

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 10-0264-277

פיתוח חיישן אקוסטי לניטור התנהגות רעייה של בקר וצאן במרעה, בחורש וביער לשיפור החלטות ממשק

An acoustic sensor to monitor grazing behaviour of ruminants on rangeland, woodland and in forests for the improvement of management decisions

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת ענף מרעה

ע"י

המחלקה לגד"ש ומשאבי טבע, המכון לגד"ש, מינהל המחקר החקלאי	דוד אונגר
המחלקה לחישה, מידע ומיכון חקלאי, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי	יוסף גרינשפון
המחלקה לחישה, מידע ומיכון חקלאי, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי	עמוס מזרח
המחלקה לחישה, מידע ומיכון חקלאי, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי	אמוץ חצרוני

Eugene David Ungar, Institute of Plant Science, Agricultural Research Organization - the Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. E-mail: eugene@volcani.agri.gov.il

Yoseph Grinshpun, Institute of Agricultural Engineering, Agricultural Research Organization - the Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. E-mail: yosephg@volcani.agri.gov.il

Amos Mizrach, Institute of Agricultural Engineering, Agricultural Research Organization - the Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. E-mail: amos@volcani.agri.gov.il

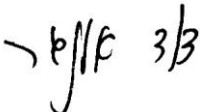
Amots Hetzroni, Institute of Agricultural Engineering, Agricultural Research Organization - the Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. E-mail: amots@volcani.agri.gov.il

פברואר 2012

שבט תשע"ב

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

חתימת החוקר: 

רשימת פרסומים

Navon, S., Mizrach, A., Hetzroni, A., Ungar, E.D. (2011) Automatic recognition of jaw movements of grazing animals using an acoustic sensor. p. 127 in Shoshany and Shaviv (Eds.) AGRI-SENSING 2011 International Symposium on Sensing in Agriculture in Memory of Dahlia Greidinger, 21-24 February, 2011, Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, Israel. Abstract Book.

תוכן עניינים

3	.....	תקציר
4	.....	מבוא
4	.....	פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו
4	.....	מיפוי הבעיה - מיפוי השווה והשונה ברישום הקלטות הקול
5	.....	ציוד - בניית ציוד אמין וקשיח שיעמוד בתנאים מוגדרים
5	.....	בניית אלגוריתם לאיתור תנועות לסת בהקלטה קולית
5	.....	ביצוע בפועל עד לתאריך הנוכחי
7	.....	דיון
7	.....	פרסומים מדעיים
7	.....	תודות למממנים
8	.....	סיכום עם שאלות מנחות

תקציר

הצגת הבעיה: הרעיה היא תהליך מרכזי בקביעת רמת היצור של בעלי חיים במרעה. כל מידע אפשרי המטיל אור על תהליך זה עשוי לשרת את המגדל בשיפור החלטות ממשק. הגישה שלנו היא להסתכל על התנהגות רעיה. ניטור אקוסטי הוא כעת הטכנולוגיה המבטיחה ביותר שיכולה לספק מידע מדויק ורציף על התנהגות רעיה. ניטור אקוסטי מתבצע על ידי הצמדת מיקרופון לראש בעל החיים: אצל בקר – למצח, ואצל כבשים ועיזים – באזור האף או הקרן. על ידי כך ניתן לשמוע ולזהות תנועות לסת: נגיסות ולעיסות. **מטרות המחקר:** א. פיתוח אלגוריתמים לעיבוד אות אוטומטי כדי לבנות את הדגם היומי של פעילויות וקצב נגיסה במרעה עשבוני; ב. שדרוג הציוד הפיזי הקיים לחיישן שניתן ליישמו בבקר ובצאן, במרעה, בחורש וביער; ג. פיתוח אלגוריתם לעיבוד אות אקוסטי המסוגל להבחין בין צריכה של צומח עשבוני לצומח מעוצה. **שיטות העבודה:** בתוכנית העבודה בפרויקט כללנו את מיפוי הבעיה, בניית הציוד, ופיתוח אלגוריתם ותוכנה יישומית. מיפוי הבעיה - מיפוי השווה והשונה ברישום הקלטות הקול. א. עבור אותו הפרט במצבים/אירועים שונים על אותו סוג מזון; ב. עבור אותו הפרט בסוגי מרעה שונים (עשבוני ירוק, עשבוני קמל, מעוצה); ג. בין פרטים שונים מאותו המין; ד. בין מינים שונים; ה. השפעת סוג ציוד (מיקרופון, חיווט, ראשיה, מיקום); ו. מיקום המיקרופון: אף מול קרן – בחינת יתרונות וחסרונות; ז. מיפוי הרעשים. ציוד - בניית ציוד אמין וקשיח שיעמוד בתנאים מוגדרים. א. אפשרות הקלטה של 24 שעות רצופות לפחות; ב. עמידות בפני פגיעה ע"י בעלי החיים בעדר, והפרט הנבדק; ג. מזעור רעשים - המיקרופון חייב להיות מקובע לחלוטין; ד. בידוד אקוסטי מרעשי סביבה ורעשי גוף. בניית אלגוריתם לאיתור תנועות לסת בהקלטה קולית. פיתחנו אלגוריתם ייחודי, המקבל כקלט רישום קולי של בע"ח במרעה, מזהה אוטומטית אירועי אכילה, ומוציא כפלט אירועים אלו – ברזולוציה גבוהה ככל הנדרש, עד רמת תנועת לסת יחידה. סיימנו את הפיתוח התיאורטי (כמו גם את הגרסא הראשונה של התוכנה היישומית). במבחנים הראשונים שביצענו, האלגוריתם מראה תוצאות טובות מאוד, אם כי מבחנים סטטיסטיים מסודרים עדיין לא בוצעו. **מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:** התקדמנו בצורה טובה לקראת כלי יישומי. בהמשך המחקר נבצע הקלטות השוואה של אף מול קרן. בכוונתנו לבצע מבחנים סטטיסטיים לאלגוריתם לזיהוי תנועות לסת שפיתחנו. בכוונתנו לבצע הקלטות רבות ככל הניתן בכבשים ובעיזים הרועות בעשב קמל, ובעונה הירוקה הקרובה נקליט רעייה בעשב ירוק. נשתמש בהקלטות שאספנו, כקלט לאלגוריתם לזיהוי תנועות לסת על מנת לאסוף סטטיסטיקות על התכונות המדידות של רישום הקול עבור נגיסות, לעיסות, ולעיסות-נגיסות. נרצה לבצע התאמה של ציוד ההקלטה לבקר.

1. מבוא

הצריכה היא תהליך מרכזי במערכת רעיה. היא קובעת במידה רבה את רמת היצור של בעלי החיים הרועים בשטחי מרעה, ויש לה גם השפעה מכרעת על הצומח. אין דרך פשוטה, ישירה, זולה ומדויקת לקבוע את קצב הצריכה של בעלי חיים במרעה. זה מהווה בעיה עבור המגדל, וזה גם מהווה בעיה עבור המנהל של שטחי חורש ויער, כי לא ידוע מידת ניצול השטח וחלוקת הניצול בין צומח עשבוני לבין צומח מעוצה. כל מידע אפשרי המטיל אור על תהליך זה עשוי לשרת את המגדל בשיפור החלטות ממשק. הגישה שלנו היא להסתכל על התנהגות רעיה. ניתן להגדיר התנהגות רעיה ברמות ארגון שונות. ברמה הכללית ביותר, הפעילות היומית מתחלקת בעיקר לפרקים של רעייה, העלאת גירה ומנוחה. דגם היומי של פעילויות אלה, השינויים החלים בו במהלך הזמן, והשוואת הדגמים במצבים שונים, מקנה תובנה לגבי מה שקורה בשטח – דבר שחסר כעת לחלוטין. ברמה מפורטת יותר, אפשר לאפיין את תהליך הרעיה עצמו (כלומר, רעיה בפועל) על ידי מדדים של קצב נגיסה ומספר הלעיסות לנגיסה. מדדים אלה קשורים ישירות לקצב הצריכה של בעל החיים. האטום של התנהגות רעיה הוא תנועת הלסת, ואפשר להתייחס לצריכה כרצף של תנועות לסת שתפקידן לנגוס או ללעוס את המצחייה. שיטה מתאימה לניטור תנועות לסת מהווה אתגר לחוקרים עשרות שנים. ניטור אקוסטי הוא כעת הטכנולוגיה המבטיחה ביותר שיכולה לספק מידע מדויק ורציף על התנהגות רעיה. על ידי הצמדת מיקרופון על מצח (גולגולת) בעל חיים ברעיה ניתן לשמוע בצורה ברורה כל תנועת לסת. הנגיסות נשמעות כצלילים של קריעה, והלעיסות נשמעות כצלילים של כתישה. צעד קריטי בפיתוח הטכנולוגיה הוא לפתח אלגוריתם לעיבוד אות שיבצע את סיווג הצלילים לנגיסות, לעיסות, ולעיסות-נגיסות באופן אוטומטי. **מטרות המחקר:** א. פיתוח האלגוריתמים לעיבוד אות אוטומטי כדי לבנות את הדגם היומי של פעילויות וקצב נגיסה במרעה עשבוני. ב. שדרוג הציוד הפיזי הקיים לחיישן שניתן ליישמו בבקר ובצאן, במרעה, בחורש וביער. ג. פיתוח אלגוריתם לעיבוד אות אקוסטי המסוגל להבחין בין צריכה של צומח עשבוני לצומח מעוצה.

2. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו

בתוכנית העבודה בפרויקט כללנו את מיפוי הבעיה, בניית הציוד, ופיתוח אלגוריתם ותוכנה יישומית.

2.1. מיפוי הבעיה - מיפוי השוואה והשוואה ברישום הקלטות הקול

א. עבור אותו הפרט במצבים/אירועים שונים על אותו סוג מזון; ב. עבור אותו הפרט בסוגי מרעה שונים (עשבוני ירוק, עשבוני קמל, מעוצה); ג. בין פרטים שונים מאותו המין; ד. בין מינים שונים; ה. השפעת סוג ציוד (מיקרופון, חיווט, ראשיה, מיקום); ו. מיקום המיקרופון: אף מול קרן – בחינת יתרונות וחסרונות; ז. מיפוי הרעשים

ביצוע היכרות עם התכונות הפיסיקליות המדידות של רעשי תנועות הלסת בכלל המצבים האפשריים, הוא תנאי מוקדם לפיתוח יעיל של כלי אוטומטי לזיהויים וסיווגם. מיפוי טווח ההשתנות של התכונות הנ"ל ביחס לזהות בע"ח הרועה, יאפשר לדעת באילו תכונות יש להתמקד בתהליך הסיווג, ומהו טווח הערכים האופייני שלהם. לפי המיפוי נוכל לדעת אילו מיני בע"ח ניתן לכלול באלגוריתם יחיד, ואילו

מינים יצטרכו טיפול מיוחד. בעזרת המיפוי נוכל לשפוט בצורה מושכלת את התוצאות שקיבלנו בכל שלב ושלב בפיתוח.

ביצוע ארבעת הבדיקות המצוינות למעלה בסדר הנ"ל, יאפשר לנו לשלב את המידע שהתקבל משלב ה-1-i, להבנה טובה יותר של תוצאות שלב ה-i. למשל, היכרות עם טווח ההשתנות של הקולות עבור הפרט במצבים שונים, תיתן לנו יכולת לשפוט את התוצאות עבור פרטים שונים מאותו המין.

2.2. ציוד - בניית ציוד אמין וקשיח שיעמוד בתנאים מוגדרים

א. אפשרות הקלטה של 24 שעות רצופות לפחות; ב. עמידות בפני פגיעה ע"י בעלי החיים בעדר, והפרט הנבדק; ג. מזעור רעשים. המיקרופון חייב להיות מקובע לחלוטין; ד. בידוד אקוסטי מרעשי סביבה ורעשי גוף.

בניית ציוד הקלטה אמין וקשיח שיעמוד בתנאים הקשים של בע"ח במרעה, מהווה אתגר לא פשוט. על המכשור לספק זמן הקלטה ארוך, להיות מוגן מפגיעה מכאנית של בעל החיים הנושא את המכשיר - כמו גם מבעלי-חיים אחרים בעדר, ועם זאת לאפשר פריקת נתונים וטעינת סוללות בצורה פשוטה וקלה.

התייחסות מיוחדת מקבל נושא מזעור הרעשים. עדר במרעה מהווה סביבה בעלת רמת רעשי רקע לא מבוטלת. רעשים אלו עלולים לפגוע קשות באיכות סיווג תנועות הלסת. אם זאת, ע"י בחירת מכשור ומיקרופון המתאימים למשימה, קיבועם, כיסויים, ומציאת שיטות בידוד, ניתן יהיה להפחית בצורה ניכרת את הקשיים הנגרמים ע"י רעשים אלו.

2.3. בניית אלגוריתם לאיתור תנועות לסת בהקלטה קולית

בפיתוח הנ"ל יש שתי מטרות: אלגוריתם זה הוא למעשה היעד הראשון בפרויקט, ויהווה בפני עצמו כלי רב תועלת עבור חוקרי המרעה. מלבד היותו של האלגוריתם יעד חשוב כשלעצמו, בחרנו לפתח אותו תחילה גם כדי שישמש ככלי עבודה לפיתוח השלב השני בפרויקט – סיווג סוגי תנועות הלסת. בעזרת האלגוריתם הנ"ל נוכל לקבל סטטיסטיקות על מאות תנועות לסת בלחיצת כפתור. כלי יעיל לפיתוח יכול להוות הבדל עצום מבחינת זמן ואיכות העבודה. בנוסף לכך, אלגוריתם זה יהווה כלי חשוב לביצוע תהליך המיפוי שציינו למעלה – ויוכל להביא למיפוי לאין שיעור מפורט וטוב יותר מאשר בעבודה ידנית.

2.4. ביצוע בפועל עד לתאריך הנוכחי

מיפוי: בתחום זה ביצענו מיפוי מלא של רעשי הרקע, וביצענו חלק נכבד ממיפוי הקולות ברמת הפרט, כמו גם ברמת האוכלוסייה מאותו המין. השלמת המיפוי תעשה בקרוב בעזרת האלגוריתם לזיהוי תנועות לסת, ולאחר השלמת תהליך הכנת הציוד. רעשי הרקע התגלו כגורם רב נזק להצלחת איתור וסיווג תנועות לסת. במהלך הפיתוח ראינו שנושא זה חייב להיפתר ברמה סבירה כתנאי להתקדמות בפרויקט. לצורך זה ביצענו מיפוי של הרעשים. בבדיקה שביצענו התגלה שהרעשים הבעייתיים ביותר הם רעשים הנוצרים מחיכוך או מגע של גוף בע"ח הנושא את המכשיר (להלן "רעשים פנימיים"). לעומת זאת, רעשים החיצוניים (קולות אנשים,

ציפורים, רכבים, מטוסים וכו') התגלו לרוב כפחות בעייתיים. הרעש החיצוני היחיד שהתגלה כבעייתי מאוד היה הרוח.

סיכום תוצאות מיפוי רעשים :

סוג הרעש	פירוט רעש	תוצאות הבדיקה	אף	קרן
רעשים חיצוניים	כל מקור קול חיצוני – כלומר כזה שלא נוצר בגוף החיה, או ממגע של הגוף בעצמים שונים	לרוב לא מהווה בעיה, מלבד הרוח. נושא הרוח ייפתר בעזרת מעבר למיקרופון דינמי, בידוד, וניקוי תדרים גבוהים		
רעשים פנימיים – ציוד הקלטה	רעשים הנובעים ממגע, חיכוך, תזוזה או מאי-תקינות במיקרופון או בחיווט	רעשים אלו הם בעוצמה הגבוהה ביותר. רובם צומצמו לרמה סבירה (בקרן) ע"י קיבוע, הגנה, ובחירת ציוד מתאים	יש קושי רב לקבע ולבודד מיקרופון באזור האף – ולכן יש רעשים רבים הנובעים מתזוזת המיקרופון או בחוטים. הנושא עדיין מצריך פתרון	תפרנו מנשא לקרן, כך שהמיקרופון ושאר ציוד ההקלטה מוגן ומקובע
רעשים פנימיים – מגע גוף	רעשים הנובעים מחיכוך גוף בע"ח בשיחים, בע"ח אחרים בעדר, או בעצמים בשדה	בסה"כ קבוצת רעשים אלו הם בעוצמה בינונית עד גבוהה. ובמקרים רבים מהווים בעיה. באופן כללי עיקר הבעיה היא חיכוך ומגע בסביבת הראש - בגולגולת או בקרניים	ב"תצורת האף" של הציוד יש רגישות פחותה בהרבה לרעשים הנובעים ממגע הגוף. רק אזור של 5 ס"מ בגולגולת מסביב למיקרופון רגיש מאוד למגע	הקרן כולה רגישה מאוד לכל נגיעה. וכל מגע בקרן בעייתי. מגע בגולגולת יוצר רעש בינוני – שלרוב אינו מהווה בעיה, וכך גם טפיפות רגליים. מגע בשאר הגוף אינו בעייתי כלל

מהנתונים הנ"ל נובע כי "תצורת האף" יש פחות רגישות ל"רעשים פנימיים" הנובעים ממגע בגוף, אבל קיבוע הציוד ובידודו בתצורה זו - בעייתי מאוד. מכיוון שקשה לקבע ולהגן על המיקרופון ושאר הציוד בתצורת האף, "רעשים פנימיים" הנובעים ממגע בציוד ההקלטה, מהווים בעיה חמורה המצריכה פתרון. לעומת זאת, ב"תצורת הקרן" יש רגישות גבוהה ביותר של הקרן כולה (ואף מעט של הגולגולת) לרעשים פנימיים – אבל במקרה זה קל יחסית לקבע ולבודד את מכשור ההקלטה, והדבר נעשה.

בנושא מיפוי תכונות של רישום קול תנועות הלסת - עבור פרט אחד במצבים שונים, ובין פרטים שונים. ביצענו הקלטות רבות בשטח של מספר עזים כחיות מודל לפיתוח. ותחמנו את התפלגות הערכים של מספר תכונות מדידות המאפיינות תנועת לסת. מיפוי בסיסי זה סייע לפיתוח האלגוריתם לזיהוי תנועת לסת. בעיות ורעשים בציוד ההקלטה, הקשו על השלמת המיפוי. כיום, עם השלמת האלגוריתם הנ"ל ועם סיום בניית ציוד הקלטה אמין (לקרן) ניתן יהיה להשלים את התהליך הנ"ל. העזים נבחרו כחיות מודל לפיתוח בגלל זמינותן, והקלות היחסית של עבודה איתן. עם זאת, כל תהליך הפיתוח מכון גם כן לפרות ולכבשים. לעת עתה ביצענו מיפוי חלקי של תכונות תנועות הלסת גם בפרות וכבשים על סמך הקלטות קיימות.

ציוד: קידמנו פיתוח ציוד מסודר ב"תצורת הקרן" – הקלטה ממיקרופון המונח צמוד לקרן בעל-החיים, ויצרנו מספר סטים מסודרים לצורך הקלטות מקבילות והשוואות. לאחר ביצוע שלב מיפוי הרעשים – בו התגלתה רמת הפרעה הגבוהה הנגרמת מכל תזוזה ומגע במיקרופון, ולאחר מקרים רבים של

פגיעה בציוד מצד בעלי החיים, תכננו מנשא לקרן עם דגש על קיבוע, בידוד והגנה – וקיבלנו תוצאות טובות. יצרנו 2 סוגי סטים לקרן: מנשא ועליו מיקרופון ומשדר, ומנשא ועליו מיקרופון ומכשיר הקלטה. **אלגוריתם לאיתור תנועות לסת בהקלטה קולית:** פיתחנו אלגוריתם ייחודי, המקבל כקלט רישום קולי של בע"ח במרעה, מזהה אוטומטית אירועי אכילה, ומוציא כפלט אירועים אלו – ברזולוציה גבוהה ככל הנדרש, עד רמת תנועת לסת יחידה. רצינו לפתח אלגוריתם יחיד, שיוכל להתמודד עם השונות הגדולה הקיימת בהקלטות קול - בכלל המצבים האפשריים בשדה. לצורך זה ביצענו ניתוח מתמטי של התכונות הפיסיקליות המדידות. בכדי שאלגוריתם זה יוכל לתפקד בצורה טובה במצבים משתנים ובסביבה מורכבת, הוא נבנה כך שיהיה בעל יכולת למידה מוגבלת. ואכן, האלגוריתם נבנה כך שיתאים לכל המינים הרלוונטיים: פרות, כבשים, ועזים. כמו כן, האלגוריתם אמור להתאים למרעה עשבוני ירוק או קמל, לצומח מעוצה, לסוגי מזון שונים, למרעה בחורש, בבתה או בשדה, למצבים משתנים, ולרעשי רקע משתנים – כל זאת ללא כל שינוי או חיווי מצד המשתמש. נכון להיום, סיימנו את הפיתוח התיאורטי וגרסה ראשונה של תוכנה יישומית. במבחנים שביצענו, האלגוריתם מראה תוצאות טובות, אם כי מבחנים סטטיסטיים מסודרים עדיין לא בוצעו. אלגוריתם זה מהווה שלב ראשון מתוך שניים בפרויקט. בנוסף להיותו עומד בפני עצמו ככלי מחקר יעיל עבור חוקרי מרעה, הוא יהווה כלי פיתוח רב תועלת לשלב השני של הפרויקט – סיווג בין סוגי תנועות לסת.

3. דיון

סדר העבודה להמשך: א. ביצוע הקלטות השוואה של אף מול קרן. ביצענו השוואת רעשים ב"תצורת אף" מול "תצורת קרן" ובכוונתנו לעשות השוואה מלאה בין שתי התצורות, בעיקר מצד בחינת יכולת ההבחנה בין chew ל-bite ול-chew-bite בשתייהן. ב. בכוונתנו לבצע מבחנים סטטיסטיים לאלגוריתם לזיהוי תנועות לסת שפיתחנו, ובהמשך לשכלל ולשפר אותו לפי הצורך. ג. עשב ירוק מול עשב קמל. בכוונתנו לבצע הקלטות רבות ככל הניתן בכבשים ובעזים הרועות בעשב קמל, ובעונה הירוקה הקרובה נקליט רעייה בעשב ירוק. השוואה בין רישומי הקול היא חלק הכרחי במיפוי ובפיתוח בכלל. ד. נשתמש בהקלטות שאספנו, כקלט לאלגוריתם לזיהוי תנועות לסת על מנת לאסוף סטטיסטיקות על התכונות המדידות של רישום הקול עבור chews, bites, ו-chew-bites. בשלב ראשון התוצאות ישמשו אותנו להשלמת תהליך המיפוי כפי שתואר למעלה, ולאחר מכן בפיתוח האלגוריתם לסיווג בין סוגי תנועות לסת. ה. נרצה למצוא שיטה לבידוד הקרן כולה, ולבדיקת שיטות להפחתת רעשים נוספת, ובניהן: sound localization, active noise cancellation, ויישום פילטרים ברמת התוכנה. ו. נרצה לבצע התאמה של ציוד ההקלטה לבקר. ז. פתרון ל"תצורת האף" הבעייתית עבור צאן.

4. פרסומים מדעיים

Navon, S., Mizrach, A., Hetzroni, A., Ungar, E.D. (2011) Automatic recognition of jaw movements of grazing animals using an acoustic sensor. p. 127 in Shoshany and Shaviv (Eds.) AGRI-SENSING 2011 International Symposium on Sensing in Agriculture in Memory of Dahlia Greidinger, 21-24 February, 2011, Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, Israel. Abstract Book.

הוגש מאמר לעיתון Biosystems Engineering והמאמר בתהליך של הערכת עמיתים.

5. תודתנו לקק"ל/הנהלת ענף המרעה וקרן מדען ראשי שמימנו את המחקר.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה. א. פיתוח אלגוריתמים לעיבוד אות אוטומטי כדי לבנות את הדגם היומי של פעילויות וקצב נגיסה במרעה עשבוני; ב. שדרוג הציוד הפיזי הקיים לחיפוש שניתן ליישמו בבקר ובצאן, במרעה, בחורש וביער; ג. פיתוח אלגוריתם לעיבוד אות אקוסטי המסוגל להבחין בין צריכה של צומח עשבוני לצומח מעוצה.

עיקרי הניסויים והתוצאות. בתוכנית העבודה בפרויקט כללנו את מיפוי הבעיה, בניית הציוד, ופיתוח אלגוריתם ותוכנה יישומית. מיפוי הבעיה - מיפוי השווה והשונה ברישום הקלטות הקול. א. עבור אותו הפרט במצבים/אירועים שונים על אותו סוג מזון; ב. עבור אותו הפרט בסוגי מרעה שונים (עשבוני ירוק, עשבוני קמל, מעוצה); ג. בין פרטים שונים מאותו המין; ד. בין מינים שונים; ה. השפעת סוג ציוד (מיקרופון, חיווט, ראשיה, מיקום); ו. מיקום המיקרופון: אף מול קרן – בחינת יתרונות וחסרונות; ז. מיפוי הרעשים. ציוד - בניית ציוד אמין וקשיח שיעמוד בתנאים מוגדרים. בניית אלגוריתם לאיתור תנועות לסת בהקלטה קולית. פיתחנו אלגוריתם ייחודי, המקבל כקלט רישום קולי של בע"ח במרעה, מזהה אוטומטית אירועי אכילה, ומוציא כפלט אירועים אלו – ברזולוציה גבוהה ככל הנדרש, עד רמת תנועת לסת יחידה. סיימנו את הפיתוח התיאורטי (כמו גם את הגרסא הראשונה של התוכנה היישומית). במבחנים הראשונים שביצענו, האלגוריתם מראה תוצאות טובות מאוד, אם כי מבחנים סטטיסטיים מסודרים עדיין לא בוצעו.

מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח? התקדמנו בצורה טובה לקראת כלי יישומי. בהמשך המחקר נבצע הקלטות השוואה של אף מול קרן. בכוונתנו לבצע מבחנים סטטיסטיים לאלגוריתם לזיהוי תנועות לסת שפיתחנו. בכוונתנו לבצע הקלטות רבות ככל הניתן בכבשים ובעזים הרועות בעשב קמל, ובעונה הירוקה הקרובה נקליט רעייה בעשב ירוק. נשתמש בהקלטות שאספנו, כקלט לאלגוריתם לזיהוי תנועות לסת על מנת לאסוף סטטיסטיקות על התכונות המדידות של רישום הקול עבור נגיסות, לעיסות, ולעיסות-נגיסות. נרצה לבצע התאמה של ציוד ההקלטה לבקר.

בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה: אבחנה בין רעיה בצומח עשבוני לרעיה בצומח מעוצה על סמך האות האקוסטי.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: הוצג פוסטר בכנס והתפרסם תקציר בחוברת התקצירים של הכנס. הוגש מאמר לעיתון Biosystems Engineering והמאמר בתהליך של הערכת עמיתים.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)