



חיות בניהול אוטומטי: עבר, הווה ועתיד

אריאל צבל

חוקר היבטים היסטוריים ופילוסופיים ביחסי אדם-חיה, מתמקד בניצול תעשייתי של בעלי חיים; כותב לעמותת "אנונימוס" ויוצר הקורס "החברה הרב-מינית: אנשים, חיות אחרות ומה שביניהם".
דוא"ל: ariel@anonymous.org.il

הקשר רחב ההיקף והאינטנסיבי ביותר בין בני אדם לבעלי חיים ממינים אחרים מתקיים במסגרת החקלאות. מדי שנה, עשרות מיליארדי בעלי חיים בעולם מנוצלים בחקלאות, ניצול הכרוך בשליטה עמוקה יותר מאשר בכל מערכת יחסים נצלנית אחרת. מתקנים אוטומטיים הפכו לגורם משמעותי ביחסים בין החקלאים לחיות המשק שבשליטתם, עם הגדלת מספר החיות במשק והגדלת הצפיפות שבה הם שרויים. המתקנים האוטומטיים המוקדמים נועדו להחליף את עובד המשק שמחלק מזון ומים בכל כלי וכלי בנפרד או מפנה ערמת זבל מקומית. במהלך המאה ה-20, אוחדו מתקנים קטנים אלה לכדי מערכות הפועלות בוזמנית בכל חלקיו של המבנה הענק שבו נמצאות החיות. מערכות אלה אחראיות על אספקת המזון והמים, פינוי הזבל, התאורה, בקרת האקלים ומשימות נוספות. הכנסת המחשבים למשקים אפשרה לחבר את כל הפונקציות האלה יחד באמצעות מערכת בקרה אחת, והשליטה בחיות הפכה למדויקת ומיידית יותר מאי פעם. נוכחותם של בני האדם במשק נחוצה כיום רק לצורך ביצוע משימות מורכבות יותר, כגון פענוח התנהגותן של החיות ומתן טיפול פרטני, אולם גם משימות אלה מתחילות לעבור לאבחון ממוחשב ולביצוע רובוטי. האוטומציה הגוברת תרמה להגדלה נוספת של המשקים, לציפוף נוסף של חיות ולהרחקה נוספת של העובדים מהמשק. הדרך לניכור מוחלט בין בני האדם ל"חיות משק" ולהעמקת ניצולן, עוברת אפוא בפתרונות טכנולוגיים לבעיות של טיפול לקוי בבעלי החיים בתנאי לחץ.

מילות מפתח: חיות משק, מיכון, אוטומציה, ניכור

למה להתעניין באוטומציה?

כשאנו מתעניינים כיום ביחסי אדם-חיה, מוקד העניין הבולט הוא החיות החולקות איתנו את מגורינו, ובמיוחד כלבים וחתולים. תשומת לב מוקדשת גם לכלבים וחתולים חופשיים המתגוררים ביישובי אדם ובסמוך להם, וכן לסוסים וחמורים, לחיות הכלואות בתצוגה ולחיות בר הנמצאות בקרבתנו,

מיונים ועורבים ועד לתנים. בכל הקטגוריות האלה, הקשרים שמתקיימים בין האנשים לחיות הם מידיים ושירים: יחסי חברות קרובים, ניצול בוטה או הסתגלות החיות לסביבה שעוצבה על ידי בני האדם ולמזון שהם מפזרים. גם חיות בר רחוקות יותר, מדובי קוטב ועד לפילים אפריקניים, מקבלות

דומה כלל לזה שהיה לפני מאות שנים. כיום, חייהם של בעלי חיים במשקים חקלאיים תעשייתיים גדולים מנוהלים במידה רבה על ידי ציוד אוטומטי. מערכות אספקת המזון, אספקת המים, בקרת האקלים, התאורה, פינוי הפסולת ומערכות נוספות – כולן פועלות ללא פיקוח אנושי ישיר אלא באמצעות תגובה מתוכננת מראש של ציוד חקלאי. "יחסי אדם-חיה" כיום הם ברובם הגורף יחסים עקיפים, המפוזרים בין אינספור גורמים, ואי אפשר להבינם ללא דין וחשבון רציני על מערכות התיווך האוטומטיות. זו איננה הגזמה לומר, שכשמדברים על קשר בין אדם לחיה כלשהי הנמצאת תחת ניצול חקלאי, חלק ניכר מהדיון חייב לעסוק בטכנולוגיה עצמה. הטכנולוגיה היא היא הקשר. כאן יש להעיר, שבדרך כלל האוטומציה במשקי בעלי חיים איננה תולדה של כוונת ניכור והרחקה. היא התפתחה במקביל לאוטומציה בתעשיות אחרות, ללא תשומת לב מיוחדת להשגת שליטה מכנית בחייהן של החיות דווקא. אפילו החשד האינטואיטיבי, שהציוד האוטומטי פגע בהכרח בחיות בשל הניכור שנלווה אליו, לא יתאמת אלא במבט היסטורי כולל. רוב פיתוחי האוטומציה לא גרמו ישירות לסבל או לדיכוי הדחפים הטבעיים. באופן נקודתי, כמעט כל המצאה חדשה שיפרה דווקא את איכות החיים במשק בהיבט מסוים. זאת, בדרך כלל, מאחר שהמצאת הציוד האוטומטי באה לענות על התדרדרות בתנאי החיים במשק כתוצאה מהחזקת חיות רבות יותר ויותר בצפיפות גוברת, מבלי לתת לכך מענה מספק בהשקעת עבודה. רק כשבוחנים את התהליך ההיסטורי הכולל, מסתבר שפיתוח הציוד האוטומטי עודד את התרחקות החקלאים מחיות המשק, את הכחדת תנאי החיים הטבעיים ואת הגברת הלחץ על החיות ל"יצרנות". כך תרמה אפוא האוטומציה בעקיפין להתדרדרות תנאי החיים של החיות במשקים.

החיים בזבל

כשמנצלים חיות בשטח פתוח, כמעט שלא עולה הצורך בציוד אוטומטי. טיפול בהפרשות, למשל, אינו נחוץ כשהחיות מוחזקות בשטחי מרעה, ובשטחי חקלאות מסורתית ההפרשות אף מתקבלות בברכה כמו שהן, כתרומה להגברת פוריות הקרקע. לעומת זאת, החזקת חיות במבנים סגורים מגדילה באורח דרמטי את היקף עבודת הטיפול בחיות. הכליאה מחייבת הרבה יותר מהקמת קירות: מדובר בהחלפת האקולוגיה הטבעית באקולוגיה מלאכותית. במקום "ניהול" עצמי של בעלי חיים המשתלבים בסביבתם, החיות כלואות במתחם שמחייב ניהול מבחוח: להכניס לתוכו משאבים ולסלק מתוכו פסולת. עומס העבודה העצום מהווה תמריץ להחלפת העובד החקלאי בציוד אוטומטי.

תשומת לב, ספק מטעמים אסתטיים, ספק משום שהן מסמלות את הטבע שהתרחקו ממנו ושאלו הורסים לרעתנו שלנו. מוקדי העניין האלה הם חדשים למדי, ומטעים. כשחוקרים את היחסים שהתקיימו בין אנשים לבעלי חיים לפני מספר מאות שנים או באזורים שטרם עברו מודרניזציה, מסתבר שהמקום שהכלבים והחתולים תפסו בחיי אנשים הוא שולי. חיות הבר בולטות יותר לעין, אך תשומת הלב כלפיהן ממוקדת במידה רבה בתועלת שאפשר להפיק מהן בכוח או באיום שהן מהוות. מוקד ההתעניינות המובהק בתקופת זמן זו, בהקשר של יחסי אדם-חיה, הוא חיות המנוצלות לחקלאות: בקר, צאן, חזירים ומספר מינים של עופות מבויתים, בנוסף לבהמות עובדות רבות. מספרן של האחרונות אכן פחת מאוד בעולם התעשייתי המודרני, אולם בכל הנוגע לחיות המנוצלות לצריכת בשר, חלב, ביצים וכדומה, היעלמותן מן העין היא לא יותר מאשליה. אדרבה, במהלך המאה ה-20 גדל מספרן באופן חסר תקדים, ומגמה זו נמשכת כיום במדינות "המתפתחות", כמו גם במדינות המתועשות יותר, לפחות בכל הנוגע לעופות ולדגים¹. חיות אלה נעלמו מעין הציבור הרחב, למרות שהקשר עמן אינטנסיבי ביותר. מצד אחד, רקמות גופן (או תוצרים של גופן) נבלעות ברקמות האנשים האוכלים אותן ובונות את גוף הצרכן הלכה למעשה, או עוטפות אותו כלבוש. רק קומץ זעיר של טבעונים מלידה נמצא מחוץ למערכת היחסים הזו. מצד אחר, חייהן של החיות עצמן נשלטים באינטנסיביות רבה יותר מאי פעם. מבחינת עוצמת הקשר וכן מבחינה מספרית, היחסים בין בני אדם לחיות הנמצאות תחת ניצול חקלאי מגמדים אפוא כל מערכת יחסים אחרת בין אנשים לבעלי חיים. מדובר בקשר מנוכר מאוד, למרות האינטנסיביות שלו (צבל, 2007; Serpell, 1996). מכיוון ששיעור החקלאים במדינות המתועשות הצטמצם עד לאחוזים בודדים, כיום הקשר בין רוב הציבור לבין חיות המנוצלות בחקלאות מתווך דרך מערכות רבות, והמוקד שלו הוא בקנייה ובצריכה של המוצרים שהופקו מהן. העולם הצרכני חורג מגבולות המאמר הנוכחי, שמתמקד במגעם של החקלאים עם החיות בעודן בחיים. במציאות החקלאית, גם מגע זה אינו

1 לנתונים סטטיסטיים על מספר העופות והיונקים המנוצלים בעולם מדי שנה, ראה נתוני האו"ם: FAO STAT, Production, Live Animals / Livestock Primary, <http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor> <http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx#ancor> האו"ם מספק נתונים גם על הגידול בהיקף חקלאות המים (במקביל להפחתה במספר חיות הבר שנלכדות במים): Yearbooks of Fishery Statistics, Summary tables of Fishery Statistics, Capture-Aquaculture-Commodities (FAO Fisheries and Aquaculture), ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summ_tab.htm

כאשר הפך גידול העופות מעסק צדדי לתעשייה, הפכה העבודה המושקעת בפינוי השלשלת למטרד גדול בעבור הלולנים. ב-1896 רשם ממציא מקליפורניה פטנט, שמשמש עד היום בסיס לניקוי הכלובים משלשלת, אף על פי שהוא נועד במקור ללולים נטולי כלובים: מתחת למוטות שעליהם עומדות התרנגולות בלול, מונחת יריעה המתוחה בין שני גלילים, ועליה מצטברת השלשלת. כאשר מסובבים לגל המחובר לגליל, היריעה נעה בסיבוב אינסופי. אגב כך נלחץ להב לקצה היריעה ומקלף מעליה את השלשלת לתוך מיכל⁴. שיטה זו נקלטה באיטיות. ב-1915, כתב ממציא של מתקן דומה: "ההפרשות שלהן [של התרנגולות] נאספות על רצפת הסככות, ובמרווחי זמן קבועים פחות או יותר אוספים אותן בחביות או בכלי קיבול מתאימים אחרים. זה דורש עבודה זמן. בזכות ההמצאה שלי, התגברתי על מכשולים אלה"⁵. למעשה, החומרים שמהם עשויה היריעה שעליה נאספת השלשלת נותרו טעונים שיפור (למשל: נייר משומן ומחוטא)⁶, ועובדי הלול המשיכו להתאמץ בפינוי הזבל. בלולי סוללות מוצמדים המוני כלובים זה לזה בסוללות ארוכות. לולים כאלה פותחו החל מסוף שנות ה-20 של המאה ה-20, וכללו ברובם מתקנים אוטומטיים לפינוי לשלשלת, דומים לזה שתואר לעיל, אך עם אפשרות הפעלה חשמלית. עם זאת, מאחר שלשלשלת מצטברת באיטיות יחסית, האוטומציה המלאה של פינוי זבל התקדמה בעצלתיים. רק ב-1958 חוברו יחד כל תפקודי התנועה האוטומטיים בלול הביצים: חלוקת המים, חלוקת המזון, איסוף הביצים ופינוי השלשלת. לדברי ממציא המערכת, אחת ממטרות המצאתו היא "לספק מתקן לפינוי אוטומטי של זבל מסוללות הכלובים, ובכך לצמצם במידה ניכרת את הוצאות העבודה וגם להקטין את שטח הפינוי שיש לספק בין כלובים המונחים זה על זה אנכית"⁷. המצאה זו ממחישה את האופן שבו מאפשרת האוטומציה לצופף את החיות במתקן הכליאה, במקביל להרחקת העובדים מהם.

פיתוח מערכות אוטומטיות לפינוי לשלשלת נמשך גם כיום. למשל, אחת מהחברות הגדולות בעולם לציוד לולים, Big Dutchman, משווקת לולי סוללות מדגם UniVent, שבהם מחוברת מערכת איסוף השלשלת למערכת האוויר האוטומטית, ואוויר מזרם במדויק על השלשלת הטרייה

פינוי הצואה והשתן של בעלי החיים הכלואים הוא אולי תחום העבודה השנוא ביותר על חקלאים, ואין פלא אפוא שתשומת לב רבה הופנתה לפיתוח ציוד אוטומטי בתחום זה. את ניצני האוטומציה בתחום פינוי הפרשות אפשר לזהות עוד קודם לשימוש במכונות, בארכיטקטורה של מבנים. החל בשלב מוקדם בהיסטוריה של הכליאה החקלאית, נועדו מערכות הניקוז במכלאות לחסוך מהחקלאים עבודת ניקיון. לרצפה המשופעת, שעוצבה לניקוז שתן ותשיטפים, יש היסטוריה ארוכה מאוד, אך רצפת הטפחות היא ככל הנראה המצאה מודרנית. הכוונה היא למעין רצפה כפולה: בעלי החיים עומדים על פסי עץ שביניהם רווחים צרים, וההפרשות נופלות דרך הרווחים למפלס תחתון. שיטה זו, שעדיין מקובלת להחזקת "עגלי חלב"², מתוארת בספר הדרכה חקלאי בריטי כבר ב-1802 (A Farmer, 1802). רצפת הטפחות נועדה במוצהר להגן על העגלים מפני התבוססות בהפרשותיהם, והיא אכן עושה זאת במידה מסוימת של הצלחה. אולם, למעשה היא נועדה לחסוך בעבודה חקלאית. היא פשוט מבטלת את הכורח לנקות בתכיפות ומאפשרת להסתפק בניקיון תקופתי של המפלס התחתון. ללא טפחות, יש הכרח לספק לחיות הכלואות מצע סופג ולהחליפו לעתים קרובות. המצע מספק לחיות רכות, אפשרות לוויסות חום (על ידי התחפרות) ומשהו שניתן לנבור ולהתעסק בו. רצפת הטפחות, לעומת זאת, מקיימת רק פונקציה אחת, תוך זניחת האחרות, בשם החיסכון בעבודה.

רצפת הטפחות שימשה, ועדיין משמשת, להחזקת בעלי חיים גדולים. כלובי תיל מאפשרים לחקלאים להיפטר מהפרשותיהם של בעלי חיים קטנים, וביעילות גדולה עוד יותר. בעזרת התיל הקל והנוח לעיצוב, וכן בזכות רמת היובש היחסית של לשלשלת (זבל) העופות, שחררו הממציאים החקלאיים את מערכת הניקוז מהרצפה – ופיזרו אותה לגובה. כבר בקרונות הרכבת המוקדמים שנועדו להובלת עופות, לקראת סוף המאה ה-19, נכלאו העופות במספר קומות של סוללות כלובים, ומתחת לכל סוללה הונחו לוחות מתכת, שאותם אפשר לשלוף ולנקות³. שיטה זו, שפותחה עקב לחצי המקום המוגבל ברכבות, יושמה בלולים רק מספר עשורים מאוחר יותר.

Dimock, F.D. Roosting Device for Fowls, U.S. Patent 4 595121, filed 16.12.1896, issued 7.12.1897.
Hart, H.C. Poultry-Roost, U.S. Patent 1165252, filed 5 18.2.1915, issued 21.12.1915.
Rainwater, O.A. Dropping Board for Use in Poultry Houses, 6 U.S. Patent 1807932, filed 7.9.1927, issued 2.6.1931.
Cole, W.D. Automatic Laying Cage Battery, U.S. Patent 7 2987038, filed 15.4.1958, issued 6.6.1961.

2 "עגל חלב" הוא עגל צעיר המגודל בתא קטן, המגביל מאוד את יכולתו לנוע ולחזק את שריריו, כדי שבשרו יהיה רך ולבן. בנוסף, העגל עובר פיתוח מתמשך ומואבס בתערובת נוזלית דלת ברזל. אמצעים אלה ואחרים גורמים להתפתחות אנמיה חמורה. תעשייה זו ספגה ביקורת חריפה ואף נאסרה בחוק במדינות רבות, בשל אכזריות תנאי הגידול.
Jenkins, W.P., Poultry-Car, U.S. Patent 384913, filed 3 17.4.1888, issued 19.6.1888.

חקלאיים דיווח Baird (1829) על "מתקן האכלת עופות משופר מברזל":

חיסכון הוא ההמלצה הגדולה של מתקן האכלת עופות זה. הוא נועד לאצור כ-145 ק"ג של תבואה, אף לא גרגר אחד יכול ללכת לאיבוד. כאשר ממלאים אותו, הוא לא דורש יותר טרחה, כי הגרעין נופל לתוך קולט [אבוס] למטה, והעופות מלקטים אותו משם; והכיסויים שעליו, שנפתחים על ידי מוטות עמידה, וכיסוי הברזל מלמעלה שמובטח על ידי מנעול, שומרים לחלוטין על הגרעינים מפני הגשם, כך שהעופות מקבלים זאת תמיד יבש למדי, ודבר מלבד משקלה של התרנגולת על מוטות העמידה אינו יכול לפתוח את המכסה שמעל לקולט התחתון. דורות וציפורים קטנות אחרות מורחקים לחלוטין, בעוד שהסורגים המוצלבים, שדרכם מנקרים העופות, מונעים מבקר ומבעלי חיים גדולים אחרים מלהגיע לגרגרים. מדהים באיזו קלות לומדים העופות לדלג אל המוטות, וכך לפתוח את הכיסוי של הקולט שמכסה את התבואה.

מתקן זה (שאינו בהכרח הראשון מסוגו) כולל היבטים של אוטומציה בתחום חלוקת המזון והמים, ששלטו בחקלאות במשך למעלה ממאה שנה לאחר מכן. למעשה, הוא מתוחכם ויעיל יותר ממרבית המתקנים, שלא היו אלא מיכלים גדולים בעלי תחתית דמוית-משפך, אשר דרכה זורמת התבואה לתוך האבוסים. מתקנים אלה לא היו יעילים ביותר במניעת זיהום מלשלת וחדירת מים, ולכן הם גם לא הצטיינו בהרחקת החקלאי מהמשק. במתקן הסקוטי, לעומת זאת, עבודת האיכר (וסביר יותר במקרה זה – עבודת האיכרה, שכן הטיפול בעופות לפני התיעוש נעשה בעיקר על ידי נשים) הועברה ברובה למתקן. במקום כוח אדם, שני כוחות אחרים מניעים את המתקן: כוח הכבידה – שדוחף גרגרים מהמיכל הגדול לתוך האבוס ברגע שמתפנה שם מקום; והחיות עצמן – שלומדות להפעיל לחץ על דוושה, כדי לגרום למנגנון לשחרר מזון שהן אינן יכולות להגיע אליו באופן ישיר. התכנון ההנדסי המדויק יצר מערכת אקולוגית מלאכותית, המקיימת בעלי חיים באופן סלקטיבי וללא מגע יד אדם, כמעט. אם המתקן פועל כהלכה, האיכרה לא נדרשת עוד לפזר מזון, לגרש בעלי חיים זרים, לנקות, לכסות וכדומה. מלבד ההשקעה הכספית בתבואה ומילוי המתקן מדי פעם, לא נותר לכאורה אלא "לקצור את היבול" – לנצל מבלי לטפל, בדומה לניצול חיות שכל חייהן עוברים עליהן במרעה חופשי.

פרק מיוחד ביחסי הלולנים והעופות אפשר לזהות בראשית המאה ה-20, במקביל לריבוי הניסיונות לכלוא עופות ללא גישה למרעה. בראשיתו של תהליך זה, ניסו המהנדסים החקלאיים לנצל את כושר הלמידה של התרנגולות להפעלת מנגנונים

כדי לייבש אותה⁸. עם זאת, ועל אף שהאוטומציה בתחום זה ותיקה מאוד, בישראל ובמדינות אחרות עדיין אפשר לראות לולי סוללות רבים שאין בהם מתקן אוטומטי לפינוי לשלשת. גם בלולים אלה, הלולנים נאמנים לעיקרון של חיסכון בעבודה: הם פשוט מאפשרים לתלוליות ענקיות של לשלשת להצטבר מתחת לכלובים. בחלק מהלולים, הסוללות אפילו מונחות זו מעל זו, והשלשלת מהכלובים העליונים נופלת על התרנגולות שכלואות מתחת, שכתוצאה מכך סובלות מגירוים בעור ומפצעים מזוהמים.

האוטומציה בפינוי הפרשות פסחה על תעשיית בעלי החיים הגדולה ביותר – תעשיית בשר העופות, שנפרדה מתעשיית הביצים באמצע המאה ה-20. גידול עופות לבשר בתוך כלובים לא הצליח כלכלית והם נותרו על הקרקע, שעליה מצטברת לשלשת מעטה למדי, משום שגידול העופות לבשר הפך להיות מהיר מאוד. כיום הם נשלחים לשחיטה בהיותם בני 5-7 שבועות, ורק אז מסלקים את המצע המזוהם, מחטאים את רצפת הבטון ומפזרים מצע חדש בעבור הלהקה הבאה. גם בתעשיות החלב והחזירים אין שימוש בכלובים (מלבד גידול זמני של גורי חזירים בכלובים), על כל האוטומציה הכרוכה בכך. בהשוואה לתעשיות העופות העיקריות, תעשיות החלב והחזירים מפיקות כמות עצומה של הפרשות נוזליות ותשטיפים, ולכן הן מחייבות עבודת פינוי מסוג אחר, כשזרימת הנוזלים מאפשרת אף היא יצירת מגע מועט בלבד עם החיות. במהלך רוב ההיסטוריה של ענפים אלה, התמקדה אפוא טכנולוגיית הפינוי במערכות ניקוז, והחל משנות ה-30 של המאה ה-20 גם בשאיבה אוטומטית של הזבל הנוזלי.

אוכל ומים ללא מגע יד אדם

בעלי חיים החיים בסביבתם הטבעית דואגים לעצמם למזון ולמים. לעומתם, בעלי חיים מבויתים הובאו לאזורי אקלים מרוחקים, שם קשה להם לעתים לכלכל עצמם, וכשכולאים אותם בשטחים מגודרים או במבנים, כמעט תמיד יש לספק להם באופן מלאכותי לפחות חלק מהמזון והמים. במשק האירופי הביתי שלפני תיעוש החקלאות הניחו לבעלי חיים רבים ללקט בחופשיות מזון טבעי בעונות המתאימות, ונהגו לספק להם גם שאריות מטבח ומספוא מיוחד (חזירים ועופות עברו לעתים גם תקופה קצרה של פיטום אינטנסיבי בתאי כליאה קטנים). ניצני האוטומציה הופיעו בשגרת המשק היומיומית עוד בטרם התגבשה תעשייה של ממש. למשל, בקובץ סקוטי של מאמרים

UniVent: Manure Belt Battery for Layers (brochure), Big 8 Dutchman, 10.2001.

– זאת לפחות באופן עקרוני, כי זיהום המים ותקלות אחרות המשיכו לעכב את הרחקתם המלאה של עובדי המשק מהחיות. מתקני שתייה נוספים המתבססים על הלחץ האטמוספרי פותחו במהלך עשרות שנים. ב-1955 הגיש ממציא מאיווה פיתוח מאוחר, ואולי אחרון בתחום זה, בארצות הברית: מיכלית המוצבת על גלגלים נפרדים ונגררת מאחורי רכב משא¹². בתקופה כה מאוחרת בהתפתחות תעשיות בעלי החיים, אנשי התחזוקה של המשק עסקו עדיין בהובלת מים פרטנית למשקים וחברו כל מיכלית בנפרד למערכת מתקני המים. אם כן, השימוש בלחץ האטמוספרי לא אפשר את רמת האוטומציה הדרושה בלולים שבהם מוחזקים רבבות עופות, והרחקת העובדים מלולים כאלה דרשה פיתוח של טכנולוגיה אחרת. גם שיטת ההאכלה הבסיסית שתוארה לעיל, באמצעות מיכל מזון גדול ומוגבה שמזון נשפך ממנו לאבוס שמתחתיו, המשיכה להתפתח עד ראשית שנות ה-50, אז הוחלפה ברמת אוטומציה גבוהה יותר. עם זאת, מידה מסוימת של הפעלה אוטומטית בשיטות הישנות שרדה, במקרים מסוימים, בתעשיות החזירים והבקר.

אוכל מהיר ומים בלחץ

מאפיין מרכזי של מתקני האכילה והשתייה שתוארו לעיל הוא ריכוז המים והמזון בנקודה אחת. עם זאת, אפשר לתחזק בעזרתם משק גדול רק אם מפוזרים בו מתקנים רבים שאותם ממלאים אחד-אחד. עבודה כזו אינה דומה לטיפול בחיות במשק משפחתי קטן, אלא היא מתמקדת באחזקת מתקנים, בסבלות או בנהיגה, ולא בחיות עצמן. על כל פנים, מנקודת המבט החקלאית-תעשייתית, תפעול המוני מתקנים בודדים הוא בזבזני. הציוד האוטומטי "המושלם" צריך לפעול בכל המשק כמערכת אחת, ולהפוך את העובדים החקלאיים למיותרים. ברבע האחרון של המאה ה-19 התפשט בארצות הברית הנוהג של הובלת חיות באמצעות רכבת למשחטות מרוחקות. ההובלה נערכה בצפיפות גבוהה ובלחץ זמן משמעותי, ולכן הניסיונות העקביים המוקדמים ביותר לבניית מערכת השקיה אוטומטית כוללת (כמו גם מערכות אוטומטיות אחרות) נערכו ברכבות האמריקניות בתקופה זו. Burton, שהמציא ב-1880 מתקני מים ומזון המאפשרים לחיות לשתות ולאכול בתוך הקרון, הסביר את הצורך הדחוף בפתרון טכנולוגי: "עד כה בקר הובל כשהוא דחוס בצפיפות ללא מזון ומים למרחקים ארוכים, וכאשר פרקו אותו להאכלה ולהשקיה, מלבד אובדן

מכניים פשוטים, במחשבה שבכלאן הן זקוקות להתעמלות לצורך שמירה על בריאותן הגופנית או הנפשית. במשך למעלה משני עשורים, פורסמו המצאות של מכשירי עימול, כגון "מאכיל ומעמל עופות אוטומטי" מ-1906⁹. זהו מתקן שמופעל כשתרנגולת מנתרת עליו: משקל גופה מפעיל כבל, המחובר למיכל תבואה מוגבה שתלוי במרחק כמה מטרים משם. כתוצאה מכך נפתחת דלת המיכל ומשתחררת כמות קבועה של גרעינים. הגרעינים נופלים ברעש על חרוט פח שתלוי מתחת להם, ומשם לקרקע. התרנגולת (ותרנגולת אחרות ששמעו את קול נפילת הגרעינים) צריכה אפוא לנתר ולהתהלך כדי למצוא את מזונה. מתקן זה מחליף את האיכרה לא רק בעצם אספקת המזון, אלא גם בכך שהוא "קורא" לתרנגולת לבוא לאכול ומפזר את הגרגרים. המצאות כאלה, המנסות לענות באופן מלאכותי על צרכים התנהגותיים של בעלי חיים, נכחדו עם העלייה ברמת התיעוש של משק העופות (הנושא שב להיות אקטואלי במידת מה רק בדור האחרון, בעקבות לחץ ציבורי ותחיקתי לשיפור תנאי החיים במשקים).

גם האוטומציה בתחום אספקת המים לחיות החלה על בסיס כוח הכבידה. מאחר שמים מזדהמים ביתר קלות ממזון ועלולים להפיץ מחלות, אספקת מים טריים לשקתות פתוחות היא עבודה אינטנסיבית אף יותר מאספקת מזון. הצורך בהשקיה גבר גם במקרים, שבהם הוחלף מזון ביתי לח בגרעינים יבשים. תנאים אלה היוו תמריץ ברור לאוטומטיזציה. ב-1884 פורסם בארצות הברית פטנט למתקן שתייה לעופות, הדומה למיחם (סמובר) שמוחזק כיום במשרדים רבים: מיכל מים שברז קטן מותקן בחלקו התחתון, והמיכל מוקף בתחתיתו במעין צלחת, שאליה נשפכים המים וממנה שותים העופות¹⁰. כמו במיחם, שבו יש לפתוח את הברז כדי למלא כוס במים, כך גם במתקן השתייה נדרש אדם שיפתח ויסגור את הברז. כעבור שנה בלבד, פותח מתקן שתייה שפטר את הלולנית ממשימת טיפול זו. המתקן כלל מיכל מים שבחלקו התחתון יש פתח המחובר לשוקת, והמים עוברים מהמיכל לשוקת באופן חופשי, בכמות שנשמרת בגובה הרצוי עקב הלחץ האטמוספרי. כששותים מהמים שבשוקת, מיד עוברים מים בכמות זהה מתוך המיכל אל השוקת, עד שהמיכל מתרוקן¹¹. כך ניתן, אפוא, להימנע ממילוי שקתות יומיומי ולהסתפק במילוי תקופתי של המיכל

Hannum, H.A. Automatic Poultry Feeder and Exerciser, 9 U.S. Patent 833717, filed 29.1.1906, issued 16.10.1906.

Tappeiner, J.C. Poultry-Fountain, U.S. Patent 294932, filed 10 20.7.1883, issued 11.3.1884.

Bates, A.K. Drinking-Fountain for Poultry, U.S. Patent 11 328749, filed 16.5.1885, issued 20.10.1885.

Patterson, J.C. Portable Livestock and Poultry Waterer 12 Having Adjustable Troughs, U.S. Patent 2800878, filed 13.5.1955, issued 30.7.1957.

כבר ב-1872, להשקיית סוסים¹⁸, פוטרת את עובדי המשק מפתחת ברזים ומסגירתם, ולכן היא הפכה ברבות השנים לגורם משמעותי בתיעוש משקי בעלי החיים. המצאה מכרעת אחרת היא אספקת מים למשק בצינורות ובלחץ, במקום שימוש במיכלים קטנים ומוגבהים. גם טכנולוגיה זו הייתה קיימת עוד לפני ההגדלה הדרמטית במספר בעלי החיים במשק.

ההמצאות המוקדמות של מערכות השקיה מסועפות ללולים, חושפות לא רק סיבוכים טכניים הכרוכים בכליאת בעלי חיים רבים יחד, אלא גם עד כמה הייתה תופעה זו חדשה למחשבה החקלאית. ב-1914 הסביר Jackson מנבאדה מה הייתה מטרתו בהמצאת מערכת, שמקבלת מים מצינור חיצוני ומזרימה אותם (דרך מיכל עם מצוף ושסתום) לנקודות שתייה ברחבי הלול:

לספק מערכת מתקני השקיה לעופות שתפוזר באופן נרחב באתרים נפרדים בבתי עופות שונים, שתקבל ללא הפסק מים מחוממים כשיש טמפרטורות נמוכות, ושיש בה באופן אופרטיבי אמצעי קישור עם מתקני שתייה נפרדים המחייבים התעופפות של העופות כדי להגיע למתקנים, ובכך נדרשת מהם התעמלות מתמדת והמתקנים נשמרים במצב נקי. [...]
לספק מערכת שתעבוד עם 100 גביעים טוב באותה מידה כמו עם מספר מוגבל. מטרה זו הושגה בלול שלי, שם עבדה המערכת בהצלחה עם עשרים ושמונה גביעים¹⁹.

על הנייר, המצאתו של Jackson מאפשרת לבנות לול תעשייתי. אך מסתבר שב-1914, אפילו 28 נקודות שתייה נחשבו כמערכת ניסיונית. רק ב-1940 בקירוב החל הדגש בתחום אספקת המים לעופות לעבור ממתקני שתייה מבודדים לנקודות שתייה המחוברות ביניהן על פני ציר בלתי מוגבל. בתקופה זו הגיעו מתקני השתייה האוטומטיים גם לכלובי תרנגולות. Ingraham מניו המפשייר פיתח את אחד מהדגמים המוקדמים של כלוב סוללה, ובהסברו מ-1939 להמצאתו, כבר מתגלה תפיסה מגובשת של הלול כמפעל לכל דבר:

לאחרונה נמצא שתרגולות הן יצרניות טובות יותר ומתאימות יותר לשוק [כלומר, לשחיטה בעבור בשרן אחרי תקופת ההטלה] כאשר הן מוחזקות כלואות בכלובים במשך כל חייהן היצרניים. [...] המשוכנות חייבות לקבל מים ומזון ולהישאר נקיות מבלי שיהיה צורך להוציאן מהכלובים ועם פעולות מעטות ועבודה מעטה ככל האפשר, ולכן אין זה מעשי אפוא לטפל במשוכנות כאינדיבידואלים. מערכות ההשקיה, ההאכלה והניקיון חייבות להיות מותאמות במיוחד לסוללות של הכלובים ולהוות חלק מהם ממש כמו הרצפה או הקירות או מתקני איסוף הביצים.

Jonson, J., Improvement in Float-Valves for Horse-Troughs, 18 &c., U.S. Patent 138659, filed 17.8.1872, issued 6.5.1873.
Jackson, N.S. Device for Watering Poultry, U.S. Patent 1148778, filed 22.5.1914, issued 3.8.1915.

הזמן הרציני, היו קשיים רבים ואכזריות כשהכריחו אותם לשוב לתוך הקרונות¹³.

ב-1876 הומצאה שוקת שהוצבה בתחנה, לאורך הרכבת, ואפשרה לחיות הכלואות בקרון לשרבב את ראשן החוצה ולשתות. המערכת, שככל הנראה נועדה למילוי בבת-אחת, התאימה ל-40 קרונות לפחות¹⁴. תוך שנים אחדות הומצאו עשרות מתקנים המאפשרים להשקות ולהאכיל בקר, חזירים וכבשים בתוך הקרון. השיטה הבולטת ביותר התבססה על מיכל מים גדול בגג הקרון ועל מערכת צינורות, שהזרימה מים בו-זמנית לכל השקות שבקרון. מוביל בעלי החיים לא היה צריך אלא לפתוח ולסגור את שסתום המיכל. שיטה דומה, בגרסה מסועפת יותר, שימשה ברכבות גם להשקיית חזירים וכבשים, שהובלו בשני מפלסים. כאן נכשלה ההשקיה לעתים קרובות כי החזירים הוחזקו בצפיפות כה גדולה, עד שלא יכלו להגיע למים¹⁵. להובלת עופות השתמשו במערכות מסועפות עוד יותר, ופטנט שהגיש Nolan ב-1889 מתאר הובלת מים בו-זמנית ל-72 כלובים, הערוכים בארבעה מפלסים¹⁶.

במשקים החקלאיים, תחת לחץ עבודה מתון יותר וחופש תנועה יחסי של החיות, בנוסף על הצורך לבנות קווי מים ומזון ארוכים יותר, התפתחה השליטה הכוללת במערכת ההשקיה לאט יותר. במשך כיוכל שנים לאחר הקרון של Nolan להובלת עופות, פותחו למעלה ממאה מתקנים להשקיית עופות במשק, וכמעט כולם תוכננו כנקודת השקיה בודדת. רק מעטים מבין המהנדסים החקלאיים חשבו על הלול כמערכת אחת המרושתת בצינורות (המצאה כזו פורסמה אמנם במקביל למתקן של Nolan, אך לא עוררה עניין רב¹⁷). השקיית עופות נתפסה עדיין במידה רבה כטיפול (husbandry) ולא כמרכיב בניהול מפעל. השסתום האוטומטי הוא שאפשר להפוך את השקיית העופות מטיפול בחיות לניהול מפעל. זהו שסתום מהסוג שמשמש עד היום ב"ניאגרה" של אסלות שירותים בבתינו: מערכת לוויסות זרימת מים דרך מיכל, שבו מונח מצוף המפעיל שסתום. המצאה זו, שהוצעה לשימוש במשקי בעלי חיים

Burton, G.D. Stock-Car, U.S. Patent 251695, filed 30.8.1880, 13 issued 3.1.1882.
McPherson, J.R. Improvement in Devices for Feeding 14 and Watering Stock in Cars, U.S. Patent RE6953, filed 17.2.1876, issued 29.2.1876.
Street, A.W., Apparatus for Sprinkling Water upon Hogs, 15 U.S. Patent 444143, filed 24.7.1890, issued 6.1.1891.
Nolan, J., Poultry-Car, U.S. Patent 425241, filed 6.3.1889, 16 issued 8.4.1890.
Alphonse Friedrich, A., Fountain for Watering Stock, U.S. 17 Patent 428838, filed 12.6.1889, issued 27.5.1890.

להגביל את כמות המזון הנצרכת על ידי כל פרט: החקלאים מעדיפים למנוע מהחיות לאכול כרצונן, שמא יעדיפו לאכול יותר מהמינימום הנחוץ למטרות "ייצור" יעיל. על המכשול השני לא אתעכב כאן, כי פתרונו לא היווה תנאי מהותי להגדלת המשקים; רק אציין שכבר ב-1879 הומצא חיבור בין שעון מעורר למכסה של אבוס כדי לפותחו רק בזמן קבוע מראש, והממציא הבהיר שהמציאתו "מכילה מתקן משופר להעברת מזון באופן אוטומטי לבעלי חיים, בכל זמן שנקבע מראש, ללא ההכרח בתשומת לב אישית בעת האכילה"²².

בהיעדר אפשרות להזרים מזון מוצק, הייתה התעשייה החקלאית בראשיתה מבוססת על ממגורות נפרדות בכל נקודת האכלה, ברמת אוטומציה נמוכה. לאחר ניסיונות גמלוניים להתגבר על הבעיה, הוצעו ב-1950 מספר פטנטים דומים: בקצות האבוס קבועים גלגלי שיניים, המסתובבים בכוח חשמלי; בין הגלגלים מתוחה שרשרת המסתובבת איתם בסיבוב אינסופי, ובתנועתה היא גוררת איתה את הגרעינים. כך יכולים הגרעינים "לזרום" לקצהו של אבוס מתוך ממגורה הניצבת מאות מטרים משם²³.

החל משנות ה-50, שילוב המערכות האוטומטיות להסעת גרעינים ולוויסות זרימת מים הפך את הלולים למפעלים ריכוזיים. ללא המתקנים האוטומטיים, לול ענק אינו שונה במהותו מלולים קטנים שחוברו יחד, והקשר בין הלולנים לבין העופות השתנה בעיקרו רק עקב היקף העבודה ומספר העופות, אך לא עקב שינוי במשימות הטיפול. האוטומציה, בראש ובראשונה של מערכות ההשקיה וההזנה, אפשרה ניהול של רבבות עופות ממרכז בקרה אחד. "טיפול בחיות משק" הפך בפועל להפעלת מכונות: אדם אחד, לאו דווקא במלוא משרתו, "מאכיל" ו"משקה" רבבות בעלי חיים ב־זמנית.

הלול המגיב: בקרת אקלים ממוחשבת

חלק מהמתקנים האוטומטיים לאספקת מים ומזון מגיבים לשינויים בסביבה. רבים מהמתקנים שהומצאו ב-130 השנים האחרונות בקירוב, משחררים מים ומזון רק בתגובה למגע שיוזמת החיה. במקביל, פותחו מערכות אוטומטיות אחרות, שמגיבות, באמצעות מנגנון פשוט, לתנועה שמבצעת החיה. גדרות חשמליות, למשל, הוצעו לשימוש כבר בשנות ה-80 של המאה ה-19, במטרה להרחיק כל חיה שנגעה בגדר ואגב

[...] אף סוללה אינה מספקת למטרות מעשיות אלא אם מספר משתנים מותאמים במיוחד ומסוגלים להשתלב יחד במבנה בר־הפעלה ומואחד²⁰.

Ingraham הציע מערכת השקיה דומה מבחינה טכנולוגית למתקן של Jackson מ-1914, אלא שהוא הקצה מאגרי מים לכל סוללה של כלובים, ואפשר בכך לספק מים לסוללות המוצבות בגבהים שונים בחלל. בכך נראה שנפרצה הדרך להגדלה בלתי מוגבלת של הלולים. בפועל, מתקני השתייה נטו להזדהם בקלות ולהפיץ מחלות, בעיקר כשצפיפות החיות הייתה גדולה. הפתרון שנמצא לכך אינו קשור עוד בשינוי אופי עבודת הלולנים, שממילא לא היו נחוצים עוד באופן שוטף להשקיית העופות; הפעם, המהנדסים החקלאיים אילצו את העופות לשנות את דרך השתייה הטבעית להם. Wysong מקליפורניה הציע להתקין "שסתום המופעל על ידי כוח הכבידה" בתחתיתו של מיכל מים. השסתום בנוי מצינורית קצרצה הפונה כלפי מטה, ומעין מסמר העובר דרכה וחוסם את נזילת המים מתוכה. המסמר אינו מהודק בתוך הצינורית, וכל לחץ קטן, כגון נקירת תרנגולת, מזיז אותו מעט ממקומו ומאפשר בכך לטיפות מעטות לזלוג מטה, לפני שהמסמר שב לסתום את הפתח. ווייסונג הבין היטב שהוא מכריח את העופות לשתות בתנוחה בלתי טבעית:

ברור שציפור אינה יכולה להיות בשליטה על מעבר המים לגרונה כשהוא נמצא כמעט בתנוחה אנכית. לכן ברור אפוא שאם לא תשתחרר באופן אוטומטי כמות מים קבועה מראש לכל ציפור המקבלת מים ממקור שמעל לראשה, הציפור עלולה להיחנק, או במקרה הטוב תישפך כמות מסוימת של מים ותתבזבז²¹.

המצאה זו, שמכונה "טיפנית" (nipple drinker), מהווה מתקן זעיר בהשוואה לגביעים ולפעמונים הישנים, והיא מתאימה במיוחד לתיעוש לולים, באמצעות התקנת המוני טיפניות בתחתיתם של צינורות מים מוגבהים. לאחר 1986 התפשטו הטיפניות במהירות בתעשיית העופות וכיום הן נפוצות מאוד בלולים. שיטות השקיה אחרות שכיחות אף הן, אולם ססתומים דמויי טיפנית מתפשטים גם במשקים לבעלי חיים כבדים יותר, מתרנגולי הודו ועד לחזירים.

בהשקיה אוטומטית לבדה לא די, כמובן, כדי להוציא את העובדים מהלול לטובת טיפול אוטומטי. המערכת החקלאית נזקקה גם למתקני האכלה אוטומטיים, ואלה העמידו בפני פרויקט התיעוש שני מכשולים אחרים: האחד הוא הקושי לפזר אוכל מוצק, משום שאינו זורם כמו מים; השני הוא השאיפה

Daniels, G.H. Device for Automatically Feeding Live Stock, 22 U.S. Patent 224278, filed 4.11.1879, issued 10.2.1880.
Smallegan, M.L., זהו הפטנט הראשון מסוג זה שאושר: Poultry Feeder, U.S. Patent 2581725, filed 10.8.1950, issued 8.1.1952

Ingraham, E.C., Poultry Cage Apparatus, U.S. Patent 20 2309458, filed 14.10.1939, issued 26.1.1943.
Wysong, S., Poultry Drinking Fountain, U.S. Patent 21 1811375, filed 17.8.1929, issued 23.6.1931.

עשרות שנים. המתקנים האוטומטיים המוקדמים החליפו את עובד הלול בפתיחה ובסגירה של פתחי אורור, או בהפעלה ובכיבוי של מתקני חימום. ב-1936 הוצע פטנט לחימום הלול עם ויסות אוטומטי, באמצעות חיבור מד-טמפרטורה למתקן לאספקת נפט לתנור החימום²⁶. בשנות ה-50 נכנסו לשימוש חיישנים נוספים, שתרמו בהדרגה ל"בקרת אקלים" כוללת. המצאה חלוצית בתחום זה כוללת שימוש במד-לחות, בנוסף על מתקן חימום נפט אוטומטי ומתקן חשמלי לדחיסת אוויר החוצה²⁷. מערכת זו מתייחסת במפורש לאוויר שמעל קרקע הלול עד גובה 45 ס"מ; כלומר, החיישן האוטומטי מגיב לאזור המחיה של התרנגולות, בניגוד ללול, שמתרשם ממצב האוויר בגובה ראשו שלו, מבלי לשים לב לכך שהוא ממוקם גבוה מדי. בשנות ה-80 החלו מחשבים לעדן את המערכות האוטומטיות החקלאיות. לראשונה התאפשר חישוב אוטומטי של נתוני הקלט המגיעים מהחיישנים שמפוזרים בלול. החישוב אפשר מגוון גדול של תגובות משתנות ומדויקות, לפי נוסחאות כלליות שנקבעו מראש. ב-1986, הציע Timmons מניו יורק מערכת כזו, המבוססת על מעבד ייעודי או על חיבור למחשב אישי. לדבריו:

לאחרונה, נערכו ניסיונות לספק בקרה ממוחשבת לסביבת לולי עופות. [...] אולם, במציאות, מערכות ממוחשבות כאלה משתקקות את הבקרה הידנית של סביבת לולי עופות, ולכן אינן מספקות. תכונה משותפת לכל מערכות הבקרה הקודמות היא שהן עובדות על בסיס קריטריונים קבועים מראש [...] מערכות כאלה לא יכולות לקחת בחשבון את השינויים הדינמיים שקורים בתוך לולים מיום ליום, ואף פחות מסוגלות לקחת בחשבון שינויים משעה לשעה. שינויים דינמיים אלה כוללים שינויים בסוג הרפד [המצע שעל רצפת הלול], תנודות במצב הרפד מאז הכנסת העופות, שינויים בעופות עצמם, הן בגודלם והן בבריאותם, שינויים בדגמי האכילה בתגובה לטמפרטורת האוויר ושינויים בגורמים כגון טמפרטורת האוויר בחוץ והלחות²⁸.

Timmons טען שהמערכת שלו מסוגלת להגיב לשינויים דינמיים, שביניהם הוא כלל, בנשימה אחת, נתונים אקלימיים

כך סגרה בגופה מעגל חשמלי²⁴. הדלתות האוטומטיות של לולים הן דוגמה אחרת למתקן מגיב שהומצא אף הוא באותה תקופה: כשהתרנגולות נכנסות ללול ועולות לישון על מוטות מוגבהים, חיבור בין המוטות לדלת מביא לכך שמשקלן גורם לסגירתה; כשהן מתעוררות ויורדות מהמתקן, סילוק המשקל מביא לפתיחת הדלת²⁵. אלה הן תגובות פשוטות וקבועות, שפוטרו את החקלאים רק מעבודות מוגבלות. איכות התגובות של המכשירים השתנתה בשנות ה-80 של המאה ה-20, כשהחלו להשתמש במחשבים בחקלאות. המחשבים אפשרו למערכות האוטומטיות להגיב באופן יותר מורכב, הן לשינויים בסביבה והן להתנהגות בעלי החיים. להלן נתמקד במערכות המגיבות לשינויים בסביבה.

כדי להגיב לסביבה, מערכות אוטומטיות זקוקות לחיישנים. החיישן המוקדם ביותר שנכנס לשימוש חקלאי הוא מד-טמפרטורה. החיישן, יחד עם וסת הטמפרטורה (תרמוסטט) שמבוסס עליו, חוללו מהפכה בתעשיית העופות בשנות ה-80 של המאה ה-19. עד אז, הדגרה מלאכותית לא הייתה בגדר אפשרות מעשית באירופה ובארצות הברית. אמנם, במצרים הייתה נהוגה הדגרה מלאכותית בהיקף תעשייתי מזה כ-3,000 שנה, אולם ההדגרה שם התבססה על עבודת מומחים, שהעבירו חלק משמעותי מחייהם במבנה שהכיל את המדגרה ולמדו לחוש בגופם את הטמפרטורה והלחות הרצויים. מיומנות ההדגרה הועברה מדור לדור כסוד מקצועי במשפחות המדגרים, וממילא מיומנות כזו לא התאימה למגמה המודרנית של צמצום העבודה במשק. ניסיונות ההדגרה המלאכותית המודרניים נכשלו בדרך כלל, עד לפיתוח המדגרה (אינקובטור) של Hearson, שנרשמה כפטנט באנגליה ב-1881²⁶. Hearson ניצל את שיעור ההתפשטות השונה של מתכות שונות בטמפרטורות שונות, כדי לשמור במדויק על טמפרטורה קבועה בתוך קופסה מחוממת, והמערכת ויסתה אפוא את הטמפרטורה של עצמה, בהתאם לכוונון מדויק מראש. המערכת החדשה עשתה זאת בהצלחה רבה יותר מכל לולן מודרני, הן משום שמד-הטמפרטורה של המדגרה היה מדויק יותר, והן משום, שבניגוד ללולן, המכשיר נכח במדגרה כל העת (Lawrence, 1822).

המדגרות המוקדמות שימשו עד מהרה גם כאומנות, כלומר, מתקנים להחזקת אפרוחים בטמפרטורה המווסתת באופן אוטומטי. ויסות אוטומטי של הטמפרטורה בכל רחבי הלול, שהוא חלל הרבה יותר גדול ומורכב ממדגרה, התעכב במשך

Willett, W.M. and Markey, G.T. Recirculating Heating 26 Device, U.S. Patent 2156101, filed 25.5.1936, issued 25.4.1939.

Schwagner, O.H. and Schwagner, R. M., Poultry House 27 Heating System, U.S. Patent 2669392, filed 6.4.1950, issued 16.2.1954.

Timmons, M.B., Environmental Control System for Poultry 28 Houses, U.S. Patent 4700887, filed 29.12.1986, issued 20.10.1987.

Wilson, D.H. Electric Fence, U.S. Patent 343939, filed 24 12.10.1885, issued 15.6.1886.

Schroeder, G.W. Poultry-House, U.S. Patent 406778, filed 25 14.2.1889, issued 9.7.1889.

אם תיאור זה של המשק הממוחשב מצטייר במונחים של קדמה ושיפור, הרי זו טעות, לפחות בכל הנוגע לתמונה הכוללת. מערכות "על-אנושיות" כאלה היו עשויות לשפר את מצב בעלי החיים במשקים אלמלא היו מופעלות תחת תחרות כלכלית. תחרות זו דוחקת בחקלאים לנצל כל שיפור טכנולוגי כדי להפעיל לחץ נוסף על בעלי החיים, וכך לא מתממש הפוטנציאל של המערכת הממוחשבת להקל על תנאי החיים של בעלי החיים. למשל, הבעיה של איכות האוויר, שנלווית לכליאת חיות במבנים סגורים לפרקי זמן ממושכים, עדיין הייתה בת טיפול באופן ידני או בעזרת אוטומציה פשוטה כל עוד נשמרה רמת צפיפות נמוכה במשקים לא גדולים. Viper, לעומת זאת, נועד ליצור תנאי מחיה נסבלים בלול שבו נדחסו יחד בצפיפות קיצונית המוני בעלי חיים. במצב זה נוצר בהכרח עומס קיצוני של חום, לחות, גזים רעילים, אבק ופתוגנים, שעובדים אנושיים אינם יכולים עוד לרסנו ביעילות; משקים גדולים וצפופים פשוט אינם יכולים להתקיים ללא מכשור אוטומטי. התפתחות בקרת האקלים האוטומטית פתרה אפוא חלק מבעיות האקלים בלולים בני הזמן (וכן בדירי חזירים), אך בר־זמן איפשרה הגדלה נוספת וציפוף נוסף.

מעבר לכך, רמה כה גבוהה של אוטומציה הפכה חיונית לתעשיות בעלי החיים כי בעלי החיים, ובמיוחד תרנגולי בית, זקוקים כיום לאקלים יציב הרבה יותר מבעבר. לא זו בלבד שהלול הריק שלל מהעופות את האפשרות למצוא בכוחות עצמם מקום נוח יותר מבחינת חום, לחות או ניקיון, אלא גם הברירה המלאכותית (במיוחד לייצור מוגבר של בשר) פגעה באופן מכריע בעמידות העופות לשינויים אקלימיים. המערכת הממוחשבת חייבת לספק לעופות אקלים אחיד ומדויק כי מדובר ביצורים מוחלשים, שלא יעמדו היטב בתנאים משתנים. במובן זה, המערכת הממוחשבת סיפקה מענה לחלק מהבעיות התורשתיות שמהן סבלו העופות בימי המצאתה, אך אגב כך אפשרה הקצנה נוספת של העיוותים התורשתיים.

תגובה אוטומטית אישית

בלולים פועלות מערכות אוטומטיות, שגמישות התגובה שלהן מבוססת בעיקרה על קליטת נתונים אקלימיים וביצוע מניפולציות סביבתיות בהתאם לחישוב המידע שהתקבל. זוהי דרך עקיפה בלבד להשיג את המטרה החקלאית: שליטה אוטומטית מלאה בחיות. כדי להשיג שליטה ישירה יותר, פיתחו מהנדסים חקלאיים שיטות לחוש את החיות באופן ישיר ולבצע בגופן פעולות פרטניות. מערכות אלה הן יקרות בדרך כלל, והן תוכננו רק בעבור חיות שמיוחס להן מחיר גבוה, למשל פרות המנוצלות לייצור חלב.

מחיישנים ושינויים בעלויות אחזקת הלול. המערכת של Timmons עדיין הייתה תלויה בהזנת חלק מהנתונים באופן ידני, ואפילו בהערכה סובייקטיבית של הלולן את איכות האוויר ומצב הרפד, אולם בשנים שלאחר מכן התרבו החיישנים שנתוניהם מועברים למחשב באופן אוטומטי, במקביל לריבוי מתקנים שהמחשב מפעיל לאחר חישוב נתוני החיישנים. חברת Big Dutchman, למשל, מציעה כיום למכירה את Viper, שהוא "מחשב אקלים וייצור" המתאם בין נתוני עד 23 חיישנים, ביניהם (רשימה חלקית) שמונה חיישני טמפרטורה, שני חיישני לחות, חיישנים נפרדים לאמוניה, לפחמן דו-חמצני, לחמצן, למהירות אוויר, ללחץ שלילי ולטמפרטורה מחוץ למבנה; זאת בנוסף למאזניים לשקילה אוטומטית של העופות, לשקילת המזון בממגורות ולמידת גובה מי השתייה. במקביל, Viper גם מפעיל עד 40 נקודות של חימום, קירור, ייבוש, תוספת לחות, סילוק אוויר, פיזור מזון ומים, הפעלה וכיבוי של אורות ועוד²⁹. במבט ראשון, נדמה ש-Viper תופס את מקומם של עובדי הלול, ופשוט מפחית את עלויות "ייצור" בשר העופות על ידי חיסכון בעבודה. אולם המערכת אינה מחליפה עובדי לול המבצעים עבודת כפיים אינטואיטיבית. Viper אינו מתפקד, למשל, בדומה ללולן שעורך בלול ביקורת כדי לחוש בגופו אם האוויר חם ולח מדי, או מסריח מדי, ובעקבות זאת פותח חלונות או סוגר וילונות במו ידיו. "מחשב האקלים והייצור" מתפקד באופן דומה יותר לעובדים המפעילים מכשירים מבודדים, שהם כבר אוטומטיים במידה זו או אחרת. Viper קושר את כל התפקודים האלה יחד ומתאם ביניהם, והוא עושה זאת טוב יותר מפועלים. מאחר שהמערכת נוכחת תמיד בלול ופועלת ללא הפסק, Viper דומה לכאורה ללולן שגר בלול, עם העופות. אלא שמגורים תחת קורת גג אחת עם "חיות משק" נעלמו במערב זמן רב לפני תיעוש החקלאות. "המסירות היתרה" של המערכת האוטומטית לעופות אינה מחליפה מגע אישי, אלא דורות של הזנחה אנושית וטיפול חלקי על ידי מערכות אוטומטיות פחות גמישות, כפי שתיאר Timmons לעיל. מעבר לכך, סוג המידע שאוספים "מחשבי אקלים וייצור" והפעולות שהם מכתיבים, אינם דומים לעבודת פועלים: הפרדת איכות האוויר לרכיבים מוגדרים אינה פעולה אנושית, רמת הדיקו של החיישנים ושל מתקני בקרת האקלים עולה על היכולת האנושית, החישובים מסובכים יותר ממה שיכול אדם לבצע בזמן סביר, ומהירות התגובה של הציוד עולה בהרבה על מהירות התגובה של צוות אנושי.

Viper: The Flexible Climate and Production Computer for 29 Your Poultry House (brochure), Big Dutchman, 5.2006.

ב-1992 שיווקה חברת Lely ההולנדית את רובוט החליבה הראשון: תא הנמצא ברפת עם הפרות, והן ניגשות אליו מיוזמתן ונחלבות ללא התערבות רפתן. Lely עדיין מובילה בשוק הרובוטים, שהצליח במיוחד במערב אירופה ובצפונה (Reinemann, 2008), וגדל במהירות גם בישראל (האיחוד החקלאי, 2010). הדגם המשוכלל ביותר שמוכרת החברה הוא Astronaut A4. פרה שנכנסה לרובוט כזה, מזוהה באמצעות התג שהיא עונדת ומקבלת בתוך הרובוט מנת מזון שהוכנה בשבילה. כשהפרה עומדת ברובוט, חיישנים ברצפה עוקבים אחת מיקום רגליה, וכך מזוהה המחשב את מיקום העטין גם כשהפרה זזה. זרוע רובוטית מסיבית נשלחת אל מתחת לעטין, וסורק לייזר מזוהה את מיקום הפטמות. כל פטמה עוברת ניקוי בנפרד בין שתי מברשות מסתובבות, ולאחר מכן מוצמד אליה גביע ואקום. אם הפרה בועטת בגביע, הוא מוחזר למקומו בדרך זו. נתונים רבים נאספים על החלב שנשאב מכל פטמה בנפרד, ובעקבות זאת מתאים המחשב את קצב השאיבה ומשכה לכל פטמה בנפרד. חלק מהנתונים שנאספים, רלוונטיים לזיהוי דלקת העטין ומחלות אחרות.³²

בשבועות הראשונים לשימוש ברובוט החליבה, הפרות לומדות להכירו בעזרת רפתנים, שעשויים לגרשן לתוכו בתקיפות. לאלה שלא הסתגלו לרובוט, צפויה שחיטה מהירה, אך קשיי הסתגלות הופכים לתופעה נדירה עם שכלול דגמי הרובוטים. רוב הפרות לומדות במהירות להיכנס לרובוט בתדירות המתאימה להן (למעלה מפעמיים ביום במוצק). במכון חליבה רגיל, המסע לחליבה נוטה להעיק מאוד על הפרות עקב הדחוק הרב, תוקפנות שמפגינות פרות חזקות כלפי חלשות, אלימות של רפתנים כלפי פרות והמתנה ממושכת בתור לחליבה. הרובוט, לעומת זאת, זמין ללא הפסקה, ופרישת החליבה על פני כל שעות היממה מונעת את המצוקות שנמנו לעיל. הרובוט הוא "רפתן" על-אנושי: נוכח תמיד, "רגיש" ו"סבלני", לא מתעייף ולא נתון למצבי רוח. כתוצאה מכך, חלק מהחופש של הפרות לבחור את התנהגותן, חופש שנשלל מהן תחת השליטה האנושית, מוחזר להן דווקא בתנאי השליטה האוטומטית. דגמי הרובוטים הראשונים עוררו ביקורת על כך שהם מרחיקים את הרפתנים מהפרות ובכך מונעים אבחון מחלות שאדם מיומן מיטיב לאבחן. ככל הנראה, הדגמים החדשים מדביקים את הפער במהירות, ואף מצטיינים ביכולות על-אנושיות לזהות פרטים מסוימים הקשורים בבריאות הפרות (Bruckmaier, 2010; Hovinen and Pyörälä, 2011; Farmers Guardian, 2011).

Lely Astronaut Robotic Milking System (brochure), Lely, 32 2010.

המחסום הראשון ליצירת תגובה אישית אוטומטית הוא הקושי של מכוונות לזהות בעלי חיים באופן אישי, ולכן מדובר בטכנולוגיה חדשה למדי. ב-1971 נרשם בארצות הברית פטנט לזיהוי אלקטרוני של פרות, והממציא הסביר שמדובר ב"מערכת לזיהוי פרות באופן אינדיבידואלי, שנועדה להשתלב במערכת ששולטת בחליבה ובדרישות התזונתיות האינדיבידואליות של פרות"³⁰. ההמצאה שוכללה בהדרגה, והחל משנות ה-80 פעלו בהצלחה מערכות שנבנו לפי העיקרון הבא: הפרה נושאת על גופה (למשל, בקולר על הצוואר) תג שניתן לזיהוי מרחוק על ידי מערכת אלקטרונית. ברפת מוצבים מספר מתקני זיהוי אלקטרוניים, שאוספים מידע באופן אוטומטי, כגון משקל הפרה וכמות החלב שהיא מפיקה. מידע זה מצורף לפרטים כגון תקופת התחלובה שלה, מועד ההזרעה, מועד ההמלטה הצפוי וכו'. המידע כולו משמש לחישוב אוטומטי של הרכב המזון הדרוש לכל פרה וכמות המזון הדרושה. כאשר פרה ניגשת לאכול, היא מזוהה אוטומטית, והמערכת מכינה בעבורה מנה המיוחדת לה.

קיימים ברפתות מתקנים אוטומטיים נוספים המגיבים לכל פרה בנפרד, כגון מערכות לזיהוי פרות מיוחמות, שנכנסו לשימוש בשנות ה-70, במטרה לבודד את הפרה המיוחמת ולבצע בה הזרעה מלאכותית³¹. אולם המערכת האוטומטית המשוכללת ביותר שמגיבה באופן אינדיבידואלי לבעלי חיים בתנאים תעשייתיים היא רובוט החליבה, שתופס בהדרגה את מקומן של מערכות החליבה הוותיקות, האוטומטיות למחצה. ניסיונות לחלוב פרות באמצעות מכונה החלו באמצע המאה ה-19. ב-1898 נכנסה לשימוש מכונת חליבה הבנויה על בסיס גביעים שמוצמדים לכל פטמה בעזרת ואקום ושואבים חלב בפעימות ואקום (Van Vleck, 1996, 1998). שכלולים של מכונה זו הם הבסיס למכונת החליבה הנפוצים ביותר בתעשיית החלב עד היום. "מכון חליבה" הוא ריכוז של משאבות ואקום, שממוקם בנפרד מהרפת. רפתנים מובילים אליו את הפרות פעמיים-שלוש ביום, ממקמים את הפרות במכונה, שוטפים את העטינים ומצמידים ידנית את הגביעים לפרות. החל משנות ה-70, מערכות אלה עשויות לכלול זיהוי אישי ואיסוף ועיבוד נתונים שמקורם בחלב. קיימות גם מערכות מסתובבות, שבהן הפרות אמורות לעלות ולרדת מהמערכת בעצמן.

Tipton, K.M.L., Animal Identification and Feed Control 30 Means, U.S. Patent 3557758, filed 7.5.1969, issued 2.1.1971.
Polson, J.H., Method and Apparatus for Animal Heat 31 U.S. Patent 3844273, filed Detection and Recording, 24.4.1972, issued 29.10.1974.

קיימת עוד בקרב שכירים מזדמנים, אשר הם, במידה גוברת והולכת, העובדים היחידים שבאים במגע ישיר עם בעלי החיים. הניסיון להתפשר על תצפית בחיות המשק בתיווכה הבטוח של מצלמה, לא זכה מעולם בפופולריות. חברת Big Dutchman, למשל, משווקת מערכת ממוחשבת לניהול ושליטה בלולים בשם amacs. במודל הראשון יש אפשרות להפעיל מצלמת וידאו בתוך הלול. הלול מוזמן להפעיל את המצלמה מרחוק דרך המחשב שבמשרדו, "כדי שתמיד תוכל לראות מה קורה במבנה בזמן אמיתי"³³. אולם, מה עשוי להניע לולן היושב במשרדו לצפות בשידור וידאו מתוך הלול? כמה מאמץ הוא צפוי להקדיש לצפייה כזו ומה הוא יכול ללמוד ממנה? לא הרבה, כנראה. בפרסומים למודל amacs 2.0 כבר לא מוזכר לולן סקרן או משועמם שצופה בשידורי וידאו מהלול. תחת זאת, גאוות היצרן היא מצלמות שנועדו לתעד את כל הביצים שהוטלו בלול ולספור אותן. התנהגות התרנגולות נותרה מחוץ לתחום³⁴.

עם זאת, פענוח אוטומטי של התנהגות בעלי החיים קוסם לתעשיות החקלאיות כרעיון שזמנו עוד יגיע. משימה זו דורשת ידע על התנהגות בעלי חיים המוחזקים בשבי, בנוסף על רמה גבוהה של מחשוב ויכולת הקלטה. הצד הטכנולוגי כבר קיים בעיקרו; הידע על התנהגות בעלי החיים, לעומת זאת, עדיין חסר ברובו. האתגר כיום הוא לזהות דגמי התנהגות מוגדרים של בעלי חיים, המעידים על סוגים שונים של מצוקה, ולתת לדגמים אלה ביטוי מקודד.

אין זה מקרה, שאחד הניסיונות הראשונים בתחום זה נעשה במסגרת גידול דגים בבריכות ובכלובים הנמצאים בים. מדובר בענף חקלאי שגדל במהירות עצומה בעשורים האחרונים, ללא שלבי מעבר בין חקלאות מסורתית לתעשייה. אין אפוא ידע מסורתי משמעותי על דגים, שעליו אפשר היה להישען עם פיתוח התעשייה, וממילא קשה לבחון מהיבשה את התנהגות הדגים הנמצאים במים. רמת הטיפול בדגים נמוכה, והמצב משווע לפתרונות טכנולוגיים, אפילו מנקודת המבט של התעשייה. בין השנים 2006-2008 ביצעו מוסדות מחקר אירופיים את פרויקט FASTFISH ("הערכת רמת העקה בדגים במשק") בדגי

סלמון אטלנטי ובדגי לברק³⁵. החוקרים השוו בין דגים שנכלאו

ייתכן שמשפחת איכרים מסורתית, המחזיקה פרה אחת ועשר תרנגולות, עולה בכישורי הטיפול שלה על כל רובוט דמיוני. אולם משק תעשייתי הוא מפעל, ובני אדם אינם מיטיבים לבצע עבודת מפעל מונוטונית. כשם שעבודות מפעל מונוטוניות היו שלב ביניים בדרך לאוטומציה מלאה של מפעלים לייצור מכוונות, כך גם עבודות מפעל מונוטוניות, כמו הצמדת גביעי ואקום לפטמות של מאות פרות, הן שלב ביניים בדרך לאוטומציה מלאה, ללא מעורבות אדם, של מפעלים ל"ייצור" מוצרים מבעלי חיים. בין הפועל האנושי למפעל החקלאי קיים קונפליקט הכרחי, שאחת מהשלכותיו הכרוניות היא הזנחה, ולעתים קרובות גם התאכזרות. הרובוט, לעומת זאת, נוצר במיוחד לעבודה החקלאית ולכן אין קונפליקט בינו לבין בעלי החיים. מטעם זה הוא משאיר לבעלי החיים חופש פעולה מסוים, ואגב כך מאפשר לגייס את התנהגותם לטובת ניצולם הם, בדומה להתנהגותם של בעלי חיים מאולפים.

רשימת היתרונות של Astronaut A4 ברפתות חלב, כמו זו של Viper בלולים, אינה מבטיחה שמצב הפרות ישתפר עם הגברת האוטומציה. על חופש הפעולה היחסי שיעניקו להן הרובוטים עלול להאפיל ייעול נוסף על חשבונן, כגון ברירה מלאכותית לשם התאמתן לרובוטים, או לשם יצירת גוף "יצרני" יותר. מעבר לכך, טיפול אוטומטי יחידני יוקדש בוודאי גם בעתיד רק לחיות משק שערכן הכלכלי גבוה, בעוד שבעופות ובדגים ימשיכו לטפל באופן הדומה יותר לטיפול בצמחים בחממה, כמסה בלתי מובחנת של יצורים חיים.

פענוח אוטומטי של התנהגות

המתקנים המתוחכמים ביותר שסקרתי, מתמקדים במדידות אוטומטיות של משתנים חומריים מובהקים בגופן של החיות ובסביבתן. אולם משתנים חומריים אינם מגלים, כמובן, הכול. בהשוואה למכוונות, לאדם שנמצא במחיצת החיות יש לכאורה יתרון מכריע בשמירה עליהן מפני נזקי השבי: הוא פשוט יכול לראות ולשמוע מה הן עושות. אם ה שריות במצוקה קשה מסיבה כלשהי, איכות האוויר או איכות החלב לא בהכרח יחשפו זאת, בעוד שחקלאי טוב יפענח ללא קושי קולות שיעול, צליעה, גילויי תוקפנות וכדומה. הצרה היא, שהשהות בין המוני בעלי חיים היא יקרה, משעממת, תובענית מבחינה פיזית ומסוכנת להפליא. זיהום האוויר במשקים גדולים שבהם מוחזקים עופות וחזירים הוא כה חמור, עד שמותר לעובדים להיכנס לשם רק כשהם עוטים ציוד הגנה מסורבל (Donham, 2010; Neyra et al., 2012; Omland, 2002; Radon et al., 2001). מעבר לכך, פענוח התנהגותם של בעלי החיים מחייב מיומנות, שאינה

Amacs: The Agro Management and Control System 33 for Modern Egg Production (brochure), Big Dutchman, 11.2002.

Manage your poultry house by iPhone. Big Dutchman, 34 14.4.2010. In: <http://www.bigdutchman.de/en/poultry/home/current-news/news/manage-your-poultry-house-by-iphone.html>

On Farm Assessment of Stress Level in Fish: FASTFISH, 35

של וטרנר פעם בשבוע-שבועיים; לכן "תחלואה מזוהה, בדרך כלל, רק כשחלק גדול מהלהקה מראה סימפטומים של מחלה מסוימת, או כאשר שיעור התמותה גבוה דיו כדי שיבחינו בו. עד לזמן זה, עלולים 100% מהלהקה להיות נגועים". - Elazari-Volkani and Yanai מציעים להעביר את עבודת הפיקוח הווטרנרית למערכת ממוחשבת, הכוללת את כל החישינים הפשוטים יחסית (טמפרטורה, לחות, אמוניה, ריחות וכו'), וכן מצלמות ומיקרופונים שסורקים את הלול ברציפות. את המידע החזותי על תנועת העופות, למשל, עשוי המחשב להשוות אוטומטית לטווח של תנועות שנחשב נורמלי; אם התנועה חורגת מהטווח שנקבע, זהו סימפטום אפשרי של מחלה, והודעה מיידית נשלחת ללולן. בדומה לכך, שמור במחשב טווח סטנדרטי של צלילים, ובמקרה של צלילים חריגים, כגון שיעול, המערכת שולחת התרעה. התרעות עשויות להיות מדויקות יותר מהתרעה על שיעול גרידא, מכיוון שניתן לקדד בצילום ובהקלטה סימפטומים מדויקים ולהשוותם למאגר מידע של סימפטומים למחלות ספציפיות. Elazari-Volkani and Yanai אף מציעים להצמיד "מדי חיות" (vitality meters) לקבוצה מדגמית מתוך כלל בעלי החיים שבמתקן, מכשירים שיעבירו למחשב מידע על תנועות הגוף, הדופק, הטמפרטורה, העלאת הגירה או הנשימה של כל בעל חיים בנפרד. במקרה של חריגה מהנורמה, שמוגדרת לפי ההיסטוריה האישית של אותו בעל חיים, כפי שנרשמה במחשב, תתמקד המצלמה הקרובה באותו פרט ותדלה מידע בריאותי נוסף.

בקרב, בוודאי יתחילו ממצאים להציע מערכות שכוללות לא רק התרעה ביחס למגוון מקיף של מחלות, אלא גם טיפול רובוטי בבעיות בריאות במשק. למשל: אבחון וטרנרי אוטומטי ומתן תרופות מידי במי השתייה, בריסוס או בזריקה; או טיפול סביבתי (כגון שינוי טמפרטורה, לחות, תאורה וכו') בתגובה לנתונים התנהגותיים שנותחו באופן אוטומטי על בסיס תיעוד המצלמות והמיקרופונים, בנוסף על הנתונים הפיזיקליים שנאספו על ידי חישינים פשוטים. עתידם של מיליארדי חיות בשבי תלוי במערכות כאלה.

לקראת בעלי חיים וירטואליים

מערכות אוטומטיות גמישות ועצמאיות מהוות כיום רק חלק קטן מתעשיות בעלי החיים, אך נראה שהן יהפכו לדומיננטיות בעתיד הלא רחוק. עובדים אנושיים עדיין יכולים, בדרך כלל, להגיב לחיות ברמת גמישות ועילולת גבוהה יותר בהשוואה למכונות, אך זהו מצב זמני בלבד. הטכנולוגיה לייצור מערכות אוטומטיות גמישות קיימת ברובה כבר כיום. ומילא העובדים האנושיים המעטים עושים עבודה כה גרועה בטיפול

בתנאים גרועים לבין כאלה שנכלאו בתנאים פחות גרועים (בעיקר ברמות צפיפות שונות), ובדקו כיצד מגיבים הדגים במערכות הכליאה השונות לגורמי מצוקה, כגון מניפולציות תאורה, החדרת אוויר רב למים, האכלה לקויה ומגע אדם. במחקר הושם דגש רב על מדדים התנהגותיים למצוקה, ובמיוחד צפיפות הדגים, מהירות התנועה שלהם, כיווני התנועה, מיקום הדגים במיכל או בכלוב ונטייתם להגיב לגירויים חיצוניים. המחקר הראה שסימני מצוקה התנהגותיים בסלמון ובלברק עשויים לשמש אמצעי אמין יותר לזיהוי מצוקות כרוניות, בהשוואה לנתונים שקל יותר למדוד באופן אוטומטי - סימני מצוקה פיזיולוגיים (הפרשת ההורמון קורטיזול למים) ואיכות מים ירודה. למשל, דגי לברק במצוקה, בהשוואה לדגי לברק שאינם במצוקה, שוחים מהר יותר, נמוך יותר ותוך שינויי כיוון חדים. חקלאים יכולים ללמוד לזהות הבדלים אלה באמצעות תצפיות, אך החוקרים נוכחו לדעת, שלאורך זמן, הנתונים שנאספים אוטומטית אמיינים יותר מאלה שמזינים החקלאים באופן ידני. לכן, הפרוייקט התמקד ביצירת מערכת לזיהוי מצוקות דגים על ידי פענוח ממוחשב של צילומי וידיאו ונתוני מערכת סונר. פרוייקט FASTFISH הסתיים ללא יישום מסחרי, ובפיתוח הטכנולוגי שבא בעקבותיו הוצנע ההיבט התנהגותי³⁶. אולם, סביר להניח שהיבט זה ישוב למוקד העניין של מפתחי הציוד החקלאי, ולו משום שדגים במצוקה קשה גדלים לאט. בעתיד, הטכנולוגיה החקלאית תוכל למנוע מצוקות קשות של דגים בשבי על בסיס תגובה אוטומטית להתנהגותם, במקום שבו נכשלה מעורבותם הישירה של החקלאים.

רעיון דומה הציעו Elazari-Volkani and Yanai בשנת 2009, בניסיון להתאים מערכות טכנולוגיות קיימות לשם איתור מוקדם של בעיות בריאות בלהקות גדולות של "בעלי חיים אנונימיים"³⁷. הכוונה היא לבעלי חיים שהחקלאי אינו מסוגל לעקוב אחר בריאותם באופן פרטני - עופות בלולים, בקר וצאן במרעה, דגים בבריכות, דבורים בכוורות וכדומה. הממצאים מדגישים, שבלולי עופות, שעשויים להכיל עד 200,000 עופות במבנה אחד, נהוג ביקור של חקלאי פעם-פעמיים ביום, וביקור

Publishable Final Activity Report, 4.4.2009. In: <http://fastfish.imr.no/start>

Welfaremeter (website), <http://www.imr.no/welfaremeter/36index.htm>

Elazari-Volkani, R. and Yanai, E., Vitality Meter for Health 37 Monitoring of Anonymous Animals in Livestock Groups, filed 3.2.2009, Publication U.S. 2010/0198024 A1; Yanai, E. and Elazari-Volkani, R. System and Methods for Health Monitoring of Anonymous Animals in Livestock Groups, filed 3.2.2009, Publication U.S. 2010/0198023 A1.

מציאות מדומה (וירטואלית) שיש בה חיות מדומות. הייצוג של מתקן הכליאה על מסך המחשב אינו דומה למתקן כליאה במציאות, והייצוג של החיה אינו דומה לחיה עצמה. מדובר בעיקר בגרפים ובטבלאות; סיכום נוח של נתונים, וגם הרבה יותר מכך: תחת ניהול ממוחשב, הגרפים והטבלאות עצמם הם ה"חיה" בעבור החקלאי (ויותר ויותר – בעבור המחשב ש"מטפל" בו). מובן שרובוט החליבה, למשל, מספק נתונים על פרות ממשיות, אלא שהקריטריון לאיסוף אוטומטי של מידע על הפרות הוא הרלוונטיות של מידע זה לשיקולים כלכליים. כל מידע שאיננו רלוונטי – ובכלל זה רוב חיי החברה וחיי הנפש של החיה – חסר לחלוטין ב"חיה המדומה". החקלאי לא יוכל להתרשם מהחסר אפילו באופן אגבי ולא מודע, כפי שאולי קרה במשק שבו הוא עדיין הרבה לבקר. משהו מהמורכבות של החיה עשוי לחזור לעולם הממוחשב עם שכלולן של מערכות לפענוח התנהגות, אלא שהצלחתן של מערכות כאלה תרחיק את החקלאי מהחיות עוד יותר. הידע על בעלי החיים יישאר נחלתם של קומץ מומחים השותפים בתכנון המערכת, בעוד שהאנשים הקרובים ביותר למיליארדי בעלי החיים שבמתקנים המסחריים יהיו טכנאי ציוד.

במשק המסורתי או במשק תעשייתי עם חיות מעטות, הצטיין יחס החקלאים לבעלי החיים באידיאולוגיה גלויה של שליטה וניצול. במשק תעשייתי המוני, שפועל ברמת האוטומציה הנפוצה כיום, פינתה האידיאולוגיה את מקומה לניכור בין עובדים מעטים להמוני בעלי חיים אנונימיים, מבעד לציוד רב. אם כך היה עד כה, הרי שבמערכות האוטומטיות ביותר, אפילו מושג הניכור בשימוש המקובל כבר לא יבטא כראוי את אופי היחסים בין החקלאים לחיות המשק. בעולם שבו המגע הישיר עם המון בעלי חיים יפנה את מקומו רק למגע עם ייצוגים ממוחשבים, חיות מדומות, אין עוד משמעות ליחסים חברתיים, אפילו יחסים שלא נותר מהם אלא ניכור קיצוני. ל"וירטואליזציה" של חיות משק במערכות האוטומטיות ביותר יש אפוא השלכות מוסריות עגומות. בעולם של חיות מדומות, המוסר אינו רלוונטי: חיה מדומה היא לא יותר מייצוג של יחידת ייצור, ולכן אין צורך להתחשב בה, או אפילו לדא לבטים רדומים בעניין ההתחשבות בה.

ביבליוגרפיה

האיחוד החקלאי. (2010). התאחדות מגדלי הבקר מציגה תכנית רפורמה ג' ברפתות החלב: התייעלות ופתרון לבעיית העובדים הזרים בענף החלב רובוטי חליבה משוכללים יחליפו העובדים הזרים, 4.3.2010. בתוך: <http://www.ihaklai.org.il>
צבל, א. (2007). מגע מנוכר: שינויים ביחס לבעלי חיים בבריטניה ובארצות הברית מהמאה השמונה-עשרה עד תחילת המאה העשרים.

בהמוני בעלי החיים שבמתקנים התעשייתיים, עד שגם מערכת אוטומטית לא מוצלחת ביותר "תטפל" בבעלי החיים טוב יותר, בזכות נוכחותה המתמדת בין בעלי החיים ותגובותיה המיידיות. עם זאת, יש לזכור שבתעשיות החקלאיות, פתרונות של בעיות בוערות נתפסים בדרך כלל בתור "ואקום", שאותו אפשר למלא בלחץ תעשייתי נוסף. כך, ביום שבו תוכל מערכת מן הסוג שהציעו Elazari-Volkani and Yanai להבטיח שמחלות יאותרו ויטופלו מהר יותר, יוכלו החקלאים לנצל את השיפור כדי להפעיל לחצים אחרים על החיות, שבמצב הנוכחי אינם מתאפשרים ללא נזק כלכלי: ציפוף נוסף, ברירה מלאכותית ל"ייצור" מוגבר על חשבון עמידות בפני מחלות, וכדומה. בסופו של דבר, השאלה כיצד ישפיעו המערכות הממוחשבות על עתיד בעלי החיים אינה תלויה בטכנולוגיה כשלעצמה, אלא בנורמות הציבוריות שיקבעו כיצד ישתמשו בה.

עם שכלול המערכות האוטומטיות, יידחקו העובדים מהמתקנים החקלאיים יותר ויותר. בעתיד הרחוק, ודאי יקושרו זה לזה המתקנים השונים השולטים בכל מחזור החיים של החיות ויהפכו למפעל ענק אחד, שבו יגודלו החיות, ינוצלו למטרות שונות ויישחטו ללא התערבות ישירה של אדם. החוקים לרווחת בעלי חיים באיחוד האירופי ובמדינות אחרות, שהולכים ומתרבים בעצלתיים, חותרים לכאורה תחת מגמה זו. אלא, שבפועל, החקיקה שטחית וממילא לא משנה באורח משמעותי את תפקידם של החקלאים בשטח. חוקי הרווחה המשמעותיים ביותר הם, מן הסתם, הגבלות על שיטות הכליאה של תרנגולות בתעשיית הביצים. אף על פי שחוקים אלה מסלקים ממדינות רבות סוג מסוים של כלובים, הם עדיין מתירים שימוש בכלובים אחרים, או כליאה צפופה ללא כלובים, ברמת אוטומציה לא פחותה³⁸. דרושה מהפכה עמוקה הרבה יותר ביחסם של בני האדם לניצול חיות ולצריכת מוצרים מן החי כדי לעצור ולשנות את המגמה הנוכחית: הפחתת המגע האנושי הישיר עם חיות המשק, תוך שליטה גוברת בחיות רבות יותר, באמצעות תיווך של ציוד רב יותר (וכן מניפולציות גנטיות גוברות, נושא החורג מתחום מאמר זה).

יש להודות, שהמערכות האוטומטיות ביותר מספקות מידע רב על חיות המשק, מידע שלא עמד לרשות החקלאים במערכות קודמות. אולם באיזה מידע מדובר? הייצוג הממוחשב של מידע שנאסף ועובד בכלים אוטומטיים, מוגש לחקלאים בתור

Council Directive 1999/74/EC of 19 July 1999, Laying 38 Down Minimum Standards for the Protection of Laying Hens, Council of the European Union. In: http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/animal_welfare/112067_en.htm

- Lawrence, J.A. (1822). *Practical Treatise on Breeding, Rearing, and Fattening, All Kinds of Domestic Poultry, Pheasants, Pigeons, and Rabbits: Including an Interesting Account of the Egyptian Method of Hatching Eggs by Artificial Heat, with the Author's Experiments Thereon* (p. 78-105), 4th Ed.. London: Sherwood, Neely, and Jones.
- Neyra, R.C., Vegosen, L., Davis, M.F., Price, L. and Silbergeld, E.K. (2012). Antimicrobial-resistant bacteria: An unrecognized work-related risk in food animal production. *Safety and Health at Work*, 3(2), 85-91.
- Omland, Ø. (2002). Exposure and respiratory health in farming in temperate zones – A review of the literature. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 9(2), 119-136.
- Radon, K., Danuser, B., Iversen, M., Jörres, R., Monso, E., Opravil, U., Weber, C., Donham, K.J. and Nowak, D. (2001). Respiratory symptoms in European animal farmers. *European Respiratory Journal*, 17(4), 747-754.
- Reinemann, D.J. (2008). Robotic Milking: Current Situation. In: *NMC Annual Meeting Proceedings*, Verona, WI, January 2008, p. 75-80.
- Serpell, J. (1996). *In the Company of Animals: A Study of Human-Animal Relationships* (chap. 11). Cambridge: Cambridge University Press.
- Van Vleck, R. (1996, 1998). Early cow milking machines, American artifacts. *Scientific Medical and Mechanical Antiques*, 20. In: <http://www.americanartifacts.com/smma/milker/milker.htm>
- בתוך: ארבל, ב. טרקל, י. ומנשה, ס. (עורכים), בני-אדם ובעלי חיים אחרות באספקלריה היסטורית (עמודים 333-387). ירושלים: כרמל.
- A Farmer, A.C.H. (1802). *Rural Recreations, or, Modern Farmer's Calendar: and Monthly Instructor: Exhibiting under a Comprehensive Form, All the Operations Necessary on a Farm, for Every Month of the Year: As Well As All the Recent Improvements in Agriculture and Rural Economy* (p. 50-51). London, Printed by E. Hodson for Vernor and Hood.
- Baird, J. (1829). Account of an improved iron poultry feeder. In: *Highland and Agricultural Society of Scotland, Prize-Essays and Transactions of the Highland and Agricultural Society of Scotland*, Vol. 3 (p. 405). Edinburgh: William Blackwood.
- Bruckmaier, R.M. (2010). The impact of robotic milkers on cow welfare. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 22, 267-273.
- Donham, K.J. (2010). Community and occupational health concerns in pork production: A review. *Journal of Animal Science*, 88(13 Suppl.), E102-E111.
- Hovinen, M. and Pyörälä, S. (2011). Invited Review: Udder Health of Dairy Cows in Automatic Milking. *Journal of Dairy Science*, 94(2), 547-562.
- Farmers Guardian (2011). *Robotic Milking May Lead to Better Health and Welfare*. In: <http://www.farmersguardian.com/home/livestock/livestock-features/robotic-milking-may-lead-to-better-health-and-welfare/38952.article>