



**מדינת ישראל**  
משרד החקלאות ופיתוח הכפר  
שירות ההדרכה והמקצוע  
אגף ענפי שירות  
תחום מיכון וטכנולוגיה



**רשמים מכנס חקלאות מדייקת 2019 - The 12<sup>th</sup> ECPA, Montpellier, France**  
הראל גרינבלט, מדריך מיכון וטכנולוגיה, שה"מ, משרד החקלאות



### הבעת תודה

ראשית ברצוני להודות למנהלים שלי ולהנהלת המשרד על שאישרה ומימנה לי את הנסיעה לכנס חקלאות מדייקת - The 12<sup>th</sup> ECPA, Montpellier, France 2019. [קישור לאתר הכנס](#)

### מבוא

הכנס התמקד בהצגת מחקרים שנעשו בתחום החקלאות המדייקת בעולם כולו, וכלל סיור טכני קצר. מדובר בכנס המתקיים אחת לשנתיים באירופה, ובו מציגים חוקרים וסטודנטים מרחבי העולם מחקרים שונים שנעשו בתחום החקלאות מדייקת. בכנס נכחו 380 משתתפים מ-37 מדינות בהם 15 ישראלים. הכנס הורכב מ-8 מליאות, שבכל אחת מהן 3-4 מושבים, אשר כללו 3-6 הרצאות, ובסך הכול: 124 הרצאות ועוד 84 פוסטרים בכנס.

### מטרת הנסיעה

במסמך זה אנסה לסכם ולהביא את עיקרי הדברים שעלו בכנס.

אציין כי למרות שלא תכננתי מראש, לקחתי חלק בכנס בסדנה בת שעתיים בנושא השימוש ב-GEE עבור ניתוח צילומי לוויין, בדומה לסדנאות שאני מעביר בארץ. לאחר שהבנתי שאת הסדנה מעבירה פוסט-דוק' של יפית כהן ממכון וולקני, חברתי אליה וסייעתי לה בהעברתה. בסדנה זו השתתפו 30 חוקרים, ובסיומה קיבלנו מהם משוב חיובי ותגובות טובות.

נושאי ההרצאות בכנס היו מגוונים, וכללו: השקיה מדייקת (VRI), מערכות תומכות החלטה (DSS), יישומי לוויין, אימוץ טכנולוגיות של יישום משתנה במרחב (VRT) ועוד.

בהרצאות שבהן לקחתי חלק ניסיתי להתמקד בנושאים הקשורים יותר לחקלאות ישראל ולחקלאיה. חלק ניכר מההרצאות היו על מחקרים הנמצאים בבדיקה או על טכנולוגיה חדשה, ולכן רבות מהן היו פחות רלוונטיות לישראל.

## סיכום ההרצאות

כאמור, בכנס היו 124 הרצאות, שמתוכן בחרתי לציין 6 הרצאות, ששתיים מהן מרכזיות:

בהרצאה המרכזית השנייה דיבר בנג'מין אדום על יישום חקלאות מדייקת אצל חקלאים קטנים.

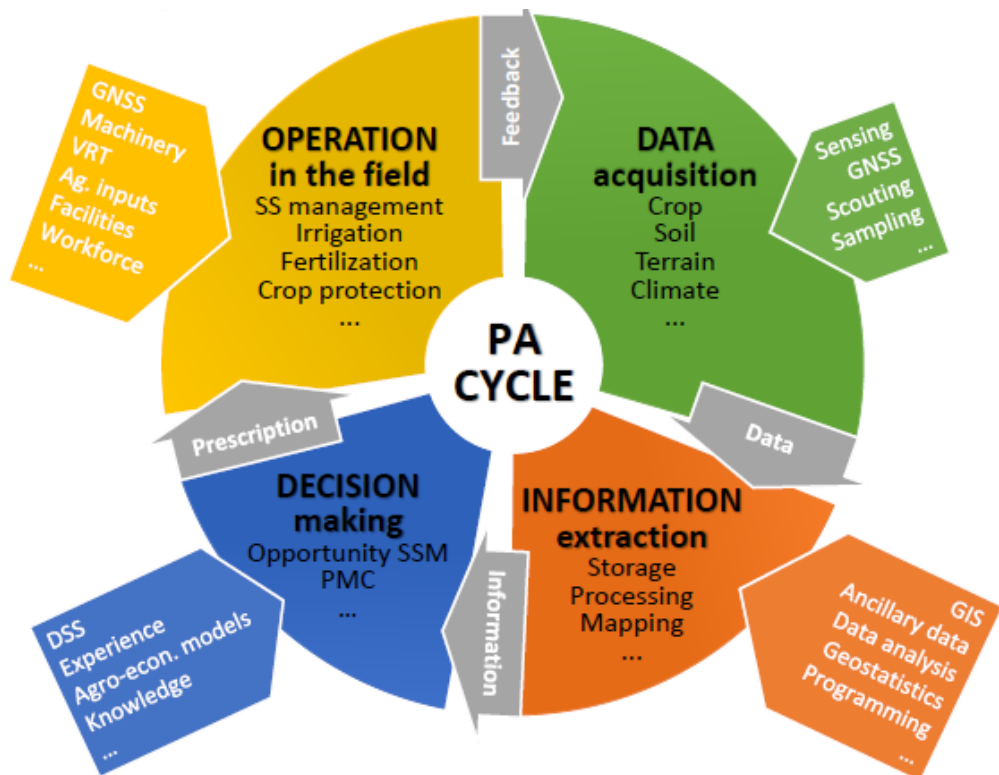
הזכרו מגוון הקשיים שעמם מתמודדים חקלאים קטנים, בדומה למושבניקים בישראל: חלקות קטנות ומפוזרות, מספר גידולים שונים והצורך בהדרכה צמודה. כמו כן, הועלה הצורך לחבר בין שירותי ההדרכה לשירותים פיננסיים, לניהול שרשרת האספקה ועוד.

בנג'מין הציג פרויקט באוגנדה, שבו מופו חלקות של 250,000 חקלאים. החקלאים קיבלו הדרכה בעזרת SMS על התראות מזג אוויר, עצות עבור הגידול ומידע עבור ביטוח. בנוסף, נבנתה אפליקציה ייעודית והוכשרו יותר מ-200 סוכני שירות שיכלו לתת הדרכות פרונטלית לחקלאי. עלות הפרויקט הסתכמה בכ-4.5 מיליון יורו, שמומנו על ידי משרד החוץ ההולנדי מתוך מטרה לקדם את הדיגיטליזציה של החקלאות באפריקה.

מפרויקט זה נלמדו כמה לקחים: חשיבות הזהות הדיגיטלית של כל משתמש, שימוש בחישה מרחוק, מדריך בשטח כהשלמה למידע ב-SMS או ביישומון, הדרכה המותאמת לצורכי המגדל ועוד.

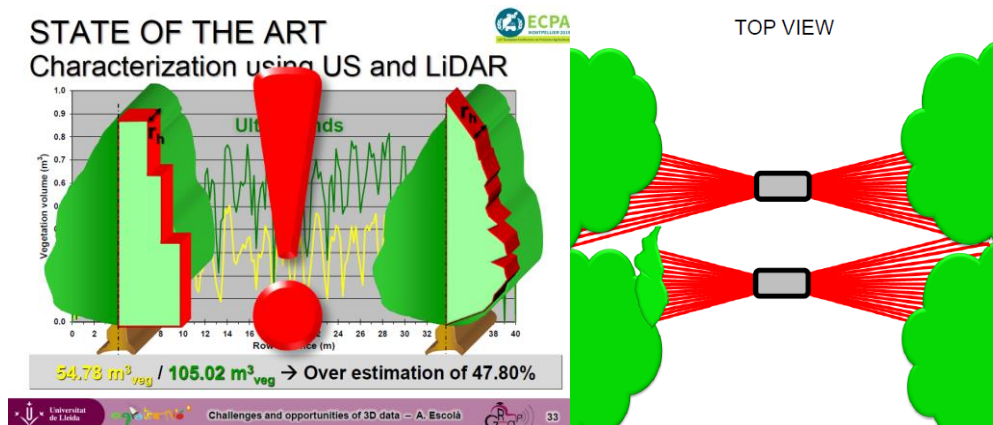
בהרצאה המרכזית הרביעית דיבר אלכסנדר אסקולה על האתגרים וההזדמנויות בשימוש ב-3D בחקלאות.

אלכס אמר שהמעגל של חקלאות מדייקת מורכב מ-4 חלקים: השגת מידע (מצב הקרקע, אקלים, לווין ועוד); משם עובר לשלב עיבוד המידע; ממנו - לשלב קבלת ההחלטות (כמו מודלים, DSS, ניסיון חקלאי ועוד); והשלב האחרון הוא היישום בשטח בעזרת יישום משתנה במרחב (כמו דיזיין והשקיה מדייקת ועוד) (ראה תמונה להלן).



בנוסף, הוצג היתרון המובהק שיש לשימוש בחיישני לייזר על חיישני אולטרה סאונד, שכן בלייזר יש הרבה יותר נקודות מדידה, כאשר ההפרש בין המדידות יכול להגיע ל-50%. יתרון נוסף לשימוש בלייזר 3D הינו

העובדה שבמקרה שאחד הענפים יוצר "צל" על העץ הבא, הלייזר יזהה את זה וידע לתקן בהתאם (ראה תמונות).



ניתן כמובן להשתמש במכשירי לייזר על גבי פלטרמות רבות, כמו מטוס, רכב, תיק גב ועוד, כאשר מחיר המכשירים הוא 50,000-500,000 יורו, תלוי באיכות המכשיר ובפלטרמה.

שתי שיטות נוספות הם צילום רב כיווני ביחד עם צילום בתנועה ומצלמות עומק. בצילום רב כיווני וצילום בתנועה, כמו שנפוץ ברחפנים, ניתן לצלם, לדוגמה, את המטע ממספר זוויות כדי להעריך את גודל העץ והמטע, ובהתאם לכך - את כמות הריסוס הנדרשת.

במצלמות עומק נעשה שימוש בשתי מצלמות המורכבות על מתקן אחד, שבו כל מצלמה שולחת סיגנל לכל פיקסל, כך שכל מצלמה רואה את המרחק לכל פיקסל ונוצרת תמונת 3D. הסבר נוסף אפשר לראות [בקישור הבא](#).

כמובן שלכל שיטה מארבע השיטות שהוזכרו יש יתרונות וחסרונות, ונדרש לשקול אותם (ראה טבלה).

	Ultrasounds	LiDAR	SfM-MVS UAV	D Cameras
Dimensions captured	1D	1D, 2D, 3D	2D	3D
Range	+	+++	+++	+
Field of view	+	+++	++	++
3D shapes	+	+++	++	++
Accuracy	+	+++	++	++
Darkness	+++	+++	-	++/-
Direct sunlight	+++	+++	++	+/-
Light variations	+++	+++	++	++
Canopy penetration	+	+++	+	+
Colour	-	-/+	+++	++
Point clouds	-	+++	+++	++
Large scale mapping	+	++	+++	+
Simplicity	++	++	+	++
Cost	+++	+	++	+++

שימוש רב נעשה בטכנולוגיות של 3D עבור תעשיות אחרות בעולם, כמו ביטחון ורפואה, וטוב יהיה אם נשכיל ללמוד מהן, במקום לנסות להמציא את הגלגל בעצמנו. אין ספק כי כאשר טכנולוגיה זו תגיע לידי יישום מסחרי, ייפתחו בפני החקלאים מגוון אפשרויות הקשורות לבריאות, למחלות ועוד, שכיום אינן עולות אפילו על דמיונו.

כל המצגות של ההרצאות המרכזיות זמינות [באתר הכנס](#), כולל סרטונים קצרים עם הדוברים.

## בהרצאה של סרטורי מאיטליה נסקרה השוואת העלות-תועלת בין הלוויינים השונים.

בהרצאה זו הסתמך הדובר על מאמרו של colaco and bramley 2018, שבו צוין כי נקודת האיזון (הנקודה שבה היתרונות מחקלאות מדייקת שווים למחיר צילום הלוויין) הינה 30 דולר ל-10 דונם, ולפי זה חושבה נקודת האיזון עבור לוויינים שונים. נמצא שהתחום הספקרלי עבור צימוח הינו 600-800 mm, כאשר הרזולוציה המרחבית המינימלית הינה 30 מטר לפיקסל, ורצוי פחות מזה, והרזולוציה העתית הרצויה היא 8 ימים ומטה.

מובן כי צריך לקחת בחשבון שלקניית צילום לוויין איכותי יותר נדרש גם כוח עיבוד חזק יותר, העלות לייקר את העלות הכוללת. עם זאת, ניתן להניח שהמחיר עבור 1,000 דונם נע בין 2 ל-32 דולר, והוא משתנה משום שלחברות מסחריות יש תעריף שונה התלוי בגודל השטח הכולל, שבמרבית החברות הוא 25-100 אלף דונם מינימום. לפיכך, לחקלאי הקטן משתלם להשתמש בצילומים לווייניים סנטינל ולנדסט, הניתנים בחינם; ולעומת זאת, צילומי הלוויינים היקרים יותר, כמו [worldview-2/3/4](#), הנותנים רזולוציה של 0.31 מטר לפיקסל ותדירות יומית עם 7 תדרים בתחום הצימוח, ישתלמו לחקלאי גדול שברשותו לפחות 4,750 דונם.

## בהרצאה של הוברט מגרמניה דובר על ניהול הגנת הצומח באמצעות הערכת גודל העץ בצילום מרחפן.

הוברט הראה בהרצאתו כיצד השתמש ברחפן שעליו מותקנת [מצלמה מיוחדת בעלת 5 עדשות](#), המצלמת גם [באלכסון](#), וכך יוצרת ענן נקודות של המטע שממנו מייצרים מודל תלת-ממדי. בעזרת המודל שיצר העריכו את כמות הריסוס הנדרשת, וכך נחסך חומר ריסוס ולא נותר חומר במכל בסוף הריסוס. בשלב זה של המחקר עובדים הוברט ושותפיו על אופטימיזציה של מספר הטיסות הנדרש. הם מצאו התאמה של  $r^2 = 0.6$  בין הגובה שהמודל יצר לבין מדידות בשטח של גובה העצים בשיטת ענן נקודות, ו-  $r^2 = 0.84$  בשימוש בלייזר. המודל נבדק במטע תפוחים, שבו שונות רבה בגובה העצים ואף עצים חסרים.

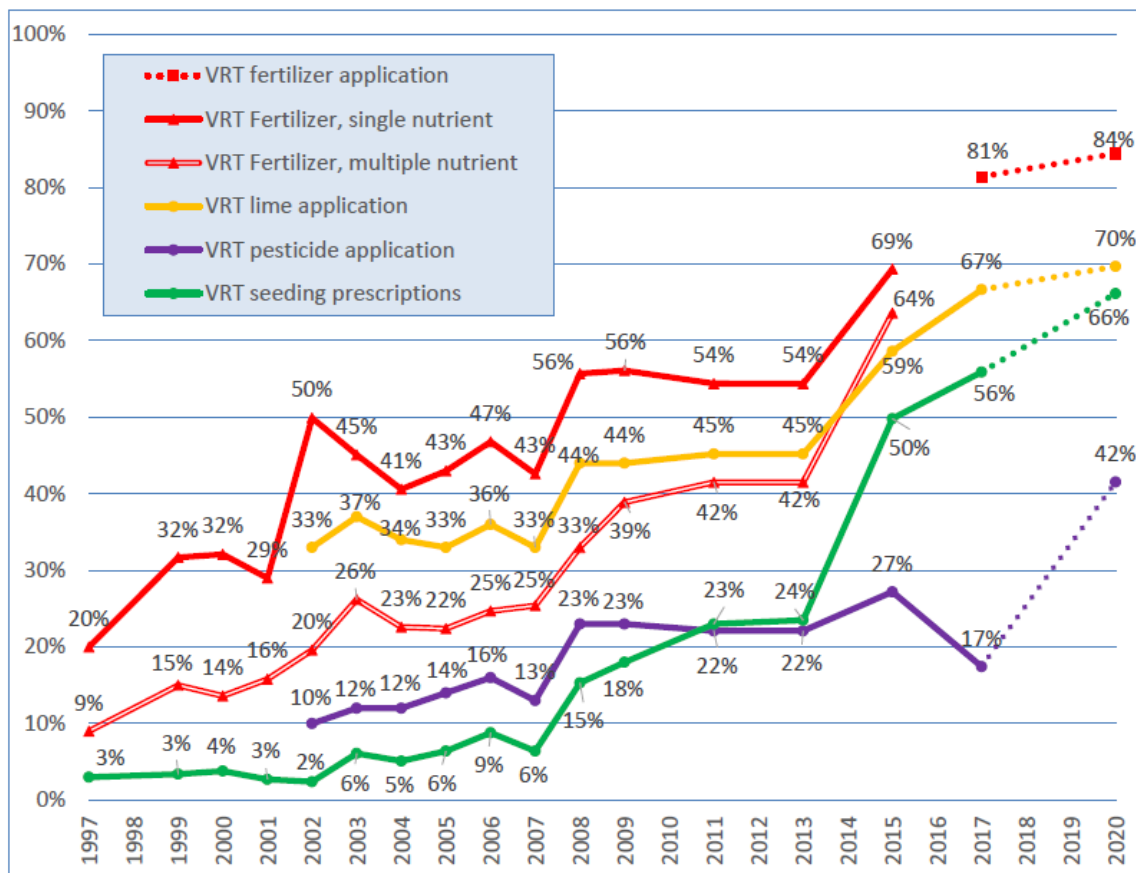
## בהרצאה של ג'יימס לוונברג-דיבור מבריטניה שמענו על אימוץ טכנולוגיות של חקלאות מדייקת.

בהרצאה של ג'יימס הוא הראה את רמת ההטמעה החקלאות המדייקת באירופה מול העולם כולו.

כמובן שהבעיה הראשונה היא להגדיר מהי חקלאות מדייקת ואילו טכנולוגיות נחשבות לכאלה. ג'יימס דיבר בהרצאתו על מורכבות הנושא, מכיוון שרוב המדינות אינן אוספות מידע, ואלה שכן – עושות זאת באופן שונה זו מזו ולא בקביעות. כך לדוגמה, בארה"ב נערך הסקר לפי גידול ולא לפי חווה. לפיכך, המטרה הייתה לבחון את הכיוון הכללי ופחות להשוות בין מדינות שונות.

בהרצאה ג'יימס הסביר שטכנולוגיות של ניהוג אוטומטי, המוכר בעולם כ-GNSS (Global Navigation Satellite System), אומץ באופן מהיר ברוב המדינות, בשל קלות התפעול, לעומת מדינות אירופה, שבהן אומץ עניין זה פחות, כפי הנראה מהסיבה שמדובר בחוות קטנות יותר, ביחס לארה"ב ואוסטרליה. אימוץ של טכנולוגיות יישום משתנה במרחב (VRT) הינו איטי בכל העולם באופן אחיד, אם כי נראה שבשנים האחרונות יש בארה"ב גידול בשימוש בטכנולוגיות אלה לפי מידע שקיים מספקי ציוד כזה.

באיור שלהלן ניתן לראות את העלייה בשימוש ביישומי חקלאות מדייקת בארה"ב, כפי שדווח מספקי ציוד זה.



Erickson et al, 2017 – <http://agribusiness.purdue.edu/precision-ag-survey>

הקשיים בהחדרת השימוש ביישום משתנה במרחב, והם נעוצים בעיקר בחוסר היכולת להוכיח יעילות כלכלית, במחיר פיתוח האלגוריתם ליישום, הצורך בהתאמה לכל מדינה ועוד.

בשנת 2012 נערך בבריטניה סקר שהראה שיש יותר אימוץ של טכנולוגיות יישום משתנה במרחב כזה בקרב חקלאים גדולים לעומת חקלאים קטנים. בגידול דגנים נמצא כי נעשה שימוש ביישום משתנה במרחב של 31%, אשר בהחלט ראוי לציון.

בסקר שבוצע בדנמרק בשנים 2017-2018 ראו כי בדומה לארצות הברית, יש יותר אימוץ בקרב חקלאים גדולים, ואימוץ של יישום משתנה במרחב בריסוס ב-39% מהשטח. בסקר לא נשאלו על מפות יבול.

בהרצאה של נינה לאקיה מצרפת היא דיברה על אימוץ טכנולוגיות של חקלאות מדייקת בצרפת.

בהרצאה של נינה היא הראתה נתונים ומגמות בשימוש בטכנולוגיות חקלאות מדייקת בצרפת בלבד.

נינה הסבירה שיש חשיבות בסקר כזה ל-3 גורמים:

- חברות מסחריות, כדי שידעו מהן המגמות בשווקים
- אקדמיה ולארגוני מגדלים להתאמת הכשרה ומחקר בתחום הרלוונטי
- קובעי מדיניות במשרד לתכנון אסטרטגיה ונהלים בהתאם

בהרצאתה הסבירה נינה שנערכו 3 סקרים שונים:

1. שימוש בחישה מרחוק (לוויינים, מטוסים ורחפנים).
2. שימוש במיפוי קרקע.
3. שימוש ברובוטיקה בחקלאות.

בחישה מרחוק נעשה שימוש ב-10 מיליון דונם בצרפת, כאשר 85% לוויינים והשאר מטוסים ורחפנים.

כאשר מסתכלים על השימוש ביחס לגידול, מתקבלת תמונה המתארת ירידה בגידולי שדה: בשנת 2017 נעשה שימוש ב-10% מהשטחים, שהם בערך 9.2 מיליון דונם, לעומת שנת 2016 שבה נעשה שימוש ב-13%. בגידול כרמים ניכרת עלייה מ-1% בשנת 2016 ל-1.2% בשנת 2017, מתוך סך של 7 מיליון דונם.

בנוסף, בצרפת ישנם מעל 8,000 רובוטי חליבה ברפתות; בערך 100 רובוטים לטיפול בעשבייה בגידולי ירקות; ו-10 רובוטים לטיפול בעשבייה בכרם. בנוסף, נמצאים כמה אבי-טיפוס של רובוטים בענפים שונים נוספים, כמו הערכת יבול במטעים ועוד.

בתמונה להלן רובוט לטיפול בעשבייה.



## הסיור הטכני

הסיור הטכני כלל הצגה של טכנולוגיות שונות, כמו רחפן בעל כנף קבועה, מכשירי מדידה עבור כרמים ופלטפורמה לטיפול בעשבייה בעזרת חשמל.

בעניין הפלטפורמה, מדובר בכלי בעל 4 גלגלים, שעליו מורכבים 2 פנלים סולריים. לפלטפורמה חיברו שתי מצלמות לזיהוי עשבים וניווט. על הכלי מורכבים שתי זרועות רובוטיות בעלות אלקטרודות, שבהן עובר זרם חשמלי הקוטל את העשב. בהדגמה שבוצעה בשטח נראה שתפעול הזרוע הרובוטית היה מורכב ואף בעייתי עבור גידול מסחרי, שכן החשמול עלול לפגוע בגידול התרבותי.

עם זאת, אני מזהה פוטנציאל ניכר עבור שימוש בפלטפורמה זו להערכת יבול וזיהוי עשבייה ומחלות בגידולי שורה.

בתמונה מצולמת הפלטפורמה.



## **בנימה אישית**

ברצוני להודות למנהלים שלי ולהנהלת המשרד, על שאישרו ומימנו עבורי את הנסיעה לכנס. אני סבור כי ההשתתפות בכנס זה תרמה רבות להבנה ולידע המקצועי שלי בתחום ואף ליצירת קשרים עם חוקרים מובילים מהעולם. בעקבות הרצאות הכנס גיבשתי החלטה לערוך סקר בנושא אימוץ טכנולוגיות חקלאות מדייקת בישראל.

הראל גרינבלט

מדריך מיכון וטכנולוגיה

שה"מ, משרד החקלאות

[harelg@shaham.moag.gov.il](mailto:harelg@shaham.moag.gov.il) 054-8195182