

ליאור גולדנברג

אלכסנדר פוזנסקי

אברהם עמיאל

ביטוי פוטנציאל שטח מערבה לקו פרשת המים הארצית

כלי לקביעת שימוש יעיל של הקרקע המתוכנן

מטרת המאמר היא לתת לידי המתכנן ומקבל ההחלטות כלי נוסף וחדש לקביעת שימוש מירבי של אתר הקרקע המתוכנן, וניצולו היעיל. מדובר באמות-מידה של התאמת צרכיו ותכונותיו של אדם האמור לחיות ו/או לעבוד, או לנפוש, או לנצל את חבל הקרקע הנדון. יתרון ההגדרות של אמות המידה המוצעות הוא בביטויים הכמו-תימתימטי. הדיקות הפרמטרים של ההתאמה בין האדם לבין הקרקע שאינה קשורה בהיבטים פוליטיים או כלכליים או חברתיים בלבד — מוסיפה גוון מדעי ואובייקטיבי לשיקול דעתו של המתכנן ומקבל ההחלטות.

השיטה המוצעת תורמת לצורך החיוני של שמירה על עתודות קרקעיות שלא יבוזבוזו, כי אם ביעילות. אין צורך להיות חסיד של תורת „המועדון של רומא“ כדי להיות חרד לאפשרות חיסול אוצרות הטבע. אצלנו הקרקע היא כמעט האוצר היחיד במדינתנו, אבל היא מוגבלת בשטחה. לכן יש לשקוד על כך ששימושה ינוהל בשיטות מתקדמות ביותר.

יתרה מזאת, ההתחשבות באמות המידה המוצעות — תבטיח לתכנון שימושי קרקע אילוצים חיוביים ליד מגבלות חוקיות ותכתיבים פוליטיים-כלכליים, המקובלים כיום.

הפוטנציאל הטבעי של הקרקע ומכלול התכונות של האדם — הם שצריכים לכוון ולקבוע את סולם העדיפות בקביעת שימושי קרקע במגזרים של מגורים, חקלאות, נופש, בריאות, רווחה, שטחים פתוחים, תעשייה, מסחר, מחצבות וכו'.

מבוא

מידת ההתאמה של חבל ארץ למלא את צרכי האדם תלויה בפוטנציאל השטח שלו. קיימים מאפיינים פיסיים יציבים, יחסית¹, אשר בחינתם תוך התחשבות בממדים של ההנדסה האזרחית, דרישות צמחים למצע זרעים ולסביבה אקלימית נוחה וצרכי הנופש של האדם — תצביע על מידת התאמת השטח להיות מיועד למטרות אלה^{2, 3, 4}.

מדדים אלה הם:

- % אבניות וסלעיות;
- % השיפוע;
- כמות היחידות הגיאומורפולוגיות (ביחידת שטח נבחנת);
- סוג סלע תשתית;

- דרגת עומס החום בשעות היום השונות (או ימי מעלות הסקה);
- משתנים קלימטולוגיים.
- מדדים אלה נקבעו תוך הנחה כי:
- הקרקע הוא גוף טבעי, שעליו גדלים צמחים המשמשים לאדם למוון, לכסות וליופי.
- הסובב בעל יכולת ליצור רשמים אצל האדם המעורב בו, במידה זאת או אחרת; בדרך זו מתמלאים אצלו צרכים נפשיים ופיסיוולוגיים, צרכים שבדרך כלל אינם באים על סיפוקם בשיגרת החיים היום-יומיים.
- לא קיימים דברים שאינם נראים לעין, כגון אילוצים פוליטיים, אדמיניסטרטיביים, חברתיים (כולל ערכים סנטימנטליים, חינוכיים וכו'), אוצרות טבע במעמקי האדמה וכו'.

את פוטנציאל השטח ניתן להגדיר כ-:

$$P_i = f(\Sigma T_a, \Sigma T_b) \quad \text{משוואה 1:}$$

כאשר: P_i — פוטנציאל השטח

T_a — תכונות הסובב

T_b — תכונות חתך הקרקע.

באופן מפורט יותר ניתן להציג משוואה 1 בצורה הבאה:

משוואה 2:

$$P_t = f(\Sigma R, \Sigma S, N, \Sigma L, \Sigma A, \Sigma M, \Sigma T, Pr, NO_8, NO_{14}, NO_{20}, TSM, TSMMK, MIK, MIH, HO_{th1}, SI_{th1}, HA_{th1}, CA_{th1}, \dots, HO_{th2}, \dots)$$

כאשר: ΣR — מרחק מכל מקום רלוונטי (ק"מ).

ΣL — גובה מעל כל מקום רלוונטי (מ').

S — שיפוע המקום (%).

ΣN — מספר יחידות הנוף.

ΣT — סוג הצומח (מספר קוד).

ΣA — אבניות וסלעיות (%).

M — התפנית (מעלות).

Pr — כמות המשקעים (מ"מ/שנה).

Rad — קרינה גלובלית (ק"ג קאל/סמ"ר/שנה).

NO_8 — יחידות עומס חום בשעה 08.00.

NO_{14} — יחידות עומס חום בשעה 14.00.

NO_{20} — יחידות עומס חום בשעה 20.00.

TSM — טמפרטורה שנתית ממוצעת ($^{\circ}C$).

$TSMMK$ — טמפרטורה שנתית ממוצעת מאקסימלית בקיץ ($^{\circ}C$).

MIK — טמפרטורה ממוצעת יומית מינימלית בקיץ ($^{\circ}C$).

MIH — טמפרטורה ממוצעת יומית בחורף ($^{\circ}C$).

HO_{th1} — תכולת החול בשכבה ראשונה בחתך הקרקע (%).

- ST₁₀ — תכולת הסילט בשכבה ראשונה בחתך הקרקע (%).
 - HA₁₀ — תכולת החרסית בשכבה ראשונה בחתך הקרקע (%).
 - CA₁₀ — תכולת הגיר בשכבה ראשונה בחתך הקרקע (%).
 - pH₁₀ — pH הקרקע בשכבה הראשונה (%).
 - HO₁₀ — תכולת החול בשכבה שניה (%).
- וכו'.

פונקציה זאת רבת משתנים. לרוב קשה, מבחינה מעשית, לחשב את כל הנתונים הדרושים לקבלת תמונה מהימנה אודות השטח הנבדק. הימצאותם של קשרי גומלין מובהקים בין התכונות השונות עשויה להקטין את כמות העבודה הדרושה. בעבודה זאת, הנחנו כי בחבל ארץ המשתיך לאיזור הים תיכוני המאריטימי אכן קיימים קשרים אלה, ובדקנו הנחה זאת.

שיטות העבודה

שטח של כ-1,000 קמ"ר, באזור גיאוגרפי המשתרע ברצועה שרוחבה 20 ק"מ, משפת הים התיכון — בקירבת העיר אשקלון ומזרחה, עד קרוב לקו פרשת המים הארצית, חולק לריבועים של 1 קמ"ר. בכל משבצת נבדקו הפרמטרים הבאים: גובה מעל פני הים, המבנה, השיפוע, המרחק מהים, אחוזי האבניות והסלעיות, עומק הקרקע, היחידות הגיאומורפולוגיות, כמות הגשם, כמות הקרינה הגלובלית, ערכי הטמפרטורה של התרמומטר היבש והתרמומטר הלח, הנוחות האקלימית בשעות היום השונות. כמו כן נאסף מידע אודות תכונות חתך הקרקע (מבנה ומרקם).

הנתונים אוספו ועובדו במחשב ספרתי. המידע נאסף וחושב תוך העזרת במפות טופוגרפיות בק"מ מ-1:10,000 עד 1:100,000, נתוני השירות המטאורולוגי, נתוני כרטסת הקרקע של האגף לשימור הקרקע וע"י בדיקות בשטח.

שיטות החישוב

- חישוב הגובה: בכל קמ"ר הוגדרו יחידות „מורד“ בשטח רציף שהמפנה שלו אינו משתנה ביותר מ-15° בשטחים שגודלם יותר מ-10,000 מ"ר.
- הגובה חושב בצורה הבאה:

$$H = \frac{\sum_{h=1}^n \frac{h_{\max} + h_{\min}}{2}}{n} \quad \text{כאשר:} \quad \text{משוואה 3}$$

- H — גובה של קמ"ר
- h_{\max} — גובה מקסימלי במורד
- h_{\min} — גובה מינימלי במורד
- n — מספר המורדות.

● חישוב המפנה:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n m_i s_i}{\sum_{i=1}^n m} \quad \text{כאשר:} \quad \text{משוואה 4}$$

- S: תפנית של קמ"ר
- n — מספר מפנים המורדות
- m_i — שטח המפנים
- S_i — תפנית המפנה במעלות (360° — צפון ;
תחילת חישוב הכיוון : 45° — מזרח).

● חישוב השיפוע :

$$P = \frac{H-h}{M}$$

משוואה 5 :

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n m_i P_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

משוואה 6 :

כאשר :

- P' — שיפוע בקמ"ר
- n — גודל (מ"ר) של קטע מדרון או מדרון בשלמותו
- m_i — שיפוע של (ב-%)
- H — גובה בנקודה הגבוהה ביותר בקטע המדרון
- h — גובה בנקודה הנמוכה ביותר בקטע המדרון
- M_m — מרחק בין הנקודה הגבוהה ביותר לנמוכה ביותר.

- המרחק מהים נמדד בקמ"ר שלמים משפת הים.
- אחוז אבניות וסלעיות נקבע תוך שימוש במקורות שונים, ובין היתר ידע אישי של ד"ר עמיאל ועריכת בדיקות שדה.
- עומק הקרקע נקבע כרשום בסעיף הקודם. לא נלקחו בחשבון כיסי קרקע בשטח של מספר עשרות מ"ר, או שטחים חשופים בעלי אותו גודל.
- יחידות גיאומורפולוגיות שנלקחו בחשבון הן :
 מדרון ; צוקים (כולל מדרון בעל שיפוע מעל 45%) ; אגם (כולל בריכת אגירה) ;
 ביצה ; מכתש ; מישור ; נחל (כולל ואדי יבש) ; חולות (נוודים ומיוצבים ; פסגה (כולל נקודות שריג) ; מעבר בין שתי יחידות נוף.
- הגשם נקבע בכל משבצת בהתאם לרשום במפות גשם, תוך עדכון ואנטרפולציה לנתוני התחנות הקיימות בשטח העבודה (גבר-עם, גיאח, כוכב, קוממיות, נגבה, פלוג'ה, גל-און, ניצנים, באר טוביה, כפר אחים, כפר מנחם, בית ג'מל, נתיב הל"ה, איתנים וגס הרים).
- חישוב הקרינה הגלובלית. כל משבצת חולקה לקטעים בהם השיפוע והמסנה דומים. בגבולות של עד 10° תפנית ו-15% שיפוע.
- נעשה שימוש בדיאגרמה המתארת את עוצמת הקרינה הגלובלית לשנה על סמך ע"ג שטח הנטוי בכל זווית שהיא לשמונה כיוונים.

שיטת החישוב

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n P_i k_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

משוואה 7:

כאשר:

K — קרינה ממוצעת בכל סמ"ר של המשבצת

P_i — קטע במשבצת

k_i — קרינה נופלת בשנה ב- P_i .

- נתוני טמפרטורות בחודשים ובשעות הרלוונטיות של התרמומטר היבש והלח בכל קמ"ר חושבו תוך שימוש ב-: קלינורים של תחנות מטאורולוגיות באזור פרסומי השירות המטאורולוגי, האטלס הבין-אקלימי, ופרסומי האגף לשימור הקרקע (בעת הצורך נעשה שימוש בנתוני הלחות היחסית באוויר ותרגום לערכי תרמומטר לח באמצעות דיאגרמה פסיכומטרית).
- דרגת עומס החום חושבה באמצעות הנוסחה:

$$S_h = \frac{T_d + T_w}{2}$$

כאשר:

משוואה 8:

S_h — דרגת עומס החום

T_d — טמפ' תרמומטר יבש

T_w — טמפ' תרמומטר לח.

$S_h < 22$ — אין עומס חום

$22.1 < S_h < 24$ — יש עומס חום קל

$24.1 < S_h < 28$ — יש עומס חום בינוני

$S_h > 28$ — יש עומס חום כבד.

- נתוני פרופיל הקרקע נלקחו מתוך כרטיסי כרטסת הקרקע של האגף לשימור הקרקע.

תוצאות ודיון

א. נערכו מבחני מתאם ליניארי בין תכונות קרקע לתכונות סובב, במטריצה המתארת את כל השטח (טבלה 1).

ניתוח תוצאות המתאם מצביע על קשרים טובים הקיימים בין התכונות הבאות:

- בין גובה המקום למרחק המקום מהים, לאחוז השיפוע, לדרגות החום ולטמפרטורה השנתית הממוצעת.
- בין המרחק מהים לבין דרגות החום ולטמפרטורה השנתית הממוצעת. קשרים נמצאו גם בין תכונות נוספות:
- בין הגובה מעל הים לעומק הקרקע לאחוז הסלעיות והאבניות.
- בין המרחק מהים לאחוז השיפוע ועומק הקרקע.
- בין עומק הקרקע לבין הסלעיות והאבניות.

טבלה מס' 1: מקדמי מחאס בין חכונות קרקע לתכונות טובב

התכונה	גובה מעל המים	מרחק מהים	שיפוע	יחידות בורף	חברת צומח	עומק קרקע	סלעיות ואבניות	תפניה	עומס חום 08,00	עומס חום 14,00	עומס חום 20,00	קרינה	גשם
גובה מעל הים	0.90610												
מרחק מהים													
שיפוע	0.79706	0.83378											
יחידות בורף	0.40833	0.66278	0.60205										
חברת צומח	0.67308	0.93094	0.81410	0.55494									
עומק קרקע	-0.57931	-0.7397	-0.70072	-0.80121	-0.56296								
סלעיות ואבניות	0.61050	0.66878	0.74604	0.81247	0.79646	0.35396							
תפניה	0.02084	0.02477	0.02959	-0.01419	-0.01419	0.02592	0.05653						
עומס חום 08,00	0.76129	-0.92947	-0.89388	0.00005	-0.65903	-0.70515	0.91931	-0.66233					
עומס חום 14,00	-0.63564	-0.87940	-0.76806	0.95641	0.0178	-0.50689	-0.69248	-0.89398	-0.64772				
עומס חום 20,00	-0.75118	-0.92611	-0.87988	0.90265	-0.0187	-0.68719	-0.64023	-0.90454	-0.62314				
קרינה	0.73652	-0.37018	-0.38889	0.34236	0.28462	0.33837	-0.26136	-0.21956	-0.26677	-0.28042	-0.22750		
גשם	0.51276	0.36039	0.59480	0.20605	-0.48152	-0.32265	-0.48499	-0.02015	0.50114	0.27384	0.38230	0.26599	
טמפ' שנמית ממוצעת	-0.83084	-0.84860	-0.95401	-0.59108	0.37575	0.81002	0.70365	0.82971	-0.02331	-0.7318	0.65634	-0.71269	-0.58281

PROB > |R| UNDER H0:RHO = 0

ב. מבחני מתאם ליניארי נעשו לגבי תכונות ב-20 פרופילים של קרקע, המייצגים את השתמות התכונות ב-3 שכבות עומק – לתכונות השובב, ובין תכונות הקרקע לבין עצמן (טבלה 2).

- ניתוח תוצאות המתאם בשתי טבלאות אלה מצביע על קשרים טובים הקיימים:
- בין תכולת הגיר בשכבות השונות.
 - בין תכולת אחוז החול בחדך לאחוז החרסית.
 - בין תכולת הגיר בשכבות העליונות לתפנית.
 - בין אחוז השיפוע לתכולת הסילט.

בדיקות מתאם מרובה הראו אף הן תוצאות מעניינות. לדוגמא נמצאו הקשרים הבאים:

$$AS = 145.7539 - 0.1986 \times Z - 5.8849 \times TSM$$

$$R = 0.8839$$

$$NO_8 = 25.2831 - 0.0861 \times M - 0.0026 \times L$$

$$R = 0.9475$$

שימוש בתוצאות המתאמים הליניאריים מאפשר הצגת פוטנציאל השטח בצורה הבאה:

משוואה 9:

$$P_t = f \{ H, L = f(H), Z = f(L), AS = f(Z, TSM),$$

$$S = f(L), P_R, Rad, NO_{8,14,20} = f(L, M), TSM = f(L),$$

$$Sa, S_i = f(Sa, Cl_a), Cl_a = f(Sa),$$

$$Ch \}$$

ע"י ביטול המשתנים התלויים מתקבלת הנוסחה הבאה:

משוואה 10:

$$P_t = f(H, N, P_R, Rad, Sa, Ca)$$

טבלה מס' 2

מקדמי מתאם בין תכונות קרקע אחרות לבין עצמן
ובין לבין מספר תכונות טובב *

תפנית מעלות	גובה (מ')	שיפוע (%)	קרינה (ק"מ/ק"מ ²)	גשם (מ"מ)	נוף (יה' גאומטרי)	
חול						
שכבה א'	-0.66116	-0.00708	0.63292	0.24976	0.30247	0.16673
	(0.0054)	(0.1438)	(0.4911)	(0.1930)	(0.7917)	
שכבה ב'	0.83198	-0.12039	0.75057	0.16344	0.30370	0.06305
	(0.0029)	(0.9764)	(0.2518)	(0.2882)	(0.1949)	(0.4823)
שכבה ג'	-0.64794	0.11955	0.92527	0.21400	0.14561	0.21391
	(0.0591)	(0.6156)	(0.0242)	(0.3649)	(0.5402)	(0.3652)
סילט						
שכבה א'	0.57875	0.07789	-0.93286	0.07977	-0.22368	-0.4269
	(0.1025)	(0.7441)	(0.207)	(0.7381)	(0.3431)	(0.8582)
שכבה ב'	0.56236	0.07838	-0.99410	-0.04094	-0.28872	0.06280
	(0.1150)	(0.7426)	(0.0005)	(0.8639)	(0.2170)	(0.7925)
שכבה ג'	0.32645	-0.06581	-0.93201	-0.22171	-0.22253	0.18999
	(0.3912)	(0.7191)	(0.0211)	(0.3475)	(0.3457)	(0.4224)
חרסית						
שכבה א'	0.73420	-0.63785	-0.67610	-0.2953	-0.37627	-0.16569
	(0.0243)	(0.8875)	(0.2112)	(0.2052)	(0.1020)	(0.4851)
שכבה ב'	0.91541	-0.10815	0.69175	0.14594	-0.24297	-0.07527
	(0.0005)	(0.6557)	(0.1957)	(0.5308)	(0.3020)	(0.7527)
שכבה ג'	0.82911	-0.23838	-0.67284	-0.27018	-0.11497	-0.34241
	(0.0057)	(0.3115)	(0.2133)	(0.2493)	(0.6293)	(0.1395)
גיר						
שכבה א'	-0.05426	-0.08263	-0.69463	-0.25815	-0.31827	-0.14900
	(0.8897)	(0.7291)	(0.1930)	(0.2718)	(0.1714)	(0.5307)
שכבה ב'	-0.2350	-0.08189	-0.3450	-0.04599	-0.25500	-0.1150
	(0.5000)	(0.7500)	(0.500)	(0.8500)	(0.2500)	(0.6500)
שכבה ג'	-0.01998	-0.15419	-0.63892	-0.2478	-0.27532	-0.20838
	(0.6200)	(0.5163)	(0.2459)	(0.3770)	(0.2401)	(0.3780)

$$\text{prob} > |R| \text{ under } H_0 : \rho = 0$$

המספר בסוגרים מצביע על הסיכוי האחוזים שמקדם הקורלציה יהיה לא נכון.

סיכום

משתנים המבטאים פוטנציאל שטח ים תיכוני אופייני בגודל של כ-1000 קמ"ר —
נאספו לצורך בדיקת קיום קשרי גומלין ביניהם. התקבל הביטוי:

$$P_t = f(H, N, P_R, \text{Rad}, S_a, C_a)$$

שלרכיביו השונים מקדמי קורלציה גבוהים עם 30 משתני פוטנציאל שונים
השוואת הפונקציה, תוך התאמת מקדמים מתאימים, אל מטריצה של קבועים המבטאת
את ציפיות האדם משטח מסוים, מאפשרת קביעת פוטנציאל השטח.

(ההעברה לעמוד 46)