Artifacts)

القطع الأثرية هى مواد مصنعة أو معدلة أو منقولة من مصدرها بواسطة البشر، عادةً لغرض عملى فى أنشطة السكن أو التصنيع أو التنقيب أو الزراعة أو البناء (Soil Survey Staff, 2014). وقد تكون القطع الأثرية صغيرة (قطرها أقل من 2 مم) أو منفصلة (قطرها 2 مم أو أكبر). والقطع الصغيرة لا يمكن تقديرها فى الحقل بصريا أو بالإحساس وتقدر على أساس الوزن الجاف بالفرن. ولا توصف إلا بعد قياسها معمليا. وتتضمن القطع المنفصلة البيتومين (الأسفلت) والطوب والخرسانة والمعادن والورق والبلاستيك والمطاط والمنتجات الخشبية المعالجة أو المشكلة (انظر شكل 11-3). وتظل القطع الثابتة فى التربة دون تغير لمدة عقد أو أكثر. وتخضع القطع غير الثابتة للتجوية السريعة أو التحلل وتبقى سليمة فى التربة لبضعة أشهر أو بضع سنوات. وبعد دفنها، قد تتغير خصائصها بمرور الزمن. ويمكن أن يؤثر وجودها ونواتج تجويتها على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. وبعض القطع الأثرية تكون ضارة، مثل المنتجات الخشبية المعالجة بالزرنيخ والبطاريات المهملة والمنتجات البترولية والنفايات الطبية. والبعض الآخر غير ضار نسبيًا، مثل المنتجات الخشبية غير المعالجة والحديد والطوب وكتل الخبث والمنتجات الورقية. ومعرفة طبيعة وخصائص القطع الأثرية مهم جدا لفهم التربة ووضع خطط واستراتيجيات مناسبة لإدارة الأراضى. وبسبب أهميتها، يتم تقييم أنواع القطع الأثرية عند تحديد تربة HAHT لعائلات تصنيفية فى نظام تصنيف التربة الأمريكى.

ويتم وصف القطع الأثرية بشكل منفصل عن قطع الصخور أو المظاهر الأخرى. ويتضمن الوصف الكمية ودرجة التماسك والثبات والحجم والأمان. وقد يشمل أيضًا الشكل والنوع والاختراق بالجذور والاستدارة. ويمكن وصف سمات أخرى إذا كانت مفيدة فى فهم وتفسير التربة. والتربة التى تحتوى على قطع أكثر من 15 فى المائة، حجما، يتم تعديل أقسام القوام باستخدام صفة مصنعة (artifactual). والباب الثالث يقدم المصطلحات والدرجات المستخدمة لوصف القطع الأثرية.

طرق وإجراءات الحصر (Survey Methods and Procedures)

تقييم احتياجات الحصر (Assessing Survey Needs)

فى بداية حصر الأراضى فى المناطق الحضرية، يجب تقييم الاستخدامات المحتملة والمستخدمين وتحديد الأهداف، بما فى ذلك نوع المعلومات المطلوبة. ويشمل المستخدمون إدارة الحدائق البلدية؛ المدن والولايات والوكالات الفيدرالية؛ المدارس والكليات والجامعات؛ ومجموعات المجتمع. وقد يكون خبراء البيئة فى المجتمع الحضرى أقل دراية بحصر الأراضى وتطبيقاته. ويمكن تشكيل لجنة استشارية للمساعدة فى تحديد احتياجات المستخدمين، وتقديم التوجيه العملى والمساعدة فى الوصول إلى الأراضى، ومراجعة تقدم الحصر، ونشره، وتوزيع المعلومات.

المواد المرجعية (Reference Materials)

أمثلة حصر الأراضى الحضرية المكتملة

(Examples of Previously Completed Urban Soil Surveys)

تم الانتهاء من حصر الأراضى الحضرية التى تعترف بمواد HAHT فى سان دييجو (San Diego) (USDA-SCS, 1973)؛ واشنطن (Washington, D.C.) (USDA-SCS, 1976a)؛ سانت لويس (St. Louis) (USDA-SCS, 1982)؛ بالتيمور (Baltimore) (USDA-NRCS, 1998))؛ شيكاغو (Chicago) (Web Soil Survey, 2013)؛ نيويورك (New York City) (Web Soil Survey, 2014)؛ و (Web Soil Survey, 2017) Los Angeles وبدأ فى لوس أنجلوس وديترويت. وشمل حصر الأطراف الحضرية مقاطعة مونتجومرى (Montgomery)، ميريلاند (Maryland) (USDA-NRCS, 1995)؛ إسكس (Essex) (USDA-NRCS, 2007b) وهادسون (Hudson) (Web Soil Survey, 2012) ومقاطعات فى ولاية نيو جيرسى (New Jersey)؛ مقاطعة بليموث (Plymouth)، ماساتشوستس (Massachusetts) (Web Soil Survey, 2010)؛ ومقاطعة فيرفاكس (Fairfax)، فيرجينيا (Virginia) (Web Soil Survey, 2011). وغطى حصر الأراضى التربة التى قام الإنسان بتغييرها فى الوادى الأوسط فى كاليفورنيا (USDA-NRCS, 2003)، وأراضى مناجم الفحم، وأراضى المدرجات شديدة فى جميع أنحاء الولايات المتحدة. ويوفر حصر هذه الأراضى أمثلة وأفكارًا عند التخطيط لحصر مناطق حضرية جديدة مماثلة. وتحتاج تحديثات الحصر عادةً إلى إعادة رسم مساحات الأراضى المطورة حديثًا. ورغم أن بعض المناطق التى تم تغييرها بعمق تتجاوز الحد الأدنى لحجم وحدة الخريطة، فإن كثيرا منها مرتبط بسلاسل التربة الأصلية، يرتبط بأنواع مختلفة من الأراضى، يوجد فى وحدات خرائط مثل "مركب الأراضى الحضرية-Udorthents" أو "منطقة لم يتم رسمها على الخريطة." وهناك طلب كبير على المعلومات حول هذه المناطق. ومع تقدم العمل فى حصر المناطق الحضرية على مدى حوالى 50 عامًا ممثلة فى الأمثلة المذكورة أعلاه، فقد تحسن فهم التربة التى يغيرها والتى ينقلها الإنسان، كما تقدمت طريقة وصف هذه التربة وتصنيفها ورسم خرائط لها بشكل كبير. وتعتبر أمثلة حصر الأراضى الحضرية المكتملة سابقًا، خاصة تلك التى استخدمت أحدث التطورات فى هذا المجال، هى الخطوة الأولى فى تخطيط مشاريع حصر الأراضى الحضرية الجديدة.

مواد الموارد المساعدة الأخرى (Other Ancillary Resource Materials)

تتضمن المناطق الحضرية مجموعة استخدامات متنوعة، مثل المدن أو المراكز، المناطق الصناعية والسكنية، المقابر، المتنزهات، والأماكن المفتوحة الأخرى. وقد أشار Pouyat et al. (2010) إلى أن المناطق الحضرية تتكون من قطع ذات أنظمة إدارة وإثارة مميزة، وينتج عن ذلك خصائص تربة مختلفة. وعند انتشار مواد HAHT، يجب فهم ظروف ما قبل التطوير وتاريخ استخدام الأراضى فى جميع أنحاء المنطقة. وتستخدم الخرائط الطبوغرافية القديمة لتحديد مواقع الأشكال الطبيعية والتعديلات البشرية الهامة. وتساعد الصور الجوية فى تحديد تغييرات استخدام الأراضى. وتساهم خرائط التربة أو الجيولوجيا القديمة فى تحديد طبيعة مواد الأصل السابقة (التى يمكن أن تستخدم أيضًا كردم محلى) و / أو ظروف الطبقة التحتية وقد تساعد فى التحديد الأولى لمنطقة الحصر. ويمكن أن تدل هذه الخرائط على مواقع المناطق المبتلة أو الصخرية سابقًا أو غيرها من المناطق "غير المرغوب فيها" المدفونة تحت المواد التى نقلها الإنسان فى هيئات طبيعية متغيرة للغاية. وقد توفر سجلات إدارات النقل (البلدية والولاية والفيدرالية)، مع سجلات مكبات النفايات والتجريف من الإدارات المختلفة، معلومات قيمة. ويمكن أن تكون سجلات البلدية (كتلك الخاصة بقسم تصميم وبناء مدينة نيويورك) نقاط بيانات قيمة فى توثيق طبيعة وسمك HTM. وتوفر سجلات تحقيقات التربة فى الموقع ملاحظات ميدانية أو أوصاف البيدون. والمعلومات من مناطق مجاورة، خاصة تلك التى تتشابه فى الظروف الجيولوجية والتربة، مفيدة أيضًا. وتحتوى المقالات والتقارير والرسائل العلمية والوثائق من وكالات المدن والجمعيات التاريخية على معلومات قيمة عن عمر وأصل HTM. والجمع الشامل واستعراض المعلومات الموجودة فى المنطقة قبل بدء العمل يوفر الوقت والجهد.

مقياس رسم الخرائط (Mapping Scale)

التحدى فى رسم خرائط التربة فى المناطق الحضرية هو أن الإثارة الشديدة وتجزئة الأرض تخلق تباينًا مكانيًا كبيرًا يتجاوز نطاق طرق الحصر القياسية. على سبيل المثال، قد تتغير HTM عبر منطقة لا يزيد حجمها عن بيدون واحد، كما هو الحال عند نقل حمولة شاحنة من المواد. فى هذه الحالة، لا توجد polypedons لتشكيل وحدة خريطة التربة. ويمكن أن يقدم مستوى الحصر الأول (انظر الباب الرابع) تفاصيل 0.2 هكتار ولكن ذلك يستغرق وقتا وتكلفة باهظة إذا تم استخدام طرق حصر روتينية. وتكون الساحات الصغيرة فى المناطق السكنية وممرات النقل الضيقة والتربة فى المناطق التجارية الصغيرة ومواقف السيارات مناسبة بشكل أفضل لعمليات الفحص فى الموقع. وتكون المساحات المفتوحة الأكبر (أكثر من هكتار) أكثر تماثلا فى ظروف التربة لأنها تكون أقل إثارة، وإذا كانت معرضة للتغيير والردم، فإنها تتكون من مواد متشابهة. ويكون حصرها أسهل من الشرائح السكنية الصغيرة. بالإضافة إلى ذلك، يكون هناك طلب أكبر لمعلومات التربة فى المناطق الأكبر لأغراض الإدارة والاستعادة وحصر الموارد.

يتراوح مقياس رسم خرائط الحصر الأولى للمناطق الحضرية فى الولايات المتحدة من 1: 24000 لسان دييجو وسانت لويس ولوس أنجلوس إلى 1: 12000 لواشنطن وبالتيمور وشيكاغو ونيويورك. وتم حصر مساحة 130 هكتار فى South Latourette Park فى ولاية نيويورك على خرائط بمقياس 1: 6000. وكان ذلك بمثابة مشروع تجريبى لرسم خرائط التربة الحديثة فى مدينة نيويورك (USDA-NRCS, 1997). وتم إجراء حصر عام أو استطلاعى بمقياس 1: 62500 فى مدينة نيويورك (USDA-NRCS, 2005) لتوفير دليل عام لأنماط التربة فى جميع أنحاء المدينة والعمل كأساس لمزيد من أنواع الحصر التفصيلى مستقبلا. وتضمن الحصر المكثف من المستوى الأول منطقة Gateway National Recreation Area (USDA-NRCS, 2006) بمقياس 1: 4800، الذى توافق مع خرائط National Park Service للموارد الطبيعية والثقافية والتقييم الأخرى، و Bronx River Watershed (USDA-NRCS, 2007a) بمقياس 1: 6000، الذى أكد على التطبيقات الهيدرولوجية وإدارة مياه الأمطار. وتعقيد أنماط التربة، والقيمة العالية للأرض واستخدامها المكثف، وعدد دافعى الضرائب يتأثر بالقرارات الجيدة لاستخدام الأراضى والإدارة فى المناطق الحضرية التى تفضل مقياس خرائط أكبر.

ومع ذلك، فالاعتبارات الأساسية عند اختيار مقياس رسم الخرائط هى أهداف الحصر، احتياجات المستخدمين، مساحة منطقة الحصر، والزمن المطلوب.

تصميم الوحدات التصنيفية والخرائطية (Designing Taxonomic and Mapping Units)

تمثل التربة فى مواد HAHT تحديًا كبيرا لحصر الأراضى؛ وقد يكون التباين الأفقى والرأسى معقدًا ولا يمكن التنبؤ به، وتتغير ظروف التربة عادةً مع الاختلاف البسيط فى الهيئة الطبيعية أو الغطاء النباتى. ويجب فحص التباين فى خصائص تربة HAHT، إلى جانب اتساق وامتداد أنواع التربة المختلفة. وقد ترتبط أنواع معينة من تربة HAHT أو التضاريس التى غيّرها الإنسان بنوع جيولوجى سطحى معين، أو موقع هيئة طبيعية، أو وحدة خريطة سابقًا، وبالتالى تسمح بعمل بعض نماذج للهيئة الطبيعية والتربة. بالإضافة إلى ذلك، يجب مراعاة أهداف الحصر عند وضع معايير تباين مكونات التربة لأن بعض الخصائص تختلف باختلاف الغطاء الأرضى والاستخدام. ورغم أن الخصائص والتقديرات الهامة، مثل التوصيل الهيدروليكى المشبع (K_{sat})، ومجموعة التربة الهيدرولوجية، ومحتوى المادة العضوية، ودرجة pH، ومحتوى المغذيات، يمكن أن تختلف على نطاق واسع عبر المشهد الحضرى بأكمله، إلا أن النطاق فى هذه الخصائص يكون عمومًا أضيق بكثير داخل استخدام معين للأرض.

ويختلف توصيف وتصنيف تربة HAHT طبقا لمقياس الرسم. وقد تطور إلى حد ما مع جهود رسم الخرائط الحضرية والضواحى المتتالية. واستخدمت وحدة خريطة مناطق متنوعة (مثال "أرض مصنوعة" فى حصر عام 1973 لمنطقة سان دييجو بواسطة USDA-SCS) ومستوى المجموعة الكبرى للتصنيف، عادةً Udorthents. وفى حصر العاصمة واشنطن (USDA-SCS, 1976a) تم تحديد 11 طور من Udorthents. ولم يكن هناك تقييم أو تفسير لهذه الأطوار، ولكن تم إدراج بعض العينات المختارة فى جداول الخصائص الفيزيائية والكيميائية. وشمل حصر بالتيمور (USDA-NRCS, 1998) ستة أطوار من Udorthents مع بعض التقييمات. ووضع حد أدنى للخصائص الفيزيائية والكيميائية، يقترب من مستوى تصنيف السلسلة، يفيد عديد من التطبيقات ويناسب معظم التفسيرات.

تحديد سلاسل وأطوار تربة HAHT (Defining Soil Series and Phases for HAHT Soils)

بدأ استخدام سلاسل تربة HAHT فى السبعينات. وتضمنت نفايات التعدين الشريطية فى مقاطعة هاسكل (Haskell)، ولاية أوكلاهوما (Oklahoma) (USDA-SCS, 1975)، ومواد التكريك فى مقاطعة Wagoner، أوكلاهوما (USDA-SCS, 1976b)، وتربة القطع والردم فى سانت لويس (USDA-SCS, 1982) والتربة شديدة التمزق والمعدلة كيميائيًا فى وادى كاليفورنيا الأوسط (USDA-NRCS, 2003). ومستخدم تربة HAHT لديه مجموعة كاملة من الخصائص والتقديرات والتفسيرات. وقد أظهر حصر متنزه South Latourette Park فى مدينة نيويورك (USDA-NRCS, 1997) خمس سلاسل جديدة لتربة HAHT، باستخدام محتوى القطع الأثرية فى الجزء أكبر من 2 مم كأحد المعايير المميزة. ويستخدم تصنيف التربة كمية وأنواع القطع الأثرية فى تعريفات بعض الفئات على مستوى العائلة (Soil Survey Staff, 2014). ويستخدم محتوى القطع الأثرية أيضًا بواسطة القاعدة المرجعية العالمية لموارد التربة لتحديد مجموعة التربة المرجعية Technosols والمؤهلات Technic و Hypertechnic (المستوى الثانى) (IUSS, 2014). وتضمنت مصطلحات الحصر الأولى لمدينة نيويورك (2014) 29 سلسلة تربة HAHT. وكميات كبيرة من مواد الردم والنفايات تعمل كمواد أصل للتربة فى هذه المنطقة. وتضمن حصر لوس أنجلوس سلاسل HAHT؛ وأطوار الردم والتشكيل والتدرج على مستوى المجموعة الكبرى وتحت المجموعة والسلسلة؛ وبعض أطوار الأراضى الحضرية على أساس استخدام الأراضى (أى التجارية والسكنية والصناعية). وامتدت منطقة الحصر خارج المدينة إلى الضواحى والمناطق الصناعية، وكانت التضاريس والهيئات الطبيعية التى غيرها الإنسان شائعة.

مناطق متنوعة (Miscellaneous Areas)

استخدمت المنطقة المتنوعة "أراضى حضرية" فى الحصر كمكون وحدة خريطة. نظرًا لأن تعريف الأراضى الحضرية غامض إلى حد ما، فقد تم استخدام المصطلح بشكل غير متسق. والمنطقة المتنوعة، بحكم التعريف، ليست تربة. ومع ذلك، فإن مكون الأراضى الحضرية يشمل التربة فى بعض أنواع الحصر. ولتجنب الالتباس، تم فى حصر مدينة نيويورك اقتراح منطقة متنوعة "الرصيف والمبانى" لأنها كانت أكثر وصفية. وتقتصر هذه المنطقة المتنوعة على الأسطح غير المنفذة فعليًا (على سبيل المثال، أراضى حضرية 85 فى المائة منها أو أكثر سطح غير منفذ). وترسيم هذه المناطق وإضافة طور substratum حسب الجيولوجيا السطحية أو خريطة التربة قبل التطوير، أو إضافة طور استخدام الأرض، يوفر معلومات إضافية قيمة للمستخدم (Efflend and Pouyat, 1997). وتكون المعلومات الإضافية مهمة بشكل خاص إذا كانت المادة المغطاة مشبعة أو تشكل خطر هبوط أو خطر صحى على البشر (مثل مقالب قمامة مغطاة غير منتظمة).

تحديد ووصف امتداد الأسطح غير المنفذة يتم عادةً باستخدام أدوات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) أو على الصور الجوية أو صور أقمار صناعية عالية الدقة. وتستخدم تقنيات أخرى الشبكة النقطية. وتشمل الأسطح غير المنفذة الأرصفة وأسطح المنازل والممرات والجسور والطرق المعبدة ومواقف السيارات، باستثناء تلك المعروفة بأنها منفذة (مثل مواد خاصة أو حصى أو تربة معبأة).

تصميم وحدة الخريطة (Map Unit Design)

يتم رسم خرائط الأراضى الحضرية بشكل متكرر لتربة HAHT والتربة التى تم تغييرها قليلا. وهناك حاجة إلى عديد من معقدات (complexes) مختلفة لتعكس أحجام والنسبة المئوية لتركيب الأراضى الحضرية. على سبيل المثال، فى الحصر الأولى لمدينة نيويورك، اعتبر أقل من 10 فى المائة من الأراضى الحضرية فى وحدة خريطة شوائب (inclusion). وفى مناطق تحتوى 10 إلى 49 فى المائة سطح غير منفذ، تم تسمية الأراضى الحضرية كمكون رئيسى لمعقد وحدة الخريطة، وفى مناطق تحتوى 50 إلى 90 فى المائة سطح غير منفذ، تم تسمية الأراضى الحضرية أنها المكون السائد فى المعقد. وتم تسمية مناطق تحتوى على أكثر من 90 فى المائة أراضى حضرية على أنها وحدة خريطة نقية (consociation) مع تحديد نوع السطح الأصلى (على سبيل المثال، glacial till، outwash، tidal marsh) كطبقة تحتية. والمناطق المتنوعة الأخرى التى يغيرها الإنسان تتضمن مقالب القمامة، أرض نفايات البترول، الحفر، المحاجر، أرض Scoria، و Slickens.

التصنيف (Classification)

يمكن تحديد سلاسل تربة HAHT عندما تكون العمليات التى يسببها الإنسان وتؤدى إلى تكوينها موحدة نسبيًا فوق مناطق يمكن رسمها خرائطيا (على سبيل المثال، تمزيق عميق، استبدال التربة المخزنة بعد التعدين، وضع مواد ردم منتظمة، وضغط مكثف لتحت التربة للرى بالغمر). وعند حصر منطقة، يجب تطوير سلسلة جديدة للتربة التى يمكن التنبؤ بتكرارها وتحتوى على كمية كبيرة من مادة HAHT، أو تخضع لتغيير عميق فى الهيدرولوجيا (التشبع)، أو يتم حفرها بعمق. وقد تحتاج السلسلة الموجودة إلى إعادة تصنيف أو إعادة حصر المناطق للتعرف على تربة HAHT.

ولكى يتم تصنيف تربة HAHT بشكل صحيح، يجب أن يوثق وصف قطاعات التربة نوع وكمية مواد تربة HAHT ونوع وكمية القطع الأثرية الموجودة والتعرف على وجود آفاق ومظاهر تشخيصية (مثل أفق anthropic أو plaggen، تشبع anthric، ومواد كثيفة). ويعرف تصنيف التربة (Soil Survey Staff, 2014) أنواع مختلفة من تربة HAHT على مستوى تحت المجموعة والعائلة. هذه الوحدات التصنيفية موضحة فى الجدولين 11-1، 11-2 مع بيان موجز حول مفهوم الأصناف وحدوثها العام. ومن المحتمل ظهور أصناف إضافية فى المستقبل.

جدول 11-1: تصنيف تحت المجموعات ومفاهيم تربة HAHT.

Subgroup	General concept
Anthraquic	Soils have a currently or formerly ponded surface due to flood irrigation, commonly with puddled or compacted horizons that hold water near the surface. They commonly occur in rice paddies and aquaculture areas.
Anthrodensic	Soils have a constructed densic contact due to human activity. They commonly occur in reclaimed mined lands and building or transportation construction sites.
Anthropic	Soils have an anthropic epipedon. They occur in many areas associated with sustained human habitation or cultivation.
Plaggic	Soils have a plaggen epipedon (50 cm or more of plaggen material). They mostly occur in northern Europe. They may also be associated with some intensive organic farming operations.
Haploplaggic	Soils have 25 to 49 cm of plaggen materials. They mostly occur in northern Europe. They may also be associated with some intensive organic farming operations.
Anthroportic	Soils formed in parent material that was transported by humans (HTM). They occur worldwide.
Anthraltic	Soils formed in parent material that was altered in place by humans. They mainly occur in intensely cultivated areas and in areas of burials or trenching.

جدول 11-2: مصطلحات تصنيف عائلات التربة ومفاهيم HAHT.

Family Term	General concept
Methanogenic	Soils produce ≥ 1.6 ppb methane or methyl mercaptan. They occur in landfills and waste-disposal sites. They do not include natural anaerobic environments.
Asphaltic	Soils have a layer ≥ 7.5 cm thick that contains ≥ 35% (by volume) asphalt (bitumen) ≥ 2 mm in diameter. They occur in fill areas with construction debris, on top of old impervious surfaces, in landfills, and near highway paving projects.
Concretic	Soils have a layer ≥ 7.5 cm thick that contains ≥ 35% (by volume) concrete ≥ 2 mm in diameter. They occur in fill areas with construction debris, on top of old impervious surfaces, in landfills, and near construction projects.
Gypsifactic	Soils have a layer ≥ 7.5 cm thick that contains ≥ 40% (by weight) synthetic gypsum products, commonly as drywall or flue gas desulfurization gypsum. They occur in fill areas with construction debris, in landfills, and near building projects.
Combustic	Soils have a layer ≥ 7.5 cm thick that contains ≥ 35% (by volume) coal combustion by-products ≥ 2 mm in diameter and too heavy to be volatile (e.g., bottom ash or coal slag). They occur in approved disposal areas, unregulated fill sites, city parks, and gravel-topped roads in urban areas.
Ashifactic	Soils have a layer ≥ 7.5 cm thick that contains ≥ 15% (by grain count in the 0.02 to 0.25 mm fraction) light-weight, coal combustion by-products that are volatile, such as fly ash. They typically occur in approved disposal sites, unregulated fill sites, and retention ponds near power plants.
Pyrocarbonic	Soils have a layer ≥ 7.5 cm thick that contains ≥ 5% (by grain count in the 0.02 to 0.25 mm fraction) light-weight products of pyrolysis, such as fuel coke or biochar. They typically occur in approved disposal sites, unregulated fill sites, and retention ponds and near power plants. They include terra preta soils.
Artifactic	Soils contain ≥ 35% discrete artifacts ≥ 2 mm that are both persistent and cohesive in a layer ≥ 50 cm thick. They typically occur in landfills, fill areas, and transportation corridors.
Pauciartifactic	Soils contain ≥ 15% (up to 35%) discrete artifacts ≥ 2 mm that are both persistent and cohesive in a layer ≥ 50 cm thick. They typically occur in landfills, fill areas, urban areas, construction sites, and transportation corridors.
Dredgic	Soils contain finely stratified (≤ 5 cm thick) layers of dredged or irrigated sediment in a layer ≥ 50 cm thick. They occur on anthropogenic landforms near a dredged source, in tailing ponds, and in agricultural fields flood-irrigated with diverted stream water.
Spolic	Soils contain ≥ 50 cm of HTM. They mainly occur on anthropogenic landforms, in clean fill areas, and in artificially landscaped areas.
Araric	Soils contain a layer ≥ 7.5 cm thick with ≥ 3% (by volume) mechanically detached and re-oriented pieces of diagnostic horizons or characteristics. They mainly occur in intensely managed agricultural fields, burial grounds, excavated borrow and mine pits, transportation corridors, and flood-irrigated rice and fish production areas.

يمكن تحديد تربة HAHT على مستوى العائلة من خلال وجود مواد غير عادية فى أى مكان فى 2 متر العلوية وليست ذات طبيعة جيولوجية. وتم إدراج عائلات HAHT الموضحة فى الجدول 11-2 بين أقسام حجم الحبيبات والمنرالوجى المؤهلة لتحت المجموعات، والتى تحتوى على 50 سم على الأقل من مادة HAHT على السطح، أو كل التربة فوق الطبقة المحددة لانتشار الجذور أو الملامسة التى توجد على عمق أقل من 50 سم هى مواد HAHT.

معلومات حصر أراضى إضافية (Additional Soil Survey Information)

وصف وحدات الخريطة سهل الفهم وجدول مصطلحات الرموز الخاصة مهمة فى توصيل معلومات حصر الأراضى الحضرية والمناطق المعدلة الأخرى. كما يمكن استخدام الرسم البيانى وصور قطاع التربة والهيئة الطبيعية وقاموس المصطلحات وأشكال التفسير وجداول الـ catena مع درجة الصرف لمادة الأصل. على سبيل المثال، شمل حصر South Latourette Park فى مدينة نيويورك سلسلة رسوم ملونة لقطاعات التربة تشبه الرسوم المتحركة. ورسم نوع نظام التربة الذى يصور حركة المياه خلال البيئة مفيد بشكل خاص فى إدارة مياه الأمطار والنمذجة الهيدرولوجية.

العمليات الحقلية (Field Operations)

يمكن أن تؤدى تجزئة الهيئة الطبيعية الشائعة فى المناطق الحضرية والضواحي إلى مشاكل فى الوصول إلى موقع الحصر. وإقامة علاقات جيدة مع موظفى إدارة الحدائق؛ مديرى ملاعب الجولف والمقابر والمدارس والكليات؛ وغيرهم من المتخصصين فى مجال البيئة تكون عادة مفيدة جدا. ويجب الاتصال بشركات المرافق وأقسام هندسة المدن والمتنزهات لمعرفة ما إذا كان من المقرر إجراء أى حفريات تربة فى منطقة الحصر. وتوفر المدافن المفتوحة فى المقابر إمكانية الوصول إلى مواد التربة الطبيعية. وتوفر مواقع البناء وحفر الشوارع فرصًا لفحص خصائص الطبقة التحتية.

ويجب مراعاة النقاط التالية عند حصر الهيئات الطبيعية التى غيرها الإنسان:

1. الفحص الأولى للطبوغرافية الأصلية، شكل الأرض، المواد السطحية، أو أنواع التربة، بالإضافة إلى تاريخ استخدام الأرض، يجب أن يسبق أى فحص فى الموقع.
2. يجب جمع الخرائط التاريخية والسجلات والصور القديمة وربطها بمصادر رسم الخرائط الحالية قبل وأثناء رسم الخرائط.
3. معرفة مادة الأصل وخصائص التربة فى المنطقة يساعد فى تحديد ما إذا كان بيدون معين قد تم تغييره أو نقله بواسطة الإنسان.
4. وصف أو تصنيف أو ترسيم الموقع أولا مفيد بشكل عام. واعتمادًا على أهداف الحصر وتصميم وحدة الخريطة، يمكن أن تعكس خطوط التربة الأشكال الطبيعية الموجودة سابقًا، أو الأشكال الأرضية التى غيرها الإنسان، أو استخدام الأراضى الحالى أو أنماط الغطاء الأرضى، أو مزيجًا من ذلك. ويحدد اجتياز المنطقة المحددة مبدئيًا تجانس التربة.
5. يجب التمييز بين أنواع التربة شديدة التباين إن أمكن، مع تحديد مكونات وحدة الخريطة.
6. الخصائص الكيميائية للتربة التى نقلها الإنسان، خاصة عندما تكون غنية بالقطع الأثرية، يمكن أن تختلف كثيرًا عن خصائص التربة الموجودة بشكل طبيعى.
7. تنبؤات تجمعات التربة بالهيئة الطبيعية تصبح واضحة فى النهاية. على سبيل المثال، توجد أنواع نباتية معينة فى التربة غير المثارة وتوجد بعض أنواع التربة التى ينقلها الإنسان مع بعض مواد أصل أو مواقع هيئة طبيعية معينة.
8. بشكل عام، يكون موقع التربة التى نقلها الإنسان منطقيًا إلى حد ما. على سبيل المثال، يتم استخدام المناطق

ذات ظروف تربة غير مرغوبة للتخلص من القمامة. ومع ذلك، تحتاج التنبؤات فى المناطق المثارة إلى مزيد من التحقق أكثر من المناطق غير المثارة.

9. يمكن اتباع بروتوكول رسم الخرائط التقليدى وتعديله عند مواجهة تضاريس بشرية، أو تغييرات غير عادية أو مفاجئة فى مادة الأصل، أو مناطق متنوعة، أو مساحات صغيرة من تربة متباينة.
10. يجب التأكد من موقع المرافق المدفونة مثل خطوط الغاز وكابلات الألياف الضوئية وأنابيب المياه وما إلى ذلك قبل الحفر.

الطبوغرافية والتضاريس والسمات البشرية

(Topography, Landforms, and Anthropogenic Features)

يتم سرد عديد من التضاريس الإنشائية والتدميرية البشرية والمظاهر الدقيقة فى مفاتيح تصنيف التربة (Soil Survey Staff, 2014). بالإضافة إلى أن الكتاب الحقلى لوصف التربة وأخذ العينات (Schoeneberger et al., 2012) يقدم قائمة بالمظاهر البشرية (سطح الأرض)، التى تتراوح فى الحجم من الهيئات الطبيعية بأكملها إلى المستنقعات وقطع الطرق. والتضاريس البشرية هيئات غيرها الإنسان مع تعديلات جوهرية ودائمة. وتكون التضاريس البشرية كبيرة بما يكفى لترسيمها على خرائط بمقاييس شائعة الاستخدام (1: 24000 إلى 1: 10000). ويمكن تجميعها على أنها إنشائية (ردم) أو مدمرة (محفورة). والمظاهر البشرية الدقيقة تشكلت على السطح من خلال نشاط بشرى وتكون صغيرة جدًا لا يمكن تحديدها على خرائط شائعة الاستخدام (1: 24000 إلى 1: 10000). وتشتمل على ما يسميه علماء الآثار "سمات بشرية المنشأ"، التى لا تشغل حجمًا ثلاثى الأبعاد، كعلامات كشط الآلات، والأشكال الصغيرة جدًا التى لا يمكن رسمها على أى مقياس (مثل خطوط وأخاديد الحرث).

وقد أسست الجمعية الجيولوجية البريطانية (British Geological Society) نظام تصنيف هرمى لرسم خرائط "فئات الأراضى الصناعية" (Rosenbaum et al., 2003). فى المستوى الأعلى خمسة أقسام جينية: made ground, worked ground, infilled ground, disturbed ground, and landscaped ground. يتبعها الطبوغرافية (embankment, waste heap) وأخيراً نوع المادة أو الصخر (مثل building rubble, rock waste). ومراعاة هذه الفئات أو ما يشبهها قد يكون مفيدًا فى فهم تربة HAHT.

المعدات المطلوبة (Equipment Needs)

نظرًا لأن التربة المنضغطة والأشياء الحادة والقطع الأثرية فى حجم الحصى والأحجار وقطع الصخور شائعة فى المناطق الحضرية، فيجب أن تشمل معدات الحفر أدوات شديدة التحمل، مثل مجرفة معدنية قوية وقضيب معدنى كبير. والحاجة أيضًا إلى معدات الحصر التقليدية، إلى جانب الخرائط الحديثة ومعدات تحديد المواقع، مثل الهواتف المحمولة أو وحدات GPS. وهناك حاجة إلى معدات اختبار جودة التربة لمناطق مشروع خاصة ويجب أن تشمل الاختبارات التى تتعلق بوظائف وخدمات النظام البيئى. وتؤخذ المعدات الحقلية المحمولة لقياس pH، التوصيل الكهربى، المواد الصلبة الذائبة الكلية، الكثافة الظاهرية، الرشح، التوصيل الهيدروليكى المشبع، والمعادن الثقيلة.

والطرق الجيوفيزيائية السريعة بإمكانيات كبيرة تستخدم فى حصر المناطق الحضرية (انظر الباب السادس). ويوفر الرادار المخترق للأرض (GPR) معلومات عن عمق أو سمك المواد التى نقلها الإنسان أو المتباينة أو الخزانات أو البراميل المدفونة، إلخ. ويستخدم الحث الكهرومغناطيسى (EMI) لتقييم الاختلافات فى محتوى الماء، الانضغاط، القوام، الصخور، المعادن، pH، محتوى كربونات الكالسيوم، الكربون العضوى، وخصائص التربة الأخرى. وتستخدم القابلية المغناطيسية لتحديد الغبار الصناعى وأنواع معينة من القطع الأثرية (Howard and Orlicki, 2015) والمعادن النادرة فى التربة (Yang et al., 2012). ويحدد جهاز الأشعة السينية المحمول (PXRF) محتوى المعادن النادرة فى الحقل ويقيم التباين المكانى. وتتطلب معظم هذه الطرق بعض التحقيقات الأولية (لتحديد مدى ملاءمتها) والمعايرة. ومع ذلك، عند النظر إلى الزمن اللازم للحفر اليدوى فى المناطق

الحضرية ومدى التباين الأفقى والرأسى فى بعض مواد الردم، يمكن اعتبارها عملية. ويحتوى الباب السادس على مناقشة أكثر شمولاً للأدوات.

احتياطات السلامة فى المناطق الحضرية (Safety Precautions in Urban Areas)

فى المناطق الحضرية، يُنصح بالتدريب على المواد الخطرة (HazMat). ويجب أخذ خرائط مواقع Superfund و Brownfield المعروفة فى الحقل. و Superfund برنامج تابع للحكومة الفيدرالية الأمريكية مصمم لتمويل تنظيف المواقع الملوثة بالمواد الخطرة والملوثات. Brownfield خاصية، يكون توسيعها أو إعادة تطويرها أو إعادة استخدامها معقدًا بسبب وجود أو احتمال وجود مادة خطرة أو ملوث (US-EPA, 2016). وتستخدم أجهزة PXRF فى مناطق الحقول البنية المشتبه بها، مدافن النفايات غير المنظمة، ومناطق النفايات الخطرة من أجل سلامة القائمين بالحصر.

يجب أيضًا استخدام قفازات شديدة التحمل وأحذية ذات أصابع صلبة وغطاء رأس صلب فى بعض المناطق. ويجب استخدام الأقماع المرورية لمنع الحوادث أثناء وقوف السيارات أو إيقاف المركبات مؤقتًا. والاتصال بشركات المرافق قبل الحفر لمنع الحوادث. ويجب أن يحدد القائمون بالحصر أوقات الفحص وأن يكون لديهم خطة فى حالة التأخير فى حركة المرور أو الوصول المتأخر. ويوفر استخدام الجسور والأنفاق الوقت والمال.

وتتكون كل لجنة فحص من شخصين؛ معهم هواتف محمولة وأجهزة اتصال لاسلكى وصفارات؛ ويرتدون زيا موحدا عليه رموز وشارات تعريف واضحة. ويلصق على باب السيارة شعار أو علامة توضوح الغرض الرسمى. ويجب إظهار دليل ارتباطهم بهيئة رسمية ويمكنهم استدعاء المساعدة سريعا. ويجب تجنب مناطق المتشردين بدون مرافقة سلطات حماية، وعدم دخول مناطق الأمن المشدد، ومعرفة الأماكن الخطرة من المناطق الحضرية. والتعرض لبيع المخدرات أو تصنيعها وزراعتها وعنف العصابات والاعتداء الجنسى والعنصرية وغيرها من إجراءات التمييز يشكل تهديدًا حقيقيًا فى مناطق حضرية معينة. ويجب عدم حمل أشياء ثمينة، بخلاف بطاقة الهوية. ويجب اتخاذ الاحتياطات المناسبة فى المناطق المظلمة وفى الليل. والحذر من الكلاب والحيوانات المصابة بداء الكلب والحشرات والثعابين والكلاب وكذلك النباتات السامة.

وصف جسم التربة (Pedon Descriptions)

توصف معظم خصائص البيدون طبقا للمعايير التقليدية. وتم تحديد الاستثناءات سابقا فى هذا الباب. وفيما يلى وصف تربتين تمثلان HAHT.

سلسلة Laguardia (Laguardia Series)

تتكون سلسلة Laguardia من تربة عميقة جدًا جيدة الصرف. تشكلت فى طبقة سميكة من حطام البناء المختلط بمواد تربة نقلها الإنسان. وتوجد فى الهيئات الطبيعية المعدلة فى المناطق الحضرية الرئيسية وبالقرب منها فى الشمال الشرقى. ويتراوح الانحدار من 0 إلى 75 بالمائة. والتوصيل الهيدروليكى المشبع منخفض إلى متوسط الارتفاع. ومتوسط درجة الحرارة السنوى حوالى 13 درجة مئوية، ومتوسط هطول الأمطار حوالى 1196 مم.

التصنيف:

Loamy-skeletal, artifactic, mixed, superactive, nonacid, mesic Anthropic Udorthents

Au^—0 إلى 20 سم؛ بنية (10YR 4/3) طمية رملية خشنة حصوية مصنعة، بنية باهتة (10YR 6/3) جافة؛ بناء كتلى غير حاد الزوايا صغير جدا ضعيف؛ مفرولة؛ جذور دقيقة جدا ومتوسطة قليلة؛ طوب وخرسانة بحجم الحصى 15%، أسفلت بحجم الحصى 5%، زجاج بحجم الحصى 5%، وحصى طبيعى 5%؛ متعادلة (pH 7.2)؛ الحدالفاصل متدرج متموج.

BCu^—20 إلى 66 سم؛ بنية (10YR 4/3) طمييية رملية خشنة حصوية جدا مصنعة؛ بناء كتلى غير حاد الزوايا صغير جدا ضعيف؛ مفرولة؛ جذور دقيقة جدا قليلة؛ طوب وخرسانة بحجم الحصى 25%، أسفلت بحجم الحصى 5%، قطع معدنية بحجم الحصى 5%، قطع بلاستيك بحجم الحصى 5%، وحصى طبيعى 5%؛ متعادلة (pH 7.2)؛ الحدالفاصل متدرج متموج.

Cu^—66 إلى 200 سم؛ بنية (10YR 4/3) طمييية رملية خشنة حصوية جدا مصنعة؛ عديمة البناء مع قطع شبه طبقية مرتبطة بالانضغاط؛ مفرولة جدا؛ جذور دقيقة جدا قليلة؛ طوب وخرسانة بحجم الحصى 25%، أسفلت بحجم الحصى 10%، قطع معدنية بحجم الحصى 5%، زجاج بحجم الحصى 5%، قطع بلاستيك بحجم الحصى 5%، وحصى طبيعى 7%؛ متعادلة (pH 7.2).

سلسلة Ladyliberty (Ladyliberty Series (fig. 11-6))

تتكون من تربة عميقة جدًا متوسطة جودة الصرف مع توصيل هيدروليكى مشبع متوسط الانخفاض إلى متوسط الارتفاع. تشكلت فى طبقة سميكة من مواد نقلها الإنسان تتكون من خبث الفحم، مواد تجريف، و/أو رواسب جيولوجية عبارة عن ركام، انجراف، ترسيبات نهرية، أو رواسب سهل ساحلى (عادةً من مصدر محلى). وتوجد فى تضاريس بشرية المنشأ فى المناطق الحضرية الرئيسية وبالقرب منها فى الشمال الشرقى. يتراوح الانحدار من 0 إلى 8 فى المائة. متوسط درجة الحرارة السنوى حوالى 13 درجة مئوية، ومتوسط هطول الأمطار حوالى 1196 مم.

التصنيف:

Sandy-skeletal, combustic, mixed, mesic Anthropic Udorthents

Au^—0 إلى 5 سم؛ بنية رمادية داكنة جدا (10YR 3/2) طمييية رملية ناعمة؛ بناء حبيبى متوسط الحجم ضعيف؛ مفرولة جدا؛ جذور دقيقة جدا إلى كبيرة كثيرة؛ خبث فحم بحجم الحصى 10؛ شديدة الحموضة (pH 5.2)؛ الحدالفاصل واضح متموج. (السمك 5 إلى 27 سم)

ABu^ —5 إلى 16 سم؛ بنية صفراء داكنة (10YR 3/4) طمييية حصوية مصنعة؛ بناء كتلى غير حاد الزوايا متوسط الحجم والوضوح وبناء حبيبى صغير متوسط الوضوح؛ مفرولة؛ جذور دقيقة بنسبة متوسطة حول الحصى؛ خبث فحم بحجم الحصى خشن شبه مستدير 15% وأسلاك دقيقة بحجم الحصى 2%، يايات أسرة وزجاج؛ شديدة الحموضة (pH 5.2)؛ الحدالفاصل حاد مستقيم.

2^Cu1 —16 إلى 39 سم؛ سوداء (7.5YR 2.5/1) رملية طمييية حصوية جدا مصنعة؛ عديمة البناء؛ سائبة؛ جذور دقيقة قليلة داخل الشقوق؛ خبث فحم وطوب بحجم الحصى شبه مستدير 25%، خشب بحجم الحصى 20%، وأسلاك بحجم الحصى 2%؛ بسيطة الحموضة (pH 6.2)؛ الحدالفاصل حاد مستقيم.

2^Cu2--39إلى 65 سم؛ بنية واضحة (7.5YR 4/6) رملية طمييية حصوية للغاية مصنعة؛ متكتلة؛ مندمجة؛ خبث فحم شبه مستدير بحجم الحصى 70%؛ بسيطة الحموضة (pH 6.4)؛ الحد الفاصل حاد مستقيم.

3^C1–65 إلى 96 سم؛ بنية صفراء داكنة (10YR 4/4) رملية حصوية؛ متكتلة أو حبيبات مفردة؛ سائبة؛ حصى صغير مستدير 20% وقواقع 2%؛ متعادلة (pH 6.8)؛ الحد الفاصل حاد مستقيم.

3^C2– 96إلى 167 سم؛ بنية داكنة (10YR 3/3) رملية؛ متكتلة أو حبيبات مفردة؛ سائبة إلى مندمجة؛ حصى صغير مستدير 2%؛ بسيطة القلوية (pH 7.8)؛ الحد الفاصل حاد مستقيم.

3^Cg1–167 إلى 185 سم؛ رمادية داكنة جدا (10YR 3/1) رملية؛ حبيبات مفردة؛ سائبة؛ حصى صغير مستدير 2%؛ بسيطة القلوية (pH 7.8)؛ الحد الفاصل حاد مستقيم.

185–4Cg2 إلى 200 سم؛ رمادية داكنة جدا (N 3/) طمييية سلتية؛ عديمة البناء؛ مندمجة؛ شديدة القلوية (pH 8.6).

شكل 11-6: قطاع سلسلة تربة Ladyliberty. رواسب عديدة من مواد نقلها الإنسان فوق طبقة تحتية طبيعية مختزلة على عمق 120 سم. تتكون الـ 16 سم السطحية من تربة منقولة فوق خبث فحم منقول مع قطع أثرية. تحته، على عمق 55 سم، رواسب تجريف. (تصوير Richard Shaw)

References

Amundson, R., and H. Jenny. 1991. The place of humans in the state factor theory of ecosystems and their soils. Soil Science 151:99-109.

Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), International Food Policy Research Institute (IFPRI) and World Resources Institute (WRI). 1995. Global rural urban mapping project (GRUMP), version 1 [online data]. CIESIN, Columbia University, Palisades, NY.

Available at http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/grump-v1-urban-extents. [Accessed 13 August 2016]

Craul, P.J. 1992. Urban soil in landscape design. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY.

Craul, P.J. 1999. Urban soils: Applications and practices. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY.

Crutzen, P.J., and W. Steffen. 2003. How long have we been in the Anthropocene era? Climatic Change 61(3):251-257.

Dudal, R. 2005. The sixth factor of soil formation. Eurasian Soil Science, ISSN 1064-2293, 38:S60−S65.

Earley, S. 2009. An aerial view of the SPSA Regional Landfill in Suffolk. The Virginian-Pilot. http://pilotonline.com/

Effland, W.R., and R.V. Pouyat. 1997. The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas. Urban Ecosystems 1(4):217-228.

Eswaran, H., S. Kapur, E. Akça, P. Reich, S. Mahmoodi, and T. Vearasilp. 2005. Anthroscapes: A landscape unit for assessment of human impact on land systems. *In* J.E.Yang, T.M. Sa, and J.J. Kim (eds.) Application of the emerging soil research to the conservation of agricultural ecosystems, The Korean Society of Soil Science and Fertilizers, Seoul, Korea, pp. 175-192.

Facun, R. 2014. An aerial view of Mount Trashmore II. The Virginian-Pilot. http://pilotonline.com/

Howard, J.L., and K.M. Orlicki. 2015. Effects of anthropogenic particles on the chemical and geophysical properties of urban soils, Detroit, Michigan. Soil Science 180:154-166.

International Rice Research Institute (IRRI). 2010. World rice statistics. Available at http://ricestat.irri.org:8080/wrs/WRS_manila.html. [Accessed 13 August 2016]

IUSS Working Group WRB (World Reference Base for Soil Resources). 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Rome.

Light, A. 2007. Ob Hill and McMurdo Station. Creative Commons Attribution 2.0 Generic license. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ob_Hill_and_McMurdo_Station.jpg [Accessed 8 November 2016]

Pouyat, R.V., K. Szlavecz, I.D. Yesilonis, P.M. Groffman, and K. Schwarz. 2010.

Chemical, physical, and biological characteristics of urban soils. *In* J. Aitkenhead-Peterson and A. Volder (eds.) Urban ecosystem ecology, Agronomy Monograph 55, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 119-152.

Richter, D.D., and D.H. Yaalon. 2012. "The Changing Model of Soil" revisited. Soil Science Society of America Journal 76(3):766-778.

Rosenbaum, M.S., A.A. McMillan, J.H. Powell, A.H. Cooper, M.G. Culshaw, and K.J. Northmore. 2003. Classification of artificial (man-made) ground. Engineering Geology 69:399-409.

Scheyer, J.M., and K.W. Hipple. 2005. Urban soil primer. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. Available at http://soils.usda.gov/use. [Accessed 13 August 2016]

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, E.C. Benham, and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, version 3.0. USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy, 11th edition. USDA Natural Resources Conservation Service. Available at http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050915.pdf. [Accessed 13 August 2016]

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy, 12th edition. USDA Natural Resources Conservation Service. Available at http://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSConsumption/download?cid=stelprdb1252094&ext=pdf. [Accessed 13 August 2016]

Steffen, W., J. Grinevald, P. Crutzen, and J. McNeill. 2011. The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. Philosophical Transactions of the Royal Society A 369:842-867.

Szekely, P. 2007. Early morning in wonderful Machu Picchu. Creative Commons Share Alike 2.0 Generic license. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Machu_Picchu,_Peru.jpg [Accessed on 8 November 2016]

Tille, A. 2001. Forum Romanum, Rom. Creative Commons Share Alike 4.0 International license. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ForumRomanum.jpg [Accessed 8 November 2016]

United Nations. 2013. World urbanization prospects, the 2011 revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs. Available at https://esa.un.org/unpd/wup/. [Accessed 13 August 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 1995. Soil survey of Montgomery County, Maryland.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 1997. Soil survey of South Latourette Park, Staten Island, New York City, New York.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 1998. Soil survey of City of Baltimore, Maryland.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2003. Soil survey of Tulare County, California, Western Part.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2005. New York City reconnaissance soil survey. Available at http://www.soilandwater.nyc/soil.html. [Accessed 13 August 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2006. Soil survey of Gateway National Recreation Area, New York and New Jersey. Available at http://www.soilandwater.nyc/soil.html. [Accessed 13 August 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2007a. Soil survey of Bronx River Watershed, Bronx, New York. Available at http://www.soilandwater.nyc/soil.html. [Accessed 13 August 2016]

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2007b. Soil survey of Essex County, New Jersey.

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1973. Soil survey of the San Diego Area, California.

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1975. Soil survey of Haskell County, Oklahoma.

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1976a. Soil survey of District of Columbia.

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1976b. Soil survey of Wagoner County, Oklahoma.

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1982. Soil survey of St. Louis County and St. Louis City, Missouri.

U.S. Environmental Protection Agency. 2016. Brownfield overview and definition. Available at https://www.epa.gov/brownfields/brownfield-overview-and-definition. [Accessed 13 August 2016]

Yang, T., Q. Liu, Q. Zeng, and L. Chan. 2012. Relationship between magnetic properties and heavy metals of urban soils with different soil types and

environmental settings: Implications for magnetic mapping. Environmental Earth Sciences 66:409-420.

الملحقات (Appendices)

الوصف والخرائط والمعلومات الواردة فى الملحقات تمت باستخدام مواقع الويب العامة التى يمكن الوصول إليها والتى تم تطويرها ودعمها بواسطة NRCS. وهى أمثلة من منتجات حصر الأراضى التى تمت مناقشتها فى هذا الدليل. وتطور هذه المنتجات وتسلم للجمهور مع الاستخدام المتكامل للإجراءات الموحدة والمصطلحات والتقنيات وأنظمة البيانات فى بيئة تعاونية تشمل وحدات الحكومة الفيدرالية والولايات والوحدات المحلية والجامعات (حصر الأراضى الوطنى التعاونى).

وتوفر الملحقات الآتية أمثلة لأربعة أعمدة رئيسية لمعلومات حصر الأراضى: (1) وصف سلاسل التربة الرسمية (OSDS)، (2) وصف تفصيلى لوحدات الخريطة، (3) قاعدة بيانات توصيف حصر الأراضى الوطنى التعاونى، و (4) موقع حصر الأراضى على شبكة الإنترنت.

ملحق1

وصف سلسلة تربة رسمية (Official Soil Series Description)

قاعدة بيانات OSD هى تجميع لأكثر من 20,000 وصف سلسلة تربة تفصيلى من جميع أنحاء الولايات المتحدة وأقاليمها، بتنسيق نصى يلى معايير محددة للتنظيم والمحتوى. واسم السلسلة هو المصطلح المرجعى المستخدم فى اسم وحدات خريطة التربة. والسلسلة هى الفئة الأكثر تجانسا فى تصنيف التربة. ويحتوى الوصف على خصائص التربة التى تعرف سلسلة تربة محددة وتميزها عن السلاسل الأخرى وتكون بمثابة أساس للتصنيف.

وفيما يلى الوصف الرسمى لسلسلة Olton.

سلسلة أولتون (Olton Series)

Location, Olton: TX+NM
Established Series
Rev. TCB-JKA-RM
08/2016

تتكون سلسلة Olton من تربة عميقة جدًا جيدة الصرف نفاذيتها متوسطة البطؤ، تكونت فى رواسب طينية جيرية فى تكوين Blackwater Draw فى عصر البليستوسين. وتوجد على سهول شبه مستوية إلى بسيطة الانحدار ومنحدرات جانبية علوية للبلايا. ويتراوح الانحدار من 0 إلى 5 فى المائة. ومتوسط هطول الأمطار السنوى 483 مم (19 بوصة)، ومتوسط درجة الحرارة السنوى 15 درجة مئوية (59 درجة فهرنهايت).

التصنيف: Fine, mixed, superactive, thermic Aridic Paleustolls

البيدون النموذجى: Olton clay loam، على انحدار 2% محدب مواجه للشمال الشرقى فى أرض زراعية على ارتفاع 1120 مترًا (3675 قدمًا). (الألوان للتربة الجافة ما لم ينص على غير ذلك).

A —0 إلى 20 سم (0 إلى 8 بوصة)؛ بنية (7.5YR 4/2) طميية طينية، بنية داكنة (7.5YR 3/2) رطبة؛ البناء حبيبى وكتلى غير حاد الزوايا متوسط الحجم والوضوح؛ صلبة، مفرولة؛ جذور دقيقة كثيرة؛ مسام دقيقة بنسبة متوسطة؛ قنوات ديدان أرضية بنسبة متوسطة؛ آثار ديدان بنسبة متوسطة؛ الحد الفاصل متدرج مستقيم. (السمك 15 إلى 36 سم [6 إلى 14 بوصة]).

Bt1 —20 إلى 38 سم (8 إلى 15 بوصة)؛ بنية (7.5YR 4/2) طمييـة طينية، بنية داكنـة(7.5YR 3/2) رطبـة؛ البناء كتلى غير حاد الزوايا صغير ومتوسط الحجم متوسط الوضوح؛ صلبة جدا، مندمجـة؛ جذور دقيقـة بنسبة متوسطة؛ مسام وقنوات جذور دقيقة قليلة؛ أغلفة طينية واضحة على أوجه وحدات البناء قليلـة؛ قلويـة قلـيلا؛ الحد الفاصل متدرج متموج. (السمك 10 إلى 25 سم [4 إلى 10 بوصة])

Bt2 —38 إلى 79 سم (15 إلى 31 بوصة)؛ بنية حمراء (5YR 5/4) طمييـة طينيـة، بنيـة حمـراء (5YR 4/4) رطبة؛ البناء كتلى حاد الزوايا متوسط الحجم والوضوح؛ صلبة جدا، مندمجة؛ جذور دقيقة قليلة، غالبا بـين وحـدات البنـاء؛ قنوات وآثار ديدان؛ أغلفة وخيوط كربونات كالسـيوم واضـحة علـى عمـق حـوالى 22 بوصـة قليلـة؛ ضـعيفة الفوران؛ متوسطة القلوية؛ الحد الفاصل متدرج متموج. (السمك 20 إلى 41 سم [8 إلى 16 بوصة])

Btk1 —79 إلى 122 سم (31 إلـى 48 بوصـة)؛ بنيـة حمـراء (5YR 5/4) طمييـة طينيـة، بنيـة حمـراء (5YR 4/4) رطبة؛ البناء كتلى حاد الزوايا متوسط الحجم ضعيف؛ صلبة جدا، مندمجة؛ قنوات جذور ومسام دقيقـة بنسبة متوسطة؛ أغلفة طينية واضحة على أوجه وحدات البناء؛ أغلفـة وخيـوط كربونـات كالسـيوم حـوالى 5%؛ الفـوران عنيف؛ متوسطة القلوية؛ الحد الفاصل واضح متموج. (السمك 38 إلى 66 سم [15 إلى 26 بوصة])

Btk2 —122 إلى 191 سم (48 إلى 75 بوصة)؛ وردية (5YR 7/3) طمييـة طينية، بنية حمـراء فاتحـة (5YR 6/4) رطبة؛ البناء كتلى حاد وغير حاد الزوايا متوسط الحجم ضعيف؛ صلبة، مندمجة؛ تجمعات كربونـات كالسـيوم هشة صغيرة ومتوسطة وتجمعات صلبة وعقد متوسطة وكبيرة حوالى 35%؛ الفـوران عنيـف؛ متوسـطة القلويـة؛ الحد الفاصل منتشر متموج. (السمك 25 إلى 91 سم [10 إلى 36 بوصة])

Btk3 —191 إلى 251 سم (75 إلى 99 بوصة)؛ حمراء (2.5YR 5/6) طمييـة طينيـة، حمـراء (2.5YR 4/6) رطبة؛ البناء منشورى كبير جدا ضعيف يتفتت إلى كتلـى غيـر حـاد الزوايـا متوسـط الحجـم والوضـوح؛ صـلبة جـدا، مندمجة؛ أغلفة طينية قليلة واضحة على أوجه وحدات البناء وطين يربط حبيبات الرمل؛ أغشـية كربونـات كالسـيوم هشة إلى ضعيفة الالتحام بنسبة متوسطة تتناقص بالعمق لتصل إلـى أقـل مـن 2% فـى الجـزء الأسـفل مـن الأفـق؛ أوجه وحدات البناء شديدة الفوران وبعض أجزاء داخل الوحدات عديمة الفوران؛ متوسطة القلوية.

TYPE LOCATION: Randall County, Texas; from the intersection of U.S. Highways 87 and 60 in Canyon, 8.9 kilometers (5.5 miles) west on U.S. Highway 60, about 2.4 kilometers (1.5 miles) north on county road, 966 meters (0.6 mile) east and 644 m (0.4 mile) north in cultivated field or 854 m (2,800 ft.) east and 488 m (1,600 ft.) north of SE corner of sec. 7, Block 1. T. T. R. R. Survey; latitude: 35 degrees, 01 minute, 28 seconds N; longitude: 102 degrees, 01 minute, 03 seconds W; Bivins Lake, Texas USGS quad; NAD27.

نطـاق الخصـائص (RANGE IN CHARACTERISTICS): نظـام رطوبـة التربـة ustic علـى حـدود aridic. وقطاع التحكم (control section) يكون جافًا فى بعض أو كـل الأجـزاء لأكثـر مـن 180 ولكـن أقـل مـن 205 يوم تراكمى فى السنوات العادية. والأشهر الأكثر جفافاً من يوليو إلى أغسطس وديسمبر حتى فبراير. والتربـة تكون رطبة بشكل متقطع فى سبتمبر حتى نوفمبر ومارس حتى يونيو.

Mean annual soil temperature: 15 to 18 degrees C (59 to 64 degrees F)
Depth to argillic horizon: 15 to 36 cm (6 to 14 in)
Depth to secondary carbonates: 36 to 71 cm (14 to 28 in)
Depth to calcic horizon: 76 to 152 cm (30 to 60 in)
Solum thickness: more than 203 cm (80 in)

Particle-size control section: 35 to 50 percent silicate clay

A horizon:
Hue: 5YR to 10YR
Value: 3 to 5, 2 to 4 moist
Chroma: 2 or 3
Texture: Loam, clay loam
Effervescence: None to slight
Reaction: Neutral to moderately alkaline

Bt horizons:
Hue: 5YR or 7.5YR
Value: 3 to 5, 2 to 4 moist
Chroma: 2 to 6
Texture: Clay loam, clay
Visible calcium carbonate: Few films and threads at about 56 cm (22 in)
Effervescence: None to slight
Reaction: Slightly alkaline or moderately alkaline

Btk horizons:
Hue: 2.5 to 7.5YR
Value: 5 to 7, 4 to 6 moist
Chroma: 3 to 8
Texture: Clay loam, silty clay loam
Visible calcium carbonate: 15 to 60 percent as masses, films, threads, concretions, and nodules
Effervescence: Violent
Reaction: Moderately alkaline or strongly alkaline

B′t horizon below the calcic (where present):
Hue: 2.5YR to 7.5YR
Value: 5 to 7, 4 to 6 moist
Chroma: 3 to 8
Texture: Loam, sandy clay loam, clay loam
Visible calcium carbonate: Few threads, films, and nodules
Effervescence: Slight or strong
Reaction: Moderately alkaline or strongly alkaline

السلاسل المنافسة (COMPETING SERIES): لا توجد سلاسل أخرى فى هذه العائلة. والتربة المماثلة تتضمن سلاسل Acuff، Estacado، Pullman، Pantex.

سلسلة Acuff: تحتوى 18 إلى 35 فى المائة طين سيليكات فى قسم التحكم فى حجم الحبيبات.

سلسلة Estacado: جيرية فى الآفاق العليا وتحتوى 20 إلى 35 فى المائة طين سيليكات فى قسم التحكم فى حجم الحبيبات.

سلسلة Pullman ، Pantex: تحتوى على COLE أكثر من 0.06.

الملامح الجغرافية (GEOGRAPHIC SETTING):

Parent material: Clayey, calcareous eolian sediments in the Blackwater Draw Formation of Pleistocene age
Landform: Nearly level to gently sloping plains and upper side slopes of playas and draws
Slopes: Dominantly less than 3 percent, but can range up to 5 percent
Mean annual air temperature: 14 to 17 degrees C (57 to 62 degrees F)
Mean annual precipitation: 432 to 533 mm (17 to 21 in)
Frost-free period: 180 to 220 days
Elevation: 793 to 1,524 m (2,600 to 5,000 ft.)
Thornthwaite annual P-E Index values: 30 to 34

التربة المرتبطة جغرافيًا (GEOGRAPHICALLY ASSOCIATED SOILS): سلاسل Acuff، Estacado، Pullman المماثلة وكذلك سلاسل Amarillo، Pep، Portales.

تربة Acuff ، Amarillo ، Estacado: توجد فى مواقع أرضية مماثلة لسلسلة Olton ويقل متوسط الطين عن 35 فى المائة فى قسم التحكم فى حجم الحبيبيات.

تربة Pep: توجد فى مواقع مشابهة لسلسلة Olton وليس بها أفق argillic.

تربة Portales: توجد فى مواقع منخفضة قليلاً ومتوسط الطين أقل من 35 فى المائة.

تربة Pullman: توجد فى مواقع مماثلة لسلسلة Olton ولها COLE أكثر من 0.06.

الصرف والنفاذية (DRAINAGE AND PERMEABILITY): جيدة الصرف والنفاذية متوسطة البطؤ والجريان السطحى منخفض عندما يكون الانحدار من 0 إلى 1 فى المائة ومتوسط عندما يتراوح الانحدار من 1 إلى 5 فى المائة.

الاستخدام والغطاء النباتى (USE AND VEGETATION): تزرع قطن وذرة رفيعة وقمح شتوى. وتروى مساحة كبيرة. الغطاء النباتى حشائش قصيرة وحشائش متوسطة قليلة وتتضمن grama زرقاء و buffalograss. كما تشمل قليلا من vine-mesquite، wheatgrass غربى، sideoats grama، galleta، tobosa، silver bluestem، alfalfa برى، وبرسيم برارى. وتم ربط هذه التربة بموقع Deep Hardland (0777CY02TX) فى MLRA 77C.

التوزيع والانتشار (DISTRIBUTION AND EXTENT): السهول الجنوبية المرتفعة، الجزء الجنوبى (MLRA 77C in LRR H) غرب تكساس وشرق نيو مكسيكو. والسلسلة منتشرة.

MLRA SOIL SURVEY REGIONAL OFFICE (SSRO) RESPONSIBLE:
Temple, Texas

SERIES ESTABLISHED: Lamb County, Texas; 1960.

REMARKS: This is a Benchmark Series.

Diagnostic horizons and features recognized in this pedon are:

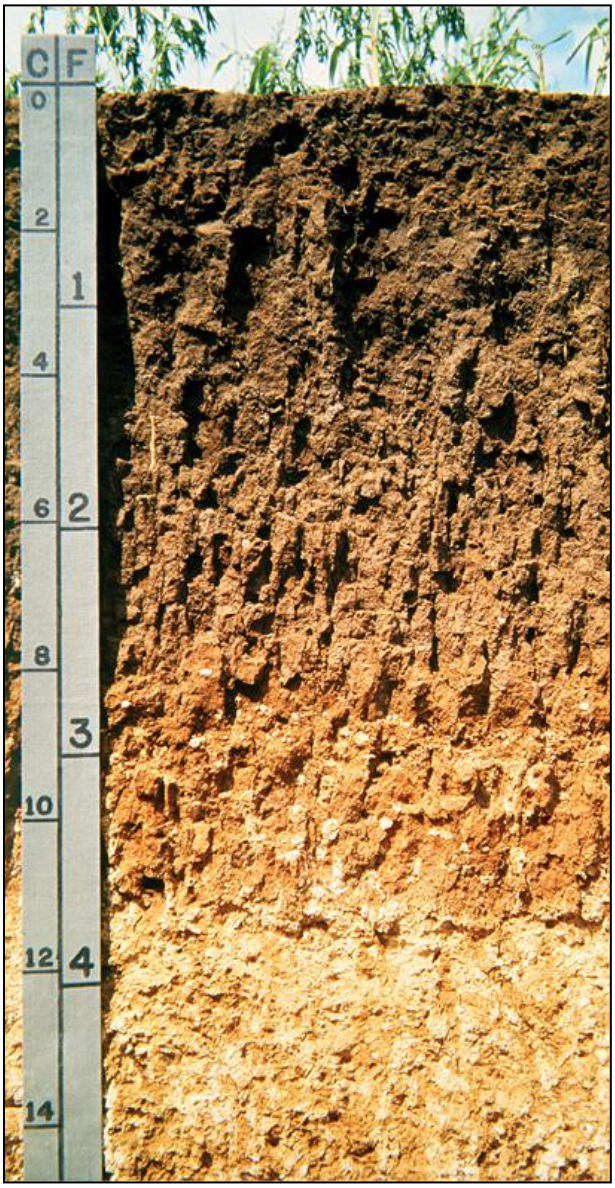
Mollic epipedon: 0 to 38 cm (0 to 15 in) (A, Bt1 horizons)

Argillic horizon: 20 to 251 cm (8 to 99 in) (Bt1, Bt2, Btk1, Btk2, Btk3 horizons)

Calcic horizon: 79 to 191 cm (31 to 75 in) (Btk1, Btk2 horizons)

ADDITIONAL DATA: NSSL Characterization data: Sample Nos. S78TX-381-001 and S90TX-381-001, 001A, 001B, 001C, 001D (Randall Co.); S81TX-069-001 (Castro Co.); S90TX-359-001, 001A, 001B, 001C, 001D (Oldham Co.); S81TX-069-001 and S93TX-069-001 (Castro Co.); and S92TX-369-001, 001B, 001C, 001D, 001E, 001F and S96TX-369-001, 002 (Parmer Co.). USDA-ARS Bulletin B-1727 "Olton Soils, Distribution, Importance, Variability and Management" 4-98, Paul W. Unger and Fred B. Pringle.

Taxonomic Version: Keys to Soil Taxonomy, Twelfth Edition, 2014.



شكل A-1: قطاع تربة سلسلة Olton.

ملحق 2

(Detailed Map Unit Description) وصف تفصيلى لوحدة الخريطة

وصف وحدة الخريطة التالى هو نموذج لما ينتجه Web Soil Survey (WSS). ولسهولة استخدام الجمهور فى الولايات المتحدة، تم تحويل الوحدات المترية إلى وحدات إنجليزية.

OcA—أولتون طميية طينية، انحدار صفر إلى 1%

(OcA—Olton clay loam, 0 to 1 percent slopes)

Map Unit Setting

National map unit symbol: f5sv
Elevation: 2,800 to 5,000 feet
Mean annual precipitation: 17 to 21 inches
***M*ean annual air temperature: 57 to 63 degrees F**
Frost-free period: 185 to 220 days
Farmland classification: Prime farmland if irrigated

Map Unit Composition

Olton and similar soils: 85 percent
Minor components: 15 percent
Estimates are based on observations, descriptions, and transects of the map unit.

Setting

Landform: Plains
Down-slope shape: Linear
Across-slope shape: Linear
Parent material: Clayey eolian deposits from the Blackwater Draw Formation of Pleistocene age

Typical profile

Ap - 0 to 8 inches: clay loam
Bt - 8 to 31 inches: clay loam
Btk1 - 31 to 48 inches: clay loam
Btk2 - 48 to 80 inches: clay loam

Properties and qualities

Slope: 0 to 1 percent
Depth to restrictive feature: More than 80 inches
Natural drainage class: Well drained
Runoff class: Low

Capacity of the most limiting layer to transmit water (K_{sat}): Moderately high (0.20 to 0.57 in/hr)

Depth to water table: More than 80 inches

Frequency of flooding: None

Frequency of ponding: None

Calcium carbonate, maximum in profile: 50 percent

Salinity, maximum in profile: Nonsaline (0.0 to 1.0 mmho/cm)

Sodium adsorption ratio, maximum in profile: 1.0

Available water storage in profile: Moderate (about 8.9 inches)

Interpretive groups

Land capability classification (irrigated): 2e

Land capability classification (nonirrigated): 3e

Hydrologic soil group: *C*

Ecological site: Deep Hardland 16-21″ PZ (R077CY022TX)

Hydric soil rating: No

Minor Components

Pullman soils

Percent of map unit: 7 percent

Landform: Plains

Down-slope shape: Linear

Across-slope shape: *Linear*

Ecological site: Deep Hardland 16-21″ PZ (R077CY022TX)

Hydric soil rating: No

Acuff soils

Percent of map unit: 5 percent

Landform: Plains

Down-slope shape: Linear

Across-slope shape: Linear

Ecological site: Deep Hardland 16-21″ PZ (R077CY022TX)

Hydric soil rating: No

Estacado soils

Percent of map unit: 3 percent

Landform: Plains

Down-slope shape: Linear

Across-slope shape: Linear

Ecological site: Deep Hardland 16-21″ PZ (R077CY022TX)

Hydric soil rating: No

ملحق3

قاعدة بيانات توصيف حصر الأراضى الوطنى التعاونى

(NCSS Soil Characterization Database)

تحتوى قاعدة بيانات خصائص التربة على نتائج التحليل من معمل KSSL فى مركز حصر الأراضى الوطنى (NSSC) فى لينكولن، نبراسكا، وكذلك نتائج من عديد من معامل جامعات الولايات المتعاونة. والخصائص المقاسة فى المعمل أساس التفسيرات المتعلقة باستخدام التربة وإدارتها. والمناهج والإجراءات القياسية المستخدمة واردة فى دليل أساليب مختبر حصر الأراضى (Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual)، وتقرير تحقيقات حصر الأراضى (SSIR) رقم 42. ويتم توفير البيانات فى تقارير (مثل استمارات بيانات الوصف الأولية والتكميلية) فى أشكال إلكترونية مختلفة، عبر الإنترنت، CD، شرائط، و DVD.

وتتضمن قاعدة البيانات البيدون الذى يمثل المفهوم المركزى لسلسلة التربة، والبيدون الذى يمثل المفهوم المركزى لوحدة الخريطة، والبيدون الذى أخذ منه عينات لتصنيف نطاق خصائص سلسلة أو هيئة طبيعية. ولا تجرى جميع التحليلات لكل تربة. بل يتم التحليل بناءً على الظروف المتوقعة أو المعروفة المتعلقة بطبيعة التربة التى يتم تحليلها. وتقدم النتائج فى التقارير. على سبيل المثال، فى تربة البيئات الجافة تحليل الأملاح والكربونات كجزء من مجموعة التحاليل القياسية. ويعرض الجدولان 1-A ، 2-A بعض بيانات الوصف الأولية والتكميلية لبيدون من سلسلة Olton الذى أخذ عينات منه فى مقاطعة كاسترو (Castro) بولاية تكساس (Texas) عام 2006.

جدول A-1: بيانات التوصيف الأولية

*** Primary Characterization Data ***

Pedon ID: S2006TX069003 (Castro, Texas)

Sampled as on Mar 29, 2006: Olton; Fine, mixed, superactive, thermic Calcic Haplustert
Revised to correlated: Olton; Fine, mixed, superactive, thermic Aridic Paleustolls

SSL - Project C2006USNL089 MLRA 77D
- Site ID S2006TX069003 Lat: 34° 20' 54.50" north Long: 102° 10' 55.09" west MLRA: 77D
- Pedon No. 06N0716
- General Methods 1B1A, 2A1, 2B

United States Department of Agriculture
Natural Resources Conservation Service
National Soil Survey Center
Kellogg Soil Survey Laboratory
Lincoln, Nebraska 68508-3866

Layer	Horizon	Orig Hzn	Depth (cm)	Field Label 1	Field Label 2	Field Label 3	Field Texture	Lab Texture
06N02986	Ap	Ap	0-12	S06TX069-003-1			CL	CL
06N02987	Bt1	Bt1	12-27	S06TX069-003-2			C	CL
06N02988	Bt2	Bt2	27-48	S06TX069-003-3			C	CL
06N02989	Btk	Btk	48-99	S06TX069-003-4			SCL	CL
06N02990	Btkk1	Btkk1	99-125	S06TX069-003-5			CL	C
06N02991	Btkk2	Btkk2	125-203	S06TX069-003-6			CL	CL

Pedon Calculations

Calculation Name	Result	Units of Measure
LE, Whole Soil, Summed to 1m	6	cm/m

PSDA & Rock Fragments	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-	-11-	-12-	-13-	-14-	-15-	-16-	-17-	-18-

Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	Lab Texture	(-- - - Total -- - - -) Clay < .002	Silt .002 -.05	Sand .05 -2	(- - Clay - - -) Fine < .0002	CO_3 < .002	(- - - Silt - - - -) Fine .002 -.02	Coarse .02 -.05	(- - - - - - - - - - - - Sand - - - - - - - - - - - -) VF .05 -.10	F .10 -.25	M .25 -.50	C .5 -1	VC 1 -2	(Rock Fragments (mm)) (- - - - Weight - - - - -) 2 -5	5 -20	20 -75	.1- 75	>2 mm wt % whole soil
					(- % of <2mm Mineral Soil -)												(- - - % of <75mm - - -)				
					3A1a1a			3A1a1a	3A1a1a	3A1a1a		3A1a1a	3A1a1a	3A1a1a	3A1a1a	3A1a1a					
06N02986	0-12	Ap	S	cl	31.8	37.9	30.3	22.5		13.9	24.0	16.8	11.2	2.2	0.1	tr	--	--	--	14	--
06N02987	12-27	Bt1	S	cl	32.7	36.8	30.5	25.1		14.5	22.3	16.8	11.5	2.1	0.1	--	--	--	--	14	--
06N02988	27-48	Bt2	S	cl	39.0	33.9	27.1	28.8		13.8	20.1	13.8	11.4	1.9	tr	--	--	--	--	13	--
06N02989	48-99	Btk	S	cl	36.9	33.0	30.1	16.0	1.3	11.9	21.1	14.7	12.3	2.7	0.2	0.2	1	tr	--	16	1
06N02990	99-125	Btkk1	S	c	41.3	38.1	20.6	9.4	30.7	25.4	12.7	10.4	7.9	2.0	0.2	0.1	2	2	tr	14	4
06N02991	125-203	Btkk2	S	cl	38.3	40.3	21.4	9.7	24.5	26.7	13.6	10.8	8.4	1.7	0.3	0.2	1	2	--	13	3

Bulk Density & Moisture				-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-	-11-	-12-	-13-
				(Bulk Density)		Cole	(----------Water Content----------						WRD	Aggst		
				33	Oven	Whole	6	10	33	1500	1500 kPa	Ratio	Whole	Stabl	(Ratio/Clay)	
	Depth			kPa	Dry	Soil	kPa	kPa	kPa	kPa	Moist	AD/ OD	Soil	2-0.5mm	CEC7	1500 kPa
Layer	(cm)	Horz	Prep	(- - - g cm^{-3} - - -)			(- - - - - - - - % of < 2mm - - - - - - - - -)						cm^3 cm^{-3}	%		
				D6/WR1	D6/WR1				D6/WR1	3C2a1a		3D1				
06N02986	0-12	Ap	S	1.27	1.52	0.062			25.0	13.3		1.036	0.15		0.62	0.42
06N02987	12-27	Bt1	S	1.39	1.71	0.072			25.6	14.2		1.039	0.16		0.62	0.43
06N02988	27-48	Bt2	S	1.39	1.73	0.076			26.9	16.0		1.045	0.15		0.61	0.41
06N02989	48-99	Btk	S	1.48	1.74	0.055			22.8	14.9		1.044	0.12		0.56	0.40
06N02990	99-125	Btkk1	S	1.43	1.50	0.016			22.8	9.3		1.017	0.19		0.17	0.23
06N02991	125-203	Btkk2	S	1.50	1.63	0.028			18.8	9.6		1.019	0.13		0.21	0.25

Carbon & Extractions				-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-	-11-	-12-	-13-	-14-	-15-	-16-	-17-	-18-	-19-
				(- - - - - Total - - - - -)			Est	OC	C/N	(Dith-Cit Ext)			(- - - - Ammonium Oxalate Extraction - - - -)						(-Na Pyro-Phosphate-)			
	Depth			C	N	S	OC	(WB)	Ratio	Fe	Al	Mn	Al+½Fe	GDOE	Fe	Al	Si	Mn	C	Fe	Al	Mn
Layer	(cm)	Horz	Prep	(- - - - - % of <2 mm - - - - - -)						(- - - - - - - - - - - - - % of < 2mm - - - - - - - - - - -)								mg kg^{-1}	(- - - % of < 2mm - - -)			
				4H2a	4H2a	4H2a				4G1	4G1	4G1		4G2	4G2	4G2	4G2	4G2				
06N02986	0-12	Ap	S	1.18	0.13	tr	1.2		9	0.9	0.1	tr	--	0.02	--	--	--	--				
06N02987	12-27	Bt1	S	0.65	0.09	tr	0.6		7	0.9	0.1	tr	0.13	0.02	0.08	0.09	0.06	268.3				
06N02988	27-48	Bt2	S	0.63	0.09	--	0.6		7	1.1	0.1	tr	0.16	0.02	0.09	0.12	0.07	249.2				
06N02989	48-99	Btk	S	0.69	0.09	--	0.3		4	1.0	0.1	tr	0.13	0.01	0.06	0.10	0.06	215.4				
06N02990	99-125	Btkk1	S	6.93	0.09	--	0.4		5	0.3	--	--	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	9.8				
06N02991	125-203	Btkk2	S	6.11	0.03	0.01	0.2		5	0.3	--	--	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	15.1				

CEC & Bases				-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-	-11-	-12-	-13-	-14-
				(- - - - - NH_4OAC Extractable Bases - - - - -)								CEC8	CEC7	ECEC		(- - - Base - - - -)	
								Sum	Acid-	Extr	KCl	Sum	NH_4	Bases	Al	(-- Saturation --)	
	Depth			Ca	Mg	Na	K	Bases	ity	Al	Ac	Cats	OAC	+Al	Sat	Sum	NH_4OAC
Layer	(cm)	Horz	Prep	(- - - - - - - - - - - - - - - - - - cmol(+) kg^{-1} - - - - - - - - - - - - - - - - - -)							mg kg^{-1}	(- - - - cmol(+) kg^{-1} - - - -)				(- - - - - - % - - - - - -)	
				4B1a1a	4B1a1a	4B1a1a	4B1a1a		4B2b1a1					4B1a1a			
06N02986	0-12	Ap	S	13.0*	6.3	--	1.9	21.2	3.2			24.4	19.6			87	100
06N02987	12-27	Bt1	S	14.6*	5.9	--	1.1	21.6	2.4				20.4				100
06N02988	27-48	Bt2	S	18.6*	7.0	0.1	0.9	26.6	2.4				23.7				100
06N02989	48-99	Btk	S	50.2*	6.9	0.2	0.8	58.1					28.7				100
06N02990	99-125	Btkk1	S	45.6*	3.7	0.3	0.4	50.0					7.2				100
06N02991	125-203	Btkk2	S	46.4*	3.1	0.3	0.5	50.3					8.1				100

*Extractable Ca may contain Ca from calcium carbonate or gypsum. CEC7 base saturation set to 100.

Salt

Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	-1- Ca	-2- Mg	-3- Na	-4- K	-5- CO_3	-6- HCO_3	-7- F	-8- Cl	-9- PO_4	-10- Br	-11- OAC	-12- SO_4	-13- NO2	-14- NO_3	-15- H_2O	-16- Total Salts	-17- Elec Cond	-18- 1:2 Elec Cond	-19- Exch Na	-20- SAR
				(- - - - - - Water Extracted From Saturated Paste															- - - - - -)				
				(--- mmol(+) L^{-1} --)				(- - - - - - mmol(-) L^{-1}									- - - -)	(- - % - --)		(- - dS m^{-1} - -)		%	
				4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2	4F2		4F2	4F1a1a1		
06N02986	0-12	Ap	S	2.5	1.6	0.3	0.6	--	3.7	--	0.7	tr	--	--	0.6	tr	0.1	56.3	--	0.52	0.28	--	tr
06N02987	12-27	Bt1	S																		0.24	--	
06N02988	27-48	Bt2	S																		0.19	tr	
06N02989	48-99	Btk	S																		0.18	1	
06N02990	99-125	Btkk1	S																		0.25	5	
06N02991	125-203	Btkk2	S	2.1	0.8	3.2	0.2	--	1.7	0.2	2.0	--	--	--	2.8	tr	tr	43.1	tr	0.72	0.29	2	3

pH & Carbonates

Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	-1- KCl	-2- $CaCl_2$ 0.01M 1:2	-3- H_2O 1:1	-4- Sat Paste	-5- Oxid	-6- NaF	-7- Carbonate As $CaCO_3$ <2mm	-8- Carbonate As $CaCO_3$ <20mm	-9- Gypsum As $CaSO_4*2H_2O$ <2mm	-10- Gypsum As $CaSO_4*2H_2O$ <20mm	-11- Resist ohms cm^{-1}
				(- - - - - - pH					- - - - - -)	(- - - - - - %			- - - - - -)	
					4C1a2a	4C1a2a	4F2			4E1a1a1a1				
06N02986	0-12	Ap	S		6.8	7.1	7.1							
06N02987	12-27	Bt1	S		7.3	7.6				tr				
06N02988	27-48	Bt2	S		7.5	7.8				tr				
06N02989	48-99	Btk	S		7.8	8.2				3				
06N02990	99-125	Btkk1	S		7.9	8.5				54				
06N02991	125-203	Btkk2	S		7.8	8.3	8.0			49				

Phosphorous

Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	-1- Melanic Index	-2- NZ	-3- Acid Oxal	-4- Anion Available	-5- Exch Resin Capacity	-6- Bray 1	-7- Bray 2	-8- Olsen	-9- H_2O	-10- Citric Acid	-11- Mehlich III	-12- KCl Extr NO_3
					(- - - - - - Phosphorous									- - - - - -)	
					%	(- - - - - - mg kg^{-1}									- - - - - -)
					4D8a1	4G2									
06N02986	0-12	Ap	S		14	--									
06N02987	12-27	Bt1	S		18	82.2									
06N02988	27-48	Bt2	S		23	54.5									
06N02989	48-99	Btk	S		25	40.0									
06N02990	99-125	Btkk1	S		78	113.7									
06N02991	125-203	Btkk2	S		87	109.0									

Clay Mineralogy (<.002 mm)				-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-	-11-	-12-	-13-	-14-	-15-	-16-	-17-	-18-
				X-Ray				Thermal					Elemental							EGME	Inter
													SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	Retn	preta
	Depth		Fract	7A1a1																	tion
Layer	(cm)	Horz	ion	(------ peak size ------)				(---- % ----)					(---------------- % ----------------)							mg g^{-1}	
06N02986	0.0-12.0	Ap	tcly	MI 3	KK 2	QZ 1															CMIX
06N02988	27.0-48.0	Bt2	tcly	KK 2	QZ 1																CMIX
06N02991	125.0-203.0	Btkk2	tcly	CA 3	MI 1	KK 1															CMIX

FRACTION INTERPRETATION:

tcly - Total Clay <0.002 mm

MINERAL INTERPRETATION:

CA Calcite KK Kaolinite MI Mica QZ Quartz

RELATIVE PEAK SIZE: 5 Very Large 4 Large 3 Medium 2 Small 1 Very Small 6 No Peaks

INTERPRETATION (BY HORIZON):

CMIX - Mixed Clay

Sand - Silt Mineralogy (2.0-0.002 mm)				-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-	-10-	-11-	-12-	-13-	-14-	-15-	-16-	-17-	-18-
				X-Ray				Thermal						Optical						EGME	Inter
													Tot Re	Grain Count						Retn	preta
	Depth		Fract											7B1a2							tion
Layer	(cm)	Horz	ion	(---- peak size ----)				(---- % ----)					(---------------- % ----------------)							mg g^{-1}	
06N02987	12.0-27.0	Bt1	csi										89	QZ 83	FK 8	CD 3	OP 2	PR 2	FE 1		SMIX
														PO tr	TM tr	ZR tr	FP tr	GN tr	GS tr		
														HN tr	MS tr	AR tr	BT tr	BY tr	CB tr		

FRACTION INTERPRETATION:

csi - Coarse Silt 0.02-0.05 mm

MINERAL INTERPRETATION:

AR Weatherable Aggregates BT Biotite BY Beryl CB Carbonate Aggregates CD Chert (Chalcedony

FE Iron Oxides (Goethite FK Potassium Feldspar FP Plagioclase Feldspar GN Garnet GS Glass

HN Hornblende MS Muscovite OP Opaques PO Plant Opal PR Pyroxene

QZ Quartz TM Tourmaline ZR Zircon

INTERPRETATION (BY HORIZON):

SMIX - Mixed Sand

جدول 2-A : بيانات التوصيف التكميلية

*** Supplementary Characterization Data ***

Pedon ID: S2006TX069003 (Castro, Texas)

Sampled as on Mar 29, 2006: Olton: Fine, mixed, superactive, thermic Calcic Haplustert
Revised to correlated: Olton: Fine, mixed, superactive, thermic Aridic Paleustolls

SSL - Project: C2006USNL085 MLRA 77D
- Site ID: S2006TX069003 Lat: 34° 20' 54.50" north Long: 102° 10' 55.09" west MLRA: 77D
- Pedon No.: 06N0716
- General Methods: 1B1A, 2A1, 2B

United States Department of Agriculture
Natural Resources Conservation Service
National Soil Survey Center
Kellogg Soil Survey Laboratory
Lincoln, Nebraska 68508-3866

Tier 1

Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	-1- 3 Inches	-2- 2 Inches	-3- 3/2 Inches	-4- 1 Inches	-5- 3/4 Inches	-6- 3/8 Inches	-7- 4 Number	-8- 10 Number	-9- 40 Number	-10- 200 Number	-11- 20 Microns	-12- 5 Microns	-13- 2 Microns	-14- 1. Millimeter	-15- .5 Millimeter	-16- .25 Millimeter	-17- .10 Millimeter	-18- .05 Millimeter	-19- 60 Percentile	-20- 50 Percentile	-21- 10 Percentile	-22- LL %-	-23- PI %-	-24- Uniformity CU	-25- Curvature CC
06N02986	0-12	Ap	S	100	100	100	100	100	100	100	100	99	80	46	37	32	100	100	98	87	70	0.03	0.024	tr			83.7	0.2
06N02987	12-27	Bt1	S	100	100	100	100	100	100	100	100	99	80	47	38	33	100	100	98	86	70	0.03	0.022	tr			83.7	0.2
06N02988	27-48	Bt2	S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	81	53	44	39	100	100	98	87	73	0.03	0.013	tr			76.9	0.1
06N02989	48-99	Btk	S	100	100	100	100	100	100	100	99	98	77	48	41	37	99	99	96	84	69	0.03	0.022	tr			88.9	0.1
06N02990	99-125	Btkk1	S	100	100	100	100	100	99	98	96	95	82	64	49	40	96	96	94	86	76	0.01	0.005	tr			38.2	0.3
06N02991	125-203	Btkk2	S	100	100	100	100	100	99	98	97	96	82	63	47	37	97	97	95	87	76	0.02	0.006	tr			41.0	0.3

Tier 2

Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	-26- >2 Whole Soil %	-27- 250 -UP Whole Soil %	-28- 250 -75 Whole Soil %	-29- 75 -2 Whole Soil %	-30- 75 -20 Whole Soil %	-31- 20 -5 Whole Soil %	-32- 5 -2 Whole Soil %	-33- <2 Whole Soil %	-34- 75 -2 <75 mm Fraction %	-35- 75 -20 <75 mm Fraction %	-36- 20 -5 <75 mm Fraction %	-37- 5 -2 <75 mm Fraction %	-38- <2 <75 mm Fraction %	-39-	-40- Soil Str 33 kPa	-41- Oven -dry	-42- Engineering Moist	-43- Satur -ated	-44- Soil Survey 33 kPa Db/WR1	-45- 1500 kPa	-46- Oven -dry Db/WR1	-47- Engineering Moist	-48- Satur -ated	-49- At 33 kPa Whole Soil	-50- <2 mm
06N02986	0-12	Ap	S	--			--	--	--	--	100	--	--	--	--	100		1.27	1.52	1.59	1.79	1.27	1.41	1.52	1.59	1.79	1.09	1.09
06N02987	12-27	Bt1	S	--			--	--	--	--	100	--	--	--	--	100		1.39	1.71	1.75	1.87	1.39	1.56	1.71	1.75	1.87	0.91	0.91
06N02988	27-48	Bt2	S	--			--	--	--	--	100	--	--	--	--	100		1.39	1.73	1.77	1.87	1.39	1.56	1.73	1.76	1.87	0.91	0.91
06N02989	48-99	Btk	S	1			1	--	tr	1	99	1	--	tr	1	99		1.49	1.75	1.83	1.93	1.48	1.59	1.74	1.82	1.92	0.78	0.79
06N02990	99-125	Btkk1	S	4			4	tr	2	2	96	4	tr	2	2	96		1.46	1.53	1.78	1.91	1.43	1.47	1.50	1.76	1.89	0.82	0.85
06N02991	125-203	Btkk2	S	3			3	--	2	1	97	3	--	2	1	97		1.51	1.64	1.78	1.94	1.50	1.57	1.63	1.78	1.93	0.75	0.77

Tier 3

				.51.	.52.	.53.	.54.	.55.	.56.	.57.	.58.	.59.	.60.	.61.	.62.	.63.	.64.	.65.	.66.	.67.	.68.	.69.	.70.	.71.	.72.	.73.	.74.	.75.
				(- - - - - - - - - - - - - - - - - Volume Fractions - - - - - - - - - - - - - - - - -)													C	(- - - - - - Ratios To Clay - - - -)					(-- Linear Extensibility --)			(---WRD---)	
				Whole Soil (mm) At 33 kPa													/N	<2 mm Fraction					Whole Soil		<2 mm		Whole Soil	<2 mm
				>2	250 -UP	250 -75	75 -2	75 -20	20 -5	5 -2	<2	2- .05	.05- .002	LT .002	D	Poros F	Rat -io	Fine Clay	CEC Sum Cats	CEC NH_4 OAC	1500 kPa H_2O	LEP 33 kPa	33 1500 kPa	Oven -dry	to % 1500 kPa	Oven -dry		
Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	(---------- % of Whole Soil ----------)																						(--in³/in³---)	
06N02986	0-12	Ap	S	--	--	--	--	--	--	--	100	14	18	15	20	32	9	0.71	0.77		0.42	0.195	3.5	6.2	3.5	6.2	0.15	0.15
06N02987	12-27	Bt1	S	--	--	--	--	--	--	--	100	16	19	17	12	36	7	0.77			0.43	0.220	3.9	7.2	3.9	7.2	0.16	0.16
06N02988	27-48	Bt2	S	--	--	--	--	--	--	--	100	14	18	20	10	38	7	0.74			0.41	0.195	3.7	7.6	3.9	7.6	0.15	0.15
06N02989	48-99	Btk	S	1	--	--	1	--	--	1	99	17	18	21	10	34	4	0.43			0.40	0.149	2.4	5.5	2.4	5.5	0.12	0.12
06N02990	99-125	Btkk1	S	2	--	--	2	tr	1	1	98	11	20	22	13	32	5	0.23			0.23	0.039	0.9	1.6	0.9	1.6	0.19	0.19
06N02991	125-203	Btkk2	S	1	--	--	2	--	1	1	99	12	23	21	16	27	5	0.25			0.25	0.073	1.5	2.8	1.5	2.8	0.13	0.14

Tier 4

				.76.	.77.	.78.	.79.	.80.	.81.	.82.	.83.	.84.	.85.	.86.	.87.	.88.	.89.	.90.	.91.	.92.	.93.	.94.	.95.	.96.	.97.	.98.
				(- - - - - - - - - - - - - - - - - - Weight Fractions - Clay Free - - - - - - - - - - - - - - - - - -)															Text -ure	PSDA (mm)			pH	Elect.		Part- -icle
				(---------- Whole Soil ---------)							(---------- <2 mm Fraction ----------)								by	Sand	Silt	Clay	Ca	Res-	Con-	Den-
				>2	75 -20	20 -2	2- .05	.05- .002	< .002	VC	C	M	F	VF	C	F	Cl	ay	PSDA	2- .05	.05- .002	< .002	Cl2 .01M	ist. ohms	duct dS m^{-1}	sity g cm^{-3}
Layer	Depth (cm)	Horz	Prep	(--- % of >2 mm Sand and Silt ---)						(----------% of Sand and Silt ----------)									<2 mm	(---- % of 2 mm ----)			(-------- <2 mm -------)			
																						3A1a1a	4C1a2a		4F2	
06N02986	0-12	Ap	S	--	--	--	44	56	47	--	tr	3	16	25	35	20	47		cl	30.3	37.9	31.8	6.8		0.52	
06N02987	12-27	Bt1	S	--	--	--	45	55	49	--	tr	3	17	25	33	22	49		cl	30.5	36.8	32.7	7.5			
06N02988	27-48	Bt2	S	--	--	--	44	56	64	--	--	3	19	23	33	23	64		cl	27.1	33.9	39.0	7.5			
06N02989	48-99	Btk	S	2	2	2	47	51	58	tr	tr	4	19	23	33	19	58		cl	30.1	33.0	36.9	7.8			
06N02990	99-125	Btkk1	S	7	7	7	33	61	66	tr	tr	3	13	18	22	45	70		c	20.6	38.1	41.3	7.9			
06N02991	125-203	Btkk2	S	5	5	5	33	62	59	tr	tr	3	14	18	22	43	62		cl	21.4	40.3	38.3	7.8		0.72	

ملحق 4

موقع حصر الأراضى على شبكة الإنترنت

(Web Soil Survey)

By Kenneth Scheffe and Soil Science Division Staff.

خرائط حصر الأراضى ومنتجات الخرائط (Soil Survey Maps and Map Products)

يعد موقع حصر الأراضى على الإنترنت (WSS) أكبر نظام لتوصيل معلومات الموارد الطبيعية فى العالم. وهو آلية التسليم الأساسية لخرائط وبيانات حصر الأراضى التعاونى الوطنى ويتم تشغيله بواسطة هيئة صيانة الموارد الطبيعية التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية (NRCS, USDA). وتعرض المعلومات فيه كخرائط (شكل 2-A) أو فى جداول. ويختار المستخدم منطقة على الخريطة ثم يمكنه عرض وطباعة خريطة تربة المنطقة، كما يمكنه الوصول إلى بيانات التربة الإضافية. وتستخدم الخرائط لتخطيط الموارد الطبيعية وإدارتها بواسطة ملاك الأراضى والبلدات والمقاطعات وغيرها. ومعرفة بيانات التربة ومقياس الخريطة ضرورى لتجنب سوء الفهم. ويتم تحديث WSS والمحافظة عليه باعتباره المصدر الوحيد المعتمد لمعلومات حصر الأراضى.

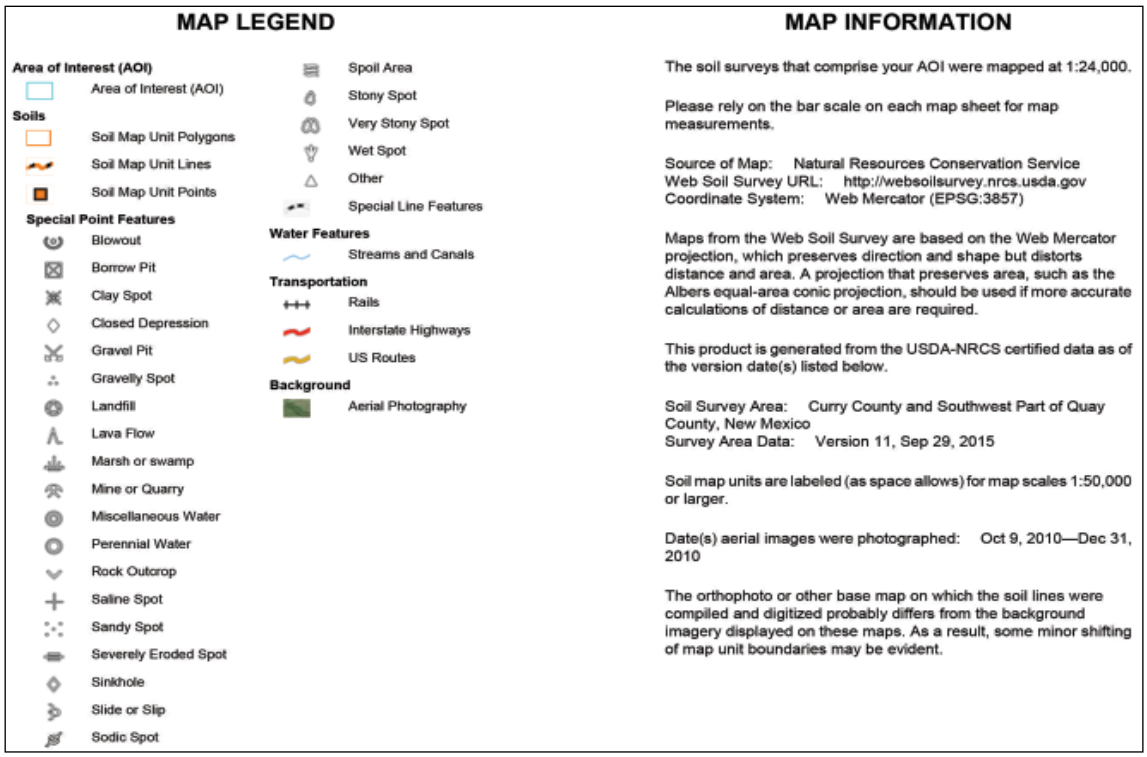
شكل 2-A: خريطة تربة منطقة فى السهول الجنوبية المرتفعة غرب تكساس وشرق نيو مكسيكو. وهى جزء من منطقة موارد الأراضى الرئيسية 77C فى منطقة الموارد الأرضية H. لاحظ توزيع وحدة الخريطة OcA (Olton) clay loam, 0 to 1 percent slopes.

ونظام البيانات الذى يدعم WSS هو قاعدة بيانات Soil Survey Geographic (SSURGO)، التى تتكون من قواعد بيانات مكانية وجداول. وتتكون مجموعات بيانات SSURGO من بيانات خرائط رقمية وبيانات جداول ومعلومات حول كيفية إنشاء الخرائط والجداول. ونطاق مجموعة البيانات هو منطقة الحصر، التى قد تكون مقاطعة واحدة، أو عدة مقاطعات، أو أجزاء منها.

وتبين خرائط التربة أسماء ورموز وحدات الخريطة. كما تظهر على الخريطة المصطلحات التقليدية والرموز الخاصة (شكل 3-A وجدول 3-A). وتقترن الخرائط بمعلومات حول مكونات وخصائص كل وحدة خريطة. وتتضمن كل وحدة خريطة ما يصل إلى ثلاثة مكونات رئيسية وبعض المكونات الثانوية. ويسمح WSS بعرض بيانات وجداول: (1) خصائص وصفات التربة، (2) تصنيفات تفسيرية (الصلاحية والمحددات) لاستخدامات

مختلفة، (3) تقارير التربة، (4) تقييمات الموقع البيئى.

شكل A-3: المصطلحات والرموز التقليدية الموجودة على خريطة التربة.



جدول A-3: رموز وأسماء وحدات خريطة التربة للمنطقة.

Curry County and Southwest Part of Quay County, New Mexico (NM669)			
Map Unit Symbol	Map Unit Name	Acres in AOI	Percent of AOI
AcA	Acuff loam, 0 to 1 percent slopes	1,052.6	17.5%
AcB	Acuff loam, 1 to 3 percent slopes	373.9	6.2%
AfA	Amarillo fine sandy loam, 0 to 1 percent slopes	28.6	0.5%
AfB	Amarillo fine sandy loam, 1 to 3 percent slopes	23.6	0.4%
BcA	Bippus clay loam, 0 to 2 percent slopes, occasionally flooded	25.5	0.4%
EsA	Estacado loam, 0 to 1 percent slopes	86.0	1.4%
EsB	Estacado loam, 1 to 3 percent slopes	137.6	2.3%
KmB	Kimberson gravelly loam, 0 to 3 percent slopes	80.6	1.3%
OcA	Olton clay loam, 0 to 1 percent slopes	4,083.0	67.8%
PsB	Posey fine sandy loam, 1 to 3 percent slopes	113.4	1.9%
RcA	Ranco clay, 0 to 1 percent slopes, frequently ponded	5.6	0.1%
SpA	Sparenberg clay, 0 to 1 percent slopes, occasionally ponded	10.8	0.2%
Totals for Area of Interest		6,021.1	100.0%

تقدم خصائص وصفات التربة كقيم أو فئات تم قياسها أو ملاحظتها أو تقديرها لكل مكون فى وحدات الخريطة فى منطقة الحصر. وتعرض مجموعة واسعة من خصائص وصفات التربة الفيزيائية والكيميائية (مثل العمق، فئة الصرف، ومجموعة التربة الهيدرولوجية) على خريطة وفى جداول.

والصلاحية والمحددات تصنيفات التربة لاستخدامات مختلفة، مثل الإنتاج الزراعى، الهندسة، التنمية الحضرية، وإدارة النفايات والمياه. وتسرد الجداول الخصائص أو الصفات التى تحد من صلاحية التربة لاستخدامات معينة. وتعرض التفسيرات كخرائط مع جدول ملخص لوحدات خريطة التربة.

ويتم وضع قيمة أو تصنيف واحد لكل وحدة خريطة من خلال تجميع التصنيفات التفسيرية لمكوناتها. ويتم تحديد عملية التجميع لكل تفسير. والتجميع هو عملية تقليل مجموعة قيم المكونات إلى قيمة واحدة تمثل وحدة الخريطة ككل. وبمجرد اشتقاق قيمة واحدة لكل وحدة، يمكن تقديم خريطة موضوعية لوحدات الخريطة. والتجميع ضرورى لأن وحدات الخريطة محددة ولكن المكونات الفردية ليست كذلك. ويتم تسجيل النسبة المئوية لكل مكون. على سبيل المثال، تشير النسبة المئوية 60 لمكون إلى أنه يشكل عادةً ما يقرب من 60 فى المائة من وحدة الخريطة. وتعتبر النسبة المئوية عامل حسم فى بعض طرق التجميع وليس كلها. ويسرد جدول A-4 طرق التجميع المختلفة.

جدول A -4: طرق التجميع.

[These methods determine the attribute value for thematic maps of soil properties and interpretative ratings in WSS.]	
Method	**Description**
Dominant Condition	Groups components in a map unit based on like-values for the attribute. For each group, percent composition becomes the sum of the percent composition of all components in the group. These groups therefore represent conditions rather than components. If more than one group shares the highest percent composition, a corresponding tie-breaker rule determines which value is returned.
Dominant Component	Returns the attribute value associated with the component that has the highest percent composition in the map unit. If more than one component shares the highest percent composition, a corresponding tie-breaker rule determines which value is returned.
Most Limiting	Suitable only for attributes used to generate a soil suitablity rating for a particular use. The most limiting result among all components of the map unit is returned. This method may or may not represent the dominant condition. The result may be based on the limitations of a map unit component of minor extent.
Least Limiting	Suitable only for attributes used to generate a soil suitablity rating for a particular use. The least limiting result among all components of the map unit is returned. This method may or may not represent the dominant condition. The result may be based on the limitations of a map unit component of minor extent.
Weighted Average	Computes a weighted average of the value for all components in the map unit. Percent composition is the weighting factor.
All Components	Returns the lowest or highest attribute value among all components of the map unit, depending on the corresponding tie-breaker rule. In this case, the tie-breaker rule indicates whether the lowest or highest value among all components is returned. For this aggregation method, percent composition ties cannot occur. The result returned represents either the minimum or the maximum value of the corresponding attribute throughout the map unit. The result may be based on a map unit component of minor extent.
Absence/ Presence	Returns a value, for all components of a map unit, that indicates if a condition is always present, never present, or partially present or whether the condition's presence or absence is unknown.
No Aggregation Necessary	Although the majority of soil attributes are associated with a component of a map unit, some are associated with a map unit as a whole. An attribute of a map unit does not have to be aggregated in order to render a corresponding thematic map. Therefore, the "aggregation method" for any attribute of a map unit is referred to as No Aggregation Necessary.
Component Percent Cutoff	Components whose percent composition is below the cutoff value are not considered. If no cutoff value is specified, all components in the database are considered.
Tie-Break Rule	Indicates which value should be selected from a set of multiple candidate values, or which value should be selected in the event of a percent composition tie.
Interpret Nulls as Zero	Indicates if a null value for a component should be converted to zero before aggregation. This conversion is done only for map units that have at least one component for which the attribute value is not null.
Layer Options	For an attribute of a soil horizon, a fixed depth range must be specified. Either centimeters or inches may be used, but the bottom depth must be greater than the top depth. The top depth can be greater than zero. When "Surface Layer" is specified, only the surface layer or horizon is used to derive a value for a component. When "All Layers" is specified, all layers recorded for a component are considered when deriving the value for that component. Whenever more than one layer or horizon is considered, a weighted average value is returned based upon layer or horizon thickness.
Month Range	For an attribute that is recorded by month, a range of months must be specified.

تتضمن تقارير التربة جداول ونصوص سردية متنوعة تحتوى على بيانات كل وحدة خريطة تربة فى منطقة محددة وكل مكون فى كل وحدة. وتحتوى التقارير على معلومات تفسيرية بالإضافة إلى خصائص وصفات التربة الأساسية، ولكنها لا تتطلب تجميع البيانات. ويتم تنظيم التقارير حسب الفئة، مثل "التطوير الترفيهى". ويتوفر وصف لكل تقرير وجدول.

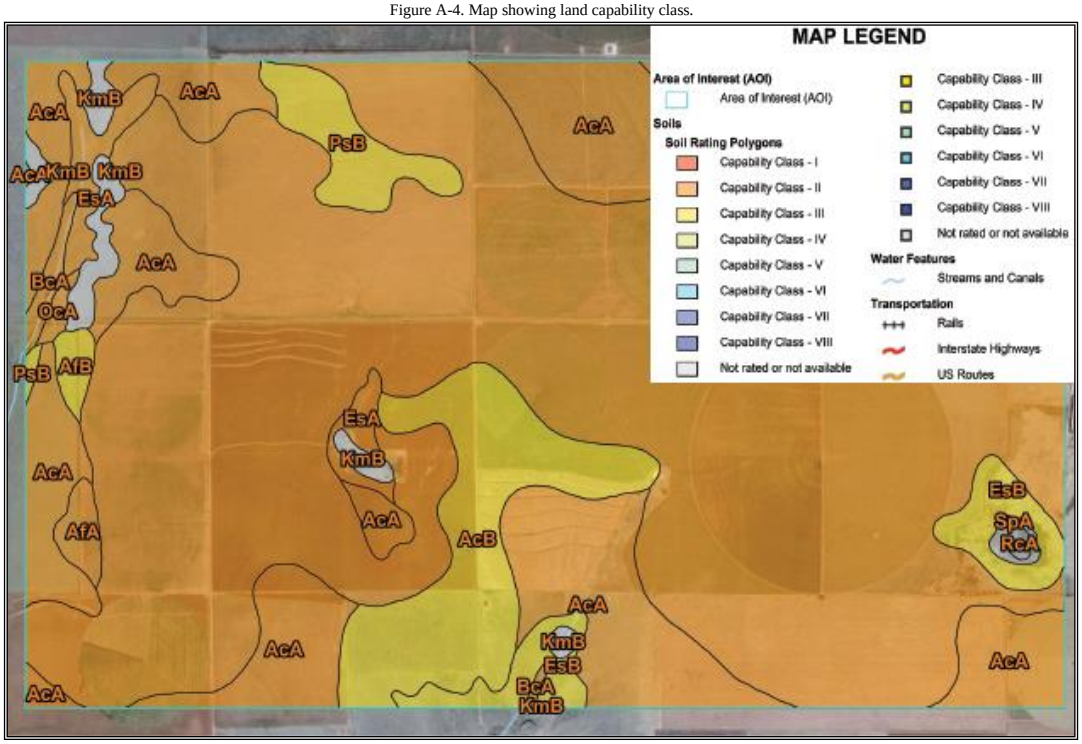
أمثلة الخرائط والتقارير (Examples of Maps and Reports)

توضح الصفحات التالية قليلاً من الخرائط العديدة التى فى Web Soil Survey مع التوحيد التام لقواعد البيانات المكانية والجداول. وقد تم تطوير أكثر من 100 خريطة لمختلف تصنيفات الصلاحية أو المحددات بالإضافة إلى ما يقرب من 50 خريطة لخصائص وصفات التربة. وتتضمن كل خريطة تقريرًا جدوليًا لبيانات وحدات الخريطة ومكوناتها. بالإضافة إلى أكثر من 60 تقرير جدولى لمجموعات مختلفة من تفسيرات وخصائص ومظاهر التربة.

درجات القدرة الإنتاجية (Land Capability Class)

يوضح تصنيف القدرة الإنتاجية عموما صلاحية التربة لمعظم المحاصيل الحقلية (شكل A-4). وتستبعد المحاصيل التى تتطلب إدارة خاصة. ويتم تجميع التربة طبقا لمحدداتها للمحاصيل الحقلية، خطر التدهور إذا استخدمت لزراعة المحاصيل، وطريقة استجابتها للإدارة. ولا تشمل المعايير المستخدمة فى تجميع التربة أعمال كبيرة ومكلفة لتغيير الانحدار أو العمق أو غيرها من خصائص التربة، كما لا تشمل مشروعات استصلاح رئيسية محتملة. وتصنيف القدرة ليس بديلاً عن التفسيرات التى تظهر صلاحية ومحددات التربة للمراعى أو لأراضى الأخشاب أو للأغراض الهندسية.

Figure A-4. Map showing land capability class.



شكل A-4: خريطة درجات القدرة الإنتاجية.

يتم تحديد المجموعات الأوسع من درجات القدرة الإنتاجية بالأرقام من 1 إلى 8. وتشير الأرقام إلى محددات أكبر تدريجياً وخيارات أضيق للاستخدام العملى. والدرجات هى:

تربة الدرجة 1 بها محددات قليلة تقيد استخدامها.

تربة الدرجة 2 بها محددات متوسطة تقلل من اختيار النباتات أو تتطلب ممارسات صيانة متوسطة.

تربة الدرجة 3 بها محددات شديدة تقلل من اختيار النباتات أو تتطلب ممارسات صيانة معينة، أو كليهما.

تربة الدرجة 4 بها محددات شديدة جدا تقلل من اختيار النباتات أو تتطلب إدارة حريصة جدا أو كليهما.

تربة الدرجة 5 تتعرض لانجراف ضئيل أو معدوم ولكن بها محددات أخرى، يصعب إزالتها، ويقتصر استخدامها على الحشائش أو المراعى أو الغابات أو مواطن الحياة البرية.

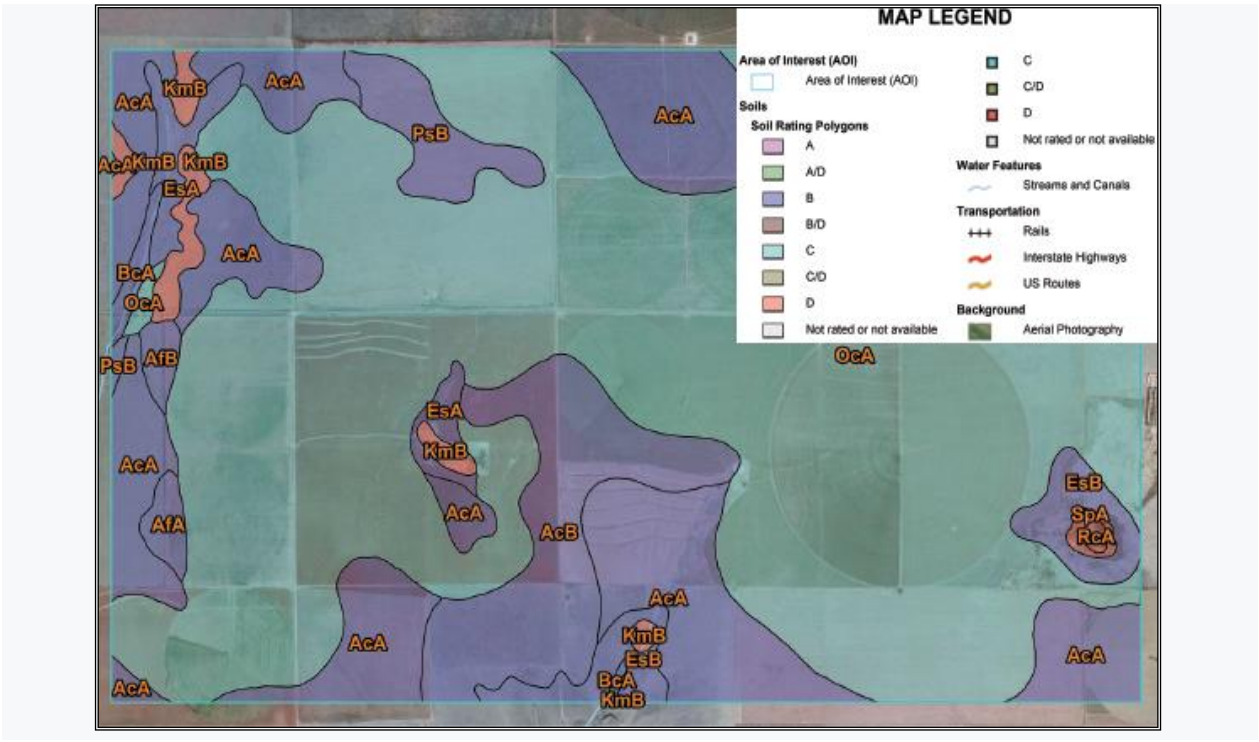
تربة الدرجة 6 بها محددات شديدة تجعلها غير مناسبة للزراعة بشكل عام ويقتصر استخدامها على الحشائش أو المراعى أو الغابات أو مواطن الحياة البرية.

تربة الدرجة 7 بها محددات شديدة جدا تجعلها غير مناسبة للزراعة ويقتصر استخدامها على الرعى أو الغابات أو مواطن الحياة البرية.

تربة الدرجة 8 والمناطق المتنوعة بها محددات تمنع الإنتاج التجارى للنباتات ويقتصر استخدامها على الأغراض الترفيهية أو مواطن الحياة البرية أو مستجمعات المياه أو الأغراض الجمالية.

مجموعة التربة الهيدرولوجية (Hydrologic Soil Group)

تعتمد مجموعات التربة الهيدرولوجية على تقديرات الجريان السطحى المحتمل (شكل A-5). وتصنف التربة إلى واحدة من أربع مجموعات طبقا لمعدل رشح المياه عندما تكون التربة غير محمية بغطاء نباتى، وتكون مبتلة تمامًا، وتستقبل أمطار من عواصف طويلة المدة. وتصنف التربة فى الولايات المتحدة إلى أربع مجموعات (A، B، C، D) وثلاث درجات مزدوجة (A/D، B/D، C/D) حيث يكون الحرف الأول لمناطق بها صرف والثانى لمناطق ليس بها صرف. وتخصص درجات مزدوجة فقط للتربة التى فى المجموعة D فى حالتها الطبيعية.

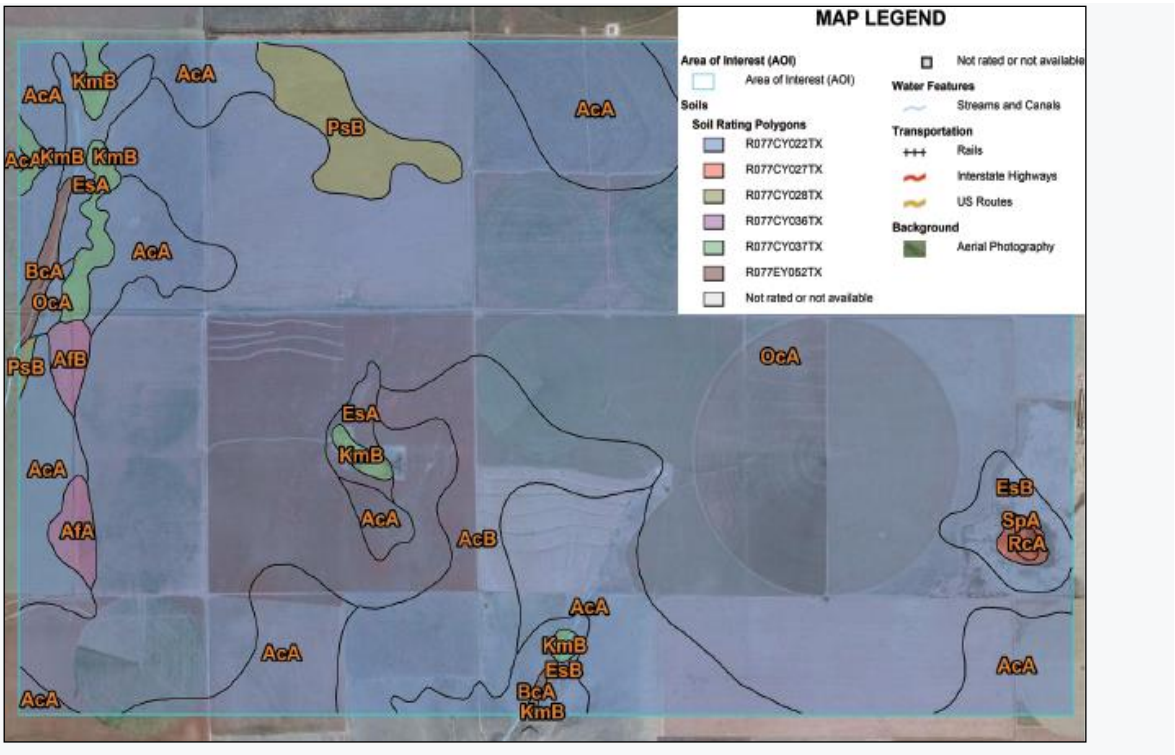


شكل A -5: خريطة توضح مجموعات التربة الهيدرولوجية. التربة فى المجموعة A أكثر نفاذية والتربة فى المجموعة D أقل نفاذية. وتشير الدرجات المزدوجة (على سبيل المثال، C/D) إلى مجموعات التربة الهيدرولوجية لكل من ظروف الصرف وغير الصرف.

تقييمات المواقع البيئية (Ecological Site Assessments)

تقييمات المواقع البيئية توثق الظروف البيئية والمجتمعات النباتية المرتبطة بمكونات وحدات خريطة التربة. وتوفر

خرائط (شكل A-6) وأوصاف وجداول ورسوم توضيحية وصور (شكل A-7). وتتضمن معلومات عن الأنواع، الإنتاج السنوى، ومنحنيات النمو ومخطط الحالة والانتقال (شكل A-8).



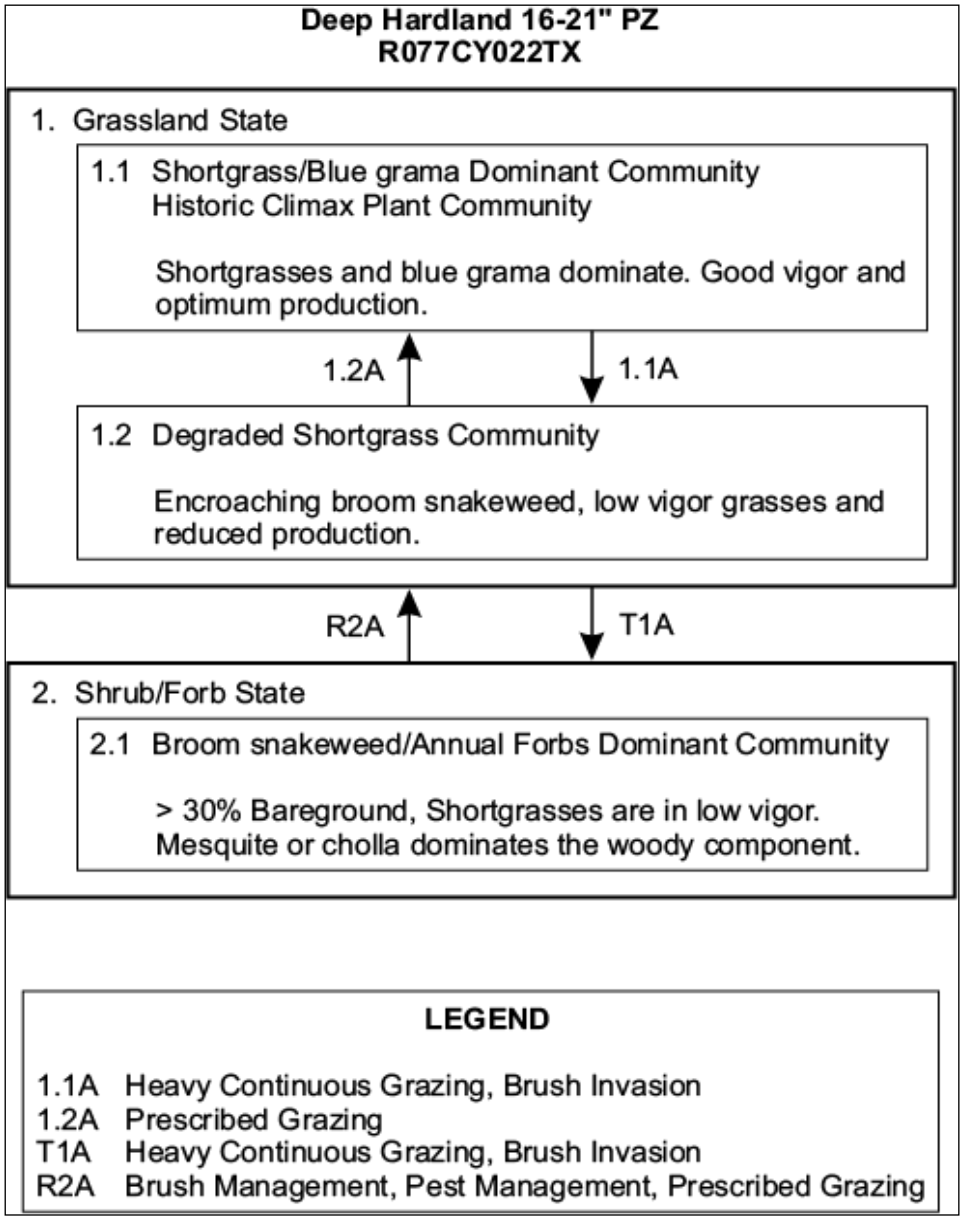
شكل A -6: خريطة تبين المواقع البيئية.

الموقع البيئى السائد هو Deep Hardland, 16-21" PZ (R077CY022TX).

شكل A-7: المجتمع السائد فى الموقع البيئى Deep Hardland (R077CY022TX) هو Shortgrass/blue gramma.

الموقع البيئى هو محصلة جميع العوامل البيئية المسئولة عن تطوره. له تربة مميزة تطورت مع الزمن؛ وهيدرولوجيا مميزة، خاصة الرشح والجريان السطحى، تطورت مع الوقت؛ ومجتمع نباتى مميز (نوع وكمية

الغطاء النباتى). والنباتات والتربة والهيدرولوجيا كلها مترابطة. وكل منها يتأثر بالآخر ويؤثر على تطور الآخر. على سبيل المثال، تتأثر هيدرولوجيا الموقع بتطور التربة ومجتمع النبات. والمجتمع النباتى فى موقع بيئى معين يتميز بأنواع تختلف عن الموجودة فى مواقع بيئية أخرى فى النوع و / أو نسبة الأنواع أو الإنتاج الكلى.



شكل A -8: نموذج الحالة والانتقال يظهر مسارات وأسباب التغير فى المجتمعات النباتية.

واسم الموقع البيئى يعطى وصفًا عامًا. على سبيل المثال، "Loamy Upland" هو اسم موقع بيئى للمراعى. ويعرف الموقع البيئى برمز معين خاص به.

وتحدد خريطة "الموقع البيئى السائد" الموقع البيئى السائد لكل وحدة خريطة، مجمعة حسب الحالة السائدة. وقد توجد مواقع بيئية أخرى داخل وحدة الخريطة. وتتكون كل وحدة خريطة من مكون واحد أو أكثر (تربة و/أو مناطق متنوعة). ويرتبط كل مكون تربة بموقع بيئى. والمناطق المتنوعة، مثل البروزات الصخرية، الكثبان الرملية، والأراضى الوعرة، بها قليل من التربة أو لا ولا تدعم سوى قليل من الغطاء النباتى أو لا تحتوى على أى نباتات. هذه المناطق ليست مرتبطة بموقع بيئى. ويسرد جدول "المواقع البيئية حسب مكون وحدة الخريطة" جميع المواقع البيئية لكل مكون فى المنطقة.

الخصائص الهندسية (Engineering Properties)

يعطى جدول A -5 تصنيفات ونطاق الخصائص الهندسية لطبقات كل تربة فى المنطقة. ويشمل مجموعة التربة الهيدرولوجية، القوام، التصنيف الموحد و AASHTO، المكونات الخشنة، النسبة المئوية للتربة التى تمر من المناخل القياسية، حد السيولة، ومؤشر المرونة.

جدول A-5: الخصائص والتصنيفات الهندسية.

Map unit symbol and soil name	Pct. of map unit	Hydro-logic group	Depth	USDA texture	Classification		Pct Fragments		Percentage passing sieve number—				Liquid limit	Plasticity index
					Unified	AASHTO	>10 inches	3-10 inches	4	10	40	200		
			In				*L-R-H*	*L-R-H*	*L-R-H*	*L-R-H*	*L-R-H*	*L-R-H*	*L-R-H*	*L-R-H*
AcA—Acuff loam, 0 to 1 percent slopes														
Acuff	85	B	0-12	Loam	CL, CL-ML	A-4, A-6	0- 0-0	0- 0-0	100-100 -100	100-100 -100	90-99-100	51-60-68	24-35 -39	6-13-19
			12-38	Clay loam, sandy clay loam, loam	CL	A-6, A-7-6	0- 0-0	0- 0-0	100-100 -100	100-100 -100	91-98-100	55-63-67	31-40 -45	13-19-22
			38-58	Clay loam, sandy clay loam	CL, SM	A-6, A-7-6	0- 0-0	0- 0-0	90-93-97	80-87-95	73-85-95	45-54-67	27-35 -45	5-14-24
			58-80	Clay loam, sandy clay loam, loam	CL, SC	A-6, A-7-6	0- 0-0	0- 0-0	93-96-99	86-91-98	78-89-98	45-55-69	27-37 -48	8-17-27
AcB—Acuff loam, 1 to 3 percent slopes														
Acuff	85	B	0-12	Loam	CL	A-6, A-4, A-7-6	0- 0-0	0- 0-0	100-100 -100	100-100 -100	90-98-100	60-67-74	27-36 -43	8-13-19
			12-38	Clay loam, sandy clay loam, loam	CL	A-6, A-7-6	0- 0-0	0- 0-0	100-100 -100	100-100 -100	91-98-100	55-63-67	31-40 -45	13-19-22
			38-58	Clay loam, sandy clay loam	CL, SM	A-6, A-4, A-7-6	0- 0-0	0- 0-0	90-93-97	80-87-95	73-85-95	45-54-67	27-35 -45	5-14-24
			58-80	Clay loam, sandy clay loam, loam	CL, SC	A-6, A-4, A-7-6	0- 0-0	0- 0-0	93-96-99	86-91-98	78-89-98	45-55-69	27-37 -48	8-17-27

الخصائص الكيميائية للتربة (Soil Chemical Properties)

يوضح جدول A -6 تقديرات بعض الخصائص والسمات الكيميائية التى تؤثر على سلوك التربة. هذه التقديرات معطاة لطبقات كل تربة فى منطقة الحصر، وتعتمد على الملاحظات الحقلية وعلى بيانات الاختبار لهذه التربة وما شابهها.

جدول A-6: الخصائص الكيميائية للتربة.

Map symbol and soil name	Depth	Cation-exchange capacity	Effective cation-exchange capacity	Soil reaction	Calcium carbonate	Gypsum	Salinity	Sodium adsorption ratio
	In	*meq/100g*	*meq/100g*	*pH*	*Pct*	*Pct*	*mmhos/cm*	
AcA—Acuff loam, 0 to 1 percent slopes								
Acuff	0-12	9.0-23	—	6.6-7.8	0	0	0.0-2.0	0-1
	12-38	16-25	—	6.6-8.4	0-2	0	0.0-2.0	0
	38-58	8.4-11	—	7.9-9.0	40-65	0	0.0-2.0	0-1
	58-80	14-20	—	7.9-8.4	15-70	0	0.0-2.0	0-1
AcB—Acuff loam, 1 to 3 percent slopes								
Acuff	0-12	11-23	—	6.6-7.8	0	0	0.0-2.0	0-1
	12-38	16-25	—	6.6-8.4	0-2	0	0.0-2.0	0-1
	38-58	8.4-11	—	7.9-9.0	40-65	0	0.0-2.0	0-1
	58-80	14-20	—	7.9-8.4	15-50	0	0.0-2.0	0-1
AfA—Amarillo fine sandy loam, 0 to 1 percent slopes								
Amarillo	0-10	8.6-17	—	6.6-8.4	0	0	0.0-2.0	0-1
	10-41	16-27	—	7.4-8.4	0-3	0	0.0-2.0	0-1
	41-56	9.6-13	—	7.9-9.0	40-65	0	0.0-2.0	0-1
	56-80	12-19	—	7.9-8.4	15-50	0	0.0-2.0	0-1