

אורי רול

המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת
תל-אביב

לואי סטון

המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת
תל-אביב

שי מאירי

המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת
תל-אביב

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

רול א, סטון ל ומאירי ש. 2010.
ישראל עשירה במיוחד בעולם החי
והצומח שלה – האומנם? *אקולוגיה
וסביבה* 1(3): 24–35.



יגל נובי בנווה עין גדי | צילום: ענב וידן

ישראל עשירה במיוחד בעולם החי והצומח שלה – האומנם?

3 באוקטובר, 2010

גיליון סתיו 2010 / כרך 1(3)

[חזית המחקר](#)

תקציר

ישראל נחשבת בספרות כמדינה בעלת עושר מינים גבוה ביחס לשטחה, אך הנחה זו מעולם לא נבחנה תוך התחשבות ביחס המקובל שבין מספר המינים לשטח. כדי לבחון אם ישראל אכן יוצאת דופן בעושר המינים שלה, השווינו בין שטחן של מדינות שונות למספרי המינים של כמה קבוצות טקסונומיות השוכנות בתחומן (בסקלות לוגריתמיות). הקבוצות שבדקנו היו דו-חיים, עופות, יונקים, זוחלים, צמחים בעלי פרחים, שרכים, מחטניים וציקדיים, וכל קבוצה נבחנה בנפרד. בנוסף, בחנו כיצד משפיעים קו הרוחב הממוצע של המדינה, טווח הגבהים בה מהנקודה הגבוהה ביותר לנמוכה ביותר ועובדת היותה אי או חלק מיבשת, על עושר המינים בטקסונים השונים. את כל המבחנים ביצענו גם על כל מדינות העולם וגם רק עבור מדינות שלפחות 25% משטחן מאופייין באקלים ים תיכוני. בהמשך גם הגבלנו את הניתוחים שלנו למדינות ששטחן גדול מ-1,000 קמ"ר. בכל מבחן בדקנו אם ישראל חורגת מגבולות הניבוי של קו הרגרסיה וכן את מיקום ערך השארית (residual) שלה מקו הרגרסיה, ביחס ליתר השאריות. לגבי כל הטקסונים, גם ברגרסיה הפשוטה מול השטח בלבד וגם בניתוח השונות המשותפת, ישראל לא חרגה במספר המינים שלה מגבולות הניבוי עבור מדינה בשטח שלה (גם בהשוואה מול כל מדינות העולם וגם בהשוואה מול מדינות ים תיכוניות בלבד). עבור חלק מהטקסונים ישראל נמצאת מעל קו הרגרסיה אך עבור חלקם היא מתחתיו (בעיקר עבור צמחים), ובכל מקרה ישראל אינה חורגת מקו זה באופן מובהק. בניתוח השאריות ישראל הופיעה רק פעם אחת בעשירון העליון של השאריות החיוביות – עבור זוחלים, בהשוואה לכלל מדינות העולם, בניתוח השונות המשותפת. כשישראל הושוותה רק למדינות ים תיכוניות הגדולות מ-1,000 קמ"ר היא בלטה בעושר מיני הזוחלים והיונקים שלה. באופן כללי לא ניתן לומר שישראל חריגה בעושר מיני החי והצומח שלה מהצפוי למדינה בסדר הגודל שלה, הן בהשוואה לכלל מדינות

העולם הן בהשוואה רק למדינות בעלות אקלים ים תיכוני. הוספת גורמים מסבירים נוספים אינה משנה עובדה זו.

מבוא

יהיו מוקדים של מגוון ביולוגי גבוה הוא מטרה ראשונה במעלה בתכנון ובניהול שמירת טבע [24,17]. לאחר שהמוקדים הללו זוהו ניתן להעניק להם הגנה, משאבים ותשומת לב מוגברת. כתוצאה מהחשיבות הרבה בהגדרת מוקדים של עושר מינים (biodiversity hot-spots), קיים מאמץ מדעי ניכר להגדיר ולאפיין את האזורים הללו. עם זאת, עדיין קיימות מחלוקות רבות בספרות המדעית בנוגע לדרך המוצלחת לאפיין מוקדי מגוון, וקיימים הבדלים בזיהויים של מוקדי המגוון [37,18,16,8,6]. לדוגמה, אגן הים התיכון נחשב אזור עשיר במינים במחקרים מסוימים [20,19], אך לא באחרים [32,21]. במקורות ישראל, הארץ היוותה תמיד מקום מיוחד, לא רק עקב קדושתה הדתית אלא גם בשל מאפייניה הפיזיים והביולוגיים. בתארו את ארץ הבחירה לבני ישראל במדבר, אלוהים מציינ גם את עושר עולם החי והצומח שלה

"כִּי יְהוָה אֱלֹהֶיךָ, מְבִיאָךְ אֶל-אֶרֶץ טוֹבָה: אֶרֶץ, נַחֲלֵי מַיִם עֵינֶת וְתֵהֱמֶת, יִצְאִים בְּבִקְעָה וּבְקָרָה. אֶרֶץ חֹטָה וְשֹׁעֲרָה, וְגִפְסָן וְתֵאֲנָה וְרַמּוֹן, אֶרֶץ-זֵית שָׁמֶן, וְדִבְשָׁה." (דברים ח 7-8). הד לכך נשמע גם בנבואותיו של ירמיהו "... וְאֶתֶּן-לְךָ אֶרֶץ חֲמֹדָה, נַחֲלֹת צְבִי צְבָאוֹת גּוֹיִם" (ירמיהו ג 19). בהמשך מפורט שוב הגיוון הנופי של ישראל "כִּי הָאֶרֶץ, אֲשֶׁר אֶתָּה-בָּא-שָׁמָּה לְרִשְׁתָּהּ לֹא כָאֶרֶץ מִצְרַיִם הִוא... וְהָאֶרֶץ, אֲשֶׁר אַתֶּם עֹבְרִים שָׁמָּה לְרִשְׁתָּהּ אֶרֶץ הָרִים, וּבְקָעוֹת; לְמִטַּר הַשָּׁמַיִם, תִּשְׁתֶּה-מֵיָם. אֶרֶץ, אֲשֶׁר-יְהוָה אֱלֹהֶיךָ דִּרָשׁ אֹתָהּ: תִּמְדֵּךְ, עֵינֵי יְהוָה אֱלֹהֶיךָ בָּהּ מִרְשֵׁית הַשָּׁנָה, וְעַד אַחֲרֵית שָׁנָה." (דברים יא 10-12)

מהלך ההיסטוריה של העם היהודי בגלות נפשו תמיד כמהה אל עבר ארץ זו – ארץ זבת חלב ודבש. בעידן המודרני חוקרים ומטיילים שעברו בארץ היללו לא פעם את עושרה הביולוגי של ישראל ביחס לשטחה המצומצם ונתנו לכך ביטוי בכתביהם. הנרי בייקר טריסטרם (Tristram) היה חוקר הטבע הראשון של ארץ ישראל בעת החדשה. הוא ביקר בה, וסקר את עולם החי שלה מספר פעמים באמצע המאה ה-19. בהקדמה לאחד מספריו המתאר את מסעותיו בארץ הוא מציינ: "בשל מצבה הגאוגרפית של ארץ ישראל והגאולוגיה שלה, יש חשיבות מופלגת לחקר החי והצומח שבה; ובדיקה מדוקדקת מגלה תוצאות מעניינות אף יותר ממה שהיה אפשר לצפות לנוכח מצבו המיוחד של האזור הזה, בקצה המרוחק של האזור הפליארקטי הגדול" [2, עמ' 11].

ישראל אהרני – הזואולוג העברי הראשון – היה אף מליצי יותר כשהתייחס לעולם החי של ישראל: "פלסטינה הקטנה הזו... היא אכן נס עולמי (miraculum mundi) לא רק על בסיס ייחודה וחשיבותה ההיסטוריים אלא גם עקב עולם החי המיוחד שלה. אינני מכיר מדינה כה קטנה בכל העולם אשר ניתן למצוא כל כך הרבה בעלי חיים בקרב עולם הטבע הייחודי ויוצא הדופן שלה" [4].

לאמונה זו בגדולתו ובייחודו של עולם החי של ישראל היו הדים במהלך כל המאה ה-20, בין היתר בכרך "ארץ ישראל" לאנציקלופדיה העברית בחלק המתייחס לצמחים ולזוחלים של ישראל [3]. בהמשך, בהקדמה לספרם על הזואוגאוגרפיה של ארץ ישראל, צ'רנוב ויום-טוב [26] (Tchernov and Yom-Tov) קובעים: "המגוון הגדול של אזור הלבנט בא לידי ביטוי אפילו בתוך שטחה הקטן של ישראל, והוא גבוה יותר מכל שטח דומה ברחבי הממלכות הפלארקטית והניארקטית. ניתן להתייחס אליו כאחד האזורים הטבעיים העשירים והמגוונים ביותר ברחבי האזורים הממוזגים של העולם, ביחס לגודלו".

הטיעונים בדבר עושר המינים הגבוה במיוחד של ישראל נובעים ממיקומה הייחודי במפגש בין מספר חבלים ביוגאוגרפיים ומהאפשרות של מינים רבים ושונים למצוא בתי גידול מתאימים לאורך מגוון רב של קרקעות ושל תנאי אקלים בארץ [26,3]. כלומר, הגורם הבסיסי לעושר המינים הגבוה בישראל (עושר מינים אזורי המכונה גם מגוון גאמה – gamma diversity) הוא תחלופת מינים גבוהה בין בתי גידול שונים (מגוון ביתא – beta diversity), ולאו דווקא עושר מינים מקומי גבוה (מגוון אלפא – alpha diversity). עם זאת, הנחה בסיסית זו מעולם לא נבדקה מפורשות או נתמכה בנייתו של מסדי נתונים מקיפים. טיעון נוסף לגיוון עולם החי של ישראל הוא שמיקומה בצומת בין יבשות מביא לעושר מינים גבוה, אם כי לא ברור אם גורם זה אמור להשפיע בהעלאת מגוון ביתא או מגוון אלפא [26].

ככל הידוע לנו, הרעיון שבישראל עושר מינים גבוה במיוחד נבדק עד כה בצורה כמותית רק פעם אחת, וניתוח זה שוכפל אחר כך פעמים אחדות. עזריה אלון [1] בכרך המבוא של האנציקלופדיה של החי והצומח של ארץ ישראל מנסה לבסס את הרעיון הזה. הוא מציג שתי טבלאות עם מספרי צמחים ועופות וכן עם שטחי המדינות עבור ישראל יחד עם מספר מדינות גדולות (טבלה 1). בטבלאות הללו הוא גם מחשב את היחס הפשוט בין מספר המינים (S) והשטח (A) ומראה שבישראל מספר המינים ליחידת שטח (S/A) הוא גבוה יותר מכל יתר המדינות והאזורים שבמדגם שלו. חישוב זה היה יכול להיות רלוונטי לו מספר

המינים ששטח מכיל היה עולה בצורה ישרה (לינארית) עם העלייה בשטח; כלומר לו אזור כפול בשטחו היה מכיל פי שניים מינים. דוגמה פשוטה יכולה להראות עד כמה חשיבה זו אינה נכונה – ביציאה לגינה או לחצר ששטחה 10*10 מטר (או 0.0001 קמ"ר) ניתן בנקל לספור 10 מינים שונים של עופות (או צמחים). לו יחס הצבירה של המינים היה ישר, הרי שבכל שטח מדינת ישראל (כ-20,000 קמ"ר) היינו מצפים למצוא כ-2 מיליארד מינים שונים של ציפורים. בהתחשב בעובדה שבכל העולם כולו מוכרים כיום כ-10,000 מינים שונים של עופות בלבד דברים יא 10–12 ברור שהחישוב הפשוט שלעיל יסודו בטעות.

מדינה	מספר מיני עופות	שטח (קמ"ר)	מספר מיני עופות ל-1,000 קמ"ר
ישראל (כולל השטחים)	470	29,600	15.8
בריטניה ואירלנד	489	244,400	2
סקנדינביה	295	744,000	0.38
גרמניה	258	356,500	0.73
פולין	230	312,000	0.74
ברית המועצות (לשעבר)	728	22,400,000	0.03
סין	1,198	9,800,000	0.12
יפן	533	370,000	1.44
עיראק	420	444,000	0.95
מצרים	427	990,000	0.43
סודן	871	2,500,000	0.35

טבלה 1. מספר מיני העופות במדינות שונות בהשוואה לשטח הממחישה את יחס העופות לשטח הגבוה של ישראל. יש לשים לב שכל המדינות גדולות לפחות בסדר גודל מישוראל. הטבלה מעובדת מאלון^[1].

טבלה 1

מספר מיני העופות במדינות שונות בהשוואה לשטח הממחישה את יחס העופות לשטח הגבוה של ישראל

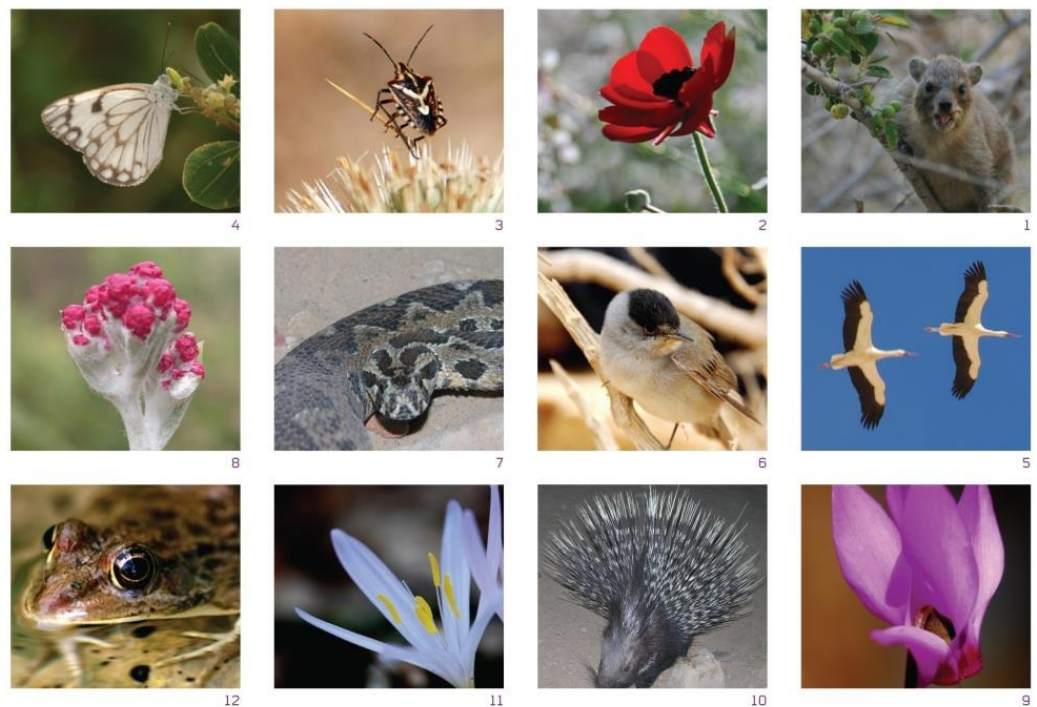
יש לשים לב שכל המדינות גדולות לפחות בסדר גודל מישוראל. הטבלה מעובדת מאלון^[1].

מראשית המאה ה-20 מקובל בעולם האקולוגיה שהיחס בין מספר המינים לשטח מקבל את הצורה המעריכית הבאה: $S=c \cdot z^c$ כאשר c ו- z הם קבועים^[5]. הערכים של מקדם החזקה z נבדקו בעבודות רבות ובדרך כלל הם נעים בין 0.15 ל-0.35^[25, 23, 15]. לפיכך, כאשר ערכי z קטנים מ-1, היחס בין מספר המינים לשטח (S/A) יקטן ככל שהשטח הנדגם יגדל: $S/A = cA^{(z-1)}$ ^[1]. בטבלה 1 המבוססת על אלון^[1] כל המדינות שאליהן מושווית ישראל גדולות ממנה בשטחן לפחות בסדר גודל. אי לכך, ההשוואות שלו המבוססות על כך שהיחס בין מספר המינים לשטח הוא קבוע ($S/A = \text{constant}$) – מביאות למסקנות מוטעות. בעבודה זו ניסינו לבדוק אם ישראל אכן מאופיינת בעושר מינים גבוה ביחס לשטחה כאשר לוקחים בחשבון את היחס המעריכי הנכון בין מספר המינים והשטח. בדקנו גם את השפעתם של גורמים שונים הידועים כמשפיעים על עושר המינים של אזור כלשהו – קו רוחב, טווח גבהים מהנקודה הגבוהה ביותר לנמוכה ביותר ואם המדינה היא יבשתית או מורכבת מאיים בלבד^[13], תוך התייחסות לעושר המינים של ישראל.

שיטות

אספנו מאתר Earthtrends^[7] נתונים על עושר המינים של מדינות העולם השונות עבור דו-חיים, עופות, יונקים, זוחלים, דגים, צמחים בעלי פרחים, מחטניים וציקדיים (כקבוצה אחת) ושרכים. מכיוון שדגים לא הראו יחס מובהק בין מספר המינים לשטח היבשתי ($R^2 = 0.0006$; $p\text{-value} = 0.73$) הם הוצאו מכל יתר הניתוחים. שטחי המדינות השונות נלקחו מאתר האו"ם^[33]. נתוני השטח (A) ומספר המינים (S) עברו המרה לוגריתמית כדי לאפשר התאמה לינארית ברגרסיה (בעקבות המרתה של המשוואה $S=cA^z$ למשוואה $\text{Log}S = z\text{Log}A + \text{Log}c$). בנוסף, צוינו לגבי כל מדינה קו הרוחב שלה (במרכז), טווח הגבהים שלה מהנקודה הגבוהה ביותר לנמוכה ביותר וכן אם היא יבשתית או מורכבת מאיים. את כל הניתוחים עשינו גם על כל מדינות העולם יחדיו וגם רק על מדינות בעלות אקלים ים תיכוני (כאלה שלפחות ברבע משטחן שורר אקלים זה – סך הכול 18 מדינות). לכל קבוצת בעלי חיים או צמחים (טקסון) בוצעה רגרסיה בין לוגריתם מספר המינים ללוגריתם השטח. עבור כל אחד מהמבחנים הללו חושבו גבולות הניבוי^[38] למדינה בשטח של מדינת ישראל, ונבדק אם עושר המינים של ישראל עבור הטקסון הנבחן נופל בין גבולות הניבוי הללו. גבולות הניבוי הללו מאפשרים לנו לדעת אם הערך של עושר המינים של ישראל יכול להיות מוסבר, בהסתברות של 95%, על-ידי מודל הרגרסיה עבור עושר המינים של כל המדינות בטקסון הנבחן. בנוסף, בחנו את כלל השאריות (residuals) ממודל הרגרסיה תוך שאנו מפרידים שאריות חיוביות ושליליות ומחלקים אותן לחציונים, לרבעונים

ולעשיריון העליון או התחתון. ערך השארית היחסי של ישראל הושם בקטגוריה הגבוהה ביותר (עבור שאריות חיוביות) או הנמוכה ביותר (עבור שאריות שליליות) שאליה הוא יכול להשתייך. עבור כל אחד מהניתוחים מיקומה היחסי של השארית של עושר המינים של ישראל חולק בסך כל מספר השאריות החיוביות או השליליות (בהתאם למיקומה של השארית של ישראל). נתון זה נתן את האחוזון המדויק של מיקומה של ישראל עבור אותו המבחן. לכל הערכים הללו עבור המבחנים השונים בוצע ממוצע וחושבו סטיות התקן כדי לקבל את האחוזון הממוצע של השאריות של ישראל ביחס לכלל הטקסונים. לאחר מכן, בדקנו את השפעתם של הגורמים הנוספים (קו רוחב, גובה, והיות המדינה מורכבת מאיים או מיבשה) על מספר המינים על-ידי ניתוח שונות משותפת (ANCOVA). גם כאן בדקנו את מיקומה של ישראל ביחס לגבולות הניבוי של ניתוחי השונות המשותפת השונים וכן את מיקומה היחסי של השארית שלה בכל אחד מהמודלים הללו. בנוסף, חזרנו על בדיקת יחס המינים לשטח רק עבור מדינות ששטחן עולה על 1,000 קמ"ר מכיוון שקיימת ביקורת בספרות על התאמתו של המודל המעריכי ליחס מינים לשטח עבור אזורים ששטחם מצומצם^[12,14]. ניתוח זה בוצע גם לכלל מדינות העולם וגם רק עבור מדינות בעלות אקלים ים תיכוני. מדינות עם ערכים של אפס עבור עושר המינים בטקסון כלשהו הוצאו מהניתוחים עקב חשש שהערכים הללו אינם אמיתיים ולמעשה מייצגים חוסר במידע עבור אותה המדינה. בסך הכל בוצעו 42 ניתוחים עבור שבעה טקסונים, כל פעם רק כנגד השטח או עם כל גורמי הניבוי, עם כל מדינות העולם או רק עם מדינות ים תיכוניות ושוב רק עבור מדינות עם שטח הגדול מ-1,000 קמ"ר (ניתוח השונות המשותפת לא בוצע למדינות עם שטח מעל 1,000 קמ"ר).



מגוון מיני חי וצומח מרת' בי ישראל: 1. שפן סלע. 2. נורית אסיה. 3. פשפש ממשפחת התרסייתיים. 4. לבנין משיש. 5. חסידה לבנה. 6. סיבכי שחור-כיפה. 7. צפע ארץ ישראלי. 8. דם מכבים אדום. 9. רקפת מצויה. 10. דרבן מצוי. 11. סתונית היורה. 12. צפרדע הנחלים | צילום: ענב וידן (1-6, 9, 11, 12), גיל רילוב (7, 10) וניר אוהד (8)

תוצאות

השארית של ישראל הייתה בעשירון העליון של השאריות רק פעם אחת מתוך 28 מבחנים – עבור זוחלים, בהשוואת כל ארצות העולם, בניתוח השונות המשותפת עם כל הגורמים המסבירים (טבלה 2). עבור כל המבחנים, לארצות בכל הגדלים ולכל הטקסונים, האחוזון הממוצע של ישראל היה 23% מעל קו הרגרסיה עם סטיית תקן של 61%. נתון זה היה 31% מעל קו הרגרסיה עם סטיית תקן של 58% בהשוואת ישראל לכלל מדינות העולם ו-16% מעל קו הרגרסיה עם סטיית תקן של 65% בהשוואת ישראל רק למדינות ים תיכוניות. כלומר בעוד שעושר המינים של ישראל נמצא באופן ממוצע מעל לקו הרגרסיה הרי שללא ספק הוא אינו שונה באופן מובהק מקו הרגרסיה עצמו. מתוך 42 ניתוחי הרגרסיה וניתוחי השונות המשותפת, 40 יצאו

מובהקות (טבלאות 3, 4).

טבלה 2. מיקומה היחסי של השארית של ישראל בהשוואה ליחיד השאריות – עבור מדינות בכל הגדלים השאריות מחולקות לחיוביות ולשליליות ומחלקים אותן לחצינים, לרבעונים ולעשירון העליון או התחתון. החציון התחתון של השאריות החיוביות נקרא "מעל הקו" והחציון העליון של השאריות השליליות נקרא "מתחת לקו". בטבלה ניתן לראות הפרדה בין הטקסונים השונים, ניתוחים לכל המדינות או רק למדינות בעלות אקלים ים תיכוני, וכן ניתוח מול שטח בלבד או מול כל הגורמים המסבירים.

רגרסיה מול השטח		ניתוח שונות משותפת	
כל העולם	מדינות ים תיכוניות	כל העולם	מדינות ים תיכוניות
דיריים	מתחת לקו	מעל הקו	מתחת לקו
עופות	רבעון עליון	חציון עליון	רבעון עליון
יונקים	רבעון עליון	רבעון עליון	חציון עליון
זוחלים	חציון עליון	רבעון עליון	חציון עליון
צמחים בעלי פרחים	מעל הקו	חציון עליון	חציון עליון
מחטניים וציקדיים	מעל הקו	רבעון תחתון	חציון תחתון
שרכים	רבעון תחתון	חציון תחתון	מתחת לקו

טבלה 2

מיקומה היחסי של השארית של ישראל בהשוואה ליחיד השאריות – עבור מדינות בכל הגדלים

השאריות מחולקות לחיוביות ולשליליות ומחלקים אותן לחצינים, לרבעונים ולעשירון העליון או התחתון. החציון התחתון של השאריות החיוביות נקרא "מעל הקו" והחציון העליון של השאריות השליליות נקרא "מתחת לקו". בטבלה ניתן לראות הפרדה בין הטקסונים השונים, ניתוחים לכל המדינות או רק למדינות בעלות אקלים ים תיכוני, וכן ניתוח מול שטח בלבד או מול כל הגורמים המסבירים.

טבלה 3. תוצאות של ניתוחי הרגרסיה של מספר המינים כנגד השטח וניתוח השונות המשותפת כנגד כל הגורמים המסבירים טבלה זו מציגה את הניתוחים עבור מדינות בכל הגדלים, מול כל מדינות העולם או רק מול מדינות ים תיכוניות, לשבעה טקסונים שונים.

מספר מדינות לטקסון ולאזור	מספר מינים ישראלים לאזור ולטקסון	ערך מובהקות של הרגרסיה	מקדם הרגרסיה R ² -	ההסתברות של ישראל בחור גבולות הניבוי	ערך מובהקות של ניתוח השונות המשותפת	ערך R ² של ניתוח השונות המשותפת
דיריים	כל העולם	192	8	<0.0001	0.404	0.365
דיריים	ים תיכוני	15	8	0.0004	0.628	0.49
עופות	כל העולם	217	534	<0.0001	0.592	0.151
עופות	ים תיכוני	16	534	0.0021	0.502	0.272
יונקים	כל העולם	215	115	<0.0001	0.711	0.145
יונקים	ים תיכוני	16	115	<0.0001	0.862	0.114
זוחלים	כל העולם	212	99	<0.0001	0.434	0.189
זוחלים	ים תיכוני	16	99	<0.0001	0.741	0.081
צמחים בעלי פרחים	כל העולם	162	2,780	<0.0001	0.45	0.293
צמחים בעלי פרחים	ים תיכוני	11	2,780	<0.0001	0.834	0.391
מחטניים וציקדיים	כל העולם	117	6	<0.0001	0.276	0.36
מחטניים וציקדיים	ים תיכוני	10	6	0.0032	0.683	0.144
שרכים	כל העולם	129	25	0.0011	0.08	0.125
שרכים	ים תיכוני	10	25	<0.0001	0.867	0.101

טבלה 3

תוצאות של ניתוחי הרגרסיה של מספר המינים כנגד השטח וניתוח השונות המשותפת כנגד כל הגורמים המסבירים

טבלה זו מציגה את הניתוחים עבור מדינות בכל הגדלים, מול כל מדינות העולם או רק מול מדינות ים תיכוניות, לשבעה טקסונים שונים.

טבלה 4. תוצאות ניתוחי הרגרסיה של מספר המינים כנגד השטח עבור מדינות ששטחן עולה על 1,000 קמ"ר הטבלה מחולקת לשבעה טקסונים שונים, ומציגה את הניתוחים מול כל מדינות העולם או רק עבור מדינות ים תיכוניות. * מייצג רגרסיה לא מובהקת, (-) מייצג שארית שלילית.

מיקום השארית של ישראל	מקדם הרגרסיה - R2	ערך מובהקות	מספר מדינות	
107 (-)	0.218	<0.0001	168	דורחיים
5	0.558	0.0053	12	ים תיכוני
22	0.401	<0.0001	179	כל העולם
1	0.173	0.1783	12	ים תיכוני *
31	0.511	<0.0001	179	כל העולם
1	0.539	0.0066	12	ים תיכוני
34	0.238	<0.0001	176	כל העולם
1	0.411	0.02467	12	ים תיכוני
46	0.298	<0.0001	146	כל העולם
6	0.689	0.003	10	ים תיכוני
48	0.144	<0.0001	107	כל העולם
8 (-)	0.364	0.0852	9	ים תיכוני *
103 (-)	0.041	0.0285	116	כל העולם
8 (-)	0.699	0.005	9	ים תיכוני

טבלה 4

תוצאות ניתוחי הרגרסיה של מספר המינים כנגד השטח עבור מדינות ששטחן עולה על 1,000 קמ"ר

הטבלה מחולקת לשבעה טקסונים שונים, ומציגה את הניתוחים מול כל מדינות העולם או רק עבור מדינות ים תיכוניות.

* מייצג רגרסיה לא מובהקת, (-) מייצג שארית שלילית.

שתי הרגרסיות הלא מובהקות היו עבור מדינות ים תיכוניות בלבד לאחר השמטת מדינות הקטנות מ-1,000 קמ"ר. [איור 1](#) מציג גרפים של הרגרסיה הליניארית של מספר מינים כנגד שטח, עבור כל ארצות העולם (לאחר המרה לוגריתמית). ניתן לראות בכל הניתוחים קשר ליניארי בין לוגריתם מספר המינים ללוגריתם השטח. [איור 2](#) מציג את התמונה המקבילה עבור הניתוחים למדינות ים תיכוניות. בכל 42 הניתוחים ישראל תמיד נפלה בתוך גבולות הניבוי של המודלים השונים ([איורים 1, 2](#) וטבלאות [3, 4](#)) ולא הייתה חריגה בעושר המינים שלה תוך שימוש במדד זה. הניתוח של כלל מדינות העולם ששטחן עולה על 1,000 קמ"ר הניב תוצאות דומות. עבור כלל הטקסונים ישראל לא חרגה אף פעם מגבולות הניבוי של המודלים, ולא היה מקרה שבו השארית שלה הייתה בקרב העשירון העליון של השאריות החיוביות ([טבלה 4](#)). ניתוח זה רק עבור מדינות ים תיכוניות ששטחן עולה על 1,000 קמ"ר הניב תוצאות מעניינות. בניתוח זה לישראל השארית הגבוהה ביותר (במדגמים המצומצמים הללו של 9–12 מדינות) עבור שלושה טקסונים - יונקים, זוחלים ועופות ([טבלה 4](#)). עם זאת, ניתוחי הרגרסיה הללו לא היו מובהקים עבור עופות וקבוצת המחסניים והציקדיים.

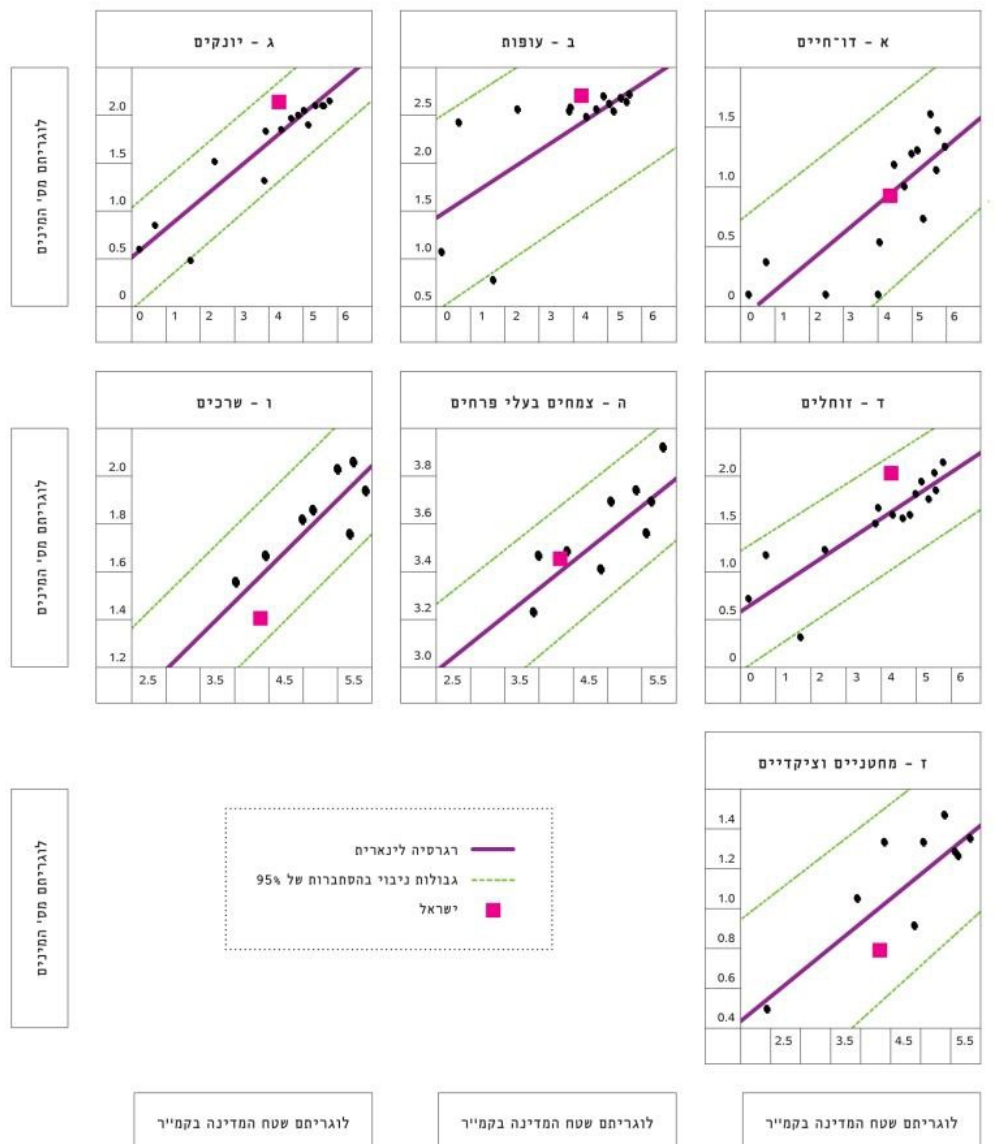
מוצגות לאחר המרה לוגריתמית, עבור שבעה טקסונים שונים, בהשוואת המידע על כל מדינות העולם.



מוצגות לאחר המרה לוגריתמית, עבור שבעה טקסונים שונים, בהשוואת המידע על כל מדינות העולם.

איור 2. רגרסיות של מספר המינים כנגד שטח המדינה

מוצגות לאחר המרה לוגריתמית, עבור שבעה טקסונים שונים, בהשוואת מדינות בעלות אקלים ים תיכוני.



איור 2

רגרסיות של מספר המינים כנגד שטח המדינה

מוצגות לאחר המרה לוגריתמית, עבור שבעה טקסונים שונים, בהשוואת מדינות בעלות אקלים ים תיכוני.

דיון

העלייה במספר המינים עם העלייה בגודל השטח הנדגם תוארה זה מכבר כאחד החוקים השרירים והקיימים הבודדים באקולוגיה [30]. העובדה שקשר זה אינו לינארי ידוע כבר ממחקריו של Arrhenius מ-1921 [5] (ואולי אף קודם לכן מעבודתו של Watson ב-1835 [35]). יש דיון נרחב בספרות על הפונקציה המתאימה ביותר לקשר זה עבור נתונים בעלי אופי שונה [9, 10, 25, 27, 29]. Scheiner [28] טוען שהקשר המעריכי המוזכר למעלה הוא המתאים ביותר לתיאור אזורים נבדלים השונים בשטחם ולפיכך מתאים לתיאור יחס המינים לשטח עבור מדינות שונות.

מספר עבודות הראו שכאשר לא לוקחים בחשבון את ההצטברות הלא לינארית של מינים עם שטח ניתן להגיע למסקנות מוטעות [22, 24]. עד כה, הטענות בדבר עושרו יוצא הדופן של עולם החי של ישראל לא לקחו בחשבון עובדה זו. אין זה מפתיע,

שישראל נחשבה לעשירה במיוחד בניתוחים הללו כאשר היא הושוותה רק למדינות הגדולות ממנה מאוד בשטח. לאחר שאנו מבצעים את התיקון הנדרש לצבירה הלא לינארית של מינים עם שטח אנו מוצאים שעושר המינים של ישראל נופל באזור הצפוי לו בתוך גבולות הניבוי של המודל של עושר מינים כנגד שטח או כנגד השילוב של שטח, קו רוחב, גובה והיות המדינה אי או יבשה.

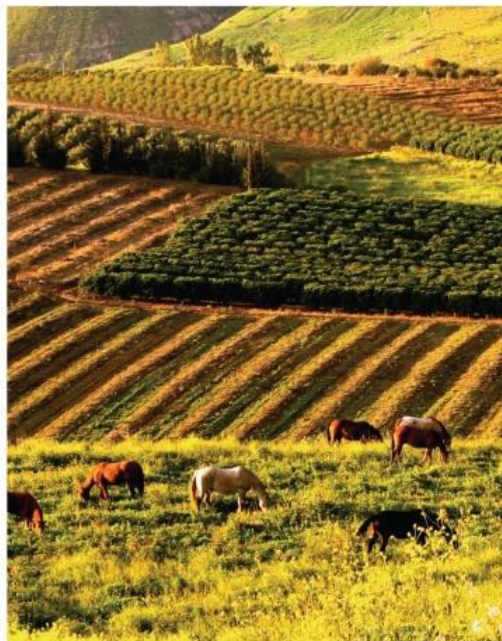
השתמשנו במספר שיטות סטטיסטיות, וביצענו את הניתוחים בנפרד על כל ארצות העולם או רק על כאלו ששורר בהן אקלים ים תיכוני ולא מצאנו שישראל חריגה בעולם החי והצומח שלה מהצפוי למדינה בגודלה. גם הוספת גורמים מסבירים נוספים לשטח לא שינתה את התוצאה. רק פעם אחת (מתוך 28 פעמים שבהן נלקחו בחשבון מדינות בכל הגדלים) ישראל הייתה שייכת לעשירון העליון של השאריות החיוביות – כאשר הושווה עושר הזוחלים שלה לכל מדינות העולם ונלקחו בחשבון כל הגורמים המסבירים (שטח, קו רוחב, גובה והיות המדינה אי או יבשה). גם כאשר צמצמנו את המדגם שלנו רק למדינות הגדולות מ-1,000 קמ"ר ישראל לא הייתה חריגה, פרט להשוואות למדינות הים תיכוניות.



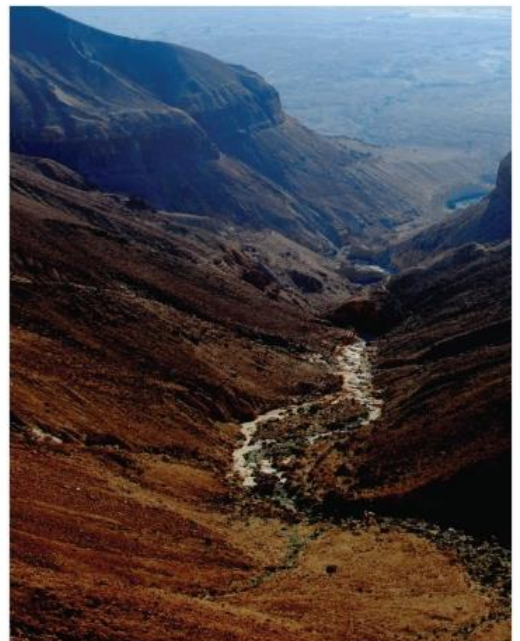
2



1



4



3

מגוון בתי גידול: 1. חורש בשמורת תל דן. 2. מישור החוף, מדרום למעגן מיכאל. 3. נחל במדבר יהודה. 4. שטחי חקלאות ומרעה

ברמת הגולן | צילום: ענב וידן (1-3) ושפרה לזיתן (4)

אמנם ישראל ממוקמת במפגש של יבשות, אך יש לציין שהיא כולה מוכללת בתוך הממלכה הפלארקטית וייתכן שאינה אזור מעבר ביוגאוגרפי ייחודי כפי שנטען בעבר. ישראל אינה סמוכה לגבול בין הממלכות הביוגאוגרפיות האתיופית והפלארקטית והיא מרוחקת למדי מהממלכה האוריינטלית. בנוסף, בעוד שהימצאות על גבולות ביוגאוגרפיים יכולה לתרום להעלאת המגוון הפילוגנטי והאקולוגי, היא לא משפיעה בהכרח על עושר המינים האזורי, מעבר לתרומתה להעלאת מגוון ביתא. יש לציין כי תחלופת מינים גבוהה זו אף נחשבת לעתים כתורמת להיכחדות מינים ולא דווקא להעלאת המגוון המקומי [34], ולכן מיקומה של ישראל אינו תורם בהכרח להעלאת עושר המינים בה. זגוון המינים המקומי (מגוון אלפא) של ישראל מעולם לא תואר כגבוה במיוחד. מספר חוקרים [36,11] שבחנו את עושר המינים המקומי של לטאות ושל עופות במדבריות הארץ אף ציינו שמגוון אלפא בהם הוא נמוך למדי. מספר גורמים נחשבו כתורמים למגוון האזורי הגבוה של ישראל וביניהם מיקומה הביוגאוגרפי, מגוון הקרקעות שבה, טווחי הגבהים הנמצאים בה, תנאי האקלים השוררים בה וההיסטוריה הגאולוגית הייחודית שלה [26]. הגורמים הללו ואחרים אמורים להביא למגוון בתי גידול גבוה שאמור להביא לעושר מינים גבוה. במחקר זה לא בדקנו מגוון אלפא או ביתא, אך איננו מוצאים שהביטוי הצפוי שלהם במגוון גאמא מוליך את ישראל להיות עשירה במיוחד במספר המינים שבה. תוצאות עבודה זו משקפות מחשבות נוספות שהיו לטריסטרם בעקבות ביקוריו בארץ לפני כ-150 שנה: "אף שעולם החי של פלסטינה אינו דומה להדר הטרופי של הודו או לעושר הבלתי נדלה של דרום אמריקה, מבני הכנף שלה ניתן ללמוד שיעורים של אמונה וביטחון ומפרחי השדה שלה ניתן ללמוד שיעורים בענוה." [31, עמ' vi]

תודות

אנו רוצים להודות לאנשים הבאים: ארז אונגר, יונתן בלמייקר, יואב בנימיני, אורן ברנע, ריץ' גריינר, חואקין הורטל, ענב וידן, קוסטס טריסטיס, יורם יום-טוב, אנדרו סולו, דניאל סימברלוף אנדרו פרביס ורון קדמון על עצותיהם המועילות. אורי רול נתמך על-ידי קרן מלגות אדאמס של האקדמיה הלאומית למדע.



צילום: ענב וידן

מקורות

1. אלון ע. 1990. החי והצומח של ארץ ישראל, אנציקלופדיה שימושית מאוירת. כרך 1: מבואות

ומפתחות. תל-אביב: משרד הבטחון ההוצאה לאור.

2. טריסטרם ה"ב. 1884. החי והצומח של ארץ ישראל – חלק החי. מויאל ח (תרגום ועריכה. 2007). ירושלים: מוסד ביאליק.
3. נתניהו ב. 1957. האנציקלופדיה העברית, כללית, יהודית וישראלית. כרך ו': ארץ ישראל. ירושלים: החברה להוצאת אנציקלופדיות בע"מ.
4. Aharoni J. 1929. Birds of Palestine. Jerusalem (Typescript held by the Natural History Museum, Tring, UK): Unpublished typescript based on a series of articles originally published in "lines of communication".
5. Arrhenius O. 1921. Species and area. *Journal of Ecology* **9**: 95-99.
6. Brummitt N and Lughadha EN. 2003 Biodiversity: Where's hot and where's not. *Conservation Biology* **17**: 1442-1448.
7. Earthtrends. 2008. [Biodiversity and Protected Areas, Searchable Database](#). Viewed 1 Sep 2008.
8. Ferrier S. 2002. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: Where to from here? *Systematic Biology* **51**: 331-363.
9. Gray JS, Ugland KI, and Lambshead J. 2004. Species accumulation and species area curves – a comment on Scheiner (2003). *Global Ecology and Biogeography* **13**: 473-476.
10. Guilhaumon F, Gimenez O, Gaston KJ and Mouillot D. 2008. Taxonomic and regional uncertainty in species-area relationships and the identification of richness hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **105**: 15458-15463.
11. Kelt DA, Brown JH, Heske EJ, Marquet PA, Morton SR, Reid JRW, Rogovin KA, and Shenbrot G. 1996. Community structure of desert small mammals: Comparisons across four continents. *Ecology* **77**: 746-761.
12. Lomolino MV. 2000. Ecology's most general, yet protean pattern: the species-area relationship. *Journal of Biogeography* **27**: 17-26.
13. Lomolino MV, Riddle BP, and Brown JH. 2005. Biogeography. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
14. Losos JB and Schluter D. 2000. Analysis of an evolutionary species-area relationship. *Nature* **408**: 847-850.
15. MacArthur RH and Wilson EO. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton, NJ: Princeton University Press.
16. Mace GM, Balmford A, Boitani L, Cowlishaw G, Dobson AP, Faith DP, Gaston KJ, Humphries CJ, Vane-Wright RI, Williams PH, Lawton JH, Margules CR, May RM, Nicholls AO, Possingham HP, Rahbek C, and van Jaarsveld AS. 2000. It's time to work together and stop duplicating conservation efforts. *Nature* **405**: 393-393.

- Myers N. 1988. Threatened biotas: "hot-spots" in tropical forests. *The Environmentalist* **8**: 187-208 .17
- Myers N. 2003. Biodiversity hotspots revisited. *Bioscience* **53**: 916-917 .18
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, and Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-858 .19
- Olson DM and Dinerstein E. 1998. The global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* **12**: 502-515 .20
- Orme CDL, Davies RG, Burgess M, Eigenbrod F, Pickup N, Olson VA, Webster AJ, Ding T, Rasmussen PC, Ridgely RS, Stattersfield AJ, Bennett PM, Blackburn TM, Gaston KJ, and Owens IPF. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* **436**: 1016-1019 .21
- Ovadia O. 2003. Ranking hotspots of varying sizes: A lesson from the nonlinearity of the species-area relationship. *Conservation Biology* **17**: 1440-1441 .22
- Preston FW. 1962. The canonical distribution of commonness and rarity: part I. *Ecology* **43**: 185-215 .23
- Reid WV. 1998. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution* **13**: 275-280 .24
- Rosenzweig ML. 1995. Species diversity in space and time. Cambridge, UK: Cambridge University Press .25
- Tchernov E and Yom-Tov Y. 1988. Zoogeography of Israel. In: Yom-Tov Y and Tchernov E (Eds). The zoogeography of Israel, the distribution and abundance at a zoogeographical crossroad. Dordrecht, Netherlands: Dr. W. Junk Publishers .26
- Rosenzweig ML. 1992. Species-diversity gradients – we know more and less than we thought. *Journal of Mammalogy* **73**: 715-730 .27
- Scheiner SM. 2003. Six types of species-area curves. *Global Ecology and Biogeography* **12**: 441-447 .28
- Scheiner SM. 2004. A melange of curves – further dialogue about species-area relationships. *Global Ecology and Biogeography* **13**: 479-484 .29
- Schoener TW. 1976. The species-area relation within archipelagos: models and evidence from island land birds. In Calaby JH (Ed). Proceedings of the XVI International Ornithological Congress. Australian Academy of Science .30
- Tristram HB. 1865. The land of Israel: a journal of travels in Palestine. London: Society for Promoting Christian knowledge .31
- Ulrich W and Buszko J. 2005. Detecting biodiversity hotspots using species-area and endemics-area relationships: the case of butterflies. *Biodiversity and Conservation* **14**: 1977-1988 .32
- United-Nations. 2008. [UNdata – Statistical resources of the UN System](https://data.un.org/Data.aspx?d=SDG). Viewed 1 Sep .33

.2008

Vermeij GJ. 1991. When biotas meet: understanding biotic interchange. *Science* **253**: 1099-1104. .34

Watson HC. 1835. Remarks on the geographical distribution of plants. London: Longmans. .35

Werner YL. 1987. Ecological zoogeography of the Saharo-Arabian, Saharan and Arabian reptiles in the desert sands of Israel. In: Krupp F, Schneider W, and Kinzelbach R (Eds). Beiheft 28A Wiesbaden: Tuebingen Atlas des Vorderen Orients. .36

Whittaker RJ, Araujo MB, Jepson P, Ladle RJ, Watson JEM, and Willis KJ. 2005. Conservation Biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions* **11**: 3-23. .37

Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. .38