

מתודולוגיה למיפוי גובה בשדות כותנה באמצעות טכנולוגיות מידע וחישה מרחוק

יפית כהן, איתן גולדשטיין



דפנה גלזר, ניר אלוני

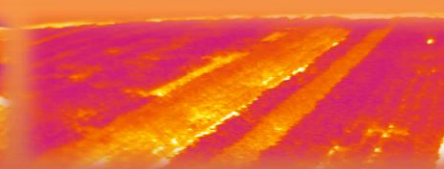
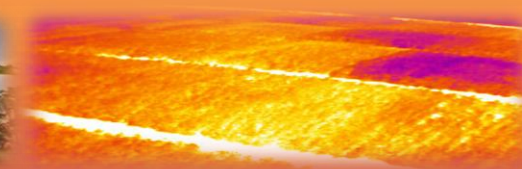


לב מקלר, ישראל פרמט



אריה בוסק



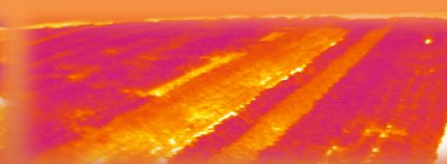
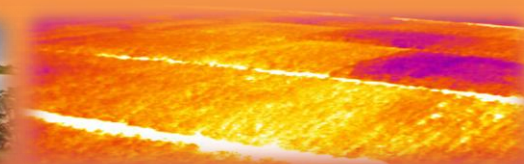


תפיסה עקרונית

השקיה לפי FAO56 : $Irrig = Kc * ET_0$

ET_0 – evapotranspiration

Kc – crop coefficient generally based on the phenology,
crop LAI



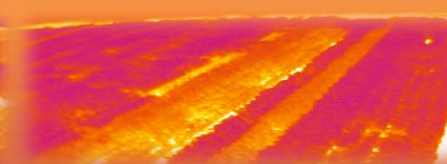
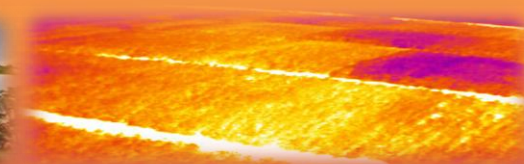
תפיסה עקרונית

$$Irrig = \alpha * Kc * ET_0 : \text{FAO56 לפי השקיה}$$

ET_0 – evapotranspiration

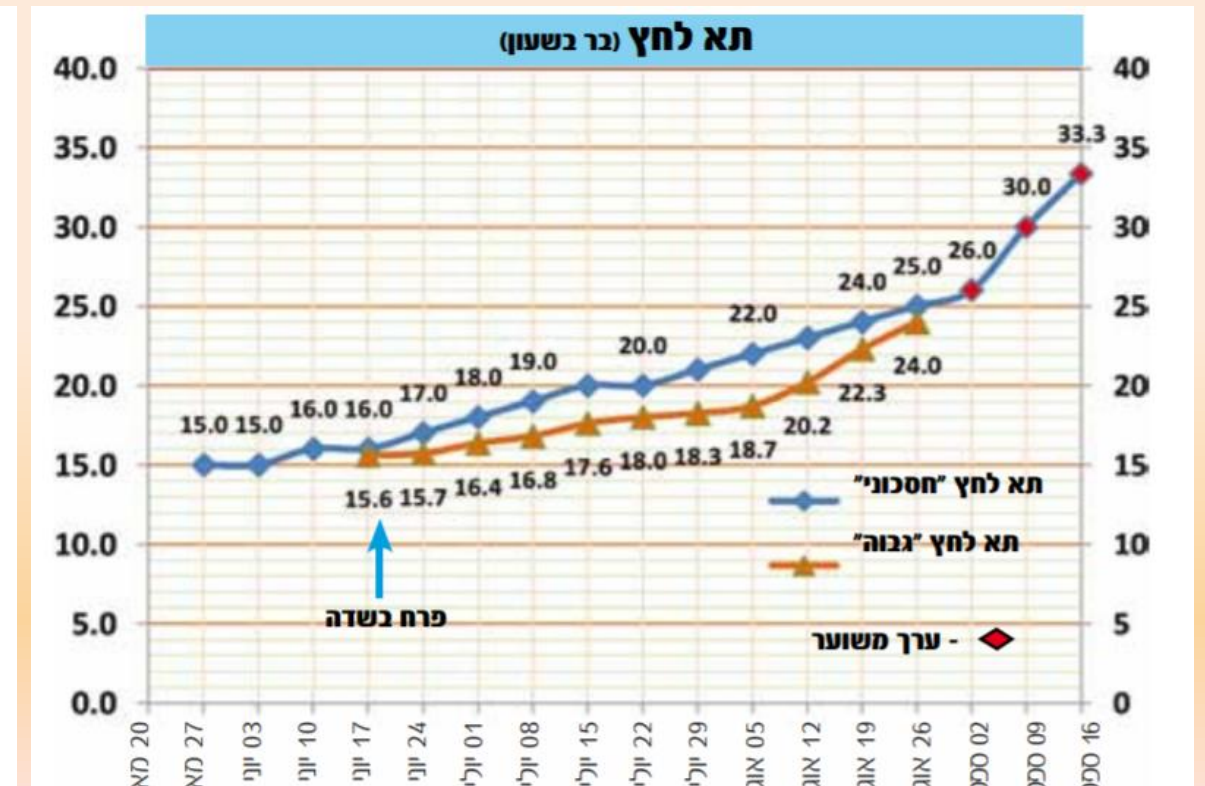
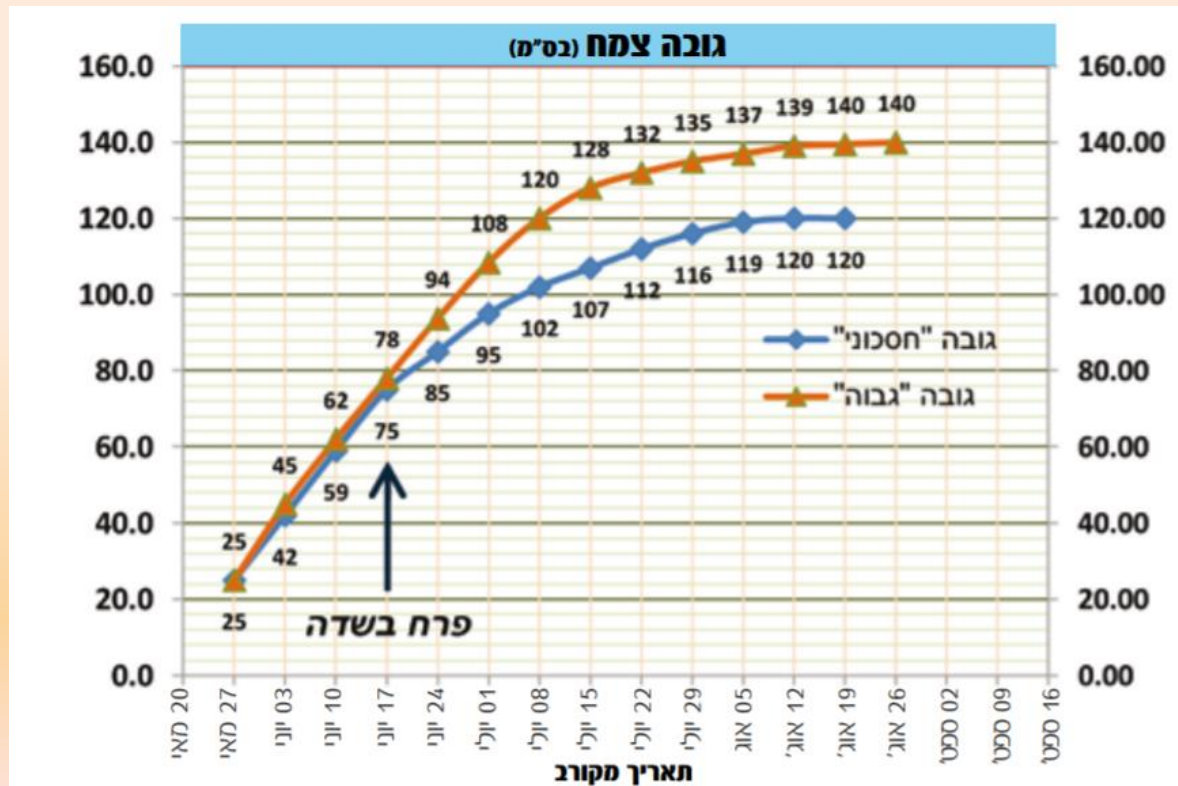
Kc – crop coefficient generally based on the phenology,
crop LAI

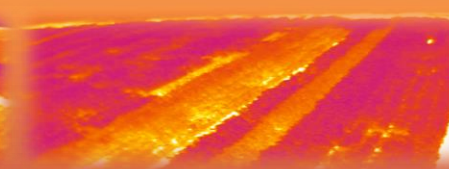
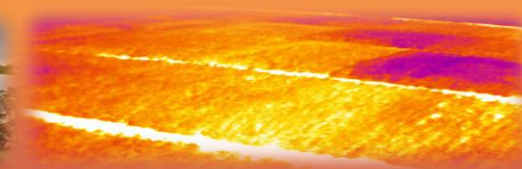
α - “water stress” coefficient



תפיסה עקרונית

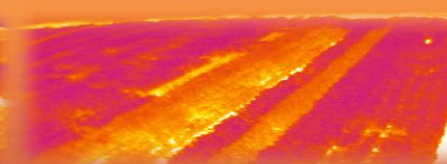
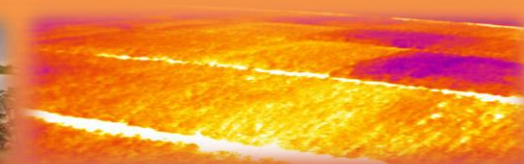
השקיה לפי FAO56 : $Irrig = \alpha * Kc * ET_0$





יעדים ארוכי טווח

- מציאת מדדי חישה מרחוק למדדי הניטור של החקלאים
- מיפוי השונות של המדדים הללו:
- ייצוג נכון יותר של מצב המים החלקה
- השקיה מדייקת



מטרת המחקר בשנתיים האחרונות

פיתוח מתודולוגיה למיפוי גובה הצמח וקצב צימוח בשדות
כותנה בקנה מידה אזורי/ארצי תוך שימוש בטכנולוגיות מידע
וחישה מרחוק.

חקלאות – מושג בהתפתחות



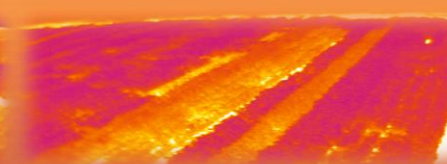
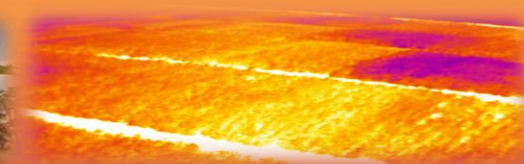
אדם ובהמה



אדם ומכונה



אדם ונתונים

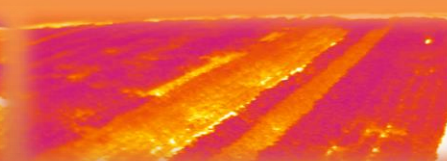
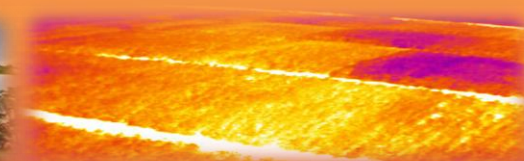


גישה

- במקום ניסויים מבוקרים, שימוש בנתוני איסוף מחקלאים
- דימותי הלוויין מתאימים מבחינת מאפיינים ספקטראליים, רזולוציה מרחבית וזמן חזרה
- זמינות של דימותי הלוויין – ללא עלות

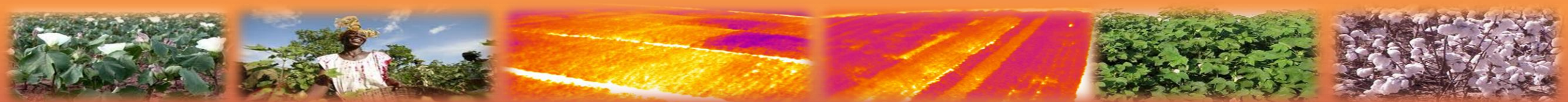
חומר למחשבה:

- זמינות דימותי לוויין מ"ס לשימוש ע"י משתמשי קצה: 50 שנה

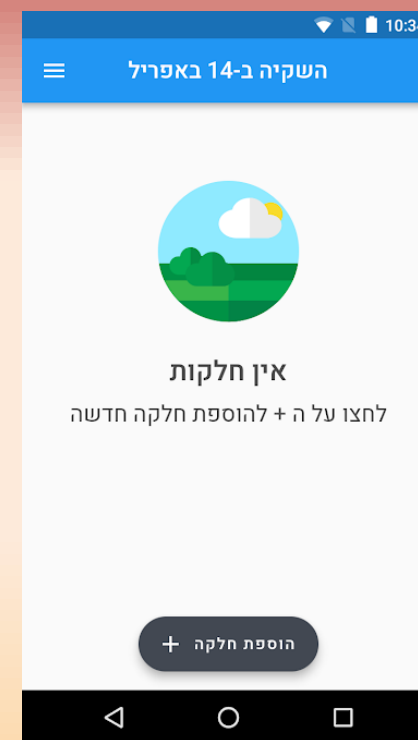
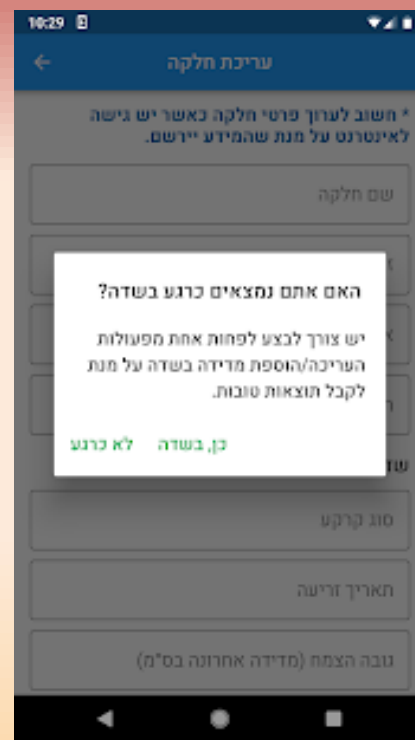
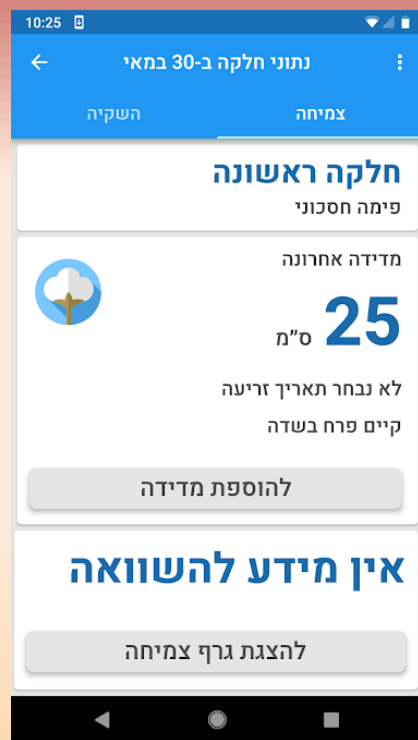
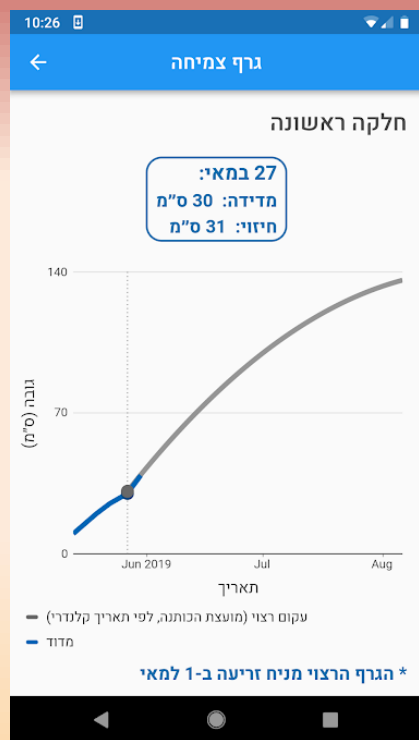


שלבי פיתוח

- (1) פיתוח אפליקציה לאיסוף נתונים של פרמטרים צמחיים במהלך גידול כותנה;
- (2) אפיון ויצירה של מאגר נתונים של פרמטרים צמחיים משדות כותנה ברמה אזורית (או ארצית) המתבסס על איסוף נתונים באמצעות האפליקציה;
- (3) בחינת הדיוק והאמינות של מדדים ספקטראליים מחולצים מדימותי לוויין חינוניים למיפוי ולהערכת גובה הצמח וקצב צימוח בקנה מידה של השדה.



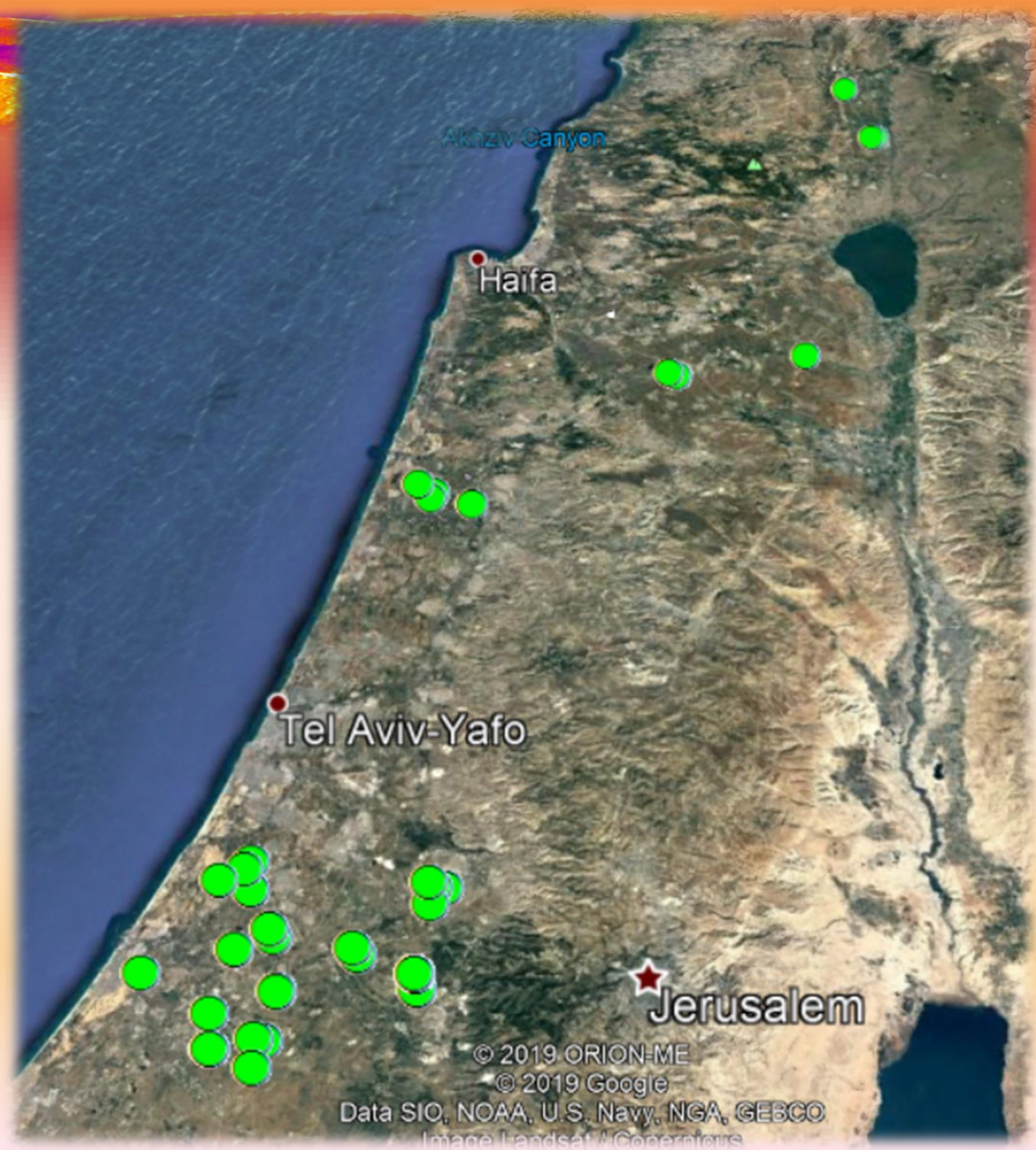
אפליקציה למעקב גובה בכותנה - 2019

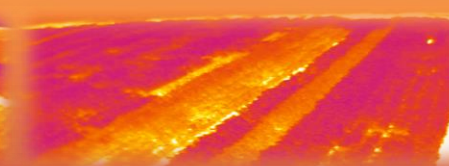
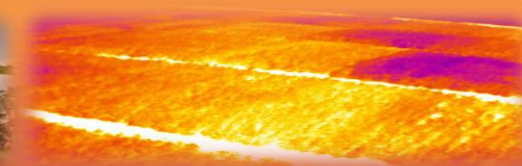


האפליקציה מאפשרת לבצע בקרת השקיה על ידי השוואה של מדידות גובה שמודד ומכניס החקלאי אל מול עקומי גובה רצויים. במידה שיש סטיה מהקו הצימוח הרצוי משנים את מקדם העקה. מבוסס על ניסיון. אין משוואות.

משתמשים-2019

- 16 משקים
- 60 חלקות
- כ-450 נתוני גובה דרך האפליקציה
- שיאן הכנסת נתונים: איתן סלע (תודה גדולה)
- תוספת נתונים:
 - גיליונות אקסל מצבר קמה ובני דרום
 - גיליונות נתונים מאיתן סלע ומהראל



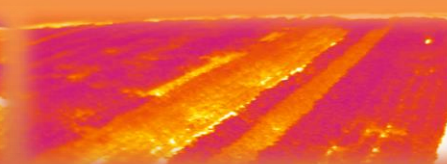
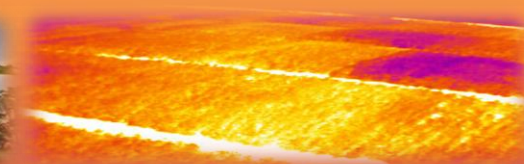


בעיות

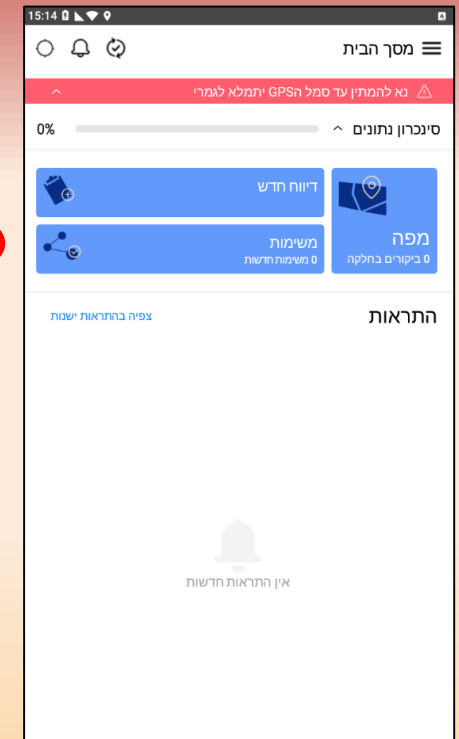
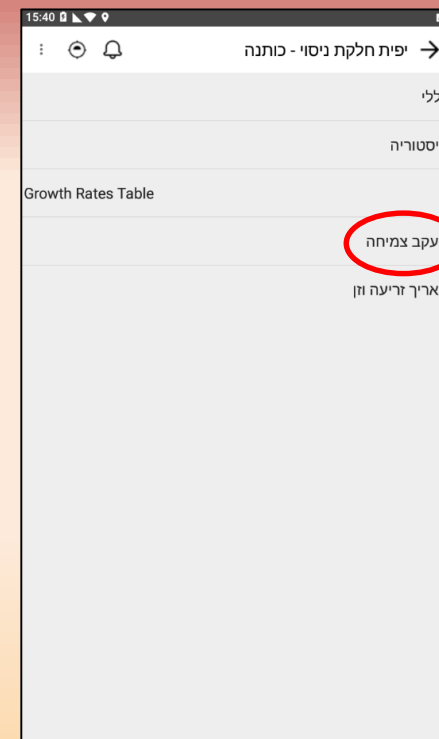
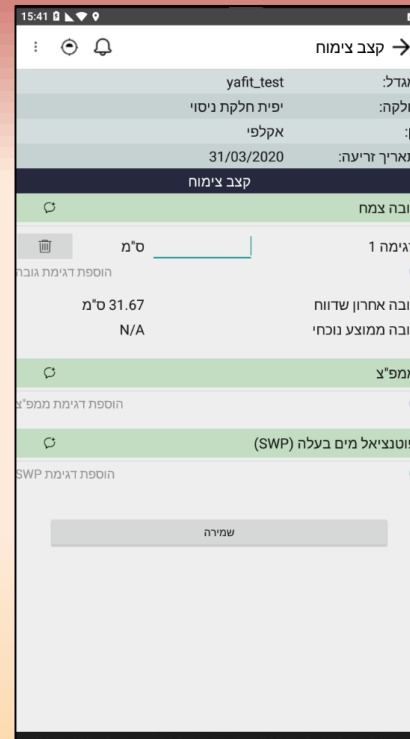
- (1) בעיות אבטחה: השרת העצמאי שהקמנו נפרץ;
- (2) בעיות באיתור השדות: מכיוון שסימון הגבולות של השדות לא היה מנדטורי (כדי להקל על השימוש ביישומון) בחלק גדול מהמקרים, טעות השגיאה של המיקום על-פי ה-GPS הטלפוני לא אפשר לנו לאתר את השדה ממנו נאספו הנתונים

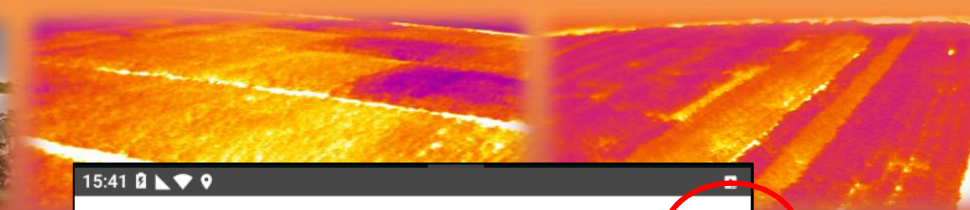
פתרון

- (1) חיבור עם חברת אגריטסק: שרת מאובטח, פלטפורמה גיאוגרפית לאיסוף נתונים (מחייבת הכנסת גבולות של שדות לפני הכנסת נתונים).



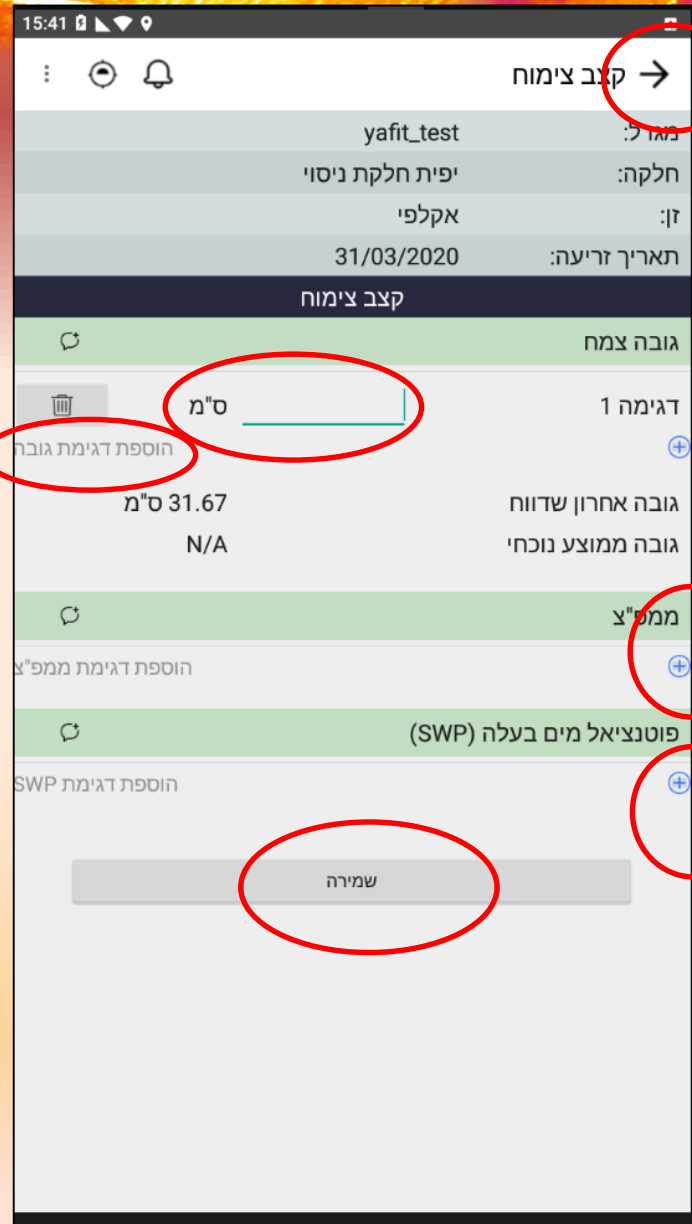
אפליקציה למעקב גובה בכותנה - 2020





מסך הדיווח

חזרה למסך קודם

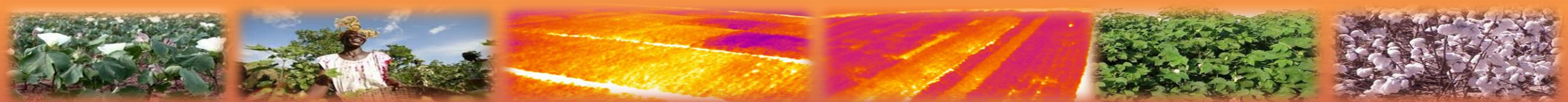


הוספת מדידת גובה

שמירה של החדש הדיווח

תוספת ביחס ליישומון הקודם:

1. ניתן לאסוף גם ערכי ממפ"צ
2. קיים חישוב אוטומטי של קצב צימוח



אפליקציה למעקב גובה בכותנה - 2019

12:27

קצב צימוח

מגדל: yafit_test

חלקה: יפית חלקת ניסוי

Planted variety: אקלפי

Regular Growth

Daily growth rate		גובה צמח		תאריך
Standard	Reported	Standard	Reported	
2.4	13.83	62	185	10/06/20
-	1.07	-	46.67	31/05/20
-	0.14	-	31.67	17/05/20
-	-	-	25	30/03/20

חזרה

12:27

יפית חלקת ניסוי - כותנה

כללי

היסטוריה

Growth Rates Table

מעקב צמיחה

תאריך זריעה וזן

15:41

קצב צימוח

מגדל: yafit_test

חלקה: יפית חלקת ניסוי

זן: אקלפי

תאריך זריעה: 31/03/2020

קצב צימוח

גובה צמח

דגימה 1

הוספת דגימת גובה

גובה אחרון שדווח: 31.67 ס"מ

גובה ממוצע נוכחי: N/A

ממפ"צ

הוספת דגימת ממפ"צ

פוטנציאל מים בעלה (SWP)

הוספת דגימת SWP

שמירה

15:40

יפית חלקת ניסוי - כותנה

כללי

היסטוריה

Growth Rates Table

מעקב צמיחה

תאריך זריעה וזן

15:14

מסך הבית

נא להמתין עד סמל ה-GPS יתמלא לגמרי

סינכרון נתונים 0%

דיווח חדש

משימות 0 משימות חדשות

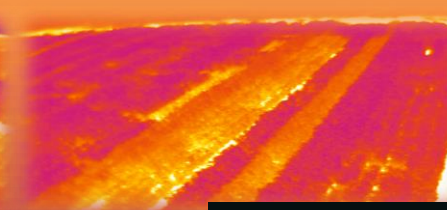
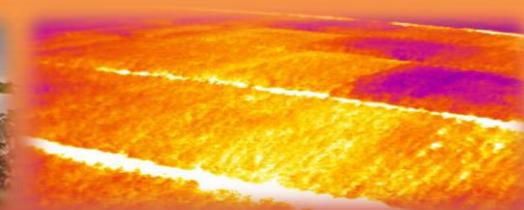
מפה 0 ביקורים בחלקה

התראות

צפיה בהתראות ישנות

אין התראות חדשות

האפליקציה מאפשרת לבצע בקרת השקיה על ידי השוואה של מדידות גובה שמודד ומכניס החקלאי אל מול ערכי גובה רצויים בכל תאריך.



השוואה אוטומטית של
גובה הצמח המדוד
וקצב צימוח מחושב
לעקומים מומלצים:

כחול – ערך גבוה
מהרצוי
ירוק – ערך קרוב
לרצוי
אדום – ערך נמוך
מהרצוי

12:27 12:27

קצב צימוח →

מגדל: yafit_test

חלקה: יפית חלקת ניסוי

Planted variety: אקלפי

Regular Growth

Daily growth rate		גובה צמח		תאריך
Standard	Reported	Standard	Reported	
2.4	13.83	62	185	10/06/20
-	1.07	-	46.67	31/05/20
-	0.14	-	31.67	17/05/20
-	-	-	25	30/03/20

חזרה

12:27 12:27

יפית חלקת ניסוי - כותנה →

כללי

היסטוריה

Growth Rates Table

מעקב צמיחה

תאריך זריעה וזן

מערכת אינטרנטית



Username

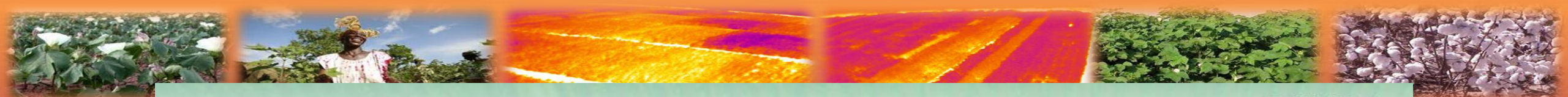
Password

Remember me

LOG IN

[Forgot your password?](#)





נתוני שדה



גובה, קצב צימוח וממפ"צ - טבלה



גובה, קצב צימוח וממפ"צ - טבלה



גובה, קצב צימוח וממפ"צ - גרף



Test Map



זן ותאריך זריעה

NDVI



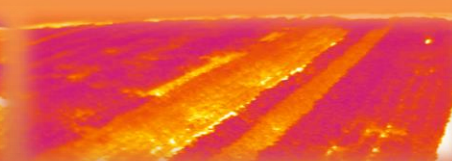
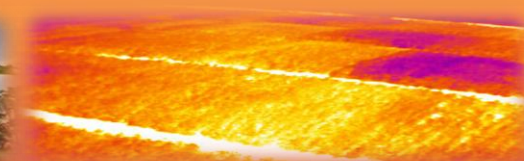
NDVI מפת



NDVI גרף - סטטיסטיקות

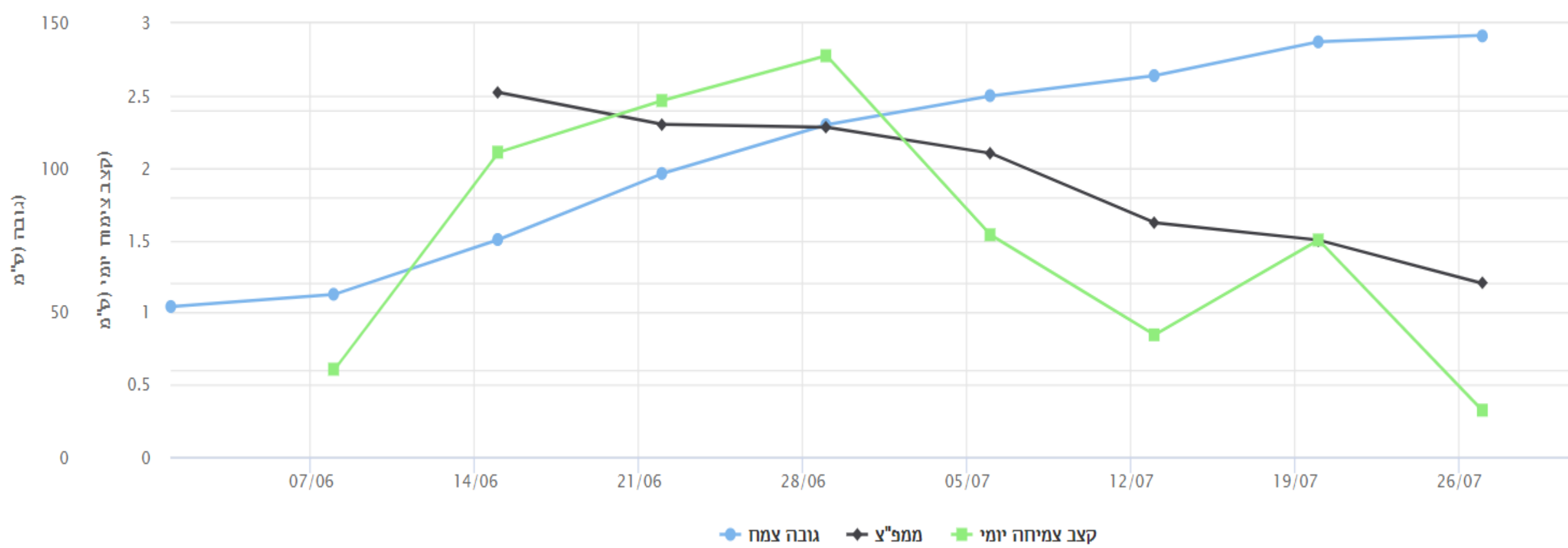


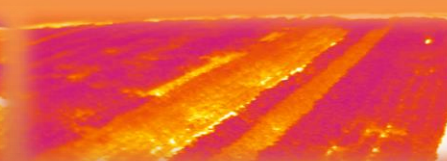
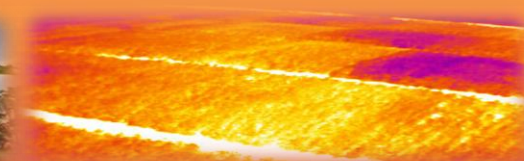
NDVI גרף - ממוצע



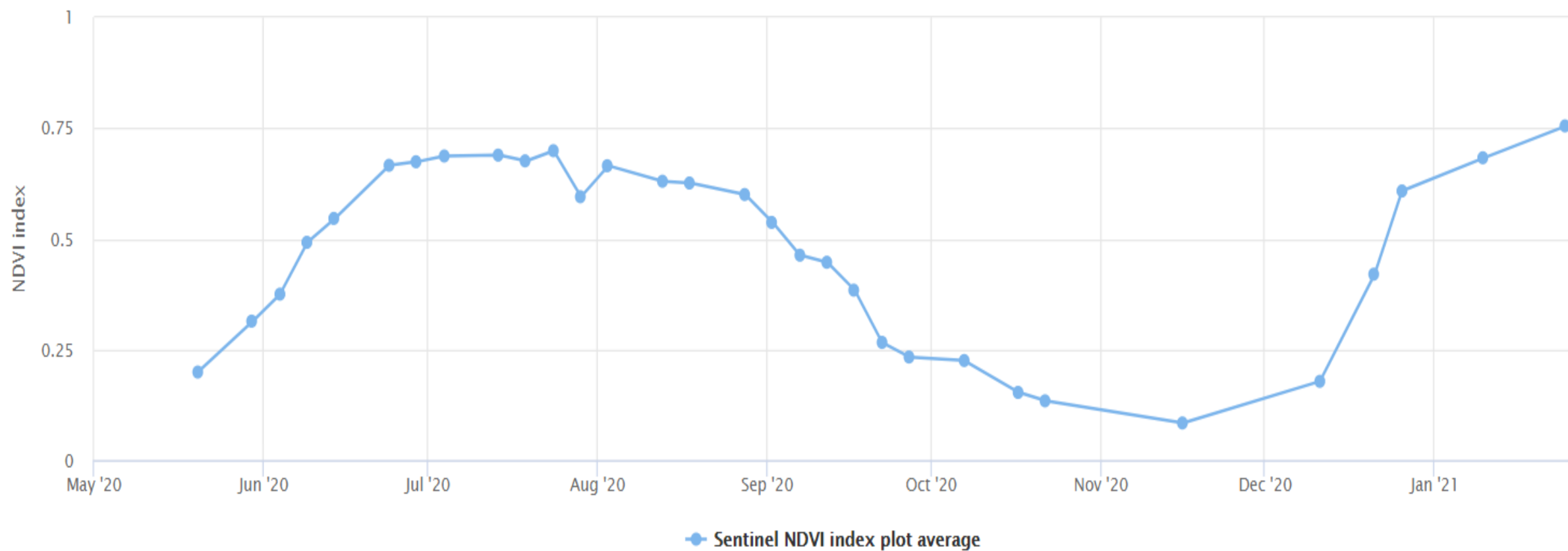
קו ישר

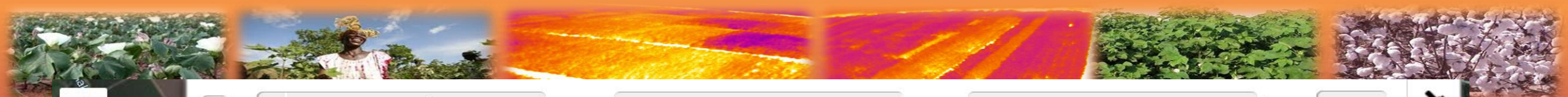
נבחרו 3 מתוך 3



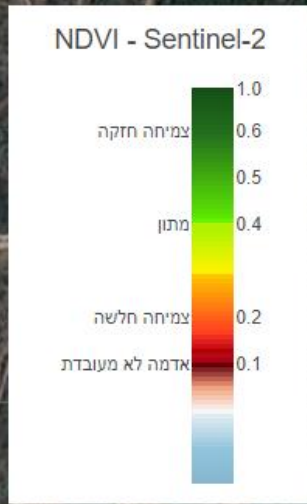
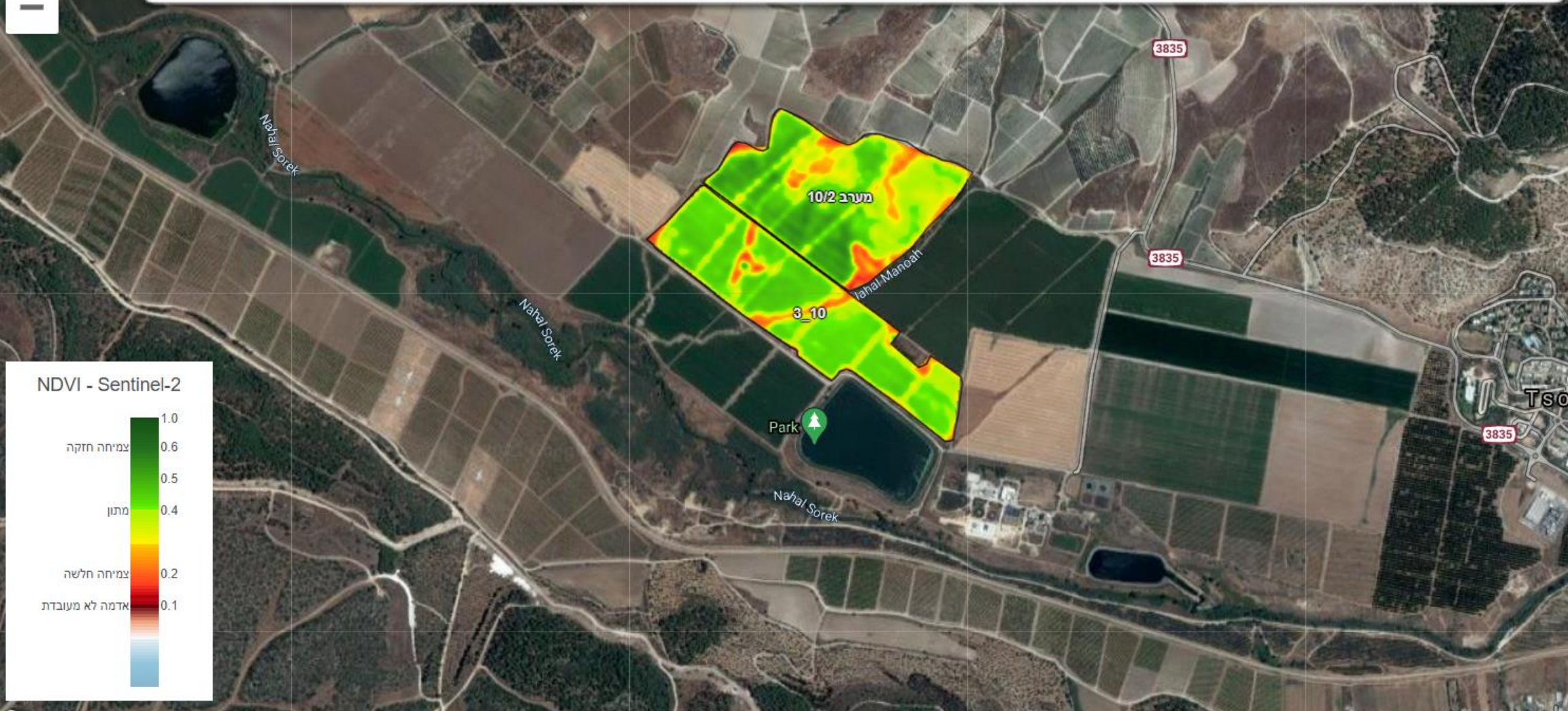


NDVI לאורך העונה



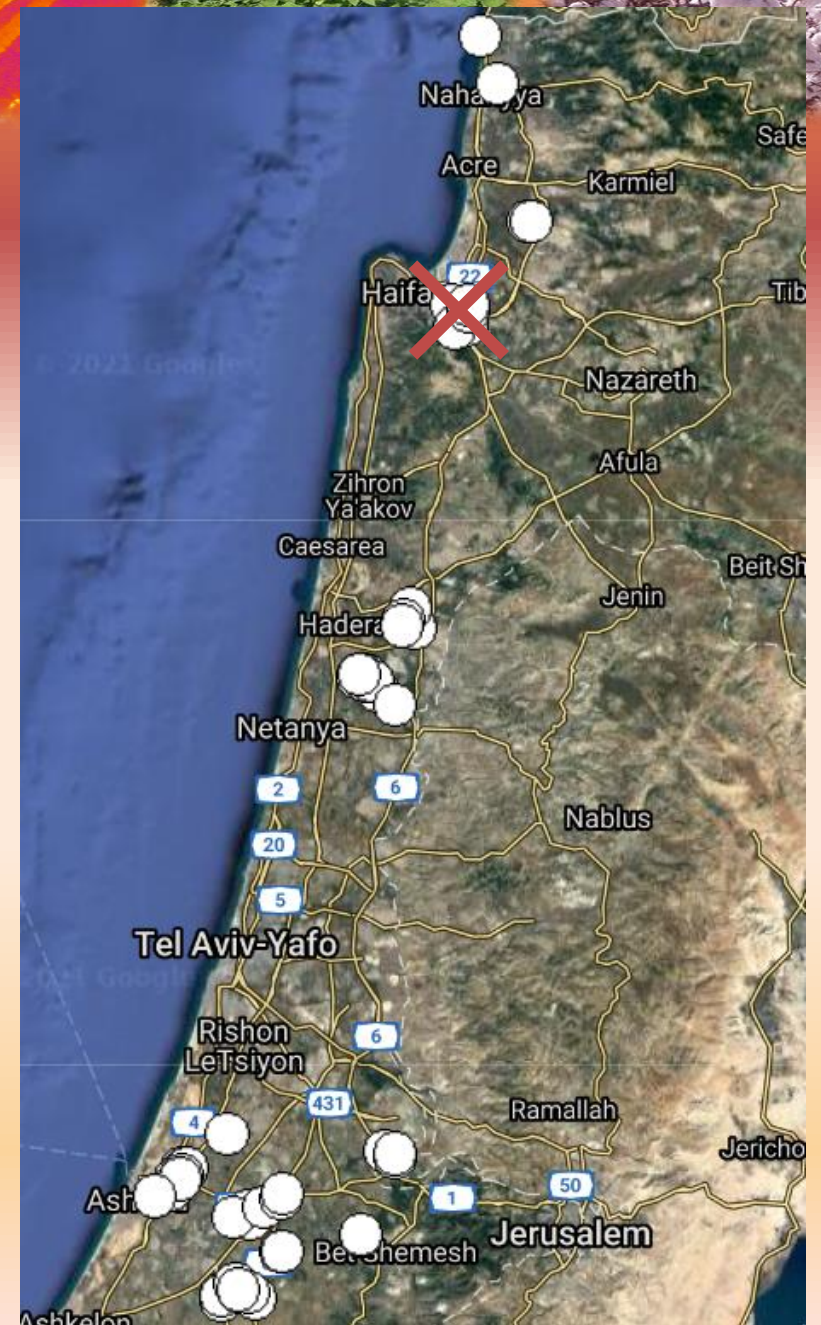


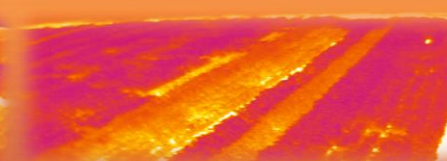
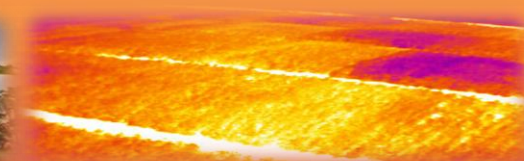
Map interface controls including zoom (+/-), close (x), and a search bar containing "Jun 9, 2020 תמונה NDVI - Sentinel-2 שכבה צרעה מגדל הסתר".



משתמשים-2020

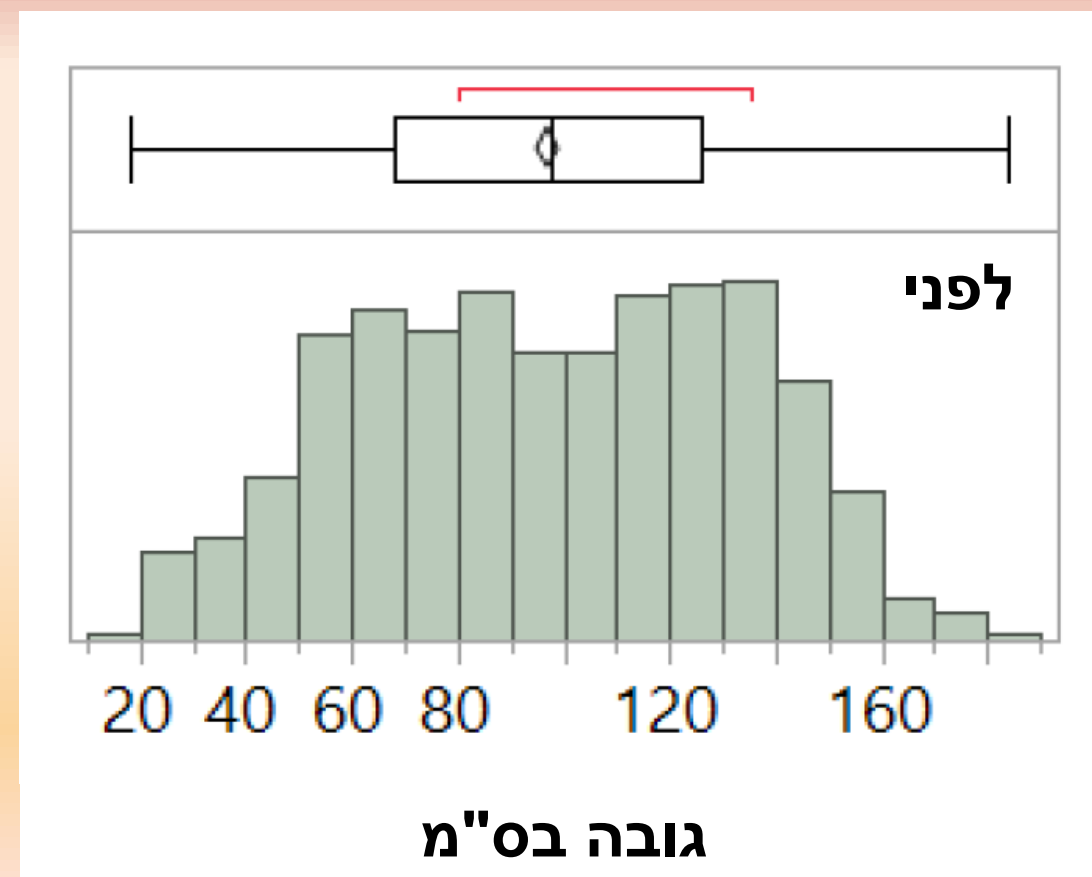
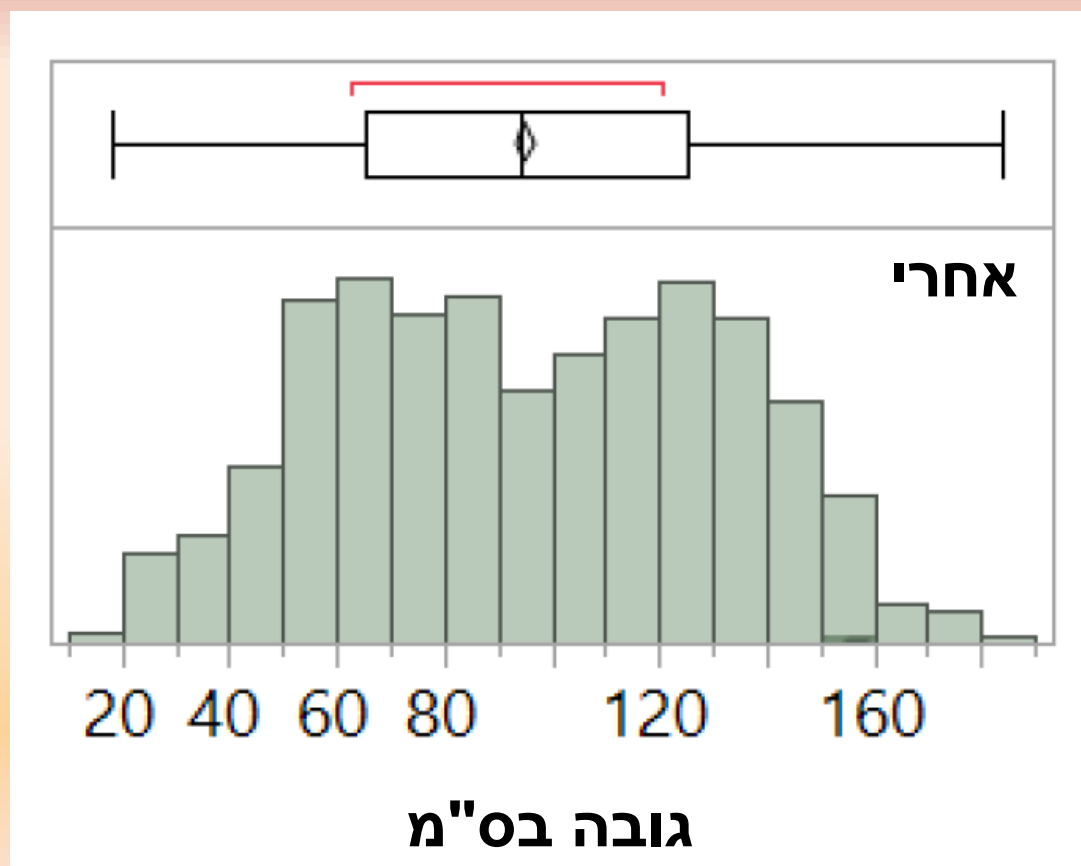
- 11 משקים
- 44 חלקות
- כ-450 נתוני גובה דרך האפליקציה
- תוספת נתונים:
 - גיליונות אקסל מצבר קמה, יבנה, שדות מחקר בגילת ובג'ורג'יה (ארה"ב) – תוספת משמעותית לנתונים
 - גיליונות נתונים מאיתן סלע





התפלגות הנתונים

סה"כ 1591 מדידות – לאחר ניקוי (בעיות של מיקום בעיקר בשנת 2019) – נותרנו עם 1350



GEE – google earth engine

- Planetary-scale geospatial analysis for everyone
- Input:
 - Plot borders
 - Sentinel-2 images
- Output:
 - NDVI every 5 days

The screenshot displays the Google Earth Engine web interface. At the top, there is a search bar and navigation tabs for Scripts, Docs, and Assets. The main workspace is titled "Landsat - Phenology Model.js" and contains the following JavaScript code:

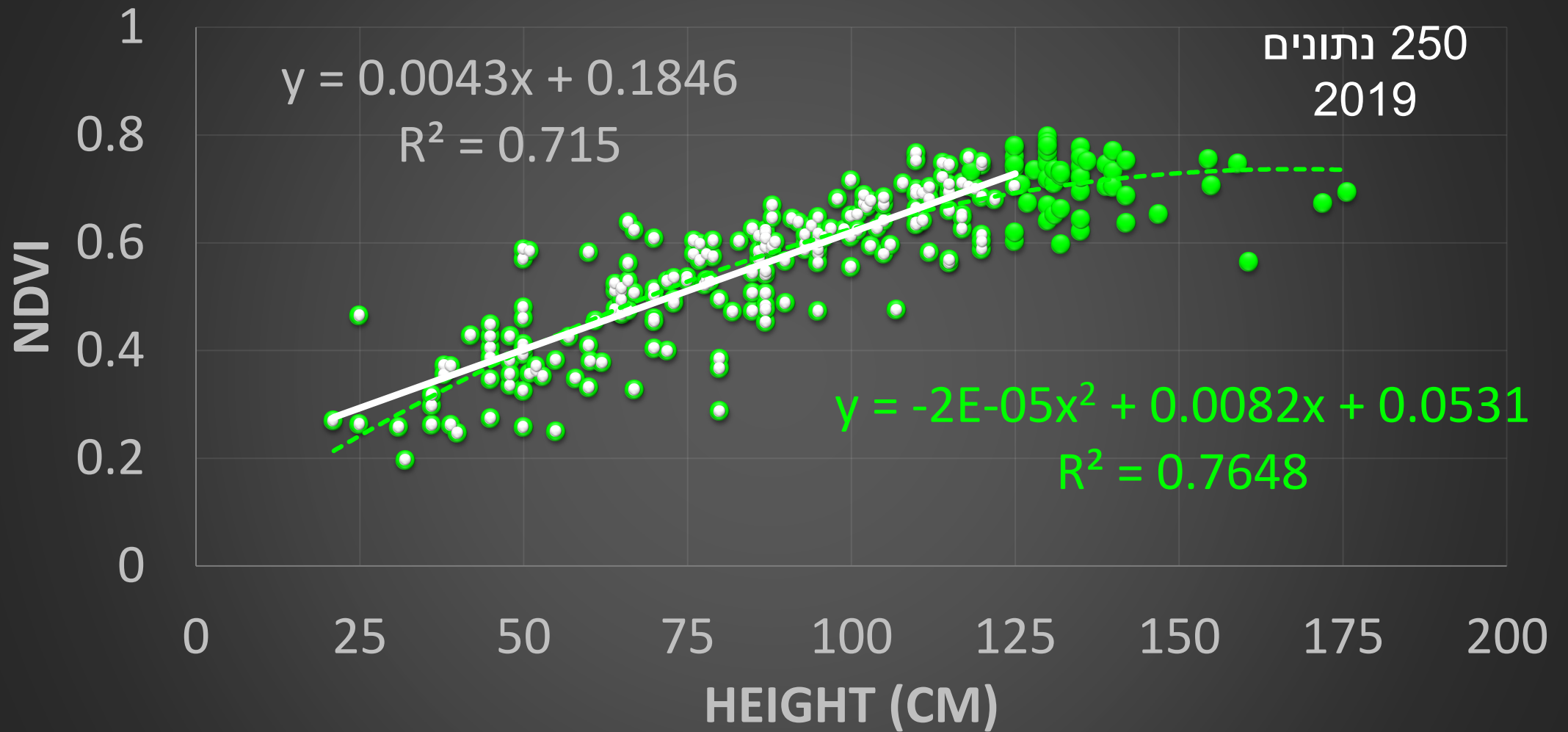
```
37 // Set up the "design matrix" to input to the regression.
38 function createLinearModelInputs(img) {
39   var tstamp = ee.Date(img.get('system:time_start'));
40   var tdelta = tstamp.difference(start, 'year');
41   // Build an image that will be used to fit the equation
42   // c0 + c1sin(2*pi*t) + c2*cos(2*pi*t) = NDVI
43   var img_fitting = img.select()
44     .addBands(1)
45     .addBands(tdelta.multiply(2*Math.PI).sin())
46     .addBands(tdelta.multiply(2*Math.PI).cos())
47     .addBands(img.select('NDVI'))
48     .toDouble();
49   return img_fitting;
50 }
51
52 // Estimate NDVI according to the fitted model.
53 function predictNDVI(img) {
54   var tstamp = ee.Date(img.get('system:time_start'));
55   var tdelta = tstamp.difference(start, 'year');
56   // predicted NDVI = c0 + c1sin(2*pi*t) + c2*cos(2*pi*t)
57   var predicted = ee.Image(meanCoeff)
58     .add(tdelta.multiply(2*Math.PI).sin().multiply(c1))
59     .add(tdelta.multiply(2*Math.PI).cos().multiply(c2))
60     .add(c0);
61   return predicted;
62 }
```

On the right side, the Inspector panel shows a console with the instruction "Use print(...) to write to this console." Below it, a line graph titled "Original and fitted values" plots NDVI (blue line with markers) and fitted values (red line) over time from April to October 2014. The y-axis ranges from 0.00 to 1.00. The graph shows a seasonal cycle with peaks in late spring and late summer, and troughs in late winter and late autumn.

The bottom portion of the screenshot shows a satellite map of a city area with a grid overlay. The map is color-coded, with green and yellow representing vegetation and blue representing water. The Google logo and "Map data ©2017 Google" are visible at the bottom left.

RGB	RED EDGE		NIR		Water
CRI1	CHL_RE	IRECI	EVI	SAVI	NDWI
ARI1	ARI2	PSSRA	IPVI	ARVI	SRWI
	PSRI	CRI2	NDVI	WDVI	NDI11
	RENDVI	MCARI	DVI	PVI	
			RVI	NDI45	
				GNDVI	
2	8		11		3

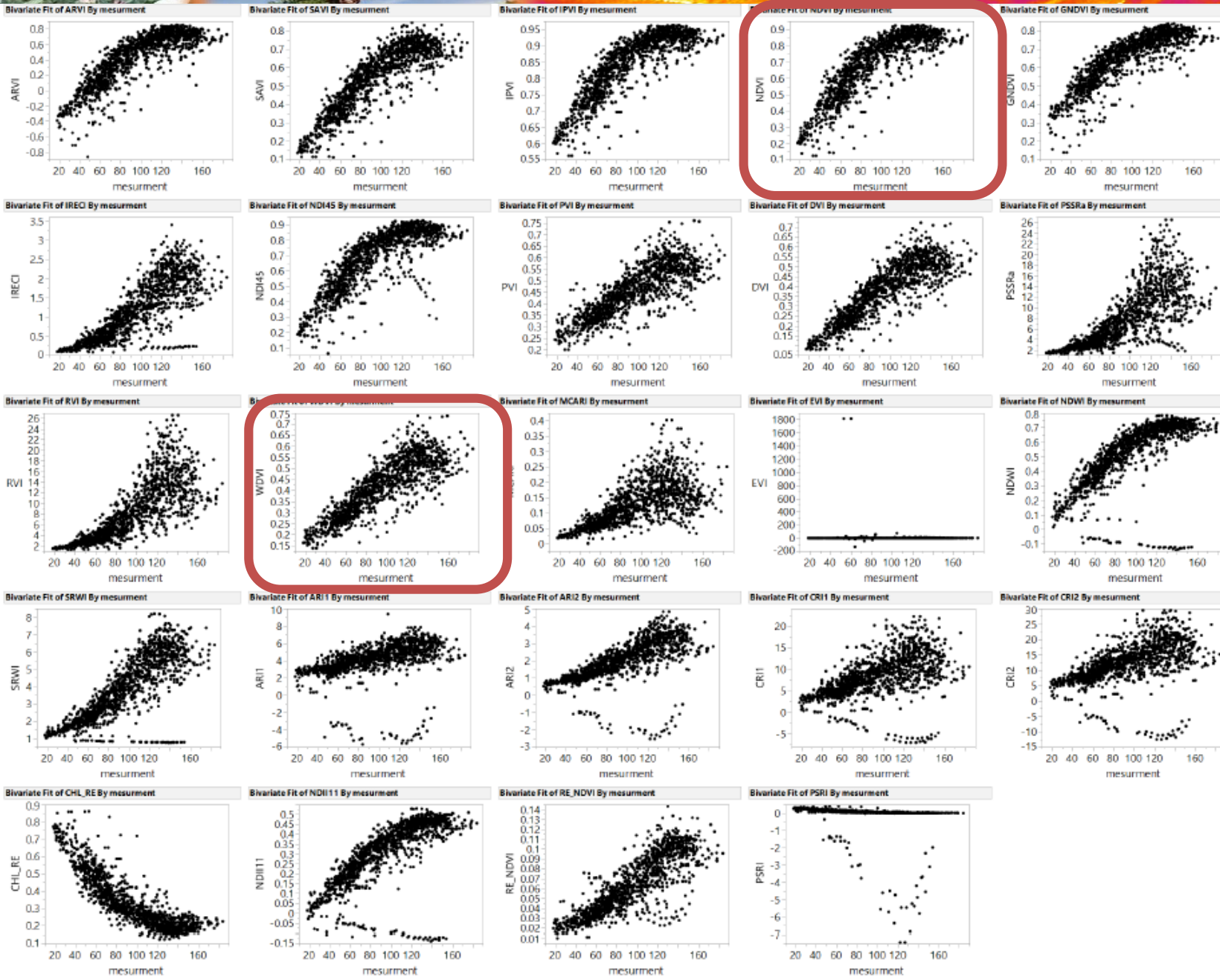
גובה מול NDVI

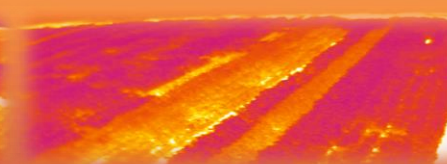
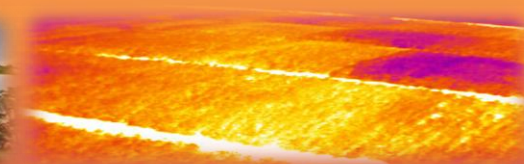




התאמות ליניאריות בין מדדים ספקטראליים ובין גובה

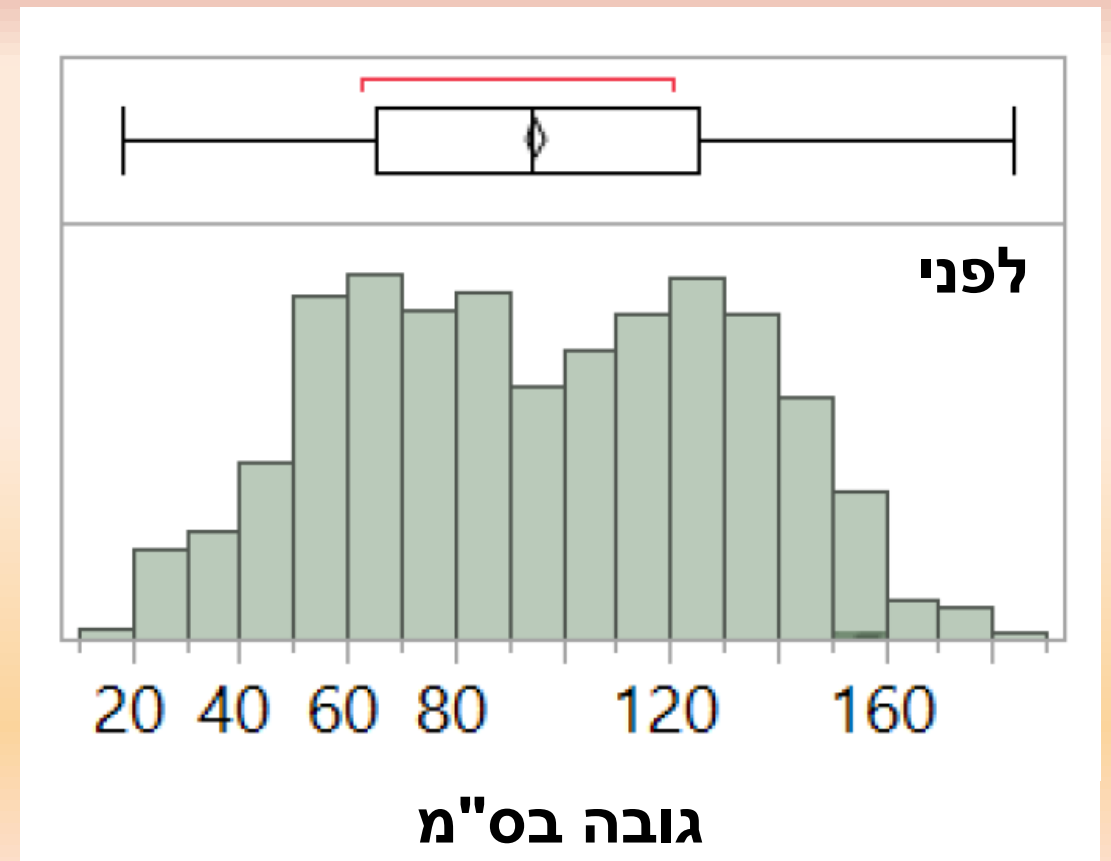
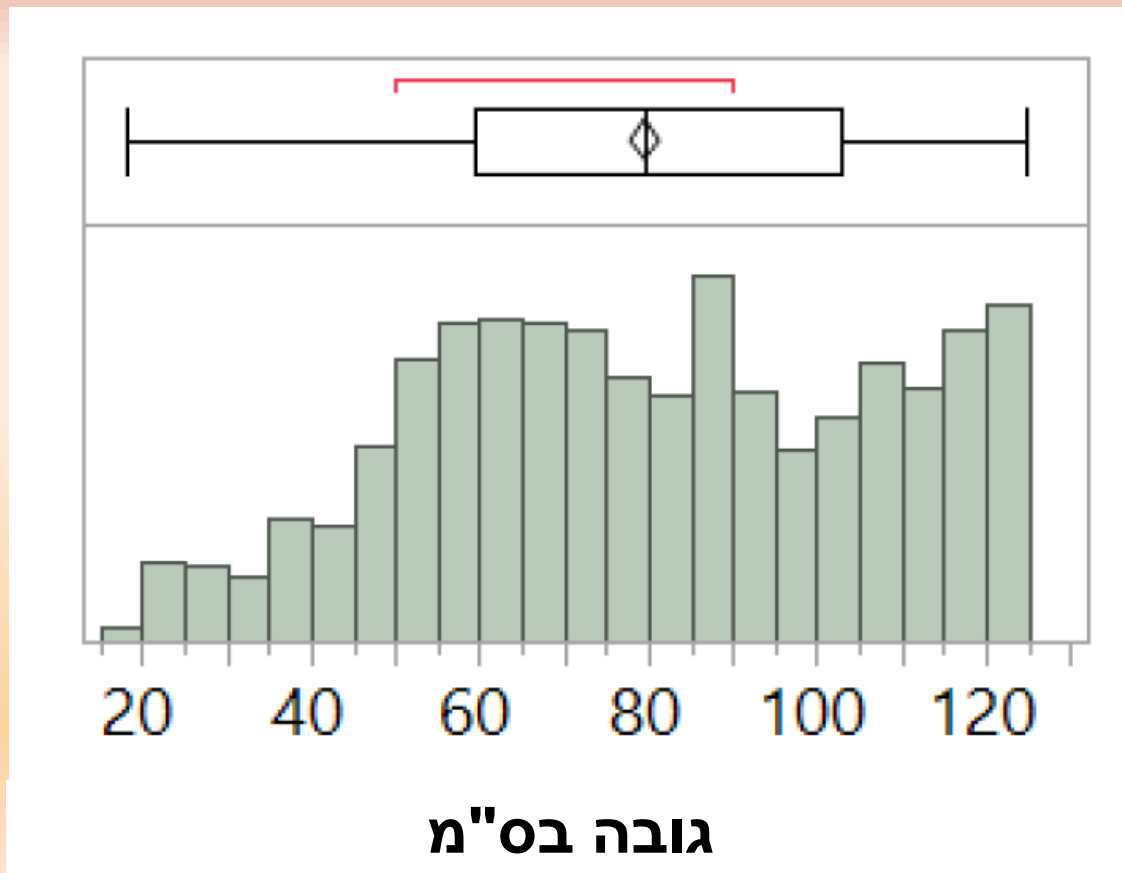
Weighted Diff VI
(WDVI): $NIR - S \times Red$
 $S=0.5$

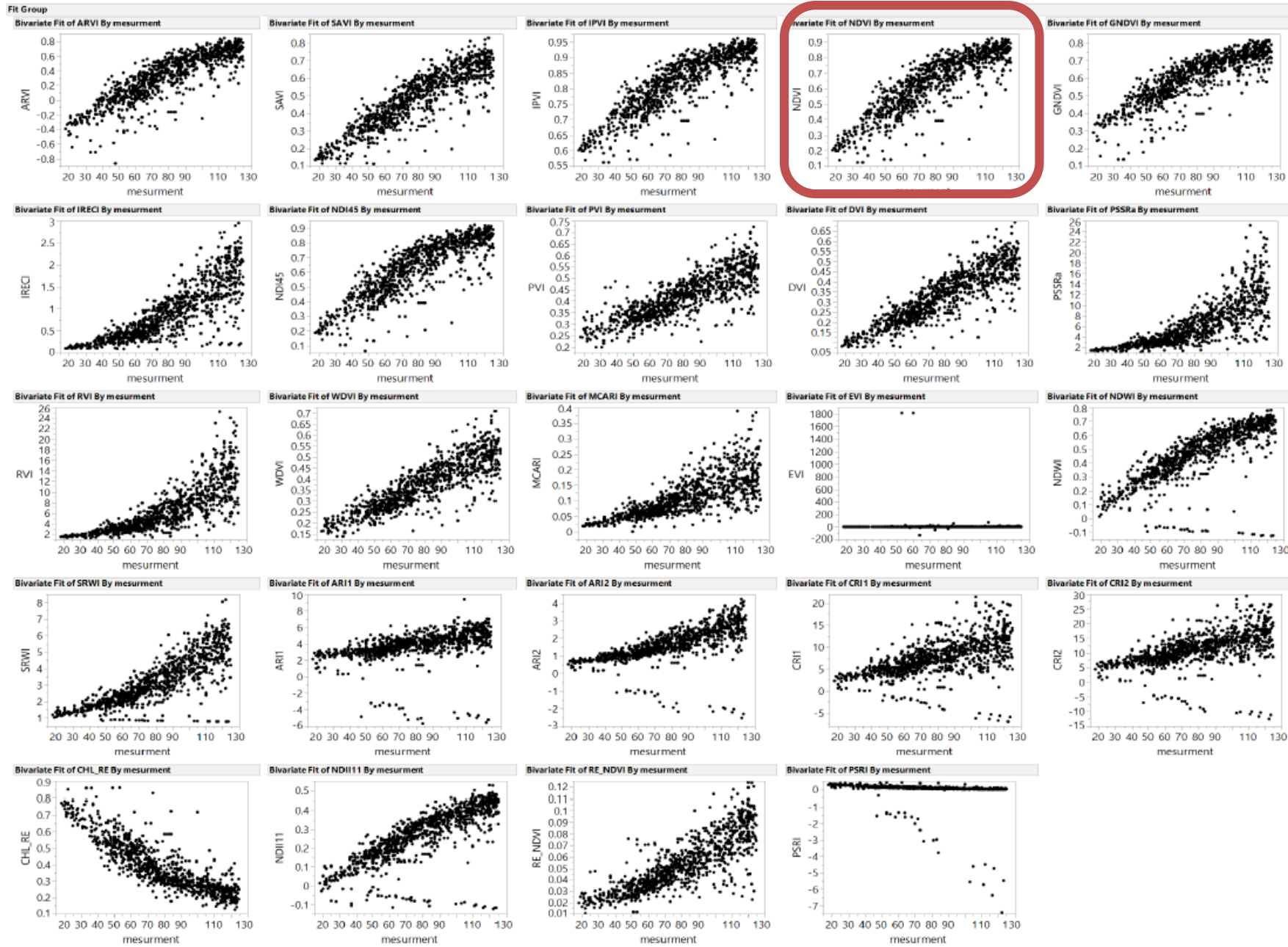




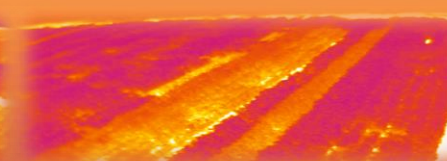
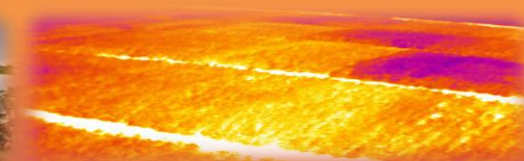
התפלגות הנתונים

1350 מדידות – לאחר הורדה של מדידות מעל 125 ס"מ נותרו עם 1009

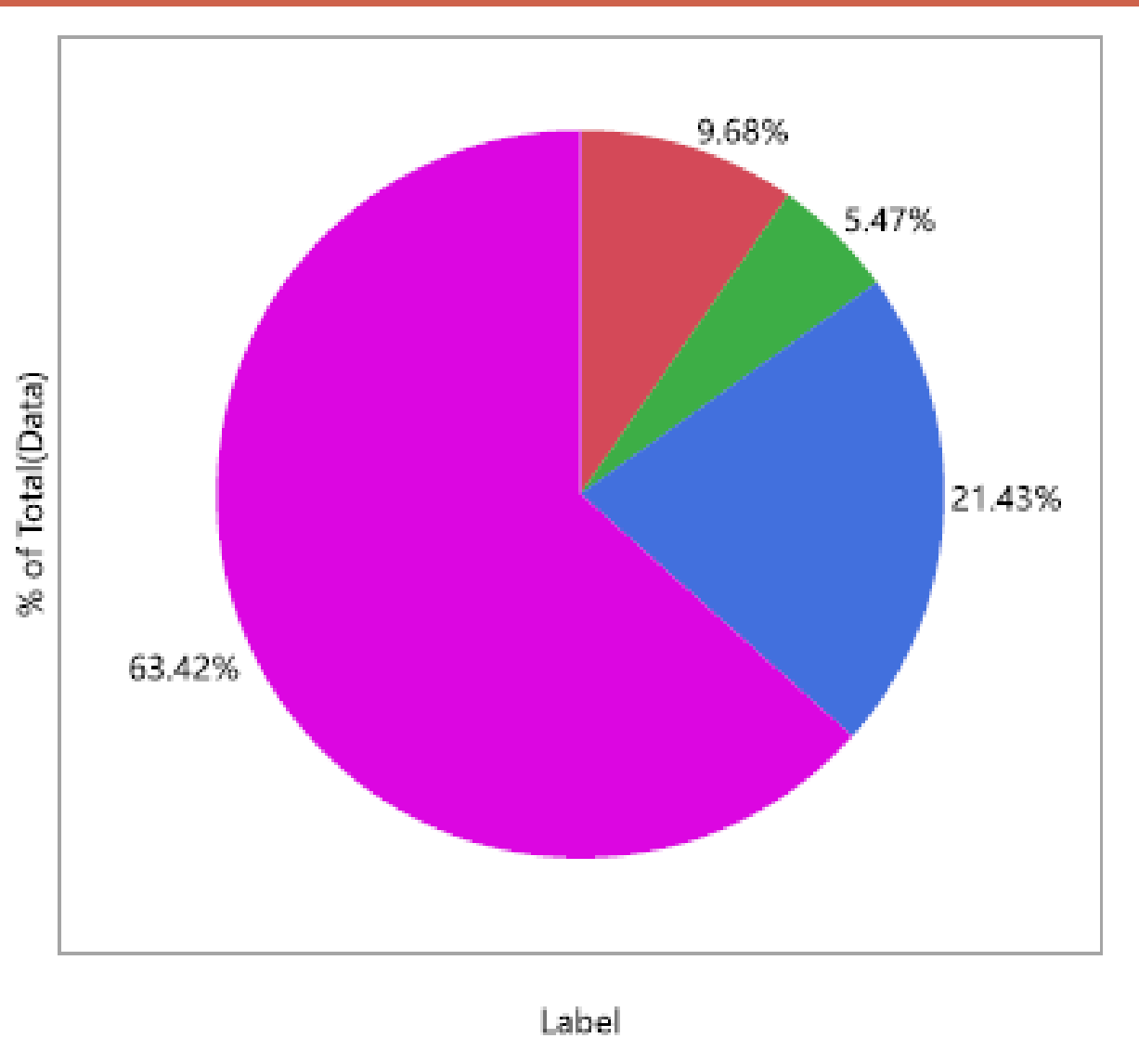




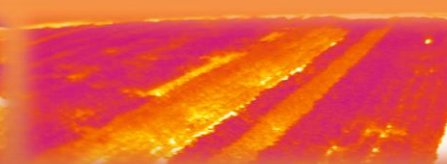
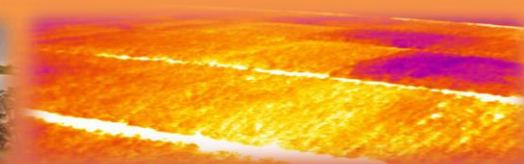
התאמות
 ליניאריות בין
 מדדים
 ספקטראליים
 ובין גובה



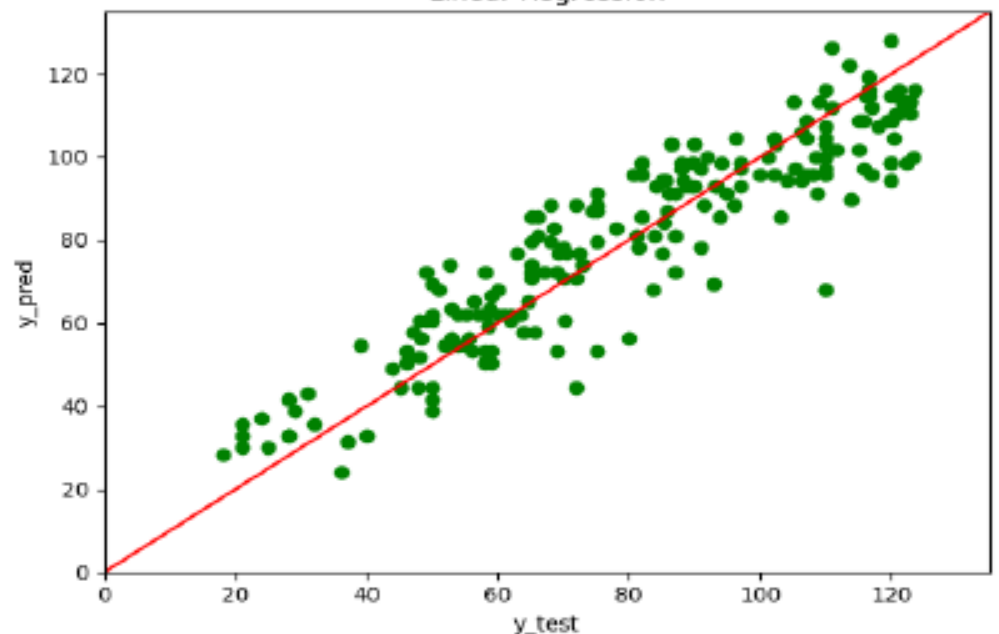
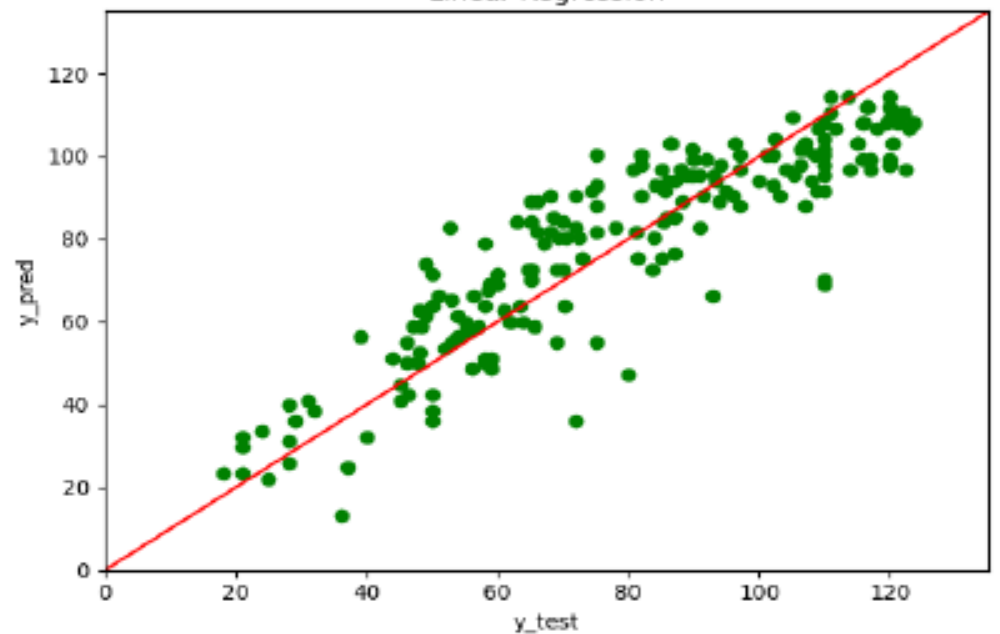
סיכום שלב ניקוי הנתונים לפי גורם

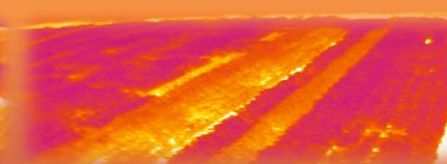
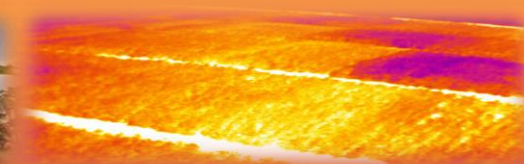


-  Valid
-  Above 125 cm
-  Clouds
-  Location

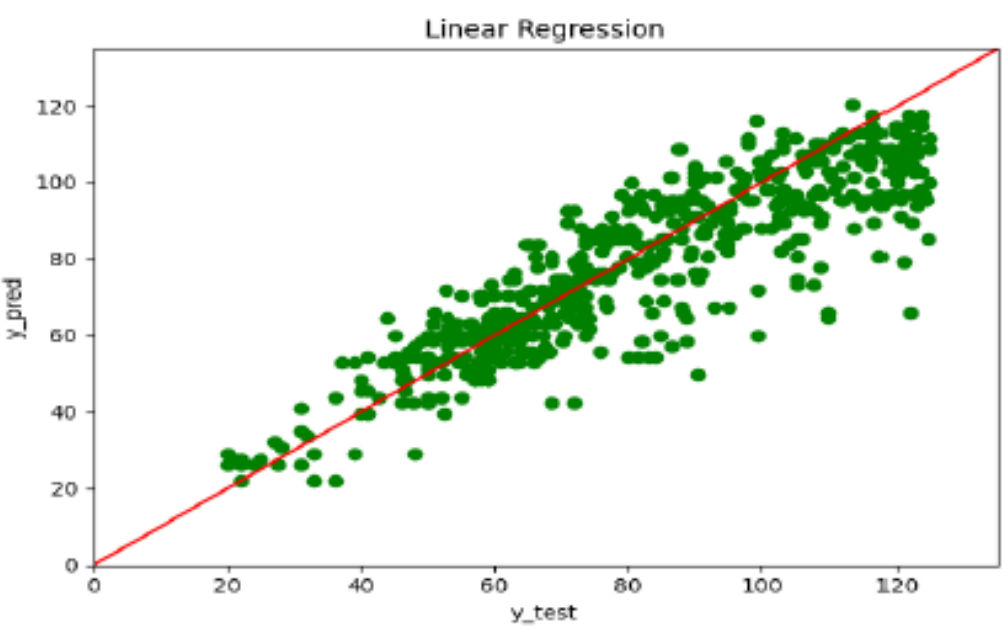
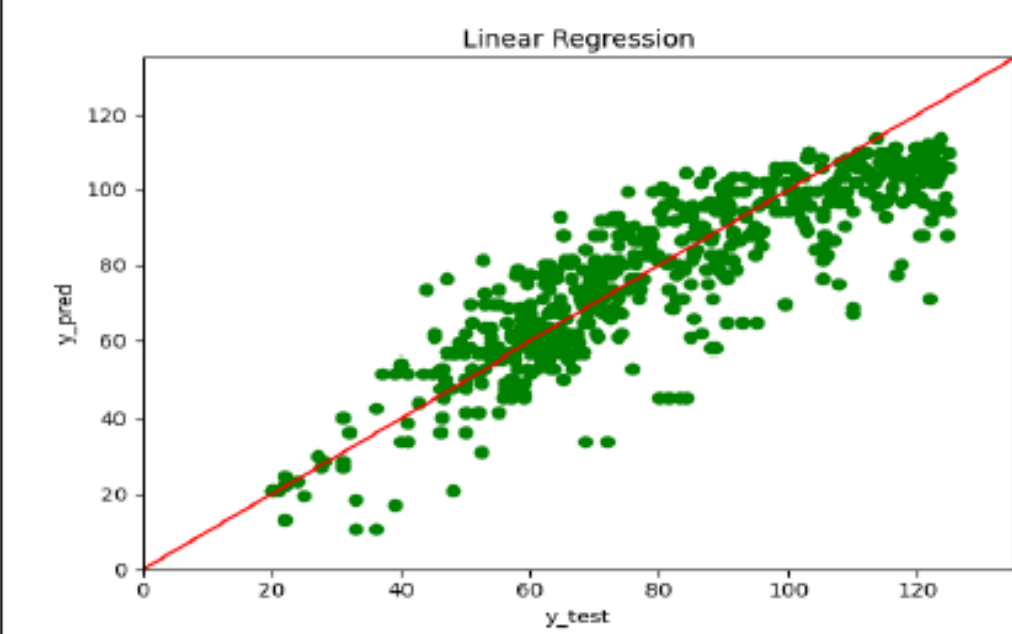


רגרסיה ליניארית 80 : 20 – תוצאות ואלידציה

VI	SAVI	NDVI
PLOT		
RMSE	11.47	12.56
R ²	0.83	0.79



רגרסיה ליניארית, 2019 : 2020

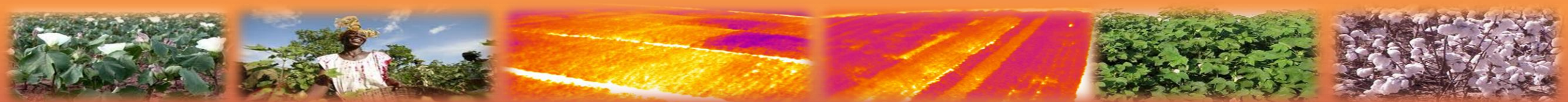
VI	SAVI	NDVI
PLOT		
RMSE	12.38	13.1
R ²	0.76	0.73

Source	LogWorth	PValue
NDII11	15.690	0.00000
NDWI	13.318	0.00000
IRECI	4.656	0.00002
RVI	3.226	0.00059
SRWI	2.979	0.00105
ARVI	2.655	0.00221
NDI45	1.898	0.01265
PSSRa	1.628	0.02358
RE_NDVI	1.366	0.04302
PSRI	1.242	0.05727
ARI2	0.987	0.10295
MCARI	0.712	0.19391
EVI	0.491	0.32282
SAVI	0.315	0.48379
CHL_RE	0.192	0.64285
GNDVI	0.154	0.70175
CRI2	.	.
CRI1	.	.
ARI1	.	.
WDVI	.	.
DVI	.	.
PVI	.	.
NDVI	.	.

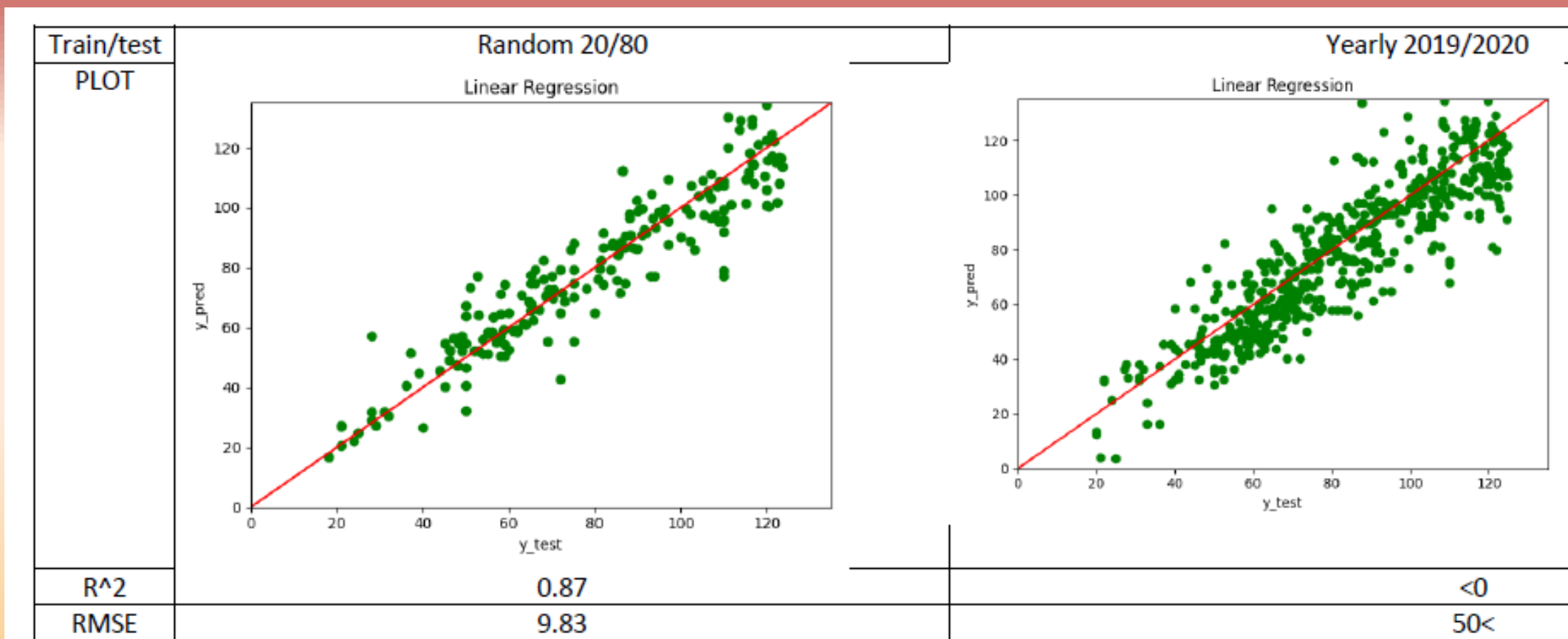
רגרסיה רבת-משתנים

- דוקא שני המדדים החשובים ביותר מתבססים על ערוצי בליעות מים
- השלישי מתבסס על ערוץ קצה האדום
- NDVI בתחתית הסולם

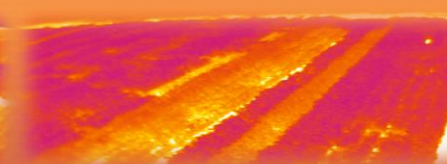
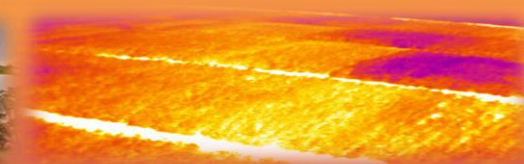
RGB	RED EDGE	NIR	Water		
CRI1	CHL_RE	IRECI	EVI	SAVI	NDWI
ARI1	ARI2	PSSRA	IPVI	ARVI	SRWI
	PSRI	CRI2	NDVI	WDVI	NDI11
	RENDVI	MCARI	DVI	PVI	
			RVI	NDI45	
				GNDVI	



רגרסיה רבת-משתנים, 80 : 20 , תוצאות ואלידציה



טעות נמוכה יותר ב-1.6 ס"מ (שיפור של 15%)

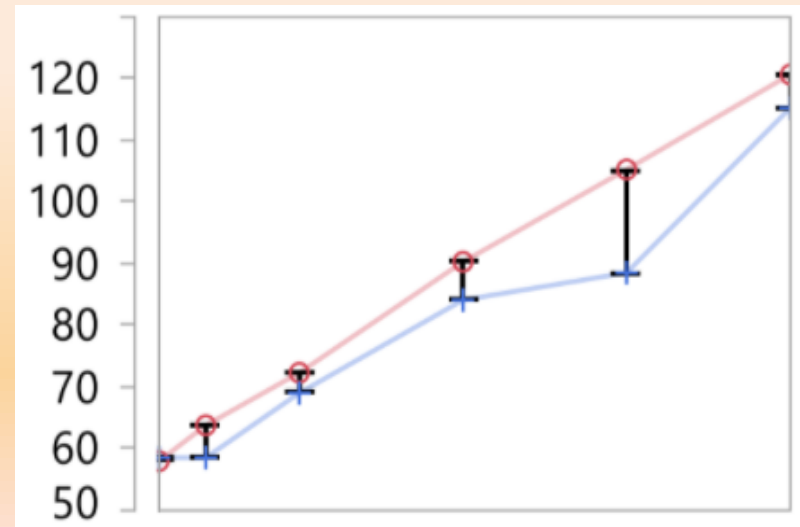
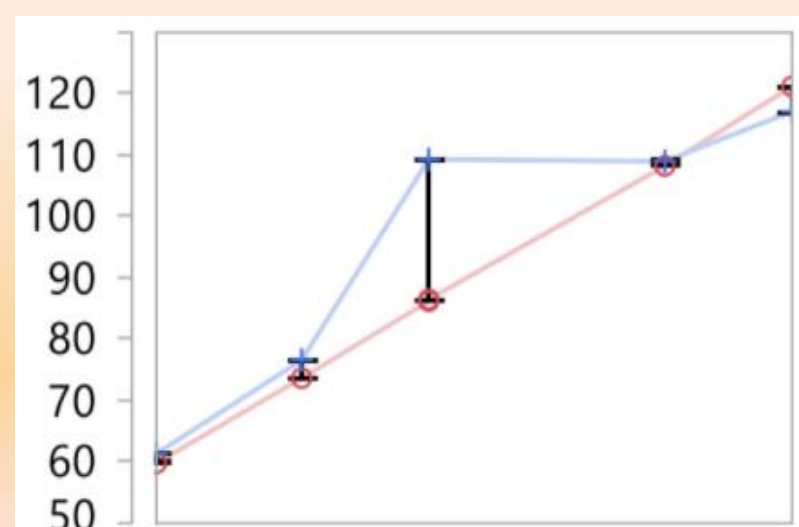
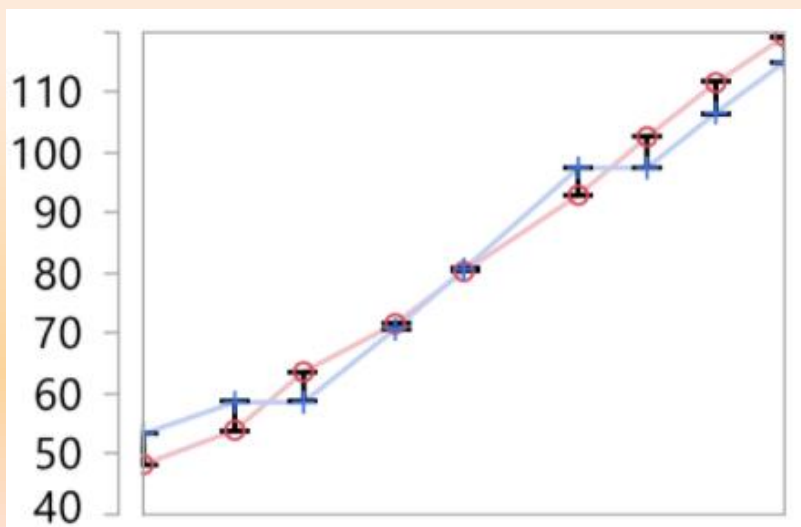
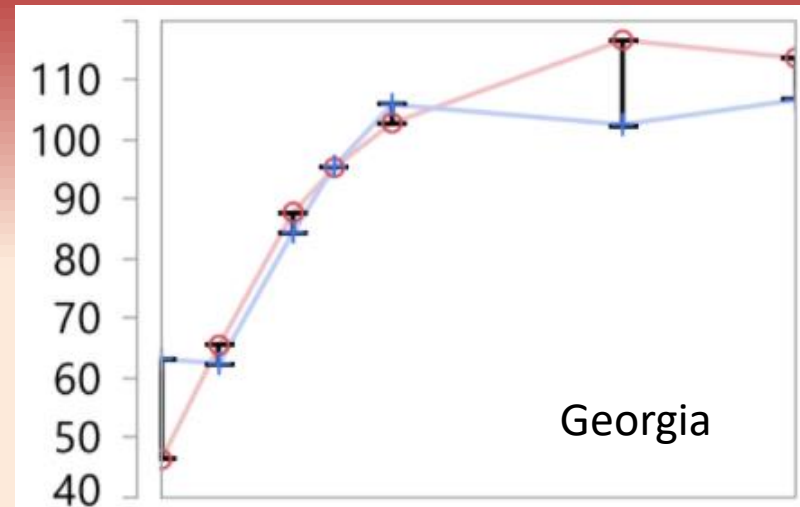
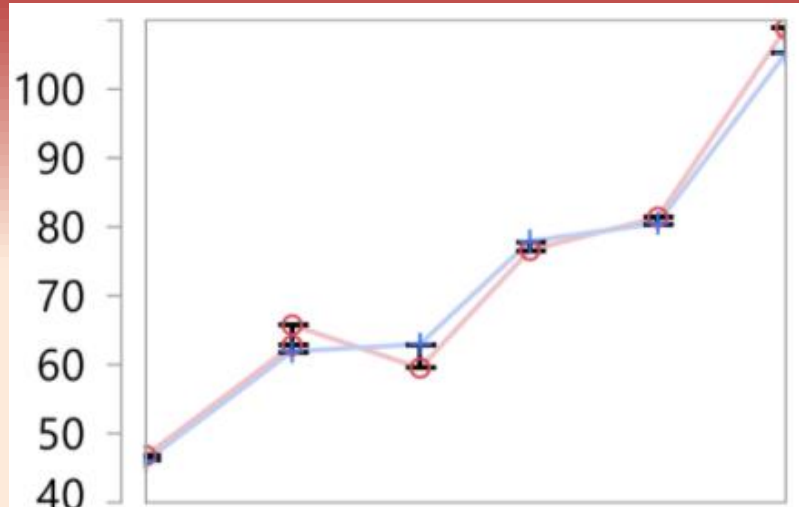
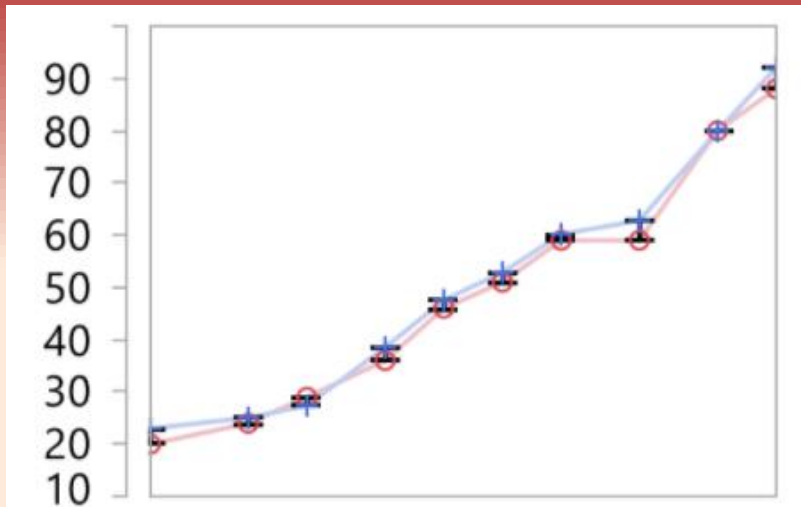


Random-Forest (80:20)

VI	רק אלו מִSTEPWISE	כל ה־V
PLOT		
R ²	0.92	0.92
RMSE	7.88	8.05

טעות נמוכה יותר ב-3.5 ס"מ (שיפור של 31%)

מדוד מול מחושב, חלקות בודדות



מדוד מול מחושב, חלקות בודדות

□ ברב המוחלט של המקרים, סדרות הזמן של המדוד והמחושב מתאימות,

□ רעש בגין עננות

□ רעש בגין כיוול רדיומטרי

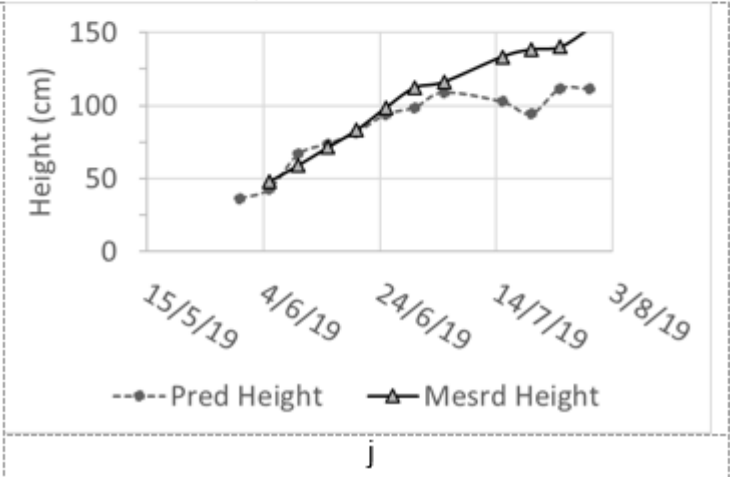
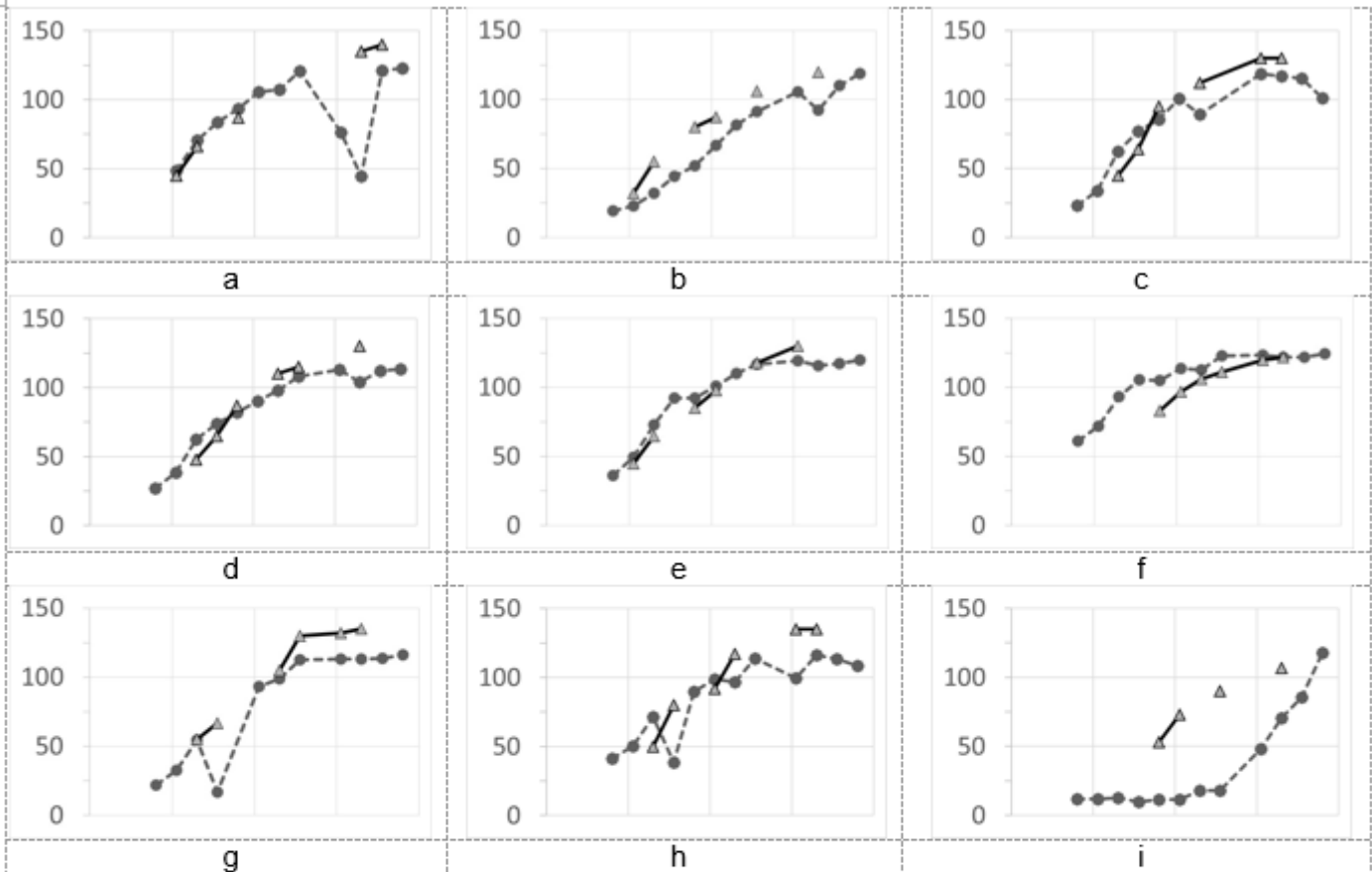
□ רוויה

□ דימותי הלוויין מספקים סדרת

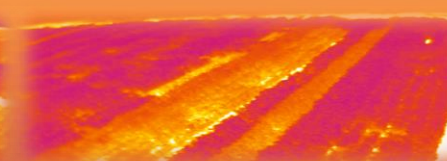
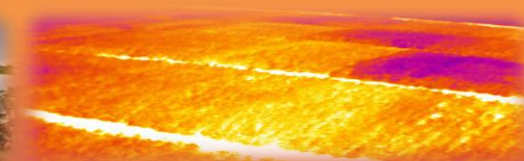
זמן עקבית ופעמים רבות

בעלת תדירות גבוהה יותר

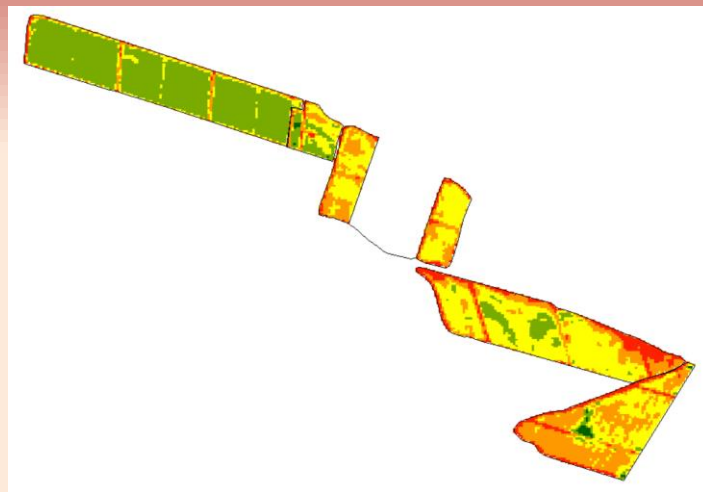
מהמידות הידניות.



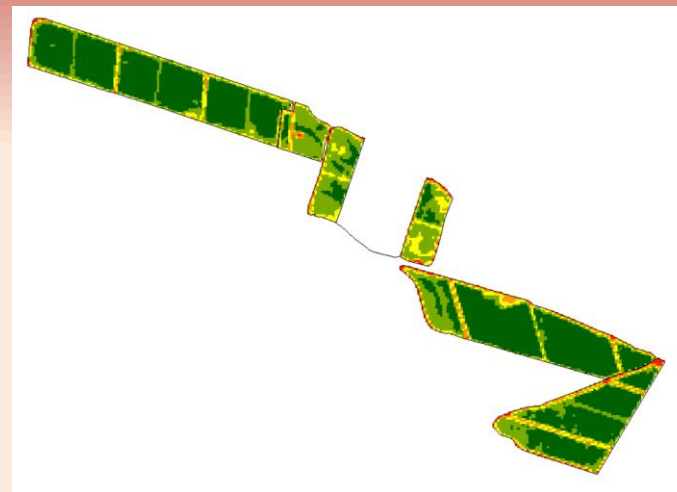
איור 6: דוגמאות של סדרות זמן מ-9 חלקות של גובה מדוד מול גובה מחושב באמצעות המודל המוצע באיור 4. J מציג את הממוצע של כלל החלקות.



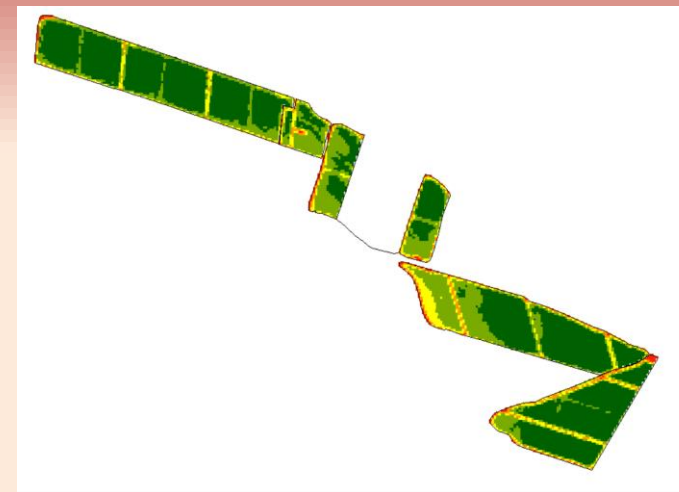
מיפוי מרחבי



10.6.2019

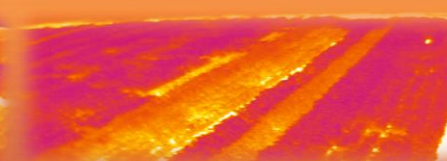
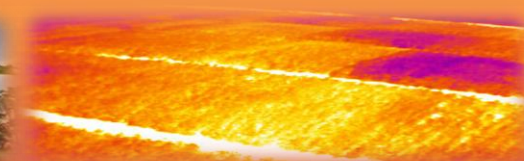


5.7.2019



25.7.2019

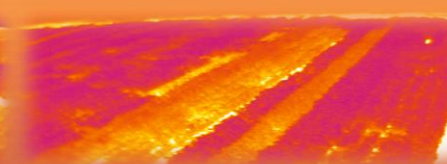
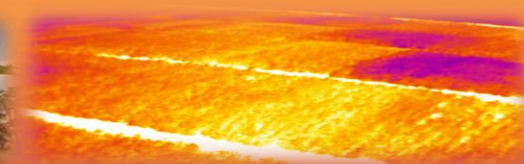
מפות גובה של שדות על בסיס המודל. סדר הערכים (עולה):
אדום, כתום, צהוב, ירוק בהיר וירוק כהה. החלוקה היא יחסית
לאותו מועד (natural breaks)



קבלת החלטות להשקיה



מפת עזר לקבלת החלטות **חום**: מתחת לטווח הרצוי, **ירוק**:
בתוך הטווח הרצוי, **כחול**: מעל לטווח הרצוי.
הטווח הרצוי נקבע 10% מעל ומתחת לגובה של 62 ו-110 ס"מ, שהם הגבהים
המומלצים בתאריכים 5.7 ו-10.6 בהתאמה

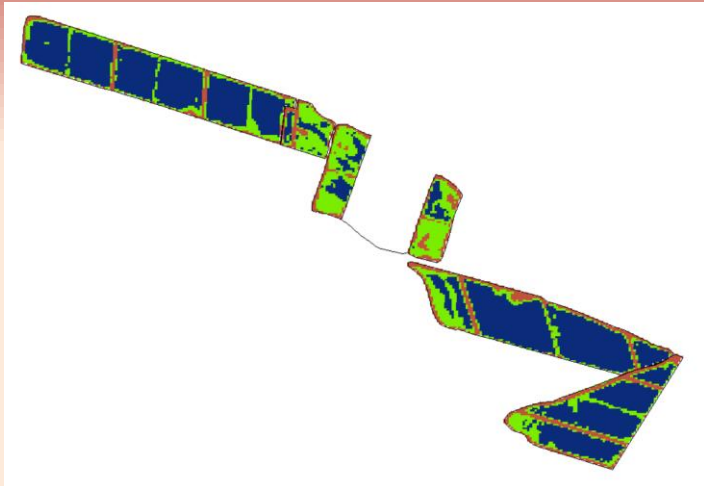


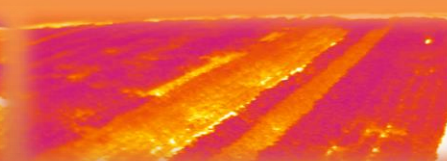
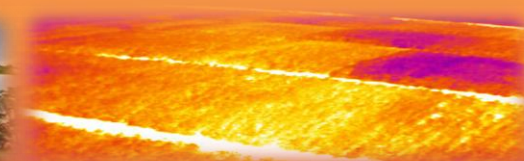
סיכום

שימוש בגישה מבוססת נתונים מאפשרת להעריך גובה צמח כותנה בצורה טובה.

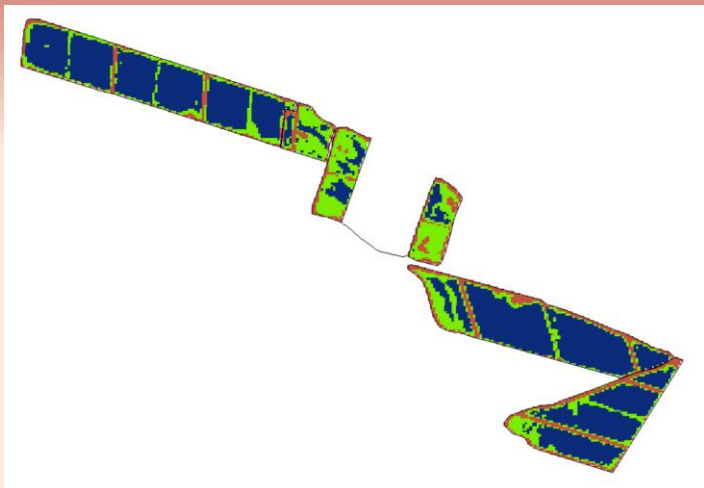
רגרסיה רבת משתנים הצביעה על יתרון לאינדקסים מבוססי ערוצי בליעה של מים וקצה האדום.

שימוש בשיטות של לימוד מכונה משפרות את הביצועים בהשוואה לרגרסיה לינארית חד או רבת משתנים (הקטנה הטעות מ-11.5 ל-7.8 ס"מ, שיפור של 30%)





המשך



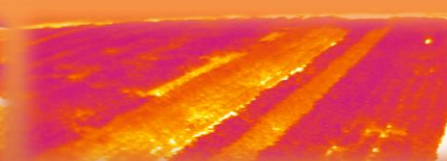
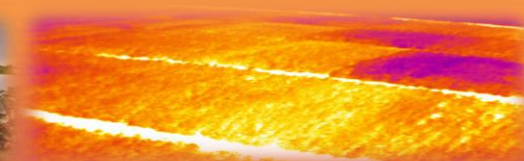
שימוש בטכניקות עיבוד של סדרות זמן להחלקת הרעשים הנובעים מכיול רדיומטרי והשלמת פערים עקב עננות ל:

1. הערכה רציפה של גובה

2. לאפשר הערכה של קצב צימוח

זאת על מנת להפוך את השיטה ככלי בקבלת החלטות השקיה.

בחינת דיוק המודל במיפוי השונות: הכוונת השקיה מדייקת



תודות

איתן סלע, אבי, אורי, יגב, עוז, אילן, ניר, גלי,
הראל, נעם, אשר, שלומי, אלי ועוד ועוד מגדלים
שהצטרפו למסע

לדוד וייסמן, אלינה בר-טל מולי זקס – אפליקציה
2019

הראל גריוולט וניצן גרף – ניתוח נתונים 2019



מקורות של התמונות

- <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>