

מערכת ראייה מלאכותית לניטור מוקדי נגיעות בשדות כותנה מתוך תמונות כטב"ם זעיר.

## **Anomalies recognition in micro UAV images of cotton fields.**

דיווח Feb 2018 מוגש להנהלת ענף הכותנה

ד"ר יפתח קלפ\*, עומר ספיר†, אריאלה ניב\*\*, מיכל אקסלרוד\*\*, אשר לוי\*, רוני כהן\*\*\*, מיטל אלקבץ\*\*\*, ניר סוכן†, שי עוזר\*.

\* מנהל המחקר החקלאי, המכון להנדסה חקלאית; \*\* מועצת הכותנה, † אוניברסיטת תל אביב המחלקה למתמטיקה שימושית; \*\*\* נווה יער, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני.

### **1. פעילות בשדה-2017 (שנה שלישית)**

בהתאם לתכנון, בתחילת העונה נעשה מאמץ לאתר שדות הנגועים בכנימה קמחית מנוקדת ובמקורפומינה, הקמחית המנוקדת כמעט ולא נצפתה, ובמקומות בהם נצפתה, הנגיעות נעלמה מעצמה. תכנון הפעילות במקורפומינה כלל מעקב אחר שדות נגועים באופן טבעי, ושדות שהייתה כוונה להדביק באופן מלאכותי על ידי ד"ר רוני כהן. פעילות הדבקה מוצלחת החלה רק לקראת תום העונה, כך שהפעילות התבססה על שדות הנגועים באופן טבעי בלבד. כמו בשנים הקודמות, גם כאן, נאלצנו להמתין עד שעקבות המחלה נצפו. בתחילת אוגוסט ידענו על נגיעות משמעותית בבני דרום וברבדים. משיקולים טכניים (קרבה לקווי מתח גבוה) לא יכולנו לקיים טיסה מעל בני דרום והניסויים התמקדו בשני שדות ברבדים, אשר נמדדו על פני חודש אוגוסט בשלושה מועדים במרווח של שבוע.

תכנון ימי הניסויים המקוריים כלל חזרה על מתווה הטיסה שהוגדר בעונת 2015 ואיפשר הרחבת מסד הנתונים ע"י ביצוע ימי ניסוי נוספים לצורך שיפור האלגוריתמים. צילומי האוויר כללו את כל שהוגדר מראש (צילום מהגובה, צילום מעל מוקד, צילומים ב-RGB וצילומים במצלמה מולטיספקטרלית לרבות אזור ה-red edge). סקר הקרקע כלל מדידות ספקטרוסקופיות, גם בצמחים הנגועים בכנימות, והורחב לשיתוף פעולה עם ד"ר רוני כהן להרחבת המודל הכימומטרי למקורפומינה, הדורש כימות נגיעות בפטריה עצמה. הדיווח על ממצאי הבדיקה נדחה לדו"ח המדען במאי - 2018.

## ניסויים וסקרים קרקעיים שבוצעו:

טבלה 1- רשימת הניסויים והסקרים הקרקעיים

מיקום	מטרה	תאריך
בני דרום	בחינת השטח לפני הניסוי, זיהוי מוקדי מקרופומינה המתאימים לביצוע ניסוי מהאוויר, איסוף מידע ספקטרוסקופי נוסף של מצב העלוח בצמחים בריאים ונגועים.	1.8.17~
רבדים	בחינת השטח לפני הניסוי, זיהוי מוקדי מקרופומינה המתאימים לביצוע ניסוי מהאוויר, איסוף מידע ספקטרוסקופי נוסף של מצב העלוח בצמחים בריאים ונגועים.	7.8.17
רבדים	ניסוי מוטס מלא RGB, Multi spectral, בליווי מדידות ספקטרוסקופיות קרקעיות	15.8.17
רבדים	ניסוי מוטס Multi spectra בליווי מדידות ספקטרוסקופיות קרקעיות	20.8.17
רבדים	ניסוי מוטס משלים RGB	21.8.17
רבדים	ניסוי מוטס מלא RGB, Multi spectral, בליווי מדידות ספקטרוסקופיות קרקעיות.	31.8.17

הניסויים בוצעו במימון משותף עם תוכנית הממומנת ע"י המדען הראשי של משרד החקלאות, הכוללת סריקה במהירויות גבוהות. שיתוף ימי הטיסה אפשר לנו להגדיל את המחקר ואת מספר ימי הניסוי. הפעלת הכטב"מים וצילומי האוויר בוצעה ע"י חברה חיצונית.

## 2. שימוש בכטב"מים כלי עזר לניטור מוקדי כנימה ומקרופומינה

כמו בעונה הקודמת, מיקום מוקד הניסוי נקבע עם תחילת העונה על פי זיהוי בשטח. הנחנו כי הכנימה תופיע כפי שנצפתה בשנה שעברה ולפני שנתיים באזור קזזה-גזר-צבר קמה. בעונה הקודמת מקרופומינה פגעה בכל הארץ. איתור אזור הנגיעות היה באחריות צוות אנטומולוגיה של מועצת הכותנה. במגבלות התקציב, בוצעו שלושה ימי טיסה אשר השתלבו בפרויקט בעל חפיפה חלקית הממומן ע"י המדען הראשי של משרד החקלאות. תיאום וביצוע הטיסות נעשה כמתוכנן ע"י קבלן חיצוני, המסוק של וולקני שהוצע כאופציה עדיין לא כשיר. בוצעה טיסה בעזרת כלי טייס ניסיוני של כנף קבועה, בניגוד לתכנון, כשבחלק מהמקרים נתגלתה בדיעבד חריגה בגובה הטיסה.

**התוצרים שהתקבלו:** תמונות בודדות בליווי תיעוד נתוני הטיסה והקואורדינטה בה התבצע הצילום. במהלך עיבוד הנתונים מצענו קושי מסוים בשימוש בנתונים שסופקו. בחלק מהמקרים, נתונים אלה, המתאימים לבקרת הטיסה של כלי הטייס, אינם מתאימים לשימוש לשיערוך מיקום. בעיה דומה עלתה גם בניסויים של עונת 2016 שנעשו באמצעות הרחפן. גם השנה המשכנו בפיתוח מערכת תיעוד הדינמיקה בזמן הצילום, אשר תחובר ותפעיל את המצלמה. הכותנה שנצפתה היא מסוג פימה, בחלקה ראשונה (32) זן 70V, ובחלקה שניה (11) זן גוליית 6.

### א. מקרופומינה

מתוך הצורך שעלה מהשטח, הורחבה התוכנית וכללה זיהוי אווירי של המקרופומינה, מחלה פטרייתית שמביאה להתמוטטות צמחי הכותנה, אשר בצילום האווירי הינה אנומליה נוספת בשדה, אשר הנגיעות בה דומה

לזו של הכנימה. כדי לשמור על כלליות הכלים המשכנו במתווה הניסוי כפי שהוגדר בשנה שעברה. מדידה מעל מוקד במספר גבהים, סריקה של שדה בגובה רב 60-80 מטר בעקבת קרקע 2.5 ס"מ, מדידה ב-RGB ו-multispectral הכולל red edge. התקלה בבקרת הגובה ונסיקה לגבהים של כ-200 מטר הגדילה את עקבת הקרקע ל-7.5 ס"מ - וכ-20 ס"מ ב-multispectral. כיוון שנגיעות במקרופומינה היא בגודל אופייני של צמח בודד ויותר, התקלה נסבלה מבחינת צילום ה-RGB והיתה גבולית מבחינת ה-multispectral.

המכשור אשר שימש אותנו מפורט בטבלה 2.

טבלה 2- ציוד המדידה

תחום ספקטרלי	מחיר	דגם	
RGB	~4000 שח	Sony Alpha5100	מצלמה RGB
חלונות חמישה ספקטריים כמפורט למטה	~\$ 5000	MicaSence	מצלמה multispectral
nm 350-2500	~300000 שח	ASD	ספקטרומטר

### ב. שלבי האלגוריתם למציאת מקרופומינה בשדה מתוך סט תמונות מרחפן:

1. קבל אורתופוטו `imread`
2. ייבא מיקום GPS וזווית צילום לכל תמונה `CameraLog`
3. בדוק חפיפה בין התמונות
4. בדיקה ידנית. כדי לקבל אורתופוטו יש לבצע חפיפה של 65% לפחות. לכן אפשר להשתמש רק ב-50% של מרכז התמונה
5. חתוך תמונה (חוסך זמן, מקטין אברציות, וגם מבטל כפילויות), תמונות מקוריות 6000X4000 תמונות חתוכות: 3000X2000. בלי לאבד אף מידע.
6. עבור מ-RGB ל-LAB (בתמונה מולטיספקטרלית - יש לעבוד בערוץ NIR, ולנטרל השפעת הבהירות)
7. `l_lab=rgb2lab` (for multispectral: channel 4 of MicaSense)
8. רמת סף 0 בערוץ A (מעל 0 = ירוק, מתחת ל-0 = חום) `l_lab(:, :, 2) > 0`
9. מלא חורים `imfill`
10. נקה קצוות `imclearborders`
11. זרוק כתמים מתחת לגודל מינימלי (נקבע על ידי גודל אופייני של 5 שיחים אחד ליד השני) `imareafilt`
12. (אופציונלי: זרוק כתמים מעל גודל מקסימלי) `imareafilt`
13. מצא "מרכז כובד" של הכתמים `regionprops`
14. מצא את המיקום האמיתי של מרכזי הכובד בעזרת הנתונים מסעיף ב וגיאומטריה `attached`
- document
15. הצג את המרכזים על גבי האורתופוטו (לחילופין ניתן להציג ישירות ב-google maps)

16. יש למצוא נקודת ייחוס עם GPS ידוע ולחשב יחסית אליה (חישוב דומה לסעיף י"ב רק בכיוון הפוך)

#### ג. הוצאת נתונים ל- mymaps

באיור 1. אנו מציגים צילום מסך של נתיב הטיסה. כל נקודה מציינת מרכז של תמונה. באופן דומה ניתן לתרגם את נקודות הזיהוי של האנומליות לקובץ, הניתן אף הוא להצגה ע"ג מפת און ליין ב google map איור 2.

#### ד. יצירת מפה און-ליין:

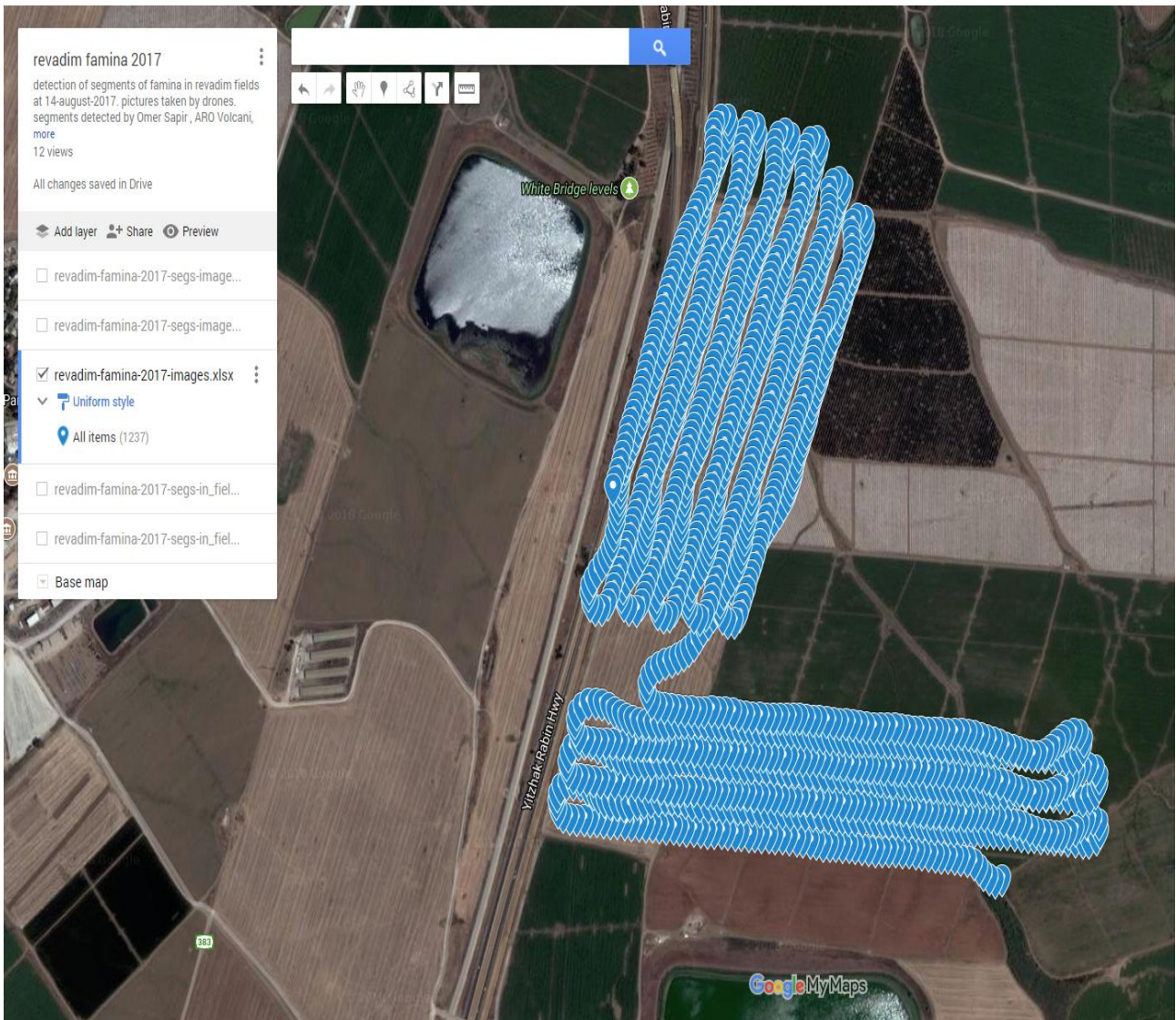
1. לגשת לכתובת <https://www.google.com/mymaps>

2. להתחבר לחשבון גוגל האישי

3. CREATE NEW MAP+

4. Import

5. יש לבחור קובץ מתאים (XLS,CSV,XML ואחרים) שמכיל לפחות 2 עמודות של long lat . עדיף שיכיל עמודות נוספות (כגון שם, מספר סידורי, או גודל הכתם).



איור 1 – מפת טיסה – רבדים – אוגוסט 2017



איור 2 . זיהוי אנומליות המשויכות למקרופומינה על בסיס מידע RGB – רבדים אוגוסט 2017, תרגום נקודות הזיהוי של האנומליות על פי האלגוריתם שפותח, לקובץ הניתן אף הוא להצגה ע"ג מפת און ליין ב- google map. בשדה בנחשולים זהו מעל ל 10000 אנומליות בגודל של 4 שיחים ויותר. בכחול נתיב הטיסה, בסגול אזורים חשודים כנגועים.

### ה. תיקון מיקום מדידה על בסיס אינפורמציה זוויתית של הטיית הכטב"ם בזמן הצילום

השנה נעשה הסקר בעזרת כטב"ם כנף קבועה ולא ע"י רחפן. כלי טייס זה טס גבוה יותר, כ-200 מטר מעל הקרקע, ומהר יותר כ-18 מטר לשניה ויותר. כתוצאה מזווית הרכבת המצלמה יחסית לגוף הכטב"ם, והרעידות של הכטב"ם בזמן הטיסה  $(\omega, \phi, \alpha)$ . ככלל, המצלמה איננה מסתכלת מטה בניצב לקרקע (Nadir). כדי למקם נכון את שדה הראיה ומיקום הנגיעות ע"ג המפה  $(x, y)$  עלינו להתחשב במידע זה: גובה הצילום ומיקום המצלמה בקו אורך ורוחב  $(alt, long, lat)$ .

כלי הטייס משנה את זווית הצילום כל הזמן, אנו שוקדים על פיתוח חישן צמוד מצלמה למדידת זווית זו בזמן הצילום. בינתיים, בהעדר שיערוך מאורתופוטו השתמשנו במידע פחות מדויק מ-LOG הטיסה המופק בעזרת סנכרון שעון המצלמה ושעון מערכת הניווט של הכטב"ם. לצורך המרת המידע מהתמונה לקואורדינטות עולמיות השתמשנו באלגוריתם שהוצג בשנה שעברה.

השדה ברבדים נבחר בשל נגיעות קשה במקרופומינה שנצפתה מהקרקע בעיקר מהשבילים. בהעדר מידע ספקטרלי מפורט, האלגוריתם ידע לזהות כתמים חומים בשדה, החשודים כפונקציה של גודל, כנבילה הנובעת מנגיעות במקרופומינה. באיור 3. מוצגת דוגמא לתוצאות חיפוש אנומליות. כפי שניתן לראות זיהוי האנומליות באזורים החשודים מסומנים בנקודה אדומה.

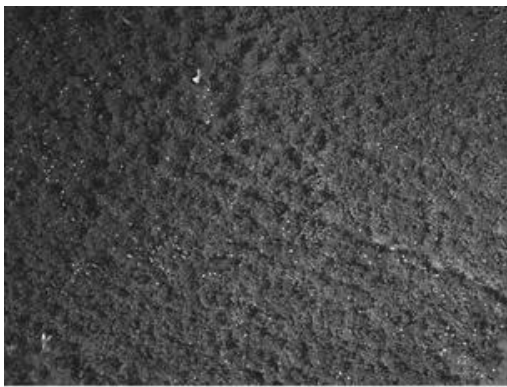


באיור 3. - חיפוש אנומליות בצילום אוויר, קיבוץ רבדים אוגוסט 2017

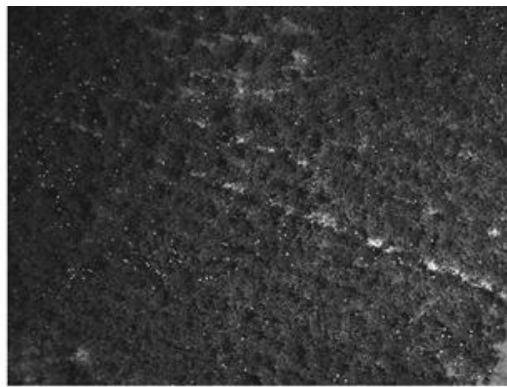
#### 1. צילומי multispectral

בניסויים בשנה שעברה מצאנו כי מידע מולטי-ספקטרלי, בעיקר מידע מאזור ה-Red-dege מאפשר קונטרסט גבוה, המבליט את אזורי האנומליה בשדה החשודים כמקרופומינה. בשנה שעברה התמקד הניסוי בגבהים נמוכים

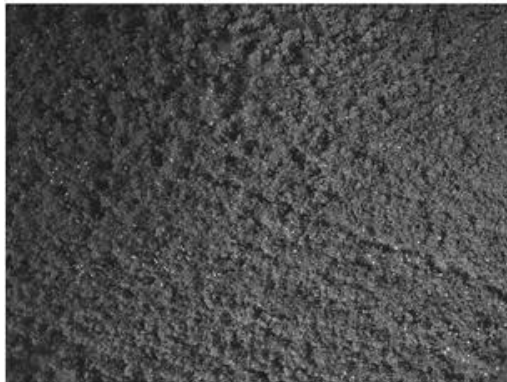
שבהם בלטה האנומליות. באיור 4. אנו מציגים דוגמא השוואתית בין מדידות השדה מגובה נמוך אשר נעשו בשנה שעברה. ניתן לראות את יעילותו של ערוץ 4 ה-RedEdge. בהפעלת האלגוריתם על המידע המולטי ספקטראלי, תוצאות הניסוי מראות כי הזיהוי המיטבי התקבל על בסיס המידע בערוץ מספר 1, כלומר התחום הירוק. יתכן והשוני נובע מהפרשי הגובה ומאיכות הצילום שהתקבל. באיור 5 אנו מציגים את תוצאות הזיהוי. בהשוואת תוצאות הצילום בין השנים. נמצא כי השימוש במידע המולטיספקטראלי בתחומים שנבדקו איננו עקבי. בנוסף שני הערוצים, 1 ו-4 470-500 ו-710-725 מצויים בתחום מצלמת ה-RGB וניתנים להפקה ע"י כיסוי המצלמה בפילטר, בעלות של כמה מאות שקלים, יפיקו את המידע הנ"ל. יתרון העבודה עם הפילטר (כפי שנעשה בשנה הראשונה של הפרויקט) הוא החסכון בעלות המצלמה. מצלמת ה-RGB מסדרת Sony alpha 5000 זולה משמעותית (רבע מהמחיר) מהמצלמה המולטיספקטראלית שנבחנה. יתרון פוטנציאלי של המצלמה המולטיספקטראלית לביסוס NDVI לא נוצל במחקר זה.



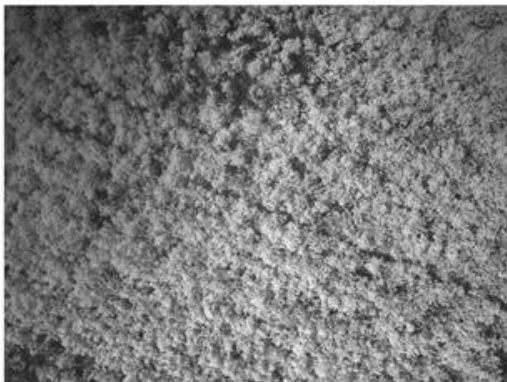
1



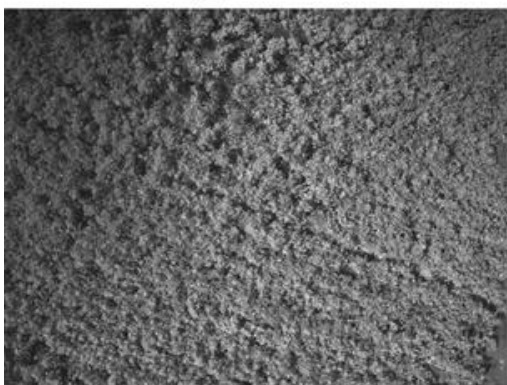
3



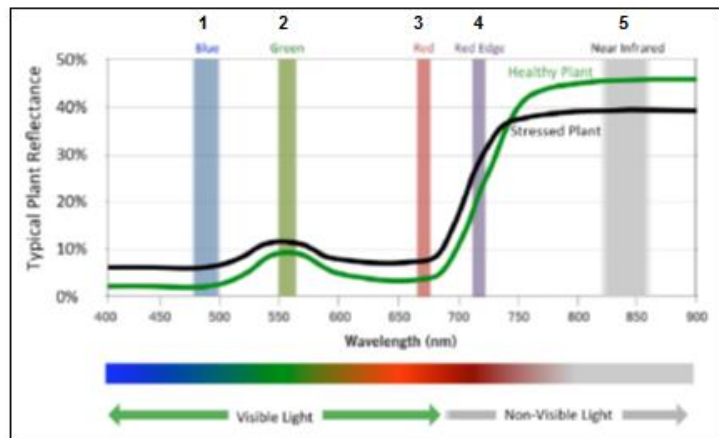
2



4



5

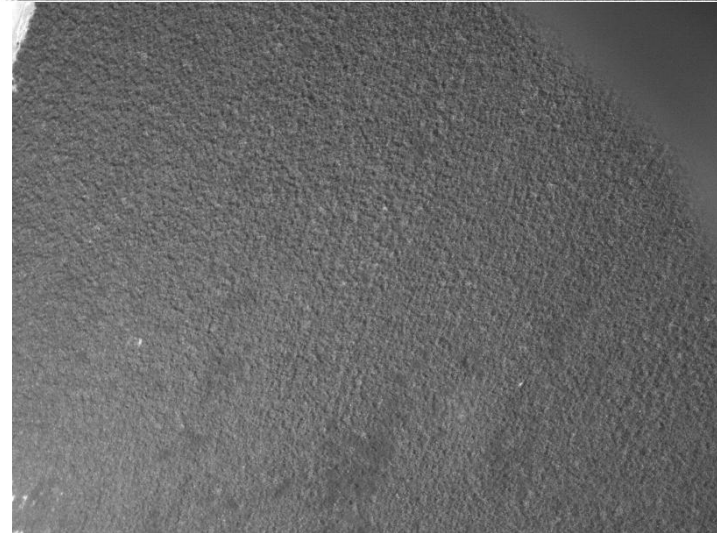
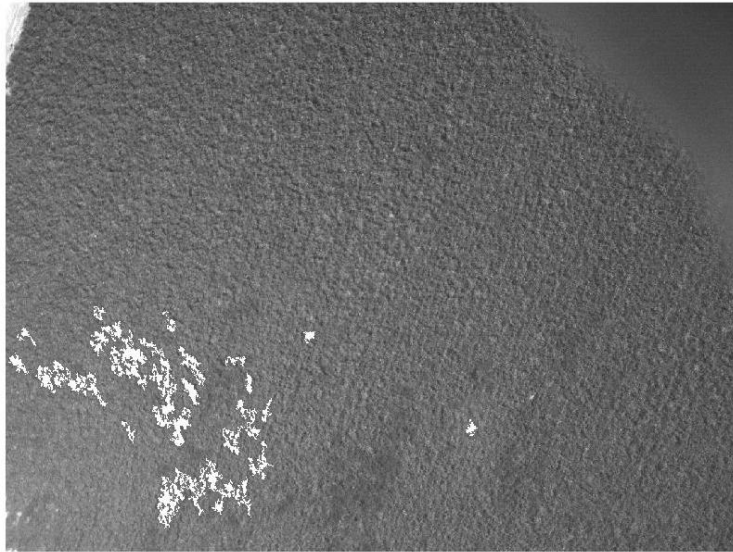


איור 4. - שדה הנגוע במקרופומינה אוגוסט 2016 נחשולים

איור 5. מציג את תוצאות החיפוש בתמונה בודדת אשר נמדדה מגובה 208 מטר בעקבה קרקעית של 13 ס"מ. למעלה מוצגת התמונה כשמסומנות עליה הנקודות החשודות כנגועות במקרופומינה. ומתחתיה התמונה המקורית. כפי שניתן לראות הזיהוי עובד היטב בערוץ 1.

התמונות השנה צולמו מגובה רב של 208 מטר לעומת 60 מטר בשנה שעברה, והעקבה הקרקעית גדלה מ 4 ס"מ לכ 13 ס"מ. נראה כי למרות יתרון הגובה בתפוקות, החיסרון ברזולוציה משפיע על כושר הזיהוי, ולכן מומלץ לחזור לגובה של 60 מטר. מעבר לשינוי גדלים אופייני, השוני העיקרי הוא שינוי בפילטר שבו האנומליה נראית מודגשת ביותר מ- 710-725 red-edge, לכחול 470-500, בהעדר יישום NDVI מומלץ להשתמש במצלמת RGB עם פילטר שהיא זולה יותר.





איור 5. - זיהוי מקרופומינה בערוץ ספקטרלי צר (כתמים לבנים).

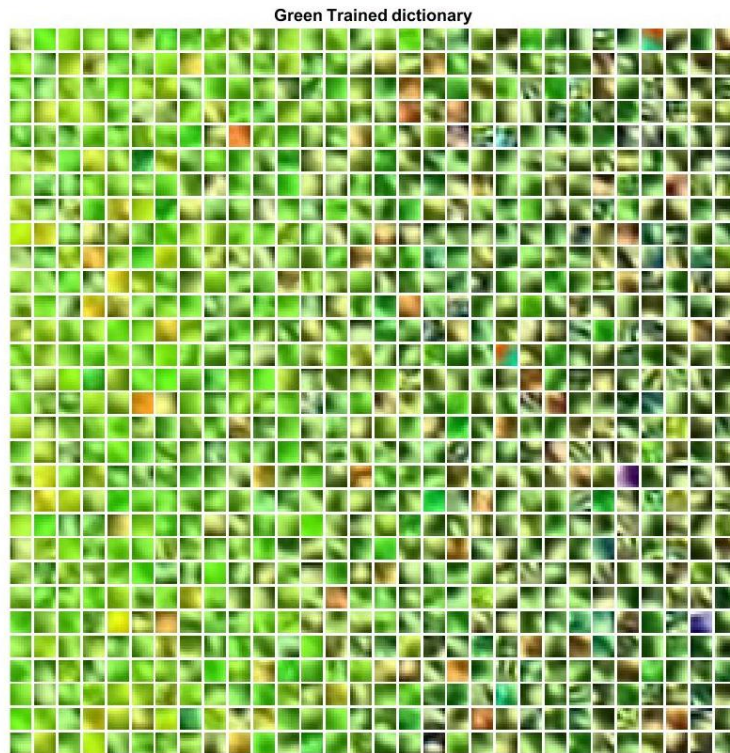
שדה הנגוע במקרופומינה אוגוסט 2017 רבדים.

בשונה מהשנה שעברה, ערוץ ה 1 ה 470-500, ננומטר נתן את הקונטרסט העדיף יותר לזיהוי.

#### ז. זיהוי מקרופומינה באמצעות קונטור אקטיבי ומילונים דלילים

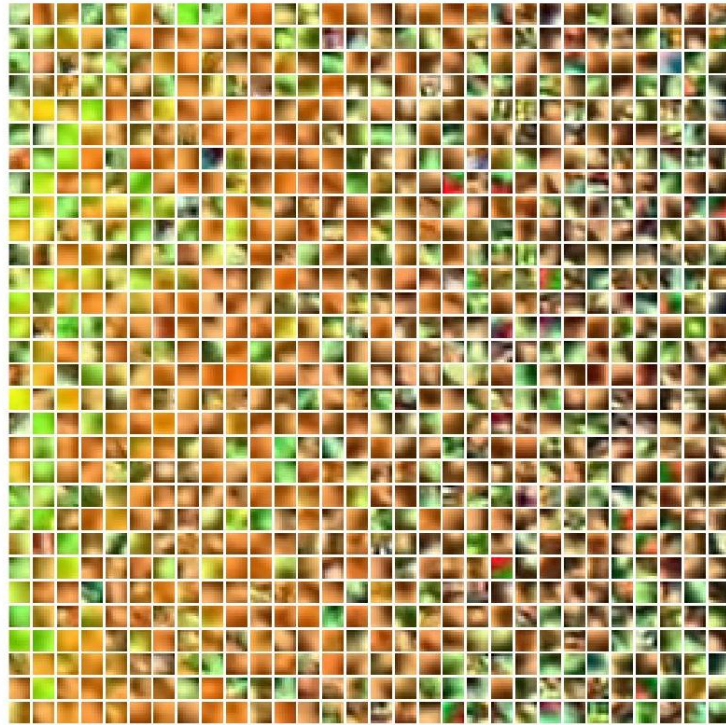
במסגרת התוכנית ותוכנית המדען הצמודה אנו מפתחים אלגוריתם המסוגל לזהות וללמוד את מאפייני השדה באופן אוטומטי. הרעיון הוא שמומחה מסווג את האזורים הנגועים ושאינם נגועים, והמחשב לומד בעצמו מה בחזות התמונות מאפיין את הנגיעות. בשלב שני בהינתן תמונה המחשב בוחן כל פיקסל בתמונה ובודק את מידת שייכותו לקבוצה מסוימת ומסמן את הגבול הגיאומטרי של קבוצה זו.

באיור 6א ו-6ב אנו מציגים את תוצאות הלימוד של האלגוריתם לאזורים בריאים ולאזורים החשודים כנגועים במקרופומינה, בהתאמה. כל תמונה היא מילון גרפי המתאר בצורה מיטבית בסיס דליל המסוגל לתאר את אחד משני המצבים הנחקרים, אזור בריא או אזור חולה. איור 7א ו-7ב מציגים תוצאות זיהוי בכותנה בתמונה חדה, בעוד איור 7ג. מציג זיהוי בתמונה שהיטשטשה מתנועת הכטב"ם. בהעדר מידע ספקטרלי צר, האלגוריתם מזהה אנומליות בשדה.



6א. מילון דליל לתיאור אזור כותנה בריאה.

Brown Trained dictionary



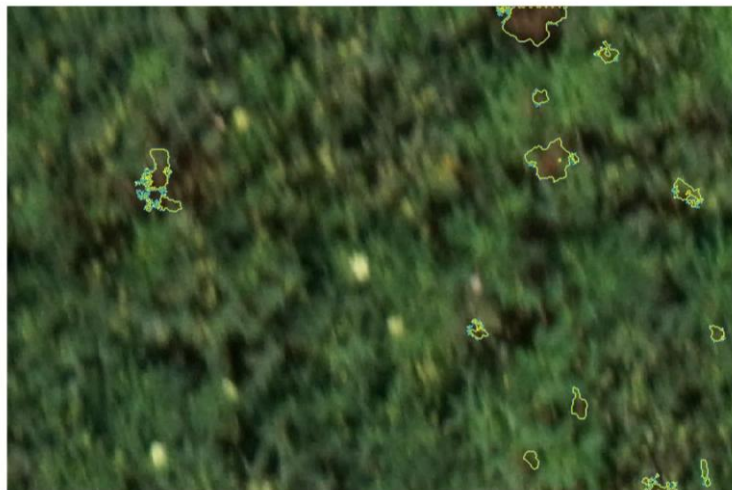
איור 6. מילון דליל לתיאור אזורים החשודים כנגועים במקרופומינה



7.א. תוצאות חיפוש רבדים, אוגוסט 2017.



ב. תוצאות חיפוש רבדים, אוגוסט 2017.



ג. תוצאות חיפוש רבדים, תמונה שהיטשטשה כתוצאה מתנועת הכטב"ם, אוגוסט 2017.

### 3. מודל ספקטראלי של הנגיעות

פעילות הרחבת המודל הספקטראלי ותיקופו על המידע שנאסף בקיץ 2017 תוצג בדו"ח סיכום של פרויקט המדען.

### 4. סיכום ומסקנות

השנה המשכנו את פעילותנו בניטור, ופיתוח כלי עזר לפקח המזיקים. התוכנית הורחבה לניטור אנומליות בשדה, כאשר בשל היעלמותה הספונטנית של הקמחית המנוקדת הפעילות התמקדה במקרופומינה. המאמץ בניתוח נתוני השדה התחלק בין תיקוף השיטה שפותחה בשנה שעברה לבין השיטה מבוססת המילונים dictionary שהחלה להניב תוצאות השנה. תיקוף השיטה הישנה צלח בתחום ה- RGB ולא צלח בתחום ה- RedEdge, יתכן והדבר קשור בחריגה הגדולה בגובה הטיסה בזמן הניסוי מ- 60 מטר ל- 208, מה שהביא לירידה משמעותית ברזולוציה וב- visibility של התמונות. אנו עובדים על שימוש זיהוי קונטור אקטיבי ומילונים דלילים לצורך זיהוי

כנימות קמחיות אשר נצפו בעונות הקודמות. דיווח על המדידות הספקטרליות הקרקעיות יימסר במסגרת דו"ח המדען הצמוד.