

ניתוח גנטי של משקל עגלים בעדר הבקר לחלב

יהודה ולר ואפרים עזרא

הקדמה

עדר בקר לחלב מספק לשוק הבשר עגלים לפיטום וכן פרות היוצאות מהעדר. מידי שנה מגיעים כ-50,000 עגלים לפיטום וכ-35,000 פרות. בשנות השמונים חושבו אומדני הורשה לפרים למשקל גול על סמך נתוני בית המטבחים "מרבק". העברת הנתונים הופסקה ואיתם המבחנים. בתכנית המחקר הנוכחית מחודש מבחן הפרים לתכונות משקל גוף לעגלים ולעגלות. נתוני המשקל מגיעים ממספר מקורות: משקל העגל/ה באירוע יציאה, אירוע משקל לעגלים/ת ופרות, היקף חזה לעגלות המתורגם למשקל. לכל פרט עשויה להיות יותר משקילה אחת. בעדרים אשר מבצעים רישום בספר העדר לעגלים ולפרות היוצאות יש רישום מלא של אילן היוחסין.

סקירה – מה קורה בעולם

בהולנד מחושבים אומדני הורשה לקצב גדילה על סמך נתוני בית מטבחים. הנתון מפורסם אך אינו באינדקס. בארה"ב גודל גוף (שיפוט גופני) נכלל באינדקס במשקל שלילי של 3%. בניו זילנד ואוסטרליה בהם הממשק מבוסס על מרעה, גודל הפרה חשוב מאוד ולכן הם כוללים תכונת גוף באינדקס במשקל שלילי. התכונה היא אינדקס של תכונות שיפוט של הפרה וכוללת גובה, עומק גוף, רוחב חזה. בבלגיה, דנמרק, צרפת, וגרמניה לגודל הפרה יש ערך חיובי באינדקס דרך טיפוח לתכונות שיפוט.

קובץ הנתונים והגדרת התכונות לניתוח

סה"כ היו בקובץ הנתונים 734,459 רשומות. כל השקילות עברו את ביקורת לוגיות הבאות:

- תאריך שקילה גדול מ-1/1/2000 עבור ניתוח גורמי שונות.
- אב העגלה ידוע.
- גיל השקילה בין 500-150 יום מלידה.
- משקל בין 650-80 ק"ג.

בטבלא 1 מופיע תיאור קובץ הנתונים. כמות הרשומות לעגלות (מדידות במשק) גבוהה מעגלים (משקל פיטום). לעומת זאת כמות הרשומות לפרט גדולה יותר אצל העגלים, 2.89 לעומת 2.26 אל העגלות.

טבלא 1 – תיאור קובץ הנתונים.

כמות	עגלים	עגלות	סה"כ
פרטים עם רשומות	22,517	43,442	65,959
רשומות	65,050	98,193	164,243
ממוצע רשומות	2.89	2.26	2.49
קרובים בלי רשומות	29,506	45,853	61,582
עדר-שנה עונה	462	1751	1890

הערכים שנותחו היו:

1. משקל בין 150 – 500 מלידה.
2. גדילה שנתית השווה: $35 + (גיל/35 - משקל) * 365$, כאשר מניחים משקל לידה של 35 ק"ג. לדוגמא, נניח עגל נשקל ב-180 יום לאחר הלידה במשקל של 230 ק"ג אזי הגדילה בשנה תהיה: $35 + ((230 - 35)/180) * 365 = 430.4$ ק"ג.

תוצאות

נתונים בסיסים על התכונות

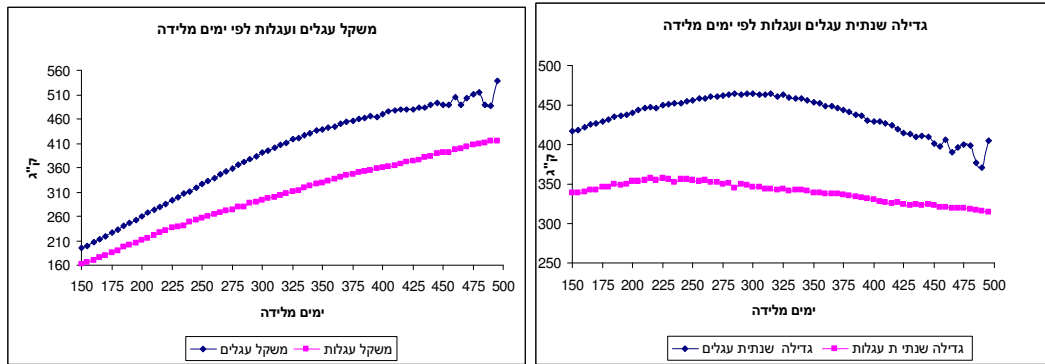
בטבלא 2 מופיעים ממוצעים וסטיית התקן עבור משקל וגדילה שנתית לפי מין הגל. כצפוי גם הממוצעים והסטיית תקן גבוהות יותר עבור עגלים לשתי התכונות.

טבלא 2 – ממוצעים וסטיית תקן של קובץ הנתונים לפי מין.

	משקל, ק"ג		גדילה שנתית, ק"ג	
	עגלים	עגלות	עגלים	עגלות
ממוצע	363	311	457	355
סטיית תקן	90.4	74.9	53.3	40.7

בציורים 1 ו-2 מופיעים ממוצעי משקל וגדילה שנתית כפונקציות של גיל עבור עגלים ועגלות עבור מרווים של חמישה ימים. התנודות בגילים הגבוהים של העגלים נובעות ממספר קטן של רשומות בגילים אלה. משקל העגלים גבוה מעגלות, הפער ב-150 יום לאחר הלידה 32 ק"ג בהמשך הולך וגדל עד כ-375 יום ל-120 ק"ג משם מתייצב בהפרש של כ-110 ק"ג. קצב הגדילה היומי אינו ליניארי. בעגלים הקצב גדל מ-150 יום, מ-1,140 גרם ליום ועד 1,270 גרם ליום ב-315 ימים, לאחר מכן קצב הגדילה יורד עד כ-1,090 גרם ליום ב-450 ימים. אצל העגלות קצב הגדילה גדל מ-930 גרם ליום ב-150 יום מלידה ועד 980 גרם ב-225 יום מלידה, בהמשך קצב הגדילה יורד עד לכדי 870 גרם ליום ב-470 יום מלידה.

ציור 2 – גדילה שנתית עגלים ועגלות לפי גיל מלידה ציור 1 – משקל עגלים ועגלות לפי גיל מלידה



ותוצאות המודל הקבוע שכלל השפעת העדר וגיל העגל מופיעים בטבלא 3 עבור שני התכונות. כל מין נותח לחוד. כאמור השפעת הגיל על שתי התכונות אינו ליניארי ולכן נאמדו מקדמי הפולינום של העקומה בנפרד לעגלים ולעגלות הכוללים את האפקט הליניארי, הריבועי ושורש ריבועי של התכונה. מקדמים אלו יושמו על הנתונים הגולמיים עבור ניתוח גורמי השונות וכך התקבל נתון מתוקן לכל עגל/ה.

טבלא 3 – תוצאות המודל הקבוע.

השפעת הגיל	משקל		גדילה שנתית	
	זכרים	נקבות	זכרים	נקבות
שורש ריבועי	-132.9	44.0	7.5	110.3
ליניארי	8.38	-0.78	1.15	-4.55
ריבועי	-0.0056	0.00039	-0.0022	0.00205

חישוב אומדני הורשה לשתי התכונות.

לאחר התיקון חושבו גורמי שונות לכל מין בנפרד. לחלק מהפרטים הייתה יותר משקילה אחת ולכן היה ניתן לאמוד את החזרתיות של התכונה, או כפי שמכונה הישנות (repeatability). גורמי השונות, התורשתיות וההישנות מופיעים בטבלא 4 עבור כל מין לחוד, ובטבלא 5 עבור ניתוח שני המין יחד. לפני הניתוח בכדי ליצור סקאלה שווה לשתי התכונות לעגלים ולעגלות הוכפלו משקלי העגלות ב-0.973 עבור משקל וב-1.156 עבור קצב גידול שנתי. לשתי התכונות התורשתיות היו גבוהים יותר אצל העגלות מאשר העגלים. לעגלות התורשתיות לשתי התכונות כ-0.4 (דומה לק"ג חלב), ולעגלים נמוכים יותר 0.32 למשקל

0.33-1 לגדילה שנתית. ההישנות הייתה דומה לשתי התכונות ולשני המינים, כ-0.7. נמצא מתאם גנטי של 0.99 בין שתי התכונות, ומתאם הסביבתי היה 0.95. המתאם הגנטי הגבוה בין שתי התכונות מאפשר לנתח רק אחת מהתכונות. במבחן פרים נבחרה התכונה גדילה שנתית. ערכי התורשתיות המשותפים לשני המינים לשתי התכונות היו נמוכים במקצת לעומת הניתוח בנפרד לשני המינים, כ-0.32. ההישנות דומה לשתי התכונות, 0.73.

טבלא 4 – תוצאות ניתוח גורמי השונות לפי מין.

גורם	משקל, ק"ג		גדילה שנתית, ק"ג	
	עגלים	עגלות	עגלים	עגלות
הפרט	457	286	798	353
הגנטי	369	390	647	484
השארתי	318	287	492	376
תורשתיות	0.323	0.405	0.334	0.399
הישנות	0.722	0.702	0.746	0.690

תורשתיות = שונות גנטית לחלק לסה"כ השונות. הישנות = שונות הפרט + שונות הגנטית חלקי סה"כ השונות.

טבלא 5 – תוצאות ניתוח גורמי שונות במשותף לשני המינים.

גורם	משקל	קצב גידול
הפרט	429	745
הגנטי	347	603
השארתי	291	501
תורשתיות	0.325	0.326
הישנות	0.727	0.729

חישוב אומדני הורשה לאוכלוסיה הכללית

אומדני התורשתיות, הישנות והשונות משמשים כבסיס למבחן הגנטי לחישוב אומדני הורשה של כל הפרטים באוכלוסיה. חישוב אומדני ההורשה התבצע בשלושה אופנים: רק לעגלים, רק לעגלות ולעגלים ועגלות יחדיו. הניתוח כלל את כל הרשומות החל משנת 1994. אם לעגלה היו מעל 5 רשומות נלקחו 4 הראשונות והשקילה האחרונה עד חמש מאות יום מלידה. במבחן פרים נכללו כל השקילות משנת 1994 שונה מאשר ניתוח השונות, החל משנת 2000 וזאת בגלל מגבלות כוח מחשוב. עבור הניתוח לשני המינים יחדיו תוקנה השונות הפרט והשארתי השונה בין שני המינים. תיאור קובצי הנתונים לחישוב א"ה מופיעים בטבלא 6. בחישוב ההתקדמות הגנטית הכללית נכללים פרטים ללא רשומות, בעיקר אמהות לעגלים ועגלות עם רשומות.

טבלא 6 – תיאור קובץ הנתונים לחישוב א"ה

רשומות	סוג הניתוח		
	עגלים	עגלות	משותף
פרטים עם רשומות	123,357	135,729	259,086
הורים בלי רשומות	42,154	63,781	105,935
עדרי-עונה-שנה	775	56,012	80,128
קבוצות גנטיות	45	2931	3706
		45	45

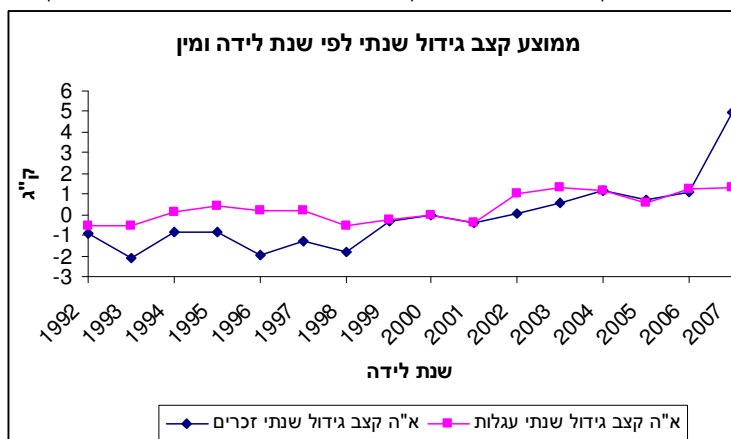
לאחר מבחן הפרטים חושבו הנטיות הגנטיות והפנוטיפיות. קצב ההתקדמות הגנטי מבוטא באומדני הורשה וממוצע פרטים ילידי 2000 שווה לאפס. הנטיות הגנטיות והפנוטיפיות לקצב גידול שנתי מופיעים מטבלא 7. הנטייה הגנטית עבור קצב הגידול השנתי היה 0.161 ק"ג לשנה בניתוח של שני המינים יחד. לעומת זאת הנטיות הפנוטיפיות היו שליליות. לשקילה הראשונה ירידה של 0.615 לשנה, כלומר ב-10 שנים 6.15 ק"ג. בצירור 3 מתוארת ההתקדמות הגנטית לפי שנה ומין.

בניתוח של שני המינים יחד היו 84 פרים מגזעים אחרים מהולשטיין והישנות מעל 50%. ממוצע א"ה של הפרים עם הישנות מעל 50% לפי גזע מופיע בטבלא 8. קצב הגדילה השנתי הגבוה ביותר הוא לגזעי הבשר שרולה ובלגי כחול 39.9, 36.4 ק"ג בהתאמה. גזע הג'רסי הנמוך ביותר 10.8 – ק"ג.

טבלא 7 – נטיות גנטיות ופנוטיפיות לקצב גדילה שנתי לפי שנת לידה.

מספר פרות/עגלות/עגלים	שיפוע גדילה שנתית לשנה	
105,934	-0.615	פנוטיפית שקילה ראשונה
18,949	-0.847	פנוטיפית שקילה אחרונה
161,620	0.161	גנטית כללית

ציור 3 - ההתקדמות הגנטיות לקצב גידול שנתי לפי שנת לידה ומין.



טבלא 8 - ממוצעים של קצב גדילה שנתי לפי גזע אב.

ממוצע א"ה	מספר פרים	זן אב עגלה/ה
0.8	737	הולשטיין
39.9	17	שרולה
4.3	1	סימנטל
3.5	3	שוויצרי חום
36.4	7	בלגי כחול
7.1	26	מונטבליארד
-10.8	9	ג'רסי
-2.4	21	NRF

בטבלא 9 מוצגים המתאמים בין אומדני הורשה של פרים בשלושת המודלים וממוצע א"ה ממודלים של עגלים ועגלות בנפרד. המתאמים חושב ל-465 פריסעם הישנות מעל 50% בכל הניתוחים. המתאם בין המודל המשותף לבין ממוצע של מודל זכרים ונקבות בנפרד גבוה מאוד ושווה ל-0.99. המתאם בין ממוצע א"ה של הניתוח המשותף לניתוחים של זכרים בנפרד ונקבות בנפרד גבוה כ-0.9. המתאם בין ניתוח העגלות בנפרד לבין העגלים בנפרד שווה ל-0.657. כאשר אין חפיפה בין קבצי הנתונים, הצפי למתאם כאשר המתאם הגנטי מלא שווה לשורש הכפלת הישנות של הפרים משני הניתוחים.

טבלא 9 - המתאמים בין אומדני הורשה של פרים בשלושת המודלים

מודל	ממוצע א"ה של מודל עגלים ומודל עגלות	עגלים בנפרד	עגלות בנפרד
משותף	0.989	0.862	0.933
ממוצע א"ה של מודל עגלים ומודל עגלות		0.890	0.928
עגלות			0.657

מתאמים גנטיים בין קצב גידול ותכונות אחרות

המתאמים הגנטיים בין התכונה קצב גידול שנתי לבין יתר התכונות חושבו בשתי צורות: (א) – בין אומדני הורשה של פרים עם הישנות מעל 50% לפי המודל המשותף (ב) לפי חישוב גורמי שונות. בנייתוח זה נכללות רשומות שיש בהן לפחות שקילה אחת ורשומה לתכונות האינדקס בתחלובה ראשונה. עבור הישרדות קיימת רק רשומה אחת לפרה. במידה וקיים מתאם שונה מאפס בין שני תכונות, המתאם בין אומדני הורשה יהיה בדרך כלל נמוך מהתאם הגנטי לפי ניתוח השונות, מכיוון שהישנות של א"ה קטנה מאחד. כלומר המידע על פר בודד חלקי.

בטבלא 10 מופיעים מתאמים בין א"ה של 572 פרים עם הישנות מעל 50% מהמודל המשותף עבור קצב גידול שנתי והתכונות באינדקס PD07, וערכי התורשתיות, מתאמים גנטיים וסביבתיים מתוך מודל ניתוח שונות המכיל רשומות שקילה ורשומות התכונות באינדקס. המתאם בין אומדני הורשה של גדילה שנתית לבין אינדקס הטיפוח שווה ל-0.141. כלומר עם השיפור באינדקס גם המשקל עולה. המתאם בין גדילה שנתית לבין פוריות מתוך ניתוח גורמי שונות שווה ל-0.4, והוא הגבוה בערכו המוחלט מיתר התכונות. כלומר, טיפוח על פי PD07, מגדיל בעקיפין (לא באינדקס) את גדילה שנתית אשר גידולו פוגע בפוריות. נמצא מתאם גנטי שלילי נמוך, -0.15 עם הישרדות, כלומר עלייה בגדילה השנתית מקטינה את ההישרדות, התנהגות דומה נמצא לרת"ס. לסיכום, הקטנת גדילה שנתית פועלת בכיוון הרצוי לתכונות פוריות, הישרדות ורת"ס ולכיוון הלא רצוי לתכונות ייצור.

טבלא 10 – מתאם בין אומדני הורשה של פרים עם הישנות מעל 50% לקצב גדילה שנתי ותכונות אינדקס הטיפוח

תכונה	תורשתיות		מתאם	
	גדילה שנתית	בין פרים	גנטי	סביבתי
גדילה שנתית	0.33	0.141		
PD07			0.19	0.14
חלב	0.56	0.165	0.27	0.17
שומן	0.48	0.202	0.32	0.20
חלבון	0.46	0.277	0.14	0.04
רת"ס	0.21	0.115	-0.40	-0.05
פוריות	0.05	-0.248	-0.15	-0.01
הישרדות	0.06	-0.064	-0.05	-0.02
התמדה	0.23	-0.126		

בטבלא 11 מוצגים המתאמים הגנטיים לארבע תכונות המלטה. החישוב נעשה לאומדני הורשה של פרים בגלל שהתכונה מחושבת לפרי המלטה והם נבחרים באופן סלקטיבי וכמותם מועטה. המתאמים בדרך כלל נמוכים. המתאמים לתמותת וולדות הן אב הפרה והן פר מעבר אינם שונים מאפס. המתאם בין קצב גדילה שנתית לבין ה"ק מעוברות שווה ל-0.187, כלומר ככל שגדילה שנתית גבוהה יותר הקושי בהמלטה גבוה יותר. גם בתכונה זו הקטנת גודל הפרה פועל בכיוון הרצוי.

טבלא 11 – מתאם בין אומדני הורשה של פרים עם הישנות מעל 50% לקצב גדילה שנתי ותכונות המלטה.

התכונה	מספר פרים	המתאם
המלטות קשות בנות	577	0.086*
תמותת וולדות בנות	577	0.012
המלטות קשות מעוברות	195	0.187**
תמותת וולדות מעוברות	195	0.066

* $p < 0.05$, ** $P < 0.001$

בטבלא 12 מופיעים המתאמים בין אומדני הורשה של 600 פרים מעל 50% הישנות לגדילה שנתית ותכונות שיפוט גופני. המתאמים הגבוהים ביותר הן לתכונות גוף, גודל גוף כללי, 0.493 עומק גוף 0.442 וגובה 0.357. גם לציון כללי ואופי חלבני מתאם בינוני-נמוך, 0.327 ו-0.272 בהתאמה. ליתר התכונות המתאם נמוך. לתכונות עם המתאם הגבוה ביותר לגדילה שנתית: גודל גוף כללי, עומק גוף, גובה, ציון כללי, אופי חלבני וכן זווית אגן הורץ מודל ניתוח שונות. זווית אגן נכלל בגלל שנמצאה עם מתאם משמעותי להישרדות ואופן המלטה.

בטבלא 13 מופיע תוצאות מודל ניתוח שונות לתכונות שיפוט גופני ולגדילה שנתית. המתאמים הגנטיים מניתוח גורמי שונות היו גבוהים יותר מאשר המתאם בין א"ה של פרים. נמצא מתאם גבוה לגודל גוף, כלומר קצב גדילה שנתי המחושב על פי נתוני שקילה של עגלה/ה עד גיל 500 יום מלידה תואם במידה רבה את שיפוט הפרה על סמך שיפוט של שופטי הבקר. המתאם עם זווית אגן שלילי ונמוך יחסית, -0.14. זווית אגן קשורה למוות והמלטות קשות. גם לתכונה זו הקטנת גדילה שנתית פועלת בכיוון הרצוי, כלומר שיפור ציון זווית האגן המקטין קושי בהמלטה.

טבלא 12 – מתאמים בין אומדני הורשה של 600 פרים מעל 50% הישנות לגדילה שנתית ותכונות שיפוט גופני.

המתאם	התכונה
0.148	רגליים כללי
0.171	עטין כללי
0.327	ציון כללי
0.272	אופי חלבי
0.493	גודל גוף כללי
0.113	טלף
-0.118	זווית אגן
0.183	רוחב אגן
0.442	עומק גוף
0.357	גובה
-0.023	רגליים אחוריות
0.099	אורך פטמות
0.077	מיקום פטמות
0.074	עומק עטין
0.079	גובה עטין
0.146	חיבור עטין
0.174	גיד תומך עטין

טבלא 13 – תוצאות מודל ניתוח שונות לתכונות שיפוט גופני ולגדילה שנתית.

תכונה	מתאם		תורשתיות
	גנטי	סביבתי	
גדילה שנתית	0.20	0.13	
ציון כללי	0.22	0.09	
אופי חלבי	0.20	0.13	
גודל גוף	0.33	-0.00	
זווית אגן	0.29	-0.14	
עומק גוף	0.24	0.28	
גובה	0.30	0.13	

סיכום ודיון

1. חושבו גורמי שונות למשקל ולגדילה שנתית, נמצאו בין 0.3-0.4.
2. נמצא שהמתאם הגנטי בין גדילה שנתית לבין משקל גבוה, 0.99, גדילה שנתית נבחרה כתכונה למבחן פרים.
3. פותח מבחן פרים לתכונה גדילה שנתית.
4. בחישוב המתאמים הגנטיים בין גדילה שנתית לתכונות באינדקס נמצא שקיטון בגדילה השנתית יהיה בכיוון הרצוי לפוריות, הישרדות, רת"ס וה"ק פר מעבר, ובכיוון הלא רצוי לתכונות ייצור חלב.
5. שיקולים בהכנסת התכונה לאינדקס:

מחד:

עליה בגדילה שנתית מגדיל את הכנסת הרפתן מפיטום.
עליה בגדילה שנתית תגדיל את גודל הפרה (מתאם חיובי בינוני-גבוה) ותגדיל הכנסת הרפתן בעת מכירתה.
עליה בגדילה השנתית קשורה גנטית לעליה בתכונות ייצור חלב.

מאיך:

עליה בגדילה שנתית יגדיל את גודל הפרה אשר ברמת ייצור נתונה כנראה צורכת יותר מזון מפרה קטנה יותר.
עליה בגדילה שנתית קשורה גנטית לירידה בפוריות, הישרדות ועליה ברת"ס.

הוחלט ע"י החברים בוועדת ספר העדר והטיפוח: לעת עתה לא לכלול את התכונה באינדקס. לפרסם את ערך התכונה בקטלוג פרים, נעה, רשת החלב.

ניתוח כלכלי של המחד ומהאיך יתבצע ע"י הכותבים.