

# דו"ח (מתוקן) לתכנית מחקר מספר 13-0603-458

שנת המחקר: 3 מתוך 3 שנים

מרכז ידע לטכנולוגיות מידע בחקלאות – מיפוי ומתווה

Center for Information in Agriculture – Mapping and Outline

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי	אמוץ חצרוני
אוניברסיטת בן גוריון בנגב	אדיר אבן
אוניברסיטת בר אילן	יהודית בר אילן
אוניברסיטת בר אילן	מעין ז'יטומירסקי גפת
אגם חקלאות מתקדמת	שי מיטל
אוניברסיטת בן גוריון בנגב	ליאור פינק
אוניברסיטת בן גוריון בנגב	גלעד רביד
המכון הישראלי למדיניות מדע טכנולוגיה וחדשנות	לאוניד בקמן

Amots Hetzroni, Agricultural Engineering, ARO, P.O.B. 173 Bet Dagan 5025001. E-mail: amots@volcani.agri.gov.il

Adir Even, Industrial Engineering and Management, Ben-Gurion University of the Negev, P.O.B. 653 Beer-Sheva 8410501, E-mail: adireven@bgu.ac.il

Judit Bar-Ilan, Department of Information Science, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, 5290002, E-mail: barilaj@mail.biu.ac.il

Maayan Zhitomirsky-Geffet, Department of Information Science, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, 5290002, E-mail: maayan.geffet@gmail.com

Shay Mey-tal, Agam advanced agronomy, Manna Irrigation, Gvat 3657900, E-mail: Shay.Mey-tal@manna-irrigation.com

Lior Fink, Industrial Engineering and Management, Ben-Gurion University of the Negev, P.O.B. 653 Beer-Sheva 8410501, E-mail: finkl@bgu.ac.il

Gilad Ravid, Industrial Engineering and Management, Ben-Gurion University of the Negev, P.O.B. 653 Beer-Sheva 8410501, E-mail: rgilad@bgu.ac.il

Leonid Bakman, Israel Innovation Institute, 11 Rivka St. P.O.Box 10185, Jerusalem, 91101. E-mail: leonidb@istipi.org

התחום החקלאי החל באימוץ מהפיכת המידע. המודעות קיימת ויישומי מידע נפוצים כמעט בכל ענפי הייצור והסביבה החקלאית. אולם, קצב אימוץ והטמעת הטכנולוגיה איטי. קיים פער משמעותי בין יכולות המשתמשים לאופי וקצב יישום הטכנולוגיה בפועל. יצרני הציוד החקלאי מפתחים, כל אחד בנפרד, יכולות איסוף ושמירת מידע חקלאי כך שנוצרים איים של נתונים אשר אינם מאפשרים לחקלאי ולבעלי העניין הנוספים לראות את התמונה אצלו, ואת התמונה הכוללת. בעבודה זאת בחנו את התמונה הרחבה כדי לקדם את האפשרות להעביר ולספק מידע חקלאי חוצה ארגונים ומערכות ולהתאימו למגוון רחב של יישומים. מטרת הפרויקט היו אפיון שירותי מחשוב עתירי מידע מגוון בחקלאות; מיפוי המצב הנוכחי; ליווי הרצת פרויקט רלוונטי; והצבת מודל להרחבת הפעילות. השותפים במרכז המצוינות יצגו תחומי מדע שכללו בין השאר מערכות ניהול ומידע, בינה עסקית, כלכלה, נתוני עתק, חקר האינטרנט, טכנולוגיות מידע ויעוץ חקלאי. השותפים השתלבו במטרה להגיע לתפיסה והבנה בין-תחומית של השיטות והטכנולוגיות העכשוויות באמצעות קיום מפגשי העשרה והיזון הדדיים, פרויקטים יישומיים שחלקם בשילוב בין קבוצות המחקר ומחקריים לבחינה ומימוש התפיסות; סקרים וראיונות עם גורמים שונים בתחום הנושקים למערכות מידע בחקלאות. במסגרת המרכז פותחו עשרה פרויקטים הצומחים מהשטח המדגימים את האפשרות שהתכנון הכולל של פתרון הענן מספק. פרויקטים אלו מדגימים את ארבעת שכבות הענן המוצעות בתכנון התשתית הטכנולוגית. בהסתכלות הרחבה התחום מופה ואותרו מרכזי החוזק והשחקנים המרכזיים בתחום, אופיין פתרון תשתיתי אשר מחייב שימוש באונטולוגיה אשר פותח כלי לבנייתה. קבלת החלטות יעילה באמצעות מערכות ממוחשבות מצריכות נתונים מדויקים ואיכותיים, איכות הנתונים החקלאיים נמדדת לא רק כהשתנות הנתונים בזמן אלא גם כהשתנותם במרחב, במסגרת העבודה מוצע מודל לטיפול, הערכה וויזואליזציה של איכות הנתונים.

### מעריכים מומלצים לבדיקת הדוח המדעי

1. פרופ' יעל אידן
2. ד"ר אהוד גלב
3. פרופ' גדעון אורון

---

### הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא (מחק את המיותר)

\*במידה וכן, על החוקר להמציא פרטים על הגוף שבאמצעותו מופץ הידע (כמו: שה"ם)

חתימת החוקר \_\_\_\_\_ תאריך: 28 פברואר 2017

- Anat Goldstein, Chen Karmona, Adi Shemesh , Anna Chernov, Lior Fink, Gilad Ravid, Orit Raphaeli and Amots Hetzroni (2015) "A Cloud-based Service for Analyzing Red Palm Weevil Spread" Presented in the International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN'2015)
- Anat Goldstein, Amit Meitin, Shiran Bohadana, Lior Fink and Gilad Ravid (2016) "Internet of Things in Agriculture: An Engine for Increasing Farm Productivity and Efficiency" The Israeli Conference on Robotics (ICR'2016)
- Yotam Rotholz and Adir Even. (2016) "Detecting Quality Defects in Soil-Sampling Data", Presented at the 2016 Israel Association for Information Systems [Hebrew] (ILAIS' 2016)
- Gilad Ravid, Anat Goldstein, Orit Rafaeli, Lior Fink and Amots Hetzroni (2017) "Integrated information system for pest monitoring and control: A cloud-based approach. 2017 EFITA WCCA CONGRESS. Anat Goldstein, Lior Fink, Amit Meitin, Shiran Bohadana, Oscar Lutenberg, Gilad Ravid (2017) "Applying Machine Learning on Sensor Data for Irrigation Recommendations: Revealing the Agronomist's Tacit Knowledge". Precision Agriculture. 47(4). 1-24
- Zhitomirsky-Geffet M. and Mograbi C. Z. (accepted 2017). "A new framework for collaborative ontology construction for an agricultural domain from heterogeneous information resources". Journal of Agricultural & Food Information
- Yotam Rotholz and Adir Even. (submitted 2017) "Assessing the Reliability of Geospatial Data in Geographic Information Systems", annual GIS-Science Conference, (GIScience' 2017)
- Anat Goldstein, Orit Raphaeli, Lior Fink and Gilad Ravid, Chen Karmona, Adi Shemesh, Anna Chernov and Amots Hetzroni (Submitted 2017) "Cloud-based services for agricultural data integration: The Case of Red Palm Weevil Spread", Computers and Electronics in Agriculture

#### פרסומים בכנס האגודה הישראלית להנדסה חקלאית 2016

- זיהוי פגמי איכות בנתוני דגימות קרקע, יותם רוטהולץ, אדיר אבן, שי מיטל
- מערכת בינה עסקית מבוססת-ענן לניתוח נתוני משק חקלאי, שגיא פריהיטר, גיא סער, אורית רפאלי, ליאור פינק, אמוץ חצרוני
- כריית נתוני חיישנים לחיזוי ומתן המלצות להשקיית חוחובה, עמית מייטין, שירן בודהנה
- שימוש ואימוץ של שירותי ענן בחקלאות, אורית רפאלי, אילנה דחוביץ', ליאור פינק, שי מי-טל, אמוץ חצרוני

- מערכת מבוססת-אונטולוגיה לתמיכה בהחלטות הדברה, בר כוכבי, שני דרור, אורית רפאלי, ענת גולדשטיין, ליאור פינק, אמוץ חצרוני
- מערכת מידע מבוססת אינטרנט למעקב אחר לכידות זבוב הפירות הים-תיכוני, ניר הדר, אליסף דרוט, אורי קדיש, גלעד רביד, אמוץ חצרוני, יפית כהן

## תוכן העניינים

6	מבוא
6	מטרות המחקר
6	עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר
6	פרויקטי Top Down
6	תשתית מערכת המידע אפיון צרכים ואפיון טכני
6	אפיון ענן חקלאי
9	מאפייני יישום מערכות מבוססות מחשוב ענן בענף החקלאות
11	זיהוי פגמי איכות בנתוני דגימות קרקע
13	אונטולוגיה
14	פרויקטי Bottom-up
14	כריית נתוני חיישנים לחיזוי יבול חוחובה ולתכנון השקיה
16	מערכת מידע מבוססת ענן לדיווח על פגעים בחקלאות
17	מערכת מבוססת-אונטולוגיות לתמיכה בקבלת החלטות הדברה
18	מערכת בינה עסקית (BI) בענן לניתוח ביצועי משק חקלאי
19	מערכת מידע מבוססת ענן לאיסוף נתוני זבוב הים התיכון
19	מערכת מבוססת ענן לניהול מכורות
19	מערכת לדיווח ומעקב אחר ריסוסים
20	מערכת לאיגום מידע על כלים חקלאיים
21	שירות ענן לדיווח ומעקב של התפשטות חדקונית הדקל
21	יישום מבוסס ענן של מערכת לניהול משק חקלאי
22	מעקב אחרי יוזמה מסחרית ליישום שירות ענן לניטור אזורי של ריסוסים ומזיקים
26	דיון
29	ביבליוגרפיה
30	תוספות נדרשות ממרכזי מצוינות:

## מבוא

טכנולוגיות מידע עכשוויות הרגילו את הצרכנים שמידע זמין ונגיש, והמחישו את התועלות שניתן להשיג ממנו. זה מכבר פחתה התלות במערכות מידע ספציפיות ופרטיות וגדלו האפשרויות לשיתוף ואיגום נתונים ומידע. בידיו של כל משתמש, היכולת ליצור/להשתתף בקהילה לשיתוף מידע. רבים בעולם חברים בקהילות ממוחשבות בהם משותף מידע רב. רובנו מקיימים נקודות מפגש רבות המזמינות שיתופי נתונים ומידע מסוגים שונים, שיתוף בין מערכות ושיתוף בין מערכות לאנשים ובין אנשים. עם הגברת המודעות לתועלת שבחקלאות מדייקת ( Precision Agriculture), גובר גם הצורך בהקמת תשתית מהימנה של נתונים חקלאיים

## מטרות המחקר

מטרת המרכז היא אפיון שירותי מחשוב עתירי מידע מגוון בחקלאות, מיפוי מצב נוכחי וליווי הרצת פרויקט בנושא זה תוך הצבת מודל מוצע להרחבת הפעילות. בתקופת הפרויקט ממוקדת פעולת המרכז בשני כיוונים עיקריים: 1. סקר והגדרות, אפיונים ויצירת סטנדרט למערכת ענן נתונים חקלאי; 2. בחינה, וליווי של פרויקט רלוונטי. הידע והניסיון שירכשו במהלך פעולת המרכז יסייעו בהשתלבות בפרויקטים נוספים ויזמות לפרויקטים עצמאיים.

## עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר

פיתוח המסגרת הכוללת לאפיון ענן החקלאי מבוססת על גישה מלקחיים המשלבת בין בחינת התמונה הכוללת ופירוטה לפתרונות משנה (Top down) לבין פיתוח פתרונות קצה לבעיות מסוימות (Bottom-up) על מנת ללמוד מהם על הדרכים המתאימות לפתרון. הפרק הראשון, פרויקטי Top down, מתאר את המסגרת הכללית ומפרט את הצרכים העיקריים שנלמדו ואת הארכיטקטורה המוצעת למערכת. לאחריו, הפרק Bottom up, מציג יישומים של פתרונות לאתגרים מסוימים שזוהו, שיהוו קלט להרחבת המסגרת הכוללת.

## פרויקטי Top Down

### תשתית מערכת המידע אפיון צרכים ואפיון טכני

#### אפיון ענן חקלאי

בשלושת שנות המחקר ערכנו פגישות עם בעלי עניין מתחומים שונים בחקלאות במטרה לזהות את הצרכים והדרישות מהענן. על בסיס ניתוח הצרכים והדרישות גובשה הארכיטקטורה המוצעת.

#### **הגדרת צרכים**

#### צרכים פונקציונליים

- סיוע בניהול משק (משק חקלאי, מכורות, רפת וכד') - ניהול שוטף (ניהול תשומות, תכנון עבודה, ביצוע ומעקב אחר פעולות חקלאיות), ניהול חשבונאי, ניטור (התפתחות נזקים ומחלות, מצב הקרקע), קבלת התראות יזומות (לגבי מזג אוויר, נתונים שנוטרו ועוד), קבלת המלצות והתראות

- ביוזמת המערכת (למשל, שילוב של נתוני ביקוש השווקים, תחזית מזג אוויר, נתוני קרקע במידה וקיימים חיישנים ונתונים נוספים מהשטח לקביעת מועד טיפול אגרו-טכני כדוגמת ריסוס או קטיפה).
- סיוע בתכנון הפעילות משק החקלאי בטווח הקצר - ניתוח ביצועים (תפוקה) ברמת חלקה/גידול (חתך של שנים אחורה), ניתוח ביצועים (רווח) ברמת חלקה/גידול (חתך של שנים אחורה), סיוע בקבלת החלטות לעונה הבאה (התחשבות בהיסטוריה ונתוני שוק עדכניים כמו מחירי התוצרת ומחירי התשומות).
- סיוע בתכנון אסטרטגי - סיוע בקבלת החלטות וביצירת תובנות מקומיות עבור המשק (זיהוי מגמות בתפוקת המשק ורווחיותו, זיהוי חוזקות וחולשות של הגידולים במשק), יצירת תובנות – מחזור זריעה של גידולים לאורך השנים למיטבי של אדמה, אפקטיביות השקיה והדברה לפי מינונים, הגידולים הרווחיים, התחשבות בנתוני שוק ומגמות בשוק המקומי והעולמי.
- נגישות למאגרי מידע מקצועי - נדרש לאפשר גישה ישירה למידע וגישה ליישומונים שונים (API) בהתאם לצורך להצגת מידע רלוונטי אינטגרטיבי בזמן ובמקום הנכון. קיימים זמינים כיום במשרד החקלאות – לדוגמה מאגרי נתונים על חומרי הדברה, מזיקי חקלאות, מחלות צמחים, מחלות בעלי חיים, תכשירים לחקלאות אורגנית, ועוד.
- נגישות למידע המלצות מומחים - המלצות לגבי סוגי גידולים וסוגי קרקע, דרכי ושלבי גידול, כמויות דישון/השקיה לפי סוג קרקע/גידול, מגמות עתידיות מבחינת מחירים והעדפות השווקים.
- נגישות למידע ממקורות חיצוניים אחרים - דוגמת תקנות וחוקים לגבי חומרי הדברה, דשנים ורישיונות יצוא, מידע שוק לגבי מחירים (נתוני זמן אמת, ונתונים היסטוריים), תחזיות מזג אוויר לתא שטח, תחזיות לתקופה ועוד. חזון - נגישות ליישום זה/הדומה לכלל החקלאים באותו ענף כאשר שמירת מידע (כולל היסטוריה) לכל משק בנפרד, תוך איחוד נתונים דומים למאגר אחד (ללא פרטים מזהים), ושמירה של נתונים מסכמים.
- מנגנוני המלצות - דוגמת מחשבוני (בהינתן שטח, גידול, סוג קרקע, תכנית השקיה/ מזג אוויר צפוי ועוד – כמות תוצרת צפויה), ממליצונים (בהינתן סוג קרקע, גידולים קודמים - מה מומלץ לגדל).
- מערכות דיווח אירועים בנושאים שונים (מזיקים, מחלות, מפגעי מזג אוויר) - יכולת דיווח על אירוע בתחום מסוים (למשל נגעים) – הדיווח יכלול מיקום גאוגרפי, מהות האירוע (הנגע), תמונה, זמן, השפעה.
- מנגנוני אתראות על אירועים - לפי קרבה גאוגרפית ו/או לפי שייכות לקהילה רלוונטית. הכנסת כללי אצבע למתן התראות על סמך אירועים בדידים (למשל מעל כמות אירועי נגע בטווח זמן וגאוגרפיה).
- מנגנוני העברת הודעות - בתוך קהילת חקלאים בענף, בין קהילת חקלאים בענף מסוים לגופי מחקר בתחום, הנחיות/עדכונים לגבי תקנות וחוקים ממשרד החקלאות.

#### צרכים טכניים תשתיתיים

- גמישות בנגישות: ממגוון אתרים גאוגרפיים, ממגוון יחידות קצה (כולל מטלפון חכם)
- ניהול משתמשים וניהול קהילות (קבוצות עניין בחתך נושאי, גאוגרפי ועוד)
- ניהול הרשאות לגישה למידע / ליישומון עבור משתמשים/קהילות

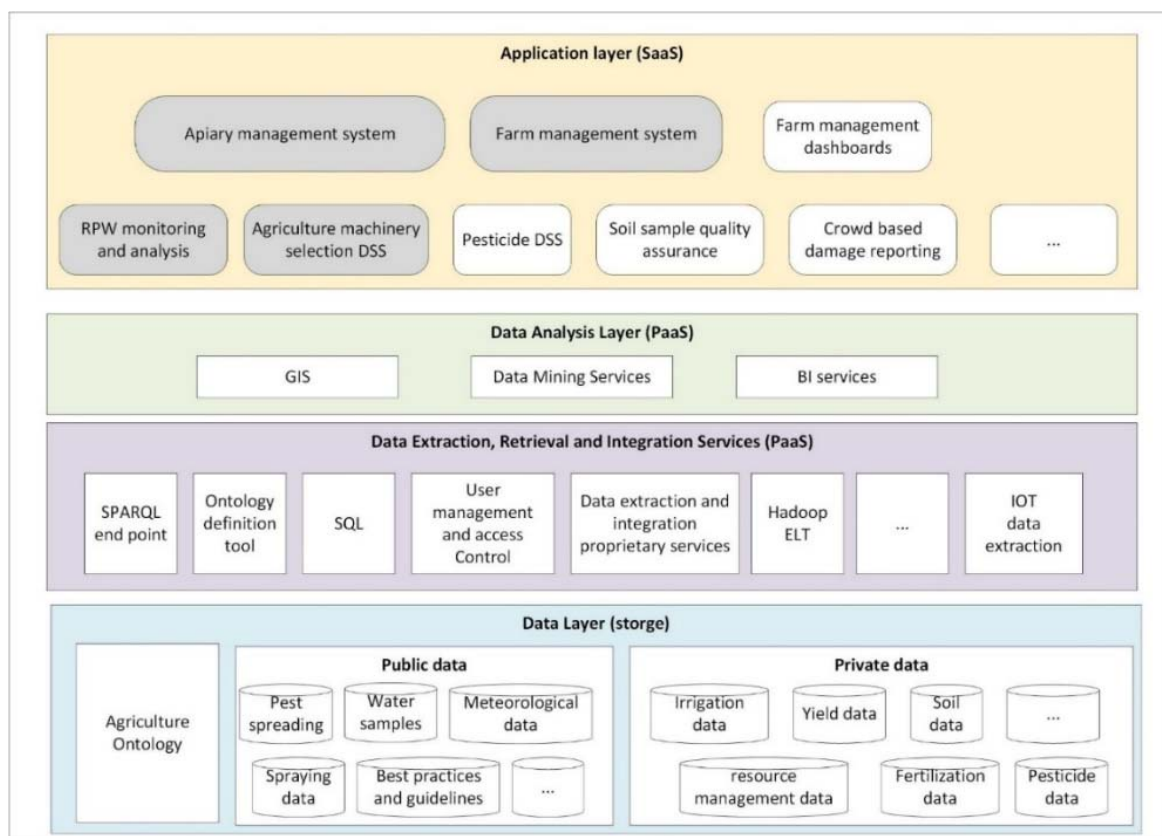
- תמיכה ביכולות גידול – פוטנציאל להיקפי מידע עצומים (בעידן חקלאות מדייקת) וגישה לתשתיות מיפוי
- גיבויים למידע, שמירה היסטורית ויכולות אחזור

## ארכיטקטורה

על מנת לעמוד בדרישות אלו ולאפשר גמישות ומודולריות רבה ככל האפשר אנו מציעים לאמץ ארכיטקטורה של ארבע שכבות אשר יאפשרו מחד תבנית ברורה של מטרות השכבה ומאידך, פיתוח יעיל המאפשר ביצועים טובים. ארבע השכבות הן: 1. **שכבת הנתונים** – שכבה הכוללת מאגרי מידע בהם נשמרים נתונים ציבוריים ומאגרי מידע בהם נשמר מידע פרטי. הנתונים הציבוריים נגישים לכל וכוללים: נתונים מטאורולוגיים, נתונים על התפשטות מזיקים, הנחיות ושיטות עבודה מומלצות, מידע על דגימות מים. הנתונים הפרטיים כוללים נתוני קרקע, נתוני השקיה ודישון ונתוני יבול. הגישה לנתונים השונים תשלב בין מנגנוני הרשאה המבוססים על תפקידי המשתמשים ( Role-based access control - RBAC) ומנגנונים מבוססי מאפיינים (Attribute-based access control - ABAC). תשמר בקפידה לאורך כל הפעילות הפרדה והבחנה בין נתונים פרטיים לבין נתונים ציבוריים. 2. **שכבת שירותים לשליפה ואינטגרציה של מידע** – שכבה זו כוללת שירותי מחשוב קנייניים לשליפת נתונים ממאגרי המידע השונים (שכבת הנתונים) ואיחודם, כלים ושפות לביצוע שאילתות וכן שירותים להכנת נתונים לצורך עיבוד וניתוח. 3. **שכבת ניתוח נתונים** – שכבה זו כוללת שירותי ניתוח גאוגרפיים (תשתית GIS), שירותי כריית נתונים ושירותי בינה עסקית (BI) שיאפשרו להפיק תובנות מתוך מגוון הנתונים הנאספים ולהציגם באופן ידידותי למשתמש. 4. **שכבת יישומים** – שכבה זו כוללת שלל יישומים למשתמש הקצה, כגון: החקלאי, המדריך, המתכנן. דוגמאות ליישומים אלו כוללות: מערכת תומכת החלטה לבחירת חומרי הדברה, מערכת לניהול משק, מערכת לניהול מכוורת, מערכת איסוף דיווחים על פגעים ומערכת להצגת התפשטות מזיקים. איור 1 מציג רכיבים מרכזיים של הארכיטקטורה.

יש לציין כי היישומים המוצגים בשכבות הארכיטקטורה השונות מהווים דוגמאות לשירותים שמסגרת (Framework) מבוססת שירותי ענן לחקלאות צריכה לכלול אך אינם מהווים רשימה סופית ומלאה של שירותים. כמו-כן, השירותים בשלוש השכבות התחתונות מהווים בסיס לפיתוח יישומי קצה נוספים בשכבה העליונה. לאחרונה, השכבה התחתונה, שכבת הנתונים כוללת הרחבה בה חלק מהנתונים הפרטיים נשמרים בענן פרטי של החברה. לדוגמה, לדוגמה: חברת ג'ון דיר שומרת נתוני ניהוג בכלי העבודה תחת שם המשתמש של הנוהג בענן שרתי המחשוב של החברה. חברות אלו מספקות API חלקי לגישה לנתונים ובמרבית המקרים מונעות אינטגרציה מלאה עם נתונים נוספים.





איור 1 ארכיטקטורת Framework לשירותי מחשב ענן לחקלאות

מניתוח ארכיטקטורה זו עולות המסקנות הבאות:

1. יש להסכים על האונטולוגיה החקלאית שתשמש את כלל היישומים בשלבים השונים שלהם
2. יש להגדיר API פתוח ולהצטרף כשחקנים פעילים לשיתופי פעולה כדוגמה ה OADA (<http://openag.io>)
3. את רמת ה PaaS וכן את אכסון המידע ניתן לממש מעל ענן ציבורי כדוגמת השרות שמציעות אמאזון וגוגל. שכבת ה SaaS הינה ייעודית
4. במסגרת מחקר זה לא בחנו השפעות של אבטחת מידע ומתקפות סייבר על ביצועים חקלאים, אך יש לתת את הדעת על כך ברמה לאומית.
5. ברמת המורכבות הטכנולוגיות רצוי שגם שכבות נתונים פרטיות ייצאו לפלטפורמת ענן, אם אצל אחת מהספקיות הגדולות או במקום אחר.
6. קיימת נדידה ומעבר של גופים רבים לטכנולוגיות פתוחות, יש להימנע מנעילה לטכנולוגיה מסוימת.

### מאפייני יישום מערכות מבוססות מחשב ענן בענף החקלאות

**מטרת המחקר:** (1) לאפיין את דפוסי השימוש של שירותי מחשב ענן (SaaS) בחקלאות בישראל (2) לזהות את הגורמים המשפיעים על אימוצם ויישומם בקרב חקלאים.

**מתודולוגיית המחקר:** המחקר מתבסס על ניתוח סטטיסטי של ממצאי סקר שנערך בקרב חקלאים. לצורך הסקר פותח שאלון הבוחן את מידת השימוש במשקים חקלאיים של שישה סוגים של שירותי מחשב ענן, ביניהם: מערכת ענן לניהול תפעול המשק, ניטור מזיקים וריסוסים, ניהול דגימות קרקע לתמיכה בהחלטות דישון, מעקב צימוח ע"י חישה מרחוק, בקרת השקיה ואחסון קבצים בענן. בנוסף לרמת השימוש בשירותים, השאלון מודד את רמתם של גורמי האימוץ שנמצאו בספרות מערכות מידע כקשורים עם החלטתם של משתמשים להשתמש בטכנולוגיות מידע.

בפרט, נוסחו בשאלון משתנים המאפשרים למדוד ארבע קבוצות של גורמים המבוססות על מודל לאימוץ טכנולוגיית מידע UTAUT - (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) ( ביניהם ציפיות ביצועים, ציפיות מאמץ, השפעה חברתית ותנאים מקלים).

שאלון הסקר הופץ בקרב חקלאים בענפי גידולי שדה, מטעים וירקות בשני אופנים: בכנסים חקלאיים של ענפים אלו ובאמצעות שאלון מקוון שנשלח לרכזי הענפים. סה"כ נאספו 103 שאלונים תקינים, מרבית המשיבים (71%) היו בעלי השכלה אקדמאית.

ניתוח מאפייני המשקים של המשיבים מראה כי מרבית המשיבים שייכים לענף הגד"ש (42%) או הירקות (28%). בנוסף, מרבית המשקים הם קיבוצים (55%) ושיעור נמוך יותר הם מושבים (25%). מבחינת מספר העובדים במשקים, במרבית המשקים (48%) מספר העובדים נמוך מ-20.

**תוצאות:** ניתוח סטטיסטי התמקד בשאלת המחקר הראשונה הבוחנת את מאפייני דפוסי השימוש של שירותי ענן שונים בחקלאות באמצעות תת השאלות הבאות: 1) מהם היקפי היישום של שירותי הענן השונים? 2) האם ניתן לזהות קבוצות בעלות התנהגות שימוש דומה של שירותי ענן והאם קיימים הבדלים בין גורמי האימוץ של קבוצות בעלות התנהגות שימוש שונה?

שאלת המחקר השנייה נבחנה על ידי התאמת מודל רגרסיה המנבא את אימוץ הטכנולוגיות במספר ממדים.

#### **הממצאים העיקריים הם:**

1. מרבית החקלאים משתמשים במרבית יישומי הענן השונים. 64% משתמשים בשירות אחסון קבצים בענן (למשל Google Docs או Dropbox.com), לאחריו שירות בקרת השקיה ודישון בשימוש של 49%, מערכות ענן לניהול ותפעול המשק (45%), שירותי ניטור מזיקים וריסוסים (40%), ניהוג אוטומטי (40%), התראות למכשירים ניידים (37%), מעקב גדילה בחישה מרחוק (36%), ניהול משאבים (34%), תמיכה בקבלת החלטות על מחזורי זריעה (26%) וניהול דגימות קרקע והחלטות דישון (15%).

2. כחמישית מהחקלאים מכירים כל אחת מהמערכות בענן אך בהחלטה מודעת אינם מתכוונים להשתמש בהן. בולטות המערכות למעקב גדילה בחישה מרחוק אותן 34% מכירים אך לא מתכוונים להשתמש, מערכות לניהוג אוטומטי ומערכות לדגימות קרקע והמלצות דישון אותן 29% מכירים אך אינם מתכוונים להשתמש. ביתר המערכות אחוזי אי כוונת השימוש הם בין 15% ל 20% מהחקלאי.

3. קיים הבדל בפרופיל השימוש בחתכים השונים. ענפי הגד"ש מרבים להשתמש בניהוג אוטומטי, בקרת דישון והשקיה, ומעקב גדילה בחישה מרחוק בעוד ענפי המטעים נוטים להשתמש במערכות לניהול תהליכים במשק, ניהול משאבים והדברת מזיקים. חקלאי הקיבוצים משתמשים יותר בכל היישומים פרט למערכות התראות לנייד בהן חקלאים ממושבים משתמשים יותר. לא נמצא קשר לרמת ההשכלה של החקלאי.

4. ניתן לשייך חקלאים לשני אשכולות המתאפיינים בהבדלים מובהקים במוצעי רמות היישום של שירותי הענן ( $p < 0.05$ ): אשכול המתאר רמת יישום גבוהה של שירותי ענן (69% מהמשיבים) ואשכול המתאר רמת יישום נמוכה של שירותי ענן (31%). נמצא הבדל מובהק ( $p < 0.001$ ) בגורם ציפיות הביצועים בין חקלאים השייכים לאשכול רמת שימוש גבוהה של שירותי ענן לבין אלו השייכים לאשכול המתאר רמת יישום נמוכה של שירותי ענן. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני האשכולות עבור שאר גורמי האימוץ שנמדדו בסקר.

5. הנטייה והסיבות לאימוץ מחלקות את אפליקציות הענן לשתי קבוצות עיקריות המובדלות בינן. אפליקציות ענן קלאסיות הכוללות יישום לניהול המשק ומשאביו, בקרת הדברה ושירותי אחסון קבצים. הקבוצה השנייה של שירותי ענן הן יישומי IoT

6. הגורמים השייכים למשתנה "ציפיות לביצועים" ו"השפעה סביבתית" הם המשפיעים ביותר על אינטנסיביות השימוש של המערכות הקלאסיות. לעומת זאת במערכות האינטרנט של הדברים הגורמים הימצאותם של גורמים מקלים והמאמץ הנתפס ביישום ישפיעו בצורה הניכרת ביותר.

### **מסקנות:**

- 1) יש לפעול להגברת ההכרות של חקלאים עם שירותי הענן הבאים: שירותי ניטור מזיקים וריסוסים, מעקב צימוח ע"י חישה מרחוק וניהול דיגומי קרקע לתמיכה בהחלטות דישון.
- 2) משתנה ציפיות הביצועים, המתייחס לרמה שבה החקלאי מאמין כי שימוש בשירות הענן יעזור לו להשיג רווחים (כגון זמן מושקע בעבודה, הקטנת הוצאות תפעוליות, הגדלת הכנסות וכו'), הינו משתנה קריטי בהחלטת חקלאים ליישם שירותי ענן. כדי להגביר את התועלת הנתפסת כתוצאה משימוש, חשוב למקד מאמצים בהבנת מאפייני הצרכים הקונקרטיים של חקלאים המתאפיינים ברמות יישום נמוכות של שירותי ענן.
- 3) יש להתייחס בצורה שונה למערכות קלאסיות מול מערכות אינטרנט של הדברים. החשיבות הרבה של קלות שימוש ומאמץ הנדרש מהטמעת מערכות אלו הוא רב יותר במערכות IoT.

### **זיהוי פגמי איכות בנתוני דגימות קרקע**

**הקדמה:** מחקר זה עוסק בזיהוי פגמי איכות בנתונים חקלאיים, כאשר במוקד המחקר עומדים נתונים מבוססי מיקום מרחבי. נתונים מרחביים עשויים לשמש כשכבות מידע במערכת מידע גיאוגרפית (GIS) מבוססת ענן, המאפשרת שיתוף נתונים בין מספר רב של בעלי עניין, ומציבים דרישות ייחודיות בכל הנוגע לניהול הנתונים ושמירת איכותם (Frank, 2007). כמקרה בוחן, המחקר עסק בנתוני דגימות קרקע, המהווים אבן יסוד חשובה לחקלאות מדייקת (Fleming et al., 2000). בנתונים אלו משתמשים באופן תדיר לניתוח מצב החלקות וקבלת החלטות חשובות בהתאם – תכנית גידולים, היקף ההשקיה, דישון, ועוד. בעיות איכות, כגון נתונים חסרים או לא מדויקים, הן שכיחות בנתוני דגימות הקרקע (McBratney et al., 1999), דבר שעלול לפגום משמעותית בתועלת שניתן להפיק מהשימוש בהם לצורך תמיכה בקבלת החלטות.

**מטרת המחקר:** מיפוי וניתוח גורמים אפשריים לפגמי איכות בנתונים המשקפים פריסה מרחבית, תוך התמקדות בנתוני דגימות קרקע, ולפתח כלים אנליטיים לזיהוי פגמים, התרעה עליהם בפני משתמשי הקצה, והערכת מידת חומרתם.

**מתודולוגיית המחקר:** כשלב הראשון, פותח במסגרת המחקר מודל אנליטי להערכת אמינות נתונים מרחביים, בהתחשב בהיקף ובחומרת הפגמים שניתן לזהות בהם. המודל נוסח בצורה כוללת יותר העשויה להתאים גם לבעיות איכות בנתונים מרחביים מסוגים שונים, מעבר לנתוני דגימות קרקע. המודל משלב שתי תבניות מבוססות פרמטרים, המיועדות להערכת היבטי איכות שונים: הראשונה מיועדת למאפייני נתונים שניתן להגדירם כסטטיים – כלומר, כאלו שאינם נוטים להשתנות לאורך זמן, והשנייה מיועדת למאפייני נתונים דינמיים, שערכיהם צפויים להשתנות באופן תדיר. התבנית הראשונה משערכת את מידת האמינות של נתון תוך התייחסות לפגמים שניתן לאתר מתוך בחינת הנתון עצמו (למשל, אי התאמה למרחב הערכים שהוגדר למאפיין), פגמים שניתן לאתר בעזרת

השוואה לערכי נתונים קודמים (למשל, על ידי הפעלת טכניקות של בקרת תהליכים סטטיסטית), ו/או פגמים שניתן לאתר בעזרת השוואה לנתונים שכנים גאוגרפית (למשל, על ידי שימוש בטכניקות של הערכת אוטו-קורלציה המרחבית). התבנית השנייה משערכת את האמינות של נתון מסוים, בעזרת מעקב לאורך זמן אחר תשומות (כגון דשנים) והתפוקות (היקף היבול ואיכותו) המשויכות לחלקה אותה הוא מייצג, ובחינת סבירות הערך הנמדד, בהתחשב בתנודות העתיות בתפוקות ובתשומות.

המודלים שפותחו במסגרת המחקר נבחנו בעזרת נתוני אמת שנאספו ממספר חלקות חקלאיות באזור עמק יזרעאל ושיקפו מדידות קרקע לאורך זמן בחלקות אלו, וכן נתוני דישון ויבול. לאחר הליך של טיוב וארגון הנתונים למבנה אחיד – הודגם השימוש במודל לזיהוי והתרעה על פגמים בנתונים אלו. בחינת המודלים נעשתה על ידי השוואת הערכות האיכות שסיפק המודל להערכות של מומחה חקלאי שבחן את סבירותם של הנתונים שנאספו, מול נתוני התשומות והתפוקות שנאספו.

**תוצאות:** התבנית הסטטית נבחנה בעזרת 1272 רשומות דגימות קרקע שנאספו לאורך 6 שנים ב-153 נקודות דגימה. הנתון שנבחן הוא נקודת הרוויה (SP – Saturation Point), שערכו עבור חלקה מסוימת אינו צפוי להשתנות משמעותית לאורך זמן. נתוני השטח שהתקבלו סבלו מפגמים חמורים, שמרביתם זוהו נכונה על ידי המודל. תוצאות הערכת האיכות לכל חלקה נשמרו בפורמט Metadata, בעזרת אבטיפוס של מערכת GIS, הומחשה הצגת הערכת איכות הנתונים כשכבת נתונים המתממשת לשכבות אחרות המציגות נתוני דגימות קרקע בפריסה גיאוגרפית.

התבנית הדינמית נבחנה בעזרת 794 רשומות דגימות קרקע שנאספו מ-111 חלקות בהן גודלה חיטה, ושולבו עם נתוני התשומות (דשנים) והתפוקות (יבולים) באותן חלקות לאורך אותן שנים. הנתון שנבחן הוא מדד יחס הזרחן (P-Olsen) שערכו צפוי להשתנות באופן תדיר. תוצאות הבדיקה הראו קורלציה גבוהה ומשמעותית בין חיזוי המודל לבין הנתונים שנמדדו בפועל, וכן קורלציה גבוהה ומשמעותית בין הערכות האיכות של המודל לבין הערכות האיכות של המומחה החקלאי שבחן את הנתונים שנאספו.

בנוסף לבחינת המודל, איסוף הנתונים והכנתם אפשר בחינה מעמיקה של בעיות איכות, וזיהוי גורמים התורמים להיווצרותם. התרומה המחקרית כללה גם מיפוי ומיון של בעיות איכות הנתונים שזוהו, והצעת דרכים אפשריות להתמודדות איתן ו/או להפחתת נזקן.

## מסקנות:

- מהלך איסוף הנתונים והכנתם לניתוח סייע לגבש תובנות חשובות בנוגע לניהול איכות נתונים במגזר החקלאי. מיפוי פגמי האיכות הציף בעיות משמעותיות ביותר – ולטענת מומחי החקלאות עימם התייעצנו, בעיות אלו אופייניות לכלל המגזר החקלאי בישראל, ולא רק לחקלאים שבעזרתם נערך המחקר. נראה כי לפני שניתן יהיה לעשות שימוש משמעותי בנתונים לצורך חקלאות מדייקת – יהיה צורך במהלך משמעותי בהסברת חשיבות איכות הנתונים לבעלי העניין, ובניית כלים שיאפשרו לאסוף את הנתונים ולאחסן אותם לאורך זמן באופן אמין ומדויק יותר.
- בחינת המודל שפותח במסגרת המחקר המחישה שימוש אפשרי בו ואת תועלתו הפוטנציאלית. חשוב עם זאת לציין שהמודל שנבחן הוא ראשוני, ודורש הרחבות והעשרות משמעותיות לפני שניתן יהיה להשתמש בו בפרקטיקה. בין כיווני המחקר העתידיים האפשריים שניתן לשקול – העשרת

המודל, בחינתו מול מאגרים נוספים המשקפים סביבות גידול אחרות, ושילובו במערכת מבוססת ענן שתאפשר ויזואליזציה הולמת של תוצאותיו לאנשי השטח ולמומחים חקלאיים.

## אונטולוגיה

אונטולוגיה מגדירה את הקשרים בין מושגים שונים בתחום דעת. המחקר בתחום זה בחן את האפשרות לבנות אונטולוגיה על ידי מומחי חיפוש אשר אינם מגיעים מתחום הדעת, שימוש זה יאפשר בעתיד להגדיל ולהעשיר אונטולוגיות על ידי מידענים. לאחר מכן, במחקרי המשך נבדקה ההיתכנות של שימוש באונטולוגיה לקבלת החלטות לגבי שימוש במוצרי הדברה שונים. במסגרת המחקר על יצירת האונטולוגיה נבנתה מערכת אינטרנטית המספקת מנשק רשת ידידותי למשתמש לבניית אונטולוגיית אירועים לחקלאות, לדוגמה הדברת מזיקים בגידול ירקות, ולהגדרת קשרים סמנטיים היררכיים בין זוגות מושגים שנבחרו מתוך עצי מושגים. משמעות המונח "אונטולוגיית אירועים" הוא שכל מופע מבין הגידולים, המזיקים וחומרי ההדברה יקושר למושג מסוג אירוע, המקשר בין מופעים של גידול-מזיק-וחומר הדברה. כדי לבחון את יעילות המערכת בוצע ניסוי במסגרתו עשרים ושישה סטודנטים במחלקה ללימודי מידע באוניברסיטת בר אילן עם רקע בסיסי בבניית אונטולוגיות שאינם מומחים בחקלאות אכלסו את האונטולוגיה בנתונים על-פי מסמך הנחיות שנבנה בשיתוף עם מומחים לחקלאות ולבניית אונטולוגיות, המסביר מהיכן יש לשלף כל נתון. הנתונים מגיעים ממקורות שונים ברשת, כגון, אתר משרד החקלאות, אתרים לחישוב השארית המותרת של חומרי הדברה של האיחוד האירופי ושל ארה"ב, אתר Dbpedian ומאגרון כללי לעולם החקלאות Agrovoc. בתום הניסוי המומחים לאונטולוגיות העריכו את איכות האונטולוגיה שנבנתה על-ידי הסטודנטים.

ממצאי הניסוי הראו כי הצלחת הזנת אירועים ומאפייניהם למערכת הגרפית הייתה סבירה (87%). שיעור ההצלחה הגבוה ביותר במערכת הגרפית היה בהוספת קשר לגידול, לעומת שיעור הצלחה מקביל של עשרה אחוזים במערכת קיימת פופולארית ווב-פרוטז'ה (protégé) הנחשבת כעדכנית ביותר בתחום. בכל הקשרים פרט לקשר לתווית שיעור ההצלחה במערכת הגרפית היה גבוה עשרות מונים משיעור ההצלחה בווב-פרוטז'ה.

על מנת לענות על שאלות המחקר שהתייחסו לשביעות הרצון ומשך זמן ההדרכה הדרוש, בשלב האחרון בניסוי שבוצע במסגרת מחקר זה, הסטודנטים השיבו על שאלון שביעות רצון, בסולם ליקרט 5-1, מהמערכת הגרפית, וממערכת ווב-פרוטז'ה. שביעות הרצון הכללית מהמערכת הגרפית הייתה גבוהה (ממוצע 3.5) והתאמתה למשתמש חסר רקע באונטולוגיות הייתה גבוהה גם היא (ממוצע 3.6); המערכת הגרפית נמצאה מאימה גם למשתמשים חסרי ידע קודם בחקלאות עם ממוצע 3.9 מתוך 5. המנשק של המערכת הגרפית הצריך מעט מאוד ידע קודם בתחום החקלאות והמזיקים – ממוצע 1.7. גם זמן ביצוע המשימה קצר יותר במערכת הגרפית עם ממוצע 1.5. כמו כן המערכת הגרפית מתאימה יותר למשתמשים ללא רקע בחקלאות. בנוסף נמצא כי משך ההדרכה הדרוש כדי ללמוד כיצד להוסיף מושגים חדשים קצר יותר במערכת הגרפית (ממוצע 20.7 דקות). גם בהשוואה למערכת ווב-פרוטז'ה נמצא כי 13 סטודנטים סה"כ (59%), בחרו במערכת הגרפית כמתאימה יותר למשתמש ללא רקע באונטולוגיות, לעומת 3 סטודנטים סך הכל (14%) שסברו שווב-פרוטז'ה מתאימה יותר למשתמש ללא רקע באונטולוגיות. נתון זה מהותי ביותר משום שהמערכת יועדה למשתמשים שאין להם רקע באונטולוגיות. המערכת הגרפית נמצאה עדיפה על ווב-פרוטז'ה גם במדדים הבאים:

1. התאמה למשתמש ללא רקע בבניית אונטולוגיות ובתחום הידע
2. זמני הדרכה ואימון הדרושים כדי ללמוד כיצד להוסיף מושגים חדשים

3. משך הלימוד הנדרש לעדכן פרטים של מושגים
4. משך הלימוד הנדרש לעדכן פרטים של קשרים
5. נוחות ואינטואיטיביות של המנשק
6. מדד חשוב מאוד נוסף שבו נמצא יתרון למערכת הגרפית על פני ווב-פרוטז'ה הוא שיעור ההצלחה בפועל ליצור אירוע: במערכת הגרפית שיעור ההצלחה היה 87% לעומת 73% בלבד בפרוטז'ה.

המשימות המאתגרות העולות מהממצאים של מערכת ווב-פרוטז'ה הן הזנת קשרים ומאפיינים של מחלקות (מתאם שלילי בין מידת שביעות הרצון הכללית ממערכת ווב-פרוטז'ה לבין משך זמן הדרכה ואימון שנדרשו על מנת ללמוד כיצד לעדכן פרטים של קשרים בווב-פרוטז'ה). הדבר דורש הבנה שלכל מאפיין יש תחום וטווח הגדרה והם המקשרים למחלקה הרצויה, כמו גם ידע מקצועי באונטולוגיות שאינן אינטואיטיביות. לכן אחד המאפיינים הבולטים לטובה והחשובים של המערכת הגרפית הוא שהיא מקלה על משתמשים לא מיומנים ליצור קשרים ע"י משיכת קווים ויזואליים בין מושגים, ומאפשרת להגדיר מאפיינים ע"י הקלקה ומילוי פרטים בטופס סטנדרטי, ללא צורך בהבנת מושגים מקצועיים באונטולוגיות.

המסקנה המתבקשת ממצאים אלו מצביעה על כך שהמערכת הגרפית מתאימה הרבה יותר מווב-פרוטז'ה למשתמשים חסרי רקע מקצועי. ממצא זה מוכיח את נחיצותה של מערכת דוגמת המערכת הגרפית שנבנתה כמערכת מוכוונת חסרי רקע באונטולוגיות ובתחום הידע.

הסטודנטים העריכו את הצלחתם במשימה ואת איכות האונטולוגיה שבנו ברמה גבוהה מאוד (4 מתוך 5 ומעלה) למרות שרמת הידע בתחום הדעת ובהנדסת אונטולוגיות אשר דיווחו עליו היה נמוך יחסית. ממצאים אלו מצביעים על התאמת המערכת הגרפית למשתמש חסר הניסיון. מתוצאות המחקר ניתן להסיק כי כפי שהוצע במתודולוגיה לעיל מעורבות המומחים בתחום הידע נדרשת באופן מבוקר ומוגבל רק בשלבים הראשונים, בכדי להכין תשתית אונטולוגית עבור המשתמשים הלא מקצועיים. רוב עבודת בניית האונטולוגיה בפועל נעשתה על ידי המשתמשים הלא מקצועיים עם ידע בסיסי בלבד בתחום האונטולוגיות (כמו מידענים בניסוי שלנו) אשר אתרו והזינו את המידע המקצועי הדרוש למערכת גרפית ובכך נחסך זמן ומאמץ רב של המומחים לתחום הידע.

החידוש המתודולוגי המשמעותי של המחקר הוא שהכלי הגרפי והמתודולוגיה המוצעת במשולב מאפשרים לצמצם את שיתוף המומחים בתהליך הבניה, מאפשרים למשתמשים לא מומחים להעשיר את האונטולוגיה בקלות, ובכך מגשרים על הפער בין ידע אונטולוגי לבין צרכנים פוטנציאליים של הידע.

## פרויקטי Bottom-up

### כריית נתוני חיישנים לחיזוי יבול חוחובה ולתכנון השקיה

ההתפתחויות האחרונות בתחומים של רשתות תקשורת סולריות ומערכות מבוססות סנסורים והתהוותו של ה'אינטרנט של הדברים' (IoT), מביאים יותר ויותר משקים בעולם ליישם חקלאות מדייקת המהווה מכלול של פעולות איסוף וניתוח נתונים, במטרה להבין את השונות בחלקה, או בין חלקות, ולהגיב לה. לכן ישנו רצון לרתום טכנולוגיות אלו לטובת הפקת מידע וידע מהנתונים הנאספים. עם זאת, נראה כי עדיין במשקים רבים אין אינטגרציה של נתונים הנאספים ממקורות שונים, דבר הפוגע ביכולת להפיק ערך מרבי מם.

הפרויקט בוצע בשיתוף עם חברת "חוחובה ישראל", מהמובילות בעולם בגידול חוחובה והפקת שמני חוחובה, וכן מהמובילות בעולם בתחום שימוש בחיישנים בשדה. לחוחובה ישראל שטח של כ- 7,000 דונם המרושת במאות

סנסורים, המודדים נתונים שונים על מצב הקרקע והצמח. אגרונום החברה משתמש בנתונים אלה על מנת להגדיר תכנית השקיה שבועית לתתי החלקות השונות. ההחלטה על כמויות ההשקיה השבועיות מתבססת גם על נתונים הנאספים מתחנה מטאורולוגית וכן על תחזית מזג האוויר. ההחלטה מתקבלת באופן 'ידני', לא על פי מודל גלוי כי אם על-פי ידע סמוי של האגרונום, אשר בוחן את מצב הצמח המשתקף בנתונים, ומגיב בהתאם למצב. בפרויקט זה פיתחנו מודל הממליץ על תכנית ההשקיה באופן אוטומטי, תוך שימוש בנתונים הנאספים ובאלגוריתמי למידת מכונה וחיזוי.

**מטרת הפרויקט:** להרחיב את השימוש בנתונים הנאספים ולהשתמש בהם לא רק לניטור, אלא גם לחיזוי ומתן המלצות השקיה, המטרה העיקרית הייתה בניית מודל המבוסס על למידה חישובית לחזוי המלצות ההשקיה של האגרונום. בנוסף הפרויקט ידגים כיצד ניתן להתמודד עם אתגרים הקשורים בניית נתוני עתק (Big data) באמצעות טכנולוגיות מחשוב ענן. תוך שילוב נתונים המגיעים ממגוון מקורות.

**אופן ביצוע הפרויקט:** הפרויקט כלל את השלבים הבאים: 1. סקר ספרות על טכנולוגית ענן בדגש על כלים לעיבוד מקבילי של נתוני עתק (Big data), אלגוריתמים לכריית נתונים, חקלאות מדייקת בכלל ובענף החיובת בפרט; 2. חקר המצב הקיים במשק – הבנת פעילות החברה ותהליכי גידול החיובת, הבנת המערכות הקיימות והנתונים הנאספים כיום והאתגרים העומדים בפני חיובת ישראל; 3. הגדרת מבנה הנתונים (Dataset) הדרוש לכל אחד מהמודלים; 4. פיתוח תשתית מבוססת ענן לאיסוף הנתונים ממגוון המקורות השונים ובניית קבצי הנתונים הנדרשים; 5. הרצת אלגוריתמי למידת מכונה ורגרסיה שונים לכריית נתונים, פיתוח המודלים הרצויים והפקת תובנות מתוך הנתונים; 6. אימות של המודלים אל מול נתונים נוספים (שלא שימשו לבניית המודלים).

**תוצאות:** המודל מבוסס על סט משתנים מסבירים מתוך נתוני החיפוש, נתוני מזג האוויר ונתונים נוספים המסבירים את שונות החלקות, וכן משתנה מוסבר – כמות ההשקיה השבועית, כפי שהוגדרה ע"י האגרונום. בהתאם למשתנים אלה נבנה סט נתונים המאחד את הנתונים מהמקורות השונים, לאחר ניקוי, טיוב וצבירת הנתונים ברזולוציה שבועית. כלל המשתנים חולקו לשלוש קבוצות: 1. משתני יובש קרקע 2. משתני חיזוי מזג אוויר 3. משתני מזג אוויר נמדד. המודלים השונים פותחו על שמונה תתי קבוצות של הנתונים (כל הקומבינציות משלוש קבוצות) השונים על מנת למצוא את אוסף הנתונים התורם ביותר לחיזוי מדויק. השוואת המודלים השונים שניסונו מצאה את מודל הרגרסיה מסוג Gradient boosted trees כטוב ביותר עם 93% דיוק וסט נתונים מלא, מודל הסיווג הטוב ביותר הוא מסוג Boosted tree classifier עם 95% דיוק על משתנים שלא כוללים את קבוצת נתוני יובש הקרקע. המודלים השונים כשלו בחיזוי כמות ההשקיה בתקופת ההצמאה לפני קטיף הפרי.

בפרויקט הראינו כי שימוש בטכנולוגיות האינטרנט של הדברים, בשילוב עם טכניקות של כריית נתונים ולמידה חישובית יכולים להפיק מידע רב ערך לחקלאי ואולי אף לסייע באוטומציה של תהליכי קבלת החלטות. הפרויקט מדגים כי ניתן לנצל חקלאות מדייקת לא רק לטובת שליטה ובקרה, כי אם גם לצורכי חיזוי והמלצה. מעבר להמלצות השקיה, ניתן להשתמש בכלי למידה חישובית גם לחיזוי יבול. בפרויקט פיתחנו תכנית מחקר עתידית לחיזוי יבול, אולם יישומה מותנה בכך שיאספו מספיק נתונים, ברזולוציה מתאימה, על כמויות יבול.

פרטים מלאים הכוללים את כלל המודלים שנבדקו אפשר למצוא במאמר של ענת גולדשטיין וחבריה (Goldstein et al. 2017)

## מערכת מידע מבוססת ענן לדיווח על פגעים בחקלאות

**רקע:** קיים מגוון רב של פגעים היכולים לגרום נזק ליבול חקלאי או לצמחי נוי, הכולל מזיקים כגון, חרקים, זוחלים, יונקים ועופות וכן מחלות צמחים כגון, חילדון, ריקבון ועוד. על מנת למגר פגע באופן יעיל, נדרש לאסוף נתונים רבים אודות תפוצתו והיקף הנזק לו הוא גורם ברמה הארצית. כדי לאסוף נתונים בסדר גודל כזה, צריכים החקלאים להשקיע זמן, מרץ וכסף רב. כיום שיטת איסוף הנתונים בקרב חקלאים בארץ אודות פגעים בחקלאות מסורבלת ולא יעילה. איסוף הנתונים מתבצע באופן שונה עבור פגעים שונים, כאשר פעמים רבות נתונים על תצפיות פגעים מוכנסים לקבצי אקסל רבים. הבעיה העיקרית בדרך איסוף התצפיות כיום, היא שהמערכות הקיימות לצורך כך מיועדות לחקלאים או למומחים בתחום החקלאות ונכון לעל פיתוח הפרויקט לא הייתה בנמצא מערכת הפונה להמון, כלומר מותאמת לדיווחים שיגיעו מאנשים שאינם חקלאים או מומחים. הבעייתיות בכך היא איבוד דיווחים רבים מאנשים פרטיים, שיכולים היו להועיל לזיהוי התפשטות של תופעות ולגילוי פגעים במקומות שונים ולשפר את תהליך הטיפול בפגעים.

**מטרת הפרויקט:** לפתח אבטיפוס למערכת המשתמשת במיקור המונים על מנת לאסוף מידע על פגעים בחקלאות.

המערכת כוללת יישומן לטלפון חכם, האוספת דיווחים מהציבור הרחב על פגעי חקלאות. המערכת שומרת את הדיווחים בבסיס נתונים ענני המאגד את כל דיווחי הציבור במקום אחד. מנהל המערכת מזין פגעים חדשים שנתגלו למערכת והציבור יוכל לדווח על תצפיות של פגעים אלו. התצפיות הנשמרות בבסיס הנתונים מוצגות באמצעות כלי ויזואלי מבוסס מפה, המאפשר ניתוח של תפוצת הפגעים והיקפם על פי פילוחים שונים.

**תוצאות:** המערכת שפותחה כוללת שני מרכיבים: הראשון הוא יישום מובייל למערכת הפעלה מסוג אנדרואיד התומכת בשלושה סוגי משתמשים - משתמש פרטי, עבורו משמשת המערכת לדיווח על פגע נצפה, וכן לצפייה בדיווחים על גבי מפה על פי סינונים שונים. הצגה כזו מאפשרת לראות פריסה גיאוגרפית של תופעות שונות. מפקח דיווחים, עבורו מאפשרת המערכת, בנוסף ליכולות המשתמש הפרטי, לאשר או לדחות דיווחים. פעולה זו נועדה לשמירה על איכות הנתונים במערכת. מנהל, עבורו מאפשרת המערכת, מעבר ליכולות המשתמש הפרטי ומפקח הדיווחים, ניהול של מאגר הפגעים והצמחים הקיימים במערכת. המרכיב השני של המערכת הוא יישום web, המהווה טכנולוגיה משלימה ליישום המובייל. יישום ה-web פותח בכדי לאפשר למשתמשים שימוש נוח יותר בחלקים בהם רכיבי המחשב הנייד/הנייח מקלים על השימוש, וכן בכדי לאפשר דיווח עבור מי שאין ברשותו טלפון חכם עם מערכת הפעלה של אנדרואיד. עבור שלושת סוגי המשתמשים משמש יישום המרשתת לצפייה נוחה בדיווחים על צג מחשב גדול. עבור מנהל המערכת, צפייה נוחה בדיווחים מקבלת משנה חשיבות עקב הצורך לזהות מגמות בהתפשטות של פגעים. בנוסף, יישום ה-web משמש את המנהל להוספת פגעים וצמחים חדשים למאגר המערכת, פעולה הנוחה יותר לביצוע ממחשב בעל מקלדת מאשר מטלפון חכם. משתמש פרטי יכול לדווח גם מיישום ה-web. כל הפונקציות הקיימות באתר האינטרנט קיימות גם ביישום המובייל, זאת בכדי לאפשר גמישות למשתמש ולמנהל להשתמש בכל פונקציות המערכת מכל מקום. המערכת מאחסנת את הנתונים משני מרכיביה בבסיס נתונים מבוסס טכנולוגיית ענן על בסיס תשתית של Parse.

הטמעה ראשונית של המערכת בוצעה בקרב עשרה משתמשים בשיתוף מנהל המערכת ממכון וולקני. בתוך תקופה של שבועיים נרשמו 15 דיווחים. המשתמשים, אלה ששימשו כמדווחים ומנהל המערכת, הביעו שביעות רצון מהמערכת והעידו כי היא ממלאת צורך שלא היה לו פתרון ראוי קודם.

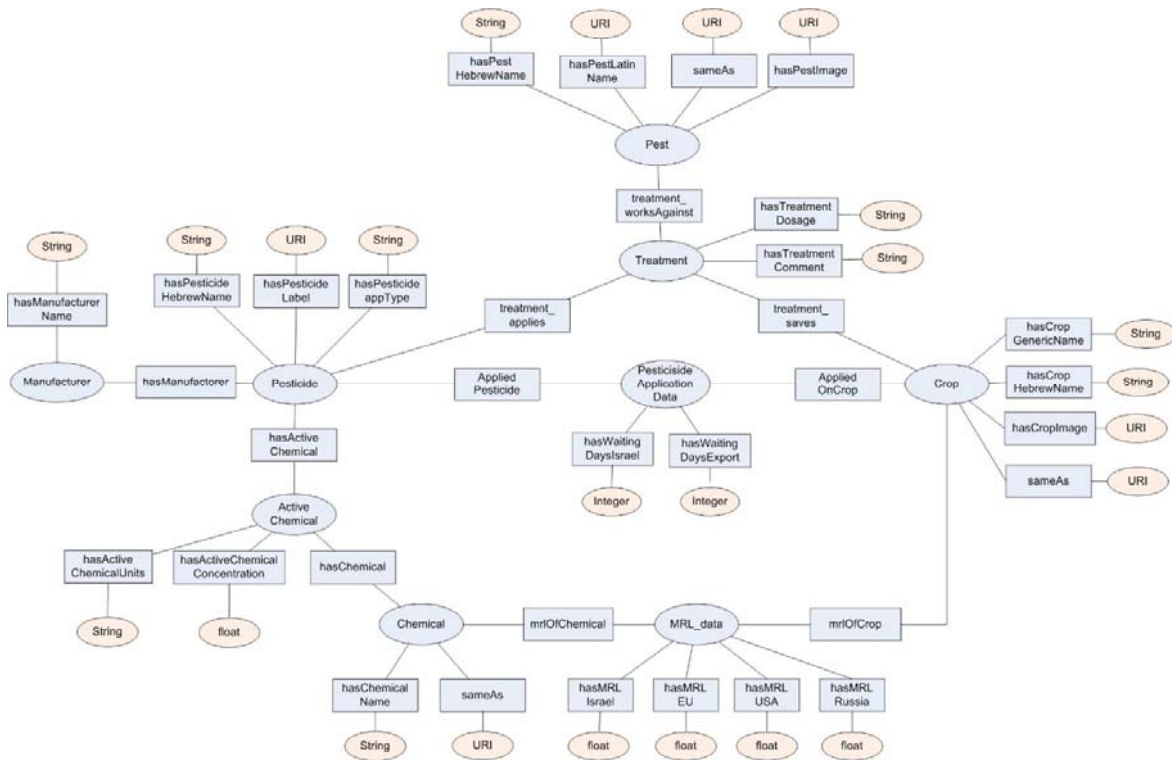


## מערכת מבוססת-אונטולוגיות לתמיכה בקבלת החלטות הדברה

**מטרה:** אפיון ופיתוח מערכת לתמיכה בקבלת החלטות בתחום ההדברה. המערכת פותחה כשירות רשת שיציג את נתוני השארית המותרת של חומרי הדברה לפי מקורות נתונים שונים ונתונים נוספים לגבי הפגעים ותכשירי ההדברה. כדי לשלב מידע ממקורות שונים בעלי פורמט שונה בוצע שימוש באונטולוגיה (ראה פרויקטי מעלה מטה), שמסייעת לארגן ולהגדיר את המושגים והקשרים בתחום ולאגדם תחת פורמט אחד אחיד ויצירת בסיס ידע משותף.

**תוצאות:** האונטולוגיה שנבנתה יוצרת קשרים בין מגוון רחב של נתונים ממקורות מידע שונים הקשורים עם תכשירי הדברה לטיפול בפגע נתון בגידול מסוים. הנתונים העיקריים כוללים את המינון הנדרש ונתוני התווית (מאגר משרד החקלאות), נתוני השארית המותרת של חומרי הדברה (בסיסי נתונים של האיחוד האירופי, ארה"ב ומאגר משרד החקלאות), מספר ימי המתנה לקטיף בארץ ובחו"ל (מאגר משרד החקלאות ומעבדת יתרולאב). בנוסף, מאפשרת האונטולוגיה גישה לתכונות נוספות הקשורות לתכשירים ולפגעים (למשל, תמונות הפגע ומידע נוסף) מתוך אונטולוגיות קיימות כגון Agrovoc או DbPedia. המערכת האינטרנטית פותחה בשפות: HTML5, PHP ו-CSS. בנוסף, בכדי לשלוף נתונים מהאונטולוגיות נעשה שימוש בשפת השאילתות SPARQL.

מיפוי הקשרים בין המושגים השונים (איור 2) מצביע על מרכבות המערכת.



איור 2 מיפוי המחלקות והקשרים ביניהן

localhost:1234/Final%20Project-%20Pestcontrol/2\_pestcontrolUpdated

### אפשרויות לתכשירי הדברה עבור פלפל זחלי פרודניה

הערות	תווית	שם גנרי	כמות	MRL- USA	MRL- EU	MRL- IL	ימי המתנה יצוא	ימי המתנה בארץ	ימי המתנה	תכשיר הדברה
	תווית החומר	sodium fluosilicate	1.5-2 קג/דונם	-	-	-	3	0	515	ספסן
לא לארה"ב.	תווית החומר	emamectin benzoate	10 סמק/דונם	-	0.02	0.01	3	3	3	דנים
לא לסקו	תווית החומר	flubendiamide	15 סמק/דונם	0.6	0.2	0.1	3	3	3	טאקומי
	תווית החומר	fenpropathrin	150-200 סמק/דונם	1.0	0.01	1.0	-	3	3	סמש
לא לאירופה	תווית החומר	esfenvalerate	100-150 סמק/דונם	0.5	0.05	0.5	10	10	10	מוסטנג
	תווית החומר	deltamethrin	100-50 סמק/דונם	0.3	0.2	0.2	-	14	14	דסיס
	תווית החומר	cypermethrin	50 סמק/דונם	-	0.5	0.5	-	14	14	טיטאן 20
לא לארה"ב.	תווית החומר	teflubenzuron	50 סמק/דונם	-	1.5	0.5	14	14	14	מוליט
	תווית החומר	cypermethrin	30-50 סמק/דונם	-	0.5	0.5	-	14	14	סיפרין 20
לא לארה"ב.	תווית החומר	teflubenzuron	50 סמק/דונם	-	1.5	0.5	14	14	14	שונית

**חזור**

איור 3 פלט של מערכת תומכת החלטה לבחירת חומר הדברה מבוססת מידע מהאונטולוגיה

בפרויקט הראינו כי הקמת מערכת מבוססת אונטולוגיה המשלבת ומקשרת בין בסיסי נתונים שונים מספקת פתרון זמין וקל לתפעול אשר מייעל את תהליך קבלת ההחלטות של החקלאי. בחינת תרומת המערכת בוצעה באמצעות השוואת זמני תהליך חיפוש המידע באמצעות המערכת ובלעדיה (מצב קיים). התוצאות מצביעות על קיצור משמעותי ומובהק (של כ-15%) בזמני החיפוש.

#### מערכת בינה עסקית (BI) בענן לניתוח ביצועי משק חקלאי

**מטרה:** פיתוח מערכת מבוססת-ענן לניתוח ותחקור ביצועי משק חקלאי על תשתית נתוני מערכת "מעייין". המערכת מאפשרת הצגת נתונים בצורה גרפית (שעונים גרפיים, תרשימים) וביצוע ניתוחים לפי פרמטרים נבחרים ברמות שונות. בנוסף, מאפשרת המערכת ניתוחים והשוואות מול נתוני התחשיבים של משרד החקלאות.

**תוצאות:** מערכת בינה עסקית פותחה בתוכנת Tableau Online המציעה פתרון בינה עסקית בטכנולוגיית מחשוב ענן במודל תכנה כשירות (SaaS). הוקם מחסן נתונים המשלב בין נתונים משלושה מקורות שונים: מערכת ניהול המשק (מעייין), קבצי תחשיבי השקעות בחקלאות המופקים ע"י אגף היצור במשרד החקלאות ופיתוח הכפר וקישור לנתוני מזג אוויר המעודכנים באופן רציף בזמן אמת. היכולות העיקריות של המערכת כוללות יכולות תחקור נתונים אינטראקטיביות, הצגה גרפית של נתונים (שעונים, תרשימים) ויכולות השוואה בין חלקים שונים במשק לפי פרמטרים רצויים. בנוסף, המערכת מאפשרת לחקלאי להשוות את ביצועיו לביצועים המחושבים בענף באמצעות שליפת נתונים מקבצי תחשיבי ההשקעות. יכולת נוספת של המערכת מבוססת על שילוב של נתוני מזג אוויר המתעדכנים באופן רציף בזמן אמת, ומקנה תמיכה בקבלת החלטות על פי נתוני מזג אוויר. בפרויקט זה הדגמנו כי פיתוח יישומון בינה עסקית במודל תכנה כשירות (SaaS) תומך ביצירת יכולת גישה מכל מקום לתצוגה וניתוח רב ממדי של נתונים ממקורות שונים. בנוסף, התשלום על התכנה בענן הוא בהתאם לשימוש בפועל, מאפשרת גם לחקלאים במשקים קטנים לנהל את תהליכי המשק בצורה מתקדמת.

המערכת הוטמעה במשק חקלאי. המשתמשים הביעו שביעות רצון מהמערכת והעידו כי יש לה תרומה משמעותית ביכולת לגשת לנתונים ולנתחם בצורה נוחה ולהשיג תובנות בעלות ערך עסקי רב.

## מערכת מידע מבוססת ענן לאיסוף נתוני זבוב הים התיכון

**רקע:** גורמים שונים מחזיקים מידע על תפוצת זבוב הים התיכון. ביניהם מנהל המחקר החקלאי (המכון הוולקני) והמכון להדברה ביולוגית ע"ש ישראל כהן של מועצת הצמחים - אגף ההדרים. המכון להדברה ביולוגית אחראי בין השאר על ביצוע הדברות למזיקי פירות ההדר. בין הראשיים שבמזיקים אלו נמצא זבוב הפירות הים תיכוני. זבוב הפירות הים תיכוני גורם לנזקים רבים לחקלאות בישראל. אחד האמצעים העיקריים להתמודדות עם הזבוב הינו ריסוס, אשר השאיפה היא להמעיט בו ככל הניתן, עקב הנזקים שהריסוס גורם. המערכת מיועדת לסייע בהקטנת כמות הריסוסים המבוצעים כנגד הזבוב, כמו גם איסוף מידע אשר יאפשר לפתח בעתיד שיטות מתקדמות להתמודדות אתו. מערכת המידע מקבלת נתונים על לכידות זבובים באופן אוטומטי ממלכודות המוצבות בשטח, אותם היא מצליבה עם נתוני מזג אוויר ומציגה על פני מפה גיאוגרפית. המערכת מבוססת Web ותומכת גם בהזנת נתונים ידנית.

המערכת קולטת מידע ממלכודות זבובים שונות המוצבות בשטח, חלקן ידניות וחלקן אוטומטיות מושכת נתוני מזג אוויר רלוונטיים ומציגה את המידע הנ"ל באתר האינטרנט, כך שלאוכלוסיית החקלאים בארץ יהיה את המידע הרלוונטי להם על מיקומי והתפשטות הזבוב. בנוסף, המערכת תומכת באיסוף ואחזור נתוני לכידות, כך שחוקרי מנהל המחקר החקלאי יוכלו לבצע מחקרים עתידיים על בסיס נתונים אלו.

## מערכת מבוססת ענן לניהול מכוורת

**רקע:** במכון וולקני פועלת מכוורת אשר מטרתה העיקרית חקר דבורים בנושאים מגוונים, בין היתר בצמצום התמותה והתחלואה של דבורים, השבחת זן הדבורים והגדלת תפוקות הדבש של הכוורות. כיום אין מערכת מידע התומכת בצורה מקיפה בכל פעולות המכוורת, מתחזוקת הכוורות ועד לניהול נתונים לטובת מחקרים המתבצעים בה. המחקרים בוחנים היבטים רבים במכוורת בין השאר השפעת היגיינת הדבורים על איכות ויצרניות הכוורות ומחקרים העוסקים בבעיית היעלמות הדבורים. הנתונים נאספים בצורה ידנית, וחלקם נשמרים במערכת שאינה הולמת את צרכי המכוורת, מה שגורם לאיבוד נתונים ושימוש לא מיטבי בהם.

**מטרת הפרויקט:** פיתוח מערכת מידע מבוססת שירותי ענן, אשר תתמוך בתהליכים ובמחקרים המתבצעים במכוורת ע"י בעלי העניין השונים. מערכת זו תוכל לשמש בעתיד לא רק את המכוורת במכון וולקני אלא גם מכוורות אחרות, כאשר שיתוף נתונים שיאספו במכוורות יאפשר לבצע מחקרים על דבורים בצורה נרחבת ולהתבסס על יותר נתונים. **תוצאות:** פותחה מערכת Web הניתנת כשירות ענן (SaaS), מעל תשתית שירותי ענן של אמזון (AWS). המערכת מאפשרת להגדיר את מבנה המכוורת ולשמור נתונים על מכוורת, אתר, קבוצה וכוורת. המערכת מאפשרת לתעד ביצוע טיפולים שונים לכוורות ולקבוצות, לנהל את יבול הדבש, לנהל משתמשים וכן לבצע תיעוד של הקשרים הגנטיים בין כוורות ודבורים לצרכי המחקר שמתבצע במכון. המערכת מאפשרת להפיק דו"חות מסכמים על הפעילות במכוורת. מבחינה ראשונית של המערכת מול המשתמשים עלה כי המערכת משפרת באופן משמעותי את המצב הקיים במכון, ומאפשרת ביצוע של פונקציות רבות אשר לא נתמכו באמצעות המערכת הקודמת.

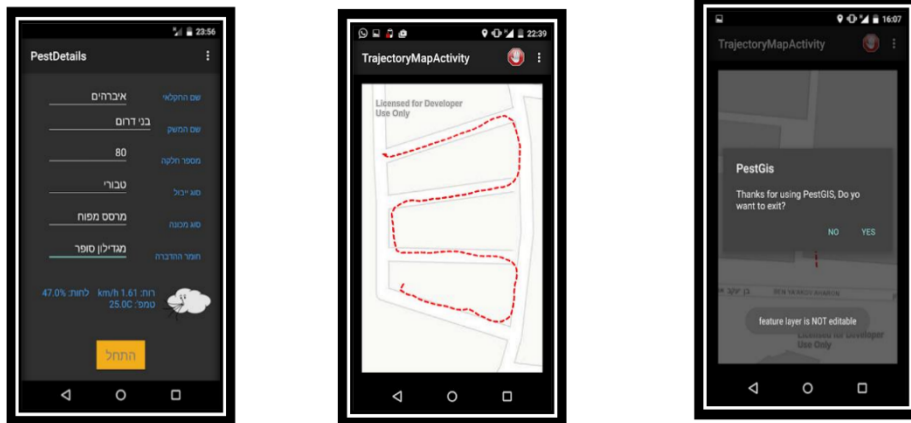
## מערכת לדיווח ומעקב אחר ריסוסים

**רקע:** ניהול נכון ומדויק של הריסוסים חשוב להצלחת הגידול החקלאי. חשיבות זו מתעצמת מכיוון שקיימות דרישות שונות ליישום בין חלקות, תוצאות הריסוס מתגלות לאחר פרק זמן משמעותי, הרעילות של חומרי הריסוס השונים משפיעה לטווחי זמן ארוכים ומשתנים, ולאחרונה הצרכנים דורשים, בצורה גוברת, עקיבות על מועדי וסוגי הריסוס

שהיו בשימוש. השוני בריסוס בין חלקות ניתן למימוש באמצעות גישת החקלאות המדייקת. גישה זו מתבססת על מערכות מידע גיאוגרפיות (GIS), מערכות לזיהוי מיקום (GPS), חישה מרחוק (ע"י צילומי אוויר ולווין) ומערכות בקרה חקלאית.

**מטרת הפרויקט:** בפרויקט זה יפותח אבטיפוס ליישומן לטלפון חכם לניהול נתוני ביצוע ריסוסים

**תוצאות:** פותח יישומן המקליט את תנועת הרסס בשדה בעת הריסוס יחד עם שמירת נתוני הריסוס (שעה, חומר, מין, וכד'). היישומן שפותח נבחן ע"י רסס בשטח במספר ריסוסים ומצביע על עמידה במטרות. לדברי הרסס, הוא שיפר את המצב הקיים החל מאותו שימוש בו זיהה דילוג על חלקה וכן מעבר כפול בחלקה אחרת. היישומן מעדכן את הענן החקלאי של משק במערכת המידע הגאוגרפי בענן כשכבת מידע נוספת. בעתיד ניתן להשתמש בנתונים אלו לניתוחים סטטיסטיים ולקבלת החלטות טובה יותר.



איור 4 מסכי יישומן לדיווח ומעקב אחרי ריסוסים

### מערכת לאיגום מידע על כלים חקלאיים

**רקע:** פרויקט זה פיתח מערכת מידע מבוססת WEB למיכון חקלאי בליווי מנהל המחקר החקלאי, שירות ההדרכה והמקצוע במשרד החקלאות וארגון עובדי הפלחה. גופים אלו הינם הלקוחות וספקי המידע העיקריים של המערכת. כיום מרבית מהפעולות החקלאיות מתבצעות באמצעות מכונות חקלאיות, שמטרתן לייעל תהליכים ולהגדיל את התפוקה תוך שמירה על איכות התוצרת. על כן, תהליך בחירת המכונה חשוב ביותר. בעת בחירת המכונה נדרש החקלאי לאסוף מידע רב אודות מאפייני המכונה מספקי מידע שונים. לספקי המידע בתחום מידע רב הנשמר בפלטפורמות שונות ועל כן ישנו קושי בחיפוש המידע ובסיפוקו באופן מקיף. בבסיס הפרויקט עמד הצורך לאפשר לספקי המידע ולחקלאים גישה נוחה ופשוטה למערכת שתנהל את כל המידע הנדרש אודות המיכון החקלאי.

**תוצאות:** הקמת בסיס הנתונים בתוכנת MySQL ובניית מערכת המידע האינטרנטית בעזרת PHP ו-HTML. המערכת זמינה לשימוש ב- <http://agrimachine.agri.gov.il> הפעילות הנוכחית היא הזנת נתוני מכונות למערכת על ידי האגף למיכון בשירות ההדרכה והמקצוע במשרד החקלאות.

## שירות ענן לדיווח ומעקב של התפשטות חדקונית הדקל

**רקע:** חדקונית הדקל האדומה, חרק פולש המסב נזק רב לעצי דקל, עד כדי קריסת העץ, ונזק כלכלי רב למגדלי התמרים. ישנם מספר גופים אשר חוקרים את התפשטות התופעה, אך הם פועלים בנפרד ומתחזקים מאגרי נתונים נפרדים, השונים במהותם, באופן איסופם ומתמקדים באזורים גאוגרפים שונים. כתוצאה מכך תרומתם של מאגרי הנתונים למיגור התופעה מוגבלת.

**מטרת הפרויקט:** שיתוף המידע הנאסף ע"י הגופים השונים, יצירת בסיס נתונים אחוד ופיתוח יכולות לניתוח אפקטיבי של נתונים אלה לטובת מניעת התפשטות החרק בארץ.

**תוצאות:** התוצר הסופי של הפרויקט הינו בסיס נתונים אחוד, הנמצא על שרת של חברת Amazon ואשר מתעדכן בהתאם לפעילות השוטפת במערכות הקיימות בשטח באופן רציף ואוטומטי וללא התערבות הגופים. כמו כן, לגופים קיימת גישה מרחוק לבסיס הנתונים ויכולת ניתוח מבוססת מפה של הנתונים ללא צורך בהתקנת המערכת באופן פיזי. ראיונות ראשונים עם משתמשים מובילים העידו על שביעות רצון של המשתמשים מהשירות שפותח. מעבר לפיתוח המערכת הספציפית לאיחוד וניתוח נתונים על התפשטות החדקונית, פותחה בפרויקט גישה כללית לאינטגרציה של נתונים חקלאיים מבוזרים וניתוח שלהם על גבי מפה.

## יישום מבוסס ענן של מערכת לניהול משק חקלאי

**רקע:** לאחרונה ניכרת מגמת גידול בשימוש בפתרונות מחשוב ענן המציעים יתרונות כגון גמישות, יכולת גידול, תשלום לפי שימוש ועלויות אחזקה ותפעול מופחתות. שחקנים גדולים בתחום מחשוב הענן (כגון, אמזון, גוגל, מיקרוסופט ו-IBM) מציעים כיום מגוון שירותי מחשוב המבוססים על שירותי תשתית (IaaS) ושירותי סביבת פיתוח (PaaS) בענן. במקביל, קיימת מגמה מתחזקת של ספקי תוכנה להציע את מוצריהם כשירותי תוכנה מבוססי ענן (Marston et al., 2011) (SaaS). מגמה זו ניכרת גם בתחומי מערכות מידע לניהול משק (Farm Management Information Systems) שהותקנו באופן מסורתי על שרת מקומי במשק. כיום מציעים ספקים רבים תוכנה זו כשירות בענן (SaaS). במקביל קיימת יכולת להתקין מערכת שנרכשה על תשתיות הענן (IaaS). עם זאת קיימים ממצאים מועטים לגבי ההשלכות היישומיות והכלכליות של חלופות הענן של מערכות לניהול משק חקלאי ביחס למודל המסורתי.

**מטרת הפרויקט:** אפיון ויישום מערכת מבוססת-ענן לניהול משק שתתמוך בפונקציונליות המקובלת של ניהול התשומות החקלאיות, תכנון ותזמון גידולים בחלקות וניהול עובדים. בנוסף, במטרה לבחון את גמישות הפיתוח במערכת מבוססת-ענן תבוצע הרחבה של יכולות המערכת באמצעות פיתוח דוחות משלימים בהתאם לצרכי המשק. **תוצאות:** מהשוואת עלות בעלות כוללת (TCO) של שלוש החלופות עולה כי חלופת "תכנה כשירות" (SaaS) נמוכה ביחס לעלויות יישום על שרת מקומי או על שרת בענן (IaaS), בטווח הקצר ובטווח הארוך. בהשוואה זו שוקללו עלויות השקעה ראשונית, עלויות שנתיות ועלויות תפעול עבור כל אחת מהחלופות. המערכת הוטמעה במשק באופן הדרגתי (בשלב א: נתוני זריעה/שתילה, דישון, השקיה וריסוס ובשלב ב': מודולי ניהול מלאי ואחזקה). בנוסף פותחו דוחות משלימים (תכנון פעילויות שתילה, זריעה וקטיף לפי תחזיות, דוח ימי גידול וקטיף מחושבים). היישום הצביע על גמישות מוגבלת בהתאמת מערכת מבוססת-ענן לצרכים. המגבלה העיקרית נבעה מחוסר יכולת לגשת לבסיס הנתונים של מערכת ה-SaaS ולהתאים את הדוחות לצרכי המשק. בנוסף, נדרש שדרוג משמעותי בתשתית

האינטרנט במשק לצורך עבודה עם מערכת בענן. מומלץ לבחון היבטים אלו ביישום עתידי של מערכות לניהול משק מבוססות-ענן.

## **מעקב אחרי יוזמה מסחרית ליישום שירות ענן לניטור אזורי של ריסוסים ומזיקים**

### **רקע**

מיפוי אזורי של מזיקים מתקיים בישראל החל משנת 2005. מאז, פותחו ונבחנו מספר פרויקטים בהובלת מנהל המחקר החקלאי (לדוגמה: המב"ע), השירותים להגנת הצומח (לדוגמה: חידקונית הדקל, ומזיקי הסגר), המכון להדברה ביולוגית (מערכת לניטור זבוב הים התיכון בהדרים) וחברות פרטיות (לדוגמה: Scan task – זבוב הים התיכון, ואגם – ניטור מזיקי ג"ש, ועשבים עמידים). בכל המקרים, נתגלו קשיים בגיוס החקלאים, לאיסוף המידע התדיר, ואף למימון הפרויקטים. החל משנת 2015, אנו עדים לפעילות של חברות הזנק, הממומנות בכספי משקיעים שאינם מתחום החקלאות ומפתחות שירותי ניטור מזיקים (לדוגמה: Filed-in, ו-Teranis). במקביל לפעילות זו, מציעים יצרני תוכנות הניהול השונות יישומים לניטור מזיקים כחלק מאיסוף הנתונים הארגוני (לדוגמה: AKOL, שדות יועצים, גש"מ), ולעתים כחלק מתקני שיווק ויצוא.

בדו"ח זה העדפנו שלא לחשוף את שם החברה המעורבת, והיא כונתה להלן חברה א'.

### **מצב קיים**

בשנת 2014, השיקה חברה א' יישומן לאיסוף נתוני ריסוס בגידולי שדה, בשיתוף ועדת המגדלים וגורמים מקצועיים נוספים. באיסוף הנתונים השתתפו כ-25 משקים, המדווחים היו פקחי מזיקים ומנהלי הגד"שים, היישומן, המבוסס על מוצרי התוכנה מבית ESRI, מאפשרת להזין את נתוני הריסוסים על פי סוג המזיק, רמת הנגיעות וסוג חומר הריסוס על מפה מהמחשב הנייח או מהשטח באמצעות מכשיר הנייד ואיכון GPS. הנתונים המתקבלים מכל המשקים מאפשרים לקבל תמונת מצב על המזיקים במרחב תוך כדי העונה, לפי רמת נגיעות וזמן. המערכת השיתופית, מאפשרת למשתמשים שכוללים חקלאים, פקחי מזיקים, מדריכים וחוקרים לצפות בנתונים במרחב בזמן אמת, ולקבל החלטות ממשק בהתאם. בסוף העונה התקבלה תמונת מצב מקיפה על כמות הריסוסים במשקי הדרום ובהתאם לכך על מזיקי הכותנה והדינימיקה שלהם בזמן ובמרחב.

האתגר העיקרי ביישום ממשק עבודה זה, היה ביצירת שיתוף הפעולה של החקלאים, שכן מערכות ה-GIS והענן הקיימות היום מאפשרות יצירה של יישומן ניטור כזה בפשטות יחסית, אך השימוש למי שאינו מורגל בכך, מורכב יותר. בהתאם לכך, ניכר, כי יש חשיבות רבה להטמעה ראשונית של המערכת. לקראת תחילת עונת גידול הכותנה, התקיים יום הדרכה ממוקד לשימוש ביישומן. במהלך יום זה הוסברו בפירוט רב, אופן השימוש ביישומן על גבי מכשירים ניידים ובמחשב הנייח וכן פרטי היישומן, הנתונים הדרושים וכיו"ב.

מעבר לכך, נשלח מדריך ויזואלי לשימוש, והיה גם קישור אליו מהיישומן. אך לא פחות מכך, הייתה חשיבות רבה לליווי ותמיכה בשימוש ביישומן תוך כדי העונה, הן למגדלים ולפקחים והן לרמות הגבוהות יותר של הפיקוח (מועצת הכותנה) והחוקרים המשתתפים בפרויקט. עידוד נוסף שיצר את שיתוף הפעולה היה הפקת מידע מעשי ואפליקטיבי תוך כדי העונה. בנוסף ליישומן הדיווחים, סופקה גם מפה מקוונת להצגת התוצרים – כל דיווח שהתקבל, עודכנה בזמן אמת גם במפת צפייה, שהציגה את הנתונים לפי מזיק ורמת נגיעות על ציר הזמן.

בשנת 2015, לאור תלונות על קשיים בשימוש באפליקציית איסוף הנתונים של ESRI, הוחלט לעבור לאיסוף נתונים ידני שתוצאותיו רוכזו ע"י המשתמשים בגיליון אקסל (נתוני חלקה ומזיק). קבצי האקסל נשלחו בתדירות שבועית לחברה א' שהעלתה את הנתונים ל-ARCGIS Online.

טבלה 1 מפרטת את הפעילויות העיקריות שמבצע המשתמש לאורך תהליך השימוש בהתאם לשלושת השלבים הבאים: איסוף הנתונים, עיבוד הנתונים ופרסומם.  
 טבלה 1 פעילויות עיקריות בתהליך ניטור ריסוסים

שלב	פעילויות
איסוף הנתונים (ע"י המשתמש)	שלב א' (2014): יישומן איסוף הנתונים של ESRI שלב ב' (2015-2016): איסוף נתונים ידני, הקלדה שבועית של משתמשים לאקסל
עיבוד הנתונים ופרסומם לכלל המשתמשים (ע"י ספק השירות)	שלב ג' קליטת קבצי האקסל והעלאת הנתונים ל- ARCGIS Online בתדירות שבועית

## רקע

הרקע התיאורטי לפרויקט זה מבוסס על תיאוריות לאימוץ טכנולוגיית מידע (IT adoption models) במחקר מערכות מידע. תיאוריות אלו מציעות מודלים שמטרתם להסביר את הגורמים לאימוץ וקבלה של טכנולוגיות חדשות ע"י משתמשים. על בסיס מודלים אלו פיתחנו מסגרת תיאורטית לבחינת היבטי ישימות של שירות ענן לניטור ריסוסים. אחת התיאוריות המקובלות בנושא אימוץ ושימוש בטכנולוגיית מידע היא תיאוריית TAM (Technology Acceptance Model) (Davis, 1989). לפי תיאוריית ה-TAM, קיימים שני גורמים עיקריים המשפיעים על החלטתם של משתמשים מתי לאמץ טכנולוגיה חדשה ובאיזה אופן להשתמש בה: שימושיות נתפסת וקלות שימוש נתפסת. שימושיות נתפסת (perceived usefulness) הינה המידה שבה המשתמש מאמין כי המערכת תתרום לשיפור בביצועיו. קלות שימוש נתפסת (perceived ease of use) הינה המידה שבה המשתמש מאמין כי השימוש במערכת לא ידרוש ממנו מאמץ משמעותי. מודל ה-TAM שימש כבסיס למחקרים רבים שבחנו החלטות אימוץ ושימוש של סוגים שונים של טכנולוגיות מידע, ולאורך השנים הוצעו לו הרחבות ועדכונים. אחת התיאוריות ששילבה בין מרכיבי מודל ה-TAM ומספר מודלים נוספים היא תיאוריית UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) (Venkatesh et al., 2003) ששימשה לבחינת גורמי השימוש של מגוון טכנולוגיות מידע. לפי תיאוריית ה-UTAUT האימוץ והשימוש של טכנולוגיית מידע מושפעים מארבעה גורמים עיקריים: ציפיות ביצועים (performance expectancy) משקפות את הציפיות לתועלות הקשורות עם שימוש בטכנולוגיית המידע. ציפיות מאמץ (effort expectancy) משקפות את מידת המאמץ הנדרשת לשימוש יעיל בטכנולוגיית המידע. השפעה חברתית (social influence) משקפת את המשמעויות החברתיות-מקצועיות של השימוש בטכנולוגיה עבור המשתמש. תנאים מקלים (facilitating conditions) משקפים את מנגנוני התמיכה הקיימים וזמינים למשתמש בעת השימוש בטכנולוגיה. על פי המחקר המתואר בפרויקטי מעלה-מטה הגורמים השייכים למשתנה "ציפיות לביצועים" ו"השפעה חברתית" הם המשפיעים ביותר על אימוץ של המערכות הקלאסיות. לעומת זאת במערכות האינטרנט של הדברים הגורמים הימצאותם של גורמים מקלים והמאמץ הנתפס בישומם ישפיעו בצורה הניכרת ביותר.

הפרויקט בוצע באמצעות ראיונות מובנים עם בעלי עניין המייצגים מגוון של נקודות מבט של שימוש בשירות הענן. בעלי עניין כללו ספקי שירות ענן, פקחים ומגדלים במגוון של תפקידים, ביניהם מנהל ועדת המגדלים, פקחים ברמה הארצית והאזורית ומגדלים. סדרה של שבעה ראיונות בוצעה בתקופה שבין אוקטובר 2016 לינואר 2017.

לצורך הבניית הראיונות, הגדרנו מסגרת תיאורטית לבחינת היבטי השימוש של שימוש בשירות ענן לניטור ריסוסים, שאפשרה לנו לבחון באופן מקיף היבטים הקשורים עם השימוש בשירות הענן. ההיבטים שנכללו במסגרת מבוססים על הגורמים שתוארו במודל (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003), והותאמו לאופי שירות הענן לניטור ריסוסים.

בפרט, הגדרנו את ארבעת היבטים הבאים: תועלת משימוש בשירות הענן, מידת המאמץ הנדרשת משימוש בשירות הענן, היבטים חברתיים בשימוש בשירות הענן ומנגנוני תמיכה והדרכה של ספק שירות הענן. עבור כל אחד מהיבטים אלו נוסחו נושאי משנה. בחלק מהנושאים, בוצעה אבחנה בין שלבי איסוף הנתונים, עיבוד הנתונים ופרסומם. טבלה 2 מפרטת דוגמאות עיקריות של שאלות המשנה.

טבלה 2 מסגרת לבחינת היבטי ישימות של שירות ענן לניטור ריסוסים

נושאי משנה	היבט
מה התועלת מקיומו של בסיס נתונים מרחבי בו מרוכזים נתוני ריסוסים ורמת נגיעות? מה התועלת הקשורה עם התובנות המתקבלות מניתוח הנתונים? האם יש תועלת כלכלית כתוצאה משימוש בשירות הענן?	תועלת משימוש בשירות הענן
אילו קשיים טכנולוגיים קיימים בתהליך איסוף הנתונים? האם נוח לצפות בנתוני המערכת? האם קל לעשות שימוש בתובנות המתקבלות מצפייה בנתונים?	מידת המאמץ הנדרשת משימוש יעיל בשירות הענן
האם השימוש בשירות קשור עם תדמית מקצוענית ומוניטין? מהם החששות הקשורים עם שיתוף נתונים מרחביים של רמות ריסוס בענן?	היבטים חברתיים בשימוש בשירות הענן
זמינות של ספק השרות למענה על תקלות האם קיים מנגנון להעברת משוב וטיפול בבקשות להתאמת השירות?	מנגנוני תמיכה והדרכה של ספק שירות הענן

#### ריכוז ממצאים מהראיונות

להלן ריכוז הממצאים העיקריים שעלו בראיונות, בהתאם לארבעת היבטי הישימות שנבחנו:

#### תועלת משימוש בשירות ענן לניטור ריסוסים

- יצירת בסיס נתונים מרחבי בו מעודכנים ריסוסים ורמות נגיעות לפי נקודות גאוגרפיות:
  - ברמת המגדלים:

- משפר סידור וארגון וכן מעורבות.
- יש חשיבות לאיתור תופעות שקשה לאתר בשיטות קיימות, סדר בשטף הנתונים, הצגת חריגות.

עם זאת, התועלת מוגבלת – קשה לעקוב אחרי היסטוריית הריסוסים



○ ברמת הפיקוח:

- איסוף הנתונים הממוחשב חוסך שימוש בניירת ומאפשר ניתוח ברמה אזורית ובחינה של היסטוריית הריסוסים ותוצאותיהם. חשוב במיוחד בשטחים גדולים. מאפשר השוואת נתונים לאורך זמן.
- תובנות רלוונטיות מקיומו של בסיס נתונים משותף:
  - ברמת המגדלים: לא ניתן להוכיח תועלת מידית של היישום.
  - ברמת הפיקוח:
    - מסייע ביצירת תובנות לניהול היסטוריית הריסוסים במהלך התקופה.
    - חשוב בניהול מידע משותף בין מספר פקחים.
    - קושי בהסקת תובנות לגבי רמות נגיעות בשל דווח סובייקטיבי שתלוי בהערכת הפקח.
- תועלת כלכלית:
  - ברמת המגדלים: אין תפיסה שהשימוש ביישום תורם לשיפור ביבולים.
  - ברמת הפיקוח: עשויה להיות תועלת כלכלית. שימושים מעין אלה מתאימים יותר לשותפויות גדולות ולא למשקים קטנים.

#### מידת המאמץ הנדרשת משימוש בשירות ענן לניטור ריסוסים

- איסוף נתונים: בשלב הראשון של השירות בו איסוף הנתונים בוצע באמצעות אפליקציית איסוף הנתונים של ESRI דווח על קשיי תקשורת מול היישומן שבאו לידי ביטוי בהעדר קליטה ועליה איטית מידי של המידע. בהמשך, כאשר איסוף הנתונים בוצע באופן ידני באמצעות הזנתם לגיליון אקסל והעברה שבועית של הנתונים דווחו המשתמשים על חוסר שביעות רצון מהממשק ועל החוסר במפה.
- שימוש בנתונים הנאספים: קושי בהפניה למקום מדויק בו נאסף המידע במקרים שיש צורך.

#### היבטים חברתיים של השימוש בשירות ענן לניטור ריסוסים

- אין בהכרח תפיסה שהשימוש בשירות קשור עם תדמית מקצוענית גבוהה.
- חששות משיתוף מידע בענן:
  - ברמת המגדלים: אין חששות משיתוף המידע בין מגדלים. קיים חשש משיתוף בחשיפת נגיעות של מזיקים כי לאחרונה מנפטות החלו בפיקוח של שאריות חומרי ריסוס בסיבים.
  - ברמת פיקוח: חשש שלאור שיתוף המידע המגדל ידע היכן הפקח היה.

#### תמיכת הספק בשימוש בשירות ענן לניטור ריסוסים

- הדרכה לוקה בחסר.
- אין הבנה מספיקה של צרכי משתמש הקצה.
- היעדר יכולת כלכלית לספק משוב על צרכים ודרישות, למול מוכנות המשתמשים לשלם על הפתרון.

#### **ניתוח ממצאים**

- גורמים קריטיים שזוהו:
  - חשיבות לאיסוף נתונים דרך אפליקציה בשטח.

- יש חשיבות לסימון הפגעים ורמת הנגיעות דרך היישומון (חשוב להשתמש במדדים אובייקטיביים ברי השוואה לרמת הנגיעות).
  - יכולת לאחזר ולצפות בנתונים בשטח.
  - יכולת להפיק תובנות מניתוח נתונים תקופתי בחלקה – סיוע באיתור נקודות חמות לעונה הבאה.
  - יכולת להפיק תובנות מניתוח נתונים מרחבי (בין חלקות) המבוסס על שיתוף נתונים בין מגדלים.
  - תלות בין מאפייני שרות הענן והקשר השימוש:
    - סוג המשתמש: פקחים ⇔ מגדלים
    - גודל המשק והיקף השטחים: משק קטן ⇔ משק גדול
  - חשיבות היכולת לבצע ממשק בין נתונים אלו למערכות נוספות (למשל מערכות מותקנות בטרקטור)
- יש צורך בכיסוי הפער הכלכלי בין מוכנות משתמשי הקצה לשלם על פיתוח, לבין יכולת של גוף מסחרי לממן את שלבי הפיתוח בתנאי פדיון נמוך האופייניים לישראל (מיעוט משתמשים).

## דיון

תחילתו של פרויקט זה היה כמענה לקול קורא למרכז מצוינות ביזמת לשכת המדען הראשי של משרד החקלאות בנושא של "ענן חקלאי מיפוי צרכים ויכולות". המונח 'ענן' בהקשר של טכנולוגיות מידע היה עדין מעורפל ובמסגרת זאת פעלנו להבהיר ולהדגים חלק מהיכולות והיתרונות של שימוש בטכנולוגיה זו לטובת העשייה החקלאית. צוות הפרויקט נבחר כך שיכסה מגוון רחב (אם כי לא ממצה) של תחומים הקשורים לנושא. הצוות פעל לאורך כל התקופה בשילוב והיזון בין הקבוצות.

פרויקט זה לא היה הראשון להדגים את הפער אותו מנסים מפתחים ויזמים להבין ולגשר בין הפוטנציאל שנובע לכאורה מכלי טכנולוגיה המידע לבין מימושו בעולם של היצור החקלאי. אין כמעט חולק על חשיבות איסוף המידע והשימוש בו לקבלת החלטות נבונות יותר, לתיעוד וככלי ניהולי. אולם נראה כי המימוש עדין לא הגיע לפריצת דרך. בעבודה זאת נגענו בחלק מהבעיות, הדגמנו את הפוטנציאל ובחנו את הבעיות.

בשנה הראשונה (הסיכום מופיע ברובו בדו"ח שנה ב') עסקנו בעיקר בסקר והגדרות. נערך מיפוי תחום החקלאות החכמה בארץ. זוהו 68 ישויות העוסקות בתחום, רובן (70%) חברות מסחריות. רוב (85%) מהחברות פעלו בתחום הצמח. רוב הפעילות הייתה סביב מערכות תומכות החלטה. לפחות 70% מהפתרונות המסחריים היו מבוססי טכנולוגית ענן. תחום נתוני עתק (big data) לא נמצא פופולרי. המערכות המסחריות מקפידות על פרטיות המידע, חלקן מאפשרות יצוא נתונים למשתמש. בתקופת הדו"ח ההיקף הפעילות היה (בסדר יורד) בתחומי: עקיבות ותפעול, דישון, בקרת אקלים, וניהול השקיה. היקף הפעילות הוא דינמי והשתנה בשלושת שנות המחקר, כבר במהלך התקופה נפגשנו עם חברות חדשות שעוסקות במחשוב, איסוף והפקת תובנות מנתונים חקלאיים.

לצורך אפיון ה"ענן החקלאי" הגדרנו צרכים פונקציונליים, צרכים טכניים ותשתיתיים והבהרנו את הארכיטקטורה המקובלת כיום לתמיכה בצרכים מול מערכות החמרה העכשוויות. האפיון בוצע בגישת 'מלקחיים' שמשלבת בין בחינת התמונה הכוללת ופירוקה לבעיות משנה (מלמעלה למטה) ובין פיתוח פתרונות לבעיות קצה ושילובן לכדי מערכת כוללת (מלמטה למעלה). פרויקטי המשנה קוטלגו בהתאם לגישה אליה הם תורמים.

אחת הבעיות שמטרידה מפתחים ויזמים בתחום המידע בכלל והחקלאי בפרט הוא מימוש הרעיונות שמקורם ביכולות הטכנולוגיות לכדי מערכות שיעשה בהם שימוש על ידי הלקוחות הפוטנציאליים. נושא אימוץ טכנולוגית במידע בעולם

החקלאי ובפרט בשלב שלפני השיווק מעסיק רבים. נדרשנו לכך בביצוע חקר באמצעות סקר (מאפייני יישום מערכות מבוססות מחשוב ענן בענף החקלאות) של מידת השימוש בשירותי ענן לסוגיהם. הממצאים מצביעים על פערים בהכרות עם השירותים, ורמות השימוש. נראה שחלק מהשוני נובע מרמת ציפיות שונה בין אוכלוסיות ובתחומי מימוש. זהו שתי קבוצות שונות של יישומים בענן, קבוצת יישומי ה IoT וקבוצת שאר שיישומים. בעוד ביישומי ה IoT מורכבות הטמעה היא בעלת השפעה ניכרת על ההחלטה לאמץ בשאר היישומים הציפיות לתועלות מהמערכת הן הגורם המשפיע ביותר. באופן ספציפי, נראה כי עדין חסרים מודלים חישוביים / אלגוריתמים לקשר בין המידע, שאותו אנחנו כבר יודעים לאסוף בטכנולוגיות שונות, אל הבעיה אותה אנחנו אמורים לסייע לפתור. הממצא כי ציפיות הביצועים הן הגורם העיקרי המבחין בין מאמצים ולא-מאמצים מציע כי הסבר אפשרי לחוסר אימוץ הוא חוסר וודאות באשר ליכולת לקבל החזר ראוי על ההשקעה הכרוכה באימוץ. לכן, מדיניות אפשרית היא עידוד כלכלי של חקלאים לבצע פרויקטי חלוצי של אימוץ טכנולוגיות ענן, עד להשגת מסה קריטית שתדחוף לאימוץ בקנה מידה רחב יותר כתוצאה מהשפעות של למידה חברתית.

תופעה שנתקלנו בה פעמים רבות היא איסוף מידע דומה על ידי ארגונים שונים, כל אחד למטרותיו. הקמנו מערכת לשיתוף מידע בין גופים שונים שאוספים נתונים ואיחודם לכלל מערכת מידע אחת (שירות ענן לדיווח ומעקב של התפשטות חדקונית הדקל). לצורך הדגמת היכולת השימוש בענן - המערכת הוקמה והופעלה על גבי שרת בענן. מערכת זאת מדגימה את היכולת לאסוף מידע ממקורות מגוונים וטמון בה פוטנציאל רב באפשרות להצלב מידע כדי לזהות ליקויים וחסרים.

נערכה השוואה כלכלית בין גישות שונות לשימוש בענן (יישום מבוסס ענן של מערכת לניהול משק חקלאי) ונמצא כי חלופת 'תכנה כשרות (SaaS)' עדיפה על פני החלופות האחרות גם בטווח הקצר וגם בטווח הארוך.

פותחו מערכות לאיסוף נתונים בגישה של מיקור המונים. התמקדנו בדיווח על פגעים (מערכת מידע מבוססת ענן לדיווח על פגעים בחקלאות) ודיווח ומעקב אחרי פעולות הדברה (מערכת לדיווח ומעקב אחר ריסוסים).

נתונים מחיישנים נאספו באופן אוטומטי כתשתית למערכת תומכת החלטה בהדברת מזיקים (מערכת מידע מבוססת ענן לאיסוף נתוני זבוב הים התיכון).

פרויקט ממוקד נעשה במכוורת (מערכת מבוססת ענן לניהול מכוורת) והתמקד, בין השאר, בתיעוד הקשרים הגנטיים לאורך הדורות המתועדים.

פותח כלי להפצת מידע לשימוש אגף המיכון במשרד החקלאות (מערכת לאיגום מידע על כלים חקלאיים).

המידע, בכל תחום, אינו מרוכז במקום אחד. ליקוט המידע הינו משימה שנדרשות לה החברות המובילות בעולם שפיתחו כלים לשימושם. בבואנו לחפש מידע ספציפי אנו עשויים ללכת לאיבוד בשלל המונחים שכל בעל מידע משתמש ולא תמיד אנו מצליחים לאתר את המידע מכיוון שקוטלג תחת מונח שאולי לא שגור אצל המחפש. כלי האונטולוגיה יכולים לסייע בבניית רשת מונחים שיסייעו באיתור מידע שקוטלג ואזכר במונחים שונים. קימות אונטולוגיות בתחום החקלאות אבל אין בהן התייחסות כלשהי לעברית. נדרשנו לכך על ידי שילוב קבוצת מחקר שפתחה ובחנה כלי לפיתוח נוח של אונטולוגיה לשימוש על ידי מומחים בתחום החקלאי. נעשה גם שימוש בכלי אונטולוגיה לפיתוח מערכת תומכת החלטה בנושא שאריתיות מותרת של כימיקלים במוצרים צמחיים (מערכת מבוססת-אונטולוגיות לתמיכה בקבלת החלטות הדברה). המערכת עושה שימוש בכלי האונטולוגיה כדי לגשר על פני מקורות מידע שונים בארץ ובעולם.

אחד המאפיינים של המחשוב בעידן הנוכחי ול'ענן' יש בו חלק משמעותי הוא נפח הנתונים הבלתי נתפס שנאסף. מעבר לבעיות הטכניות של ליקוט הנתונים, הזנתם למערכות מידע, שמירתם ושליפתם, את חלקם הדגמנו לעיל, עולות שאלות של איכות נתונים, שימוש במידע ליצירת תובנות חדשות וניתוח ביצועים. התייחסנו גם לנושאים אלו במספר פרויקטי משנה: כריית נתוני חיישנים לחיזוי יכולת חובבה ולתכנון השקיה, ומערכת בינה עסקית (BI) בענן לניתוח ביצועי משק חקלאי.

במהלך עבודתנו, ניסיון העבר של חלק מהשותפים כיוון אותנו להידרש לעניין בקרת איכות נתונים. במסגרת העבודה פותח מודל אנליטי להערכת אמינות של נתונים מרחביים (זיהוי פגמי איכות בנתוני דגימות קרקע); וזוהו גורמים התורמים לפגמי איכות נתונים. התרומה המחקרית כללה גם מיפוי ומיון של בעיות איכות הנתונים שזוהו, והצעת דרכים אפשריות להתמודדות וצמצום הנזק.

### **ליווי של פרויקט**

נערך מעקב אחרי יוזמה מסחרית ליישום שירות ענן לניטור אזורי של ריסוסים ומזיקים. במסגרתו נערכו מפגשים עם בעלי ענין שונים המעורבים בשימוש בשירות. זוהו גורמים קריטיים שמגבילים / קובעים את הצלחת השימוש לאורך זמן נמצאה תלות בין מאפייני השרות לשימוש והועלתה חשיבות לאפשרות לתקשורת נתונים בין היישום לשימוש לכלים אחרים. בהיבט העסקי זוהו בבירור הפער בין יכולת התשלום לעלות הפיתוח.

### **לסיכום**

צוות הפרויקט פעל בשלוש שנים האחרונות לקדם את הבנת היישום של ענן הן מהבחינה התיאורטית והן מהבחינה היישומית. במהלך שלושת השנים גם התעשייה צעדה לכיוון זה וכיום אפשר למצוא יישומים רבים יותר הפועלים בסביבות ענן נתונים. פרויקטי המטה-מעלה מראים ומדגימים כי אפשר ויש מקום לפרויקטי ענן בחקלאות, פרויקטי המעלה-מטה מצביעים על התמונה הגדולה ועל הארכיטקטורה שאם נדבוק בה יהיה קל יותר לממש פרויקטים ייעודיים. ליווי הפרויקט העצים את החשיבות של "מבחן אמילי (WIIFM)" - אז מה יצא לי מזה? על מנת שיישומי הענן יאומצו על ידי בעלי העניין יש צורך לפתח תפיסת תועלת מידית וגבוהה. ניסיונות העבר וחוסר האמון שנוצרו מהיכולת להראות תועלות ממשיות יוצרים קושי גדול באימוץ. מבחינת המדיניות יש צורך מחד בקביעת סטנדרטים ונהלי אבטחת מידע ומאידך לעודד ולתמוך בשיתוף מידע מעל גבי הענן על מנת להגביר את היעילות הכלכלית של הענף, על מנת לדאוג לאספקה סדירה של תוצרת חקלאית איכותית.

1. AgFunder.com (2015) Agtech Funding Explodes: \$2B+ Invested in First Half of 2015. Retrieved from <http://www.foodtechconnect.com/2015/08/14/agtech-funding-explodes-2b-invested-first-half-2015/> on 23/2/2016
2. Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision support systems*, 54(1), 510-520
3. Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* Vol. 13 No. 3, 319-339.
4. Etro, F. (2011). The economics of cloud computing. *IUP Journal of Managerial*, 7-22.
5. Fleming, K., Westfall, D., & Bausch, W. (2000). Evaluating management zone technology and grid soil sampling for variable rate nitrogen application. *Proceeding of the 5th Intl. Conf. of Precision Agriculture*, Bloomington, MN, 16-19.
6. Frank, A. U. (2007). Assessing the quality of data with a decision model. *Proceedings of the 5th International Symposium on Spatial Data Quality*,
7. Kaloxylas, A., Groumas, A., Sarris, V., Katsikas, L., Antoniou, P. E., Politopoulou, Z., Terol, C. M. (2014). A cloud-based Farm Management System: Architecture and implementation. *Computers and Electronics in Agriculture* 100, 168-179.
8. Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing — the business perspective. *Decision Support Systems*, 176-189.
9. McBratney, A., & Pringle, M. (1999). Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. *Precision Agriculture*, 1(2), 125-152
10. Patel, R., & Patel, M. (2013). Application of Cloud Computing in Agricultural Development of Rural India. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 4 (6), 922-926.
11. Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., & Canavari, M. (2013). Drivers of precision agriculture technologies adoption: a literature review. *Procedia Technology*, 8, 61-69.
12. Silva, C. B., de Moraes, Márcia Azanha Ferraz Dias, & Molin, J. P. (2011). Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. *Precision Agriculture*, 12(1), 67-81
13. Venkatesh, V., & Smith, R. H. (2003). User Acceptance of Information Technology: Towards a Unified View. *MIS Quarterly* Vol. 27 No. 3, 425-478.

## תוספות נדרשות ממרכזי מצינות:

### 1. כיצד שילוב התוצאות של קבוצות המחקר מקרב את המיזם לקראת מימוש יעדיו.

יחוד המיזם הוא בכך שהוא מכסה תחום רחב של נושא טכנולוגיות המידע בחקלאות. אלו מתפרסים על פני תחום רחב שדורש שיתוף מומחים מתחומים שונים כמו סקר מצב, אפיון מערכות מחשוב, מערכות מידע, תכנות, כלכלה, אונטולוגיה, ועוד. קבוצות המחקר משתלבות זו בזו בהיבטים רבים של המחקר. מעבר לדיונים מקצועיים משותפים שכללו בכל פעם את אלו שיש להם נגיעה וענין בנושא, חלק מהפרויקטים שלבו התמחויות של קבוצות שונות כך למשל מערכת למימוש אונטולוגיות, מערכת למעקב אחר ריסוסים, איכות נתוני דגימות ועוד. צוות המחקר עבד בקבוצות הומוגניות תוך שילוב בין הקבוצות כך שניתן היה לשלב את המיומנויות הייחודיות לכל אחר, קבוצות המחקר קיימו קשר בלתי אמצעי עם חברות, מדריכים ומגדלים לצורך יעוץ ואף שילוב בעבודות החקר.

**בדוח ירשם בצורה מרוכזת (רצוי בטבלה) עבור כל קבוצת מחקר בפרויקט לשנת הגשת הדוח:**

## סיכום עם שאלות מנחות

### מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה

מטרות המחקר הן: אפיון שירותי מחשוב עתירי מידע מגוון בחקלאות, מיפוי מצב נוכחי וליווי הרצת פרויקט בנושא זה תוך הצבת מודל מוצע להרחבת הפעילות. בתקופת הפרויקט תמוקד פעולת המרכז בשני כיוונים עיקריים: 1. סקר והגדרות, אפיונים ויצירת סטנדרט למערכת ענן נתונים חקלאי; 2. בחינה, וליווי של פרויקט רלוונטי.

### אלו ממטרות המחקר הושגו בעבודת המחקר בנוכחית

במסגרת עבודה זאת מופה מצב קיים מבחינת שירותי מידע בענן. אופיינו והוגדרו שירותי מחשוב רלוונטיים לשירותי ענן שרובם ועיקרם הם עתירי נתונים. נבנו מערכות להדגמת העקרונות הנדרשים לטכנולוגית מידע בחקלאות תוך שימוש בטכנולוגית ענן. ביצענו ליווי ונאספו מסקנות לפרויקט בתחום איסוף המידע מגורמים רבים במרחב ועיבודו למערכת ויזואלית של תמיכה בהחלטה.

### עיקרי התוצאות.

### מסקנות מדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?

בחנו את התמונה הרחבה כדי לקדם את האפשרות להעביר ולספק מידע חקלאי חוצה ארגונים ומערכות ולהתאימו למגוון רחב של יישומים. מסגרת המרכז פותחו עשרה פרויקטים הצומחים מהשטח המדגימים את האפשרות שהתכנון הכולל של פתרון הענן מספק. פרויקטים אלו מדגימים את ארבעת שכבות הענן המוצעות בתכנון התשתית הטכנולוגית. בהסתכלות הרחבה התחום מופה ואותרו מרכזי החוזק והשחקנים המרכזיים בתחום, אופיין פתרון תשתית אשר מחייב שימוש באונטולוגיה אשר פותח כלי לבנייתה. קבלת החלטות יעילה באמצעות מערכות ממוחשבות מצריכות נתונים מדויקים ואיכותיים, איכות הנתונים החקלאיים נמדדת כהשתנותם במרחב והמוצע מודל לטיפול והערכה וויזואליזציה של איכות הנתונים.

**בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך**

**המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תכנית המחקר?**

אחת מעבודות הגמר (למזאר מאסטר) עדין לא סוכמה עד סופה. ממצאיה הסופים יפורסמו לכשהעבודה תסתיים.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; - פטנטים יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר - - כמקובל בפרסום מאמר מדעי.

1. Anat Goldstein, Chen Karmona, Adi Shemesh , Anna Chernov, Lior Fink, Gilad Ravid, Orit Raphaeli and Amots Hetzroni (2015) "A Cloud-based Service for Analyzing Red Palm Weevil Spread" Presented in the International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN'2015)
2. Anat Goldstein, Amit Meitin, Shiran Bohadana, Lior Fink and Gilad Ravid (2016) "Internet of Things in Agriculture: An Engine for Increasing Farm Productivity and Efficiency" The Israeli Conference on Robotics (ICR'2016)
3. Anat Goldstein, Orit Raphaeli, Amots Hetzroni, Lior Fink, Gilad Ravid (submitted) Developing and Evaluating Agricultural Ontologies: The Case of Pest Control *Computers and Electronics in Agriculture*
4. Yotam Rotholz and Adir Even. (2016) "Detecting Quality Defects in Soil-Sampling Data", Presented at the 2016 Israel h (ILAIS' 2016)
5. Yotam Rotholz, Adir Even, Shay Mey-Tal. (2016) "Detecting and Correcting Quality Defects in Soil-Sampling Data", Presented at the annual conference of the Israeli Society of Agriculture Engineering (ISAE' 2016)
6. Anat Goldstein, Lior Fink, Amit Meitin, Shiran Bohadana, Oscar Lutenberg, Gilad Ravid (2017) "Applying Machine Learning on Sensor Data for Irrigation Recommendations: Revealing the Agronomist's Tacit Knowledge". *Precision Agriculture*. 47(4). 1-24
7. Zhitomirsky-Geffet M. and Mograbi C. Z. (2017). "A new framework for collaborative ontology construction for an agricultural domain from heterogeneous information resources". *Journal of Agricultural & Food Information*
8. Anat Goldstein, Lior Fink, Amit Meitin, Shiran Bohadana, Oscar Lutenberg, Gilad Ravid (submitted 2017) "Applying Machine Learning on Sensor Data for Irrigation Recommendations: Revealing the Agronomist's Tacit Knowledge". *Precision Agriculture*
9. Yotam Rotholz and Adir Even. (submitted, 2017) "Assessing the Reliability of Geospatial Data in Geographic Information Systems", annual GIS-Science Conference, (GIScience' 2017)
10. פרסומים בכנס האגודה הישראלית להנדסה חקלאית 2016
11. זיהוי פגמי איכות בנתוני דגימות קרקע, יותם רוטהולץ, אדיר אבן
12. מערכת בינה עסקית מבוססת-ענן לניתוח נתוני משק חקלאי, שגיא פריהיטר, גיא סער, אורית רפאלי, ליאור פינק, אמוץ חצרוני
13. כריית נתוני חיישנים לחיזוי ומתן המלצות להשקיית חוחובה, עמית מייטין, שירן בודהנה
14. שימוש ואימוץ של שירותי ענן בחקלאות, אורית רפאלי, אילנה דחוביץ', ליאור פינק, שי מי-טל, אמוץ חצרוני

15. מערכת מבוססת-אונטולוגיה לתמיכה בהחלטות הדברה, בר כוכבי, שני דרור, אורית רפאלי, ענת גולדשטיין,

ליאור פינק, אמוץ חצרוני

16. מערכת מידע מבוססת אינטרנט למעקב אחר לכידות זבוב הפירות הים-תיכוני, ניר הדר, אליסף דרוט, אורי

קדיש, גלעד רביד, אמוץ חצרוני, יפית כהן

**פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח:**

✓ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)

□ חסוי לא לפרסום: יש לצרף מכתב הסבר

**אין בכוונתי להגיש תכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי**