

21/1/21

דו"ח מסכם לתכנית מחקר : 870-1628-17

תוכן עניינים

שם התכנית ושמות המשתתפים במחקר	שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.
תקציר	שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.
Abstract	2
רקע מדעי	3
מטרות המחקר	4
תיאור הפעלת המחקר	4
אזור המחקר	4
בעלי חיים	5
ניטור אוטומטי	5
תוצאות ודיון	6
מסקנות	12
רשימת ספרות	13
תודות	15

שם התכנית: ניטור התנהגות ועקות בעזרת מדידה אוטומטית של פעילות ופיזור מרחבי של בקר במרעה

שם המדריך / חוקר ראשי: רחלי גבריאלי; היחידה המקצועית: שה"מ, תחום בקר לבשר

דואר אלקטרוני של החוקר הראשי: rach294@gmail.com

תקציר

אמצעי השליטה וקבלת הנתונים בעדר בקר לבשר במרעה מתבססים על ביקורים יומיים של בוקר והערכתו הסובייקטיבית את מצבם הבריאותי של הפרות והוולדות. ניטור וטיפול בבעיות מתרחש לכן באופן חלקי, מותנה באיתור הפרה או הוולד בשטחים נרחבים, ללא אמצעי עזר טכנולוגיים כלשהם. בשש השנים האחרונות פיתחנו ויישמנו מערכת אוטומטית לניטור רציף של פעילות פרות במרעה. ניתוח נתוני הפעילות מאפשר לדעת את מצבן הרבייתי (מחזורי ייחום), פיזיולוגי (הריון שלילי או חיובי, הפלה) ובריאותי (מחלה, צליעה). ניתוח נתוני הפעילות הצביע בין השאר על דפוסי פעילות אופייניים לפרות במעמד חברתי נמוך. פרות אלו התאפיינו בפעילות גבוהה ותנועתית ביחס לעדר. מאמרים רבים עוסקים בהשפעה של מבנה חברתי היררכי על פיזור הפרות במרחב. קיימת גם הסכמה לגבי חשיבות השפעת המעמד והקשרים החברתיים על הייצור. פרות במעמד חברתי נמוך סובלות מגישה נחותה למשאבים במחסור, יורדות במצבן הגופני וסיכויי ההתעברות שלהן נפגעים. היררכיה בעדר בקר היא פאסיבית, ולכן בהיעדר טכנולוגיה מתאימה, קשה למגדל לאתר את הפרות הנמוכות במעמדן. ניטור אוטומטי של פעילות ומיקום, מאפשר לנתח נתוני כל פרה בהקשר למרחב ולשאר העדר וכך מתאפשר אפיון מעמדות וקשרים חברתיים. מצאנו שפרה נמוכה במעמד החברתי מתאפיינת בדפוס פעילות גבוה ותנועתי, ובכיסוי מרחק גדול יותר ברעייה. בהנחה שביסוס שיגרה המתאפיינת בהוצאה אנרגטית נמוכה (פעילות נמוכה וקבועה, פיזור קטן וחזרתי) מיטיב עם הפרה, איתור פרות שאינן מסוגלות לעשות זאת יוכל לסייע להפחית את העקה החברתית ולשפר את הייצור על ידי הקצאת משאבים ופיזור מושכל שלהם במרחב, או יישום ממשק חלוקה לקבוצות מונחה מעמד.

Abstract

Data recording and decision making in grazing beef herds are subjective, relying on daily visits of the herdsman, and personal assessment of the animals' health and physiology status. Production management is therefore partial, dependent on the ability to locate cows and calves in vast pastures, without any supporting technology. During the last six years we have developed an automatic activity monitoring system which accurately detects reproductive status (estrus, conception, abortion), and health (lameness, disease). Activity monitoring also resulted in detecting socially low-ranking cows, who were characterized with a high and variable activity pattern comparing to the herd average. Numerous papers describe the effects of social hierarchy on production. Low ranking cows suffer from inferior access to restricted resources resulting in a negative energy balance and lower production. Since hierarchy in the cattle herd is passive, low ranking animals are hard to detect. Automatic activity and

location monitoring allows spatial and temporal analysis of an individual cow relative to the herd, which in turn allows to recognize individual ranking order and social relations. We found that a low ranking cow is characterized with a high and variable activity pattern, and large distance coverage during grazing. Assuming that establishing low energy expenditure routine (low and steady activity and location choice) is beneficial for cows, detecting individuals who are unable to do so can serve as a management tool to lower social stress by applying informed grouping management and resources allocation.

רקע מדעי

דפוסי פעילות ובחירת מיקום במרחב נתון משקפים את מידת החופש שיש לכל פרה לבחור את התנהגותה בתוך העדר. בהנחה שביסוס שיגרה המתאפיינת בהוצאה אנרגטית נמוכה (פעילות נמוכה וקבועה, מסלול תנועה חזרתי) מיטיב עם הפרה, איתור פרות שאינן מסוגלות לעשות זאת יוכל לסייע להפחית את העקה החברתית ואת ביטויי הפיזיולוגי (ירידה במצב גופני, פגיעה בהתעברות). קשרים חברתיים בין פרות באים לידי ביטוי בחלוקה ופיזור במרחב נתון ובאינטראקציות חיוביות ושליליות. אינטראקציות חיוביות לדוגמה הן ליקוק וחבירה בזמן פעילות או בזמן מנוחה. אינטראקציות שליליות לדוגמה הן דחיפה והתבודדות. אינטראקציות חיוביות תורמות לרווחתן של הפרות ומכאן גם לייצור. מחקרים רבים מראים השפעה חיובית של אינטראקציה חיובית כמו ליקוק על הורדת קצב הלב והשפעה שלילית של דחיפה או אפילו קירבה מאולצת של פרה גבוהה בהיררכיה על הפחתת קצב הלעיסה והעלאת הגירה (Phillips and Rind, 2002; Sarova et al., 2010).

במחזורי ייצור ארוכים וחופפים המתקיימים בעדרי בקר לבשר במרעה, מובנה פער ידע וזמן בין תוצאה לגורם לה. תוצאת ייצור שלילית לדוגמה פרה לא הרה, יכולה לנבוע ממספר גורמים: פרה לא מחזורית, פרה מחזורית שלא התעברה, פרה שהתעברה והפילה. שלושה גורמים אלו, יכולים בתורם להיות תוצאה של מספר גורמים נוספים. פערים נוספים לדוגמה - בין תחלואה להופעת סימפטומים גלויים לעין הבוקר, בין תחרות על משאבים (מזון, מרעה, פרים ועוד) לבין ביטויי במצבן הפיזי והפיזיולוגי של פרות ועוד. כל אלו מונעים התייחסות ופתרון בעיות מושכל מצד המגדל. מידע רציף עדכני מצמצם פערים בין תוצאות לגורמים. פרה נמוכה במעמד חברתי סובלת מנחיתות בגישה למשאבים עליהם קיימת תחרות, שתוצאתה ירידה במצב הגופני ופגיעה בהתעברות. תחילת שרשרת האירועים שתוצאתה היא פגיעה במצב הגופני ובהתעברות בחשיפה ממושכת לעקה פסיכולוגית של הפרה הנמוכה בהיררכיה העדרית. משמעות עקה זו היא פגיעה בשיווי משקל דינמי (הומאוסטזיס) שמשמרת כל פרה. עקה מוגדרת כמצב שבו קיים או נתפס כקיים (תחושה) איום על ההומאוסטזיס, ומתבצעת שורה של תגובות והסתגלויות פיזיולוגיות והתנהגותיות מורכבות, הכוללות שפעול מסלולים עצביים הגורמים לעירור, דריכות ושימת לב ממוקדת, ודיכוי מסלולים עצביים כמו אכילה, גדילה ורבייה. פרה שמעמדה ההיררכי נמוך, נמצאת כל הזמן תחת תחושת איום מפרות גבוהות בהיררכיה. תהליך ההתדרדרות במצבה ניתן לתיאור כשרשרת של אירועים ותגובות כאשר כל תגובה שתוצאתה כשל בהרחקת האיום או המנעות ממנו, גוררת הידרדרות נוספת במצבה. לדוגמה: קירבה של פרה נחותה לפרה דומיננטית גורמת לראשונה להתרחק. במידה ולא תצליח להתרחק (צפיפות), תתרחש תגובה פיזיולוגית-

עליית קצב לב של הפרה הנחותה, עלייה בהפרשת קורטיזול, הפחתת קצב אכילה, הפחתת קצב העלאת גירה. במידה והקרבה זמנית, ההשפעות השליליות יחלפו (Dobson and Smith, 2000). במידה והקרבה מתמשכת, הפרה הנחותה תרד במשקל, תפקוד המערכת החיסונית ייפגע בשל עלית רמת הקורטיזול (Chrousos and Gold, 1992) במצב של מאזן מטבולי שלילי (הפחתת אכילה והעלאת גירה) מתרחשת פגיעה במערכת המין ובמחזוריות והפרה הנחותה לא תתעבר (Dobson and Smith, 2000). כשל בהתעברות גורם להחלטה ממשקית של המגדל על הוצאת הפרה מהעדר (בירור). במערכת טבעית, מצב של מחסור במשאבים חיוניים כמו צפיפות ליד מקורות מים, מזון, צל יגרום לאותן התרחשויות, שתוצאתן הטבעית תהיה תשישות, תחלואה ומוות.

היררכיה בעדר הבקר היא פאסיבית בעיקרה, ולכן איתור פרות נמוכות במעמד החברתי לא מתאפשר בד"כ לפני התרחשות פגיעה במצבן הגופני, ופגיעה בייצור. כשאלו מתרחשים, הפרה יוצאת בד"כ מהעדר, גם אם הגנטיקה של תכונות הייצור שלה גבוהה, וזאת רק בגלל היעדר מידע על מיקומה במבנה ההיררכי. חלוקת הקבוצות הרווחת כיום בעדר הבקר מבוססת על גיל, בהיעדר כלי מושכל אחר לחלוקת העדר לשלוחות. פרסומים (Kondo, 2010; Sowell et al., 1999) וממצאי עבודות קודמות שביצעתי מצביעים על חלוקות משנה של עדרי בקר לתת-קבוצות, כאשר המניעים לחלוקה כזו אינם ברורים, והרכבי תת-הקבוצות אינם ניתנים לחיזוי. השפעות על יצירת תת-קבוצות של פרות במעמד גבוה נידונו בעבר (Keeling and Gonyou, 2001; Lazzo, 1994). Sato et al., (1993) מתאר השפעה של קירבת משפחה על ליקוק הדדי בפרות הולשטיין. הוא מדגיש בנוסף את חשיבות הרציפות במבנה החברתי של העדר על מנת להימנע מהתנהגויות אגוניסטיות ויצירת עקות חברתיות. פיזור והתקבצות של פרות נידון גם הוא בהקשר של התנהגות עדרית (Howery et al., 1996), אינסטינקט של חיה נטרפת (Lazo, 1994), היררכיה (Bouissou, 1975), גודל קבוצה ומרחב (Kondo et al., 1987) ועוד. לא קיים מידע כמותי שמקשר בין פיזור, חבירה, פעילות ושינויים במדדים אלו לבין מעמד חברתי וייצור. ניתוח נתוני פעילות רציפים הצביע על דפוסי פעילות אופייניים לפרות במעמד חברתי נמוך (פעילות גבוהה ותנועתית-חברתית). (Gabrieli and Misha, 2014). מידע משלים התקבל מתצפיות בהן נאספו נתוני אינטראקציות וחבירה. נתוני פעילות ומיקום יחסי של פרות הראו את הקורלציה החזקה ביותר עם מעמד חברתי וייצור.

מטרות המחקר

1. פיתוח מערכת ניטור אינטגרטיבית של פעילות ומיקום בזמן אמיתי
2. אפיון דפוסי פעילות ומיקום המעידים על עקות חברתיות

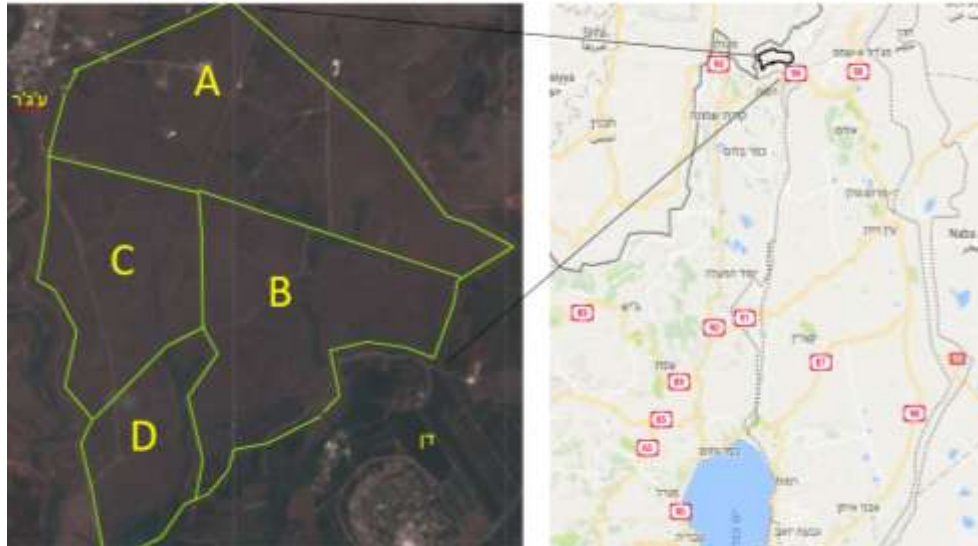
תיאור הפעלת המחקר

אזור המחקר:

המחקר התבצע בשטחי המרעה הטבעי שמשתרעים ממערב לקיבוץ שניר, מצפון לשמורת תל דן ומדרום לכפר ע'ג'ר ולכביש המערכת בגבול עם סוריה. הגבול המערבי של השטחים הוא נחל שניר. השטח מתאפיין בטופוגרפיה מדרונית מתונה, מספר גופי מים זורמים, כיסוי צומח עשבוני בעיקר, עם חורש דליל של שיזפים ושיחי פטל סביב גופי המים. בשטח רועה עדר הבקר של קיבוץ שניר

המתאפיין בממשק עקבי וחזרתי, בעל שגרת פעילות אנושית קבועה למדי, מחזורי רעייה קבועים במהלך השנה, והתערבות ממשקית מינימלית במבנה החברתי (תדירות נמוכה של שינוי מבנה קבוצות). שטח המחקר משתרע על כ- 5000 דונם. ומכיל חלוקה פנימית לארבע חלקות המשנה המסומנות באותיות A עד D, באיור 1 :

איור 1: מפות שטח המחקר, מימין מיקום השטח במפת צפון הארץ, משמאל השטח וחלוקה לחלקות



בעלי חיים :

מתוך עדר הבקר של קיבוץ שניר, נבחרו באקראי 40 פרות עליהן ענדנו פדומטרים מתוצרת חברת ע.נ.ג.ס מערכות בע"מ ותגי GPS מתוצרת Perthold Engineering, USA.

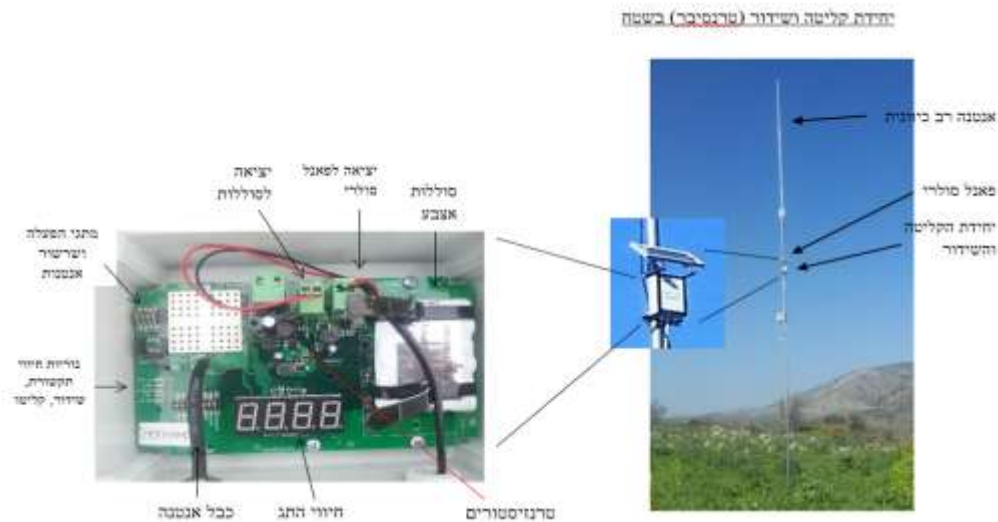
תצפיות: על מנת לקבוע את מעמדה ההירארכי של כל פרה התבצעו תצפיות ישירות ונרשמו אינטראקציות חיוביות ושליליות, כדוגמת ליקוק וחבירה קרובה (חיוביות) ודחיפה (שלילית). התצפיות התבצעו בחלקן תוך כדי הליכה של הצופה בשטח המרעה וחלקן תוך שימוש ברחפן. על מנת להפחית את התלות בין התצפיות, התבצעה תצפית אחת בלבד עבור כל פרה בכל אחת מחמש הפעילויות הבאות במהלך יממה: הליכה, רעייה, מנוחה, אכילה במתקן הזנה. תצפיות התבצעו אחת ליומיים במהלך כחודשיים בכל עונת צימוח- נביטה, התבססות צומח ירוק, התבגרות הצומח ויצירת זרעים, הקמלה ופיזור זרעים. במהלך התצפיות נאספו הפרמטרים הבאים: מרחק בין פרטים, מיקום יחסי של הפרט בתוך הקבוצה, כיוון התנועה של הקבוצה והכיוון היחסי של הפרט, ליקוק, נגיחה, דחיפה, איום (הטיית ראש).

ניטור אוטומטי :

ניטור פעילות: מערכת פדומטרית מתוצרת חברת ע.נ.ג.ס מערכות בע"מ. במהלך שש השנים האחרונות פיתחנו את יישומי המערכת בהתאמה לזיהוי מדדים פיזיולוגיים בעדר בקר לבשר במרעה (Gabrieli, 2016; Gabrieli & Misha, 2014). תגי הפעילות (פדומטרים) נענדו על הרגל הקדמית של הפרה, בעזרת רצועה ייעודית, מעל הטלף. בשטח המרעה מוקמו יחידות קליטה

ושידור (טרנסמיטרים) אליהם משדרים הפדומטרים. הטרנסמיטרים הם יחידות אנטנה עם אספקת כוח עצמאית (סוללה ופאנל סולרי) והם משדרים את הנתונים כל 15 דקות אל מערכת קליטה מרכזית. הפדומטרים מונים את תנועות הרגל ומודדים את זווית הרגל כלפי הקרקע. על סמך מדידות אלו מתבצע בתג חישוב של מספר צעדים לשעה, דקות רביצה בשעה ומספר שינויי תנוחה מרביצה לעמידה ולהיפך בשעה. בתג עצמו מתבצעת אגירת נתונים של 12 שעות. איור 2 מתאר את רכיבי המערכת והצבתה בשטח.

איור 2: תחנת קליטה בשטח (ימין) רכיבי תחנת הטרנסמיט



ניטור מיקום: ניטור מיקום התבצע כדי לבחון את פעילות הפרות ביחס לשטח ולפרות אחרות. ניטור המיקום התבצע בעזרת מכשירי GPS (עם אגירת נתונים, ללא שידור), מתוצרת חברת Perthold Engineering, Ltd, USA. האריזה מוצמדת לקולר שנענד על צוואר הפרה. תדירות לקיחת דגימת המיקום נקבעת מראש וניתנת לשינוי ידני. נסיונות מקדימים הראו שתדירות דגימת מיקום של פעם בשעה מספיקה לצרכי מעקב רציף אחרי הפרות, בלי שנצפים מעברי מרחק גדולים מ-500 מ'. תדירות דיגום כזו מאפשרת חיי סוללה של כ-90 יום, המתאימה לתדירות איסוף העדר בלי הפרעה לשגרת הפעילות ולדפוסי ההתנהגות של הפרות במרעה.

ניתוח הנתונים: ניתוח נתוני האינטראקציות החברתיות התבצע תוך שימוש בתכנת jmp 15.

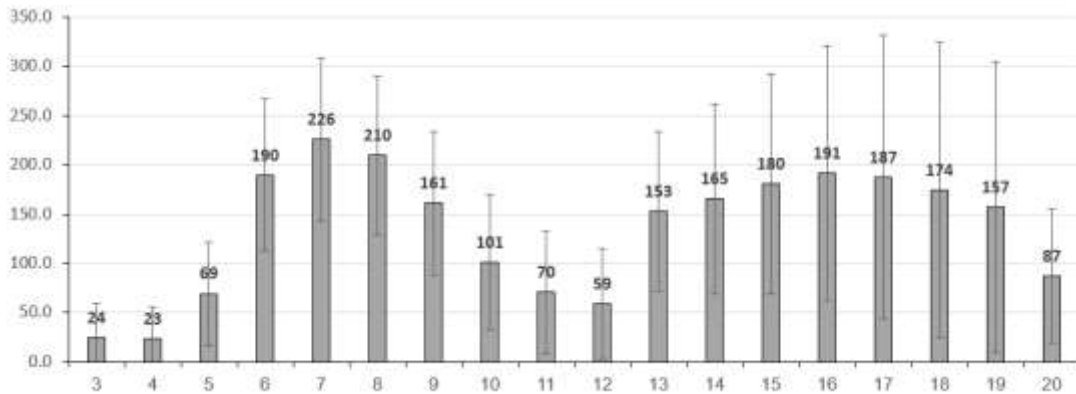
ניתוח נתוני המיקום התבצע בתכנת ArcPro GIS

תוצאות ודיון

דפוס הפעילות היומי של העדר חזר על עצמו מידי יום. מנחת הלילה ארכה מחצות עד השעה 3, בה הפרות התחילו לקום וללכת לאט. הפעילות הגיע לשיא בשעות רעיית הבוקר, בשעה 6-7. שעה זו גם התאפיינה בחזרתיות (ערך CV) הגבוהה ביותר במהלך היום ולאורך כל התקופה. ממוצע הצעדים לשעת רעיית הבוקר (6-7) בעדר היה 31 ± 221.7 צעדים לשעה. בערך בשעה 10 הפרות התכנסו למנוחת הצהרים שנמשכה עד 14, ורעיית אחרי הצהרים הגיעה לשיא בין 15 ל-16. רעיית אחרי הצהרים התאפיינה בפעילות גבוהה פחות מאשר בבוקר, וחזרתיות מעט נמוכה יותר (186.1 \pm 30.2 צעדים לשעה). מדד פעילות רעיית הבוקר היה החזרתי ביותר מכל המדדים ולכן רוב

הקורלציות המובהקות עם המשתנים התלויים נמצאו יחסית אליו. דגם הפעילות השעתי מופיע באיור 3. ציר ה-X מבטא את השעות ביממה, וציר ה-Y את מספר הצעדים לשעה לפרה.

איור 3 : צעדים לשעה ממוצע לפרה לאורך שעות היממה



ביסוס מתודולוגיה לקביעת מעמד

בעבר, הוגדרו אינטראקציות חיוביות ונספרו ללא הקשר להתרחשותן בזמן ובמרחב. ליקוק וחבירה למשל שנחשבות לאינטראקציות חיוביות, קיבלו את אותו ערך ללא התייחסות לפעילות כלל העדר. כך גם אינטראקציות שליליות כמו התבודדות, נגיחה או דחיפה. לצורך הבנת הקשרים החברתיים וסיווג הפרות באופן שאינו דיכוטומי או כוללני, נדרש לייחס משקל לקשר בין פרטים גם בהתייחסות למידת הידוק המבנה החברתי ובהקשר לפעילות והשתנותה. חברות של אוכלי עשב נחלקות בין השאר גם לפי מבניהן הנעים בין מבנים מפוזרים (fission) למבנים מהודקים (fusion). מבנה בקר במרעה נחשב למבנה בתצורת ביניים (fission-fusion). רוב האינטראקציות החיוביות בין הפרות בעדר מתבטאות בחבירה (מרחקים בין זוג או קבוצת פרות) בשעת רעייה או מנוחה. למרחקים הממוצעים ולמיקום הפרות בזמן רעייה ובזמן מנוחה משמעויות שונות ולכן בניתי מטריצות של חבירה/התבודדות בזמן רעייה ובזמן מנוחה. כמו כן, סיווגתי את מיקום הפרות ביחס למשאבים מוקצים בשטח כמו צל, מים ותוספות מזון. טבלה מס' 1 היא דוגמא לאיסוף הנתונים וסיווגם בהקשר קשרים זוגיים (דיאדיים) בין פרות.

טבלה מס' 1 : דוגמא לאיסוף נתונים פרטני. טבלאות מלאות כוללות את כל הפרות שנדגמו

מס' פרה	חיובי יוזם	חיובי מגיב	שלילי יוזם	שלילי מגיב	חבירה ברעייה	חבירה במנוחה	התבודדות	מיקום מרכזי	מיקום פריפריאלי
1432		2			10		6		
1435		6	2	2	4	1	5		
1543	2	1	1		9		5		
1234	1				11	2	7	1	14

4		1		6		1		1	1314
3		4		5		2			1214
3		2	3			1	1		1145

הנתונים בטבלה הם דוגמא לספירת פעילויות מסווגות. כך לדוגמא, פרה מס' 1432 נצפתה פעמיים מקבלת מפרה אחרת ליקוק, 10 פעמים כחלק מקבוצה ברעייה ו- 6 פעמים מבודדת בפעילות הרעייה, ובכל הפעמים שנצפתה ברעייה מיקומה בעדר היה פריפריאלי. נתונים אלו מקבלים משמעות רק בהקשר של כל העדר, או ביחס לאחד מגורמי הסביבה.

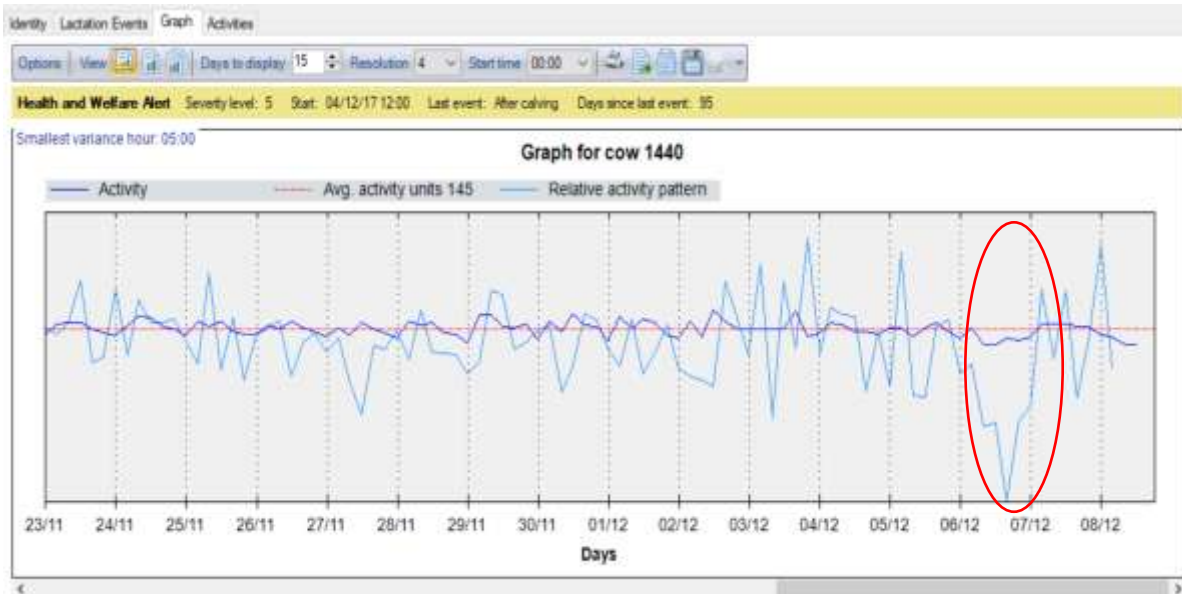
בנוסף למטריצות המבטאות קשרים בין הפרות (דיאדים) ובין פרה לעדר (מיקום יחסי מרכזי/פריפריאלי) בניתי גם מטריצות המתייחסות למשאבים, לדוגמא סדר הגעת פרות לשוקת ועזיבתן אותה. כמו כן, בניתי מטריצות לגבי התנהגויות נפוצות: הובלה (מקום ראשון ביזימת שינוי פעילות, למשל ממנוחה לרעייה או להיפך), עקיבה (הצטרפות למובילים, מספרי 2,3,4), אחרונים (פרות שנצפו אחרונות להצטרף לפעילות משותפת).

הגדרתי משאבים חשובים גם על פי הברור מאליו כמו שוקת, אבוס וצל, וגם על פי תדירות השימוש בהם לפי נתוני המיקום. כך למשל נמצא אזור מועדף על הפרות בזמן מנוחת הלילה ללא סיבה נראית לעין, וחישבתי את שיעור "ההצלחה" של כל פרה לשהות בו בשעה הרלבנטית, לבד או בקבוצה. ברוב ה"אזורים החמים" כלומר אזורים שנמצאים בשימוש תכוף על ידי רוב הפרות לא נמצאו הבדלים מובהקים בין פרות בזמן או בתדירות הנוכחות בהם.

בניה ושיפור האלגוריתמים של מערכת ניטור הפעילות

כתלות באינטראקציות ובהקשרן לסוג הפעילות ולמבנה העדר בזמן הפעילות - שיפרנו את האלגוריתם של פעילות הצעידה. קו הבסיס לפעילות כל פרה נקבע בהתאם לשעת הפעילות עם השונות הנמוכה ביותר. לדוגמא: פרה 1440 הראתה שונות נמוכה ביותר בשעה 05:00, כלומר בשעה זו נקלט במערכת הפדומטרית דפוס פעילות קבוע יחסית לשאר השעות לאורך כל תקופת המעקב (2018). חריגות הפעילות יוחסו בהתאם, לפעילות בשעה 05:00. האלגוריתם כולל השוואה של פעילות הפרה בכל שעה לפעילותה ב- 05:00 וגם השוואה של פעילות הפרה לפעילות הממוצעת של כלל העדר בשעת הפעילות המכילה את השונות הממוצעת הנמוכה ביותר לכלל העדר. העקומה הנובעת, מופיעה באיור 4 בקו תכלת, ועל סמך עקומה זו מבצעת עכשיו התכנה זיהוי דרישות ותחלואה. ניתן לראות באיור 4 כי בתאריך 6.12 מופיעה חריגה (ירידת פעילות) שבאה לידי ביטוי בצורה ברורה הרבה יותר בעזרת הקו בצבע תכלת (פעילות יחסית פרטנית לשעה 05:00 וכללית לממוצע העדר) מאשר בעזרת הקו הכחול (פעילות גולמית פרטנית):

איור 4 : זיהוי תחלואה על פי אלגוריתם יחסי לעדר:



ציר ה- X מייצג תאריך, ציר ה- Y מס' צעדים לשעה. האליפסה האדומה מסמנת את מופע התחלואה. ניתן להבחין בבירור בתחלואה רק בהתייחסות לשאר העדר, בעוד שבקו הכחול (נתוני פעילות גולמיים של הפרה) קשה מאוד להבחין בירידת הפעילות.

כל המדדים שהוצגו עד כה, הפגינו שונות פרטנית גבוהה מאוד. לא נמצאו קורלציות למדדי הצלחה רבייתית בין הגורמים הבאים: סדר הגעה למיקום חיוני, מספר שהיות במקום מועדף, קבלת או יזימת דחיפות, יזימת ליקוקים, זמן שהיה במנוחה או ברעייה. לעומת אלו, נמצאו קורלציות בין מדדי פעילות לבין מדדי ייצור וגם בין מדדים חברתיים למדדי ייצור. הקורלציות שנמצאו מובהקות ומשמעותיות מופיעות בטבלה מס' 2.

טבלה 2: קורלציות עיקריות בין מדדי פעילות וייצור (לקורלציה שלילית מופיע ערך B באדום)

מדד פעילות – משתנה בלתי תלוי	מדד ייצור/התנהגות – משתנה תלוי	ערך R^2	ערך P	B מנורמל (שיפוע העקומה)
CV צעדים רעיית בוקר	משקל גמילה	0.15	0.02	-20.7
ממוצע צעדים רעיית בוקר	מרווח המלטה	0.23	0.0001	88.46
CV צעדים רעיית בוקר	סכום אינטראקציות חוזק	0.24	0.05	-0.09
סה"כ אינטראקציות תגובה (חיובי + שלילי)	תוספת משקל יומית עד גמילה	0.12	0.002	-0.004

התבודדות	תוספת משקל גמילה	0.14	0.002	-0.05
----------	------------------	------	-------	-------

ערך B הוא שיפוע הגרף שמצביע על חוזק ההשפעה. ערך B מנורמל בהתאם לשגיאות התקן של המשתנה הבלתי תלוי ביחס לשגיאות התקן של המשתנה התלוי, ומספר התצפיות.

ניתן לראות מנתוני הטבלה שככל שהשונות בצעידיה גבוהה יותר, משקל הגמילה של הוולד נמוך יותר וכן ככל שממוצע הצעידיה גבוה יותר, מרווח ההמלטה ארוך יותר, כלומר ככל שהפעילות גבוהה ותנודתית יותר, כך מדדי הייצור שמבטאים מאזן אנרגטי של הפרה מושפעים באופן שלילי. כמו כן, ככל שהשונות בצעידיה גבוהה יותר, מדד האינטראקציות החיוביות נמוך יותר.

בנוסף, נמצאו קורלציות מובהקות בין מדדים חברתיים המעידים באופן עקיף על יתרון או מעמד, למרות שלא נמצאה קורלציה מובהקת בינם לבין מדדי ייצור. טבלה מס' 3 מציגה קורלציות בין אינטראקציות חברתיות.

טבלה 3 : קורלציות בין אינטראקציות דיאדיות (לקורלציה שלילית מופיע ערך B באדום)

B norm	ערך P	ערך R ²	אינטראקציה 2	אינטראקציה 1
0.008	<0.0001	0.13	קבלת ליקוק	סה"כ אינטראקציות יזימה (חיובי+שלילי)
0.013	<0.0001	0.26	פעילות רעיית בוקר	סה"כ התקבצות
0.04	0.002	0.13	CV פעילות רעיית בוקר	סה"כ אינטראקציות הגבה (חיובי+שלילי)

נתוני מיקום

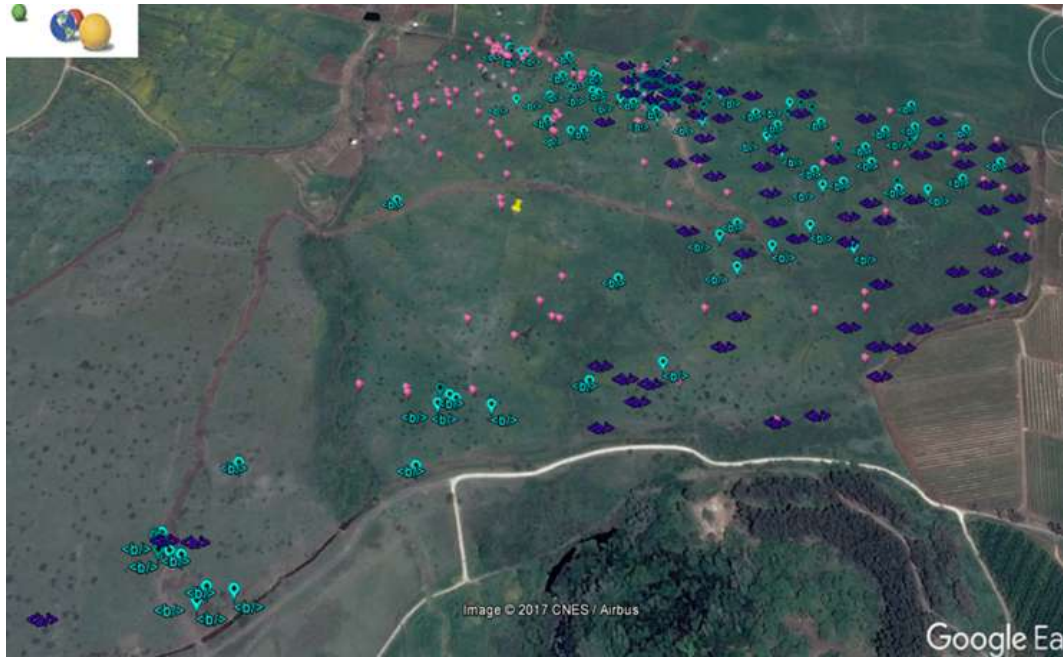
ניתן לאפיין את מבנה העדר, תנועת הפרות ופרות פרטניות בעזרת נתוני המיקום.

פריסת העדר במרחב נעה כמצופה בין מבנה מפוזר למהודק (fission to fusion) בהתאם לפעילות. בניגוד למצופה, נצפה מבנה מהודק דווקא בשעות רעיית הבוקר ואחרי הצהריים ואילו בשעות מנוחת הלילה נצפה פיזור גדול יותר. הסברה הרווחת עד כה הצביעה על הידוק דווקא במנוחת הלילה (חיה נטרפת) ואילו פיזור בשעות הרעייה כתוצאה מברירה פרטנית מונחית שיקולי פיזיולוגיה, חברה ונתונים אישיים. מבנה מהודק בזמן רעייה מצביע על צורך להתאים ממשק רעייה הכולל רוטציה תכופה יותר בין החלקות למזעור השפעות הרמיסה על הצמחיה והפצת פתוגנים המופרשים בצואה ובשתן על הפרות. נצפה הבדל מובהק בין בחירת הפרות בשטח המשמש לרעיית הבוקר לבין זה המשמש לרעיית אחר הצהריים. יתכן שהבדל זה מצביע על מנגנון טבעי לצורך המנועות מהדבקה דרך הפרשות. נצפתה קביעות לאורך כל השנה בשימוש זה, כלומר תת החלקה בה בחרו הפרות לרעיית הבוקר היתה קבועה, אף לא פעם אחת נצפתה שם רעייה

בשעות אחה"צ וכן להיפך – בחלקה בה התרחשה כל הזמן רעיית אחה"צ לא נצפתה ולו פעם אחת רעיית בוקר.

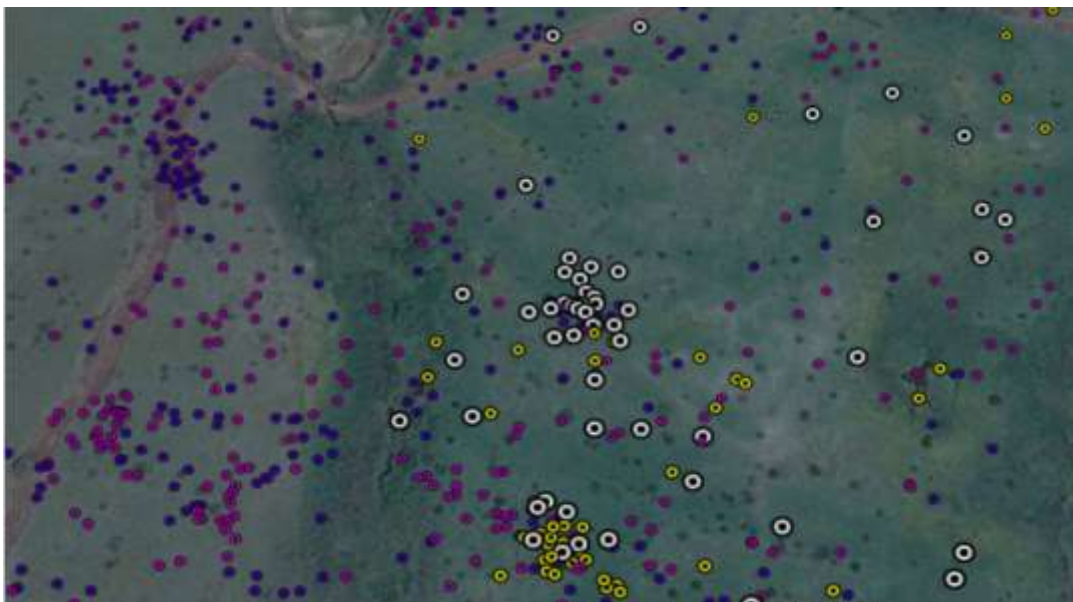
שימושי המרחב של הפרות כללו שימוש משותף במרחב ובזמן, שימוש נפרד במרחב ובזמן, שימוש במרחב בזמנים שונים. מידת הפיזור במרחב נמצאה בקורלציה חיובית עם פעילות הצעידה. איורים 3,4 ו-5 מדגימים דפוסי פריסה מרחביים אלו.

איור 3 : פיזור מרחבי של שלוש פרות במעמדות שונים – פריסה היררכית



שלוש הפרות באיור מדגימות פרות במעמדות שונים. כיסוי מרחב מצומצם בסמנים הוורודים, כיסוי מרחב בינוני בסמנים בצבע תכלת, וכיסוי מרחב גדול בסמנים הסגולים. בהתאמה נמצאו גם דפוסי הפעילות שלהם, לפרה המסומנת בורוד נמצא דפוס פעילות ממוצע וחזרתי, ולפרה עם הסמנים הסגולים דפוס פעילות תנודתי. לדגמי פעילות ומיקום נמצאו קורלציות עם מדדי ייצור שנבחנו – תוספת משקל של הולד ומרווח המלטה.

איור 4 : שימוש נפרד במרחב



איור 4 מראה פיזור של פרות בשטח המרעה, כאשר מפעם לפעם נוצרת התקבצות של שתי פרות שרועות ביחד (סמנים סגולים וכחולים) או נחות ביחד (סמנים צהובים ולבנים) מרעה חורפי עשיר זמין באופן מפוזר על פני השטח, מה שמאפשר חלוקת מרחב אופטימלית, ללא צווארי בקבוק חיוניים כפי שמודגם בהמשך באיור 5.

איור 5: שימוש משותף (בזמן) במרחב



האיור מראה 4 פרות שונות, שמתפזרות ומתכנסות במרחב. בחלק השמאלי של האיור, הפיזור מדגים חלוקת השטח כאשר הפרות נמצאות בתנועה של רעייה. מרכז התמונה מראה התקבצות של פרות, בשבילים המובילים לאבוסים בהם הוגשה תוספת המזון. העיגול הלבן, מקיף את מתקן ההזנה, שמהווה צוואר בקבוק ונקודה מרכזת שגורמת לפרות להשתמש במרחב המצומצם הזה ביחד.

סיכום ומסקנות

הפרות הנמוכות בהיררכיה התאפיינו בדפוס פעילות גבוה ותנוודתי באופן מובהק לעומת הפרות הגבוהות בהיררכיה. ממצאים אלו תואמים לממצאים של Sarova et al., (2010) שמצאו כי מסלול התנועה של פרות נמוכות במדרג ההיררכי ארוך יותר וישיר פחות מזה של פרות גבוהות במדרג ההיררכי, ושהפרות הגבוהות בוחרות את מיקומן במרחב בעוד שהפרות הנמוכות נמנעות מקרבה לגבוהות, וכך נקבע מיקומם בפריפריה של העדר. נתוני אינטראקציות חיוביות (הכוללות גם קירבה פיזית בין פרות), הראו קורלציה חיובית עם ייצור, כפי שבא לידי ביטוי בתוספות המשקל של העגלים היונקים. נתוני המיקום הצביעו על התאמה חלקית בלבד בין מרחקים שעברו פרות לבין נתוני פעילות כפי שנמדדו בצעדים לשעה, כלומר, פעילות גבוהה יכולה להצביע על כיסוי מרחק (שיטוט או הליכה מכוונת ליעד) וגם על צעידה באותו מקום (בזמן רעייה, ליקוט מזון בשטח מצומצם), שני דגמי תנועה שונים.

שעות רעיית הבוקר (6:00 עד 7:00) חזרו על עצמן בדומה לעבודותי הקודמות, כך גם שעות רעיית אחה"צ (15:00 עד 16:00). פעילות הרעייה מבטאת שמרנות גבוהה בזמן, לאורך שנים ומספר רב של פרות. שעות אלו מאופיינות בכיסוי מרחק קטן יחסית ובפעילות צעידה גבוהה (מס' הצעדים הגבוה ביותר בכל שעות היממה), כלומר תזוזות קטנות של הרגליים רוב הזמן. דפוס שמרני זה מדגיש את חשיבות ניהול ממשק מותאם – בשעות אלו עדיף להימנע ככל שניתן מעבודות שיכפו שיגרה שונה מהעדר (איסופים, העברת חלקות וכן הלאה).

אינטראקציות חברתיות מעידות על מעמד. עבודה זו לא הראתה קשר ישיר מובהק בין קבלת ליקוקים, למדדי ייצור, אך כן הראתה קשר עקיף מובהק בין קבלת ליקוקים לבין מדדי פעילות שנמצאו בקורלציה חיובית מובהקת עם מדדי ייצור (פעילות נמוכה וחזרתית). נמצאו קורלציות חיוביות נוספות עם מדדי פעילות וייצור, ביניהן אינטראקציות של יזימה (סכום חיוביות ושליליות), והתקבצות. לאינטראקציות של הגבה (סכום חיוביות ושליליות) ולהתבודדות נמצאו קורלציות חיוביות עם ערך CV של פעילות, מה שמעיד על השפעה שלילית על הייצור. מכאן, סכיכום אינטראקציות וסיווגן לפי יוזמת ומגיבה יוכל להעיד על מעמד.

חלק גדול מהשימוש במרחב מתרחש באופן אופורטוניסטי, כך ניתן למצוא שימוש נפרד במרחב (באותן נקודות בזמנים שונים), וגם שימוש משותף במרחב (אותן נקודות באותם זמנים). לא נמצא קשר בין תדירות ומשך השהיה ב"מקומות חמים" (מקומות שאופיינו בתדירות ובמשך שהייה גבוהים של פרות שונות) לבין מדדי ייצור ו/או פעילות. לא נמצא גורם מפריד בין הפרות בהקשר למקומות החמים ולא ברור מה מאפיין אותם פיזית.

בניגוד לסברה הרווחת, פרות ממליטות לא התרחקו משאר העדר, אלא המליטו בסביבת שאר הפרות. לא נראה שניתן יהיה להשתמש בנתוני המיקום לצורך חיזוי המלטה. יחד עם זאת, דפוס המיקום לאחר ההמלטה משתנה מזה שלפניה, ונראה שניתן יהיה לפתח מודל לזיהוי המלטה סמוך לאחר התרחשותה בהמשך.

רשימת ספרות

Barroso, F.G., Alados, C.L and Boza J. 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science* 69: 35-53.

Bouissou, M.F. 1975. Etablissement des relations de dominance-submission chez les Bovins domestiques. III. Effect de l'experience Sociale *Z. Tierpsychol.* 38: 419-435.

Chrousos, G.P. and Gold, P.W. 1992. The concepts of stress and stress system disorders: overview of physical and behavioral homeostasis. *Journal of American Medical Association* 267, 1244-1252, 1992.

Dobson, H. and Smith, R.F. 2000. What is stress and how does it affect reproduction. *Animal Reproduction Science*, 60-61, 2000, pp. 743-752.

Gabrieli, R. and Misha, E. Monitoring stress behaviour in grazing beef cows. In: Precision Livestock Farming Applications. Wageningen Academic Publishers, 2014.

Gabrieli, R. Management application of activity data monitoring in grazing beef cows, Proceedings of the 67th Annual meeting of the European Federation of Animal Science, Belfast, UK, 29 August – 1 September, 2016.

Hasegawa, N., Nishiwaki, A., Sugawara, K. and Ito, I. 1997. The effect of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behavior and adrenocortical response. Applied Animal Behaviour Science, 51(1997) pp. 15-27.

Howery, L.D., Provenza, F.D., Banner, R.E. and Scott, C.B. 1996. Differences in home range and habitat use among individuals in a cattle herd. Applied Animal Behaviour Science 49: 305-320.

Kabuga, J.D., Gari-Kwaku, J. and Annor, S.Y. 1991. Social status and its relationship to maintenance behaviour in a herd of N'dama and West African Shorthorn cattle. Applied Animal Behaviour Science 31: 169-181.

Keeling, L.J. and Gonyou, H.W., 2001. Social behaviour in farm animals. CABI publishing CAB international, Wallingford, Oxon, OX10 8DE UK, 406 pp.

Kondo, S., Sekine, J., Okubo, M. and Ashahida, Y. 1987. The effect of group size and space allowance on the agonistic and spacing behaviour of cattle. Applied Animal Behaviour Science 24: 127-135.

Lazo, A. 1994. Social segregation and the maintenance of social stability in a feral cattle population. Animal Behavior 48: 1133-1141.

Phillips, C.J.C. and Rind, M.I. 2002. The effects of Social dominance on the production and behavior of grazing dairy cows offered hay supplements. Journal of Dairy Science, 85: 51-59, 2002.

Sarova, R., Spinka, M., Panama, J.L.A. and Simecek, P. 2010. Graded leadership by dominant animals in a herd of female beef cattle on pasture. Animal Behaviour 79, 1037-1045.

Sato, S., Tarumizu, K. and Hatae, K., 1993. The influence of social factors on allogrooming in cows. Applied Animal Behaviour Science 38: 235-244.

תודות

לקרן המחקרים של מועצת החלב על מימון המחקר

לקרן שה"מ על מימון משלים של המחקר

לבוקרי קיבוץ שניר על שיתוף הפעולה הארוך והמסור

לחברת ע.נ.ג.ס מערכות בע"מ על התמיכה והשירות, על היחס החם וההיענות לפיתוח האלגוריתמים הנדרשים להתאמת המערכת לשימוש בעדרים במרעה