

דו"ח שנה ראשונה לתכנית מחקר מספר 458-0333-04  
מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ופיתוח הכפר

## **פיתוח מערכת מידע גיאוגרפית תומכת החלטה לריסוס הדירים**

על-ידי

יפית כהן, אמוץ חזרוני, ויקטור אלחנטי, ויאצ'סלב אוסטורובסקי,

דורון טימר,

אביהוא כהן,

Annual First Report for Research Project # 458-0333-04  
Submitted to the Chief Scientist of the Ministry of Agriculture and Rural Development

## **Development of a GIS support system for orchards disinfestations**

By

**Yafit Cohen, Amots Hezroni, Victor Alchanatis, Viacheslav Ostrovsky,**  
*Agricultural Engineering Institute, ARO, the Volcani Center*

**Doron Timar,** *Citrus Marketing Board of Israel*

**Avihu Cohen,** *Faculty of Environmental and Civil Engineering, Technion*

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר \_\_\_\_\_

אפריל 2005

ניסן תשס"ה

## **א. תקציר**

**הצגת הבעיה:** זבוב הפירות הים תיכוני הוא מזיק מפתח בהדרים. הקושי בעיבוד מידע רב בזמן קצר עלול לגרום להחלטות הדברה שגויות. עקב כך ישנה נטייה להגברת ריסוסים, הגוררים עלויות גבוהות ופגיעה בסביבה.

**מהלך ושיטות עבודה:** א. מפגשים תקופתיים עם הרכזים להבנת תהליך קבלת ההחלטות שלהם לגבי שטחי הריסוס ועיתויים; ב. פיתוח ומימוש הליך קבלת ההחלטות ושילובו במערכת מידע גיאוגרפית (ממ"ג); ג. פיתוח מודלים לשילוב מושכל של השיקולים השונים; ד. בחינה ראשונית של המערכת.

**תוצאות עיקריות:** א. פותחה מערכת תומכת החלטה מרחבית (מתה"מ) ראשונית, המתחשבת במכלול השיקולים ויוצרת מפות ובסיס נתונים, המאפשרים ניתוח מתקדם ושיפור של התהליך; ב. פותחו ומומשו מודלים לשילוב מושכל של השיקולים השונים; ג. פותח הליך אוטומטי לפיזור יעיל יותר של מלכודות.

**מסקנות והמלצות:** א. הקשר עם הרכזים הינו חיוני ליצירת מתה"מ המתאים לדרישות; ב. יש לבחון את המערכת לאורך העונה האחרונה מול החלטות הרכז ולעדכן את המודלים, המשלבים את הגורמים המשפיעים על ההחלטה לריסוס; ג. יש צורך בפיטוט הליכי קליטת הנתונים ושיפור ממשקי המערכת לקראת הטמעתה במועצה.

## **ב. מבוא**

זבוב הפירות הים תיכוני הוא מזיק מפתח בהדרים. ללא הדברה יגיע נזק לכדי 100% בזני הדר. ההדברה בהדרים מתבצעת באורח מאורגן ומרכזי באחריות המועצה לשיווק פרי הדר. אזורי ההדברה ומועדיה מכוונים ע"י ניטור. הניטור נעשה באמצעות מלכודות המכילות חומר משיכה ייחודי בשם Trimedlure אליו נמשכים הזכרים של המזיק. על מנת לאפשר ניטור ברמה ארצית הוצבו כ-3000 מלכודות בריכוזי מטעי הדרים. המעקב אחר המלכודות נעשה על ידי שישה נטרים, אשר כל אחד מהם בודק מאות מלכודות בתדירות של שבוע עד עשרה ימים. ההדברה מופעלת על-ידי רכזי אזור: דרום, מרכז וצפון. לכל רכז ישנה מערכת מידע גיאוגרפית (ממ"ג) ובה מאוחסנות שכבת חלקות ההדרים ושכבה של המלכודות. הממ"ג מאפשרת לרכז לקשר את נתוני הקריאות לגבי כל מלכודת בבסיס הנתונים לשכבת המלכודות ועל-ידי כך למפות את המלכודות לפי מספר הזבובים ומצבם. מפות אלו מסייעות לו להחליט אלו חלקות יש לרסס ואלו לא. תהליך קבלת ההחלטות הכולל הינו מורכב ולשיקול הדעת של הרכז ולניסיונו יש משקל מכריע בקבלת ההחלטה. ישנם שיקולים רבים הנלקחים בחשבון ביניהם: מספר זבובים; הימצאות של זכרים טריים ('עין כחולה'); חלקות קטופות/לא קטופות; סוגי זנים ותקופה בשנה; מגמות עליה/ירידה במלכודת; מזג האוויר, עונתיות; דגם מרחבי; וסמיכות למגבלות ריסוס. הקושי בעיבוד מידע רב בזמן קצר עלול לגרום להחלטות הדברה שגויות. עקב כך ישנה נטייה אצל הרכזים להגברת ריסוסים, הגוררים עלויות גבוהות של טיסה ותשומות ופגיעה בסביבה. מטרת המחקר העיקרית הינה פיתוח מערכת תומכת החלטה מרחבית המשולבת עם ממ"ג לשיפור תהליך קבלת ההחלטות לגבי ריסוס הדרים מפני זבוב הפירות הים-תיכוני על מנת למקד את הריסוס בחלקות הנגועות ולמנוע ריסוס בחלקות שאינן נגועות.

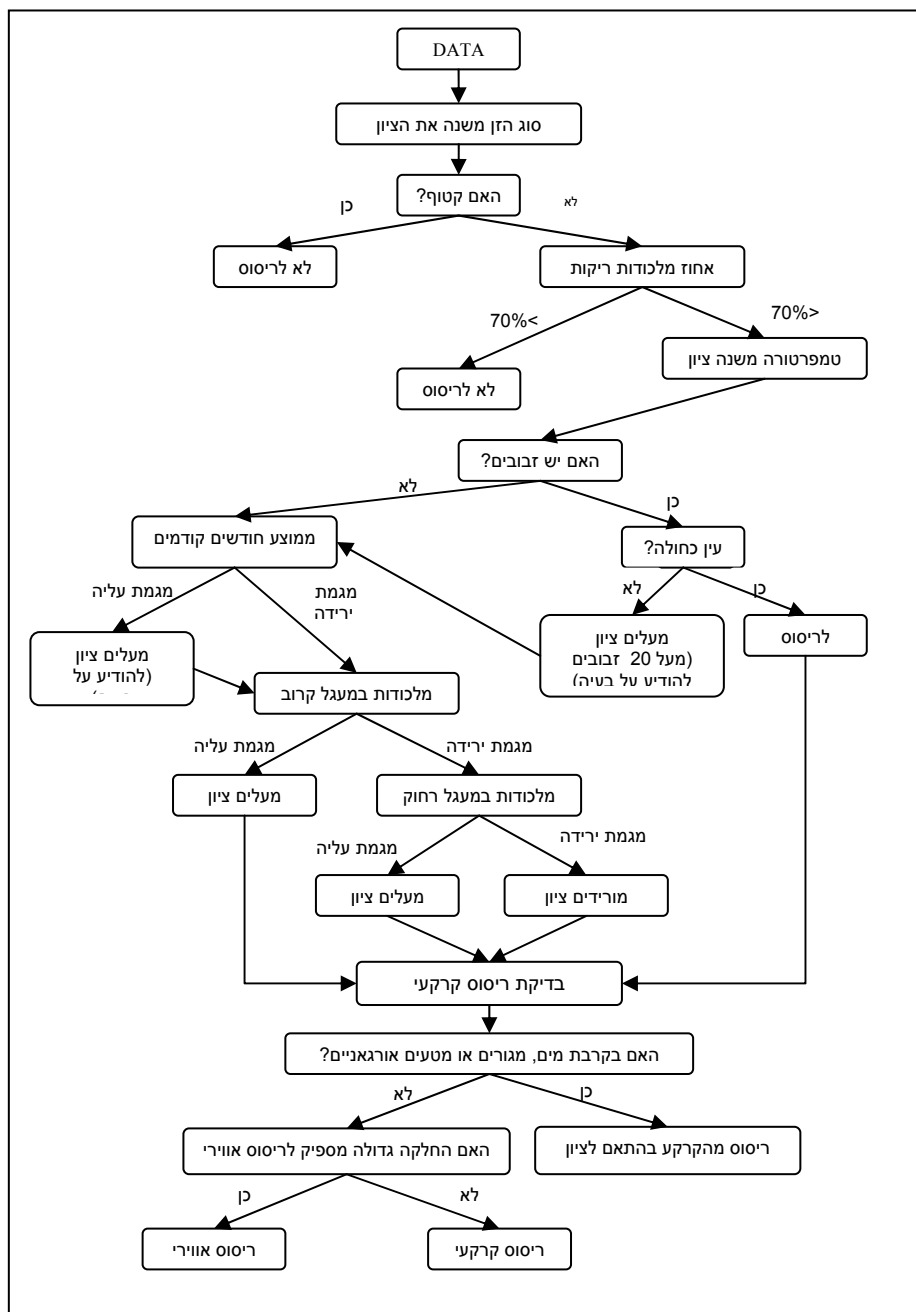
## **ג. עיקרי הפיתוחים בתקופת הדו"ח**

### **1. פיתוח מערכת תומכת החלטה מרחבית ראשונית לריסוס הדרים**

המחקר המוצע מטרתו להעביר את מרכז הכובד של ההחלטות מהאדם למערכת ממוחשבת על-מנת לייעל אותן במידת האפשר. המעבר מהידע של הרכזים למערכת-מומחה תומכת-החלטה לגבי אזורי הריסוס התבצע במהלך השנה האחרונה. המעבר כלל שלושה שלבים עיקריים:

**א. איסוף ורכישת ידע:** שיחות תקופתיות עם רכזים בעיקר עם דורון טימר מנהל המכון להדברה ביולוגית במועצה לשיווק פרי הדר ודב ניר רכז הצפון, האנטמולוג יואב גזית וקריאת ספרות מדעית משלימה המתייחסת להתנהגות הזבוב.

ב. ייצוג הידע: מעבר ראשוני מהליך קבלת ההחלטות האנושי ללוגיקה סיסטמטית ממוחשבת נעשה באמצעות בנית עץ החלטות לריסוס<sup>1</sup> בעזרת הרכז האזורי דורון טימר ובתיאום עמו (איור 1). ניתן לראות כי בעץ ההחלטות ישנה התייחסות למכלול השיקולים: מספר זבובים; הימצאות של זכרים טריים ('עין כחולה'); חלקות קטופות/לא קטופות; סוגי זנים ותקופה בשנה; מגמות עליה/ירידה במלכודת; מזג האוויר; וסמיכות למגבלות ריסוס.



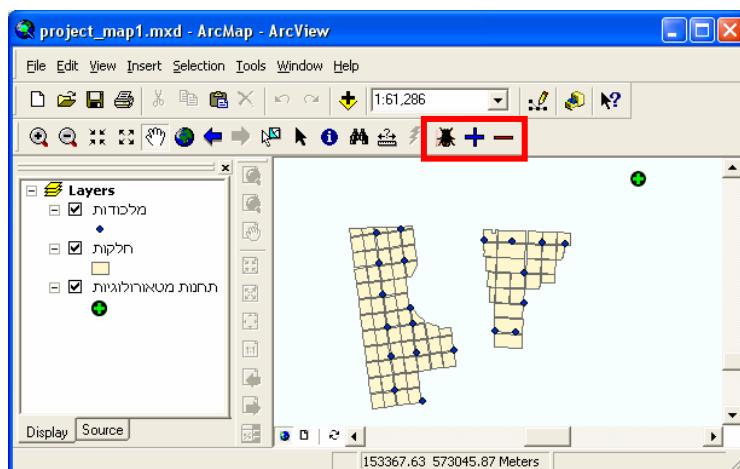
איור 1: עץ החלטות לריסוס

בהקשר של שני התהליכים הללו יש לציין כי היה צורך לקיים מספר מפגשים על מנת להגיע בסופו של דבר לעץ החלטות שהיה מקובל על דורון. יותר מזה, המפגשים הללו יתקיימו לאורך המחקר כולו מכיוון שלא ניתן לאסוף את הידע העצום על כל מרכיביו בפעם אחת אלא בתהליך שאנו מכנים 'רצוא ושוב': ראשית, הרכזים מעבירים ידע ראשוני אלינו, אנו נדרשים להטמיעו ולהפוך אותו לשפה ממוחשבת, לאחר מכן אנו מציגים אותו בפני הרכזים, הרכזים מעלים את הסתייגויותיהם ומתגלות פיסות ידע חדשות וחוזר חלילה.

<sup>1</sup> עץ ההחלטות והמתה"מ יוצרו ופותחו על-ידי נועם וייצמן וטלי קורל סטודנטים שנה ג' במחלקה למחשבים באוניברסיטת בר-אילן במסגרת פרויקט גמר בהנחייתנו.

ג. הנדסת הידע: פיתוח מערכת תומכת החלטה מרחבית לריסוס<sup>1</sup> באמצעות מימוש עץ ההחלטות לאלגוריתם בשפת Visual Basic ושילובו בתוכנת ה-ArcView – תוכנת הממ"ג הנמצאת במועצה לשיווק פרי הדר (איור 2). בצורתה הנוכחית המערכת מופעלת באמצעות 'לחיצה על כפתור' המשולב בתפריט הראשי של תוכנת ה-ArcView. על מנת שניתן יהיה להפעילה, יש לקלוט שלוש שכבות מרחביות: שכבת החלקות, שכבת המלכודות ושכבת התחנות המטאורולוגיות. כל שכבה מרחבית מקושרת בטבלה המכילה מספר תכונות לכל ישות (חלקה, מלכודת או תחנה) לפי הפירוט הבא (איור 3):

- שכבת המלכודות, המכילה את מספר הזבובים והימצאות של 'עין כחולה' לכל מלכודת.
  - שכבת החלקות, המכילה את הנתונים לגבי מגמה (History), זן, קטופה/לא קטופה, קרובה לשטח מגביל (Organic) ושטח החלקה.
  - שכבת התחנות המטאורולוגיות, המכילה את מדד מזג האוויר בלבד.
- הישויות על תכונותיהן, במניפולציה מסוימת, מרכיבות את מכלול השיקולים הנדרש להפעלת המערכת. בראשית ההרצה הרכז יכול לבחור את המשקל למשתנים הבאים: מספר זבובים, זנים, מזג-אוויר ומגמות. במהלך ההרצה המערכת צוברת את הנתונים של כל אחד מן השיקולים לכל חלקה. בכל שלב נקבע הציון לפי הנתונים שנאספו עד כה לפי ה-Bayesian Rule על ידי שימוש בנוסחה הבאה:  $X = 1 - (1 - x_1) * (1 - x_2)$
- כאשר:  $x_1$ , הוא הציון הנוכחי;  $x_2$ , הוא השינוי הרצוי; ו- $X$ , הוא הציון המשוקלל המתקבל בכל שלב וכן בשלב הסופי. העיקרון של נוסחה זו הוא להגיע לתוצאה הרצויה על ידי התקרבות במרחקים קטנים הנקראים קירובים. בצורה כזו הציון בשלב הסופי מצטבר לערך בין 0 ל-1 (או בין 0 ל-100 באחוזים).



**איור 2: תיאור המינשק של המערכת והשכבות המרחביות הנדרשות להפעלתה**  
במסגרת הכחולה: התפריט הייעודי של המערכת (לחיצה על הכפתור השמאלי בעל צלמית של הזבוב – מפעילה את המערכת); שאר התפריטים שייך לתוכנת ה-ArcView המקורית.

Attributes of TRAPS-OLD

FID	*Shape	N1	N2	N3	NUM_FLIES	BLUE_EYES
0	Point	1	140544	567367	1	0
1	Point	2	140478	567662	2	1
2	Point	3	140391	567976	3	0

Record: 1 Show: All Selected Records: (0 out of 445 Selected.) Options

Attributes of TEMP

FID	*Shape	TEMP
0	Point	0
1	Point	5
2	Point	10

Record: 1 Show: All

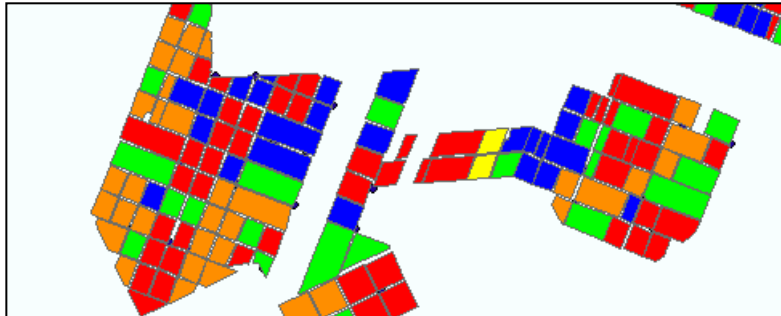
Attributes of PARCELS

FID	*Shape	DUNAM	PLOT_NUM	AREA_ID	AREA	ORGANIC	IS_PICKED	SPECIES	HISTORY
0	Polygon	23.28	47515	104	23276	0	0	A	1.1
1	Polygon	1.74	47497	104	1739	1	0	A	2.3
2	Polygon	8.38	47513	104	8384	0	0	A	0

Record: 1 Show: All Selected Records: (0 out of 2143 Selected.) Options

**איור 3: טבלאות המקושרות לשלוש השכבות המרחביות**

בסופו של תהליך ההרצה מתקבלת שכבה חלקות חדשה ממוינת לפי הקטגוריות הבאות (איור 4): ריסוס (אוויר/קרקה/ חלקה קטנה מדי; 71%-100%); ריסוס מומלץ (אוויר/קרקה/ חלקה קטנה מדי; 51%-70%); ריסוס לא מומלץ (31%-50%); לא לריסוס (0%-30%); אין מידע (במקרה ואין מלכודת קרובה מספיק). מפה זו יכולה לסייע לרכז לקבל החלטה מהירה יותר לגבי אזורי הריסוס מן האוויר ומן הקרקע.



**איור 4: דוגמא לחלקות ממוינות לפי המלצה לריסוס שמתקבלת מן המערכת**

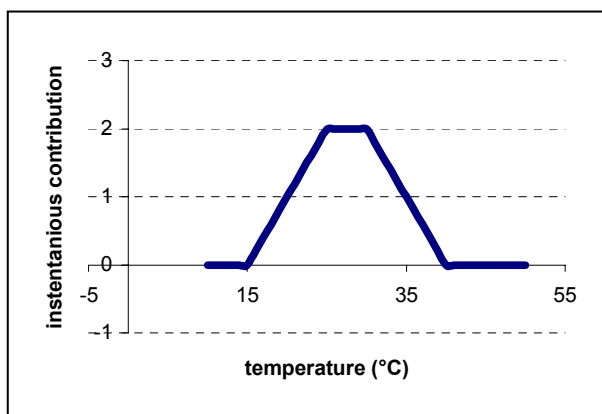
כל צבע הינו קבוצה: אדום – ריסוס; כתום – מומלץ לריסוס; כחול – אינו מומלץ לריסוס; ירוק – לא לריסוס וצהוב – אין מידע.

## 2. מודל לחישוב ערכי הזנים

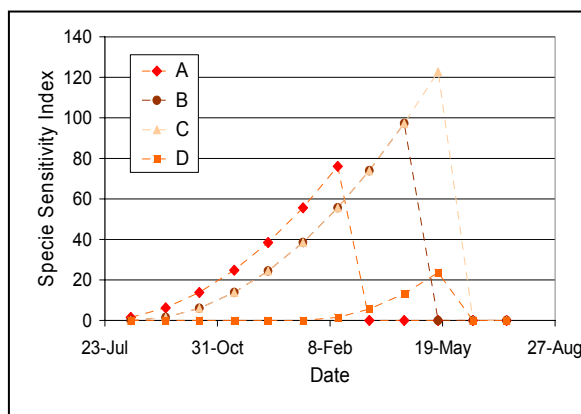
זבוב הפירות אינו תוקף פרי בוסר של הפונדקאים. בדרך-כלל מעדיפה נקבת הזבוב להטיל את ביציה בפרי הסמוך להבשלתו או בפרי בשל. לזבוב הפירות יש פונדקאים זמינים להטלה בכל חודשי השנה. לפיכך ההחלטה על שטחים המיועדים להדברה במועד מסוים מתבססת בין השאר על עונת ההבשלה של הזנים השונים. בהתאם לכך, תקופת ההדברה מהאוויר מתחילה בזנים המקדימים ב-15.8. ב-15.9 מתחילים לרסס את כלל הפרדסים למעט הוולנסיה אותה מתחילים לרסס בראשית ינואר. התלות של רגישות הזנים בתקופה בשנה מצריכה חישוב של ערכי רגישות משתנים לפי תאריך הריסוס. קיימת חלוקה של עשרות זנים לחמש קבוצות (כאשר קבוצה אחת הכוללת לימונים ואתרוגים אינה רגישה לזבוב כלל). לפי יואב גזית מעבר לתקופות הרגישות לכל קבוצה, המשתרעות על מספר חודשים, הרגישות של הפרי איננה קבועה בכל התקופה אלא עולה ככל שהפרי נשאר זמן רב יותר על העץ. לפיכך, פיתחנו מודל לוגריתמי, אשר לוקח בחשבון את מועד הריסוס ביחס לתחילתה וסופה של תקופת הרגישות. עקומי הרגישות לכל קבוצת זנים מוצגים באיור 5א. חישוב הערך לכל זן לכל מועד בשנה מתבצע היום בתוכנת Excel באמצעות הקלדה של המועד הרצוי בלבד. חמשת הערכים בכל הרצה מוכנסים על-ידי הרכז עם תחילת ההרצה. מפגש נוסף עם הרכזים העלה את הצורך לשנות את מודל הרגישות ממודל לוגריתמי למודל פרבולי – בו הערך ההתחלתי של הרגישות הינו גבוה והעליה בתוך העונה הרגישה עולה בצורה אסימפטוטית.

## 3. מודל לחישוב מדד הטמפרטורה

הרכזים לוקחים בחשבון את מספר הימים מסבב הריסוס האחרון בהם היו ימים קרים (מתחת ל-16 מעלות). אם היו למעלה ממספר ימים קרים, ניתן לומר כי יש עיכוב בפעילות של הזבוב וניתן להוריד את רמת הדחיפות לריסוס במקומות כאלה. לפי קריאת ספרות המתייחסת לתנאי התפתחות תצורות החיים השונות של הזבוב ולפי שיחות עם האנטמולוג יואב גזית פיתחנו מודל המתייחס למדד יומי של התקדמות התפתחות הזבוב. המודל הוא מודל טרפזי המתבסס על העקרונות הבאים: קצב התפתחות רגיל מתקיים בימים בהם הטמפרטורות נעות בין 25 ל-30 מעלות (ערך 2). מתחת ל-25 או מעל 30 מעלות יש עיכוב בהתפתחות שהולך ומתעצם עד להפסקת פעילות ב-15 מעלות או ב-40 מעלות (עד ערך של 0). במועד בו יש לקבל החלטה על ריסוס המודל סוכם את ערך המדד היומי לעשרת הימים האחרונים. כך מתקבל ערך בין 0 ל-20 לכל תחנה מטאורולוגית והערך הזה מוקלד לעמודה TEMP בשכבת התחנות המטאורולוגיות. על מנת להתאים בין הערכים של המשתנים השונים, המשקל שניתן לטמפרטורה היה 2 כך שהערך העליון הוא 40.



איור 55. פונקציה לחישוב מדד קצב התפתחות יומי של הזבוב לפי טמפרטורה



איור 56. עקומי המשקלות של רגישות קבוצות הזנים

#### ג4. מודל לחישוב ההיסטוריה: מגמות עליה וירידה

חישוב המגמות במועד בו יש לקבוע את אזורי הריסוס ועיתויים מתבצע באופן פשוט יחסית. על הרכז לקחת את נתוני הלכידות (מספר הזבובים) לכל מלכודת בשלושת הסבבים הקודמים ולחשב להם את השיפוע באמצעות פונקציית Slope בתוכנת ה-Excel. את הערכים שמקבלים יש לשלב בשכבת החלקות תחת העמודה HISTORY. (על מנת להתאים בין הערכים של המשתנים השונים, המשקל שניתן להיסטוריה היה 3).

מספר כולל של חלקות	מומלץ לריסוס-קטנה	ריסוס - קטנה	אין מידע	0-50	לא לריסוס (0-30)	לא מומלץ לריסוס (31-50)	51-100	מומלץ לריסוס (51-70)	ריסוס (71-100)	סוג הרצה	סבב	תאריך
304	4	45	108	48	32	16	99	15	84	התייחסות לכל הנתונים	33	12.12.02
304	6	13	108	121	24	97	56	14	42		37	22.01.03
304	3	10	108	132	124	8	51	28	23		41	20.04.03
	13	68		301			206					
304	4	45	108	53	36	17	94	10	84	ללא התייחסות לטמפרטורה	33	12.12.02
304	5	12	108	130	64	66	49	10	39		37	22.01.03
304	6	7	108	132	130	2	51	39	12		41	20.04.03
	15	64		315			194					
304	0	45	108	62	40	22	89	5	84	ללא התייחסות לזן	33	12.12.02
304	1	12	108	141	119	22	42	4	38		37	22.01.03
304	0	5	108	179	165	14	12	0	12		41	20.04.03
	1	62		382			143					
304	4	45	108	50	30	20	97	13	84	ללא התייחסות להיסטוריה	33	12.12.02
304	6	13	108	119	9	110	58	16	42		37	22.01.03
304	3	10	108	132	124	8	51	28	23		41	20.04.03
	13	68		301			206					

טבלה 1: סיכום מספר החלקות בכל קטגוריה לריסוס לכל סבב לפי סוגי ההרצות

#### ג5. בחינת הליך קבלת ההחלטות של המערכת

על-מנת לבחון את תהליך קבלת ההחלטות מבחינת הרגישות שלו לנתונים השונים בחרנו אזור במישור החוף הצפוני בשטח כולל של כ-370 קמ"ר, בו מפוזרות כ-300 חלקות (אשר שטחן מגיע לכ-3000 דונם) וכ-60 מלכודות (נספח 1). למועצה לשיווק פרי הדר בסיס נתונים הכולל נתוני לכידות משנת 2001 ועד היום. בתיאום עם דורון טימר בחרנו שלושה מועדים מעונת 2002-2003 (סבב 33 - 2.12.2002; סבב 37 - 22.1.2003; סבב 41 - 20.4.2003) המייצגים שלושה

מצבים מבחינת התפשטות וכמות הזבוב. קיבלנו מדורון, את שכבת החלקות הכוללת נתוני זנים ושטח, שכבת המלכודות, ונתוני לכידות לסבבים בכל העונה המדוברת. קיבלנו נתונים ממרק פרל – השירות המטאורולוגי של משרד החקלאות לשלוש התחנות המטאורולוגיות היחידות שיש לאזור: קורן, עכו ואפק. לכל סבב יצרנו בסיס נתונים הכולל את כל הנתונים הנדרשים, כולל חישוב שלושת המדדים הנדונים לעיל (נספח 2א-ג).

לאחר יצירת בסיס הנתונים לכל סבב בוצעו הרצות של מערכת באופנים הבאים: הרצה רגילה הכוללת התייחסות לכל השיקולים, הרצה ללא התייחסות לרגישות הזנים, ללא התייחסות למדד התפתחות על-פי טמפרטורה וללא התייחסות למגמות. כל הרצה ייצרה עמודת ציון לכל חלקה ועמודה נוספת של קטגוריה לריסוס ומפה אשר חילקה את החלקות לפי קבוצות הריסוס. טבלה 1 מסכמת את מספר החלקות לפי הקטגוריות השונות לפי ההרצות השונות. מן הטבלה ניתן לראות כי באופן כללי הסיווג לכל אחת מן הקטגוריות משתנה מסבב לסבב ומסוג הרצה אחד לאחר. למשל: מספר החלקות המסווגות 'לריסוס' הולך וקטן מסבב לסבב בהרצה רגילה. הסיבה לכך היא הירידה הכללית לאורך העונה בכמות הזבובים וכמות האוכלוסיה הטריה. בכל מקרה, בין ההרצות השונות לא מתגלה הבדל גדול במספר החלקות המסווגות בכל סבב 'לריסוס'. לעומת הקבוצה היציבה הזו הקבוצות האחרות משתנות יותר. מן הטבלה ניתן לראות כי ישנה הירארכיה בהשפעה של שלושת המשתנים הללו: השפעת הזן (נספח 2א: טווח ערכים הנע בין 0 ל-66) היא הגדולה ביותר; השפעת הטמפרטורה הינה השנייה בגודלה (נספח 2ב: טווח ערכים הנע בין 0 ל-27); והשפעת המגמה הינה הקטנה ביותר (נספח 2ג: טווח ערכים הנע בין 27 ל-21). ההירארכיה ביניהם נקבעת הן על-פי טווח הערכים אך גם לפי ההתפלגות שלהם:

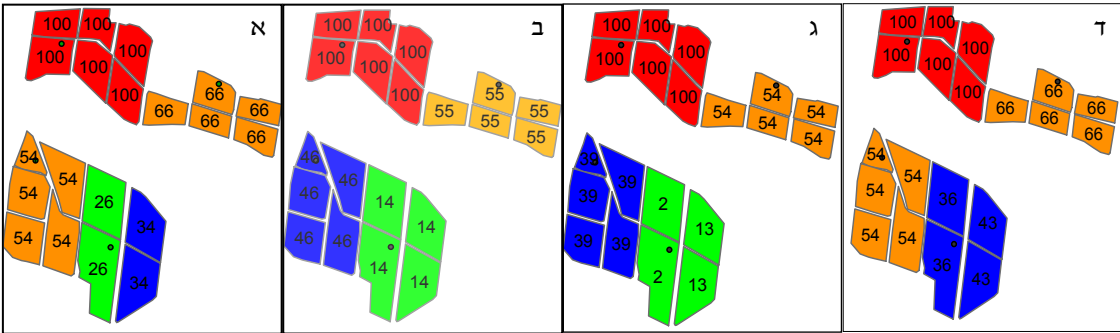
– מכיוון שרוב החלקות משתייכות לשלושת הקבוצות הרגישות ולהן ערכים גבוהים יחסית (נספח 2א) הרי שללא השפעת הזן, הציון של החלקה יורד ומספר גדול יותר של חלקות הופך לקבוצות שאינן מומלצות לריסוס או אינן לריסוס כלל.

– ללא השפעת הטמפרטורה חלקות רבות הציון הסופי שלהם יורד אך בצורה פחות משמעותית. יש לשים לב כי גם בסבבים 33 ו-44 היו חסרים נתונים בקורן. ולכן הערך של כל החלקות הקרובות אליה (רוב החלקות) הוא '0'.

– המגמה משפיעה רק במקצת על הציון. כאשר מתמקדים בסבב 41 ניתן לראות כי ההרצה הרגילה וזו ללא התייחסות למגמה הינן זהות לחלוטין. ההסבר לכך נעוץ בעובדה שבעונה זו רבות החלקות בהן אין אוכלוסיה של זבוב והמגמה המתקבלת היא 0 (נספח 2ג).

מן הממצאים הכלליים הללו עולה כי הליך קבלת ההחלטות הינו רגיש לנתונים הנקלטים והתוצאות מוסברות באמצעות הנתונים הללו. מכל מקום, יש לתקן את ערכי שלושת המדדים הללו כך שטווח הערכים שלהם יהיה דומה. איור 6 מציג מפות ריסוס של אזור קטן לפי ההרצות השונות בסבב 33. כלל החלקות באיזור זה מתייחסות לתחנה מטאורולוגית אחת (ערך: 24.56); לשני זנים (ערכים: 24 ו-15); ול-4 מלכודות (0, 7, 10 ו-20 זבובים). כל החלקות שהציון שלהם הוא 100 מתייחסות לאותה מלכודת בה נמצאה אוכלוסיה טריה ('עין כחולה'): במקרה כזה אין שום חשיבות לאף משתנה אחר ולכן אין שינוי בין הרצה כזו או אחרת. הגוש המזרחי העליון מקבל ציון בינוני בהרצה הרגילה (66): הוא משתייך לזן הרגיש ביותר ויש בו אוכלוסיה יחסית גדולה של 10 זבובים. כאשר מורידים את השפעת הזן או הטמפרטורה (איורים 6ב, ג, בהתאמה), שבמקרה זה היא מאוד דומה (ערך של 24 בשניהם), הציון יורד בשיעור דומה של כ-10%, אך החלקות נשארות באותה קטגוריה. מכיוון שהמגמה היא '0' במלכודת אליה הן מתייחסות – אין לה השפעה על הציון לעומת הרצה רגילה (איור 6ד). החלקות הדרומיות מתחלקות ל-3: מערב (7 זבובים, זן=15, ואין מגמה), מרכז ומזרח (0 זבובים, זנים=15 ו-24 בהתאמה, ומגמה=15-). בהרצה רגילה, החלק המערבי 'מומלץ לריסוס' בעיקר בגלל מספר הזבובים והזן. לעומתו, החלקים המרכזי והמזרחי מקבלים ציונים נמוכים מאוד וההבדל ביניהם נובע מרגישות הזן בלבד. ואמנם, ניתן לראות כי כאשר מורידים את השפעת רגישות הזן הציון שלהם יורד והוא זהה (איור 6ב). הורדת ההשפעה של הטמפרטורה מורידה את הציון לכל החלקות. אך למרות שהערך שלה זהה בכולם ההשפעה היא לא ליניארית. ככל שהציון נמוך יותר ההשפעה של הטמפרטורה גבוהה

יותר. ממצא זה מתאים ל-Bayesian Rule על-פיה מחושב הציון. הניתוח המפורט מראה כי החישוב המתבצע הינו רגיש ביותר ומאפשר ניתוח מתקדם הנדרש לצורך לעדן את המודלים השונים ואת המשקלות שניתנות לכל משתנה.

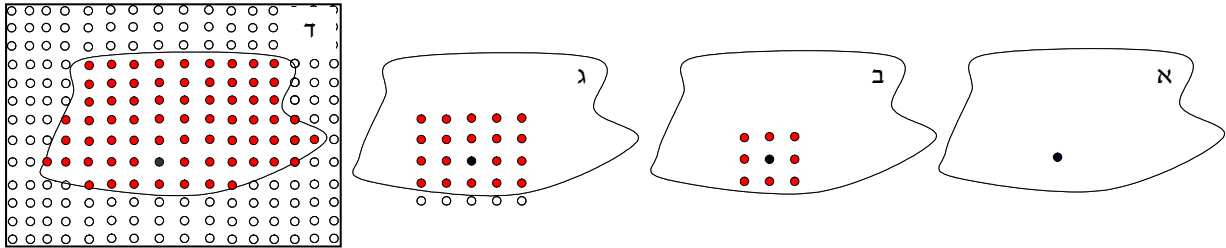


**איור 6: מפות ריסוס לאזור נבחר לפי הרצות שונות לפי נתוני סבב 33**

א. הרצה רגילה; ב. הרצה ללא התייחסות לזן; ג. ללא התייחסות לטמפרטורה; ד. ללא התייחסות להיסטוריה. כל צבע הינו קבוצה: אדום – ריסוס; כתום – מומלץ לריסוס; כחול – אינו מומלץ לריסוס; ירוק – לא לריסוס.

### 6. פיתוח הליך חצי-אוטומטי משופר לפיזור מלכודות<sup>2</sup>

המשתנה העיקרי בהחלטה לריסוס הינו כמות האוכלוסייה ומצבה. האפיון של האוכלוסייה נעשה באמצעות פיזור של מלכודות. כיום מפוזרות מלכודות הזבובים בצורה אינטואיטיבית ולא עקבית. גודל שטח ההדרים המכוסה למעשה קטן מגודל השטח הפוטנציאלי. פיזור המלכודות אינו תהליך חד פעמי אלא צריך להתחדש מדי עונה בהתאם לשינוי בשטחי ההדרים. פיזור המלכודות באופן ויזואלי כך שתהא חפיפה מזערית ביניהן מחד ושתכסינה שטח מירבי של ההדרים מאידך עם מספר מלכודות מוגבל אינו טריוויאלי. לפיכך אחת ממטרות המשימה של המחקר היתה פיתוח הליך פיזור מלכודות חצי-אוטומטי לאפיון יעיל של התפשטות הזבוב. הרעיון המרכזי של ההליך שפותח במהלך השנה האחרונה הוא פיזור ספיראלי של מלכודות במרחקים שווים (כשני רדיוסי השפעה של מלכודת בודדת), כשרק מלכודות שנמצאות בתוך שטח המטע המאוחד אכן תיבחרנה (איור 7).



**איור 7: המחשה של פיזור ספיראלי של מלכודות**

נקודה שחורה: נקודה התחלתית בתוך החלקה ממנה מתחיל הפיזור; נקודות אדומות: נקודות בתוך שטח החלקה; נקודות חלולות: נקודות שאינן בשטח החלקה ולא נשארות בתהליך הסופי.

	צפון שטח חלקות כולל = 3,054 דונם		דרום שטח חלקות כולל = 41,084 דונם	
	פיזור רגיל	פיזור חצי-אוטומטי	פיזור רגיל	פיזור חצי-אוטומטי
מספר מלכודות	62	62	445	445
שטח כולל (דונם)	1,858	2,619	25,595	31,368
אחוז כיסוי כולל	60.9%	85.8%	62.3%	76.4%

**טבלה 2: השוואה בין יעילות הפיזור של המלכודות בשתי השיטות**

כמו הליך קבלת ההחלטות גם הליך פיזור המלכודות שולב במודול במערכת וניתן בלחיצת כפתור לערוך פיזור מהיר של מלכודות בהתאם לתפרושת החלקות. התהליך בוצע על אזור המחקר הצפוני ועל אזור נרחב יותר בדרום. טבלה 2 מסכמת את אחוז הניצול של המלכודות בשני האזורים לפי הפיזור הרגיל (הידני) ולפי הפיזור החצי-אוטומטי בשיטת

<sup>2</sup> הליך פיזור המלכודות ושילובו במערכת הכוללת יוצר ופותח על-ידי אלירן חזקיה ופליקס ויינשטיין סטודנטים שנה ג' במחלקה למחשבים באוניברסיטת בר-אילן במסגרת פרויקט גמר בהנחייתנו.



הספיראלה. ניתן לראות, כי באמצעות הליך זה התקבל שיפור של 14%-25% באזור הדרומי והצפוני בהתאמה.

#### ד. מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר

במהלך השנה שעברה הצלחנו לפתח מינשק משולב בממ"ג באמצעותו ניתן 1. לבצע פיזור אוטומטי של מלכודות לפי תפרושת חלקות נתונה; 2. לבצע הליך קבלת החלטות לריסוס המאפשר התחשבות במכלול השיקולים. עדיין, מערך הריסוס הכללי הינו מורכב מאוד ומבוסס על בסיס נתונים וידע עצומים. המרת חלק גדול מהמערך הנוכחי למערך אוטומטי יותר איננה פשוטה כלל ועיקר. שני ההליכים שפותחו עד כה נמצאו יעילים וסללו דרך נוחה להתקדמות ואנו מאמינים כי בשנתיים הקרובות ניתן יהיה להגיע למערכת תומכת החלטה לריסוס, אשר תוטמע במועצה. אחת המטרות שהצבנו לעצמנו השנה היתה לימוד של התנהגות הזבוב ביחס לשימושי קרקע, זנים ומזג אוויר באמצעות ניתוחים מרחביים וטכניקות של כריית נתונים. לא הצלחנו להגיע לבחירת הנתונים הרלוונטיים מתוך בסיס הנתונים העצום שיש בידינו לצורך ניתוח שכזה. השנה יתחיל סטודנט לחקור את הנושא הזה במסגרת התיזה שלו ואנו מקווים כי מטרה זו תושג בחלקה בשנה הקרובה.

#### 1. מגבלות הליך הפיזור

להליך הפיזור שפותח יש יתרון יחסי על השיטה הויזואלית אך יש להמשיך ולייעל אותו: א. יש לבצע ניתוח גיאוסטטיסטי לבחירת המרחק האופטימלי בין מלכודות בגושי הדורים גדולים; ב. יש למצוא את נקודת ההתחלה האופטימלית בכל גוש; ג. יש להוסיף שיקולים נוספים במיקום המלכודות כמו זנים וקירבה למוקדי זבוב.

#### 2. מגבלות וקשיים בקליטת נתוני המודלים

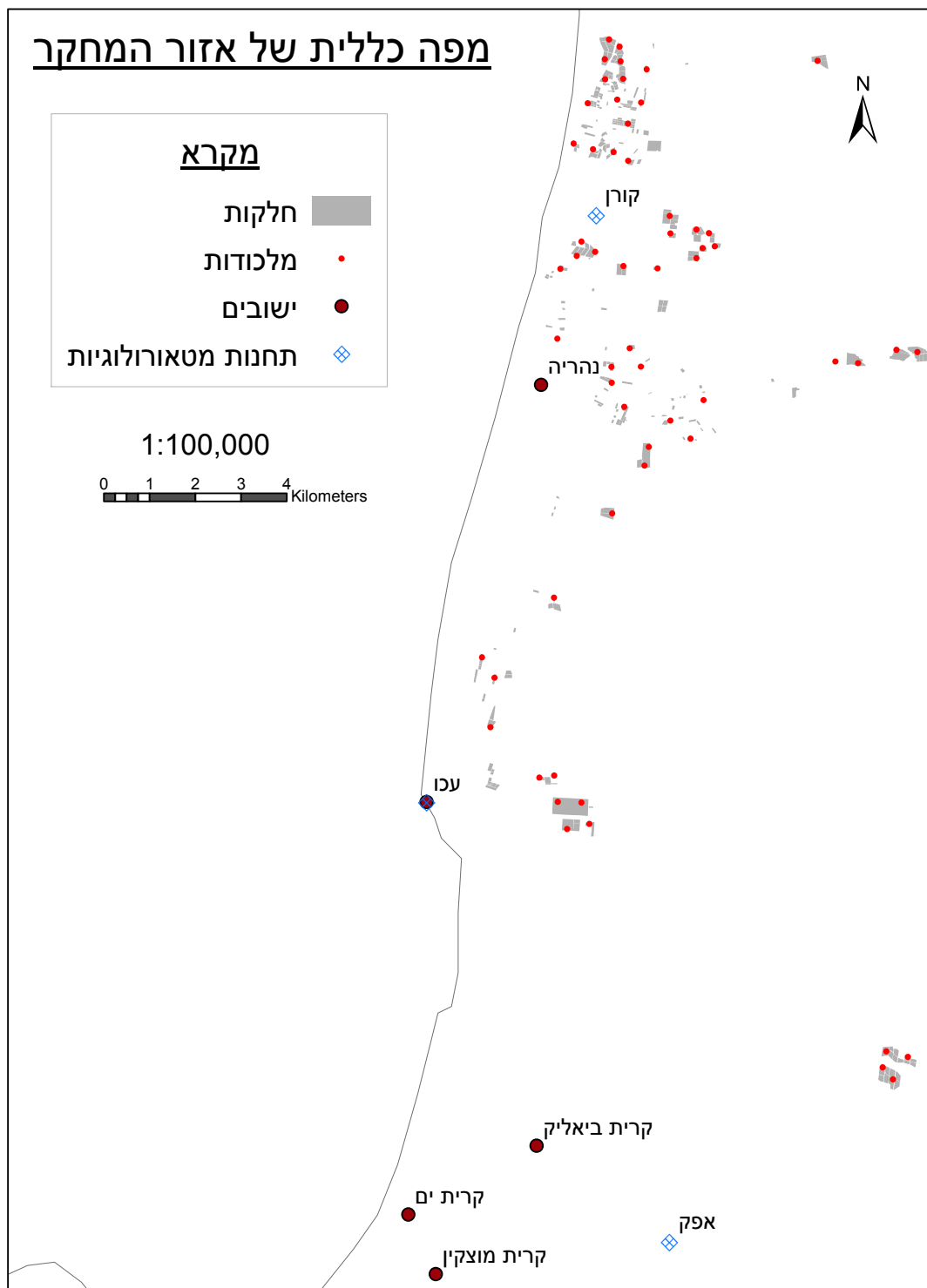
המערכת הקיימת היום מאפשרת שקלול של מכלול השיקולים והיא משקפת בצורה טובה את הנתונים הנקלטים בה. על-כן ניתן להשתמש בה לניתוח החלטות המערכת מול החלטות הרכז במטרה לשפר את המודלים של כל משתנה מחד ואת המודל הכללי של שילוב הנתונים מאידך על-מנת להגיע להליך החלטות מיטבי. עם זאת, ישנה חשיבות מכרעת ליצירת הליך פשוט של קליטת הנתונים הנדרשים להרצת המערכת לריסוס הדורים. הליכים מסורבלים לא ייטמעו בקרב הרכזים והמערכת, ואף אם היא תספק מיפוי טוב של האזורים לריסוס היא לא תהיה שימושית. כיום, חישוב שלושת המדדים: רגישות זנים, טמפרטורה והמגמה לכל מועד נעשים מחוץ למערכת ובמתכונתם הנוכחית הינם הליכים מסורבלים. מנקודת המבט הנוכחית, האתגר הכבד ביותר בהקשר זה, הוא יצירת הליך יחיד לקישור בין הנתונים המטאורולוגיים היומיים הנמצאים בשירות המטאורולוגי אל המערכת, ליצירת אינטרפולציה של הנתונים עם נתונים טופוגרפיים לפריסה רציפה שלהם, לחישוב מדד ההתפתחות על-פי טמפרטורה ולקליטת המדדים הללו לכל תחנה בשכבת התחנות המטאורולוגיות. לגבי ההיסטוריה והזנים – מכיוון שהנתונים נמצאים במערכת ומכיוון שהמודלים הינם חד-שלביים וממומשים בשפת VB אנו מאמינים כי יצירת הליך יחיד ואוטומטי לחישובם ולקליטתם בשכבות המרחביות יטופל בקרוב.

#### ה. פרסומים מדעיים

**בכתב:** לא פורסמו עדיין פרסומים מדעיים ממחקר זה למעט תקציר במסגרת הכנס: European Conference of Precision Agriculture (חקלאות מדויקת) שיתקיים ביוני השנה. **בעל פה:** בחודש נובמבר הוצג המחקר בסדנא שהתקיימה בהולנד שעסקה בנושא: Knowledge Transfer from Science to Practice (מעבר ידע ממדע ליישום).

### 3. סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מטרת המחקר העיקרית הינה פיתוח מערכת תומכת החלטה מרחבית המשולבת עם מ"מ"ג לשיפור תהליך קבלת ההחלטות לגבי ריסוס הדירים מפני זבוב הפירות הים-תיכוני על מנת למקד את הריסוס בחלקות הנגועות ולמנוע ריסוס בחלקות שאינן נגועות. פיתוח הליך פיזור מלכודות חצי-אוטומטי לאפיון יעיל של התפשטות הזבוב. – שתי מטרות אלו הושגו בצורה חלקית בלבד.
עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.
א. פותחה מערכת תומכת החלטה מרחבית (מתה"מ) ראשונית, המתחשבת במכלול השיקולים ויוצרת מפות ובסיס נתונים, המאפשרים ניתוח מתקדם ושיפור של התהליך; ב. פותחו ומומשו מודלים לשילוב מושכל של השיקולים השונים; ג. פותח הליך אוטומטי לפיזור יעיל יותר של מלכודות.
המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.
במהלך השנה שעברה הצלחנו לפתח מינשק משולב במ"מ"ג באמצעותו ניתן 1. לבצע פיזור אוטומטי של מלכודות לפי תפרושת חלקות נתונה; 2. לבצע הליך קבלת החלטות לריסוס המאפשר התחשבות במכלול השיקולים. עדיין, מערך הריסוס הכללי הינו מורכב מאוד ומבוסס על בסיס נתונים וידע עצומים. המרת חלק גדול מהמערך הנוכחי למערך אוטומטי יותר איננה פשוטה כלל ועיקר.
הבעיות שנתקו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנותנה לביצוע תוכנית המחקר.
אחת המטרות שהצבנו לעצמנו השנה הייתה לימוד של התנהגות הזבוב ביחס לשימושי קרקע, זנים ומזג אוויר באמצעות ניתוחים מרחביים וטכניקות של כריית נתונים. לא הצלחנו להגיע לבחירת הנתונים הרלוונטיים מתוך בסיס הנתונים העצום שיש בידינו לצורך ניתוח שכזה. השנה יתחיל סטודנט לחקור את הנושא הזה במסגרת התיזה שלו ואנו מקווים כי מטרה זו תושג בחלקה בשנה הקרובה.
שני ההליכים שפותחו עד כה נמצאו יעילים וסללו דרך נוחה להתקדמות ואנו מאמינים כי בשנתיים הקרובות ניתן יהיה להגיע למערכת תומכת החלטה לריסוס, אשר תוטמע במועצה.
האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך.
<b>בכתב:</b> לא פרסמו עדיין פרסומים מדעיים ממחקר זה למעט תקציר במסגרת הכנס: European Conference of Precision Agriculture (חקלאות מדייקת) שיתקיים ביוני השנה. בעל פה: בחודש נובמבר הוצג המחקר בסדנא שהתקיימה בהולנד שעסקה בנושא: Knowledge Transfer from Science to Practice (מעבר ידע ממדע ליישום).
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
רק בספרייה
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
חסוי – לא לפרסם



נספח 1: מפה כללית של אזור המחקר הכוללת את תפרושת החלקות, המלכודות והתחנות המטאורולוגיות.

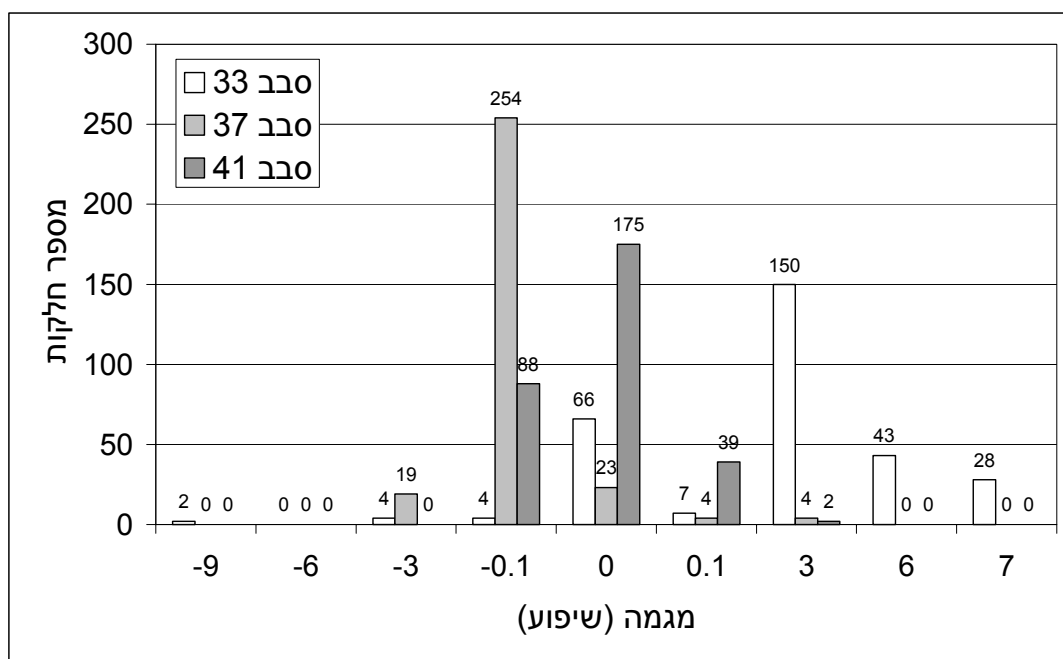
ז"י	מספר חלקות	סבב 33 2.12.02	סבב 37 22.1.03	סבב 41 20.4.03
A	146	24	39	0
B	59	15.1	27.3	0
C	73	15.1	27.3	65.8
D	16	0	0	9.6
E	10	0	0	0

נספח 2א: מדדי רגישות זנים לכל סבב ולכל קבוצת זנים.

שם תחנה	מספר חלקות	סבב 33 2.12.02	סבב 37 22.1.03	סבב 41 20.4.03
אפק	20	12.28 (24.56)	5.36 (10.72)	15.74 (31.48)
עכו	45	13.86 (27.72)	4.34 (8.68)	12.84 (25.68)
קורן	239	0 (0)	5.74 (11.48)	0 (0)

נספח 2ב: מדדי התפתחות לפי נתוני טמפרטורה לכל סבב.

(הנתונים בסוגריים הם הערכים לאחר הכפלת הערכים ב-2 לפי ההרצה של המערכת)



נספח 2ג: התפלגות ערכי המגמות לכל סבב.

הערכים של המגמה הוכפלו ב-3 בהרצה של המערכת. לדוגמא: שיפוע של 3 הפך ל-9.