



המארג
התכנית הלאומית
להערכת מצב הטבע

נספח טכני

ניטור עופות

דו"ח מצב הטבע

ישראל 2023 | המגוון הביולוגי

ניטור עופות

תוכן עניינים

1.	כללי	2
2.	עיבוד וסינון לפני ניתוח	2
2.1.	עדכון שלד טקסונומי	2
2.2.	הכנת הנתונים לניתוח	3
2.3.	סיווג לפי תכונות	4
3.	ניתוח	5
3.1.	ניתוח מדדי מגוון ביולוגי – עושר, שפע כולל ושפע ממוצע למין	5
3.2.	ניתוח הרכב מינים	7
3.3.	הערות כלליות	7
4.	מקורות	8

1. כללי

הסקריפטים המצויינים בטקסט נמצאים בגיטהאב של ניתוח העופות לדו"ח מצב הטבע 2023
בכתובת הבאה: **יושלים בקרוב**

כל הסקריפטים הורצו בלשונית חבילת RENV, המאפשרת שחזור של החבילות שנמצאות בשימוש
על ידי הסקריפטים, בגרסאותיהן המתאימות. כל הסקריפטים רצו בסביבת R (R Core Team, 2023), גרסה 4.2.3.

2. עיבוד וסינון לפני ניתוח

2.1. עדכון שלד טקסונומי

שם הסקריפט:

```
get_updated_Hebrew_taxonomy_from_eBird.R
```

שמות מדעיים ועבריים עודכנו על פי השלד הטקסונומי של eBird משנת 2022, באמצעות חבילת
auk (Strimas-Mackey et al., 2022) בסביבת R.

2.2. הכנת הנתונים לניתוח

שם הסקריפט:

prepare_bird_data_with_Z_filter.R

1. רק תצפיות ברמת המין (תתי מין דווחו ברמת המין שמעליהם, לדוגמה יונת בית דווחה כיונת סלעים).
 2. תצפיות משנת הפיילוט של תכנית הניטור (2012) נכללו בניתוח רק אם פרוטוקול הדגימה וחלקות הניטור לא השתנו לאחר מכן.
 3. לא נכללו תצפיות חורף 2013–2014 (בוצע באופן חד פעמי).
 4. נכללו רק תצפיות בטווח של עד 250 מ', כדי לשמור על תצפיות שמאפיינות את בית הגידול של חלקת הניטור. סינון זה בוצע היות והעופות משמשים כאינדיקטור למצב הטבע בחלקת הניטור ולכן חשוב לאפיין אך ורק את הסביבה הקרובה לחלקה.
 5. נכללו רק תצפיות של מינים שידוע שהם מקננים בתחומי יחידת הניטור. סינון זה בוצע על ידי השמטת מינים שאין אינדיקציה עבורם כי הם מקננים בתחומי יחידת הניטור בה נצפו. טבלת האינדקציות נבנתה בידי מומחה המוביל את ניטור העופות עבור המארג, ד"ר אייל שוחט. שם הקובץ המכיל את האינדקציות לקינון בתחומי היחידה:
- Observed species breeding truth table - working copy.xlsx
6. נכללו רק תצפיות של מינים שסביר שהם מקיימים אינטראקציה עם הטווח המיידית (250 מ') של חלקת הניטור. טבלת האינדקציות נבנתה בידי מומחה המוביל את ניטור העופות עבור המארג, ד"ר אייל שוחט. שם הקובץ המכיל את האינדקציות לאינטראקציה:
- 20230530 species_interacting_with_sampling_point.xlsx
7. עבור ניתוחים ברמת יחידת הניטור: סוננו החוצה תצפיות החשודות כלהקות נודדות (9 תצפיות בסך הכל). עבור מין נתון ביחידת ניטור נתונה, תצפיות ב-60 פרטים או יותר המהוות מעל 10 סטיות תקן מהממוצע ביחידה נקבעו כתצפית נוכחות (מספר הפרטים=1). סינון זה לא בוצע בניתוח הארצי.
 8. סינון על פי סוג הניתוח:
 - א- ניתוחים המתבססים על עושר מינים (עושר, שיעור מינים בסיכון וכו'): אין סינון נוסף.
 - ב- עבור ניתוחים המתבססים על שפע פרטים (שפע פרטים כולל, שפע ממוצע למין) סוננו החוצה מינים שהוגדרו "נדירים בנתוני המארג":

i. ניתוח ברמת היחידה: נכללו מינים שעמדו בקריטריונים של מספר פרטים מינימלי (10) וגם מספר דגימות מינימלי. סף מספר הדגימות המינימלי נקבע לפי מפתח של מאמץ הדיגום ביחידה: 2 דגימות (=חלקות) לכל מחזור ניטור המכיל 30 דגימות. במידה ומחזור ניטור הכיל יותר מ-30 דגימות, הסף שוקלל לפי מאמץ הדיגום בפועל ביחידה; במידה ומחזור ניטור הכיל פחות מ-30 דגימות, נקבע מינימום של 2 דגימות לכל מחזור. בפועל, הסף נע בין 6 דגימות לכל הפחות עבור חולות מערב הנגב לבין 30 דגימות לכל הפחות בחורש הים תיכוני.

ii. ניתוח ארצי: נכללו מינים שנצפו ב-50 דגימות לפחות בכל תכנית הניטור.

ג- ניתוחים של הרכב מינים:

i. ניתוח ברמת היחידה: זהה לסינון עבור ניתוחי שפע ברמת היחידה.

ii. ניתוח ארצי: נכללו מינים שהופיעו ב-3 יחידות ניטור לפחות וב-80 דגימות לפחות בכל תכנית הניטור.

2.3. סיווג לפי תכונות

סיווג מינים לפי תכונות (סטטוס שימור, העדפות בית גידול וכו') בוצע בהתאם לטבלת התכונות שערך המארג ממגוון מקורות. להלן טבלה המפרטת את התכונות ומקורותיהן:

שם התכונה	מקור	ציטוט	הערות
שם מדעי	שלד טקסונומי של eBird משנת 2022	(Clements et al., 2022; R Core Team, 2023; Strimas-Mackey et al., 2022)	
שם עברי	שלד טקסונומי של eBird משנת 2022	(Clements et al., 2022; R Core Team, 2023; Strimas-Mackey et al., 2022)	
סטטוס שימור בישראל	הספר האדום של העופות	(מירוז וחובי, 2017)	
סטטוס שימור עולמי		רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מיואב פרלמן בתאריך 29/11/2020	
סטטוס נוכחות בישראל		רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מיואב פרלמן בתאריך 29/11/2020; רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מאסף מירוז בתאריך 23/2/2021	

שם התכונה	מקור	ציטוט	הערות
יציב בישראל		רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מיואב פרלמן בתאריך 29/11/2020; רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מאסף מירוז בתאריך 23/2/2021	התכונה הוגדרה לפי שדה סטטוס נוכחות בישראל
אופייני לבתה / מישורי מדבר		רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מאסף מירוז בתאריך 23/2/2021	התכונה הוגדרה לפי סינון תצורות צומח מסויימות מתוך שדה זה
מלווה אדם		רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מנועם וייס בתאריך 19/9/2019	
מתפרץ		רשימת מינים ותכונות שהתקבלה מאסף מירוז בתאריך 23/2/2021; (אתר הצפרות הישראלי; פז, 2014)	
פולש		תכתובת אישית עם יותם לנרד (חלה"ט) ואסף מירוז במרץ 2024	
מקנן (בכל אחת מיחידות הניטור)		רשימת מינים שהתקבלה מאייל שוחט בתאריך 9/5/2023	
סביר שמקיים אינטראקציה עם הטווח המידי (250 מ') של חלקת הניטור		רשימת מינים שהתקבלה מאייל שוחט בתאריך 30/5/2023	

3. ניתוח

3.1. ניתוח מדדי מגוון ביולוגי – עושר, שפע כולל ושפע ממוצע למין

1. בוצעה חקירה של הנתונים שכללה בדיקת התפלגות של התצפיות על פי משתנים שונים, בדיקת תצפיות בעלות ערכים קיצוניים, בדיקת קורלציה בין המשתנים המסבירים.
2. ניתוח באמצעות מודל לינארי מוכלל רגיל / מעורב (GLMM / GLM) מהחבילה lme4 (Bates et al., 2015; Brooks et al., 2017) בסביבת R (R Core Team, 2023). בשלב הראשון נבחרה משפחת ההתפלגויות של המודל:

א- עבור ניתוחי עושר ושפע כולל הבחירה היתה בין התפלגות פואסונית לבין התפלגות בינומית שלילית, ובוצעה באמצעות חישוב מקדם הפיזור (dispersion) וכן השוואה של טיב ההתאמה של המודל המלא מכל משפחה באמצעות 3 גרפים דיאגנוסטיים: residual deviance vs. fitted, Q-Q, scale location. מקדם הפיזור חושב כך:

ב-

$$(Res. Dev.)/(n-p),$$

ג-

where Res. Dev. is the residual deviance of the model, n=number of observations, p=number of parameters in the model

ד- עבור ניתוחי שפע ממוצע למין הבחירה היתה בין התפלגות גאוסיאנית לבין התפלגות גאמה, ובוצעה באמצעות השוואה של טיב ההתאמה של המודל המלא מכל משפחה באמצעות אותם 3 גרפים דיאגנוסטיים.

3. התאמה של מודל מעורב הכולל את האתר כמשתנה אקראי. אם מודל זה יצר בעיות בהתאמה, הועדף על פניו מודל בעל משתנים קבועים בלבד שכולל את משתנה האתר.

4. בחירת מודלים באמצעות AIC בשיטה של רגרסיה שלבית לאחור (backward stepwise regression). המודל הראשוני היה המודל המלא, שכלל את המשתנים שייצגו את שאלות הניטור (משתנה הזמן ומשתנים מרחביים רלבנטיים לניתוח) ומשתנים המייצגים את מועד הדגימה בשנה. אינטראקציות נכללו בין המשתנים שייצגו את שאלות הניטור (כגון בין הזמן לקירבה ליישוב), וכן בין משתנים אלה למשתנים רלבנטיים אחרים (כגון תת-היחידה עבור יחידות החורש והיער). לא נכללו אינטראקציות משולשות. המודל הנבחר היה בעל ה-AIC הנמוך ביותר, אלא אם הפער בין המודלים היה קטן מ-2 נקודות AIC, שאז נבחר המודל הפשוט יותר (המודל שהכיל את מספר הפרמטרים הנמוך יותר). בכל מקרה, משתנה האתר לא הוסר בתהליך הרגרסיה.

5. טיב ההתאמה של המודל הנבחר נבדק באמצעות גרפים דיאגנוסטיים.

6. מובהקות סטטיסטית (ערך P) של המקדמים של המשתנים במודל הסופי חושבה באמצעות מבחן חי בריבוע של וואלד, כפי שמחושב באמצעות הפונקציה summary של המודל.

7. מבחני פוסט-הוק לטובת השוואה בין רמות של משתנים איכותיים (קטגוריים), השוואת ממוצעים שוליים (marginal means) עבור משתנים המצויים באינטראקציה ובדיקת מובהקות עבור מגמות עתיות במודלים בהם משתנה הזמן היה באינטראקציה עם משתנים מרחביים בוצעו באמצעות חבילת emmeans (Lenth, 2023) בסביבת R (R Core Team, 2023).

8. ויזואליזציה של תוצאות המודלים בוצעה באמצעות חבילות jtools (Long, 2022) ו-interactions (Long, 2019).

3.2. ניתוח הרכב מינים

1. בוצעה חקירה של הנתונים שכללה בדיקת התפלגות של התצפיות על פי משתנים שונים, בדיקת תצפיות בעלות ערכים קיצוניים, בדיקת קורלציה בין המשתנים המסבירים.
2. ניתוח סימולטני של נתוני השפע של המינים שסונו באמצעות ריבוי מודלים לינאריים מוכללים (manyglm) מחבילת mvabund (Wang et al., 2022) בסביבת R (R Core Team, 2023). בשלב הראשון נבחרה משפחת ההתפלגויות של המודל (פואסונית / בינומית שלילית) באמצעות השוואה של טיב ההתאמה של המודל המלא מכל משפחה.
3. בחירת מודלים באמצעות AIC בשיטה של רגרסיה שלבית לאחור (backward stepwise regression). המודל הראשוני היה המודל המלא (מודל בעל משתנים קבועים בלבד, לא מודל מעורב), שכלל את המשתנים שייצגו את שאלות הניטור (משתנה הזמן ומשתנים מרחביים רלבנטיים לניתוח, כולל משתנה האתר ומשתנה היחידה בניתוח הארצי) ומשתנים המייצגים את מועד הדגימה בשנה. אינטראקציות נכללו בין המשתנים שייצגו את שאלות הניטור (כגון בין הזמן לקירבה ליישוב), וכן בין משתנים אלה למשתנים רלבנטיים אחרים (כגון תת-היחידה עבור יחידות החורש והיער). לא נכללו אינטראקציות משולשות. המודל הנבחר היה בעל ה-AIC הנמוך ביותר, אלא אם הפער בין המודלים היה קטן מ-2 נקודות AIC, שאז נבחר המודל הפשוט יותר (המודל שהכיל את מספר הפרמטרים הנמוך יותר). בכל מקרה, משתנה האתר לא הוסר בתהליך הרגרסיה.
4. טיב ההתאמה של המודל הנבחר נבדק באמצעות גרפים דיאגנוסטיים.
5. מובהקות סטטיסטית (ערך P) של המקדמים של המשתנים במודל הסופי חושבה באמצעות מבחן חי בריבוע של וואלד, כפי שמחושב באמצעות הפונקציות anova ו-summary של המודל. ערכי ה-P תוקנו עבור השוואות מרובות.
6. ויזואליזציה של תוצאות הניתוח בוצעה באמצעות פונקציות ייעודיות.

3.3. הערות כלליות

עונתיות (מועד הדיגום בשנה) יוצגה במודל באמצעות הפונקציות הטריגונומטריות סינוס וקוסינוס. לטובת זאת חושב ההפרש בין מועד הדיגום לבין התאריך 21 ביוני של אותה השנה, והפרש זה הומר לרדיאנים לפי המפתח $365 \text{ ימים} = 2\pi$.

4. מקורות

בן-משה נ, פרלברג א, ליבנה ע, קומאי א, סלינגרה ש, רנן א (2022). כיסוי הצומח ותצורות הצומח בישראל. בתוך: בן-משה נ, רנן א (עורכים). דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע. ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. ציפורי ישראל – הרשימה (ח.ת.). אתר הצפרות הישראלי.

<https://www.birds.org.il/he/species-checklist>

מירוז א, וין ג, לבינגר ז, שטייניץ ע, הצופה א, חביב א, פרלמן י, אלון ד, לידר נ (2017). הספר האדום של העופות בישראל. החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים.

<https://redlist.parks.org.il/aves/>

פי ע (2014). שינויים ותמורות בעולם העופות במאה ה-20. קרן הדוכיפת, החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים.

Bates D, Mächler M, Bolker B, & Walker S (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67(1): 1–48.
<https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>

Brooks ME, Kristensen K, van Benthem KJ, Magnusson A, Berg CW, Nielsen A, Skaug HJ, Maechler M, & Bolker BM (2017). glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal* 9(2): 378–400. <https://doi.org/10.32614/RJ-2017-066>

Clements JF, Rasmussen PC, Schulenberg TS, Iliff MJ, Fredericks TA, Gerbracht JA, Lepage D, Spencer A, Billerman SM, Sullivan BL, & Wood CL (2022). The eBird/Clements checklist of Birds of the World: v2022.

Dutta Gupta V, Areendran G, Raj K, Ghosh S, Dutta S, & Sahana M (2021). Assessing habitat suitability of leopards (*Panthera pardus*) in unprotected scrublands of Bera, Rajasthan, India. In: *Forest Resources Resilience and Conflicts*. Elsevier, pp. 329–342.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822931-6.00026-5>

Gessesse AA, Melesse AM (2019). Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. In: *Extreme Hydrology and Climate Variability*. Elsevier, pp. 81–92.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815998-9.00008-7>

Goswami S, Gamon J, Vargas S, & Tweedie C (2015). *Relationships of NDVI, Biomass, and Leaf Area Index (LAI) for six key plant species in Barrow, Alaska*. PeerJ PrePrints.

Lenth RV (2023). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*.
<https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>

Long JA (2019). *interactions: Comprehensive, User-Friendly Toolkit for Probing Interactions*. <https://cran.r-project.org/package=interactions>

Long JA (2022). *jtools: Analysis and Presentation of Social Scientific Data*. <https://cran.r-project.org/package=jtools>

R Core Team (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*.
<https://www.R-project.org/>

Rouse JW, Haas RH, Schell JA, & Deering DW (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA Special Publication 351: 309.

- Strimas-Mackey M, Miller E, & Hochachka W (2022). *auk: eBird Data Extraction and Processing with AWK*. <https://cornelllabofornithology.github.io/auk/>
- Wang Y, Naumann U, Eddelbuettel D, Wilshire J, & Warton D (2022). *mvabund: Statistical Methods for Analysing Multivariate Abundance Data*. <https://CRAN.R-project.org/package=mvabund>
- Wu Y, Li W, Wang Q, Liu Q, Yang D, Xing M, Pei Y, & Yan S (2016). Landslide susceptibility assessment using frequency ratio, statistical index and certainty factor models for the Gangu County, China. *Arabian Journal of Geosciences* 9(2): 84. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2112-0>
- Zhang HK, & Roy DP (2016). Landsat 5 Thematic Mapper reflectance and NDVI 27-year time series inconsistencies due to satellite orbit change. *Remote Sensing of Environment* 186: 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.022>