

## 1. תקציר ותוצאות

**בעיה** מרכזית בענף החלב בארץ – העדר היכולת להבדיל בין פרות יעילות לפרות לא יעילות מבחינת ניצול המזון. ההבדל יכול להגיע ל- 20-30% הבדל בין פרטים הנמצאים באותו עדר ואוכלים מאותו הרכב מנה. אולם טרם פותח למשקים מסחריים אמצעי אמיין ויעיל למדידת צריכת מזון פרטנית. על כן, כיום, לא ניתן להבדיל בין פרות יעילות לפרות לא יעילות.

לכן, **מטרת המחקר**: לפתח טכנולוגיה שתאפשר מדידת צריכת מזון פרטנית ברפת מסחרית. טכנולוגיה מבוססת צילום תלת-מימד של המזון הנאכל משולב במודל מתמטי הלוקח בחשבון גם פרמטרים של התנהגות אכילה וצפיפות המזון תוך כיול בזמן אמת (a closed-loop control system). בשנה א': (א) פיתוח והקמת מערכת. בכלל זה (א1) תכן מכני. (א2) תכן אלקטרו-אופטי, בחירת מצלמות, מעבדים, התקנות, (א3) פיתוח אלגוריתם. בדיקת חלופות: מודל מבוסס צילום או התנהגות אכילה, או שילובם. (א4) תכנון זרימת הנתונים אל ומבסיס הנתונים. **מטרת המחקר בשנה ב'** הייתה וולידציה של המערכת במכון וולקני. מטרת המחקר בשנה ג. הייתה הקמה ובדיקה במשק מסחרי.

**תוצאות שנה א.** בשנה א תוכננה ונבנתה מערכת מכנית המאפשרת לכייל את המצלמות ברפת מסחרית. המערכת הוקמה במכון וולקני – בסדנת הנדסה מכונות של המכון להנדסה חקלאית, הועברה לרפת המחקר של מכון וולקני בית דגן (עבדה כחודשיים) וגרסה נוספת נבנה במקביל לניסוי בוולקני והותקנה ברפת כפר גלים עבדה במשך כ חצי שנה. הפיתוח של שנה א' מתואר במאמר Bloch et al., (נספח א') .

**תוצאות שנה ב.** צילום מזון (תלת מימד) - בבסיס הנתונים מהרפת היו כ- 40,000 ארוחות שמשקלן התפלג בין 0 ל-6 ק"ג מזון בארוחה בתנאי תאורה שונים (יום, לילה, צל, אור ישיר) והרכב מנה שונה (חולבות, עגלות). סט האימון כלל 80% מהארוחות ובחינתו בוצעה באמצעות 20% מהארוחות. ממוצע בחולבות (בתנאי תאורה שונים): השגיאות האבסולוטיות: 0.1 ק"ג לארוחה (כ 100 גרם). שורש ממוצע ריבועי השגיאות: 0.14 ק"ג לארוחה (כ 140 גרם). סטיית התקן: 0.14 ק"ג (140 גרם). אחוז השגיאה: 3.6% (סך משקלי הארוחות שנבחנו במודל עמד על 17.58 טון מזון, מתוכו המודל שגה בהערכה של 639 ק"ג מזון בלבד). Transfer learning במעבר לעגלות (אותו מודל, ובתנאי תאורה שונים): ממוצע השגיאות האבסולוטיות: 0.12 ק"ג לארוחה (כ 120 גרם). שורש ממוצע ריבועי השגיאות: 0.15 ק"ג לארוחה (כ 150 גרם). סטיית התקן: 0.15 ק"ג (150 גרם). אחוז השגיאה: 4.2% (סך משקלי הארוחות שנבחנו במודל 13.25 טון מזון, מתוכו המודל שגה בהערכה 558.4 ק"ג מזון בלבד). בשנה ב' מיקמנו את המצלמה מספיק רחוק מהאבוס – האוכל לא מוסתר מהעול או מצינור העורף ולכן אלגוריתם המזון והפרה מבוססי מצלמה לא מושפעים האם הפרה הכניסה ראשה בעול או מרוסנת על ידי מוט עורף. שניהם נענים באותם אלגוריתמים. תוצאות שנה ב' מתוארות בהרחבה במאמר של מאי סער (נספח ב')

**תוצאות שנה ג,** תוצאות פיתוח זיהוי ביומטרי. כלקח מהניסוי בכפר גלים שסבל מתקלות מכניות והניסיון הכושל להתחבר לחברה מסחרית המתפרנסת ממכירה של תגי זיהוי והואיל ובשנה ב' ראינו שאיכות התמונות המתקבלות לא מושפעות מסוג האבוס – עול או מוט צוואר – בשנה ג' התרכזנו בפיתוח מערכת זיהוי ביומטרי (איזה פרה אוכלת באיזה עמדה) על מנת לייתר את הצורך באנטנת זיהוי RFID בכל עמדה לאורך האבוס. מערכת הניסוי נתלתה בגובה של 3.5 מטרים מעל האבוס באופן שלא יפריע לחלוקת האוכל בעגלה מערבלת

ומשאית חלוקה. ולא יושפע מסוג העול קבצי הוידאו חולקו לתמונות בודדות ומהן בנינו בנק תמונות פנים המכיל 2730 תמונות פנים עבור 78 פרות שונות (35 תמונות פנים מסצנות וזוויות שונות הכוללות יום ולילה ומרכיבות מאגר עשיר במיוחד). אחרי חקר אלגוריתמי נבחרו אלגוריתמים AI מסוג YOLOv3 לזיהוי ו-ArcFace לסיווג פנים. אלגוריתמים אלו נבדקו והראו פוטנציאל לדיוק של מעל ל-95%. תוצאת שנה ג' מתוארת במאמר נעם ברגמן. נספח ג'

**הצורך בהארכת המחקר.** למרות שכל העבודה בוצעה כמתוכנן ונתנה תוצאות מספריות מצוינות (ראה נספחים א'-ג') הדוח מוגש באיחור. (א) במדען אושרה דחייה מספטמבר לדצמבר 2022 על מנת להתאים לסגירת תוכנת מרכבה בסיום השנה הכספית. תוכנית מועצת החלב היא מימון משלים למימון המדען. המימון מגיע משני מקורות שונים אבל זה אותו מחקר, אותה תוכנית עבודה ומכאן גם אותו דוח. קרי כאשר אושרה דחייה בהגשת הדוח למדען – גם דוח מועצת החלב נידון נדחה. (ב) במרץ 2023 מתוכננת הדגמת המערכת לחברה מסחרית גדולה ברפת מסחרית. על מנת להכניס את תיאור הקמת המערכת רפת המסחרית לדוח שנה שלישית – דחיתי את הגשת הדוח. (ג) אחרי שהתגברנו על מכשולי המכניקה (נספח א), מדידת המזון בעזרת מצלמה (נספח ב') וזיהוי הפרה בעזרת מצלמה (נספח ג'), נשארו שני פערים לפתור על מנת לדעת נצילות מזון אינדיווידואלית של כל בכל רפת מסחרית בישראל בדיוק מספיק לקבלת החלטות: פער I - לדעת את שינוי המשקל הסגולי של המזון באבוס. המשקל הסגולי של המזון באבוס משתנה: המזון (1) מתייבש במהלך היום, (2) הפרות בוחרות רכיבים ממסוימים, טעימים יותר לאכול בהתחלה, (3) יש הבדלי רכיבים בין ימים, תלוי בתפועל העמסה, ערבול, זמינות ועלות רכיבי מנה. המסטרנט בני כץ נשכר לאחרונה לעבוד על בעיה זאת. התוצאות מעודדות אבל הוא יסיים בסוף 2023. פער II שחוסם עדיין את הכנסת מערכת המדידה שפיתחנו לכל רפת מסחרית הוא האינטגרציה של כלל המערכות למערכת אחת: מערכת צילום הפרה, מערכת צילום המזון ומודל שינוי המשקל הסגולי למערכת הנדסית אחת (מערכת של מערכות) עובדת ממשקית. דוקטורנט (רן שמולביץ) נשכר באמצע 2022 למטרה זאת. לכן, אנחנו קרובים מתמיד להשגת המטרה – מדידת צריכת מזון ומכאן נצילות מזון ברפת מסחרית אבל יש צורך בזמן ותקציב להשלמת העבודה של בני ורן.

**תקציר לסיכום התלת-שנתי.** למרות תקופת קורונה, רק שנה של ממשלה מתפקדת היטב, והעדר תדיר של תקציב מדינה שעכבו התקשרות בין פקידי וולקני לכותבי תוכנה לממשק משתמש – כל תתי הפרויקט (צילום מזון - מאי, זיהוי ביומטרי - נעם) התקדמו כמתוכנן ולעיתים גם הקדימו את אבני הדרך.