

חקלאי פיקח

קרן צוריאל הררי, עמ' 14

בינה מלאכותית, מערכות מבוססות ביג דאטה, יכולות צילום מתקדמות ומכונות עם אלגוריתמים לומדים. הטכנולוגיה העילית הבשילה והיא יוצאת לעבוד בשדה כדי להציל את העולם מחרפת רעב



14 המהפכה החקלאית השנייה

החקלאות המדייקת - זו שמגייסת רובוטים, חיישנים מתקדמים, לוויינים ובינה מלאכותית כדי לדעת בדיוק מה מצבו של כל שחיל בשדה ואיך לטפל בו - תציל את העולם מחרפת רעב / קרן צוריאל הררי



יפעת מידע תקשורת | דרך מנחם בגין 98-96 (לשעבר דרך פ"ת) תל אביב 67138 טל. 03-5635050 פקס. 03-5617166

מור"פ עונת התפוזים

בינה מלאכותית, מערכות ביג דאטה, יכולות צילום מתקדמות ואלגוריתמים לומדים. הטכנולוגיה הבשילה והיא יוצאת לשדה: **חוסף כלכליסט** ליווה אגרונומים ויזמי הייטק שעומדים בחזית התחום הלוהט של החקלאות המדייקת. מסע בין רובוטים שמזהים פלפל שהבשיל וקוטפים אותו לבד, חיישנים שמשדרים את מידת הצמא של העץ ומכונות שתילה לומדות. כל מה שיציל את העולם מרעב נורא, ובעזרת פחות מים, כימיקלים וידיים עובדות

ביוב ומכילה פי עשרה בטא-קרופן (מקור חשוב לוויטמין A) מחסה רגילה. החסה הזאת – שכבר עכשיו מלבלבת בחווה אחת, מתקרמת פחות – כל כך נקייה, עד שאפשר לאכול אותה ישר מהשקית, בלי לשטוף. והתנאים שבהם גדלה כל כך מבוקרים, עד שאפשר לגדל אותה כל השנה. החווה החדשה, סספרד מכנה "מפעל ירקות", קמה בהשקעה של 18 מיליון דולר, ועתידה להגיע להישגים חסרי תקדים: להפחית את עלויות כוח האדם ב-50%, את עלויות האנרגיה בשליש, את ההשקעה בכל ראש חסה ב-25% ואת כמות המים הנחוצה לו ב-90%. ה"מפעל" ינפיק לא פחות מ-30 אלף ראשי חסה ביום, 10 מיליון בשנה. בתוך חמש שנים ספרד מתכננת לגדל כך חצי מיליון חסות ביום בחוות נוספות, עם חזון שאף פתגם: "העולם מתמודד כעת עם אתגרים רבים בתחום החקלאות, המים והמזון", כותב המנכ"ל שינג'י איגארה באתר החברה. "המשימה שלנו היא ליצור חרשנות שיכולה להתמודד עם הזמנים המשתנים. הקמנו את ספרד כדי ליצור חברה בת-קיימא שבה ילדינו יחיו בשקט".

2. לגדל כמה שיותר בכמה שפחות

ברוכים הבאים לעולם המופלא המכונה "חקלאות מדייקת", שבו מובטח לנו מזון טרי ונקי בשפע, פרי העבודה של רובוטים ובינה מלאכותית, וללא עזרת רחל לילים. עולם שבו טכנולוגיה שכבר קיימת לשימושים

1. מצב החסה ביפן

בעוד כמה חודשים תתחיל לפעול בפרברי קיוטו, יפן, חוות חסות שתופעל רק על ידי רובוטים, למעט הפעולה הראשונית של זריעת החסה. ברגע שהזרעים ינבטו, רובוטים ישתלו אותם בערוגות ורטיקליות, המשתרעות על שלוש קומות של מרפי מתכת ברחבי החווה. כל המתחם הזה נראה כמו רצפת הייצור של מפעל הייטק: נקי, בוהק, מואר בתאורת LED שפיתחה במיוחד בעלת החווה, חברת Spread היפנית, כדי לתת לחסה תאורה אופטימלית לצמיחה משגשגת. הרובוטים לא נראים כמו רובוקופ במגפיים וחולצת עבודה, גם לא כמו רובוטריק. מדובר פשוט בזרועות עם "מוח". הזרועות האלה יכולות לנוע על מסועים לאורך מדפי המתכת, ולשתול, להשקות,

קן צוריאל הררי

לגזום ולקטוף ברגע הנכון, בהתבסס על מידע מפרט מחיישנים חכמים. המידע הזה מאפשר למכונות גם לכוון את הטמפרטורה, הלחות, החמצן, התאורה וכמות המים לרמה המדויקת. במקרה של תקלה שהמערכת אינה מסוגלת לפתור, היא מבקשת, לראשונה, התערבות של חקלאים בני אנוש, שנראים כמו יצרני ציפים, בסרבילים לבנים, כפפות, כיסויי ראש ומסכות מנתחים. כשהחסה תגיע לפרקה, 40 יום לאחר שנשתלה, הרובוטים יקטפו אותה, ויניחו באריזות שקופות. מהחווה היא תופץ לאלפי מרכזים ביפן, חסה פרימיום שגדלה בלי מזיקים, כימיקלים או חשיפה לפגעי מזג האוויר ולמי





הזורע

Prospero סורק את הקרקע ומחפש מקום אופטימלי לזריעה. כשהוא מוצא כזה הוא שולף מקדח, קודח חור בעומק המתאים, משליך לחור את הזרע, מתיז חומרי דישון, מכסה את הבור ומסמן את המקום במערכת, כדי שהרובוטים האחרים יידעו שפה תפוס

צילום: Dorhout R&D LLC



יפעת מידע תקשורת | דרך מנחם בגין 98-96 (לשעבר דרך פ"ת) תל אביב 67138 טל. 03-5635050 פקס. 03-5617166

נרליינס אגטק, "תחום החקלאות לא רווחי; חקלאים לא רוצים שילדיהם יעסקו בו; המשאב העיקרי, מים, חסר; והיום מבינים שאי אפשר להשתמש בעורף דשני, עשבים וקוטלי חרקים כי זה פוגע בסביבה. בשביל להתמודד עם הבעיות האלה צריך להתנהל בעילות גדולה יותר, ופה מגיע עניין הריוק".

האתגר הוא, בפשטות, לייצר יותר עם פחות, והדרך לשם עוברת בהמצאות מבריקות. Prospero, למשל, הוא רובוט בעל שש רגליים, שאמור לפעול כחלק מלהקת רובוטים זורעים. הוא הורכב מחלקים זולים ונגישים, ובראשם שבב של חברת Parallax – מין "מוח" רובוטי קטן שעולה 8 דולרים ומנהל את התוכנה, הסנסורים והבקרים של פרוספרו. התוכנה משלבת עקרונות מתורת המשחקים ואינטליגנציית הנחיל, כך שהרובוטים לא מופעלים בידי כוח מארגן מלמעלה אלא כל אחד מהם פועל באופן מקומי, לפי חוקים פשוטים, ומתקשר

אחרים – ביג דאטה, שבבים, אופטיקה, צילום מתקדם, בינה מלאכותית ואלגוריתמים מורכבים ולומדים – מהגרת לשרות ולחממות, ומאפשרת לייצר יותר אוכל עם פחות יריים עוברות, חומרי רישון וקוטלי מזיקים כימיים, וחשוב עוד יותר – עם פחות מים ופחות קרקע. עולם שבו כלי העבודה הכי חשוב של החקלאי הוא

יפולה שוקלה מקרן גייטס: "המטרה שלנו היא לעבור ממדע וטכנולוגיה למוצרים ושירותים מצוינים שיכולים להיות שימושיים בשדות. התפתחות חקלאית היא כלי להשגת המטרה הגדולה שלנו שהיא, כמובן, הקטנת העוני"

הסמארטפון, שממנו הוא מנהל את השרה, פותח וסוגר מערכות השקיה הישן, עוקב אחרי הטרקטור האוטונומי נומי שמעבד לבר את החלקה ומקבל התראה מרחפן על התחלת מחלה בצמח או על פיצוץ באחד הצינורות. חקלאות מדייקת היא אחת הנישות מציתות הרמיון בעולם הרחב יותר של אגטק, שבו החקלאות והטכנולוגיה נפגשות לחיבור שיכול להציל את העולם. כל מצגת ואנליזה שקשורות בחקלאות מדייקת מתחילות בציטוט נתונים של האו"ם, שלפיהם ב-2050 אוכלוסיית העולם תישק ל-10 מיליארד בני אדם, וכדי להאכיל את כולם ייצור המזון יצטרך להיות גבוה ב-70% מהיקפו כיום. "ויש עוד בעיות מלבד הצורך במזון", אומרת ד"ר ניצה קרדיש, מנכ"לית החממה הטכנולוגית טר-



קרדיש. "החקלאי אמר לי: 'העץ מושפע רק מדבר אחד, מהצל של החקלאי'"



הקוטף

Sweeper הוא רובוט שמורכב מזרוע מפרקית וקופסת מחכת שנראית כבעלת שתי עיניים ובה המצלמה, שאומדת את ריכוז הצבע האדום בפלפל וקובעת אם הוא בשל לקטיף. הרובוט מצויד ב"אצבעות" או בעיגול מחכת לאחיזה בפרי ובסכין להפרדתו מהענף



מה מידת בריאותו וחוזקו של הצמח, וממנה נגזרת כמות החנקן – חומר רישון מצוין – שנחוצה לו. במלים אחרות, המערכת מצליחה לאמוד את בריאות הגידולים, להחליט מי מהם זקוק לרישון ובאיזו כמות, ולהתייז את הכמות המדויקת – וכל זאת בזמן במהירות של עד 16 קמ"ש. לפי נתוני החברה, היא חוסכת 8-10 דולרים לכל 4 דונמים של שדות חיטה, ובשדות תירס החיסכון מאמיד ל-18 דולר ל-4 דונמים. בדיקות אחרות

הראו שהמערכת חוסכת 39% מעלויות הרישון. ומבחינה עקרונית, היא ממחישה עיקרון חשוב בחקלאות מדייקת: התייחסות לשונות של השרה. "עד 1997, אז התקיים הכנס הראשון על חקלאות מדייקת, השרה קיבל טיפול אחיד מבחינת השקיה או רישון. אף שהוא לא גרל באופן אחיד, הטכנולוגיות לא טיפלו בשונות הזו", מסביר ד"ר ויקטור אלחנתי, מנהל המכון להנדסה חקלאית במינהל המחקר החקלאי (מרכז וולקני) ואחד החוקרים החשובים בתחום בארץ.

פרקטיקות להיפטרות מעשבים מזיקים מיישמות באופן נפלא את רעיון השונות. RIPPA הוא רובוט אוסטרלי שבעזרת GPS וגלגלים עם טווח תנועה של 360 מעלות, נוסע לבדו בין התלמים. בתחתיתו מותקנות מצלמה צבעונית רגילה שמתערת את הגידולים, מצלמה היפר-ספקטרלית שמצלמת באינפרא-אדום ואולי-טרה-סגול, וסנסור שאומר את גובה הגידול. המידע מוחזק לאלגוריתם של הרובוט, ומוצלב עם מאגר של מידע ותצלומים של צמחים, מה שמאפשר למערכת להכריע אם העשב שצולם ראוי לחיסול. אם כן, האלגוריתם מורה לרובוט כמה קוטל עשבים לכוון ולאן, וכמות מזערית ומדויקת משמידה את העשב. האלגוריתם הלומד של RIPPA מייצר מכל קומבינציית נתונים כזאת מודל שישימש אותו במפגש הבא עם תכונות פיזיות וויזואליות

עם הרובוטים האחרים כדי להשיג את המטרה שלהם. פרוספרו לא זקוק למצלמות מתחכמות או GPS. כל מה שהוא צריך לדעת על העולם קורה מתחתיו. מערך חיישנים שמותקן בבטנו, וכולל LED ופוטורוי סטורים שמודדים את עוצמת האור, מאפשר לו לזהות אם הארמה שהוא צועד עליה נרעה. אם הוא מזהה זרע הוא יחפש מקום סמוך, במרחק האופטימלי שהוגדר לו, כדי לזרוע שם. ברגע שיאתר מקום כזה מקרחה שתי שלף מבטנו תקרה חור לעומק הרצוי, על פי הגדרות מדויקות, ואז הרובוט יטיל לתוכו את הזרע, יתייז חומר רישון ויכסה את הבור. משם הוא ימשיך בהליכת העכיביש שלו לחפש מקום אידאלי נוסף לזרוע הבא, כשהוא נמנע ממכשולים בעזרת סנסורים על-קוליים. אם פרוספרו הגיע לקרקע כמעט בתולית, עם שפע מרחב לזריעה, התוכנה תזמין רובוטים נוספים לזרוע בסביבה בעזרת אותות אינפרא-אדום. ובאופן דומה, אם האזור זרוע בכבדות, אותות אחרים יסמנו שלא כראי להגיע למקום. התוצאה היא שכל השרה נזרעת, בעומק האופטימלי לזרוע ובמרחק המושלם מזרעים אחרים. אמנם לא בשורות ישרות, אך כלי לבזבז סנטימטר אחד מהשטח, זרעים, חומרי רישון או מאמץ אנושי.

פתרון מדויק אחר, הפעם לרישון, מציע GreenSeeker. המערכת משתמשת בסנסור אופטי מתחכם שמותקן על המרסס הסטנדרטי, שהוא מין שתי כנפיים ארוכות שיוצאות מהטרקטור במקביל לקרקע. הסנסורים פולטים פריצים קצרים של אור אדום ואינפרא-אדום קרוב (Near Infra Red, או NIR בקיצור). כיוון צמחים בריאים סופגים יותר אור אדום ומשקפים כמות גדולה יותר של NIR, המערכת אומדת את עוצמת החזרה של האורות בעזרת פוטורידות, גלאי אור שמפעילים מעגל חשמלי, ומציבה אותן בנוסחה שמדד שבת מדד לבריאות הצמח (NDVI שמו). התוצאה מראה



הסוכן בשטח

Rosphere מתגלגל ומנווט בקלות על כל משטח, עוצר כשהוא צריך לאסוף מידע על הרכב הקרקע, הטמפרטורה, הלחות ובריאות הצמחים, ואז משרר אותו לחקלאי

צילומים: רני פרייס, Wageningen University & Research



והתרחבות ההשקעות, מושכות הרבה מאוד סטארטאפים טיים ישראלים (עוד עליהם – בהמשך). "המון חברה מגי עים מעולם ההייטק, תלפיוניסטים, יוצאי 8200, ואומרים שנמאס להם לפתח עוד אפליקציה והם רוצים לנצל את הכישורים שלהם כדי לעשות משהו משמעותי, וזה נפלא", אומרת ר"ר קרדיש מטרנדליינס אנטק. וכשהיא קלאות נהפכת לטכנולוגית יותר, היא גם מחזירה הביתה, למשק של המשפחה או של הקיבוץ, צעירים שעזבו את אורח החיים הכפרי לטובת העיר, האוניברסיטה והעבודה בכגרים נקיים. "באים חקלאים ואומרים, הבן שלי רוצה

את זה ורוצה לעשות את זה אחרת, ואני מוכן להשקיע", מספרת קרדיש. "נוצר ממשך חדש שמושך אותם".

4. לזהות מהאוויר בעיות באדמה

הרובוט Rosphere נולד באוניברסיטה הפוליטכית בית של מדריד. הוא נראה כמו כדור פלסטיק שקוף בקוטר 30 ס"מ, ומתגלגל ומנווט בקלות על כל משטח – על פי עיקרון מרכז הכובד, קצת כמו אוגר שרץ על גלגל. עד כה הותקנו עליו חיישני טמפרטורה ולחות שאוספים מידע מהקרקע שעליה הוא מתגלגל בקצב של רגימה לשנייה. המידע משודר לחקלאי באמצעות Wi-Fi, ומסייע להחליט מה הזמן הטוב ביותר להשקות את הגידולים. בעזרת ה-GPS שמתקן ברובוט, החקלאי גם יכול לדעת איזה אזור בשדה חם או יבש וזקוק ליותר השקיה. גם האפליקציה PlantVillage מצטיינת באיסוף מידע. למעשה, היא מתפקדת כמעין "שאוּאם" של מחד לוח צמחים: בעזרת עשרות אלפי תצלומים של צמחים חולים ובריאים שהוזנו לתוכה, היא יכולה לזהות צמחים חולים בדיוק של עד 99%.

אלה רק שתי דוגמאות לפיתוחים בולטים שמציפים את החקלאים במידע. הצורך להתמודד עם כל המידע הזה, הוליד שלל פיתוחים שמארגנים אותו והופכים אותו להמלצות פעולה. חברת Mavix מקליפורניה, למשל, עובדת עם רשת של מטוסים, לוויינים ורחי פנים שמתעדים שדות חקלאיים בתצלומים רגילים, באינפרא-אדום ובמצלמות באורכי גל שונים. התצלומים, שמגיעים לרזולוציה מדהימה של סנטימטר יחיד, מוצלבים עם מידע שנאגר מהקרקע באמצעות חיישנים, והשילוב מאפשר לחשב אינדיקטורים לבריאות הצמחים כמו תכולת מים, חנקן וכלורופיל. על סמך המידע הזה, המערכת מספקת לחקלאי המלצות מדויקות לגבי רישון, טיפול במזיקים והשקיה בכל אינץ' בשדה. על הדרך, המערכת מצליבה את הנתונים הנוכחיים של השדה עם ביצועי עבר ומנבאת את התוצאה הצפויה בעונה הקרובה.

בתחום הלוויינים פועלות חברות רבות, והמדוברת מכולן היא Planet (שעד לאחריה נקראה Planet Labs) מקליפורניה. היא פיתחה מיקרו-לוויינים שמכונים "יונים". אורך כל יונה הוא 30 ס"מ, משקלה 5 ק"ג ונדרש שבוע בלבד להרכיב אותה. היא מצוידת באנטנת רדיו שמאפשרת תקשורת לוויינית ומשלוח התצלומים שהיא מתעדת; פאנלים סולאריים שאוגרים חשמל בסוללות ליתיום-יון; ובחזית שלה ממוקמת המצלמה הראשית, שמתעדת כל הזמן את כדור הארץ ברזולוציה של 3-5

צילומים: UPM, אי.א.פי

דומות. בעזרת הידע הנצבר Rippa מסוגל גם להבחין בין העשבים והגידולים לאבנים, זכוכיות ועוד. וכל התהליך מתרחש בזמן נסיעה, בעזרת חשמל מפאנלים סולאריים ומביא לחיטוך רב בקוטלי עשבים.

אופציה אחרת היא להשתמש ב-Lettuce Bot (רובוט החסה) של חברת בלרריבר, המכונה "רומבה של עשבים", על שם שואב האבק הביתי. הרובוט הוא טרקטור אוטונומי שנוסע בשדה, מצלם את כל מה שגדל בו ומצליב את התצלומים עם בסיס נתונים עצום של צמחים כדי לזהות עשבים שצריך להיפטר מהם. כרגע שווה, הרובוט מרסס אותם במדויק: הוא מסוגל לטפל ב-5,000 צמחים ברקה וברמת דיוק של 0.6 ס"מ, ולהפחית את השימוש בכימיקלים בשדה ב-90%.

3. הענף דוהר, וישראל איתו

תחום האנטק צומח בקצב מסחרר – בתוך פחות משלוש שנים גדלו ההשקעות בו בעולם כמעט פי עשרה. ישראל היא מועמדת טבעית לככב בענף שמפגיש חקלאות עם טכנולוגיה: גם החקלאות הישראלית וגם הטכנולוגיה הישראלית הן מותגים חזקים בעולם. כשמחברים אותן, השלם גדול מסכום חלקיו. ההערכות הן שבארץ יש

כ-400 מיליון שקל המיועדים להשקעה באנטק – כספיים המדענים הראשיים במשרדי החקלאות הכלכלה, קרנות פרטיות כמו GreenSoil ופונטיפקס, תוכנית החממות של משרד הכלכלה, הקרן שהקימה הענקית הגרמנית באייר עם טרנדליינס המקומית ויוזמות נוספות. גם בעולם מגלים את התחום המשקיעים הגדולים והנחשקים ביותר, ובהם גוגל ונצ'רס, קרן גייטס, אריק שמירט מנוגל והאנג'ל המפורסם וינוד קושהל.

קרן גייטס, אגב, כבר השקיעה בתחום החקלאות 2 מיליארד דולר. ויפולה שוקלה, שמובילה את אסטרטגיית ההשקעות של הקרן באנטק, הסבירה: "המטרה שלנו היא לעבור ממדע וטכנולוגיה למוצרים ושירותים מצוינים שיכולים להיות שימושיים בשדות. התפתחות חקלאית היא כלי להשיג את המטרה הגדולה שלנו שהיא, כמובן, הקטנת העוני".

הנה עוד אינדיקציה לכאזן סביב אנטק: בספטמבר התקיים במכון ויצמן כנס אנג'לוסטי הבינלאומי הרביעי, יוזמה של חממת טרנדליינס אנטק, קרן גרינסייל ומשרד הכלכלה. בשנתו הראשונה, 2012, השתתפו בכנס 100 איש; השנה היו בו 450 משקיעים, יזמים ונציגי חברות מכל העולם. "כשהקמנו את גרינסייל לפני חמש שנים צחקו עלינו, וכל ההשקעה בעולם בתחום היתה אז חצי מיליארד דולר. ב-2015 ההשקעות קפצו ל-4.6 מיליארד, וזה עדיין מעט יחסית לפוטנציאל", אומר גרין עוז סוסמן, ממייסדי גרינסייל, שגייסה 40 מיליון דולר להשקעה באנטק ובפורטק. "בינתיים השקענו בשש חברות, משקיעים בינלאומיים כמו לי קאשינג ואריק שמירט רוצים להשקיע איתנו, ויש עוד גורמים בדרך. זה אחד התחומים שמקבלים היום הכי הרבה תשומת לב, יש בו התלהבות, צמיחה ויתרון גדול לישראל. עד היום ראינו פה יותר מ-500 חברות, ולמעט קליפורניה, אין מקום בעולם עם כל כך הרבה חברות בתחום. כל שבוע אנחנו פוגשים משהו מרתק, וזה נחמד, כי זו לא תקווה רק לעשות כסף, אלא גם לתרום משהו חיובי לעולם". המוטיבציה הזאת, לצד ההדירה קדימה של התחום

צריך לקנות מל"ט ולתפעל אותו, אלא לפנות לתעשייה האווירית ושותפיה המקומיים עם שאלה לגבי הגידולים שלו. הם יטיטו, יצלמו, יפענחו – וייתנו לו תשובה. מעבר לכך, כאמצע 2017 התעשייה האווירית תעלה לגובה 720 ק"מ את הלויין VENUS, שנבנה עבור סוכ"נאות החלל של ישראל וצרפת. הוא מצויד במצלמה מולטי-ספקטראלית עם 12 אורכי גל שונים, שמייצרים גם צי"לומי אינפרא-אדום, מגיע לרזולוציה של 5 מטרים, ויחזיר לאותה נקודה אחת ליומיים במסלול מתואם שמש (באותה

מטרים. פלאנט משגרת את היונים שלה בלהקות של עשרות, ועד כה שיגרה אותן 14 פעמים, מארבע מדינות שונות (ארצות הברית, רוסיה, יפן והודו). משך חייה של יונה קצר יחסית, 18 חודשים, אבל עם 145 יונים ששוגרו עד כה בהצלחה תמיד תהיה יונה פעילה באוויר. להקת היונים של פלאנט מאפשרת לה לצלם כל נקודה על כדור הארץ בתדירות גבוהה ועם ארכיונים זמינים מ-2009. בעזרתה חקלאים יכולים לנטר את הגידולים, לעקוב אחרי הפעילות בחוות, ללמוד על תכולת הכלורופיל, שינויים בין עונות וכו', ולשתף את האגרונומים והיועצים שלהם כדי לקבל החלטות.

גם בתחום הרחפנים והמל"טים ההיצע עצום, ונראה ש-BirdEye 6500 של התעשייה האווירית – פרי אזורו של יכולות צבאיות – מציע תכונות ייחודיות ובמיוחד עסקי שחקלאים יאהבו. המל"ט יכול לטוס ולצלם פרק זמן ארוך של שמונה שעות, לעכר את התצלומים בתוכנה שפותחה בתעשייה האווירית וזהות מחלות, מזיקים, בעיות השקיה וכו'. התוכנה מתממשת למערכת מידע גיאוגרפית (GIS), שמציגה את המידע כמפה או כטבלה. כאשר התוכנה מזהה בעיה – למשל מחלה בגידולים – מערכת ה-GIS יכולה לכוון את החקלאי לנקודה המדויקת בשדה שלו, כדי לטפל בה.

"במטעי בננות בכרזיל, למשל, מתמודדים עם פטרייה שמתלבשת על העץ ומשמירה אותו. הם שופכים המון ריסוס ומכובזים שעות טיסה רבות, אבל לא מצליחים להדביר את הפטרייה", אומר מאיר ורדי, מנהל פיתוח עסקי של מפעל מל"ט של התעשייה האווירית. "אנחנו נחננים הנחיות למל"ט, הוא טס בעצמו ומצלם, וכל חומר הצילום נכנס לתוכנה שמחפשת את הפטרייה ויודעת לזהות אותה בשלביה הראשונים. במקום לרסס מאות אלפי דונמים אתה מרסס נקודתית, לא מוציא הרבה כסף על חומרי ריסוס ושעות טיסה, לא מזהם את הסביבה וגם מחסל את הפטרייה בשלב מוקדם. זה Win-Win לכולם". המל"ט יכול לשמש גם בפררסים, לזיהוי תופעה שתולעת מסוימת גורמת לעלי עץ הדר, כדי לרסס אותם באופן ממוקד ומוקדם, לנטר עשבים שמיים תפשיטים בשדות קנה סוכר, או לזהות השקיה לא אחידה של השדות. כדי שהעניין יהיה כדאי לחקלאי, הוא לא

ד"ר ויקטור אלחנתי:
"הטכנולוגיות מתפתחות בקצב מסחרר. לפעמים אנחנו מנסים משהו במעבדה ואומרים, 'טוב, זה יהיה עוד עשר שנים', וכעבור שנה הוא נגיש בכל העולם. חולמים בגדול, וזה לא מספיק בגדול. צריך לחלוט מעבר למה שחושבים שאפשר"

גדעון סוסמן: "זה אחד התחומים שמקבלים היום הכי הרבה תשומת לב, ויש בו יתרון גדול לישראל. למעט קליפורניה, אין מקום בעולם עם כל כך הרבה חברות בתחום. כל שבוע אנחנו פוגשים משהו מרתק, וזו תקווה לא רק לעשות כסף, אלא גם לחרום משהו חיובי לעולם"

המשמיד

RIPPA נוסע לבדו בין התלמים. סנסורים בחלקו התחתון בוחנים את הגידולים, ומעבירים את המידע לאלגוריתם שפוסק אם זה עשב שרצוי להשמיד. אם כן, האלגוריתם מורה לרובוט איזו כמות של קוטל עשבים לכוון ולאן, וכמות מזערית ומדויקת משמידה את העשב



זווית גיאומטרית ואותם תנאי תאורה). "בחקלאות זה כמעט זמן אמת", אומר מוטי, מנהל הפרויקט במפעל חלל של התעשייה האווירית. בשנתיים וחצי הראשונות לפעילות, שמשלימת שני מחזורי חקלאיים, הוא יספק מידע ל-200 פרויקטים מהעולם שעוסקים בחקלאות מדייקת, במים ובאיכות הסביבה, ויעשה זאת בחינם. "הרגש הוא לתת הרבה מידע לחוקרים כדי שיתחוו כלים יישומיים. את הפירות נראה בעוד כמה שנים", מסביר מוטי.

5. אל המים החדש הוא המחשב

תחום ההשקיה הוא אחד העשירים בפתרונות חדישניים, ויש בו נציגות מכובדת לחברות ישראליות. הסטארט-אפ הישראלי Saturas, למשל, פיתח חיישן שמושתל בגזע הצמח, בוחן את רמת המים שבו ומשדר את המידע לבקרי ההשקיה האוטומטית, שפועלים בהתאם. פיתוח מקומי אחר הוא CropX, שכבר זכה לכיבוד תבות בעיתונים מהחשובים בעולם. מוביל אותו יצחק בנטואיץ' (לשעבר מפגסוס מדיקל ורוטטה גנומיקס), שקיבל מימון מהקרן של אריק שמירט וקרנות ישראליות כמו גרינרסויל ו-OurCrowd. בעזרת שלושה ארבעה חיישנים בלבד שמספקים לסקירת שדה של 500 דונם, האלגוריתמים החזקים של CropX מסוגלים לקבוע אילו חלקים בשדה נוטים להיות יבשים. לאחר שניטרה את המידע, האפליקציה מייצרת מפת השקיה אופטימלית לשדה ומפעילה את מערכת ההשקיה בהתאם, הכל באופן אוטומטי ותוך חיסכון של 25% ממי ההשקיה. החקלאי יכול להתערב בתהליך או לעקוב אחריו באפליקציה. "להאכיל את העולם ולפתור את משבר המים זה האתגר הכי גדול של האנושות", הסביר בנטואיץ' בעבר. "לקחת טכניקות שעובדות במדעי החיים או בתחומים אחרים וליישם אותם על חקלאות זה מהפכת ה-IT של החקלאות, וזה מרגש מאוד".

חברת מן השקיה מפתחת פיתרון שמבוסס על אינפורמציה ממקורות רבים ומפיק ממנה המלצה מפורטת להשקיה. זו הפעילות החדשה שבה מעורב ד"ר שי מיטל, אנדרונם חתיק ומראשוני החקלאות המדייקת בארץ. כבר בשנת 2000 הוא הקים את חברת אגם, שפיתחה או ייבאה טכנולוגיות כמו ה-GreenSeeker. מבחינתו, מן היא הקפיצה הבאה קדימה, לניטור שמוזק למתכון פעולה מדויק. התוכנה של מן מסוגלת לחשב נעלם

גדול – כמה מים צמח מאבד באירוי – על בסיס נתונים לווייניים ונתונים מטרולוגיים מדויקים. היא מביאה בחשבון פרמטרים כמו שטח הפנים של הצמח, לחות, קרינה, טמפרטורה ורוח, ומייצרת תחזית שלפיה נבנית תוכנית השקיה מדויקת: בכמה מים להשקות חלקות שונות בשדה ובאיזה סדר עדיפותיות. המוצר ייצא לשוק בעוד כחצי שנה.

האפשרות לתת למערכת לקבל החלטות על ההשקיה מפתה, אך גם מטרידה. האם החקלאים יסכימו לוותר לחלוטין על השליטה ולהסתמך על מערכת אוטונומית? "חיבור של המחשב לכרז נוגע בשאלה כמה מהר חקלאים מאמצים טכנולוגיה חדשה", אומר חובב לפירות, מנהל השיוק של מן. "זו קידמה, וחקלאי שרר צה להשתפר מבחינה כלכלית ופיננסית יצטרך לאמץ אותה, גם אם זה לוקח זמן. החקלאי מנסה קצת בעונה אחת, ואז בשנייה, ואולי בשלישית הוא ייקח".

אלחנתי ממרכז וולקני מרגיש כי לצד העובדה שאפשר להתריע מפני בעיות בשלב מוקדם, שכנוע הח

קלאי מתבסס על אמינות יציבה. במקום מפתחים כעת שיטה לזהות, באמצעות צילום תרמי, שינוי טמפרטור רה במלונים, שמעיד שהם נרכשו בחיירק שמסב נזקים גדולים. היופי של השיטה טמון ביכולתה להתריע על ההידרבות כמה ימים לפני שהיא נראית לעין. "זה סוג הדברים שהכי מעניינים חקלאים, הגנת הצומח ומשהו שמייצר להם ערך כלכלי", אומר אלחנתי. מבחינתו, פיתוח יהיה מוצלח ומסחרי רק אם יהיה זול, אמין ומדויק. "אם המוצר מצליח ב-85% מהמקרים, זה צריך להיות 85% תמיד. אם פעם אחת הוא יעמוד על 60%, החקלאי לא ירצה לשמוע כלום בעשר השנים הבאות".

6. כל כך הרבה מקורות מידע

גישת המאקרו של מן השקיה מאפיינת קבוצה שלמה של טכנולוגיות, שמגייסות את כל הכלים שקיימים כיום – חיישנים, לוויינים, רחפנים, ביגדאטה, נתונים מטרולוגיים, תצלומים והתרשמויות של חקלאים – כדי לעבד אותם למידע מדויק וירידותי. Taranis הישראלית, למשל, אוספת מידע מגוון כזה כדי לזהות מוקדם את תנאי הרטיבות המשקעים שבהם מתפתחת מחלת חר-כון האש (Fire blight), שגורמת למגדלי תפוחים ואגסים בארצות הברית להפסידים של 100 מיליון דולר בשנה. פרוספדה, ישראלית גם היא, מציבה בשדה או בחממה קופסה שבחזיתה מצלמה שמתעדת את הגידולים. התוכנה של פרוספדה מעבדת את התצלומים בשילוב עם המידע מסנסורים שמודדים טמפרטורה, לחות ואור. כשהיא מזהה משהו חריג, למשל שמחלת הכימסון מתיישבת על תפוחי האדמה, היא מתריעה על כך בפני החקלאי. המערכת מותקנת בחוות גדולות שתוצרתן מיועדת לקמעונאיות ענק כמו וולמארט וטסקו.

7. סוף עידן הגיוסים במשק?

זיהוי מחלות או מזיקים וסוגיות הנוגעות להשקיה נראים כמו משחק ילדים לעומת האתגר הגדול: הקטיף. לא מעט חוקרים וזימים כבר שקועים במירוץ להמצאת הטכנולוגיה שתקטוף את הפרי הבשל בלי להזיק לו.



חווה חסות של חברת Spread ביפן. רובוטים מטפלים בכל שלבי הגידול של החסה, כלא מעורבות אנושית

מי שיצליח בכך ייהנה משוק עם ביקוש אדיר, שכיום מתבסס על עבודה ידנית, קשה ויקרה. בארצות הברית

ד"ר ניצה קרדיש: "יעילות ודיוק יכולים לפתור את הצורך במזון וגם בעיות נוספות: תחום החקלאות לא רווחי; המשאב העיקרי, מים, בחסר; והיום מבינים שאי אפשר להשתמש בעודף דשנים, עשבים וקוטלי חרקים כי זה פוגע בסביבה"

רית לברה נקטפים בכל שנה כ-12 מיליון טונות פירות הדר, אחוזים מעטים באמצעות שלטול העץ. כל השאר, 50 מיליארד פירות הדר, נקטפים ביד, אחד-אחד, תוך עמידה על סולמות, בכל מזג אוויר, שנה אחרי שנה.

חברת Energid ממסצ'וסטס מציעה פתרון לקטיף תפוזים. הוא רעשני, לא אלגנטי ולא סלקטיבי (כלומר קוטף את כל הפירות, בלי לבחון מי בשל לכך), אבל עובר. מדובר בזרוע מונחת מצלמה, שמוזה את התפוז ואז מונקת קדימה, כמו לשון צפרדע, ובעזרת צבת קוטר פת את הפרי, שנוחת על מסוע. קוטף ההדרים מבוסס על שני כלי תוכנה שהחברה פיתחה ומשמשים אותה בכל הרכיבים שלה, כולל לתעשייה הגרעינית, לבריכת ציוד אלקטרוני ולקידוחי נפט ביים. כלי אחד מאפשר לרד-בוט "לראות" תמונה תלת-ממדית של התפוז שלפניו,

לאמת שזהו תפוז ולרווח על מיקומו המדויק. הכלי השני מקבל את המידע ומכוון את הזרוע למרכז התפוז, באופן לומד וסתגלני, בתוך סכך של עשרות זרועות שתוקפות את העץ ברעש מהיר. תפוז אחד נקטף בשתיים-שלוש שניות, ועל פי החברה מכונה אחת יכולה לעשות ביום את העבודה של 140 עובדים, עם 20% פספוסים פרי בלבד.

המתריע

BirdEye 6500 של התעשייה האווירית. יכול לטוס ולצלם שמונה שעות ברציפות, לעבד את התצלומים בתוכנה מיוחדת ולזהות מחלות, מזיקים, בעיות השקיה וכו' ולהגיד לחקלאי איפה בדיוק במטע יש בעיה שצריך לפתור

לפיתוח המבטיח ביותר לקטיף, בשלב זה בתחום הפלפלים, אחראים ארבעה צוותי מחקר מישראל, גרמניה, הולנד ושבריה, במסגרת פרויקט הורייזון 2020, תוכנית הדגל של האיחוד האירופי למחקר ופיתוח. בראש הצוות הישראלי עומדת פרופ' יעל אירן, מיוזמת ABC Robotics באוניברסיטת בן-גוריון, שמפתחת רובוטים חקלאיים, ביולוגיים וקוגניטיביים. הפלפל נבחר מפני שזהו ירק עם ערך כלכלי גבוה שיצדיק את ההשקעה מבחינת החקלאים, וגם משום שהוא גדל באירופה בחממות שדומות לחוות החסות היפנית, כלר מר בעלות תשתית מסועים ותנאים פיזיים שיתאימו לשילוב רובוט. כך בא לעולם Sweeper: רובוט שהוא

זרוע מפרקית שתנועתה מזכירה נחש רובוטי. מחובר רת אליו קופסת מתכת שנראית כבעלת שתי עיניים, גדולה וקטנה, שם נמצאת המצלמה, שאומדת את ריכוז הצבע האדום בפלפל וקובעת אם הוא בשל לקטיף. אם כן, אצבעות מתכת או טבעת מיוחדת אוחות בפרי, וסכיני חותך את החיבור שלו לעץ והפלפל מובל בעינינות למגש או לארגז. קעת הצוות ממתין למצלמה ייחודית שהוזמנה על פי דרישותיו – מצלמה רמוית קינקט שיכולה לעבוד בתנאי חוץ ולצלם צבע לעומק ולמרחקים שנחוצים בחממה. באפריל, כשתחל עונת הפלפלים הבאה בהולנד, הרובוט עם המצלמה החדשה ייכנס לעבודה. הפרויקט המחקרי יסתיים ביולי 2018, ואז החברה ההולנדית ששותפה בו עתידה למסחר אותו. כשהסוויפר יכשיל, הוא ישנה לחלוטין את העבודה בחממות. שינוי כזה מחייב היערכות מדורגת, בתמיכת הרשויות. "צריך לתמוך בחקלאות המקומית כדי לשמר אותה, כמו באירופה, אבל לקשור בין הענקת התמיכות להתייעלות החקלאים באמצעות הטמעת טכנולוגיות ישראליות", מסבירה שירי פרוינר קורן, חוקרת במוסד נאמן בטכניון. "כך מקבלים רוחח כפול: קידום טכנולוגיות ישראליות וגם הגדלת הפריין וההתייעלות בחקלאות".

כך תיראה חקלאות בתוך עשור או שניים: רצפת גידול מבריקה עם רובוטיקה ועם הטכנולוגיה הכי חכמה שבנמצא. לחקלאי יהיו ציפורניים נקיות, מסך של מכשיר חכם בהישג יד וסרבול לבן. "רוב הפעולות של החקלאים יהיו מבוססות על מידע ולא על הרגשה ו'נראה לי', ויהיו כלים שצוברים את כל הנתונים ועושים בהם שכל", אומר אלחנתי. "זה מרתק, והטכנולוגיה



הבנה שרק מהפכה טכנולוגית אמיתית תאפשר לחברה האנושית להתמודד עם האתגר הגדול הזה".
 ואילו ניצה קרדיש מוסיפה אנקדוטה שמבהירה שגם אם תיתן לחקלאי אייפר, לא תוציא ממנו את האהבה לא־דמה. "פעם פגשתי חקלאי במטע ליד ראש פינה, להראות לו טכנולוגיה, הוא אמר לי, 'נורא מעניין, נורא מתוחכם, אבל העץ מושפע רק מדבר אחר, מהצל של החקלאי'. אמרתי לו, 'יהיה סנסור, ואתה תבוא לבקר אצו'".

צילום: אלון רון

גיות מתפתחות בקצב מסחרר. לפעמים אנחנו מנסים משהו במעבדה ואומרים, 'טוב, זה יהיה עוד עשר שנים', וכעבור שנה הוא נגיש בכל העולם". במאמר שפרסם לפני כמה שנים הדגיש את הפוטנציאל של חקלאות מדייקת לשפר את חיינו. "חוקרים ואנשי מקצוע רבים ברחבי העולם מזהירים מפני הרעב הצפוי לאנושות בשנת 2050", כתב אז. "אם לא יימצאו פתרונות לייצר כמות מספיקה של מזון, יהיו פה מלחמות על מים ואוכל (... כולם נושאים עיניים אל העולם הטכנולוגי, מתוך -

כלכליסט - כותרת	13/10/2016
10.83x32.71 1 21 עמ	55514223-4



חיקון עולם

מפסיקים להרוג את הצמחים

הסטארט־אפ הישראלי Growee, שפיתח מערכת חכמה לגידול צמחי מים בבית, זכה בפרס בפסטיבל חדשנות בתל אביב. היזם עידן אביטן: "המטרה היא להפוך כל אחד לחקלאי"

גלת למדוד ולשפר אוטומטית את מצב המים, באמצעות הוספה מבוקרת של דשנים וחומרים נוספים למים. המערכת מחוברת לאינטרנט, והחברה למעשה מנטרת מרחוק את מצב המים והצמחים, ומתאימה לכל צמח תוכנית גידול משלו. כל הנתונים מועברים גם לסמארטפון של המגדל הביתי, שיכול מכל מקום לעקוב אחרי מצב הצמחים שלו.

מרבית המערכות ההידרופוניות כיום מאפשרות לגדל צמחים "על עיוור", כלומר ללא בקרה של מצב המים, ואילו אחרות מספקות מדידה, אך המגדל צריך לקרוא בעצמו את הנתונים, להבין כיצד לשפר אותם, ולהוסיף ידנית את החומרים הדרושים.

"מטרת הפיתוח היא להפוך כל אחד לחקלאי", אומר אביטן. "הגידול ההידרופוני כיום הוא תובעני ביותר. כשהתחלתי לגדל בעצמי הרגתי את הצמחים פעם אחר פעם, ולא הבנתי למה הם מתים. המערכת שלנו מאפשרת לכל אחד לגדל מה שהוא רוצה בשיטה ההידרופונית לפי פרוטוקול גידול שנכתב לכל צמח - והופכים את השיטה שהיתה שמורה לאליטה של החקלאים הביתיים נגישה לכולם".

החברה מעסיקה כיום שלושה עובדים, עידן אביטן, מאור אביטן ושמואליק דורון, והיא נמצאת בעיצומו של גיוס הון כדי להגיע לאבטיפוס סופי של מוצר פועל עד התערוכה בוגאס שתתקיים בינואר הקרוב. היעד של החברה הוא לגייס 600 אלף דולר בסבב גיוס ראשון, ובמקביל לפתוח בגיוס המונים בקיקסטארטר.

המערכת של החברה גם יכולה להפחית את כמויות המים בתהליך וכן את כמויות הדשנים שבדרך כלל נכנסים למערכות ההידרופוניות, בעלויות גדולות לצרכן. אביטן מספר כי בפייילוטים הראשונים של המערכת הצליחה החברה לחסוך כ־60% מחומרי הדשן לעומת פרוטוקול גידול רגיל.

גיל קליאן

הסטארט־אפ הישראלי Growee בן פחות משנה, וכבר הצליח למשוך את תשומת הלב של קהילת היזמים הצרפתית עם זכייתו בהאקתון La French Tech בפסטיבל החדשנות DLD תל אביב. אנשי הסטארט־אפ, שעמלו על פיתוח מערכת חכמה לגידולים ההידרופוניים של יד־קוח בבית, זכו לבסס קשרים עם יזמים צרפתיים, ואף קיבלו חבילת השתתפות בתערוכת הטכנולוגיה CES בלאס וגאס. החברה הוקמה בינואר השנה על ידי עידן אביטן, מהנדס רובוטיקה בן 30, שבינואר התפטר מהעבודה שלו וחזר לגור עם ההורים כדי להשקיע את כל מה שיש לו בפיתוח מערכת של גידול ושיפור ערכי המים שבהם גדלים צמחים ההידרופוניים, כלומר כאלה הניזונים ממים בלבד, ללא קרקע. כיום מגדלים ביתיים צריכים לעקוב ול־מדוד ידנית סוגים רבים של ערכים ומשתנים בתוך המים, שיכולים להכריע את גורל הצמחים שלהם. המערכת של אביטן מסוֹר



מייסד Growee עידן אביטן מחזיק חסה שפוחחה בעזרת מערכת גידול המים

איך עובדת המערכת של Growee

- מנטרת מרחוק את מצב המים והצמחים
- בהתאם לצורך מוסיפה דשנים וחומרים נוספים למים
- המערכת מחוברת לאינטרנט, והנתונים מועברים גם לסמארטפון של המגדל הביתי

