רשות הטבע והגנים
מחוז צפון
מרחב כרמל

שימוש במודל MaxEnt לחיזוי תפוצה של מיני צומח "אדומים" בכרמל

אורי שפירא, שלי אלבז| אוגוסט 2026

1. רקע:

הר הכרמל מקיים סביבות ים-תיכוניות אופייניות, ביניהן – חורש ים תיכוני בדרגות צפיפות שונות, שיחיות, יערות אורנים נטע אדם או מתפראים, ובתות עשבוניות ויחידות מעבר בין התצורות השונות. גם מבחינה גיאולוגית/ליתולוגית הכרמל מציג מידה רבה של שונות בין סוגי סלע וקרקע שונים כאשר העיקריים שבהם הם גיר, קירטון, חוואר, ודולומיט וקרקעות מסוג רנדזינה, או טרה רוסה וקרקעות וולקניות. הכרמל גם מוכר כ"נקודה חמה" של מיני צומח, היות וכאמור הוא מקיים תנאים גיאולוגיים וליתולוגיים מורכבים ובעלי שונות גבוהה. אלו, יחד עם תנאים טופוגרפיים משתנים (רום ושיפועים משתנים) ומפנים שונים אל מול השמש מייצרים חברות צומח מפותחות ומגוונות ומגוון רחב של בתי גידול ותת בתי גידול.

מאז שריפת 2010, מופעלת בכרמל תוכנית ממשק סדורה המבוצעת רובה ככולה על ידי ענף היער במחוז צפון. התכלית העיקרית של התוכנית הינה שיקום המופע הנופי הרצוי של הכרמל לאחר השריפה, מתוך הנחה שהמופע הנופי גם תורם למגוון הביולוגי האופייני לאזור זה. במסגרת התוכנית מופעלים כלים רבים לממשק החורש והיער – עבודות ידניות של גיזום וכריתת עצים, עבודות אגרומכניות כבדות בכלים בגדלים שונים, עבודות עפר, הכשרות דרכים, הרמת נוף ועוד. פעולות ממשק נוספות המבוצעות בכרמל כוללות קליטת קהל בחניוני יום ולילה, פתיחת ותחזוקת שבילים ומתקנים נוספים, רעיית בקר (מרבית שטח הכרמל הינו שטח מרעה רשמי) ועוד.

מבחינת מצאי מיני הצומח, בכרמל תועדו 900 תצפיות בכ-25 מינים המוגדרים מינים בסכנת הכחדה על פי הספר האדום של מיני הצומח בישראל (שמידע ופולג., 2007). כמו כן, ישנם מספר מינים המוגדרים אנדמיים או תת אנדמיים לכרמל כמו הכרוב הכרתי (אתר יחיד בישראל); חלבלוב השיח (אתר יחיד בישראל), רתמה קוצנית ("סירה קוצנית של הכרמל" – אתר יחיד בעולם); שושן צחור (שני אתרים בישראל), שום סתווי (אתר יחיד בישראל) ועוד.

המידע שנאסף עד כה לגבי מיני הצומח בכרמל מגיע משלושה מקורות עיקריים: 1. תצפיות אקראיות במיני צומח; סקרי מכון דש"א: סקר משאבי טבע, נוף ומורשת בכרמל (להב ואחרים., 1983), סקר סובב עיר כרמל (להב ואחרים., 2008), סקר המינים האדומים במדינת ישראל (פנימי – רט"ג). מתוך מקורות אלו, בסיס המידע הינו של נתוני נוכחות בלבד, למעט מקרים ספורדיים בהם קיימים גם נתוני היעדר, כלומר מקומות בהם תועד מין X בעבר והוא לא תועד בעת ביקור מאוחר יותר בשטח. העבודה הנוכחית ממפה את הסבירות להימצאותם של כלל המינים אדומים בכרמל בכדי להשיג את המטרה של ייעול עבודות הממשק המתקיימות בכרמל באופן שישפיע לחיוב על נוכחות של מינים אדומים. מבחינה מעשית, המשמעות של השגת המטרה יכולה להיות למשל הכוונת פעולות ממשקיות לעידוד

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

צמיחה של מין מסוים או שינוי שיטת הטיפול היערני באזור אחר. כמו כן, באמצעות סקר זה, ניתן יהיה למקד את החיפוש אחר מינים ספציפיים ככל שהדבר יידרש.

לאור העובדה שמראש מונח שהדיווחים על מיני צומח אדומים בכרמל הינם דיווחי נוכחות בלבד (ובאמור – דיווח חסר), המודל הנפוץ ביותר לחיזוי הסבירות להימצאותם של המינים האדומים הינו מודל MaxEnt. המודל משווה בין התנאים הסביבתיים (כמו טמפרטורה, משקעים או סוג קרקע) בנקודות שבהן המין נמצא, לבין התנאים הכלליים הקיימים באזור המחקר כולו (באמצעות שכבה של נקודות רקע אקראיות). על בסיס השוואה זו, המודל מוצא את שילוב התנאים הסביבתיים המועדף על מין המטרה וממפה את האזורים שבהם הסביבה מתאימה לקיומו תוך הסתמכות על המשתנים המסבירים שנבחרו בלבד (מכאן שם המודל – "מקסימום אנתרופיה"). מכיוון שמודל זה אינו דורש מידע על מקומות שבהם המין נחקר ולא נמצא (נתוני היעדרות), והוא מסוגל להפיק תחזיות יחסית אמינות גם בהסתמך על מספר תצפיות מועט, הוא משמש כלי מרכזי לחיזוי תפוצה של מינים בכלל, ומינים נדירים שהתצפיות בהם מועטות, בפרט. הפלט המתקבל לאחר ביצוע מודל MaxEnt כולל: מפות חיזוי תפוצה (סבירות להימצאות), מידת ההשפעה של משתנים סביבתיים (על פי מקדמים מנורמלים של כל אחד מהמשתנים במודל), ומדדי התאמה כלליים של המודל (בדרך כלל מדד הנקרא AUC). כמו כן, היות ומדובר במודל המסתמך באופן בלעדי על המשתנים המסבירים שנבחרו **בלבד**, יש גם חשיבות רבה לבחינה ויזואלית של התוצאות ובחינתם על רקע ההיכרות עם השטח לשם החלטה האם תוצאות המודלים "הגיוניות" או לא.

2. שיטות:

2.1. מיני צומח "אדומים":

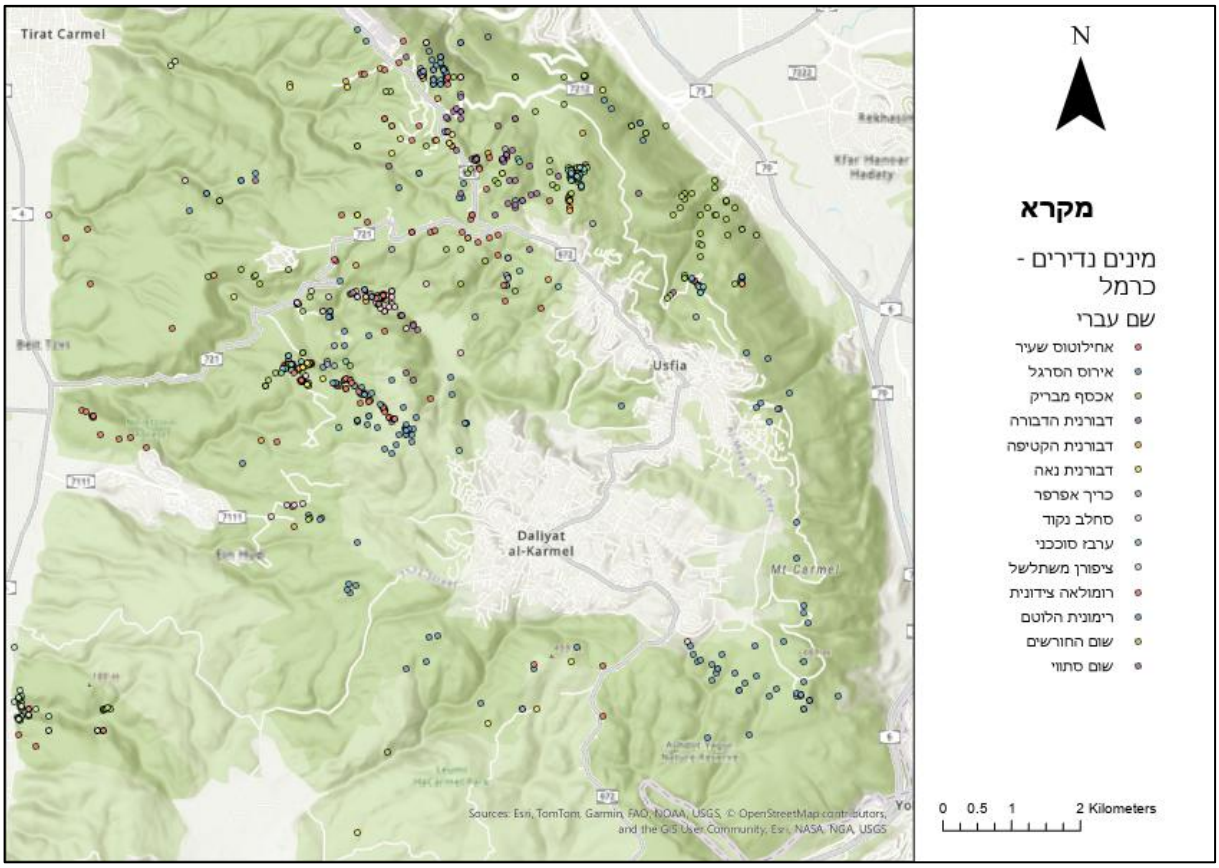
כאמור, בכרמל מתועדים סה"כ 25 מיני צומח המוגדרים ב"סכנת הכחדה" בדרגה זו או אחרת (איור 1 וטבלה 1) יחד עם זאת, בכדי לייצר תוצרים רלוונטיים, בוצע סינון ראשוני לרשימת המינים האדומים הכללית. סינון זה בוצע על פי מידת הנדירות של המין, מס' האתרים בו הוא נמצא בישראל, כמה הוא מין דגל של הכרמל, ומה מידת האנדמיות שלו (המקומית, האזורית, הארצית וכן הלאה)? לאחר מכן, נבדקו מס' התצפיות לכל מין וסוננו מניתוח הנתונים מינים שיש להם פחות מ-19 תצפיות (בספרות מומלץ 20 תצפיות לפחות). כמו כן, השמטנו מינים שבית הגידול שלהם הינו ספציפי ביותר מתוך הנחה שהמודל לא יוכל לחזות נכונה את תפוצתם. דוגמאות למינים אלו הם הציפורן המשתלשל והשושן הצחור שבית הגידול הטבעי שלהם הינו באופן בלעדי מצוקים, ובלאו הכי לא מתקיימת פעילות ממשק באזורים אלו. מינים נוספים שהושמטו הינם מינים להם יש אתר יחיד ומצומצם כמו חלבלוב השיח בנחל שיח והכרוב הכרתי בשמורת נחל מערות. לאחר כל הסינונים , נותרנו עם 13 מינים, שעבור כל אחד מהם בוצע מודל SDM בנפרד.

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

טבלה 1: מינים נדירים, באיום או כאלו שיש בהם עניין מיוחד בכרמל

שם עברי	שם לטיני	מידת הסיכון	בתי גידול
אחילוטוס שעיר	*Dorycnium hirsutum*	סכנת הכחדה חמורה (6.5)	חווארים
שום החורשים	*Allium dumetorum*	סכנת הכחדה (4.7)	חורש ים תיכוני
דבורנית הדבורה	*Ophrys apifera*	אינו בסיכון	קרקעות כבדות
סחלב נקוד	*Orchis punctulata*	ללא חשש (1.7)	קרקעות גירניות בחורש פתוח, יערות אורן, שדות בור
אכסף מבריק	*Cytisopsis pseudocytisus*	ללא חשש (2.1)	בתות או יערות אורן על קירטון, רנדזינה וחוואר
ערבז סוכנני	*Centaurium erythraea*	ללא חשש (2.1)	חורש פתוח
דבורנית נאה	*Ophrys bornmuelleri*	אינו בסיכון	בתה או גריגה על גיר
דבורנית הקטיפה	*Ophrys transhyrcana*	אינו בסיכון	קרקעות כבדות
שום סתווי	*Allium tardiflorum*	סכנת הכחדה חמורה (6.5)	מדרונות קירטוניים בחורש חצי מוצל על קרקע רנדזינה או מדרונות סלע טרשיים ודולומיט בהר הכרמל
כריך אפרפר	*Carex flacca*	אינו בסיכון	בתי גידול לחים
רומוליאה צידונית	*Romulea tempskyana Freyn*	נדיר	בתות
רימונית הלוטם	*Cytinus ruber (Fourr.) Fritsch*	נדיר מאוד	חורש פתוח או גריגה
אירוס הסרגל	*Iris vartanii*	ללא חשש (אנדמי)	טרה רוסה על גיר קשה מעל 450 מ.

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

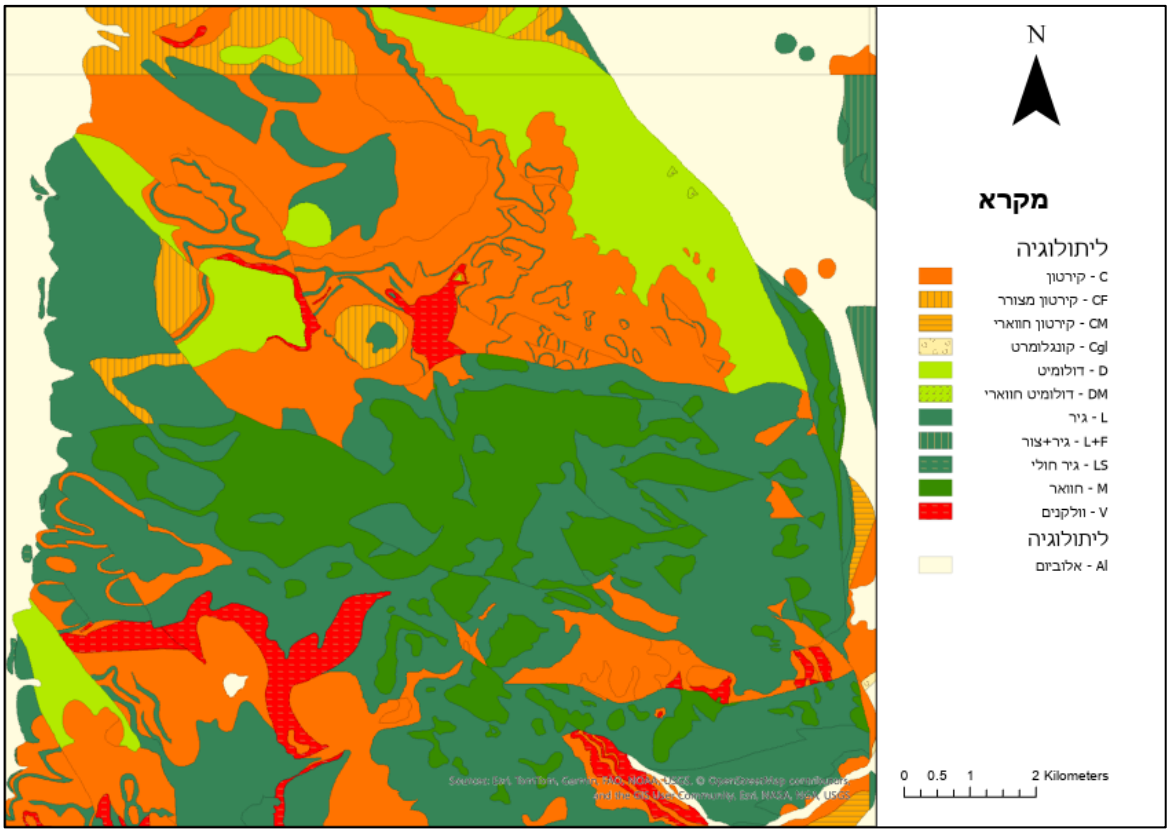


איור 1 : פיזור התצפיות במינים המופיעים בטבלה 1 בפארק הכרמל

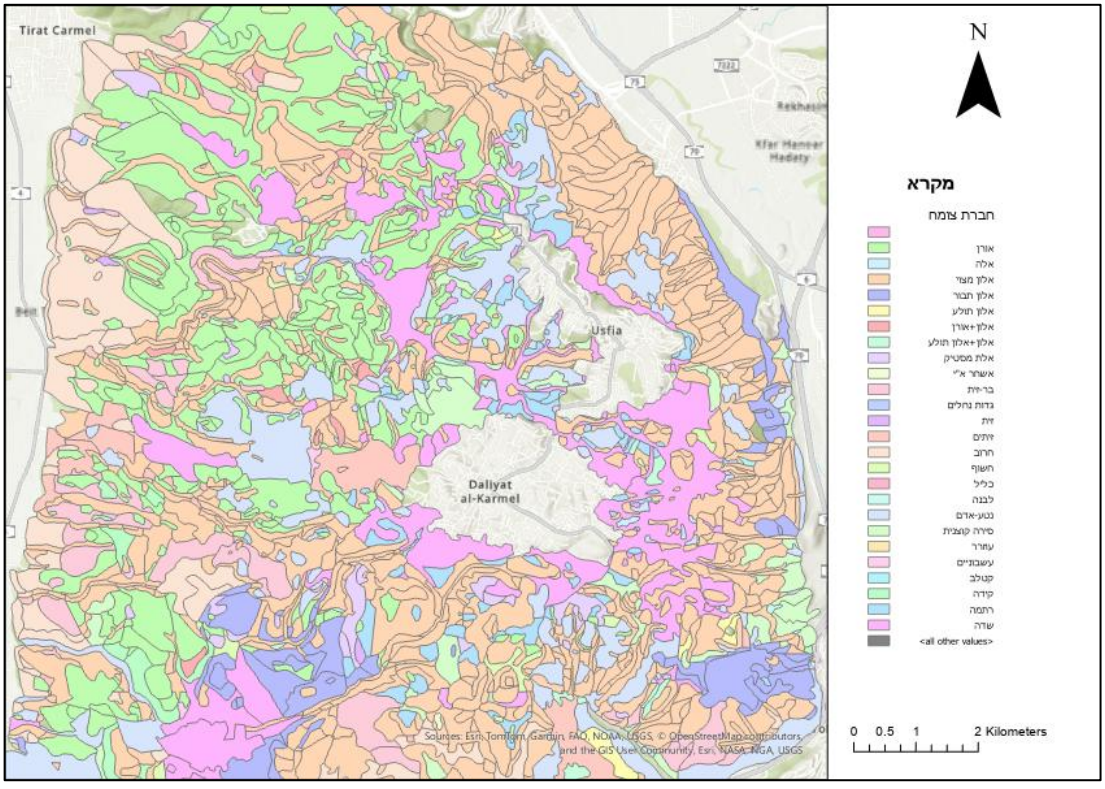
2.2. משתנים סביבתיים:

אחד השלבים החשובים ביותר בביצוע של מודל MaxEnt אפקטיבי הינו בחירת המשתנים הסביבתיים שישמשו לחיזוי הסבירות להימצאות של מיני המטרה. במקרה שלנו נבחרו המשתנים הבאים (ושמותיהם באנליזה): גובה טופוגרפי (DEM), מפנה אל מול השמש (Aspect), שיפוע (Slope), חברת צומח (Veg_de), תצורת צומח (Veg_de_form), צפיפות חורש (יער, דליל, בינוני, צפוף), וליתולוגיה (Lithology). את נתוני הגובה, שיפוע ומפנה חילצנו מתוך ה DEM הארצי (רט"ג). כדי למנוע בעיה הנובעת מכך ש-0 ו-360 מייצגים שניהם מפנה צפוני, המשתנה הומר מרציף לקטגוריאלי. חברת הצומח ותצורת הצומח נלקחה מתוך השכבות הממ"גיות של שני סקרי דש"א שהתקיימו בכרמל. שכבות אלו נוצרו בצורה מפורטת, על ידי חווה להב ומידת הפירוט שלהם גבוהה מאוד באופן יחסי. יחד עם זאת, הן נוצרו לפני זמן רב ולכן יכול להיות שחלק מתאי השטח עברו שינויים משמעותיים שגורמים להטיה של התוצאות. עיון במפות המציגות את המשתנים הסביבתיים ששימשו לביצוע המודלים מצביע על רזולוציה מרחבית גבוהה ועל יכולת טובה להבדיל בין הקטגוריות השונות (איור 2-5).

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 st.mearot@npa.org.il / www.parks.org.i

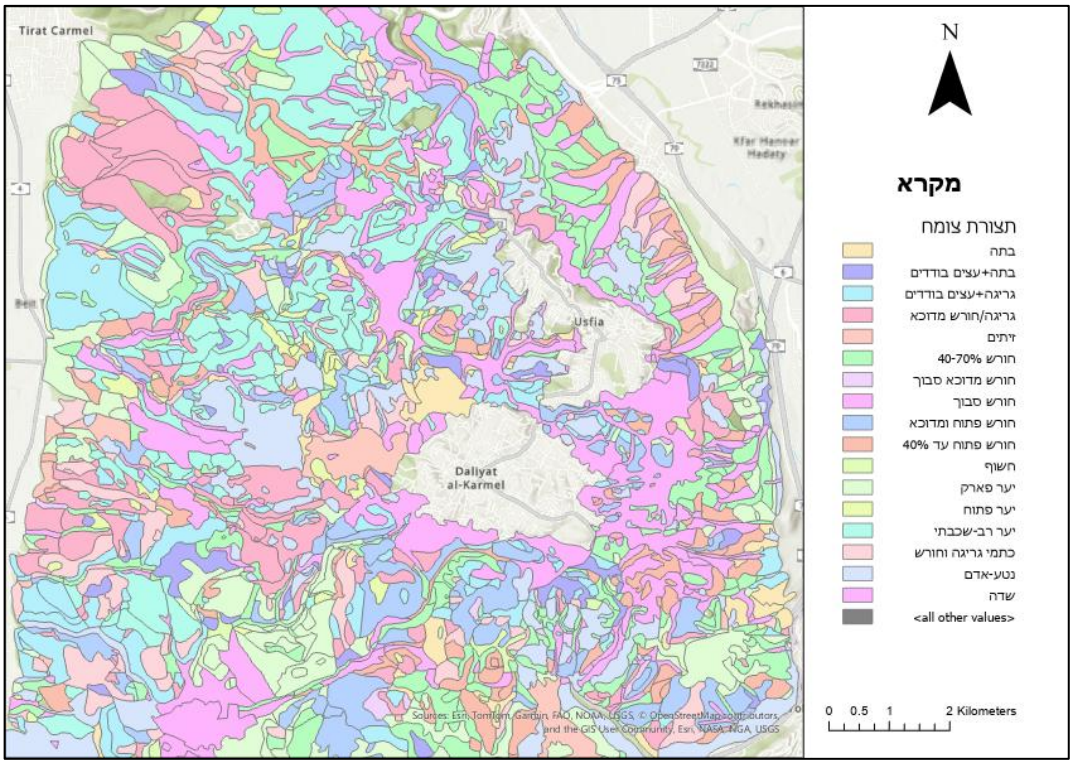


איור 2: ליתולוגיה בכרמל

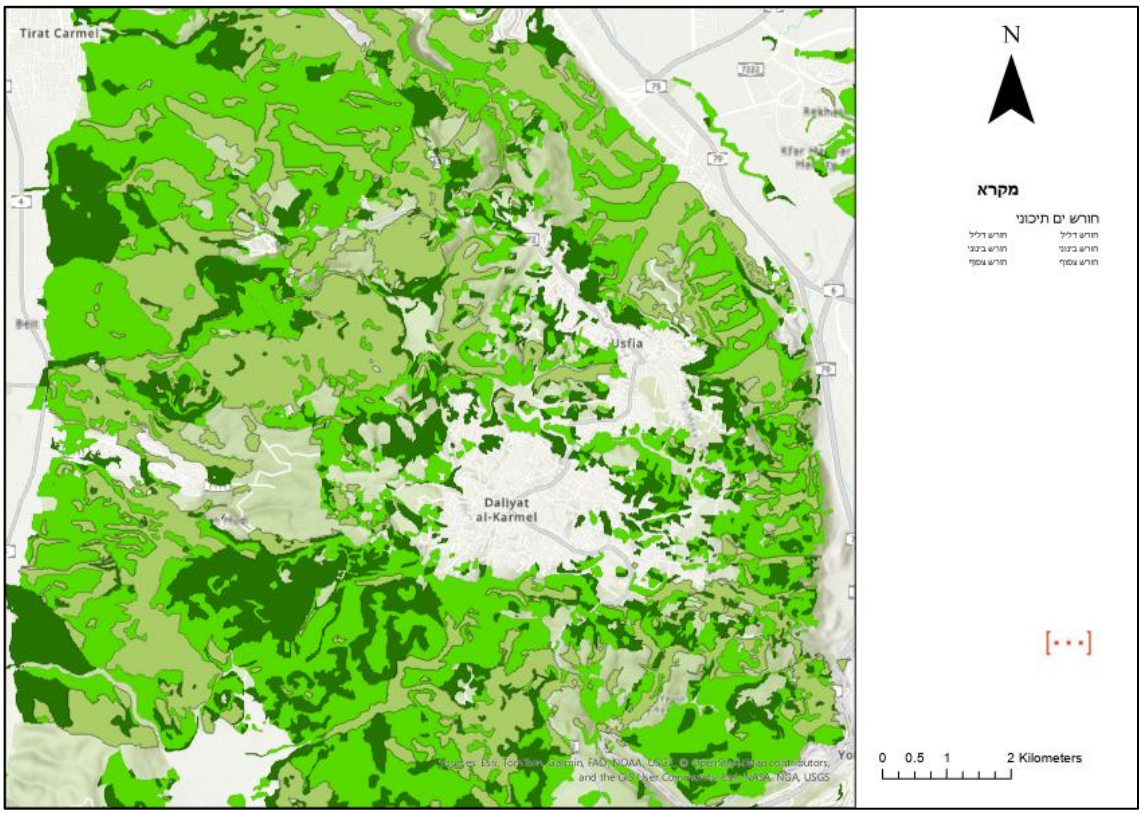


איור 3: חברות צומח (מין שליט) על פי להב ואחרים., 1983

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 st.mearot@npa.org.il / www.parks.org.i



איור 4: תצורות צומח על פי להב ואח., 1983

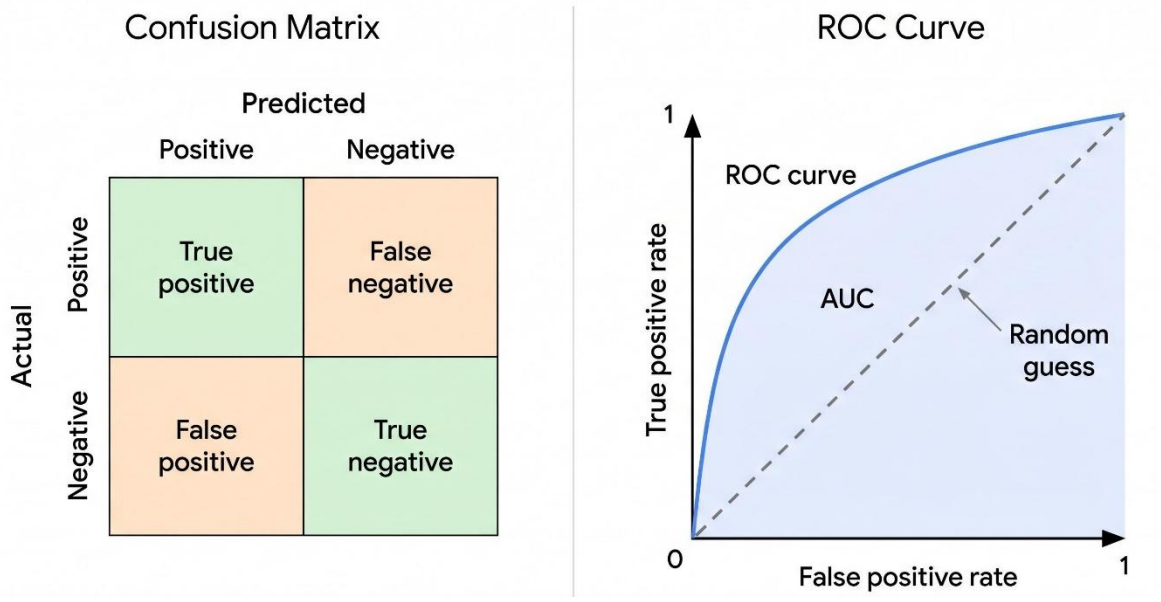


איור 5: צפיפות חורש ים תיכוני בכרמל

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

2.3 חיזוי הסבירות להימצאות וקומפילציה של התוצאות לתוצר בודד:

הניתוחים בוצעו בתוכנת ArcGIS Pro 3.7.1 באמצעות הכלי Presence-only Prediction (MaxEnt). מודל MaxEnt שהותאם הניח תגובה לינארית של נוכחות המינים למשתנים הסביבתיים (או משתני דמה שהותאמו למשתנים קטגוריאליים). מדובר במודל פשטני יחסית המניח יחס ישיר בין סיכויי ההימצאות של מיני המטרה לבין המשתנים המסבירים. גודל התא שהוגדר הותאם לגודל התא המינימלי של הראסטרים שהיוו את המשתנים הסביבתיים (גודל תא 10 מ'). כל המשתנים הסביבתיים שמקורם בשכבות וקטוריות הומרו לראסטרים. עבור כל מין הופק פלט הכולל: ראסטר חיזוי, מדדי התאמה של המודל (ROC, AUC, Omission rates), וגרפים המציגים את השפעת כל משתנה סביבתי בנפרד על הסבירות להימצאות המין. עקומת ה ROC מציינת את היחס בין שיעור הזיהוי החיובי לשיעור הזיהוי החיובי השגוי (איור 6) ולכן ככל שהשטח תחת עקומה זו גדול יותר (AUC) וקרוב יותר ל-1, כך ניתן לומר שהמודל עושה עבודה טובה יותר בחיזוי נוכחות מיני המטרה. שיעור ההשמטה (Omission Rate) הינו במילים אחרות שיעור ה False Negative בהתאם לערך הסף (cutoff) שהוגדר בעבודה זו כ-0.5. כלומר, כמה מתוך נקודות הנוכחות הידועות של מין המטרה, לא הוגדרו על ידי המודל ככאלו. שני המדדים הללו, יחד עם בחינה של התוצאות במרחב מתוך ההיכרות עם השטח – נותנים תמונה טובה ביחס לשאלה האם המודל חוזה נוכחות פוטנציאלית של מיני המטרה בצורה טובה.



איור 6: הסבר גרפי של שיעור השמטה (OR) ושטח מתחת לעקומה (AUC)

לאחר קבלת הראסטרים עבור כל המינים, חושב סכום ההסתברויות להימצאות מין אדום בכל תא. לאחר מכן בוצעה אגריגציה (Aggregate) לרזולוציות מרחביות שונות (גודל תא של 100, 500, ו-1000 מטר), כאשר ערכו של כל תא חושב כממוצע של סכומי ההסתברויות של התאים הכלולים בשטחו. לבסוף בוצע נרמול של ערכי הראסטרים לטווח

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

של 0-100 לשם נוחות התצוגה. כך למעשה נוצרה תמונה ברורה של אזורים בכרמל בהם הסבירות להימצאות של מיני צומח נדירים הינה גבוהה באופן יחסי. יודגש, שתוצר זה הופק בכלי תומך המחבר את כלל המודלים לכדי פלט אחד ברור. עם זאת, לא ניתנו "משקולות" למינים והתוצאות הן תוצאות יחסיות.

3. תוצאות:

להלן יובאו התוצאות עבור כל אחד מהמינים בנפרד (טבלה 2). כאמור, עבור מודל MaxEnt, אין תוצאות הקובעות כי המודל הינו "מובהק", אלא ניתן לנתח מתוך התוצאות ועל סמך ההיכרות עם השטח את יכולת המודל לחזות נכון את סבירות ההימצאות של מיני המטרה. שני המדדים המספריים החשובים ביותר לבחינת יכולתו של מודל MaxEnt לחזות נוכחותו של מין הינם: AUC (שטח מתחת לעקומה) ושיעור ההשמטה (OR - Omission Rate) המכמת את שיעור האירועים האמיתיים שהמודל לא זיהה כבאלו (False negative). אל שני המדדים הללו, נוסף גם ניתוח ויזואלי של מפת החיזוי. ניתוח זה נועד לבחון האם הפלט של המודל במרחב, תואם את מה שעשוי להיות המצב האמיתי בשטח. במידה מסוימת, ניתן לומר שטכניקה זו מתבססת על שילוב של תוצאות המודל, יחד עם הערכת מומחים. לאחר הגדרת המדדים הכלליים, יתוארו בקצרה ההשפעה (כיוון ועוצמה) של כל אחד מהמשתנים המסבירים, למעט הרום הטופוגרפי והשיפוע שנמצאו כבעלי השפעה זניחה עבור כל המינים.

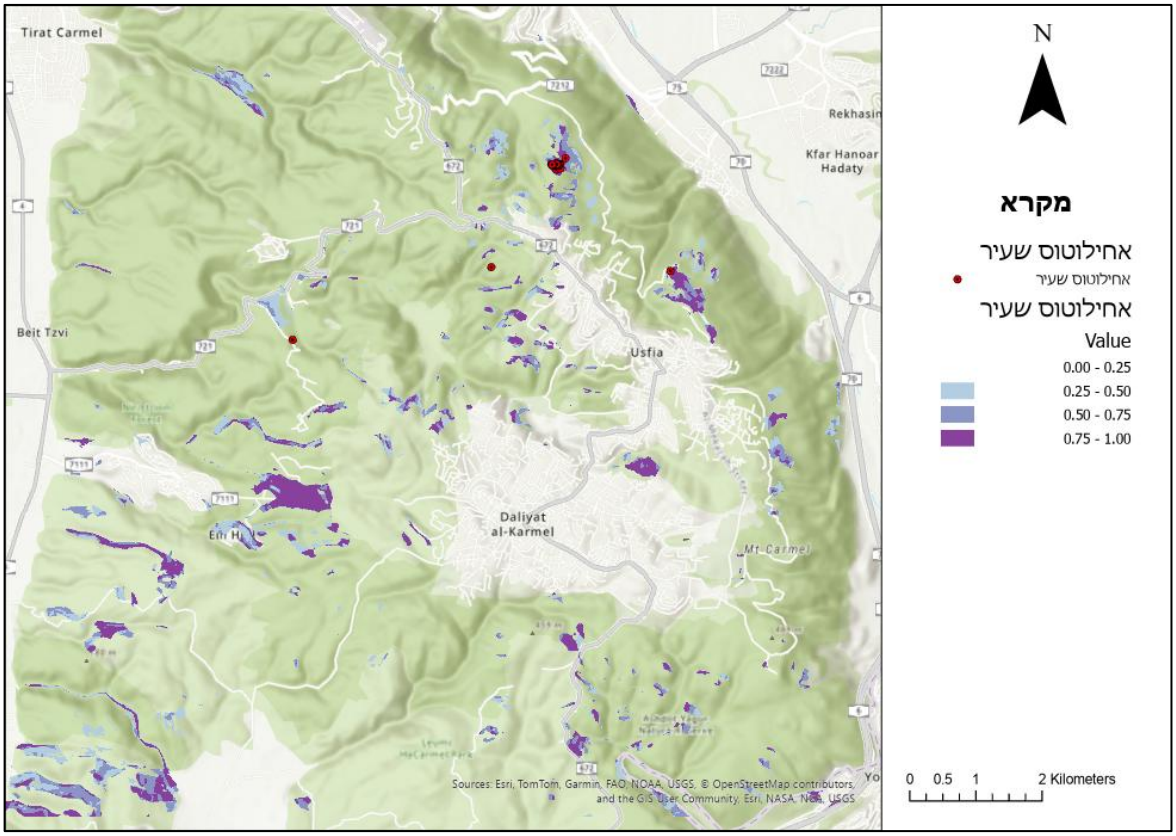
טבלה 2: ריכוז תוצאות עיקריות של מודלים פרטניים

מין	מס' נקודות נוכחות	AUC	שיעור השמטה (Omission Rate)
אחילוטוס שעיר	19	0.9840	0.1053
שום החורשים	45	0.9668	0.2143
דבורנית הדבורה	26	0.9192	0.3913
סחלב נקוד	96	0.9149	0.4493
אכסף מבריק	93	0.8941	0.2857
ערבז סוככני	43	0.8860	0.2381
דבורנית נאה	33	0.8648	0.2000
דבורנית הקטיפה	59	0.8475	0.2830
שום סתווי	61	0.8413	0.2586
כריך אפרפר	29	0.8347	0.2759
רומולאה צידונית	94	0.8311	0.3483
רימונית הלוטם	43	0.8264	0.3810
אירוס הסרגל	149	0.7488	0.3901

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

3.1. *אחילוטוס שעיר (איור 7)*

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין נמצאה מצוינת (AUC=0.984, שיעור השמטה=0.105). מבחינת המשתנים הסביבתיים: מפנה צפון ומפנה צפון מערב נמצאו כתורמים ביותר להימצאות המין; מבחינת ההרכב הליתולוגי, גיר נמצא כמסלע התורם ביותר, לעומת דולומיט הפוגע בסיכויי ההימצאות; מבחינת תצורת ואופי הצומח, נמצא ששילוב של שיחייה ביער נטע אדם או יער רב שכבתי היא התורמת ביותר להימצאות המין.



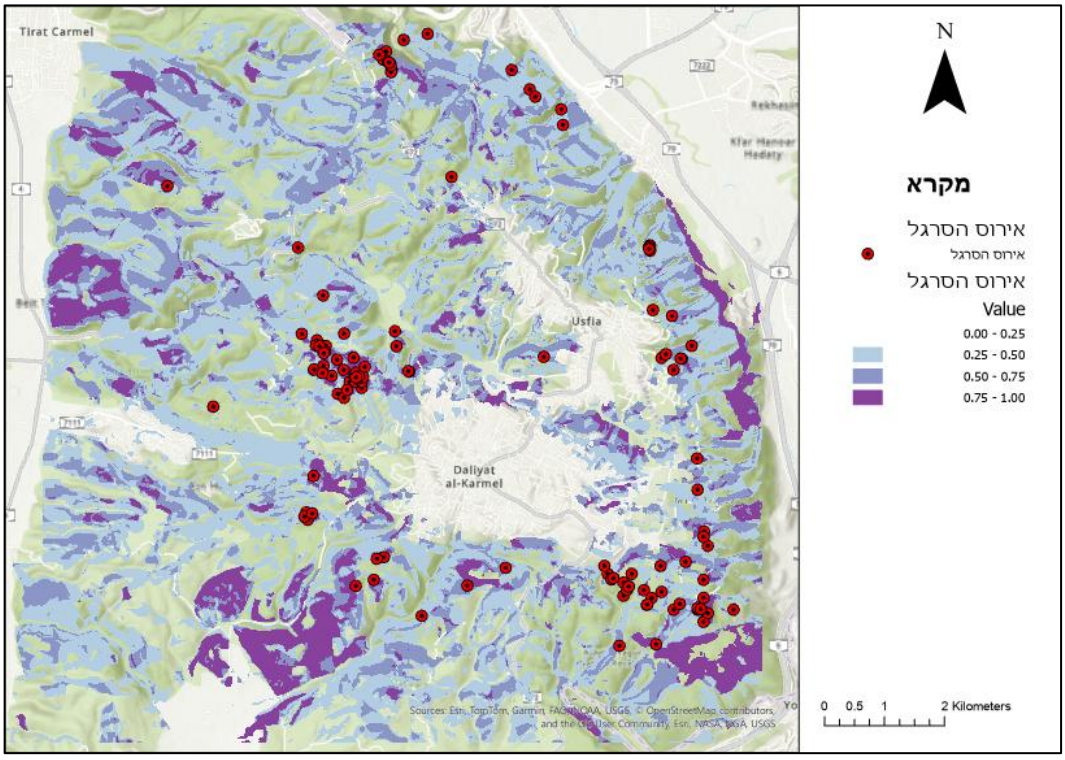
איור 7 : חיזוי הימצאות של אחילוטוס שעיר בכרמל

3.2. *אירוס הסרגל (איור 8):*

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין נמצאה בינונית (AUC=0.749, שיעור השמטה=0.390). מבחינת המשתנים הסביבתיים, מפנה צפון מזרחי ומפנה מערבי נמצאו כתורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרום מזרחי משפיע לרעה; מבחינת ההרכב הליתולוגי, מסלע גיר נמצא כתורם ביותר לסיכויי ההימצאות בעוד שקירטון נמצא כגורם שלישי; מבחינת צפיפות החורש, בניגוד למצופה, נמצא שחורש בינוני הינו התורם ביותר להימצאות המין; מבחינת תצורת וטיפוס הצומח, נמצא שגרירה משולבת בעצים בודדים היא המתאימה ביותר להימצאות המין (בעיקר

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

עצי אלון תבור), וזאת לעומת יער רב-שכבתי שמפחיתה את הסיכוי להימצאות. יודגש, שעבור מין זה, עקב התאמה בכל הנראה חלשה של המודל – יש להתייחס לתוצאות בזהירות רבה.

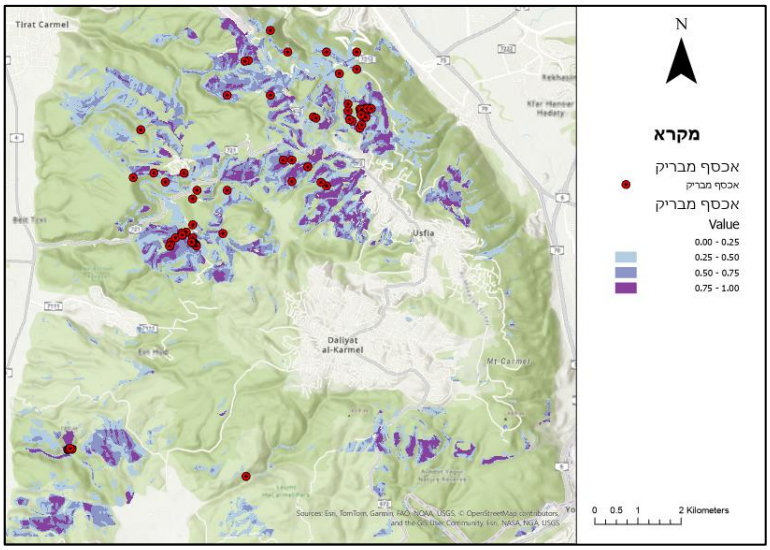


איור 8: מודל חיזוי של הימצאות אירוס סרגל בפארק הכרמל

3.3. <u>אכסף מבריק (איור 9):</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין נמצאה כטובה מאוד (AUC=0.894, שיעור השמטה=0.286). מבחינת המשתנים הסביבתיים, המפנים הצפוני והדרומי נמצאו כמשפיעים ביותר על הימצאות המין. המסלע התורם ביותר להימצאות המין הינו דולומיט; טיפוס ותצורת הצומח נמצא שבתה עשבונית או בתת סירה קוצנית ביער רב שכבתי היא התורמת המשמעותית ביותר להימצאות המין.

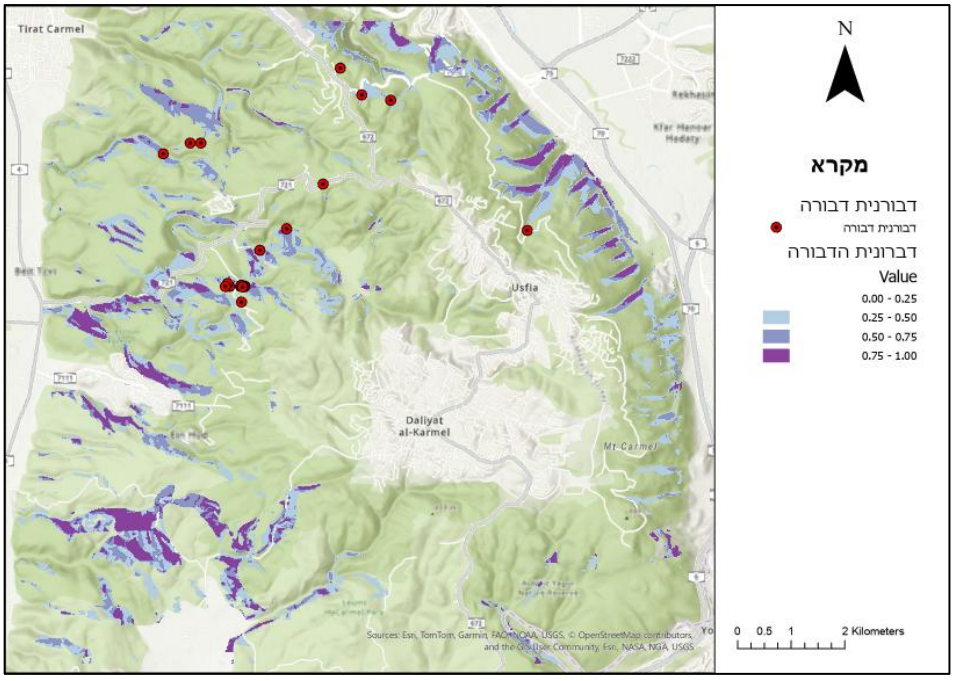
שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il



איור 9: מודל חיזוי הימצאות של אכסף מבריק בפארק הכרמל

3.4 *<u>דבורנית הדבורה (איור 10):</u>*

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין נמצאה טובה, אם כי קיימת סתירה בין ה AUC ל- OR (AUC=0.919, שיעור השמטה=0.391). מבחינת המשתנים הסביבתיים, נמצא המפנים הצפוני והמזרחי הם התורמים ביותר להימצאות המין בעוד שמפנה מערבי מפחית את הסיכוי להימצאו; סוג המסלע המתאים ביותר להימצאות המין הינו מסלע וולקני בעוד שגיר מפחית את הסיכוי להימצאות; מבחינת טיפוס ותצורת הצומח – נמצא שבתה עשבונית ביער רב שכבתי או כתמים עשבוניים בחורש בצפיפות נמוכה הם התורמים ביותר להימצאות המין.

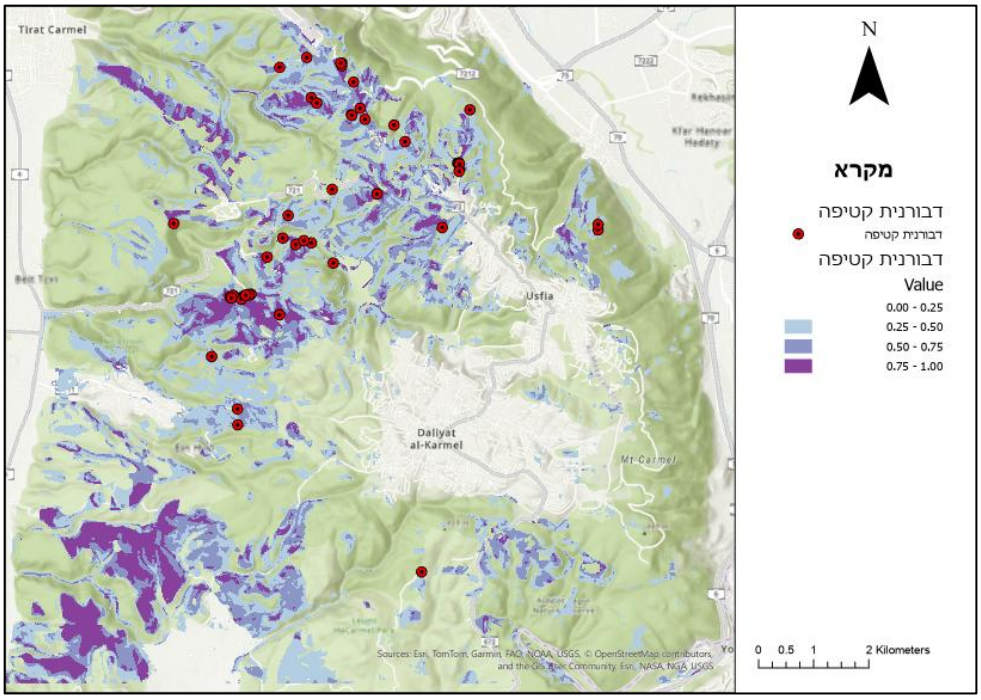


איור 10: מודל חיזוי הימצאות של דבורנית הדבורה בפארק הכרמל

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 st.mearot@npa.org.il / www.parks.org.i

3.5 <u>דבורנית הקטיפה (איור 11):</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה סבירה (AUC=0.848, שיעור השמטה=0.283). מבחינת המשתנים הסביבתיים, נמצא שהמפנה הצפוני הוא התורם ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרום מערבי מוריד את הסיכוי להימצאות; מבחינת התנאים הליתולוגיים והתנאי אופי ותצורת הצומח, נמצא שמדדים דומים לאלו שנצפו בדבורנית הדבורה תורמים גם כאן – בעיקר כתמים עשבוניים ביער פתוח, בסביבה וולקנית.

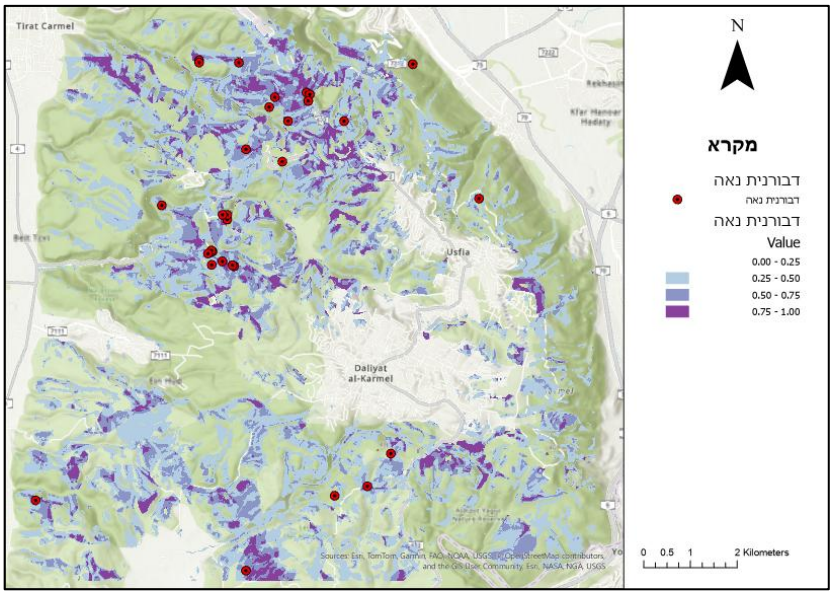


איור 11: מודל חיזוי של דבורנית קטיפה בפארק הכרמל

3.6 <u>דבורנית נאה (איור 12):</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה טובה יחסית (AUC=0.865, שיעור השמטה=0.200). מבחינת המשתנים הסביבתיים, מפנה צפוני ומפנה צפון מערבי תורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרום מערב משפיע לרעה; מבחינת המסלע – קירטון הינו התורם ביותר להימצאות המין, בעוד שחוואר פוגע בסיכוי זה; תצורת הצומח התורמת ביותר להימצאות המין היא שילוב של בתה וחורש בשלטון של אלון מצוי ואורן.

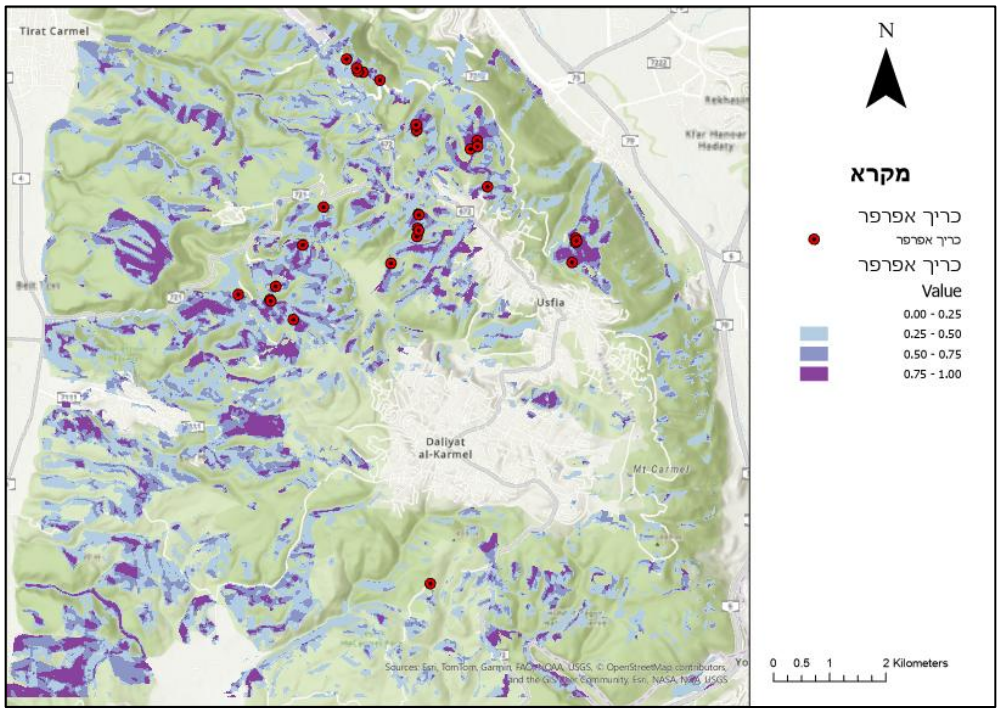
שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il



איור 12: מודל חיזוי של דבורנית נאה בפארק הכרמל

3.7 <u>כריך אפרפר (איור 13):</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה סבירה (AUC=0.835, שיעור השמטה=0.276). מבחינת המשתנים הסביבתיים, מפנה צפוני ומפנה צפון מערבי תורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרומי משפיע לרעה; מבחינת המסלע, גם עבור מין זה קירטון נמצא כתורם ביותר, בעוד חוואר מוריד את סיכויי ההימצאות; מבחינת טיפוס ותצורת הצומח, נמצא שיער או יער פארק בשילוב עם רתמה קוצנית הם התורמים ביותר להימצאות המין.

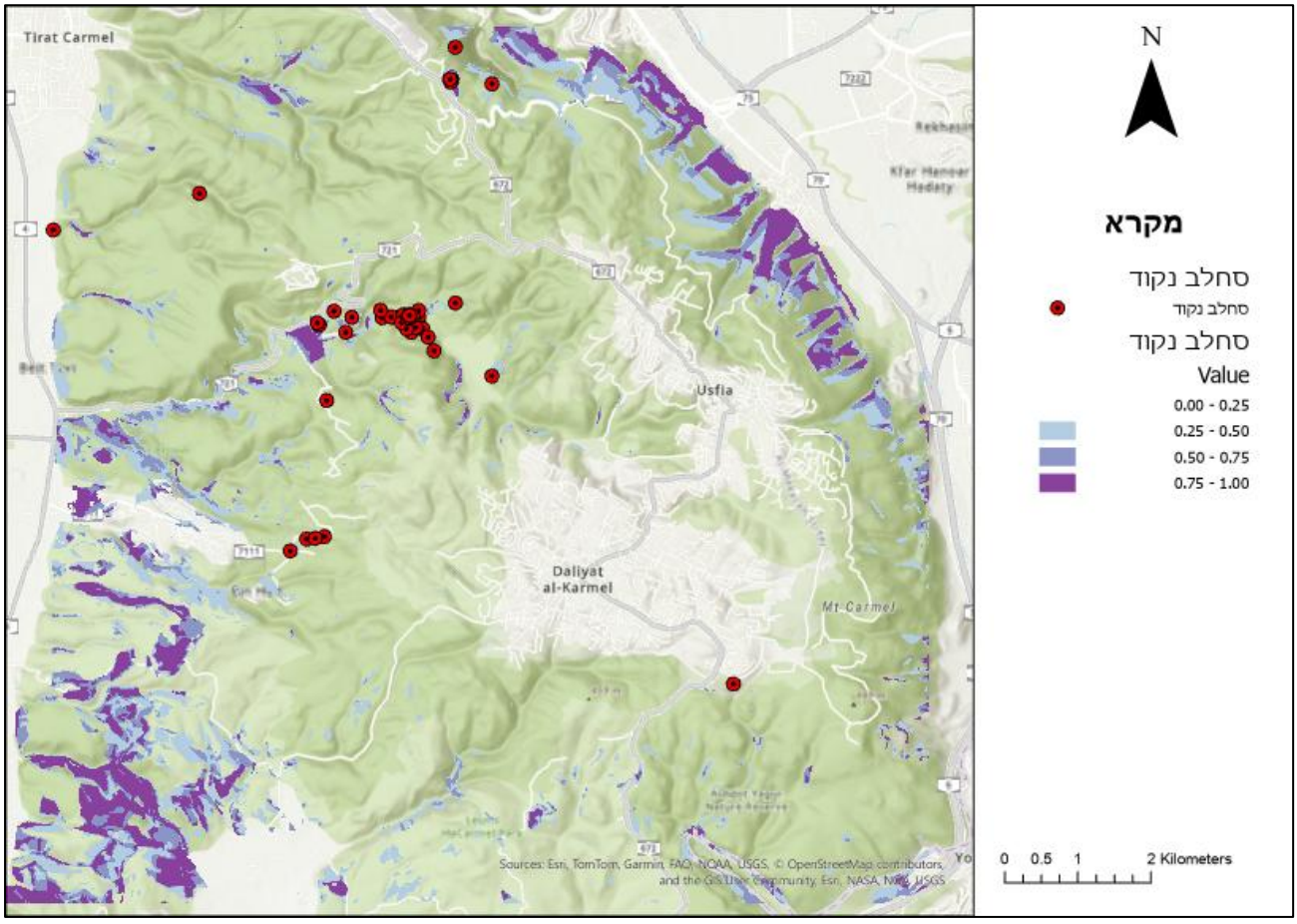


איור 13: מודל חיזוי של כריך אפרפר בפארק הכרמל

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

3.8 *סחלב נקוד (איור 14):*

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה טובה אם כי קיימת סתירה משמעותית בין ה AUC לבין שיעור ההשמטה הגבוה (ונשאר כמעט על אקראי) (AUC=0.915, שיעור השמטה=0.449). מבחינת המשתנים הסביבתיים, מבין מפנה מערבי ומפנה צפון מזרחי תורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרומי נצפה כמשפיע לרעה; מבחינת ליתולוגיה – דולומיט נמצא כמסלע התורם ביותר, לעומת חוואר הנמצא כמסלע התורם שלילי ביותר ; תצורות צומח מתאימות ביותר הינן חורש בצפיפות בינונית או שיחייה.

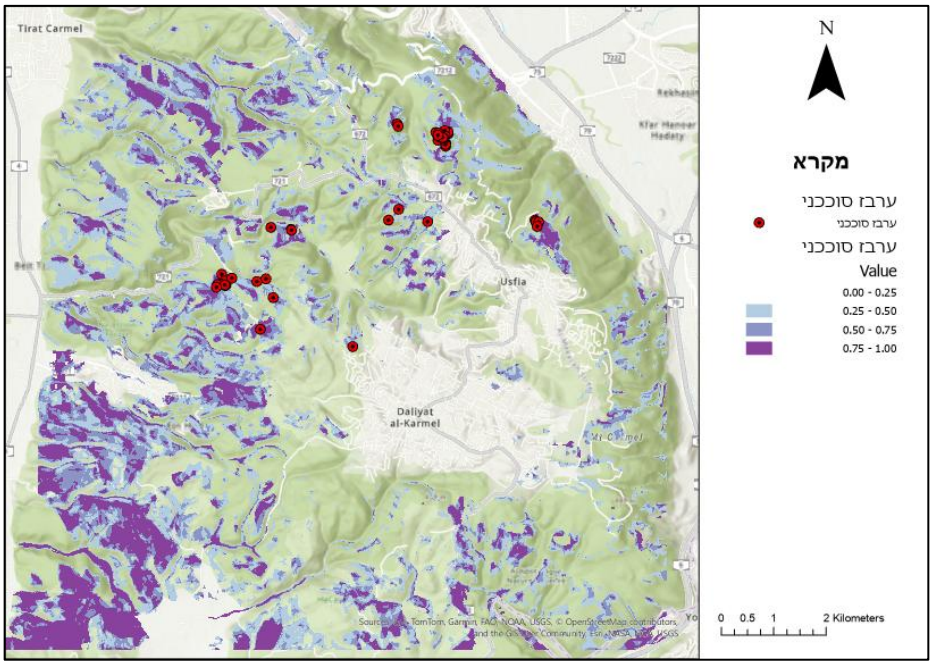


איור 14: מודל חיזוי צפיפות של סחלב נקוד בפארק הכרמל

3.9 *ערבז סוככני (איור 15):*

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה טובה מאוד (AUC=0.886, שיעור השמטה=0.238). מבחינת המשתנים הסביבתיים, מפנה צפון מזרחי ומפנה צפוני תורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרומי משפיע לרעה; מבחינת ההרכב הליתולוגי, קירטון הינו המסלע התורם ביותר להימצאות המין; טיפוס ותצורת הצומח האופייניים ביותר למין הינם בתה בתת יער נטע אדם (אורנים).

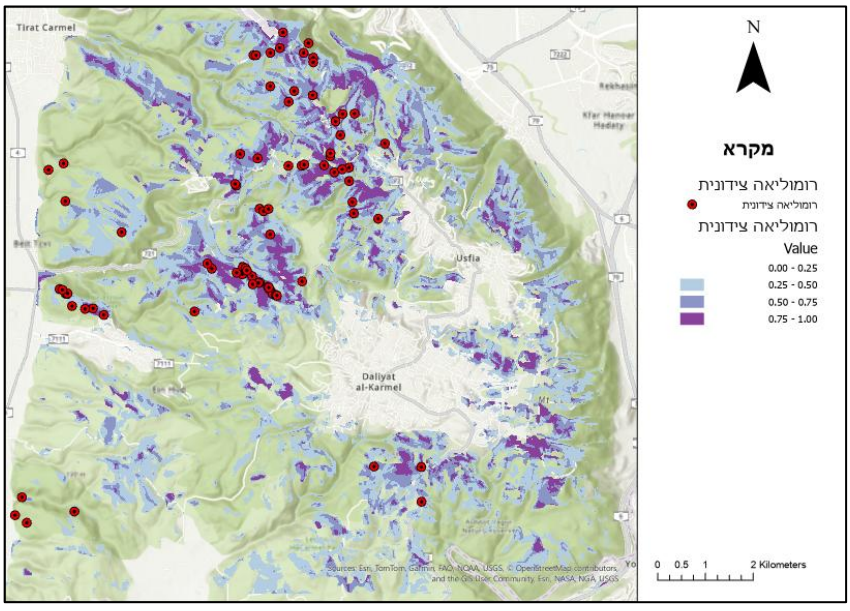
שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il



איור 15: מודל חיזוי של הימצאות ערבז סוככני בפארק הכרמל

3.10. <u>רומוליאה צידונית:</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה סבירה (AUC=0.831, שיעור השמטה=0.348). מבחינת המשתנים הסביבתיים, מפנה צפוני וצפון מזרחי תורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרום מזרחי משפיע לרעה; מבחינת ההרכב הליתולוגי, קרקע אלובייליית נמצאה כתורמת ביותר בעוד שחוואר נמצא כמשפיע השלישי ביותר; מבחינת בית הגידול, נמצא שחורש פתוח או דליל בשלטון של חרוב מצוי הינו זה שתורם ביותר להימצאות המין.

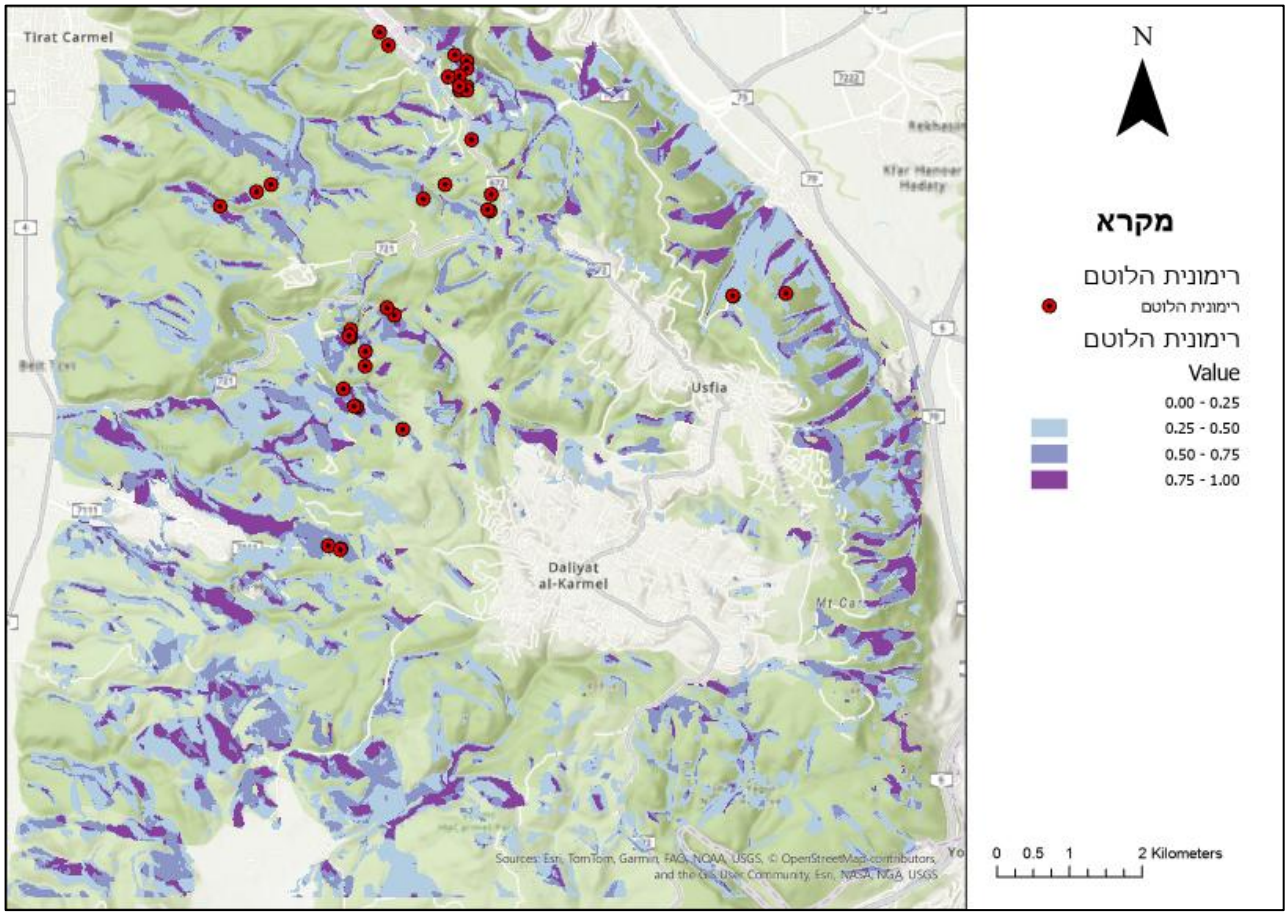


איור 16: מודל חיזוי הימצאות של רומוליאה צידונית בפארק הכרמל

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 st.mearot@npa.org.il / www.parks.org.i

3.11. <u>רימונית הלוטם (איור 17):</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה סבירה (AUC=0.826, שיעור השמטה=0.381). מבחינת המשתנים הסביבתיים, נמצא שמפנה צפוני וצפוני מזרחי היו אלו שתרמו ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרומי נמצא כמשפיע שלילי; מבחינת הליתולוגיה, נמצא שחוואר הינו התורם ביותר להימצאות המין; ושבית הגידול שנמצא המתאים ביותר הינו חורש דליל או בתה עם עצים בודדים בשלטון של אלון מצוי.

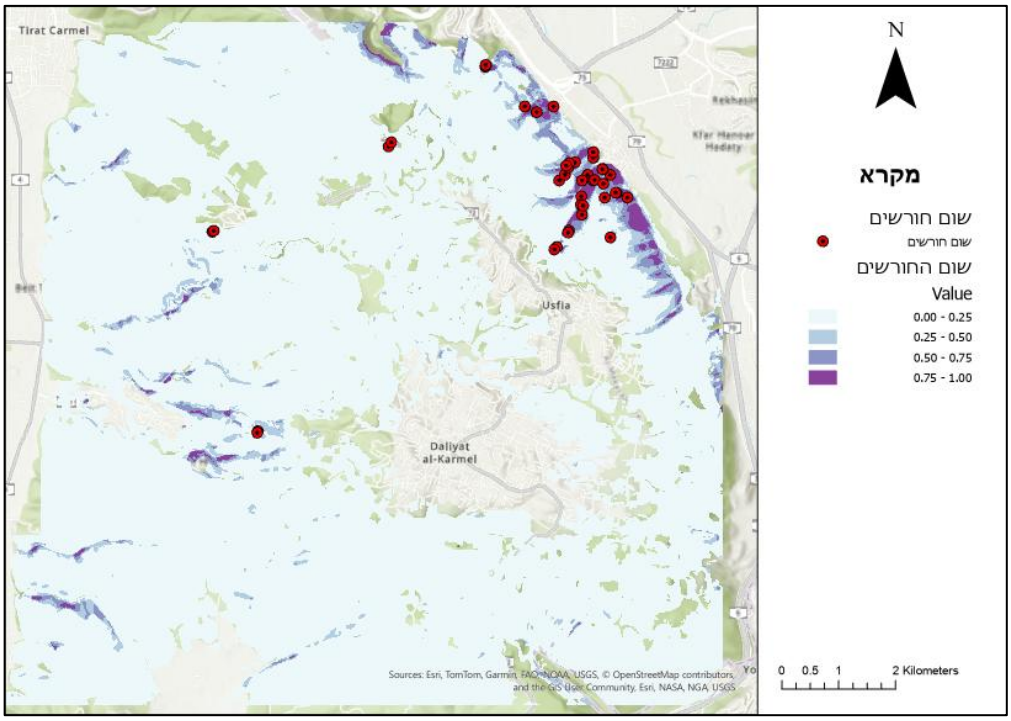


איור 17: מודל חיזוי הימצאות של רימונית הלוטם בפארק הכרמל

3.12. <u>שום החורשים (איור 18):</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה מצוינת (AUC=0.967, שיעור השמטה=0.214). מבחינת המשתנים הסביבתיים, מפנה צפון מערבי ומפנה צפוני נמצאו התורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרום מזרחי משפיע לרעה; מבחינת ההרכב הליתולוגי, נמצא ששילוב של דולמיט וחוואר הינה התצורה התורמת ביותר ; מבחינת צפיפות החורש, ותצורת הצומח נמצא שהתורם ביותר להימצאות המין הינה גריגה בקרבת יער נטע אדם.

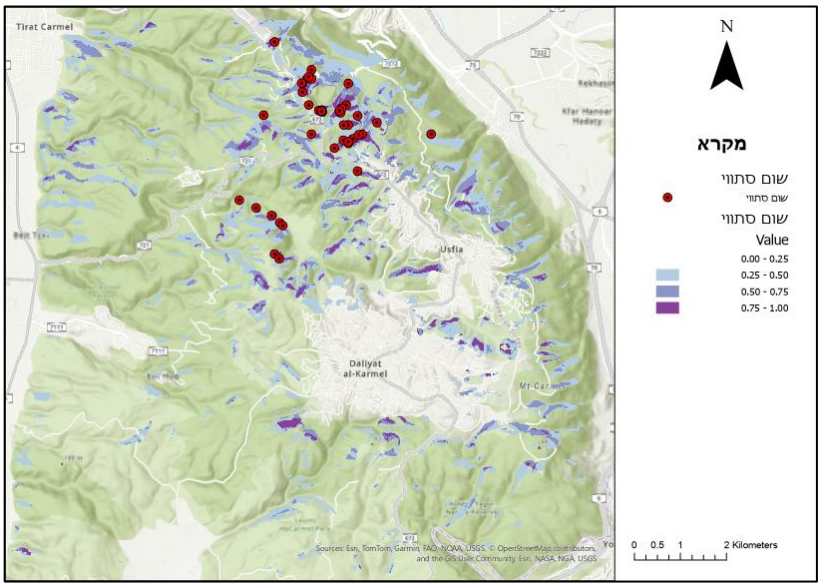
שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il



איור 18: מודל חיזוי הימצאות של שום החורשים בפארק הכרמל

3.13. <u>שום סתווי (איור 19):</u>

יכולת המודל לחזות את הימצאות המין הינה סבירה (AUC=0.841, שיעור השמטה=0.259). מבחינת המשתנים הסביבתיים, נמצא שמפנים צפוניים או צפוניים-מערביים הם התורמים ביותר להימצאות המין, בעוד שמפנה דרום מערבי השפיע לשלילה; מבחינת ליתולוגית, נמצא שקירטון הינו המסלע התורם ביותר להימצאות המין, בעוד שקירטון מצורר משפיע דווקא לרעה. תצורת הצומח התורמת ביותר להימצאות המין הינה יער פתוח או חורש דליל.

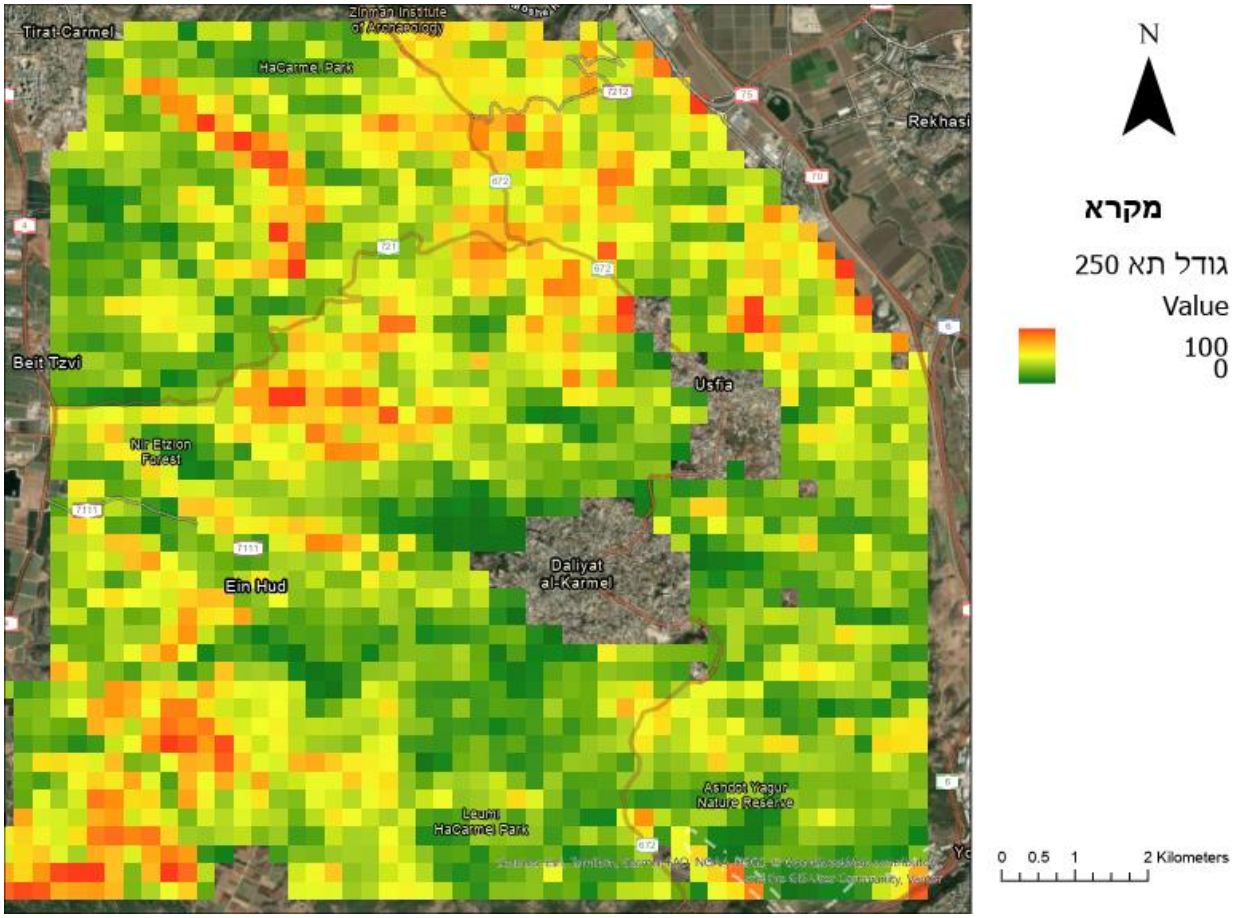


איור 19: מודל חיזוי הימצאות של שום סתווי בפארק הכרמל

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 st.mearot@npa.org.il / www.parks.org.i

3.14. <u>*התאמה יחסית להימצאות מינים נדירים בכרמל – מיקוד סקרים והנחיות לביצוע עבודות בשטחים טבעיים.*</u>

היות וחלק ממטרות העבודה היו לא רק הגדרה של אזורי תפוצה של כל מין בנפרד, אלא גם לאתר אזורים בעלי חשיבות גבוהה יחסית לכל המינים האדומים, בכדי להכווין פעולות סקר או ממשק, בוצע חיבור של כלל הפלטים של המודלים למדד מרחבי משולב המתאר את מידת ההתאמה היחסית להימצאות מינים אדומים בכל רחבי הכרמל. מתוך ניתוח זה (איור 20) עולים מס' אזורים בהם התקבלו ערכים גבוהים במדד המשולב, המעידים על התאמה גבוהה להימצאות מיני צומח נדירים – המפנה הצפוני בשלוחת לוביה, הר אלון, הר שוקף-ערקן, הגדה הצפונית והשלוחות שמעל נחל מערות, אזור חניון יער היערנים והחלק הנמוך של אשדות יגור (צבעים אדומים במפה).



איור 20: מדד מרחבי משולב המבוסס על כלל המודלים, המתאר את מידת ההתאמה היחסית להימצאות מין נדיר ברחבי פארק הכרמל. צבעים אדומים, מציינים אזורים עם סבירות יחסית גבוהה

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

4. <u>דיון:</u>

מטרת עבודה זו הייתה ליעל את עבודת הממשק תומכת חברות הצומח של הכרמל ולהוסיף ולעדכן את תוכנית הממשק לכרמל שנכתבה בשנת 2010. הפועל היוצא של התוצרים שהובאו כאן מכוון למספר כיווני פעולה:

1. **מזעור הסיכון לפגיעה במינים ייחודיים בעקבות עבודות ממשק שונות**: היות ואחד התוצרים הינו "מפת סיכון" ("מפת המדד המשולב") בקני מידה מרחביים משתנים, ניתן לעשות שימוש במידע הממ"גי, יחד עם הניסיון הנצבר בפארק הכרמל ובענף היער ומסמך ההנחיות לביצוע עבודות בשטחים רגישים (הנכתב בימים אלו) בכדי למזער את הסיכון לפגיעה במינים שהינם מיני דגל, מינים נדירים או מינים יחודיים לכרמל.
2. **הכוונת פעילות ממשק לעידוד צמיחה של מינים שיש בהם עניין מיוחד:** ניתן לעשות שימוש בפלט של המודלים הפרטניים לכל מין בכדי לבצע פעולות ממשק שעשויות לעודד צמיחה של מין המטרה. לדוגמא, אם באזור מסוים שזוהה על ידי המודל כאזור עם סבירות גבוהה להימצאות של מין מטרה, היער לא טופל במשך שנים – יקודמו עבודות יערניות שתכליתן פתיחת היער. במקביל, יערכו סקרים שיעקבו אחר השפעת פעולת ממשק זו.
3. **הכוונת סקרים רחבים או נקודתיים:** אמנם הכרמל הינו אזור מוכר ומטויל ביותר ויש להניח שמספר התצפיות בו בצומח, לא כל שכן צומח יחודי, הינו גבוה. יחד עם זאת, לא מן הנמנע שהתצפיות בצמחים מרוכזות על פי נוחות ההגעה של מטיילים/חובבי צומח, והן לא משקפות את המצב האמיתי בשטח. באמצעות המודלים הפרטניים שהוצגו כאן ניתן להכווין סקרים ממוקדים למין זה או אחר או אף לקבוצת מינים תוך חיסכון במשאבים (זמן וכסף). לשם כך, רצוי לעשות שימוש במודלים שהציגו יכולת חיזוי גבוהה, כמו למשל במקרה של אחילוטוס שעיר, שום החורשים, או שום סתווי ולהימנע משימוש במודלים שהציגו יכולת חיזוי נמוכה כמו למשל במקרה של אירוס הסרגל.
4. **שימוש בחוות דעת לתיקי מקרקעין:** הכשרות קרקע לא חוקיות הינן עניין נפוץ בכרמל. ניתן לעשות שימוש בתוצאות המודלים שבוצעו כאן על מנת לחזק את חוות הדעת בהקשר של פוטנציאל פגיעה במיני צומח נדירים.

<u>לסיכום:</u>

במסגרת עבודה זו, בוצע שימוש באסופה של מודלים מסוג MaxEnt לחיזוי הסבירות להימצאות של מינים נדירים, ייחודיים או כאלו שיש בהם עניין מיוחד בכרמל. מחד -מודלים מסוג MaxEnt הינם מוגבלים ותלויים באופן מוחלט במשתנים הסביבתיים ששימשו לביצוע המודל, מאידך – זוהי השיטה המקובלת בעולם לחזות תפוצה של מינים שהמידע לגביהם חסר. במקרה הנוכחי, התוצאות של המודלים (הן הפרטניים והן הקומפילציה שלהם) מתיישבות היטב עם הניסיון המצטבר ועם התבוננות בתנאי השטח. לעניות דעתנו, שימוש זהיר ומושכל בתוצאות, יכול לסייע בהגנה על חברת הצומח בכרמל ויכול למקד שימוש במשאבי זמן וכסף.

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il