

אסף זבולוני

מרחב סובב מפרץ אילת, מחוז דרום,
רשות הטבע והגנים

לירז לוי

המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים
באילת

ויקטור קינה

המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים
באילת; המחלקה לזואולוגיה,
אוניברסיטת תל-אביב

רועי הולצמן

המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים
באילת; המחלקה לזואולוגיה,
אוניברסיטת תל-אביב

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

זבולוני א, לוי ל, קינה ו והולצמן ר.
2019. מודל ערכיות של ערכי טבע
– קווים אדומים לאיסוף דגים
ממפרץ אילת כחקר מקרה.
אקולוגיה וסביבה 10(3): 24–31.



צולל מתעד במצלמתו את שונית האלמוגים במפרץ אילת. נחוצה קביעת ערכי סף לאיסופי ערכי טבע למטרת תצוגה ומחקר היא כלי ממשקי שניתן לגזור מהמודל המוצג במאמר זה; קביעת קווים אדומים ברורים נחוצה לעיתים כדי להגן על ערכי טבע | צילום: אסף זבולוני

מודל ערכיות של ערכי טבע – קווים אדומים לאיסוף דגים ממפרץ אילת כחקר מקרה

24 בספטמבר, 2019

גיליון סתיו 2019 / כרך 10(3)

[חזית המחקר](#)

על קצה המזלג

- מאסדרים (רגולטורים) ואוכפי מדיניות צריכים פעמים רבות מדי לקבל החלטות בתנאי חוסר ודאות, מבלי שמונח לפניהם ידע מדעי רלוונטי ומבוסס. הדבר אף יוצר אצל הגורמים המושפעים מהתהליך פקפוק בטיב ההחלטות.
- החוסר בכלים מסייעים לקביעת ערכי סף לפעילות אנושית בולט בייחוד בתחום שימור הסביבה ושימור ערכי הטבע.
- יצירת כלים אובייקטיביים לקבלת החלטות מבוססת מדע, כגון הכלי שפיתוחו ויישומו מוצגים במאמר זה, מצמצמת את חוסר הודאות ויכולה לשמש כלי תמיכה במאסדר בקבלת החלטות הנגזרות מהמדיניות שנקבעה, באופן שקוף לכל בעלי העניין.
- קביעת קווים אדומים לאיסוף פרטים מהמערכת האקולוגית של מפרץ אילת לשימושים שונים של האדם (לתצוגה באקווריום או למחקר מדעי) היא חשובה, ואף ניתנת להשלכה על מערכות אקולוגיות אחרות.

המערכת

תקציר

במפרץ אילת מערכת אקולוגית ערכית וייחודית בקנה מידה לאומי ובין-לאומי, ועל כן קיימים חוקים ותקנות המגנים עליה מפני הפרעות מעשה ידי אדם. עם זאת, לרשות הטבע והגנים הסמכות להעניק היתרים חריגים לפגיעה בערכי טבע מוגנים לצורכי מחקר אקדמי ולצורכי תצוגה בפארק המצפה התת-ימי באילת (להלן – המצפה). היתרים אלה ניתנים מתוך הכרה בחשיבותו של המחקר האקדמי ובכך שתצוגת בעלי חיים ימיים במצפה חושפת בפני ציבור רחב את יופיים ואת ערכם של בתי גידול ימיים ומסייעת לקדם את שימורם. לעומת זאת, לגריעת ערכי טבע מהמערכת הטבעית מחיר אקולוגי בלתי מבוטל, כך שיש צורך לקבוע קווים אדומים לכמות שסביר לאשר לאסוף. במחקר זה מוצג מודל מתמטי המשמש לקביעת קווים אדומים לאיסוף ערכי טבע. המודל מחשב את הערכיות היחסית של מינים שונים במפרץ אילת, תוך שקלול פרמטרים המבטאים את פגיעות המין לאיסוף, את שכיחותו היחסית באזור האיסוף ואת חשיבותו לתפקודה התקין של המערכת האקולוגית. כחקר מקרה, מודל הערכיות שפותח במחקר מוצג כאן ככלי לקביעת קווים אדומים לאיסוף דגים ממפרץ אילת לצורך הצגתם במצפה. התוצאות מצביעות על פערים משמעותיים בין הכמות שהמצפה ביקש לתצוגות ובין הכמות שחושבה באמצעות המודל, והפערים בולטים בעיקר במינים בעלי הערכיות הגבוהה (פגיעים יותר או נדירים יחסית או חשובים לתפקודה התקין של המערכת האקולוגית). שיטה זו מיושמת כיום במפרץ אילת, והיא מפחיתה, ככל שניתן, את מידת הסובייקטיביות בקבלת ההחלטות ומבססת אותן על ידע ועל הנתונים הטובים ביותר שקיימים מאזור האיסוף, ועל מדדים ביולוגיים, פיזיולוגיים ואקולוגיים של המינים השונים. השיטה המוצגת במחקר זה עוסקת בדגים, אך ניתן ליישם את עקרונותיה גם עבור קבוצות טקסונומיות אחרות.

גילוי נאות – המחבר הראשי של המאמר הוא אקולוג מפרץ אילת ברשות הטבע והגנים. המודל שמוצג במאמר זה נדון ברשות ומשמש כיום כלי מנחה לקבלת החלטות במפרץ אילת.

מבוא

זפרץ אילת הוא משאב טבע ייחודי וחשוב בקנה מידה לאומי [10] ובין-לאומי [5,6,9,10], ועל כן מדינת ישראל משקיעה משאבים רבים בשימורו. לאורך חופי אילת הוכרו עד כה שתי שמורות טבע ימיות ושמורה חופית (ראו [נספח 1](#)) הזוכות להגנה מתוקף חוק. נוסף על כך, קיימות תקנות האוסרות פגיעה במינים שונים של צמחים ובעלי חיים המוגדרים כערכי טבע מוגנים גם מחוץ לשמורות הטבע.

גל אף החוק והתקנות המוזכרים מעלה, רשות הטבע והגנים מעניקה, במסגרת סמכויותיה, היתרים **חריגים** לפגיעה בערכי טבע מוגנים לצורכי מחקר אקדמי, וכן לצורכי תצוגה בפארק המצפה התת-ימי באילת ("המצפה"). היתרים אלה ניתנים מתוך הכרה כי: (א) מחקר ימי מעשיר, בין היתר, את הידע הקיים בכל הקשור להבנת המערכת האקולוגית הימית ועשוי לעזור בפיתוח כלים יישומיים לשמירת טבע; (ב) תצוגת בעלי חיים ימיים במצפה פותחת צוהר בפני ציבור רחב אל החיים התת-ימיים, חושפת בפני הציבור את יופיים וערכם של בתי גידול חשובים אלה וכך מסייעת לקדם את שימורם. עם זאת, לגריעה של פרטים מתוך המערכת הטבעית עלול להיות מחיר משמעותי, במיוחד עבור מינים פגיעים (vulnerable) וכאלה ששכיחותם נמוכה. גריעה כזו, המתבצעת ללא בקרה וללא קווים אדומים, עלולה לסכן את אוכלוסיות המינים הנאספים, ובמקרים מסוימים אף להפר את האיזון בבתי הגידול שהם נאספים מהם ולגרום לפגיעות משניות.

במהלך השנים האחרונות חלה עלייה משמעותית בכמות ערכי הטבע המבוקשים לאיסוף מהחלק הישראלי של מפרץ אילת (להלן – ראש מפרץ אילת) לצורכי מחקר במוסדות אקדמיים ולצורכי תצוגה במצפה; המחקר הימי גדל, והמצפה הגדיל את תצוגותיו בצורה משמעותית. חשוב לציון שהאזור הימי הנמצא תחת ריבונות ישראל במפרץ אילת מצומצם (קו החוף באורך של כ-13 ק"מ), ועל כן לאיסופים עלולה להיות השפעה מקומית משמעותית. פוטנציאל הפגיעה של איסופי ערכי טבע באוכלוסיות המקומיות בראש מפרץ אילת גדול, ורגישות המערכת לפגיעה במינים ספציפיים רבה. למרות זאת, לא נעשה עד כה שימוש בכלים כמותיים או מדעיים כדי להעריך מה הוא מספר ערכי הטבע שסביר לאשר לאסוף מדי שנה כך שהאיסוף יהיה "מקיים",

כלומר – איסוף שבעקבותיו לא תצטרך פגיעה באוכלוסיות השונות, והאיזון של המערכת האקולוגית לא יופר; זאת מתוך הבנה שפגיעה בקבוצות פונקציונליות שונות עלולה לגרום לפגיעות משניות. עד כה, בקשות ההיתר עברו שיפוט על-ידי אקולוג מפרץ אילת ברשות הטבע והגנים, שהמליץ על פי ניסיונו והיכרותו עם המערכת האקולוגית, מה היא הכמות שסביר לאשר לאסוף. במקרים מסוימים, כאשר עלו ספקות כלשהם, או כאשר התעוררה מחלוקת עם מגישי הבקשה, נערכה התייעצות עם מומחים נוספים לפני מתן ההמלצה.

באופן תאורטי, ניתן לחשב באמצעות מודלים מורכבים של דינמיקה של אוכלוסיות, שמשקללים תהליכים דינמיים (כגון גיוס, תמותה, הגירה שלילית או חיובית), את הכמות שניתן לאסוף בשנה מכל מין ומין מבלי שייגרם נזק מצטבר. עם זאת, מודלים מורכבים נוטים להתבסס על מספר רב של הנחות יסוד שאין בידינו מספיק נתונים וידע כדי לבטוח בהן, או שבמקרים רבים ידוע מראש שהן לא באמת מתקיימות. בהקשר של ניהול ממשק דיג, שימוש במודלים כאלה הוביל, במקרים רבים, לקריסה של אוכלוסיות דגים ברחבי העולם, ויעילותם של מודלים מורכבים אלה אינה מוכחת [3, 11, 12, 13]. על כן, אנו סבורים כי יש להשתמש במודל פשוט יחסית, המבוסס על נתונים מהימנים ורלוונטיים לאזור האיסוף, ושאינו משקלל מדדים דינמיים, כגון גיוס, תמותה והגירה, שאין בידינו נתונים לגביהם עבור מרבית האוכלוסיות במפרץ אילת.

במחקר זה מוצג מודל פשוט שנועד לתת בידי המאסדר (רגולטור) כלים כמותיים ואובייקטיביים שיגדירו מה היא הכמות שסביר לאסוף מכל מין מדי שנה. המודל מפחית, ככל שניתן, את מידת הסובייקטיביות בקבלת ההחלטות, ומבסס אותן על הידע הטוב ביותר שקיים, הן מאזור האיסוף הן על סמך הביולוגיה, האקולוגיה ומידת הפגיעות של המינים השונים.

חוקר מקרה, המודל שפותח משמש כלי לקביעת קווים אדומים לאיסוף **דגים** ממפרץ אילת לצורך הצגתם במצפה, אך ניתן ליישם את העקרונות המוצגים במחקר זה גם עבור קבוצות טקסונומיות אחרות. דגים הם קבוצה טקסונומית חשובה באקולוגיה של המפרץ. הם מווסתים תהליכים משמעותיים בשוניות אלמוגים, כגון פריחות נרחבות של אצות בעקבות עלייה בריכוזים של חומרי ההזנה [לדוגמה 8], הם חיים בשיתופיות עם אלמוגים ויצורי שוניית אחרים [לדוגמה 7], ומשתתפים בוויסות מחלות של חסרי חוליות ושל דגים אחרים [לדוגמה 1, 4, 14]. נוסף על כך, הם מקיימים עושר מינים גבוה וניתן להעריך בצורה טובה יחסית את שכיוונתם של מרבית המינים במהלך סקרים חזותיים.



ליר 'סלע משה' בשונית האלמוגים באילת. נחוצה קביעת ערכי סף לאיסופי ערכי טבע למטרות תצורה ומחקר היא כלי ממשקי שניתן לנווד מהמורל המוצג במאמר זה; קביעת קווים אדומים ברורים נחוצה לעיתים כדי להגן על ערכי טבע | צילום: אסף זבולוני

ליר 'סלע משה' בשונית האלמוגים באילת | צילום: אסף זבולוני

שיטות

מודל ערכיות

המודל מחשב עבור כל מין מדד שהוא פרופורציוני לערכיותו של המין באזור שאיסופי הדגים נערכים בו (במקרה זה – ראש מפרץ אילת). המודל משקלל את הפרמטרים הבאים:

- שכיחות יחסית של דג ממין f – פרמטר ספציפי לאזור שהאיסופים נערכים בו. ככל שהוא גבוה יותר, כך הערכיות יורדת.
- קבוצה פונקציונלית (דיאטה) שדג ממין D משתייך אליה – פרמטר זה נגזר מהביולוגיה ומהאקולוגיה של מין הדג ללא קשר לאזור המדובר. ככל שהפונקציונליות של מין הדג חשובה יותר למערכת האקולוגית, כך הערכיות

עולה.

- אנדמיות לאזור של דג ממין (E) – פרמטר זה נגזר מתפוצתו המרחבית של מין הדג, ואנדמיות לים סוף מעלה את הערכיות.
- מדד פגיעות (vulnerability) של מין (V) – פרמטר זה נגזר בעיקר מהביולוגיה ומהאקולוגיה של מין הדג. ככל שהמין פגיע יותר, כך הערכיות עולה. הפגיעות מחושבת על פי המקובל בתחום ^[2] והיא נגזרת משמונה פרמטרים המפורטים בנספח 2.

הערכיות היחסית של דג ממין (Val_i) מחושבת על פי משוואת הפרופורציה הבאה:

$$Val_i \propto (V_i * D_i * E_i) / f_i \quad \text{משוואה 1}$$

כאשר D_i מקבל את הערך 2 אם הדג ממין i הוא צמחוני או נקאי, ואת הערך 1 בכל מקרה אחר. E_i מקבל את הערך 2 אם הדג אנדמי לים סוף, ואת הערך 1 אם איננו אנדמי. הצמחוניים ^[8] והנקאים ^[14,1] חשובים ל"תחזוקת השוניות", ולכן ערכיותם במודל מוגדלת (באופן שמרני יחסית לחשיבותם הרבה). ערכיותם של המינים האנדמיים במודל מוגדלת מאחר שתפוצתם הגאוגרפית מוגבלת רק לים סוף.

מעבר מערכיות לכמות

בשלב זה Val_i הוא מדד פרופורציוני לערכיותו היחסית של מין הדג (ביחס למינים אחרים). כדי להמיר מדד זה לכמות הדגים ממין שסביר לאשר לאסוף במהלך שנה (AC) , אנו מניחים שככל שהמין ערכי יותר, ניתן לאשר ללכוד ממנו פחות, כך שהפגיעה שתיגרם למין בעקבות הלכידות תהיה פרופורציונית-הפוכה לערכיותו היחסית. כלומר:

$$AC_i \propto 1 / Val_i \quad \text{משוואה 2}$$

כדי לעבור ממשוואה של פרופורציה למשוואה "פרקטית", שתקבע כמה סביר לאשר ללכוד בכל שנה, יש להשתמש בקבוע מסוים (C) על פי המשוואה הבאה:

$$AC_i = C / Val_i \quad \text{משוואה 3}$$

הרעיון מאחורי השימוש בקבוע C (שהוא זהה עבור כל המינים) הוא שיש לו השפעה ישירה על הכמות שהמודל מחשב, אבל היחסיות בין המינים נשמרת (על פי ההיגיון המתואר במשוואה 1), ללא כל תלות בגודלו. הדרך שקבוע C המתאים ביותר (best fitting) נבחר בה מוסברת בנספח 3.



גושן דו-פסי, החי בסימביוזה עם שושנת הים | צילום: אסף זבולוני

יישום השיטה בראש מפרץ אילת

המודל המתמטי המתואר במחקר זה חושב עבור דגי ראש מפרץ אילת ויושם עבור בקשת איסוף של המצפה שהתקבלה בשנת 2018. יישום המודל התאפשר בזכות איסוף שיטתי של נתונים על-ידי מומחים במפרץ אילת, שספרו וזיהו לרמת המין כ-34,500 דגים במהלך סקרים אינטנסיביים (ראו [נספח 4](#)). [נספח 5](#) מציג את הפרמטרים המזינים את המודל (המופיעים במשוואה 1) ואת תוצאותיו לגבי כמות הדגים שניתן לאסוף מדי שנה מכל מין (AC). נוסף על כך, מוצגת הכמות שהמצפה ביקש והפערים בין הבקשה לבין התוצאה המחושבת על פי המודל.

יתוחי התפלגות הנתונים המזינים את המודל ותוצאות המודל לעומת הכמות שהמצפה ביקש מוצגים ב[איור 1](#). ניתן לראות כי: (א) השכיחות היחסית מאופיינת בהתפלגות הקרובה ל-log-normal, כלומר, מיעוט יחסי של מינים נדירים או נפוצים מאוד, ורוב המינים מציגים ערך ביניים; (ב) מדד הפגיעות נע בין 10 ל-90, ורק ל-31 מתוך 273 מהמינים ערך גבוה מ-50; (ג) מ-108 מינים ניתן לאסוף יותר מפרט אחד בשנה, מ-36 מינים מתוכם ניתן לאסוף יותר מ-10 פרטים בשנה, ומ-13 מינים ניתן לאסוף יותר מ-100 פרטים בשנה. ניתן לראות כי מעטפת רווח הסמך סביב הכמות לאיסוף, הנובעת מהשונות בהערכות המומחים (ראו איור 1 [בנספח 3](#)), צרה יחסית; (ד) החריגות בבקשת המצפה מהכמות המחושבת על-ידי המודל משמעותיות מאוד, בעיקר אצל מינים בעלי ערכיות גבוהה, לרבות כאלה שלא נצפו כלל בסקרים.

איור 1

התפלגות הנתונים שמזינים את המודל ותוצאות המודל

- (א) התפלגות השכיחות היחסית של 273 מיני הדגים הנכללים במודל. הצבע מייצג שכיחות (אדום - נדיר; ירוק - נפוץ);
- (ב) התפלגות מדד הפגיעות (vulnerability) של מיני הדגים הנכללים במודל. הצבע מייצג את מידת הפגיעות (אדום - גבוהה; ירוק - נמוכה);
- (ג) מספר פרטים מרבי לאיסוף של דגים על פי המודל של 108 המינים שניתן לאסוף מהם יותר מפרט אחד בשנה. המעטפת מתארת רווח סמך של 95% שנובע מהשונות בהערכות המומחים;
- (ד) השוואה בין מספר פרטים מרבי לאיסוף על פי המודל לעומת המספר בבקשת המצפה. כל נקודה מייצגת מין, וצבע הנקודה מייצג את מדד הערכיות היחסית של המין (אדום - גבוהה; ירוק - נמוכה). נקודות עם היקף שחור מייצגות

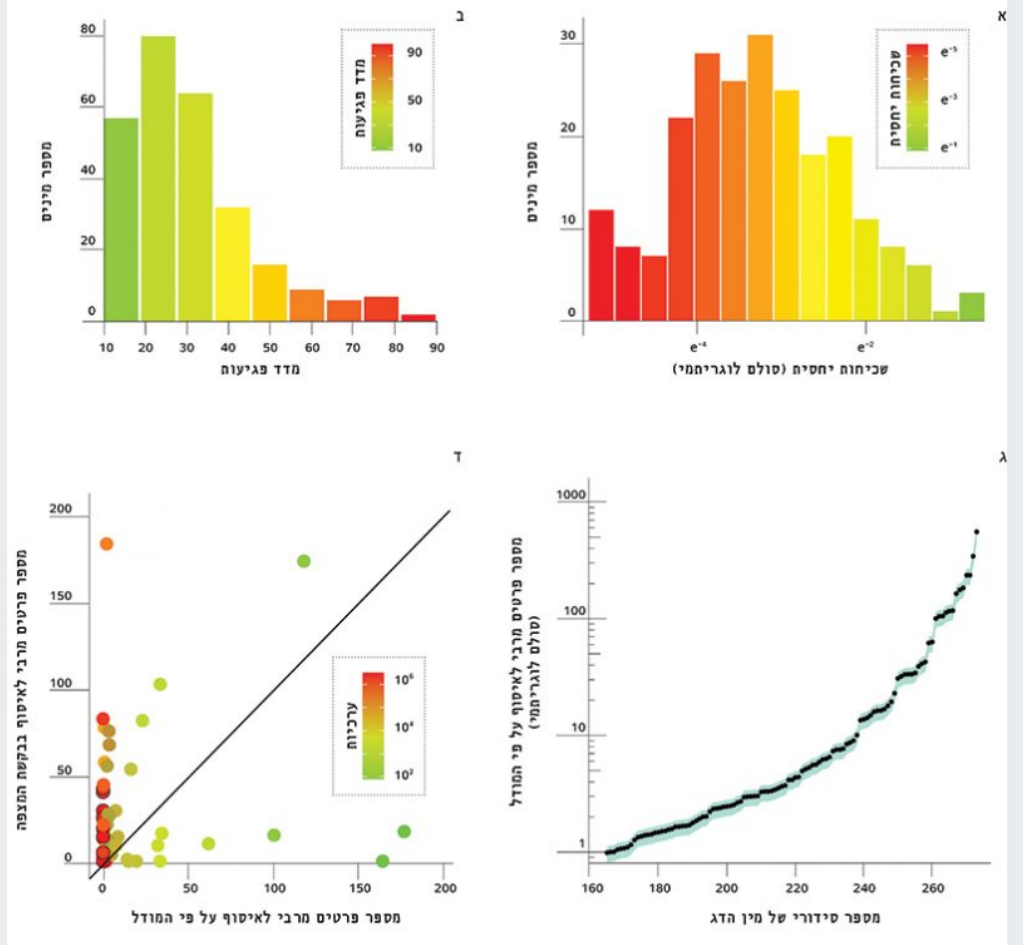
מינים ששכיחותם בסקרים היא אפס. הקו השחור האלכסוני מתאר את קו השוויון בין המודל ובקשת המצפה, כך שהחריגות הן במינים המופיעים מעל לאלכסון. הערך המרבי בצירים הוגבל ל-200 כדי להציג בצורה מיטבית את פיזור הנקודות, ועל כן שלושה מינים אינם מיוצגים באיור.

איור 1. המפלגות הנחונות שמזינים את המודל והוצאות המודל

(א) המפלגות השכיחות היחסית של 273 מיני הדגים הנכללים במודל. הצבע מייצג שכיחות (אדום – נדיר; ירוק – נפוץ);
(ב) המפלגות מדד הפגיעות (vulnerability) של מיני הדגים הנכללים במודל. הצבע מייצג את מידת הפגיעות (אדום – גבוהה; ירוק – נמוכה);

(ג) מספר פרטים מרבי לאיסוף של דגים על פי המודל של 108 המינים שניתן לאסוף מהם יותר מפרט אחד בשנה. המעטפת מתארת רווח סמך של 95% שנובע מהשונות בהערכות המומחים;

(ד) השוואה בין מספר פרטים מרבי לאיסוף על פי המודל לעומת המספר בבקשת המצפה. כל נקודה מייצגת מין, וצבע הנקודה מייצג את מדד הערכיות היחסית של המין (אדום – גבוהה; ירוק – נמוכה). נקודות עם היקף שחור מייצגות מינים ששכיחותם בסקרים היא אפס. הקו השחור האלכסוני מתאר את קו השוויון בין המודל ובקשת המצפה, כך שהחריגות הן במינים המופיעים מעל לאלכסון. הערך המרבי בצירים הוגבל ל-200 כדי להציג בצורה מיטבית את פיזור הנקודות, ועל כן שלושה מינים אינם מיוצגים באיור.





תצוגת דגי שונית במצפה התת-ימי. התצוגות נועדו להעניק למבקרים היכרות ייחודית עם אוצרות הטבע של מפרץ אילת / צילום: בועז סמוראי, באדיבות המצפה התת-ימי באילת

דיון ומסקנות

השיטה המוצגת במחקר זה היא כלי אובייקטיבי ו"שקוף" שנועד להפחית, ככל שניתן, את מידת הסובייקטיביות בקביעת קווים אדומים לאיסוף ערכי טבע ממינים שונים. לפני השימוש במודל, ההתייחסות לכל מין ומין בבקשות ההיתר התבססה על חוות דעת סובייקטיבית. לרוב היה מדובר במומחה אחד בלבד המייצג את הגוף המאסדר – אקולוג מפרץ אילת ברשות הטבע והגנים, שעל סמך ניסיונו והיכרותו עם מיני הדגים השונים במפרץ אילת נקבע מספר הפרטים לאיסוף. לעומת זאת, המודל מבטל כמעט לחלוטין את הרכיב הסובייקטיבי בקבלת ההחלטות, ושומר על יחסיות בין המינים השונים הנשענת על ההיגיון שבבסיס מודל הערכיות (משוואה 1) ועל בסיס סטטיסטי איתן (נתוני הסקרים והנתונים מהספרות שמזינים את המודל). היחסיות בין המינים נשמרת ללא תלות בגודלו של הקבוצה, כך שלא יוכל להיווצר מצב שדג שערכיותו גבוהה ייאסף בכמויות גדולות יותר מכזה שערכיותו נמוכה יותר. נוסף על כך, חושב על פי חוות דעת של **19 מומחים** (ראו [נספח 3](#)), וזה שיפור משמעותי מהמצב הקודם שבו מומחה יחיד דן בכל מין ומין בנפרד, באופן בלתי תלוי. יש לציין כי ההתייעצות עם המומחים שימשה רק לצורכי כיול המודל, כך שמאז הכיול ניתן להשתמש במודל מבלי להיוועץ שוב במומחים. בזכות הליך חישובי של C המתאים ביותר המתואר ב**נספח 3**, ניתן לראות שרגישותו של המודל לשונות בהערכות המומחים נמוכה יחסית (ראו מעטפת רווח סמך באיור 1).

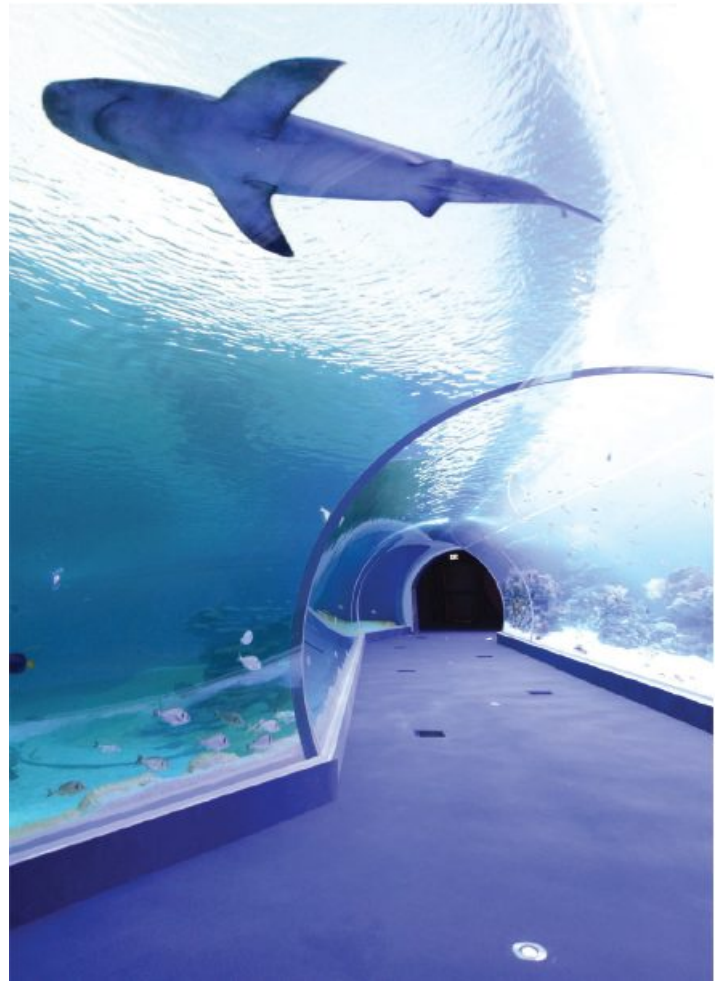
המודל הוא כלי עזר בידי המאסדר, ולא נועד להחליף באופן מוחלט את שיקול הדעת הנחוץ כאשר קיימים פערי ידע. למשל, אף על פי שהסקרים שנתונים את המודל היו אינטנסיביים ונערכו במגוון רחב של בתי גידול, בתי גידול מסוימים (כגון שוניות מלאכותיות, הים הפתוח והים העמוק) לא זכו כלל לייצוג, ובתי גידול אחרים (כגון הקרקעית החולית ומרבדי עשב הים) זכו לייצוג נמוך יחסית. על כן, במהלך תהליך מתן ההיתרים יש להתחשב באותם פערי ידע, ומומלץ להרחיב בעתיד את הסקרים לבתי הגידול שלא נדגמו כלל ולהגדיל את מאמץ הדגימה בבתי גידול שזכו לייצוג נמוך. כדי לתת התייחסות עדכנית חשוב להמשיך בביצוע הסקרים (באופן מיטבי, אחת לשנה) ולהריץ את המודל עבור הנתונים העדכניים ביותר. המשך ביצוע הסקרים שהחלו ב-2015 עשוי אף לשכלל את המודל – במשך השנים יצטברו נתונים שיאפשרו להבחין במגמות ובשינויים, ואז נוכל להוסיף למודל פרמטר המבטא את השינוי בגודל האוכלוסיות.

זאת ועוד, מומלץ לבחון בצורה מעמיקה את היכולת לבטא בצורה מדויקת במודל את משקלה של הקבוצה הפונקציונלית של מין הדג במדד הערכיות. במחקר זה ניתן ערך כפול לצמחוניים ולנקאים בפרמטר Di , אך ייתכן שניתן למצוא מדד מדויק יותר, ויש לשקול מתן מדד גדול מ-1 גם לטורפים חשובים ולמיני מפתח נוספים בצורה רגישה ומבוססת יותר.

על אף הכמות הגדולה של הנתונים שנאספו במהלך שני הסקרים, קיימים מינים שידוע שהם מצויים באזור הסקרים, אך בשכיחות שהיא מתחת למגבלת הדגימה או הרגישות של הסקרים (detection limit; כלומר, לא נצפו כלל בסקרים, על אף מאמץ דגימה סביר באזור). במקרים אלה השכיחות היחסית של המינים (f) שהובאה בחשבון במודל הערכיות היא 0, דבר המעלה את ערכיותם לאין-סוף, כך שעל פי השיטה שאנו מציגים במחקר זה, לא מומלץ לאסוף אותם כלל למטרות תצוגה. גם אם שכיחותם היחסית אינה באמת 0, הנחתנו היא ששכיחותם הנמוכה מאוד של המינים הללו אינה מצדיקה ברוב המקרים את איסופם למטרת תצוגה.

נקודת המוצא שלנו במחקר הייתה ההגנה על המערכת האקולוגית הטבעית. במודל זה לא הוכנסו שיקולים הקשורים ליופיין של התצוגות במצפה ולמשך השרידות של המינים השונים בשבי או כל שיקול כלכלי הקשור לתפעול המקום. מטרתנו העיקרית היא הגנה על מפרץ אילת, אך ברור שהשיקולים הנלווים למטרה זו מורכבים. מאחר שליופיין של התצוגות יכולה להיות השפעה חיובית על המערכת הטבעית (ברמה ההסברית והחינוכית), יש להביא נקודה זו בחשבון במתן ההמלצות להיתרי האיסוף, והיא מחזקת את האמור מעלה לגבי היות המודל כלי בידי המאסדר ולא קו מנחה חד וקשיח. נוסף על כך, שיטה זו "שקופה", והצגת הפערים בין הכמות המבוקשת על-ידי המצפה ובין הכמות המחושבת באמצעות המודל ([איור 1ד](#)) עשויה לשמש כלי בידי המצפה לזיהוי מיני דגים שגרועותם מתוך המערכת הטבעית בעייתית פחות ([נספח 5](#)), כך שהתצוגות באקווריומים יתבססו יותר על המינים הפחות ערכיים ופחות על המינים הערכיים.

קביעת ערכי סף לאיסופי ערכי טבע למטרת תצוגה במצפה היא כלי ממשקי אחד שניתן לגזור ממודל הערכיות (משוואה 1). אנו סבורים שניתן להשתמש במודל זה או בעקרונותיו לקביעת קווים אדומים ברורים, שנחוצים לעיתים כדי להגן על ערכי טבע. למשל, על פי מודל זה ניתן לבחון את רשימת ערכי הטבע המוגנים במדינת ישראל ולעדכן אותה, כך שערכיותם היחסית של כל ערכי הטבע המוגנים תהיה גבוהה מזו של אלה שאינם מוגנים. נכון להיום רשימת ערכי הטבע המוגנים אינה מגינה על מיני דגים רבים שערכיותם היחסית גבוהה מאוד בעיקר בגלל שכיחותם הנמוכה במפרץ אילת. נגזרת נוספת יכולה להיות בתהליך מיפוי הערכיות של יחידות אקולוגיות שונות. אומנם ערכיות בעלי החיים היא לא הפרמטר היחיד שיש להתחשב בו בקביעת ערכיותה של יחידה אקולוגית כלשהי, אך היא ללא ספק פרמטר חשוב. בניגוד למדדי מגוון מינים, מדד הערכיות המוצג במחקר זה לא מתייחס לכל מין בצורה שווה, אלא נותן משקל לפרמטרים חשובים אחרים שיכולים להגדיר לא רק כמה מינים יש בתא שטח מסוים ומה הוא הרכב החברה, אלא גם מה הוא ערכם.



נהרת הכרישים החדשה במצפה התת-ימי | צילום: בועז סמוראי, באדיבות המצפה התת-ימי באילת

הלכה למעשה

פרופ' תמר דיין, בית הספר לזואולוגיה ויור"ר מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל-אביב:

איסוף בעלי חיים וצמחים לצורך תיעוד דינמי של המגוון הביולוגי הוא בסיס חיוני למחקר מדעי ולהבנת שינויים בזמן ובמרחב הנגרמים על-ידי גורמים טבעיים או אנושיים. למחקר זה כיום חשיבות קריטית לשמירת טבע, אך בחלוף השנים התפתחה ברשויות שמירת טבע דאגה שהאיסוף יפגע באוכלוסיות הבר. אין ספק שאיסוף למטרות תיעוד ומחקר צריך להתחשב בצורך לשמר אוכלוסיות, אך בדרך כלל האישורים ניתנים או נמנעים על בסיס אינטואיציה ולא על בסיס מדעי המשקלל את הפגיעה האפשרית ומביא בחשבון את הביולוגיה של הטקסונים הרלוונטיים. המאמר עוסק במתן פתרון מדעי כמותי לסוגיה חשובה זו על בסיס מסד נתונים גדול שנאסף במפרץ אילת. שאלה ערכית שאין לה מענה כמותי במודל היא האם מטרת האיסוף – מחקר או הצגת פריטים במצפה תת-ימי – צריכה להשפיע על מתן ההיתר?

מקורות

1. Bshary R. 2003. The cleaner wrasse, *Labroides dimidiatus*, is a key organism for reef fish diversity at Ras Mohammed National Park. *Journal of Animal Ecology* **72**: 169-176.
2. Cheung WWL, Pitcher TJ, and Pauly D. 2005. A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerability of marine fishes to fishing. *Biological Conservation* **124**: 97-111.
3. Clark CW. 2006. The worldwide crisis in fisheries: Economic models and human behavior. Cambridge University Press.
4. Cole AJ, Chong Seng KM, Pratchett MS, and Jones GP. 2009. Coral-feeding fishes slow progression of black-band disease. *Coral Reefs* **28**: 965.
5. DiBattista JD, Roberts MB, Bouwmeester J, et al. 2016. A review of contemporary patterns of endemism for shallow water reef fauna in the Red Sea. *Journal of Biogeography* **43**(3): 423-439.
6. Fine M, Gildor H, and Genin A. 2013. A coral reef refuge in the Red Sea. *Global Change Biology* **12**: 3640-3647.
7. Holbrook SJ, Brooks AJ, Schmitt RJ, et al. 2008. Effects of sheltering fish on growth of their host corals. *Marine Biology* **155**: 521-530.
8. Hughes TP, Rodrigues MJ, Bellwood DR, et al. 2007. Phase shifts, herbivory, and the resilience of coral reefs to climate change. *Current Biology* **17**(4):360-365.
9. Loya Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Marine Biology* **13**: 100-123.
10. Loya Y. 1974. Possible effects of water pollution on the community structure of Red Sea corals. *Marine Biology* **29**: 177-185.
11. Milich L. 1999. Resource mismanagement versus sustainable livelihoods: The collapse of the Newfoundland cod fishery. *Society and Natural Resources* **12**(7): 625-642.
12. Pinsky ML, Jensen OP, Ricard D, and Palumbi SR. 2011. Unexpected patterns of fisheries collapse in the world's oceans. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **108**(20): 8317-8322.
13. Schnute JT and Richards LJ. 2001. Use and abuse of fishery models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**(1): 10-17.
14. Waldie PA, Blomberg SP, Cheney KL, et al. 2011. Long-term effects of the cleaner fish *Labroides dimidiatus* on coral reef fish communities. *PLoS ONE* **6**(6): e21201.

נספחים (זמינים באתר)

נספח 1. שמורות הטבע הימיות ("הים הדרומי" ו"ים האלמוגים") והשמורה החופית ("חוף האלמוגים") של ישראל בראש מפרץ אילת

[להורדה](#)

נספח 2. פרמטרים משוקללים במדד הפגיעות (vulnerability)

נספח 3. כיול המודל - בחירת הקבוע המתאים ביותר (best fitting C)

נספח 4. המקורות לנתונים שמזינים את המודל

נספח 5. הפרמטרים המזינים את המודל