



ניתוח השפעות גידול בשארות
(inbreeding) על תכונות יבול חלב
ותכונות משניות בעדר הבקר
הישראלי

י. ולר ו-א. עזרא

התאחדות מגדלי בקר

ריבוי בשארות - הגדרה

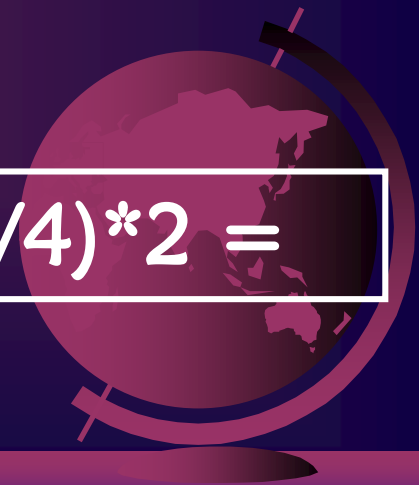
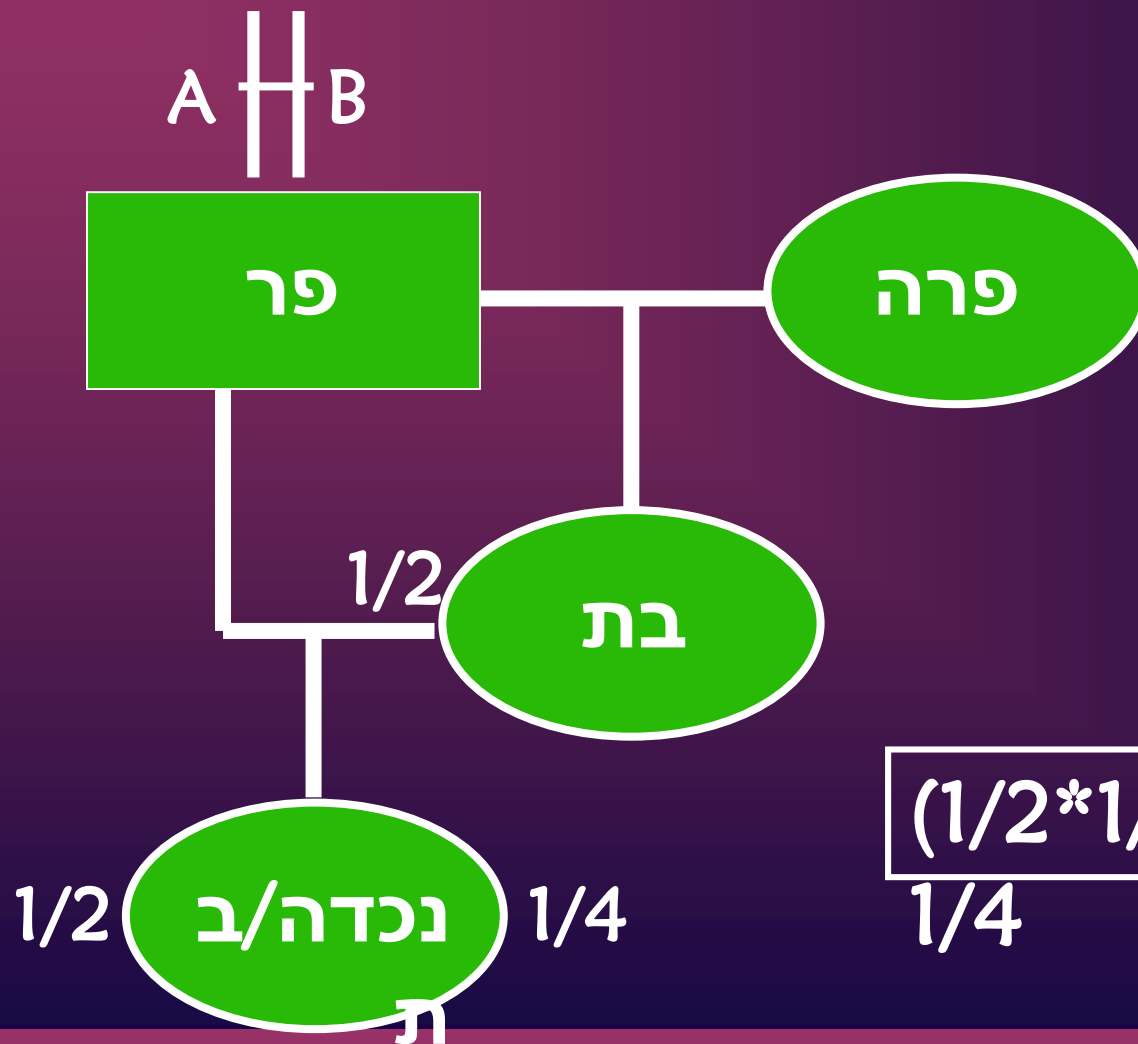
הסיכוי שצאצאה קיבל אללים זהים משני הוריו.

האללים זהים, בגלל ששני ההורים קבלו את אותו האלל מהורה משותף:

“Identity by descent”



דוגמא, הזרעת בת ע"י אבא שלה



תופעות שליליות של ריבוי בשארות

גנים לטאלים רצסיביים, הנמצאים באוכלוסייה בתדירות נמוכה ומופיעים במצב הומוזיגוטים גורמים למוות.

דוגמאות: BLAD, CVM הם גנים רצסיביים לטאליים בבקר לחלב שגרמו לנזק משמעותי. הפר BELL היה מקור שני הגנים.

המחשה : נניח שתדירות האלל הלטאלי = 0.001. הסיכוי שפרט יהיה הומוזיגוט ע"י זיווגי אקראי שווה $= (0.001)^2 = 10^{-6}$.

כאשר יש פרט עם 0.25 ריבוי בשארות, ההסתברות להומוזיגוט לטאלי עולה ל: 0.000125, יותר מפי מאה.




השפעת ריבוי בשארות על רוחיות החקלאי (תכונות רציפות)

בארה"ב הנזק הוערך בכ-25\$ לכל תוספת של אחוז
גידול בשארות.

VanRaden, P. M. 2017. Genomic tools to improve
progress and preserve variation for future
generations. EAAP abstract 26496.

הנטייה לעלייה בשיעור הגידול בשארות עלולה להיות
חמורה באוכלוסיית הבקר הישראלי עקב גודלו
הקטן והסלקציה החזקה, המתבטאת בשימוש של
מספר קטן של פרים בכל שנה.



חישוב ריבוי בשארות ברמת האוכלוסייה

- ריבוי בשארות מצטבר לאורך הדורות.
- לכן, חישוב של ריבוי בשארות חייב להתחשב בכל הפרטים באוכלוסייה בכל הדורות וברמת הקרבה בשארות של ההורה הזוהה (אחוז הומוזיגוטים).



האלגוריתם של Meuwissen and Luo לחישוב שיעור הריבוי בשארות

האלגוריתם של Meuwissen and Luo מהיר מאוד על אוכלוסיות גדולות. ניתן גם להשתמש באלגוריתם לחישוב גידול בשארות של פרטים נוספים או זיווג מוצע.

T.H.E. Meuwissen and Z. Luo. 1992. Computing inbreeding coefficients in large populations. *Genet. Sel. Evol.* 24:305-313.



המצב בארץ

בארץ נהוגים שני מהלכים לצמצום שיעור הגידול בשארות:

1. שימוש בפרי חו"ל כאבות לכמעט חצי מפרי הרבייה. משטר זה נהוג מאז שנות החמישים.
2. האלגוריתם של Meuwissen and Luo מיושם בתכנית הניהול נעה. התוכנה מחשב את שיעור הגידול בשארות של כל זיווג מוצע, ומתריע במידה ששיעור הגידול בשארות עלה על 3.125%.



מטרות המחקר

מטרות המחקר הנוכחי הינן:

1. לאמוד את שיעור העלייה של גידול בשארות לאורך זמן.

2. לאמוד השפעת גידול בשארות על התכונות הכלכליות ואינדקס הטיפוח בעדר הבקר הישראלי.



תיאור קובץ הנתונים

- קבץ הנתונים מתחיל ב-1919.
- יש רישום מלא של פרים החל מ-1964, ורישום מלא של פרות החל מ-1984.
- מ-1976 עד 1983 יש רישום כמעט מלא של אבות הפרות.
- לפני 1971 יש רק רישום של הורים של פרים.
- לכן, שנת 1971 היא למעשה נקודת המוצא לחיזוי המגמה של ריבוי בשארות.



אחוז הפרות עם הורים ידועים לפי שנה הלידה

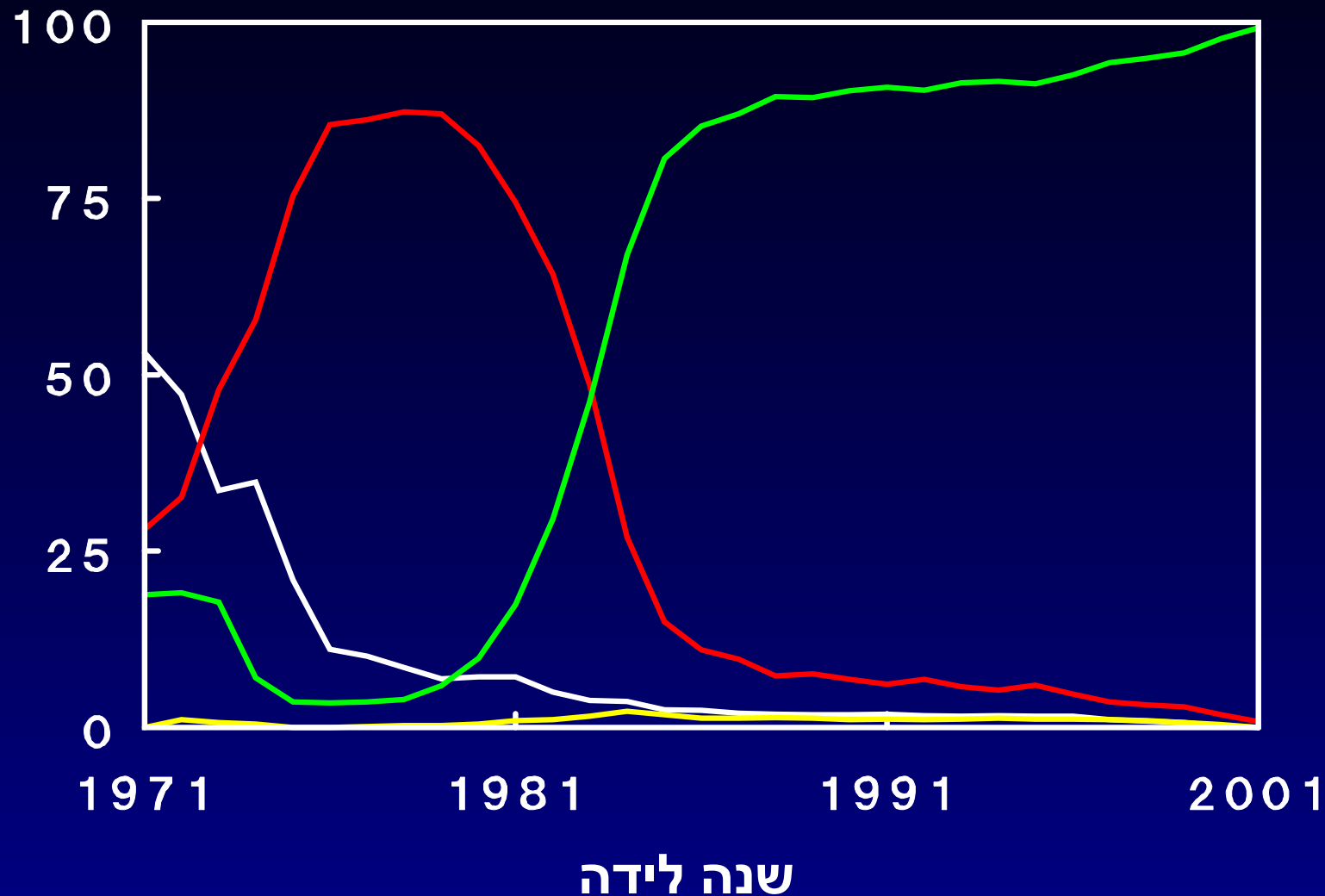
הורים לא ידועים

אב ידוע

אם ידוע

הורים ידועים

אחוז הפרות



אחוז הפרים עם הורים ידועים לפי שנה לידה

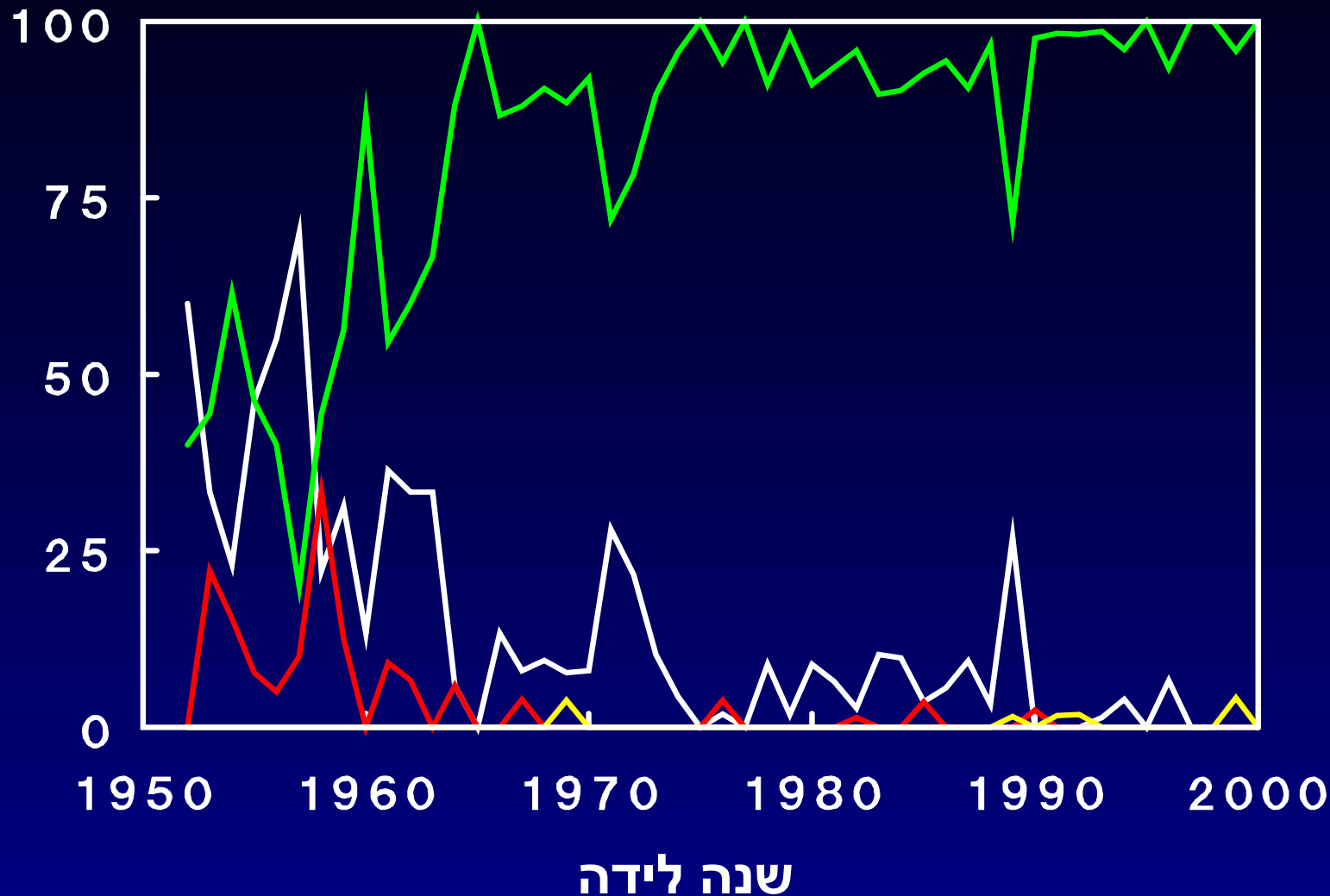
הורים לא ידועים

אב ידוע

אם ידועה

הורים ידועים

אחוז הפרים



שיעור ההורים הידועים

- החל מ-1958 האב ידוע עבור רוב הפרים.
- החל מ-1964 שני ההורים ידועים עבור רוב הפרים.
- קיים מעט מאוד פרים ופרות עם אם ידועה ואב לא ידוע.
- לפי האלגוריתם שהשתמשנו לחישוב ריבוי בשארות, רק לפרטים עם שני הורים רשומים יהיו ריבוי בשארות חיובי!

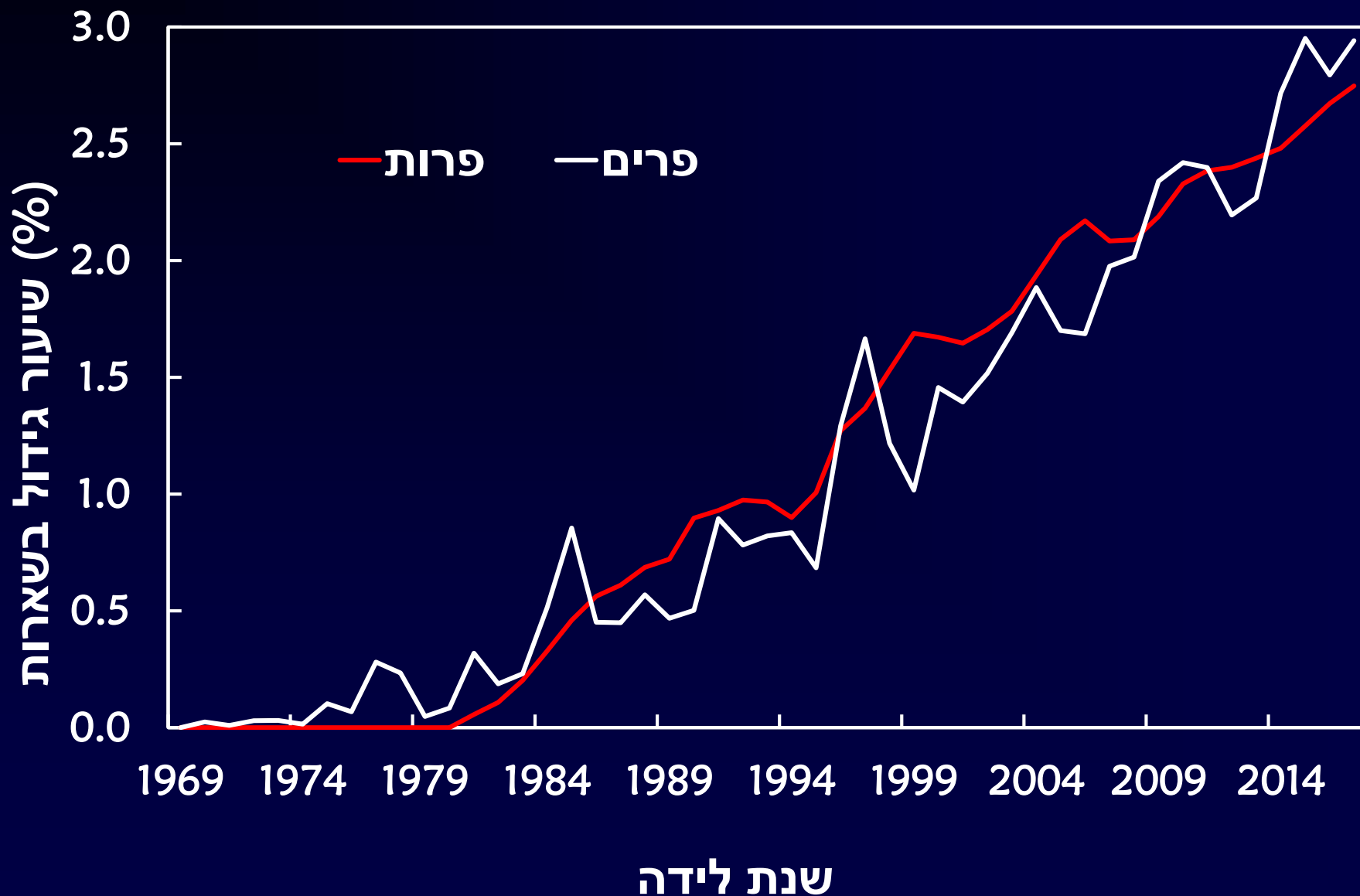


פרטי הניתוח לחישוב שיעור הגידול בשארות

➤ הניתוח כלל 2149 פרי הולשטיין ישראלים שנולדו בין 1969 ו-2017 ו-1,252,983 פרות רשומות בספר העדר שנולדו בין 1981 ו-2017.



ממוצע גידול בשארות לפי שנת לידה



מסקנות מניתוח שיעור הגידול בשארות לפי שנת הלידה

➤ הרגרסיות היו 0.065% לשנה עבור פרים שנולדו בין 1969 ו-2017, ו-0.073% עבור פרות שנולדו בין 1981 ו-2017.

➤ שתי הרגרסיות היו מובהקות ($p < 0.001$).

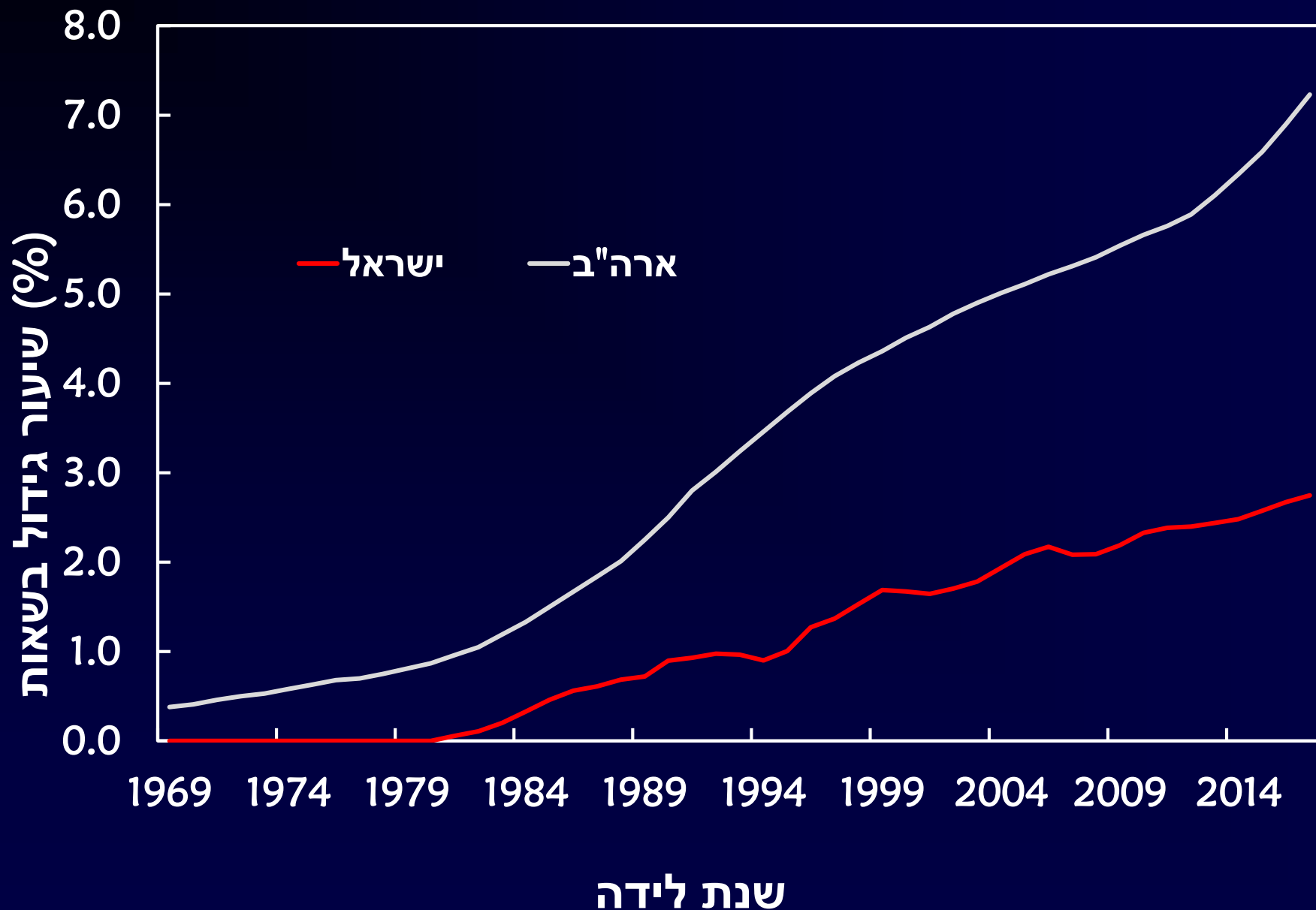
➤ במשך העשור האחרון הרגרסיה עבור פרות ירדה ל-0.068% לשנה.

➤ בהתאם לרגרסיות, הנטיות בציר היו דומות עבור פרים ופרות, אך התנודות היו גדולות יותר עבור הפרים, עקב מספר הפרים המצומצם בכל שנה.

➤ בשנת 2017 הגענו לממוצע של 2.94% גידול בשארות עבור פרים ו-2.75% עבור פרות.



ממוצע גידול בשארות פרות ישראל וארה"ב לפי שנת לידה



השוואה עם ארה"ב

- כללית שיעור ריבוי בשארות בארץ נמוך מאוכלוסיות הולשטיין אחרות.
 - בארה"ב רמת ריבוי בשארות של פרות שנולדו בשנת 2018 שווה ל-7.59%, עלייה מ-5.66% ילידות 2010 ו-4.51% ילידות שנת 2000.
- <https://queries.uscdcb.com/eval/summary/inbrd.cfm>
- יתכן שחלק מהפער נובע מאילן ייחוסין מלא יותר באוכלוסייה האמריקאית.



ניתוח השפעות גידול בשארות על התכונות באינדקס הטיפוח

- לא ניתן לאמוד את השפעת הגידול בשארות ע"י מודל ליניארי פשוט, כאשר אומדן ההורשה הוא הגורם התלוי ורמת הגידול בשארות הוא הגורם הבלתי-תלוי, בגלל העלייה של שני הגורמים לאורך זמן.
- לכן, כדי לקבל אומדן בלתי מוטה של השפעת הגידול בשארות על התכונות הכללות באינדקס הטיפוח, PD16, היה נחוץ להריץ את מודל הניתוח הגנטי עם השפעת הגידול בשארות כגורם במודל.
- מודל הניתוח בארץ הוא מודל ה"פרט הבודד הרב-תכונתי", כאשר כל תחלובה נחשבת תכונה אחרת.



השפעה לפי רמות או השפעה קווי?

➤ **בניתוח הראשון של תכונות יבול חלב חישבנו את השפעת הגידול בשארות לפי רמות של אחוז, כאשר כל הפרות עם יותר מ-6.0% נכללו ברמה אחת.**

➤ **נתקבל - השפעת הגידול בשארות קווית, בדומה לתוצאות מחו"ל.**

➤ **לכן, עבור כל התכונות התייחסנו להשפעת הגידול בשארות כרגרסיה קווית.**



ההשפעות 1% גידול בשארות על התכונות הכללות ב-PD16

השפעת גידול בשארות				
בישראל		בארה"ב ¹	סטיית תקן	
ביחידות ס"ת גנטית	ביחידות התכונה	ביחידות התכונה	גנטית	התכונות
-0.036	-32.5	-29.0	910	חלב (ק"ג)
-0.030	-0.97	-1.1	32.1	שומן (ק"ג)
-0.041	-0.93	-0.9	22.6	חלבון (ק"ג)
0.005	0.0023	0.004	0.47	לרת"ס ²
-0.024	-0.17	-0.16	7.1	פוריות (%)
-0.017	-3.5	-8.0	205	הישרדות (ימים)
-0.004	-0.021		5.44	התמדה (%)
-0.027	-35.3	\$25	1284	אינדקס טיפוח

¹ Vanikaden, P. M. 2017. Genomic tools to improve progress and preserve variation for future generations. EAAP abstract 26496.

מסקנות בקשר להשפעת גידול בשארות על התכונות הכלכליות

- ההשפעות של עלייה בגידול בשארות הייתה שלילית מבחינה כלכלית על כל התכונות, כולל לוג ריכוז תאים סומאטיים (לרת"ס). יחסית לסטיית תקן הגנטי, ההשפעה החזקה ביותר הייתה על ק"ג חלבון, וההשפעה החלשה ביותר הייתה על התמדת תנובת החלב.
- ההשפעה על PD16 הייתה 35 יחידות אינדקס או 2.7% מסטיית התקן הגנטית.
- היות והרמה הכללית של גידול בשארות עדיין נמוכה באוכלוסיית הפרות בישראל, הכללת השפעת גורם זה במודל כמעט לא תשפיע על אומדני התורשה של הפרטים.
- המתאם בין אומדני התורשה בין שני המודלים היה מעל 0.99.



השוואה לעומת ארה"ב

- וון-רדן ב-2017 קיבל תוצאות מאוד דומות עבור השפעות גידול בשארות באוכלוסיית ההולשטיין של ארה"ב; להוציא הישרדות, עם השפעה של 8 ימים, לעומת 3.5 ימים בארץ.
- בארה"ב המדד לפוריות אחרת ולא מחשבים התמדה.
- בשנת 2017 ממוצע שיעור גידול בשארות היה פי 2.6 (7.24/2.75) בארה"ב לעומת ישראל ומודל הניתוח בארה"ב הוא מודל הפרט החד-תכונתי, לעומת מודל הב-תכונות בישראל.



מטריצת ייחוסין לעומת סמנים גנטיים

- הניתוחים במחקר זה היו במבוססים על גידול בשארות הכללי לפי מטריצת אילן הייחוסין, בהנחה שההשפעה שווה לארך הגינום.
- פרייס ושות' (2014) כבר הראו שהשפעות גידול בשארות אינן אחידות לאורך הגנום, ויש אזורים עם השפעות חזקות יותר.

Pryce, J. E. 2014. Identification of genomic regions associated with inbreeding depression in Holstein and Jersey dairy cattle. *Genet. Sel. Evol.* 46:71.



המשך המחקר

- קיימים בארץ יותר מ-1300 פרים וכ-5000 פרות עם אומדני הורשה וגנוטיפים ליותר מ-50,000 סמנים לפי שבבי דנא.
- בשלב הבא ננסה להשוות בין השפעת גידול בשארות לפי אילן ייחוסין, והשפעת גידול בשארות לפי גנוטיפים.

Invited review: Inbreeding in genomic era: Inbreeding, inbreeding depression, and management of genomic variability. J. T. Howard et al. JDS 100:6009-6024, 2017.



Thank you

谢谢你

