

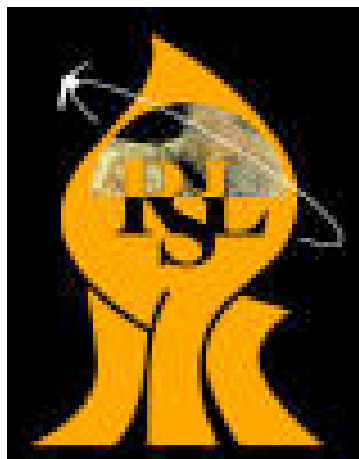
כלים ספקטראליים לשימוש בחקלאות מדייקת עבור גידולי שדה

איתי הרמן, ארנון קרניאלי ודוד בונפיל

כנס הסטודנטים השלישי לחישה מרחוק

ד'-ה' אייר תשע"ב, 2-3 מאי 2012

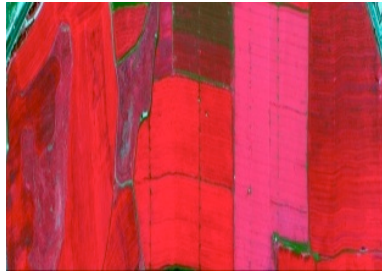
מדרשת בן-גוריון



חישה מרחוק וחקלאות מדייקת

יישום מבוסס מפה

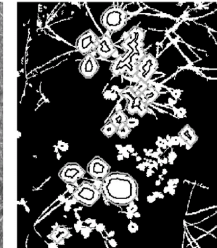
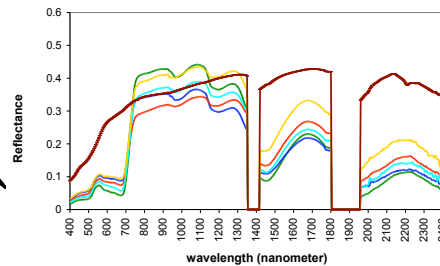
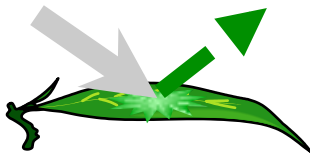
יישום תוך כדי תנועה
("on the go")



חישה מרחוק

מבוסס החזרה

מבוסס צורה





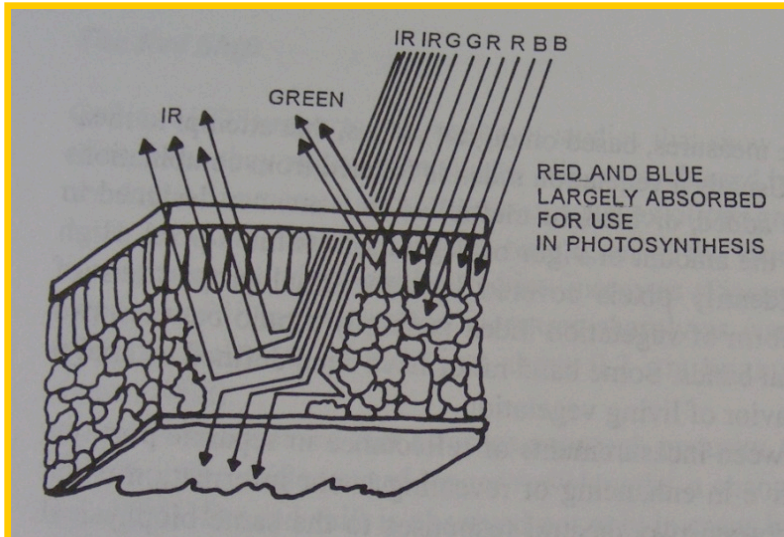
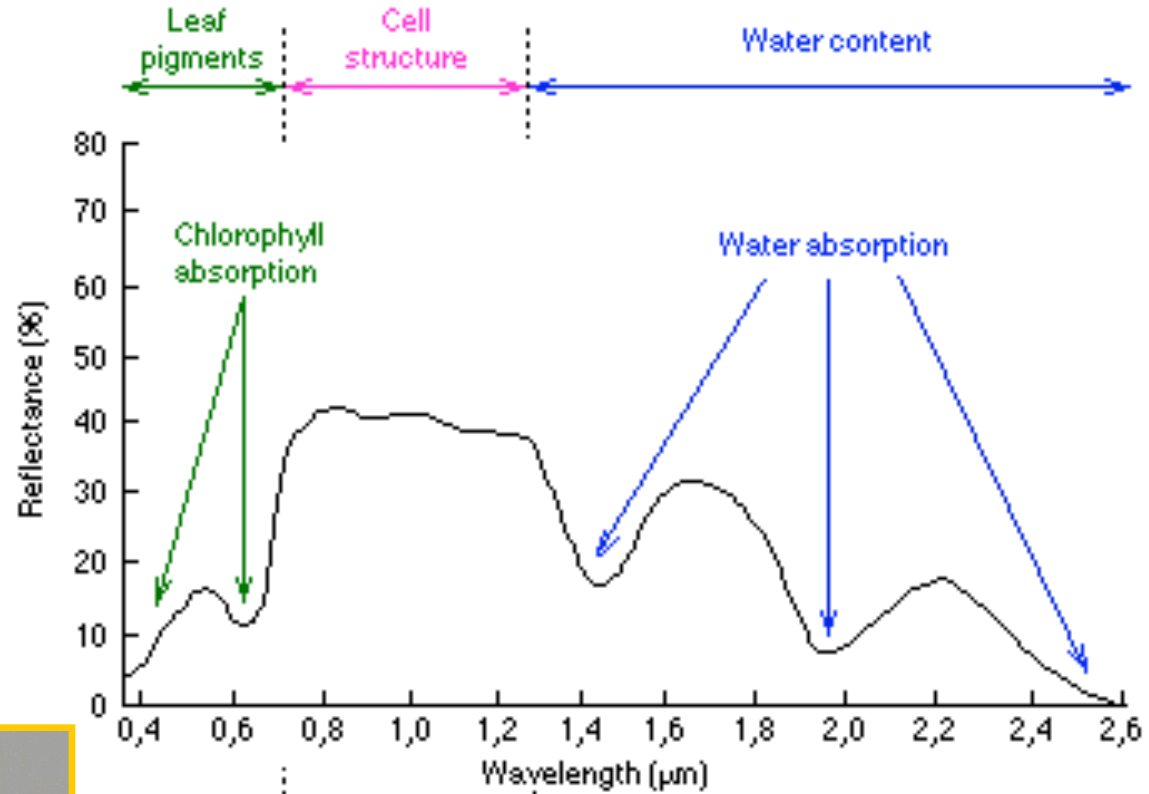
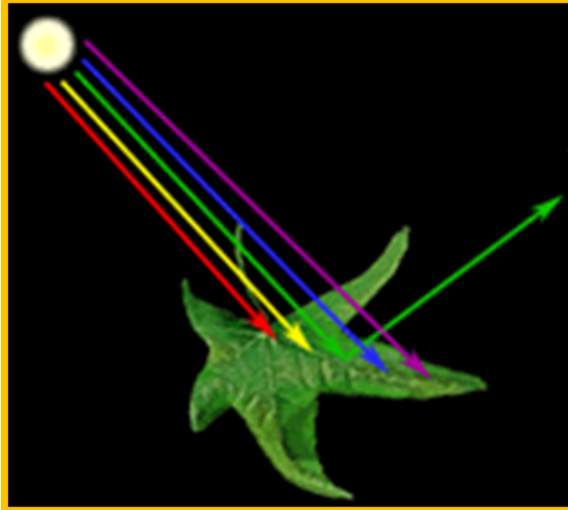
שימוש במידע צורני בתחום הנראה
לקטיף מלפפונים תוך כדי תנועה.

פריון העבודה גדל והפגיעה
בצמחים הצטמצמה.



מצגת זו לא תעסוק ביישום בפועל.

ספקטרום ההחזרה מצמחייה

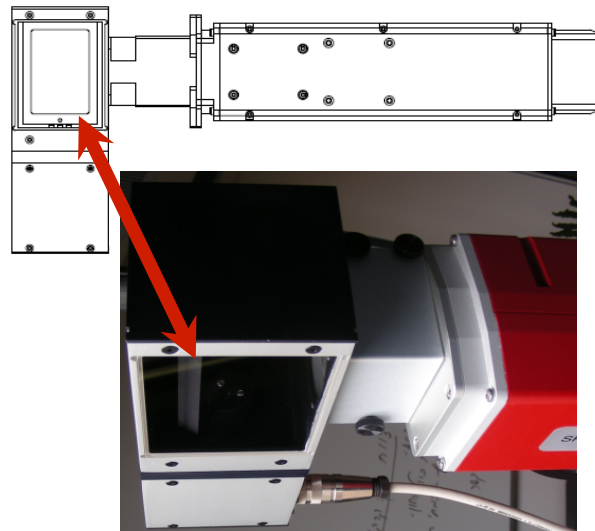


Foliage reflectance:
More $\rightarrow$ NIR
Less $\rightarrow$ R

נתונים ספקטראליים כמו גם דגימות צומח נאספו בחלקות ניסוי, בשדות חקלאיים בצפון הנגב (מרכז מחקר גילת, קיבוץ רוחמה וקיבוץ סעד).

Spectral Camera HS (Specim)

טווח 400 – 1000 ננומטר.
1600 פיקסלים לשורה.



ASD FieldSpec® FR

טווח 400 – 2400 ננומטר.
שדה ראייה של 25°.



איסוף הנתונים הספקטראליים בוצע בעזרת חיישנים קרקעיים.

המוטיבציה הינה כלכלית וסביבתית והמחקרים מהווים בחינה ראשונית להיתכנות שימוש מעשי בחיישנים חלליים/אוויריים/קרקעיים.

הנושאים המוצגים:

- הערכת תכולת חנקן בצמחי תפוח אדמה.
- הערכת מדד שטח עלה בשדות חיטה ותפוח אדמה.
- זיהוי עשבים רעים רחבי עלים ודגניים בשדות חיטה.

כל נושא הוא מחקר עצמאי ולכן יוצג בנפרד.

חנקן הוא גורם חשוב עבור התפתחות הצמח כמו גם כמות ואיכות היבול.

ההיפותזה - שילוב אורך גל הקשור ישירות לתכולת החנקן (1510 ננומטר), עם אורכי גל בעלי קשר עקיף, יגביר את יכולת החיזוי של תכולת החנקן.

במשך שתי עונות גידול (סתיו 2006 ואביב 2007) נאספו 220 ספקטרה (ע"י ASD) ועבור כל אחת מהן נקבעה תכולת חנקן (ע"ס דגימת צמח).

מדדים מוצעים לזיהוי תכולת חנקן:

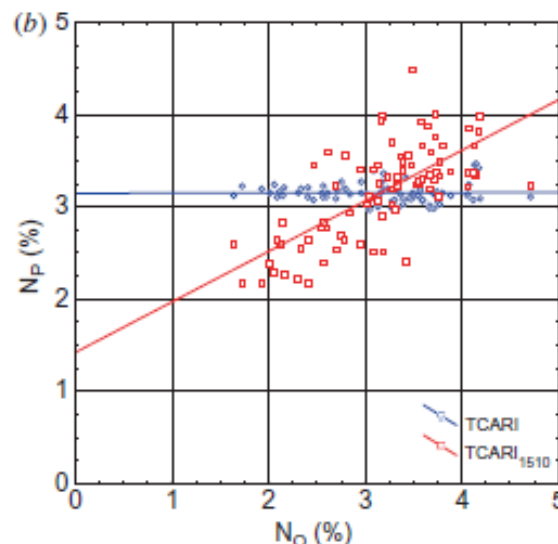
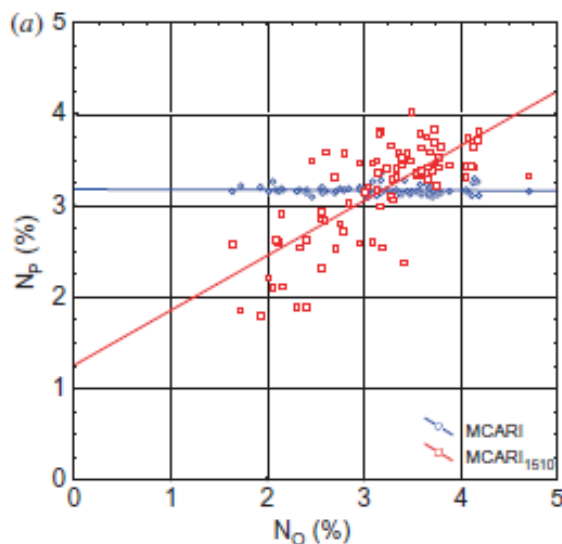
$$NRI_{1510} = \frac{[\rho_{1510} - \rho_{660}]}{[\rho_{1510} + \rho_{660}]}$$

$$MCARI_{1510} = [(\rho_{700} - \rho_{1510}) - 0.2(\rho_{700} - \rho_{550})] \left(\frac{\rho_{700}}{\rho_{1510}} \right)$$

$$TCARI_{1510} = 3[(\rho_{700} - \rho_{1510}) - 0.2(\rho_{700} - \rho_{550})] \left(\frac{\rho_{700}}{\rho_{1510}} \right)$$

$$TCARI_{1510} / OSAVI_{1510} = \frac{3[(\rho_{700} - \rho_{1510}) - 0.2(\rho_{700} - \rho_{550})] \left(\frac{\rho_{700}}{\rho_{1510}} \right)}{\left[\frac{(1 + 0.16)(\rho_{800} - \rho_{1510})}{(\rho_{800} + \rho_{1510} + 0.16)} \right]}$$

תכולת חנקן חזויה (Np) מול מדודה (No)



MCARI: $p = 0.69$; $R^2 = 0.002$;

RMSEP = 0.66

MCARI₁₅₁₀: $p = 0.0000$; **$R^2 = 0.54$** ;

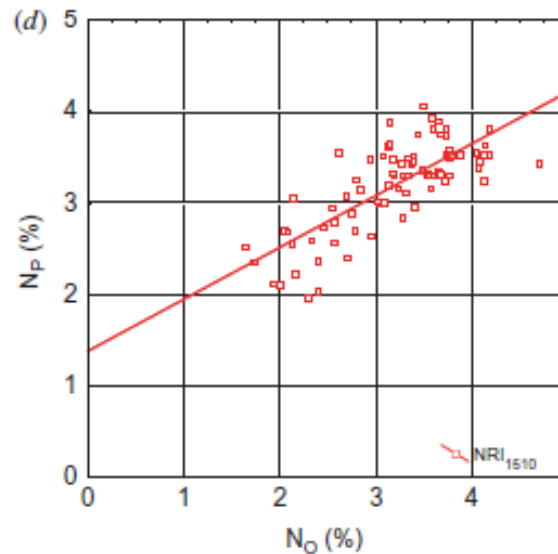
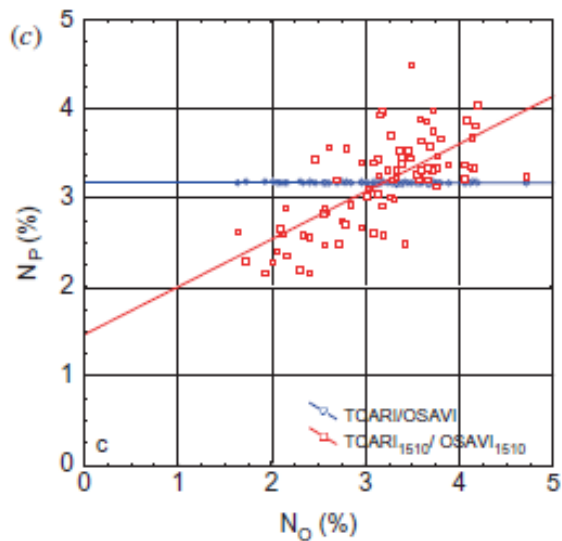
RMSEP = 0.49

TCARI: $p = 0.92$; $R^2 = 0.000$;

RMSEP = 0.66

TCARI₁₅₁₀: $p = 0.000$; **$R^2 = 0.48$** ;

RMSEP = 0.47



TCARI/OSAVI: $p = 0.13$; $R^2 = 0.03$;

RMSEP = 0.66

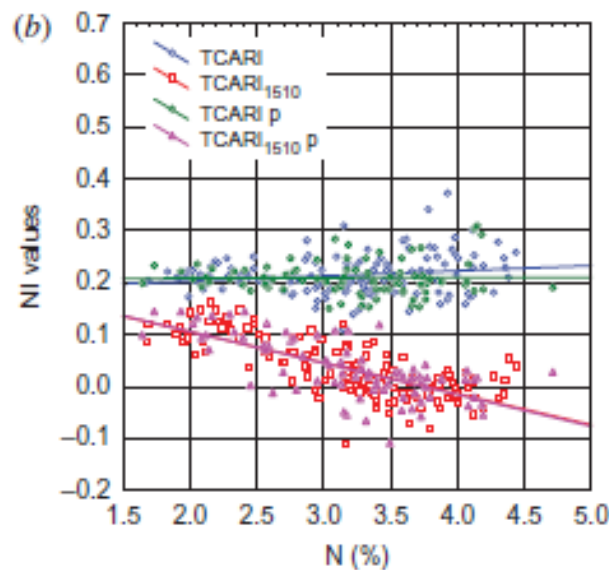
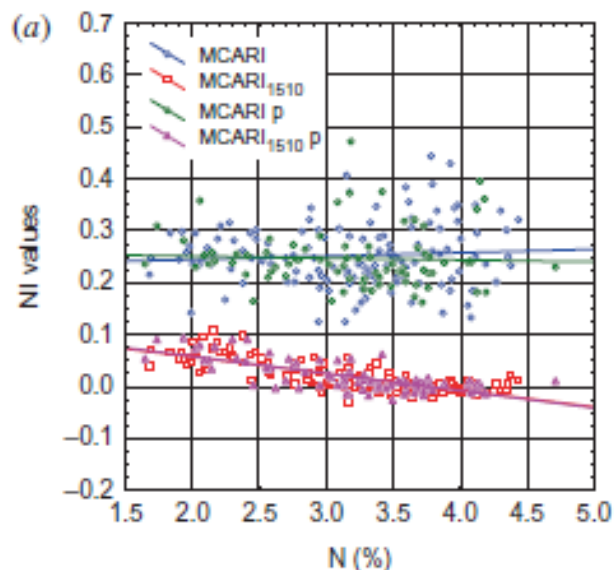
TCARI₁₅₁₀/OSAVI₁₅₁₀: $p = 0.00$;

$R^2 = 0.49$; RMSEP = 0.47

NRI₁₅₁₀: $p = 0.00$; **$R^2 = 0.59$** ;

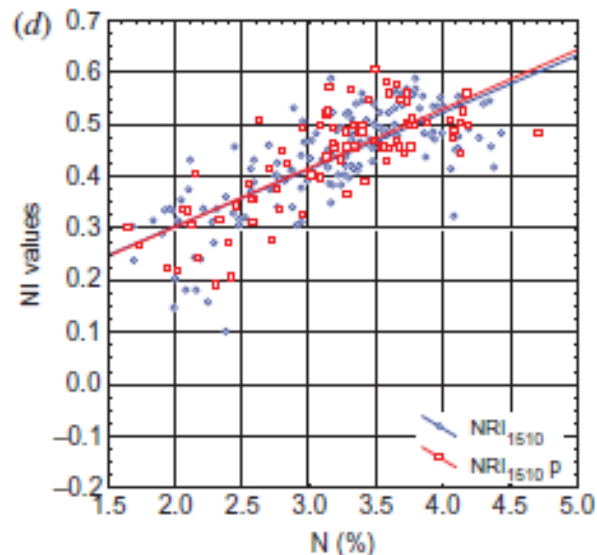
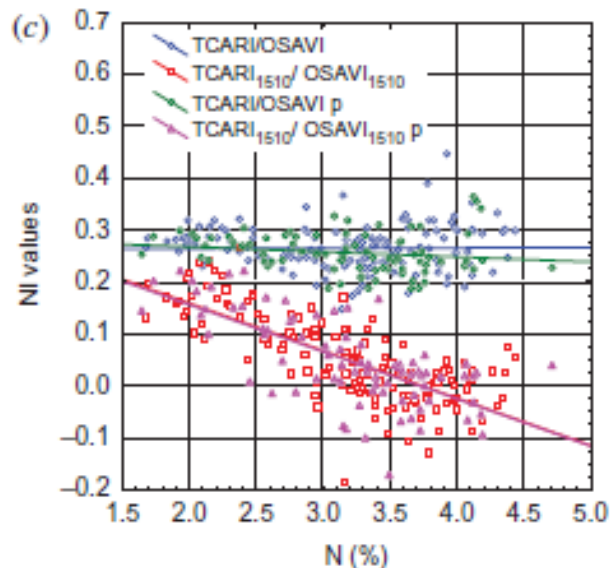
RMSEP = 0.42

קורלציה בין מדדי צמחייה לתכולת חנקן



MCARI: $p = 0.61$; $R^2 = 0.001$
 MCARI₁₅₁₀: $p = 0.0000$; **$R^2 = 0.57$**

TCARI: $p = 0.07$; $R^2 = 0.015$
 TCARI₁₅₁₀: $p = 0.0000$; **$R^2 = 0.52$**



TCARI/OSAVI: $p = 0.47$; $R^2 = 0.002$
 TCARI₁₅₁₀/OSAVI₁₅₁₀: $p = 0.000$;
 $R^2 = 0.53$

NRI₁₅₁₀: $p = 0.0000$; **$R^2 = 0.57$**

רגישות יחסית (Gitelson 2004)

		X										
		P_{850}	P_{1510}	CCCI	NDNI	TCARI	MCARI	TCARI/OSAVI	TCARI ₁₅₁₀	MCARI ₁₅₁₀	TCARI ₁₅₁₀ /OSAVI ₁₅₁₀	NRI ₁₅₁₀
Y	P_{850}	1										
	P_{1510}	0.69	1									
	CCCI	1.22	1.76	1								
	NDNI	1.10	1.58	0.90	1							
	TCARI	4.05	5.86	3.32	3.70	1						
	MCARI	12.06	17.43	9.89	11.00	2.98	1					
	TCARI/OSAVI	-10.32	-14.92	-8.47	-9.41	-2.55	-0.86	1				
	TCARI ₁₅₁₀	-0.47	-0.68	-0.39	-0.43	-0.12	-0.04	0.05	1			
	MCARI ₁₅₁₀	-0.43	-0.63	-0.35	-0.39	-0.11	-0.04	0.04	0.91	1		
	TCARI ₁₅₁₀ /OSAVI ₁₅₁₀	-0.52	-0.75	-0.42	-0.47	-0.13	-0.04	0.05	1.09	1.19	1	
	NRI ₁₅₁₀	0.47	0.68	0.39	0.43	0.01	0.04	-0.05	-1.00	-1.10	-0.92	1

$Sr > 1$ - X is more sensitive; $Sr = 1$ - equal; $Sr < 1$ - Y is more sensitive.

Minus - presents the difference in the direction of the relationship between the indices to N.

Relative Sensitivity

The sensitivity of spectral indices to N content is obtained by coupling them and obtaining the Sr .

$$Sr = \left(\frac{dX}{dY}\right)\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)$$

dY and dX - first derivatives ; **ΔY and ΔX** - active ranges.

$Sr > 1$ - index X is more sensitive.

$Sr = 1$ - sensitivities are equal.

$Sr < 1$ - index Y is more sensitive.

ניתן להסיק ששילוב אורך גל 1510 ננומטר הקשור ישירות לתכולת החנקן בצמח, עם אורכי גל 550 ו- 700 ננומטר בעלי קשר עקיף לחנקן, כמו גם עם 660 ננומטר הקשור ישירות לתכולת הכלורופיל, מגביר את יכולת החיזוי של תכולת החנקן.

אין יתרון מובהק לאף אחד מבין ארבעת המדדים המוצעים.

International Journal of Remote Sensing
Vol. 31, No. 19, 10 September 2010, 5127–5143



SWIR-based spectral indices for assessing nitrogen content in potato fields

I. HERRMANN[†], A. KARNIELI^{*†}, D. J. BONFIL[‡], Y. COHEN[§] and
V. ALCHANATIS[§]

שטח העלה הינו מדד חשוב להערכת גורמים כדוגמת- תכולת כלורופיל, שיעור פוטוסינתזה וביומאסה.

ההיפותזה - ערוצי לווייני העתיד VENμS ו-Sentinel-2, בהתמקדות בתחום גבול האדום, יכולים לספק הערכת מדד שטח עלה.



Probe length 86.5 cm.
80 sensors.

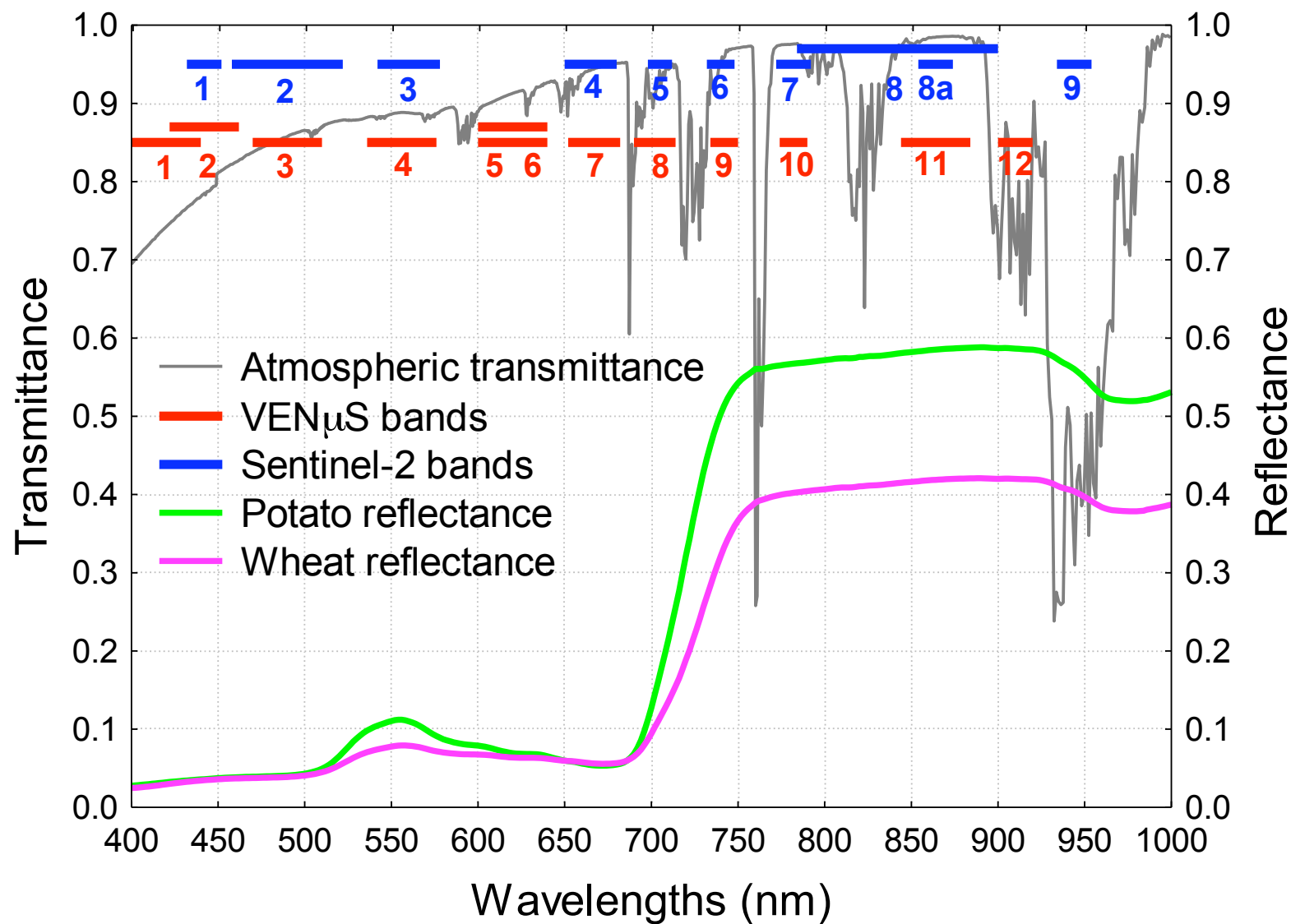
במשך 4 עונות גידול (חורף 2004, חורף 2005, סתיו 2006 ואביב 2007) נאספו 466 ספקטרה (ע"י ASD) ועבור כל אחת מהן הוערך מדד שטח עלה באמצעות ספטומטר.

הערכת מדד שטח עלה באמצעות PLSR וזיהוי אורכי הגל החשובים באמצעות VIP (Variable Importance in Projection).

$$REIP = 700 + 40 \left\{ \frac{[(\rho_{666} + \rho_{782}) / 2] - \rho_{702}}{\rho_{738} - \rho_{702}} \right\}$$

(Guyot et al, 1988)

ממוצע ההחזרה של הגידולים



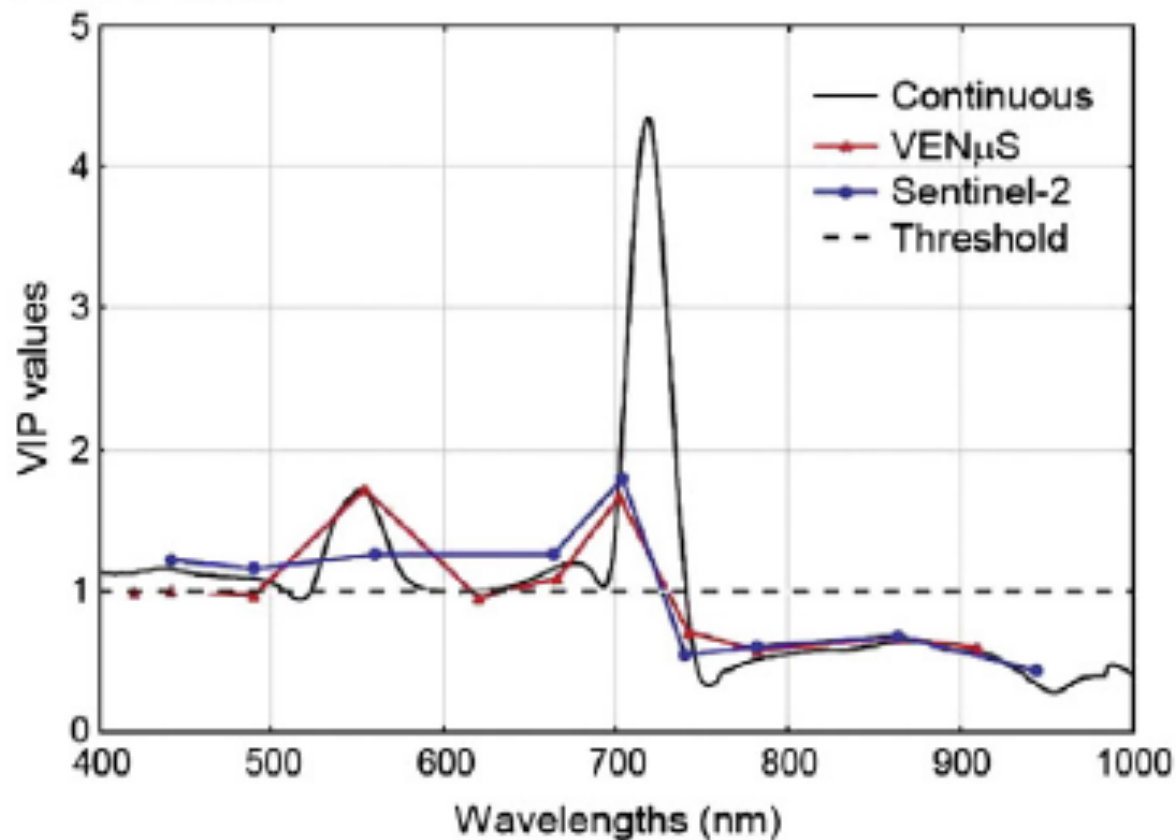
חיזוי באמצעות כלל הערוצים

	Continuous	VEN μ S	Sentinel-2	Data formation comparison (t-test p values)		
	r	r	r	VEN μ S & continuous	Sentinel-2 & continuous	VEN μ S & Sentinel-2
All potato	0.87	0.88	0.89	0.77	0.55	0.76
All wheat	0.95	0.93	0.95	0.23	1	0.23
All data	0.93	0.93	0.92	1	0.50	0.50

LAI prediction by PLS models using the entire spectra of three data formations, r values are significant ($p < 0.001$).

VIP - Variable Importance in Projection

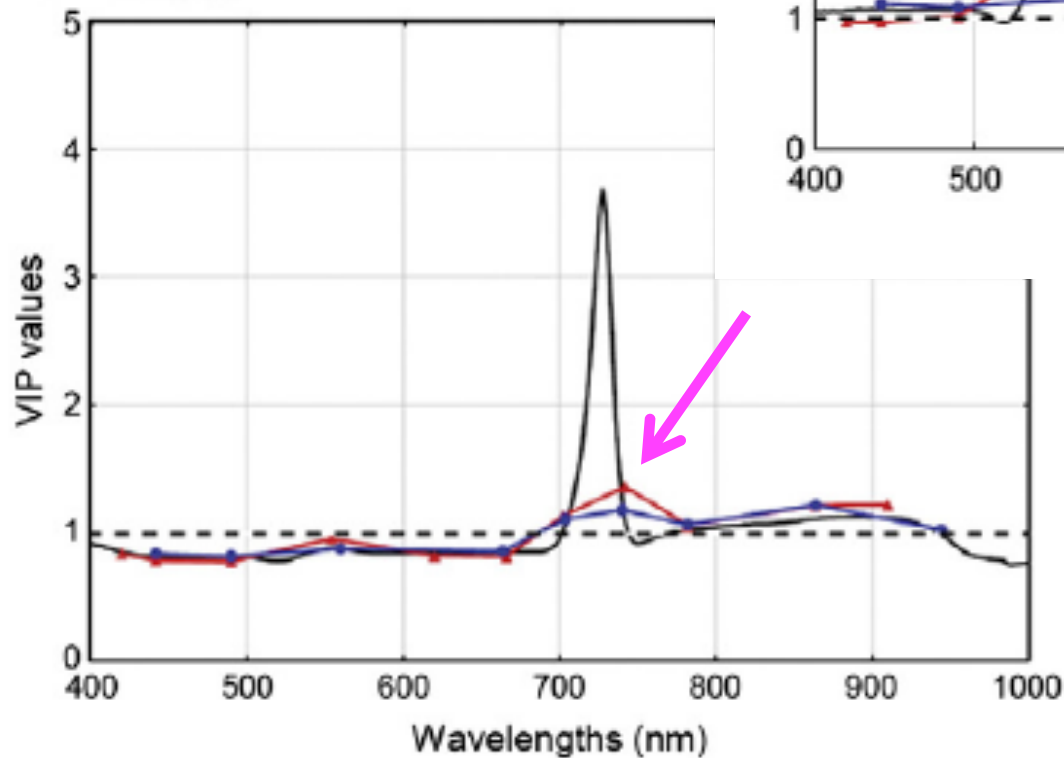
A - All data



720+/-

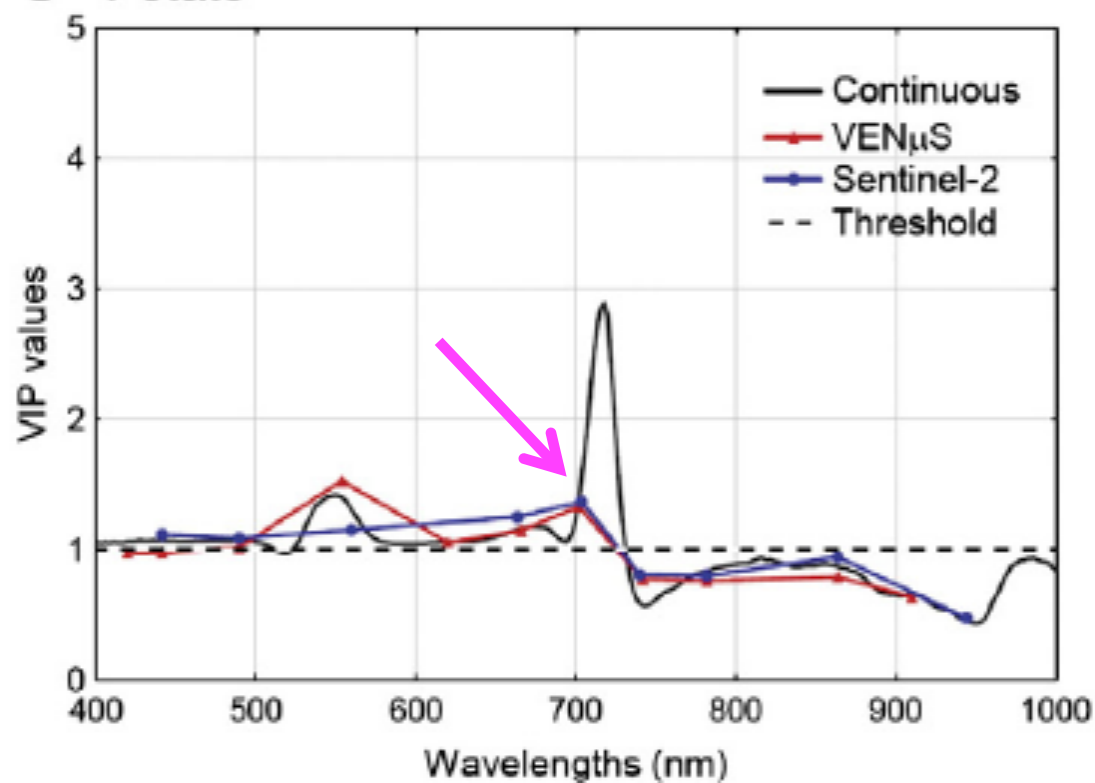
לפי גידולים – VIP

B - Wheat



Potato
←

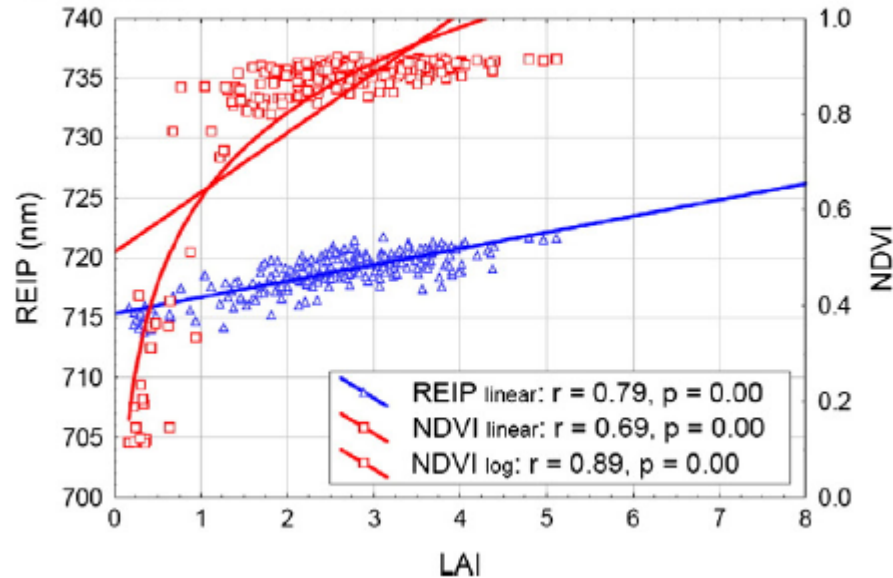
C - Potato



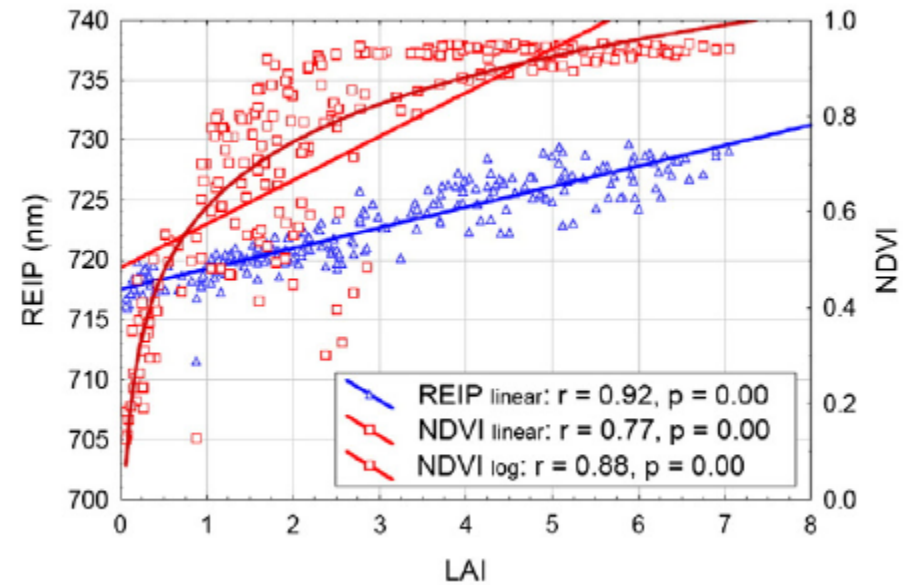
Wheat
→

קורלציה

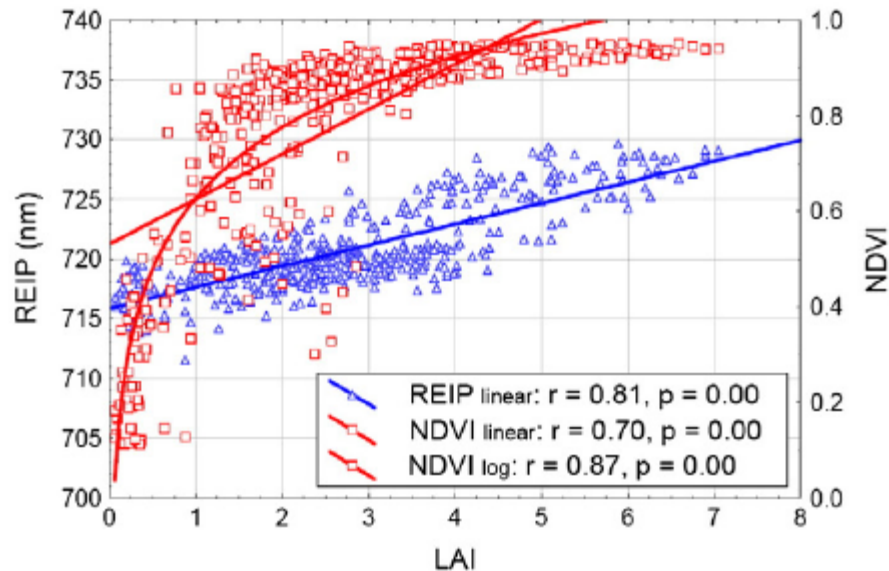
C - Potato



B - Wheat



A - All data



NDVI is saturated for $LAI > 2$.
 NDVI cannot be > 1 .

חיזוי באמצעות מדדי צמחייה

	Continuous			VEN μ S			Sentinel-2		
	r			r			r		
	NDVI Linear	NDVI Exp.	REIP Linear	NDVI Linear	NDVI Exp.	REIP Linear	NDVI Linear	NDVI Exp.	REIP Linear
All potato	0.60	0.67	0.73	0.60	0.68	0.72	0.61	0.68	0.73
All wheat	0.77	0.86	0.91	0.78	0.86	0.91	0.78	0.86	0.91
All data	0.70	0.78	0.77	0.70	0.78	0.78	0.71	0.79	0.75

r values are significant ($p < 0.05$)

	Indices comparison (t-test p values) NDVI linear and REIP linear			Indices comparison (t-test p values) NDVI exponential and REIP linear		
	Continuous	VEN μ S	Sentinel-2	Continuous	VEN μ S	Sentinel-2
All potato	0.14	0.15	0.14	0.43	0.60	0.50
All wheat	0.0005	0.001	0.001	0.11	0.11	0.11
All data	0.14	0.08	0.4	0.81	1	0.34

יכולתם הספקטראלית של לווייני העתיד VEN μ S ו-Sentinel-2 אינה נופלת מיכולתו של חיישן מרובה ערוצים לחזות את מדד שטח העלה בעזרת כלל הערוצים כמו גם מדדי צמחייה.

גבול האדום) מאפשר באופן מובהק חיזוי טוב יותר של מדד שטח העלה, מאשר) REIP
עבור חיטה, NDVI, מאפשר ה

Remote Sensing of Environment 115 (2011) 2141–2151



Contents lists available at ScienceDirect

Remote Sensing of Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse



LAI assessment of wheat and potato crops by VEN μ S and Sentinel-2 bands

I. Herrmann ^a, A. Pimstein ^{a,1}, A. Karnieli ^{a,*}, Y. Cohen ^b, V. Alchanatis ^b, D.J. Bonfil ^c

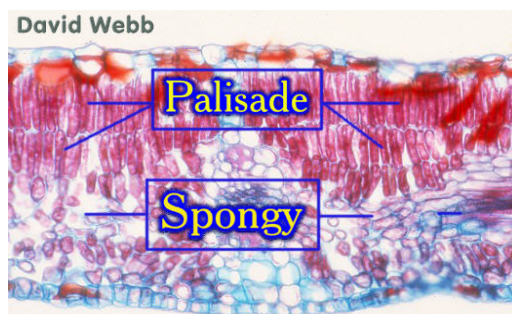


עשב רע הוא צמח הגדל במקום בו הוא אינו רצוי היות והוא עשוי לגרום הפרעה כלשהי. בחקלאות: הפחתת יבול ואיכותו, אללופטיה, פונדקאות למזיקים ומחלות והפרעה פיזית בחריש ובקציר.

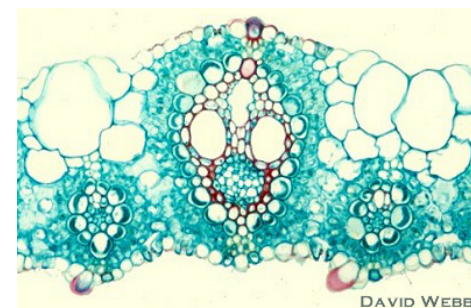
עשבים רעים הינם המזיק החמור ביותר בחקלאות, הערכת הנזק העולמי עומדת על 40 מיליארד US\$ לשנה (Monaco et al. 2002).

ההיפותזה - הפרדה ספקטראלית בין חיטה לעשבים רעים, דגניים ורחבי עלים אפשרית בעזרת סורק קרקעי מרובה ערוצים, בעל רזולוציה מרחבית גבוהה.

Broadleaf



Grass



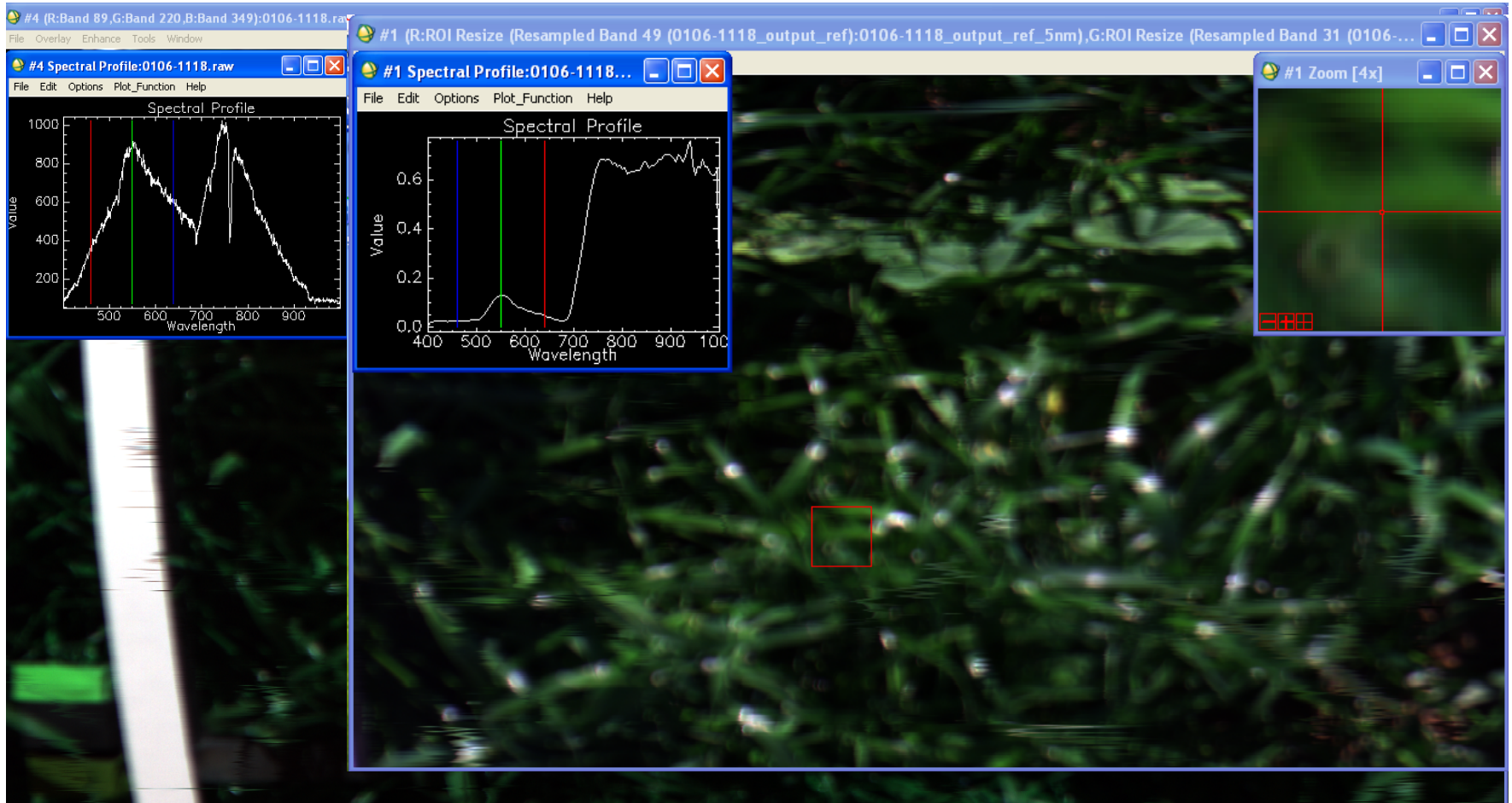
	Spectra #		
	Sunlit	Shaded	Total
Wheat	183	181	364
BLW	396	403	799
GW	174	190	364
Soil	163	167	330

מתוך 21 הדמאות קרקעיות שנאספו בחורף 2009 ועברו עיבוד מוקדם, נדקרו 1857 פיקסלים מארבע קבוצות (חיטה, עשב רע רחב עלים, עשב רע דגני, וקרקע).

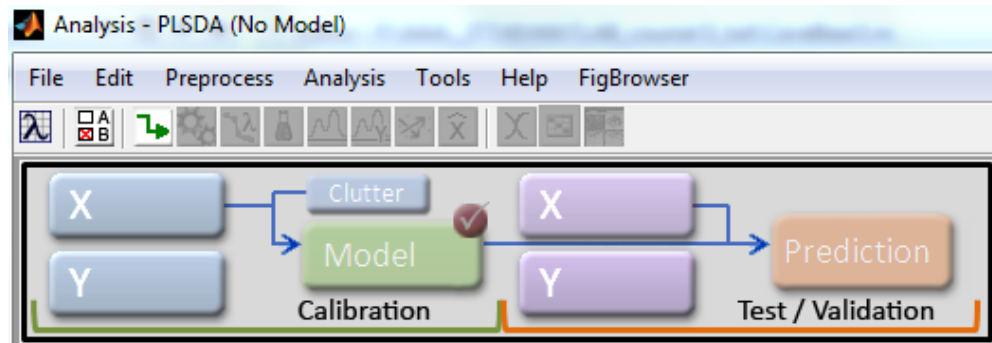
עבודה זו ממשיכה את עבודת המסטר של אורי שפירא המתבססת על נתוני ASD.

Image preprocessing

After subtraction of dark current, radiometric correction (AISA tools software), atmospheric correction (flat field; ENVI), subsetting and resampling to 5nm



0106-1118_output_ref_5nm_subset



מתוך 6 מודלים של הרכבי קבוצות
שונים נבחר אחד. וזו הערכת הדיוק
של הכיול שלו.

Ground truth

		BLW	GW	Soil	Wheat	Total # of classified samples	User's accuracy % correct
Classification results	BLW	695	15	0	28	738	94
	GW	41	297	0	53	391	76
	Soil	7	0	330	25	362	91
	Wheat	56	52	0	258	366	70
	Total # of ground truth samples	799	364	330	364		
	Producer's accuracy % correct	87	82	100	71		85

confidence interval of +/- 1.6% for the overall accuracy, and Kappa = 0.79.

695 BLW samples were classified as BLW.

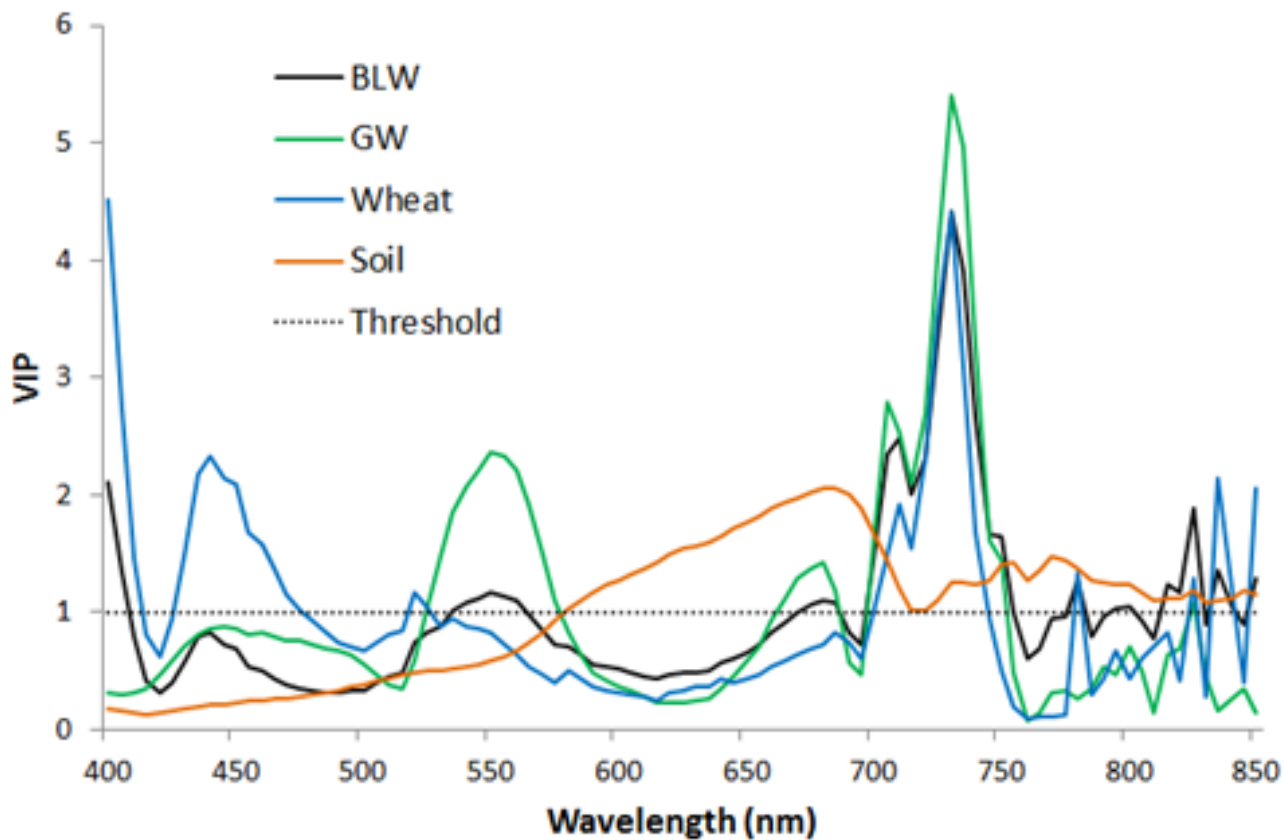
15 GW samples were classified as BLW.

41 BLW samples were classified as GW.

S מוינו כ W ו- 25 פיקסלי BLW מתייחס למיון בפועל - 7 פיקסלי Users ←

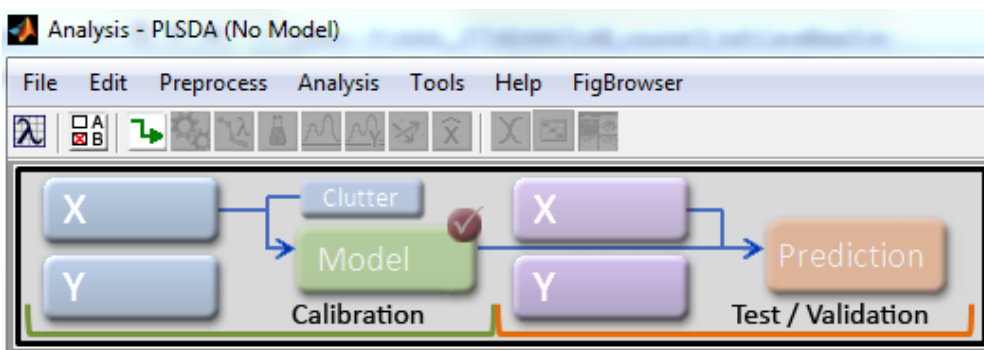
לא מוינו כאחרים S מתייחס לאימות - פיקסלים של Producers ←

הערוצים החשובים למודל לפי קבוצות VIP

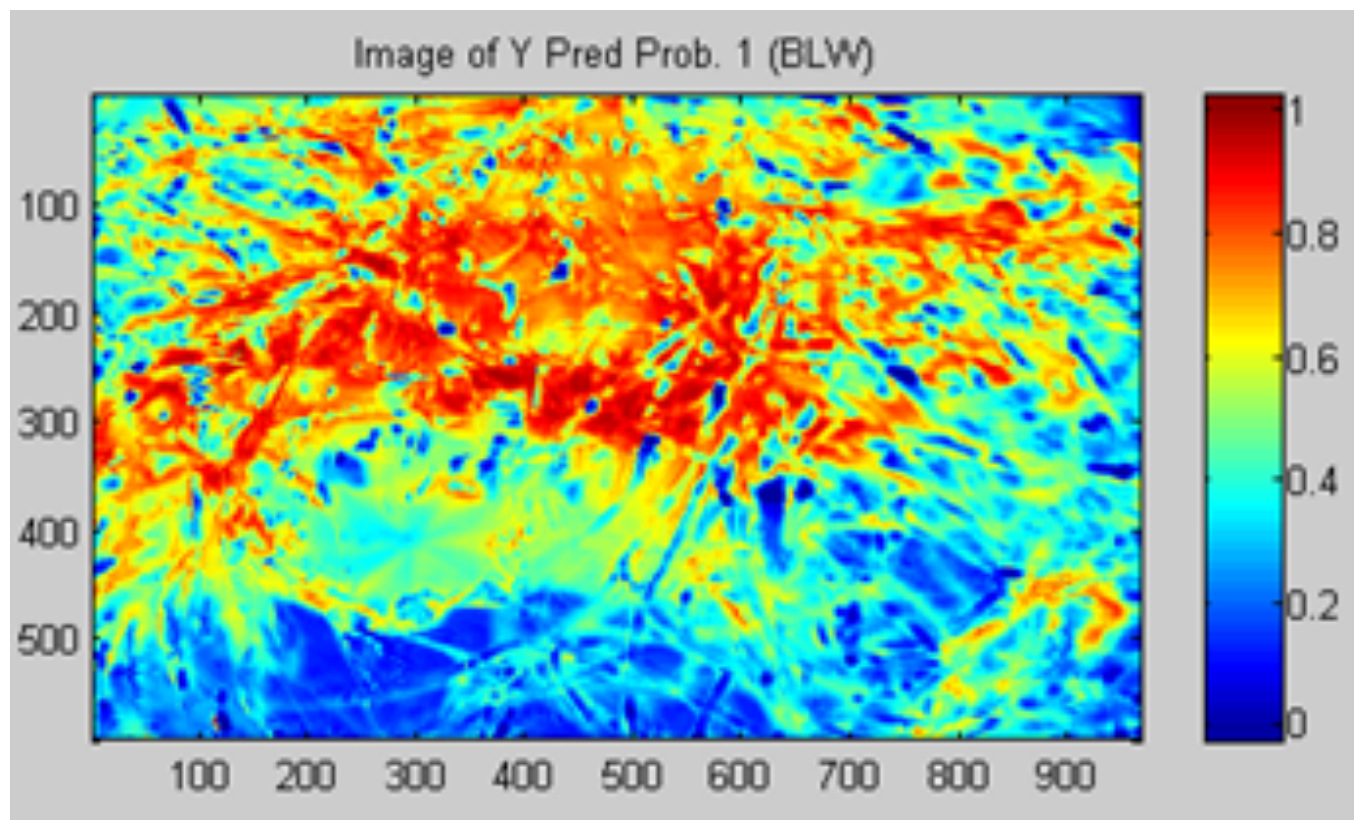


440, 550, 685, 730 ו- ננומטר

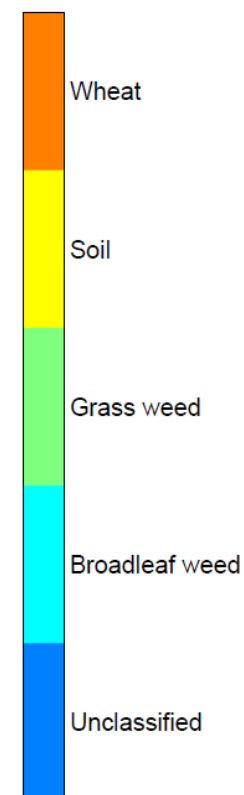
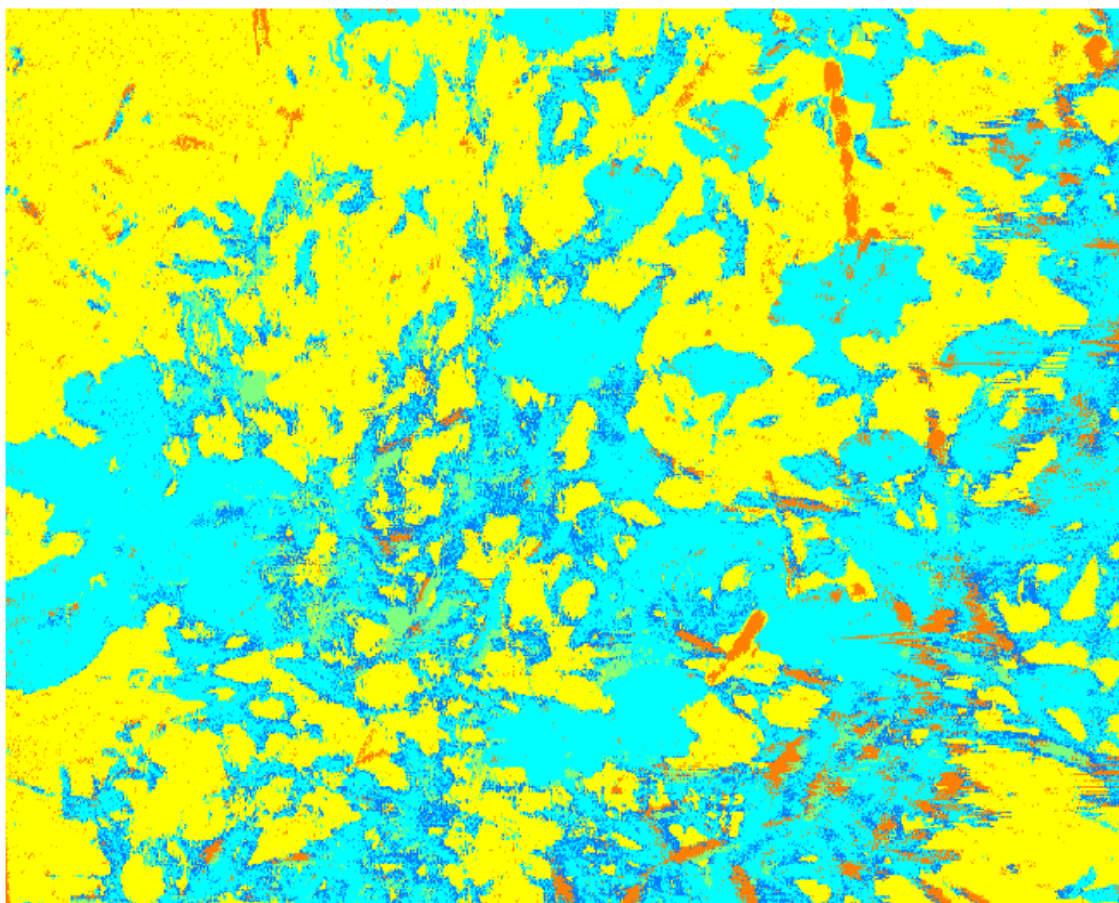
ההסתברות שפיקסל שייך לקבוצה



הפעלת המודל על הדמאה מניבה עבור כל קבוצת מיון תוצר של שכבה המציגה הסתברות שהפיקסל שייך לקבוצה.



בחירת ההסתברות הגבוהה ביותר עבור כל פיקסל



תוצאות אימות קרקעי של מיון מרחבי בשיטת PLS-DA

בכל הדמאה נבחרו רנדומלית 50 פיקסלים לאימות קרקעי התוצאות כוללות 1050 פיקסלים.

		Ground truth					Total # of classified samples	User's accuracy % correct
		Unclassified	BLW	GW	Soil	Wheat		
Classification results	Unclassified	0	0	3	2	0	5	0
	BLW	0	139	12	6	14	171	81
	GW	0	39	175	8	27	249	69
	Soil	0	20	9	232	16	277	83
	Wheat	0	68	49	21	210	348	60
	Total # of ground truth samples	0	266	248	269	267		
	Producer's accuracy % correct	0	52	71	87	79		72

confidence interval of +/- 2.7% for the overall accuracy, and Kappa = 0.63.

מסקנות

הרכב קבוצות מיון של עשב רחב עלים, עשב דגני, חיטה וקרקע מניב את המיון האיכותי ביותר עבור מאגר הנתונים הקיים.

גבול האדום הוא התחום המשמעותי ביותר עבור מיון קבוצות הצמחייה, עבור קרקע האזור המשמעותי הוא באורכי גל קצרים מעט יותר.

כדאי להחליט על יישום קרקעי או אווירי ואז לבחור את הרכב הקבוצות הרצוי לבניית מודל (השימוש בפיקסלים מוארים ומוצלים בנפרד או יחד באותה קבוצה).

ניתן לומר שהתוצאות מצביעות על אפשרות לפיתוח יישומים חקלאיים ברמות חללית/אווירית/קרקעית עבור גידולי שדה וחממה.

הגיגים אודות העתיד:

- בנושא החנקן לעבוד על הדמאות בתחום הנראה והאינפרה אדום הקרוב במשולב עם תכולות מים ומיון עשבים.
- בנושא מדד שטח העלה לבחון השפעות של שינוי רזולוציה מרחבית והערכת יכולות עבור גידולים נוספים.
- בנושא העשבים הערכת הקטנת הרזולוציה המרחבית ואו צמצום כמות הערוצים.

תודות

מרכז מחקר גילת:

סילביה

דגנית

סאקר

בוסתן

המעבדה לחישה מרחוק, שדה בוקר:

אזרחי המעבדה

נטליה

סשה

קיבוץ סעד - יהודה ניר

קיבוץ רוחמה - גדי הדר ורן פרדמן



