

Applied Research Institute
& Technology accelerator

בינה מלאכותית ככלי חדשני לפיתוח פרוטוקולים עבור טיפול תוצרת חקלאית

דר' דני גמרסני ופרופ' עפר שיר
מכון המחקר מיגל
ומכללת תל חי

'אגרו ישראל, יבול שיא' - 2.11.2022

הבעיה:

- פחתים גבוהים של פירות וירקות לאחר הקטיף/אסיף (25%-40%).
- הפחתים מהווים פגיעה כלכלית ותזונתית חמורה.

האתגר- מניעת פחתים:

- אתגר גלובלי לשיפור הבטחון התזונתי.
- יעד מסחרי וכלכלי מובהק
- אתגר למחקר יישומי.



- מחקר פוסטהרבסט בגישה "סטנדרטית": פיתוח של תכשירים, טכנולוגיות ופרוטוקולים לטיפול.
- הגישה המוצעת: שילובי של טיפולים כמרחב חיפוש הנתון לאופטימיזציה קומבינאטורית.
- חדשנות הגישה: **שילוב בינה מלאכותית (AI) למציאת פתרונות בלתי-שגרתיים.**



מלפפונים כמודל לאתגר פוסטהרבסט

• מלפפונים- יכול רגיש במיוחד לפגמי שיווק עם שיעורי פחת גבוהים ביותר.

• פגמים אופייניים:

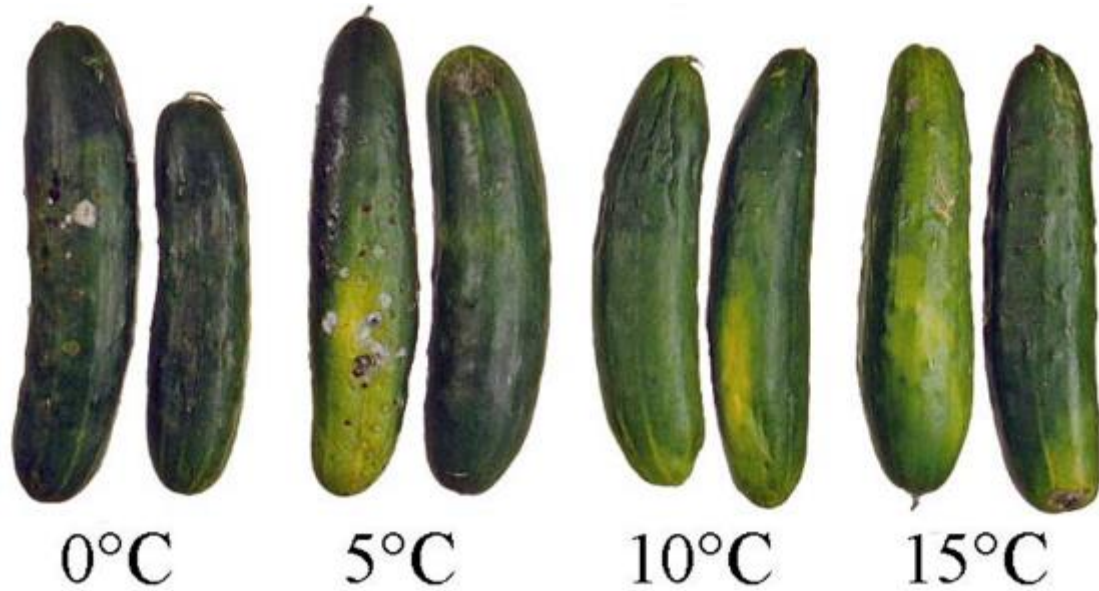
○ רקבונות

○ נזקי צינה

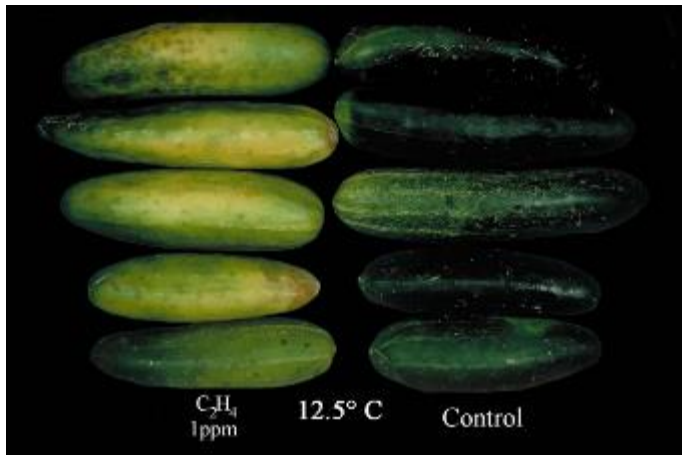
○ הצהבה

○ איבוד מסה / הצטמקות

○ התרככות



• זמינותם בכל ימות השנה מאפשרת קיום סבבי חישובים.

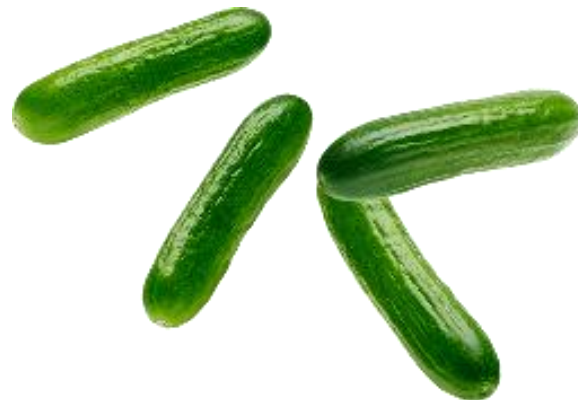


מטרת המחקר: שמירת איכות מלפפונים לאחר האסיף

היפותזה

בינה מלאכותית יכולה להציע שילוב בין שני טיפולים ואריזה שישפרו משמעותית את איכות המלפפונים במהלך האחסון והשיווק

גישה חישובית: שינוי מינימלי באיכות המלפפונים לאחר האסיף



מבנה הניסוי

טיפולים: נבחרו מגוון טיפולים כימיים/פיזיקליים המוגדרים "ידידותיים" על סמך מאמרים וניסויים פרה-למינריים:

- חומרי צמיחה,
- טיפול תרמי (מים חמים),
- קרינת UV,
- נדיפים,
- ציפוי אכיל וכדומה.

אריזות:

- LDPE (בקורת),
- שקיות אווירה מתואמת (MAP): ZOE PAC / ROP



מרחב חיפוש של קומבינציות טיפולים

□ כל קומבינציה מוגדרת באמצעות:

- תת-קבוצה של טיפולים (מתוך 10 אפשריים) וסוג האריזה (מתוך 3).
- עוצמת הטיפולים
- סדר הטיפולים

Treatment A → Treatment B → Package(x/y/z)



□ האלגוריתם מציע 11 קומבינציות בכל סבב ליישום במעבדה

□ טמפרטורות אחסון:

- -20°C שיווק מייד
- -10°C אחסון בקירור

□ הערכת איכות: לאחר 4 שבועות (מסה+צבע+קשיות+איכות ביחס לאסיף) ומוחזרת כערך מספרי לאלגוריתם.

Color deviation+ Stiffness deviation+ Mass reduction+ Expert's score:

$$\mathcal{L}_{i \rightarrow f}(\vec{\tau}) := \Delta c(\vec{\tau}) + \Delta s(\vec{\tau}) + \Delta m(\vec{\tau}) + \text{score}_{\text{exp}}(\vec{\tau}) \mapsto \min$$

□ הסבב הבא: לאחר חישוב, האלגוריתם מציע דור נוסף (11 קומבינציות חדשות), וחוזר חלילה – עד למיצוי התהליך.

שילובי הטיפולים ומרחב החיפוש

מרחב החיפוש האלגוריתמי מוגדר ביחס למכלול קומבינציות הנגזרות מטבלה זו.

מרחב החיפוש כולל כ- 10^6 שילובים אפשריים בניסוי זה

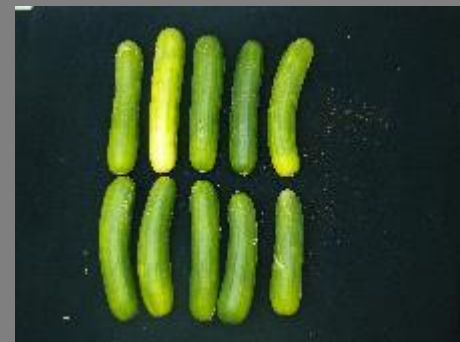
שם המשתנה	שם הטיפול	ערך מינימלי	ערך מקסימלי	מאפיין חיפוש	ערכים אפשריים
X_1	A	0	2.0	רציף	[0,0.9]
X_2	B	0	20	רציף	[0,20]
X_3	C	0	1200	רציף	[0,1200]
X_4	D	0	300	רציף	[0,300]
X_5	E	0	(בדיד בקפיצות של 1.5+2.5)	אורדינאלי	0,1.5+2.5, 3.0+5.0, 4.5+7.5
X_6	F	0 עד 120 שניות		אורדינאלי	0,10,20,...,110,120 $0, 1, 2, \dots, 11, 12$
X_7	G	0 עד 40 שניות		אורדינאלי	0,5,10,15,...,35,40 $0, 1, 2, \dots, 8$
X_8	H	0 עד 0.3%		אורדינאלי	0,0.05,0.10,...,0.30 $0, 1, 2, \dots, 6$
X_9	I	0 עד 0.4%		אורדינאלי	0,0.05,0.10,...,0.40 $0, 1, 2, \dots, 8$
X_{10}	J	בינארי		קטגורי	0,1
X_{11}	אריזה			קטגורי	Default,Zoepac,ROP $0, 1, 2$



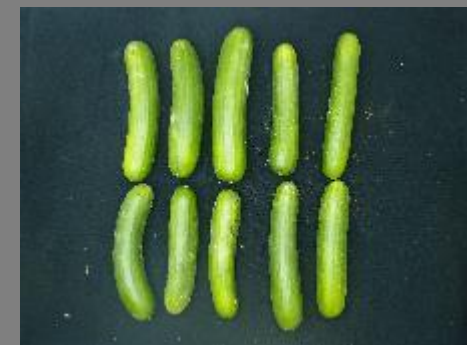
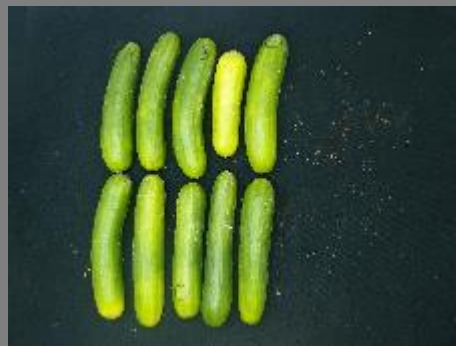
בכל איטרציה נכללו הבקורות הבאות:

- 1. בקורת שלילית- ללא טיפול וללא אריזה.**
- 2. בקורת סטנדרט- ללא טיפול + עטיפה בשקית LDPE (מסחרי).**
- 3. בקורת חיובית- הטיפול המוצלח ביותר בניסויים הפרה-למינריים.**

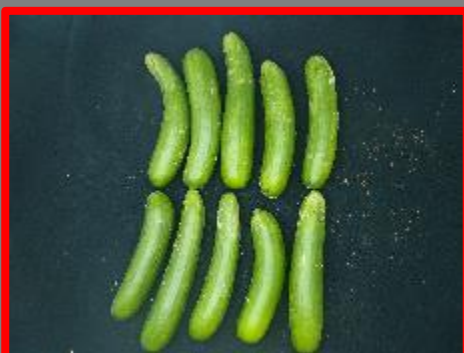
תוצאות לאחר 28 ימים ב-20 מע"צ



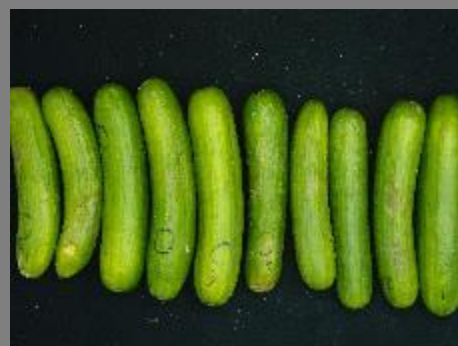
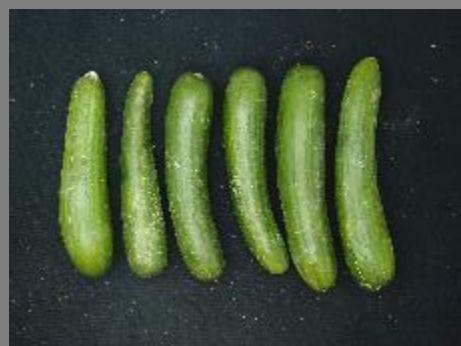
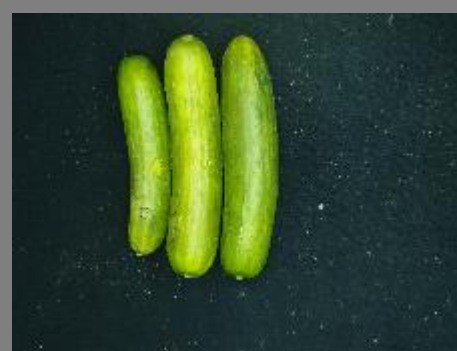
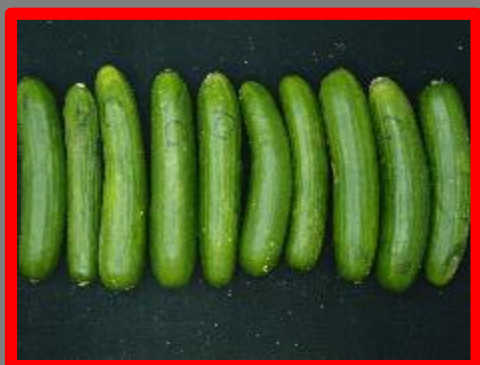
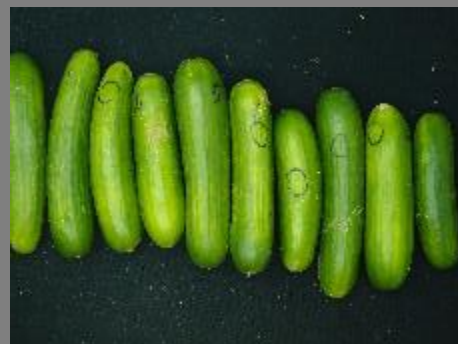
בקורת-סטנדרט



טיפול בקורת
חיובית



תוצאות לאחר 28 ימים ב-10 מע"צ



בקורת-סטנדרט

טיפול בקורת
חיובית

הארכת אחסון המלפפונים בקירור למשך 9 שבועות!

בקורת- 4 שבועות



אלגוריתם- 4 שבועות



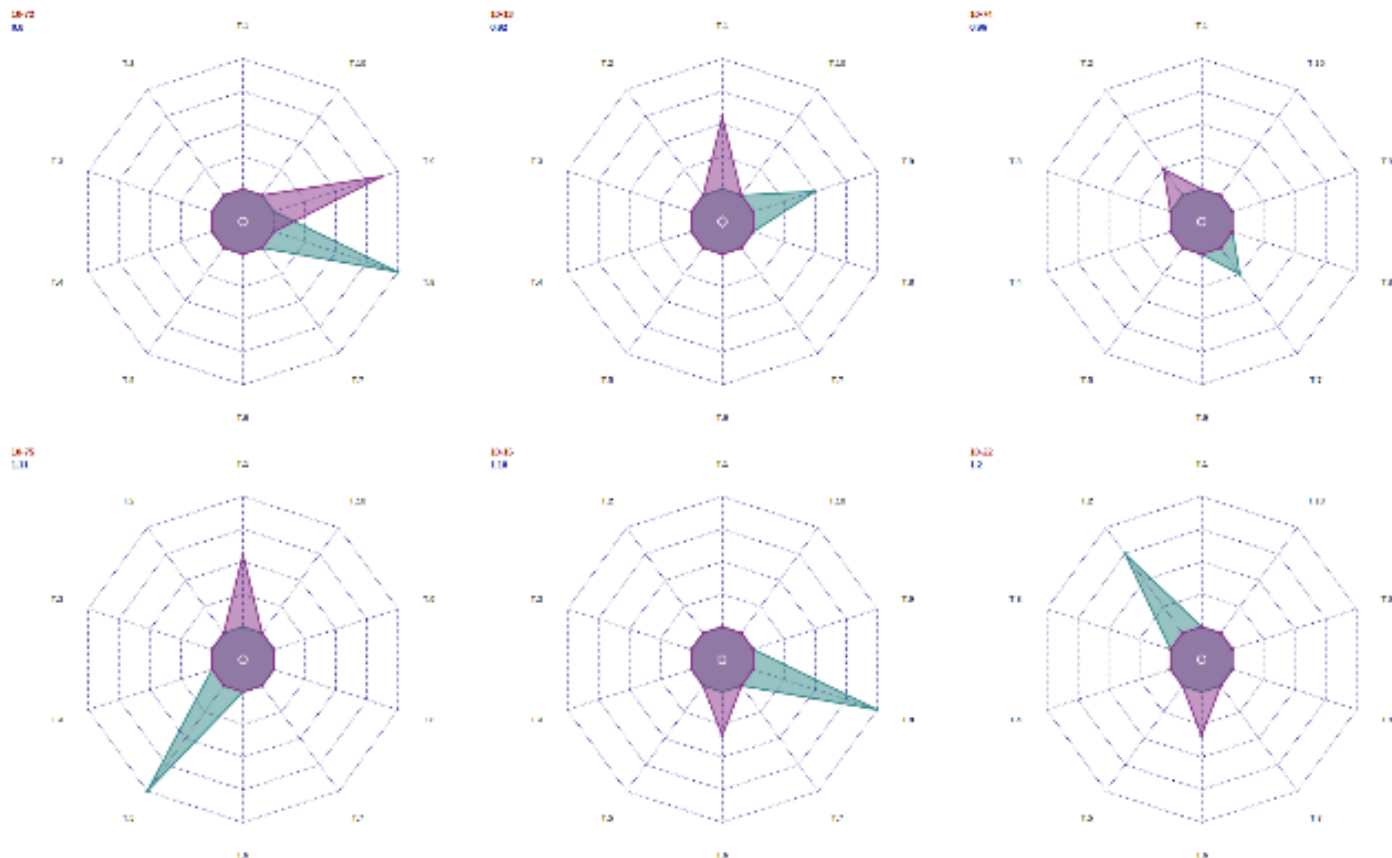
אלגוריתם- 9 שבועות!



6 שילובי טיפולים מיטביים למערכת הניסוי ב-20°C

מקרא:

- ירוק - טיפול ראשון
- סגול - טיפול שני
- עוצמת הטיפול - אורך "החץ"
- אריזה - סימון במרכז כל איור:
- יהלום - שקית LDPE
- ריבוע - שקית ROP
- עיגול - שקית ZOEPAC

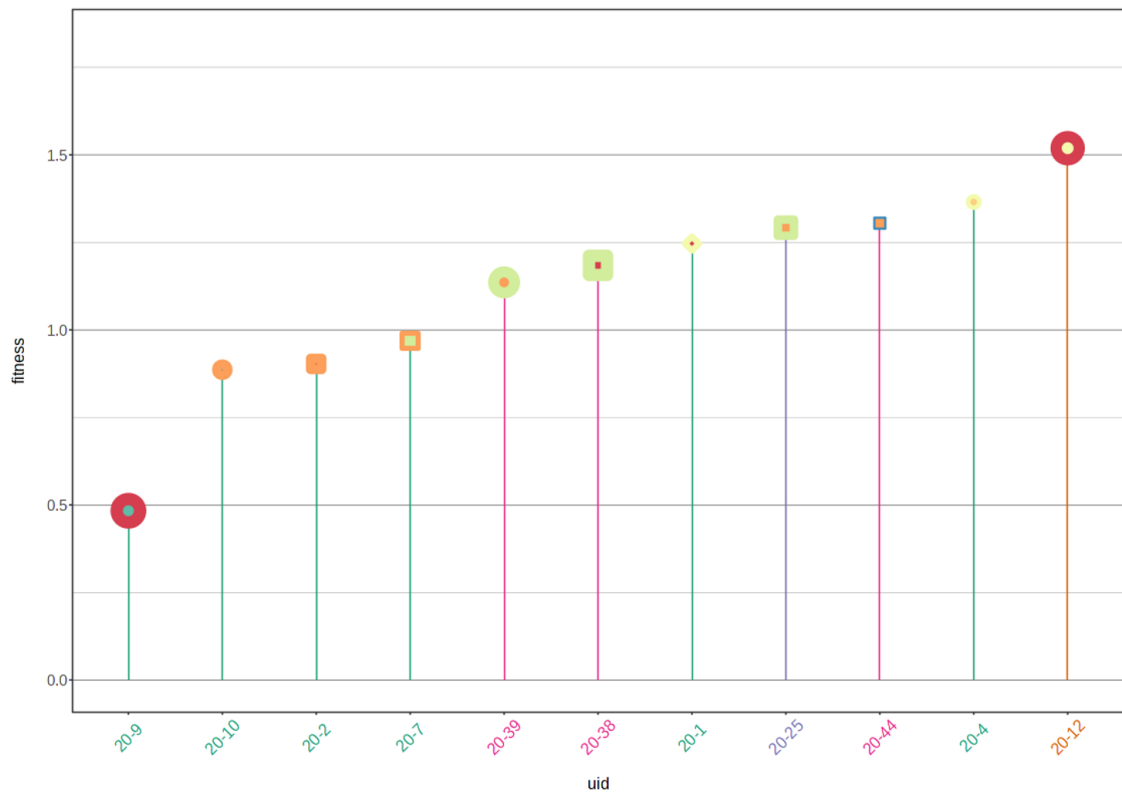


ניתן להסביר את ההיגיון הביולוגי של שילובי הטיפולים, בדיעבד

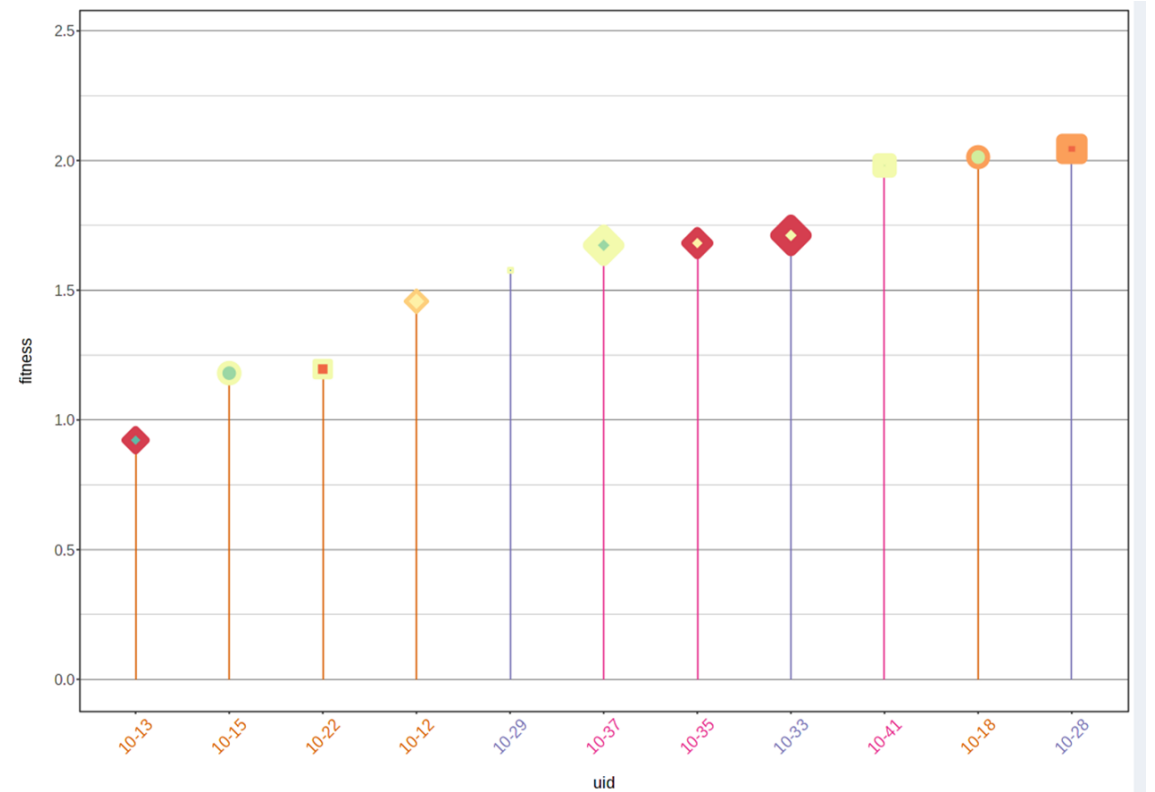
שילובי טיפולים מוצלחים בטמפרטורות השונות

- דורגו שילובי הטיפולים והאריזה שהיטיבו עם איכות המלפפונים בכל אחת מטמפרטורות האחסון (הציר האנכי הגיע לערכים גבוהים מ-100!).
- ניתן לבחור את פרוטוקול הטיפול המתאים ביותר מבחינה יישומית וכלכלית.

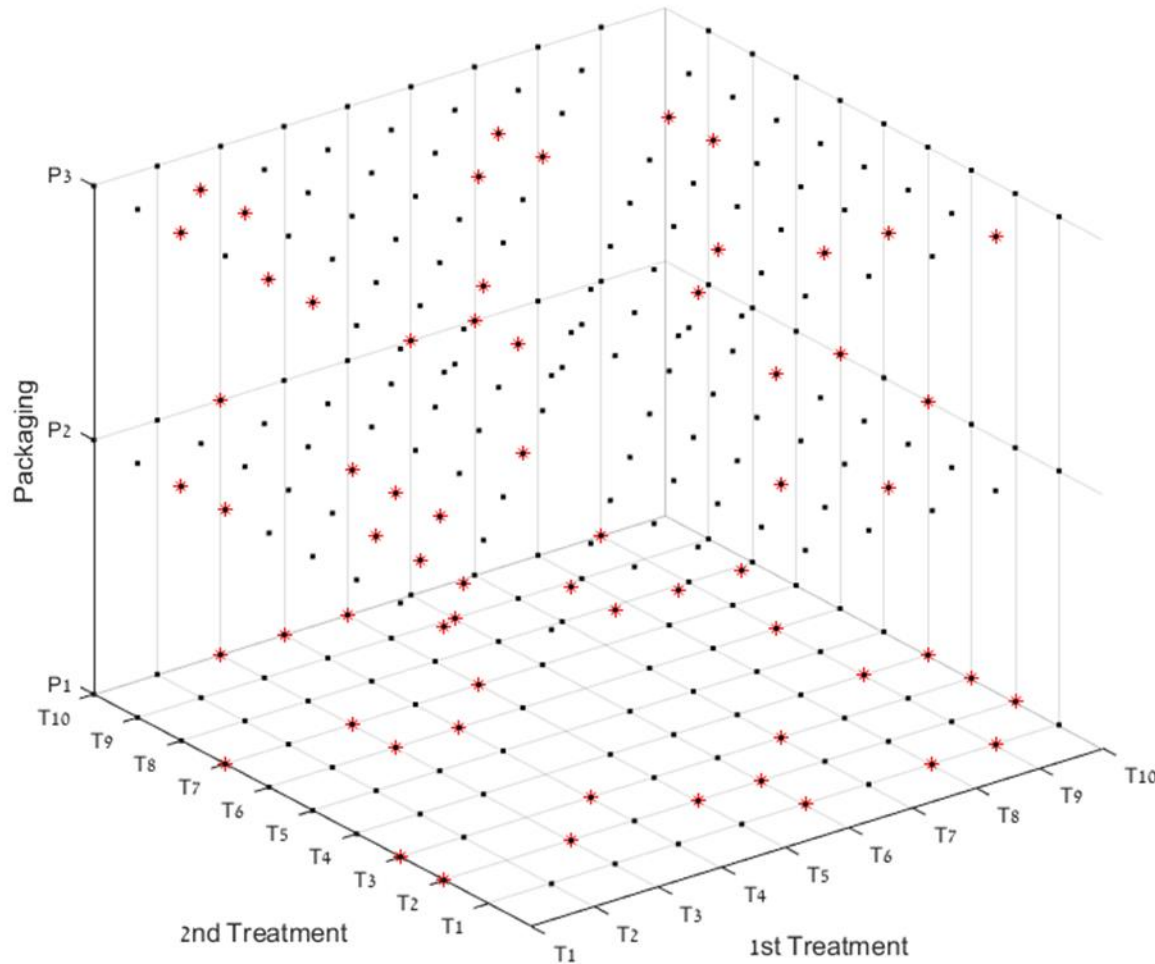
20°C



10°C



כיסוי מרחב החיפוש באמצעות האלגוריתם



המחשת מרחב החיפוש (20°C):

• נקודות שחורות- מגוון שילובים אפשריים:

טיפול 1 X טיפול 2 X אריזה

(הערה: ללא פירוט של רמות הטיפולים)

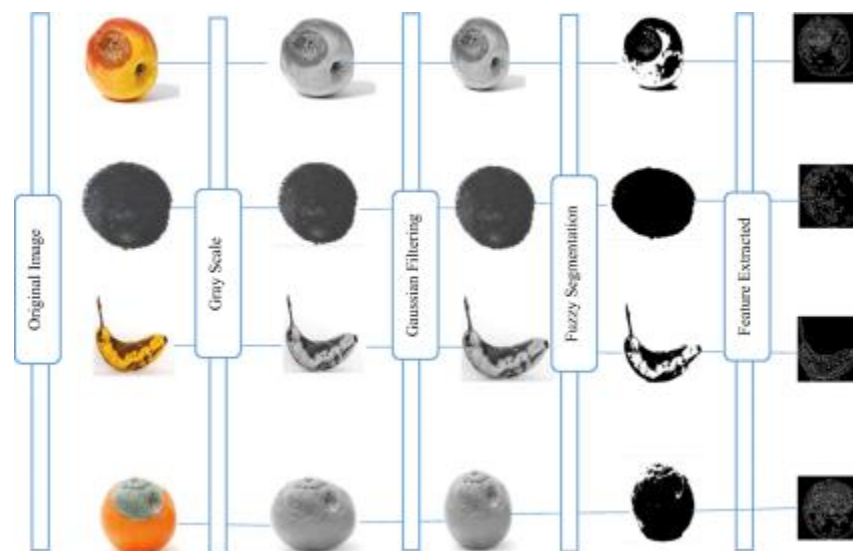
• נקודות אדומות- שילובים שנבחנו בפועל לפי

הנחיית האלגוריתם.

האלגוריתם כיסה את מרבית מרחב החיפוש!

תוכניות להמשך...

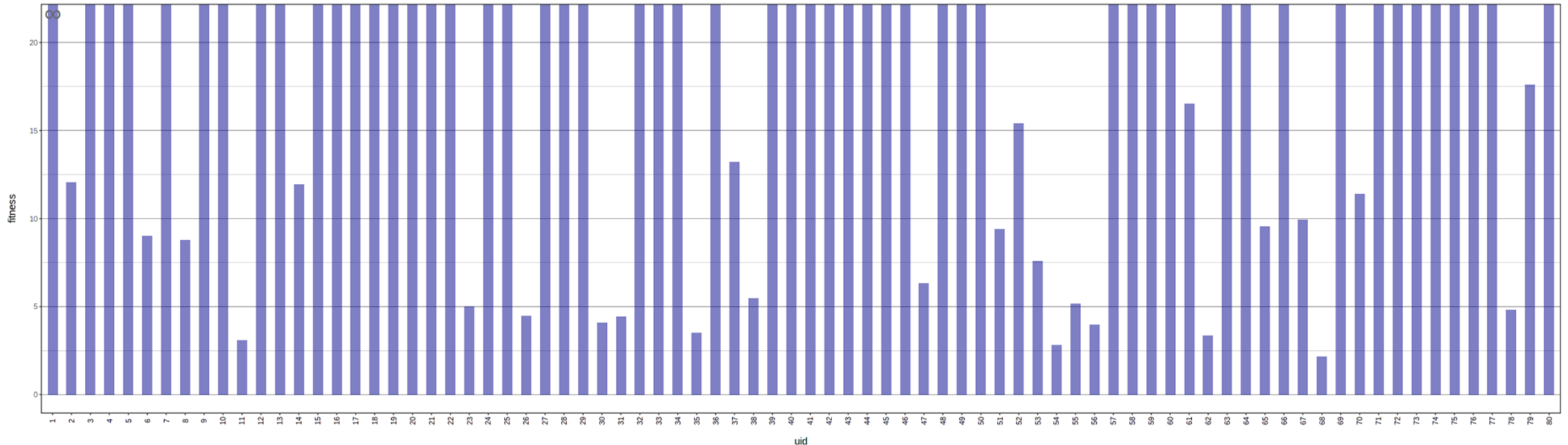
- יישום של גישה חדשנית זו בסוגי פרי וירק נוספים.
- 'Transfer learning' - בחינת פרוטוקולים מוצלחים בפרי/ירק דומים (למשל, בחינת פרוטוקול מוצלח ממלפפונים בקישואים).
- אנליזת תמונה ממוחשבת של פרי/ירק לאפיון אובייקטיבי של האיכות (דר' עודד לירן).



תוכניות להמשך...

- **'One shot optimization'** - אלגוריתם לאופטימיזציה חד-שלבית.
- מתאים לפרוי/ירק עונתי שאינו זמין לסבבי ניסוי מרובים.
- האלגוריתם מציע מגוון שילובי טיפולים בסבב ניסוי יחיד או בשני סבבים.
- לדוגמא: סבב בן 50 שילובי טיפולים שנערך במלפפונים

One-shot May-June 2022: fitness / sorted by id



תודה רבה!!!



- מענק פנימי של מיגל ובסיוע משרד המדע
- המדען הראשי, משרד החקלאות ופיתוח הכפר



- חברות מסחריות:**
- שי זלצר- ROP
 - עדנאן סביחאת - ZOEPAC
 - יוסי שטרן ומשה יפה- רימי להגנה"צ
 - עפר לוי- גדות אגרו

צוות מדעני המחשב:
 דר' מיכל הורוביץ,
 דר' בוריס יזמיר
 אסף ישראלי,
 מרטין פדר
 גוז זפקו

צוות המרכז לחדשנות בפוסטהרבסט:
 יעל בוטנרו,
 אורי מרגלית,
 היבא איברהים,
 נעם מימון
 עובד תמיר
 לירון ברמן ושאול נשיץ



