

ליאור גולדנברג המחשב האלקטרוני

אבדהם עמיאל דוגמה לנתוח נתוני קרקע

לצורך חקלאות

זה נכון עבור האיכר היוזי בן תקופתו של אלכסנדר הגדול, ולחקלאי בן זמננו בארץ מפותחת; זאת על אף שהדרישות מהקרקע השתנו ללא היכר:

✦ בגלל הצורך לאפשר ביטוי אופ-טימלי לפוטנציאל הגנטי של צמחים „מודרניים“;

✦ בגלל „התפקידים“ הנוספים ה-מוטלים על הקרקע, המגיב ב-עצמו, ובתורו, משפיע על רכי-בים אחרים בכיוספרה (לדוגמא, היות הקרקע Buffer בעת המעבר של חומרי הדברה אל מי התהום).

ניתן לעקוב אחר השינויים שחלו ב-גישה Quasi -אינטואיטיבית זאת ל-אורך ההיסטוריה ולהיווכח בצורך ה-קיים לחקלאי המודרני בשיטת מיון ו-יעוד שתאפשר ניצול אופטימלי של השתלבות בית גידול – קוד גנטי של צומח.

התפתחות שיטות לסינון קרקעות ויעודן

תרבויות רבות התבססו לרוב על קר-קעות בעלות תכונות רצויות כעל מקור טבעי ראשי. דוגמה לכך היא השרשרת העתיקה של תרבויות הגילוס, שקיומה התאפשר הודות לשכבת הקרקע בעלת הרכב טוב ועשיר שהושקאה מדי שנה ע"י הנהר. דוגמאות טובות נוספות: ב-

שיטת מיון הקרקעות שהיתה נהוגה בסין לפני כ-4200 שנה דומה במהותה לזאת המשמשת בחקלאות המודרנית. שיטה זאת מביינת את הקרקעות לסו-גים ולטיפוסים שלהם דרגות חופש, ה-עשויות לגרום לטעויות בהעברת השרי-פוש האופטימלי של שטח נתון.

פריצת דרך, מחשבתית וכלית במיון קרקעות אפשרית היום בגלל השימוש במחשב האלקטרוני. בעזרת כלי זה ניתן: א) לקלוט, לאכפף ולנהל מס-פר רב של נתונים, כיעילות רבה לאין שיעור מזו המקובלת בשיטה הידנית; ב) לנתח נתונים אלה בעזרת אלגור-י-טמים, לקבלת תאור כמותי של פוטנ-ציאל הקרקע והסובב ומידת ההתאמה לצורך אנושי כלשהו; ג) להציג את הת-אור בצורה גראפית או אחרת באופן ישיר (ללא צורך בתווך והכללה הנוכ-עים מהחלוקה לטיפוסי קרקע).

דוגמא לכך מובאת מאזור המערבי של איי. בעבודה זו מוצע גם השימוש באי-זוטופיים טבעיים יציבים כמים שבחתיך הלא רווי ככתכונה מנחה בסקר הקרקע.

הצורך בשיטת מיון ותייעוד

אינטואיציה של המשתמש בקרקע, הנשענת על נסיונו הוא ועל נסיון קוד-מי, משמשת זה זמן רב כמכשיר ל-קביעת ההתאמה של גידול חקלאי לבית גידול נתון כלשהו. באופן עקרוני דבר

ממשרד החקלאות של ארצות הברית;
 ויבל את גישתו של Dokuchaev
 בבואו להציע מיון
 קרקעות למדינות הברית של אמריקה.
 ב-1927 הוא הגיש סכמה ראשונה של
 מיון סוגי הקרקע ביבשת הצפון אמ-
 ריקאית³.

מרכיבים עיקריים להכנת סקר-קרקעות אופיינית (6, 7, 8, 9, 10, 11)

1. צורות גיאומורפולוגיות, כגון, ירמה, מדרון, מרגלות מדרון, פשטי הצפה.
2. אבניות וסלעיות. הנתונים החשובים במרכיב זה: הרכב מינרלוגי של האבנים והסלעים, צורתם, % הכי-סוי שלהם.
3. ההרכב המכני, המצביע על התפל-גות גודל החלקיקים.
4. מוליכות הידראולית.
5. PH.
6. % שיפוע.
7. עומק הקרקע.
8. איפיון מינרלוגי של מקטעי הקרקע.

סיווג נוסף של קרקעות לפי אפשרות ניצולן (12)

לאחר הכנת מפות סקר הקרקע מת-קבלות קבוצות גדולות של קרקעות, ה-גבדלות זו מזו בתכונות משמעותיות, או בקבוצות של תכונות. לדוגמא: עומק הקרקע, מבנה, מירקם, סכנת הסחפות. מקובלת היום חלוקה ל-8 מחלקות גדו-לות:

1. קרקע טובה מאד. מתאימה למבחר רב של גידולים בשיטות עיבוד קוני-בנציונליות, מישורית, עמוקה, קצב חלחול גבוה.
2. קרקע טובה. מגבלות קלות של עו-

עמקים של הפרת והחידקל במסופוטמיה ושל הנהרות Hwang-Ho, Yang-Tze Indus בהודו ובסין פרחו תרבויות מפות-חות מאוד. ידיעת התכונות הקרקעיות והתאמת הגידולים לתכונות אלו איפש-רה אספקת מזון בשפע. דבר זה גרם ליצירת מסגרות התישבותיות קבועות, בתחילה כפריות ואחרי כן גם בתכונת של ערים. חוסר ידיעה בתחום זה היה מנת חלקם של שבטים נודדים, בעלי תרבות ירודה, שהתבססו בעיקר על מר-עה¹.

קריאה מוטעית של תכונות הקרקע וניצול בלתי נכון הביא נזקים חמורים, אשר גרמו גם לגפילת ממלכות ולנדידת אנשים למקומות אחרים². דברים אלו נכונים גם היום^{3, 4, 5}.

עם עליית רמת התייחוס של העוס-קים בחקלאות התפתח סקר הקרקע. מט-רתו העיקרית היתה הכנת תרשימים ש-מסומנים בהם גבולות קרקעות בעלות תכונות שונות. כך, כבר לפני 4200 שנה הוכן בסין סיווג סכמטי של הקר-קעות, אשר היה כה מדוייק עד כי שי-מש כבסיס למיסוי הוגן (במונחי התר-בות הסינית הקדומה). לפני כ-3000 שנה היתה מקובלת ביוון חלוקת קרק-עות על פי מפתח המשקלל בנוסחתו הסופית את ערך כל תכונת קרקע בין כל יתר התכונות. מפתח זה מוזכר גם ע"י הומרוס באודיסיאה.

1. הקרקע הוא מצע גידול הצמי-חיים.
2. הקרקע הוא כיסוי עילי המורי-כב מתוצרי התרוחחות פלעים.
3. הקרקע הוא גוף טבעי, המשקף את הביוספירה לתהליכיה.

הגישה האחרונה קיבלה: דחיפה עם פרסום עבודותיו של V. V. Dokuchaev בשנת 1883. C. F. Marbut

על אף היותה שיטה טובה לוקה במספר חסרונות מהותיים:

1. קשה להביא בחשבון יחסי גומלין בין תכונות קרקע שונות ועל כן תיתכנה במקום אחד שתיים או יותר תכונות קרקע, כשכל אחת מהן כה הנידון נחשב עמיד בה, אולם השפעתן המשולבת אינה נאפשרת התפתחות אופטימלית של הצמחים.

2. התאמת גידולים על פי סקר קרקע פדולוגי היא שיטה נפוצה הקרקע ממוין על פי סוגיו והפוצתו, אך יש כאן מגבלות אחדות. ביחידות המיון הגבוהות של סקרי הקרקע יש מעט תכונות משותפות. ככל שיוך דים בשלבי ההירארכיה גדל מספר התכונות המשותפות. ההנחה הנורבעת היא, כי ידיעת טיפוס הקרקע מצביעה על רוב התכונות החשובות לחקלאות. הנחה זו אינה תמיד נכונה. בין היתר משום שתכונות קרקע חשובות לא נחקרו.⁽¹³⁾

3. טווח השתנות התכונות לעתים נרחב מאוד ולעתים איננו ניתן להגדרה כלל. לדוגמא: בקרקע מסוג טרה רוסה טווח ההשתנות של תכולת הגיר נע בין 0% ל-10%. לעתים היא מגיעה ל-20% או אפילו ל-30%. קיבול הקטיונים החליפיים נע בין 30 מיליאקווילנט/100 גר' קרקע עד 40 מיליאקווילנט/100 גר' קרקע. ה-HP משתנה בתהום נרחב, מ-5 עד 147. על פי סווג אחר: טרה רוסה שסימנה A1 היא חסרת גיר ורדודה אך פוגשים גם בטרה רוסה בעלת אותו סימון המכילה גיר.⁽⁸⁾ תכונות נוספות, בעלות חשיבות מרובה לצורך יעוד קרקע לגידולים חקלאיים אינן מוגדרות כלל.

4. מק, שיפוע, סכנת הצפה. פתרון קל יותר שימוש באמצעים אגרוטכניים מקובלים.

3. קרקע בינונית. מגבלות אפשריות: עומק, קצב חלחול מהיר מדי או אטם מדי, עודף מועט במלחים. סכנת סחף קרקע חמורה, פתרון ב-אמצעי עיבוד מיוחדים לשימור קרקע.

4. קרקע מטיב ירוד. גורמים מקבילים: עומק, שיפוע, אבניות, סכנת סחף, מוליכות הידראולית נמוכה, המלחה. עיבוד מיוחד לגידולים מיוחדים.

5. קרקע לניצול אקסטנסיבי, ללא מגבלות. החסרונות: שיפוע רב, ערכים גבוהים של אבניות וסלעיות, ניקוז לקוי. עיבוד מיוחד.

6. קרקע לניצול אקסטנסיבי, עם מגבלות: אחוזי אבניות וסלעיות גבוהים, עומק מועט, שיפוע גדול. אין אפשרות לעיבוד חקלאי של הקרקע, אלא בכלים כבדים למטרות מיוחדות.

7. קרקע לניצול אקסטנסיבי, עם מגבלות חמורות. המגבלות של קבוצות 5 ו-6 מופיעות בצירופים, בעוצמה ובתדירות רבה, אין אפשרות לעיבוד חקלאי של הקרקע.

8. קרקע בלתי מתאימה לניצול חקלאי.

מגבלות השיטות הקיימות ליעוד קרקע

ההתאמה של גידול חקלאי לבית גידול מצוי כלשהו קשה ומסובך לחקלאי, למתכנן החקלאי ולמומחה הקרקע. השוואת תוצאות בדיקות קרקע של שדה מסויים עם דרישות הגידולים הרצויים

4. אי בהירות נוספת קיימת בתאור חתך הקרקע. לדוגמא: בטרסה רוסה מצונן החתך כ-ABC, אך יכול לה- יות גם AB. אין ידיעות אודות התפלגות מרכיבים היוניים בחתך הקרקע, כגון: כמות הורסית בחתך, קיבול הקטיונים החליפיים, PH, מוליכות הידראולית ועוד. לעתים, אופק B מהודק ולעתים לא. ייתכן מבנה רגבי, או מבנה מפורר¹⁵.

נעשה ניסיון לבנות פונקציות המתארות באופן כמותי את פוטנציאל השטח. בשלב השלישי נעשית „ההכרעה“: נבדקת התאמתו של בית גידול — או חלק ממנו — לשימוש רצוי נתון כל- שהו, או למספר שימושים אלטרנטיביים. שימוש זה עשוי להיות נשיאת עומד קלוגס, שימור טבע, סיפוק צרכי צמח המשמש לאדם למזון, לכסות או ליופי, וכי. תוצר שלב זה היא מפת תכנון ברמת הפירוט הדרושה.

דרישות משיטת סיווג ומיון קרקעות

דוגמא ליישום שיטת המיון

מכל מה שנכתב עד כה עולה, כי ה- תפיסה ה-Quasi אינטואיטיבית שלטת בתחום מיון ויועד הקרקעות מזה שנים רבות. על מנת לגשר ביתר יעילות בין מיון הקרקעות על פי תכונותיהן לבין דרישות הצמח שרוצים לגדל יש צורך בשיטה כמותית, אשר תצביע במדוייק על רכיביו השונים של פוטנציאל הקרקע והסובב. דבר זה ניתן להשגה הוך שימוש במחשב האלקטרוני, אשר מ- נקודת ראותו של מיעד הקרקע, מחייב פריצת דרך מחשבתית — מהתיחסות האינטואיטיבית למחצה ליאת המחייבת כימות ואירגון. דרך כזאת מוצעת בהמ- שך.

נתונים, ברמת דיוק של 7 קמ"ר, נאס- פו בשטח של כ-1000 קמ"ר, המשתרע משפת הים, באיזור אשקלון, עד קו פר- שת המים הארציית ליד חברון. נתונים של 36 תכונות קרקע וסובב נאספו ממאגרי אינפורמציה (לא ממוכנים) קיי- מים, נקבעו בבדיקות עצמיות, או חוש- בו. נתונים אלה יצרו קובץ בסיס. ניתוח הנתונים מראה כי באיזור ש- נבדק:

- (1) הרבה תכונות קרקע וסובב עצמיות. על כן כדי לקבל תמונה מהימנה או- דות הפוטנציאל של השטח, יש לב- דוק את הגורם בכל אתר ואתר.
- (2) קשרים טובים קיימים בין תכונות כגון:

- ✦ תכולת הגיר בשכבות א' ו-ב' של הקרקע ואחוז הפילט;
- ✦ ככל שהתכנית צפופית יותר, כמות החול בחתך קטנה יותר, ותכולת החרסית גבוהה יותר;
- ✦ עם הגדלת השיפוע גדל אחוז החול בחתך, ובהתאמה, קטנים אחוזי הפילט והחרסית. (מעניין לציין כי תכולת החרסית בשכ-

דרך הפעולה עשויה להראות „יבשה“, לפחות בשלב ההסתגלות של המסגרות בהן חייבים „להידחס“, עם המעבר ל- שימוש במכונה. בשלב הראשון (לאחר כתיבת תכנית המחשב המתאימה) או- גי מים את הנתונים הישירים, כפי שמת- קבלים בשדה או במעבדה. בשלב השני מנתחים את הנתונים: בודקים את כמותם ואת מהימנותם; קוב- עים האם יש צורך בהשלמת מידע; מחפשים קשרים בין התכונות, ומנסים לאתר תכונות מפתח ותכונות מנחות;

סיכום

הגישה ה-Quasi-אינטואיטיבית והכמו-תית למחצה משמשת כבסיס ליעוד שט-חיים. המחשב האלקטרוני הינו כלי לקביעת התאמה של פוטנציאל בית גידול נתון ל-צורך תכנון כלשהו. איזוטופים טבעיים עשויים להצטרף לרשימת התכונות הנבד-קות לקביעת פוטנציאל אזור, למטרת תכנון, בתור חכונה מנחה.

מפרגות

1. Simenson, R. W. Soil classification in the U.S. U.S.D.A., Soil Conservation Service Pub. 1796.
2. Ping-Lee H., Etudies in History, Economics and Public Law. Col. Uniservation Eervice Pub. 1976.
3. הסוכנות היהודית והמועצה האזורית „מטה יהודה“, תכנון אזורי כולל — מבר-אות ירושלים. 1969.
4. הסוכנות היהודית והמועצה האזורית „מטה יהודה“, דו"ח התקדמות הצוות ל-תכנון אזורי כולל, 1970.
5. הסוכנות היהודית והמועצה האזורית „מטה יהודה“, הסקטור ההקלאי, דו"ח ה-צוות לתכנון אזורי כולל, 1971.
6. Bartelli, L. U. and All, Soil survey and land use planning/soil science, Society of America, American Society of Agronomy, 1966. pp. 8 70, 37—60, 87—102.
7. דן, י., הגחיות לסקר קרקע. מדינת ישראל, משרד החקלאות, מכון וולקני, 1964.
8. דן, יוצ. רן, מפת חבורות קרקע של ישראל. מדינת ישראל, משרד החקלאות, 1975.
9. U.S.D.A., Soil conservation service, National Inventory of Soil and Water Conservation Needs. 1967.
10. U.S.D.A., S.S.S., Soil Classification — A compressive system, 1955.
11. N.S.D.A., S.S.S., Supplement to soil classification system, 7th Approximation. 1970.

(המשך בעמ' 58)

בה בי גרלה עם הגדלת הי-שיפוע).

(3) בדיקת מתאמים מרובים מראה כי באזור הנבדק (ים תיכוני טיפוסי) קיימות מספר תכונות מפתח. בייניהן יש לציין את הסלעיות וה-אבניות ואחוז השיפוע:

$$Z = 102.35 + 0.19 \times S - 2.5 \times AS$$

$$AS = 14.17 - 0.24 \times Z - 0.0028 \times M + 0.05 \times PR$$

כאשר:

Z — עומק הקרקע (ס"מ)

S — שיפוע (%)

AS — אבניות וסלעיות (%)

M — תפנית (מעלות)

PR — משקעים (מ"מ)

שימוש באיזוטופים

יציבים בסקר הקרקע

התבוננות בתכונות אלה מביאה ל-הצעה של שימוש באיזוטופים יציבים טבעיים (O. Deuterium). ניתן לשער כי איזוטופים אלה עשויים להיות תכונות מפתח, או תכונה מנחה: היות וה-פרקציונציה האיזוטופית מושפעת מגור-מי סביבה, כגון טמפרטורה, כמות משק-עים וחלוקתם, ועוד (17, 18) ומגורמים קרקעיים (בעיקר מהטקסטורה), נפיצות (Abundance) איזוטופ במים שבח-תך הלא רווי עשויה להצביע על המיר-קם של הקרקע, על אחוז הגיר בחתך, על כמות הגשם והתפלגוהו באתר נתון. כמו כן השימוש באיזוטופים טבעיים עשוי לתת תאור מהימן של תהליכי ה-Transport' בחתך, דבר שאליו, עד כה, לסקר הקרקע אין כמעט מענה.