

Estimation of genetic parameters of lactation curves of Iranian Holstein cows

R Jafarzadeh Gadimi^{1*}, J Shodja Ghias², S Alijani², A Rafat² and M Sheikho³

Received: 2024-05-11

Accepted: 2024-06-29

1PhD Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Ahar, Iran

*Corresponding author: E mail: r.jghadimi@tabrizu.ac.ir

 پژوهش‌های دامی علوم دامی Animal Science Research	Journal of Animal Science Research / vol.35 No.1/ 2025/pp 27-38 https://animalscience.tabrizu.ac.ir	 OPEN ACCESS
© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/) DOI: 10.22034/AS.2024.61435.1742		

Introduction: The graphical representation of milk production in a lactation period in the form of a diagram is called a lactation curve. The lactation curve shows the biological efficiency of an animal and can be a tool for management and selection. The shape of the lactation curve is characterized by the initial incremental slope of the curve, the peak production value, the peak time, the slope of the curve after the peak production (continuation of lactation) and the length of the lactation period. The shape of the lactation curve provides valuable information that is essential for evaluating the biological and economic performance of an individual or herd and is useful for genetic evaluation and screening, health testing, nutritional management decisions, and planning purposes. Estimating the genetic parameters of the lactation curve and knowing the values of the parameters can be useful in designing breeding programs and predicting genetic improvements and herd management. According to the very limited research related to the use of the MilkBot function in fitting the lactation curves and the genetic investigation of curve parameters for Iranian Holstein cows, this research aims to fit the lactation curve of the first, second and third abdominal cows and the genetic investigation of the parameters of the lactation curve of cows was designed and executed.

Material and Methods: In this study, 1650669, 1198923 and 781859 test day records of 122455, 91064 and 60024 first, second and third calving cows belonging to 17 herds between 2012 and 2023 that were collected by Arin Delta Gen International Company were used. The data were edited based on the following manner: lactation days between 5 and 325 days, the number of test day records for each animal at least 5 records, calving age for cows in the first parity between 21 and 48 months, for cows in the second lactation 33 to 60 and 45 to 72 were considered for cows in the third parity. Gaines, Wood, Wilmink and MilkBot Model were used to fit lactation curves. The NLIN procedure of SAS9.4 software and Gauss-Newton algorithm were used to fit lactation curves. The AIC criterion was used to select the best model. After the parameters of the curve for the animals were individually fitted using the best model. The parameters estimated for the animals were used as traits to estimate the (co)variance components and genetic parameters. A multi-trait animal model was used to estimate (co)variance components. To estimate the (co)variance components, the restricted maximum likelihood method and AI algorithm used. Airemlf90 software was used to estimate variance components.

Results and Discussion: The MilkBot model was chosen as the best model for all three lactations. It can be seen that cows with the first Lactation reached the peak of production later and also have better

milking Persistency and these results are consistent with the physiology of cows and the production process of different lactation cows. Estimated heritability for the cows of the first lactation is equal to 0.107 (0.040), 0.052 (0.020), 0.034 (0.010) and 0.019 (0.020) respectively. The second is equal to 0.110 (0.050), 0.014 (0.010), 0.029 (0.020) and 0.086 (0.011) and for the cows of the third Lactation is 0.123, (0.010) 0.078, (0.051) 0.026 and (0.020) 0.0631. The genetic correlation between parameters of lactation curve was obtained in the range of -0.085 between parameters a and d of the first Lactation cows and 0.891 between parameters a and b . Phenotypic correlation was obtained in the range of 0.119 between b and c parameters of the second Lactation cows and 0.697 between a and c parameters of the third Lactation cows. In general, the heritability's obtained for the lactation curve are low and only first parameter has a relatively moderate heritability. The small heritability of these traits indicates that the lactation curve has been greatly influenced by environmental factors and as a result of the genetic selection of these traits there has been little genetic progress and it takes many generations to reach an optimal level. One of the possible ways to improve the lactation curve is to examine the traits that have a high genetic correlation with the parameters of the lactation curve and have suitable heritability, which can be used as a suitable criterion to improve the shape of the lactation curve. The range of genetic correlations is between -0.085 to 0.891 and the range of phenotypic correlations is between 0.119 and 0.697. The genetic correlation between parameter a and parameters b , c and d show that the highest genetic correlation is between parameter a and b and the phenotypic correlation is between parameter a and parameter c . The positive correlation between initial production and the increasing slope to peak production indicates that cows with higher initial production reach peak production at a suitable fast.

Conclusion: Based on the findings of this research, the MilkBot model was chosen as a very efficient model in fitting the lactation curve and also estimating important parameters in the management and genetic improvement of herds. The heritability of the parameters of the lactation curve shows the low effect of the additive genetic effect on the shape and structure of the curve, and it can be concluded that genetic factors are less effective on the curve than other factors such as environmental factors, and as a result, a large number of generations is needed for the genetic improvement of the herd. It is necessary in terms of the lactation curve. Genetic correlation of lactation curve parameters with other traits can be an important and appropriate way to improve the genetics of lactation curve by selecting correlated traits.

Key words: Daily test records, Genetic parameters, Holstein cows, Lactation curve

برآورد پارامترهای ژنتیکی منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایرانی

رامین جعفرزاده قدیمی^{۱*}، جلیل شجاع غیاث^۲، صادق علیجانی^۲، سیدعباس رافت^۲، محمدرضا شیخلو^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۴

۱ دانشجوی دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲ استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳ دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: r.jghadimi@tabrizu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: برآورد پارامترهای ژنتیکی منحنی شیردهی می تواند در طراحی برنامه های اصلاحی و پیش‌بینی پیشرفت‌های ژنتیکی و مدیریت گله مفید باشد. **هدف:** بررسی ژنتیکی منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایران در سه شکم زایش ابتدایی بود. **روش کار:** با استفاده از رکوردهای روزآزمون ۱۷ گله شامل ۱۶۵۰۶۶۹، ۱۱۹۸۹۲۳ و ۷۸۱۸۵۹ رکورد تولید شیر جمع‌آوری شده بین سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۲ گاوهای شکم اول تا سوم، چهار تابع گینس، وود، میلک بات و ویلمینک با استفاده از رویه NLIN نرم افزار SAS برازش شدند. سپس با استفاده از معیار AIC بهترین تابع منحنی شیردهی انتخاب شد. برای برآورد اجزای (کو)واریانس و بررسی ژنتیکی پارامترهای منحنی شیردهی از یک مدل حیوانی چهار صفت با روش REML استفاده گردید. **نتایج:** برای هر سه شکم مدل میلک بات به‌عنوان بهترین تابع برازش داده‌ها انتخاب شد. وراثت پذیری برای پارامترهای تابع میلک بات گاوهای شکم اول به ترتیب برابر (۰/۰۴۰) (۰/۱۰۷)، (۰/۰۲۰) (۰/۰۵۲)، (۰/۰۱۰) (۰/۰۳۴) و (۰/۰۲۰) (۰/۰۱۹)، برای گاوهای شکم دوم برابر (۰/۰۵۰) (۰/۱۱۰)، (۰/۰۱۰) (۰/۰۱۴)، (۰/۰۲۰) (۰/۰۲۹) و (۰/۰۱۱) (۰/۰۸۶) و برای گاوهای شکم سوم برابر (۰/۰۱۳) (۰/۱۲۳)، (۰/۰۱۰) (۰/۰۷۸)، (۰/۰۵۱) (۰/۰۲۶) و (۰/۰۲۰) (۰/۰۶۳۱) به‌دست آمد. همبستگی ژنتیکی بین پارامترهای منحنی شیردهی در دامنه -۰/۰۸۵- بین پارامتر a و d گاوهای شکم اول و ۰/۸۹۱ بین پارامتر a و b شکم دوم به‌دست آمد. همبستگی فنوتیپی در دامنه ۰/۱۱۹ بین پارامتر b و c گاوهای شکم دوم و ۰/۶۹۷ بین پارامتر a و c گاوهای شکم سوم به دست آمد. **نتیجه گیری نهایی:** مقادیر وراثت‌پذیری‌ها نشان داد که پارامترهای منحنی شیردهی تابع میلک بات بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارند و در نتیجه انتخاب ژنتیکی در کوتاه مدت پیشرفت قابل توجهی را منجر نشده و نیاز به نسل های بیشتری برای رسیدن به یک سطح قابل قبول پیشرفت ژنتیکی می باشد.

واژگان کلیدی: پارامترهای ژنتیکی، رکوردهای روزآزمون، هلشتاین، منحنی شیردهی

مقدمه

پرورش حیوانات اهلی فعالیت اقتصادی است و توصیه های به‌نژادی باید از نظر اقتصادی و همچنین ملاحظات ژنتیکی، مورد بررسی قرار گیرند. یکی از اهداف اصلی اجرای برنامه های اصلاح نژادی افزایش توان ژنتیکی حیوانات مزرعه‌ای برای صفات مهم اقتصادی در گله‌های شیری می‌باشد (آرین فر و همکاران ۱۴۰۲ و لویز و همکاران ۲۰۱۹). موفقیت برنامه های اصلاح نژادی وابسته به شناسایی دام‌های با ظرفیت ژنتیکی بالا می‌باشد تا این دام‌ها نتاجی با عملکرد بهتر نسبت به دام‌های دیگر در محیط‌های مختلف داشته باشند (فرهنگ فر ۱۳۹۴). نمایش روند تولید شیر در یک دوره ی شیردهی به‌صورت شکلی، منحنی شیردهی نامیده می‌شود (مهربان و همکاران ۱۳۸۸ و رجبعلی زاده و همکاران ۱۴۰۱). منحنی شیردهی بازده بیولوژیکی یک دام را نشان داده و می‌تواند وسیله‌ای برای مدیریت و به‌گزینی باشد. شکل منحنی شیردهی با شیب افزایشی اولیه منحنی، مقدار اوج تولید، مدت زمان اوج، شیب منحنی پس از اوج تولید (تداوم شیردهی) و طول دوره شیردهی مشخص می‌شود (وال-اریاولا و همکاران ۲۰۰۴؛ فرهنگ فر ۱۳۹۴ و آتشی و همکاران ۲۰۲۰). مقدار اوج تولید و تداوم شیردهی از صفات بسیار مهم اقتصادی در گاوهای شیری هستند. منحنی شیردهی پس از زایش به اوج تولید رسیده و سپس تا زمان خشکی به‌طور پیوسته کاهش پیدا می‌کند. ویژگی‌هایی مانند حداکثر تولید روزانه، زمان رسیدن به اوج تولید و تداوم شیردهی را می‌توان به‌طور مستقیم از منحنی‌های شیردهی استنتاج کرد. شکل منحنی شیردهی اطلاعات ارزشمندی را ارائه می‌دهد که برای ارزیابی کارایی بیولوژیکی و اقتصادی انفرادی دام یا گله ضروری و برای ارزیابی و بررسی ژنتیکی، تست سلامتی، تصمیمات مدیریتی، تغذیه و اهداف برنامه‌ریزی مفید است (ارلیچ ۲۰۱۱ و نادری ۲۰۱۸). مدل‌های ریاضی تجربی منحنی‌های شیردهی، توابع منظم $y = f(t)$ هستند که برای مقادیر تولید روزانه

شیر (y) و فاصله از زایش (t) تعریف می‌شوند که در صنعت گاو شیری برای اهداف اصلاحی و مدیریتی استفاده می‌شوند (ماسیوتا و همکاران ۲۰۰۵). مدل‌های ریاضی مانند تابع گامای ناقص، ویلمینک، علی و شفر، چندجمله‌ای های لژاندر، اسپالین‌های خطی و میلک‌بات برای توصیف منحنی شیردهی گاوها استفاده شده است. توابع مورد استفاده برای توصیف منحنی شیردهی در دو گروه توابع خطی و غیرخطی طبقه بندی می‌شوند (حسن پور و همکاران ۱۳۹۱). آرین فر و همکاران (۱۴۰۱) همبستگی ژنتیکی بین تولید شیر ۳۰۵ روز و مقدار تولید در اوج تولید را ۰/۹۵۸ گزارش کردند. بختیاری زاده و مرادی شهربابک (۱۳۸۹) وراثت‌پذیری برای پارامترهای منحنی شیردهی را با استفاده از تابع گامای ناقص برآورد کرده و مقدار وراثت‌پذیری را برای پارامترهای a ، b و c را در محدوده ۰/۲۰ برآورد کرده و نتیجه گرفتند که منحنی شیردهی و پارامترهای آن بیشتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار دارد. آتشی و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تابع میلک‌بات پارامترهای منحنی شیردهی را برای رکوردهای روزآزمون گله‌های مربوط به چهار کشور هلند، بلژیک، بریتانیا و دانمارک برازش کرده و وراثت‌پذیری پارامترهای این منحنی را برای گاوهای شکم اول و گاوهای چند شکم به‌ترتیب برای پارامتر a ، ۰/۳۱ و ۰/۲۱، برای پارامتر b ، ۰/۱۲ و ۰/۰۶ و برای پارامتر d ۰/۱۹ و ۰/۲۰ گزارش کردند. با توجه به تحقیقات بسیار محدود در ارتباط با استفاده از تابع میلک‌بات در برازش منحنی‌های شیردهی و بررسی ژنتیکی پارامترهای منحنی برای گاوهای هلشتاین ایران، این تحقیق با هدف توصیف ریاضی منحنی شیردهی گاوهای شکم اول، دوم و سوم و بررسی ژنتیکی پارامترهای منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایران اجرا گردید.

مواد و روش ها

در این مطالعه به ترتیب تعداد ۱۶۵۰۶۶۹، ۱۱۹۸۹۲۳ و ۷۸۱۸۵۹ رکورد روز آزمون شیر مربوط به ۱۲۲۴۵۵، ۹۱۰۶۴ و ۶۰۰۲۴ رأس گاو شکم اول، دوم و سوم متعلق به ۱۷ گله گاوشیری استان اصفهان بین سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۲ که توسط شرکت بین المللی آراین دلتاژن جمع آوری شده بود، استفاده گردید. در اولین گام، داده ها بر اساس آستانه های ذیل ویرایش شدند: روزهای

شیردهی بین ۵ تا ۳۲۵، تعداد رکوردهای روزآزمون برای هر دام حداقل ۵ رکورد، سن گوساله زایی برای گاوهای شکم اول بین ۲۱ تا ۴۸ ماه، برای گاوهای شکم دوم ۳۳ تا ۶۰ و برای گاوهای شکم سوم ۴۵ تا ۷۲ در نظر گرفته شد. در این تحقیق، از چهار مدل گینس، وود، ویلمینک و میلک بات برای برازش منحنی های شیردهی استفاده گردید که معادله ریاضی این مدل ها در جدول ۱ ارائه گردیده است.

Table 1- Functions used to describe the lactation curve of dairy cows

Equation	No. of parameters	Functional form
Gaines	2	$Y = ae^{-bt}$
Wood	3	$Y = at^be^{-ct}$
Wilmlink	3	$Y = a + be^{-0.05t+ct}$
MilkBot	4	$Y = a(1 - \exp^{(c-t/b)/2}) \exp^{-dt}$

Y is milk yield(kg/d), t is time of lactation (DIM), and a, b, c, d, g and h are parameters that define the scale and shape of the curve.

استفاده از بهترین مدل انتخاب شده برازش گردید. پس از برآورد پارامترهای منحنی برای هر دام، خصوصیات شیردهی شامل زمان رسیدن به اوج تولید، مقدار تولید در اوج، تداوم شیردهی و شیر ۳۰۵ با استفاده از معادلات (ارلیچ ۲۰۱۱) ارائه شده در جدول ۲ محاسبه گردید.

از رویه ی NLIN نرم افزار SAS (ویرایش ۹.۴) و الگوریتم گاوس - نیوتن برای برازش منحنی های شیردهی استفاده گردید. پس از برازش همه مدل ها برای شکم های مختلف، از معیار AIC برای انتخاب بهترین مدل استفاده گردید. بعد از انتخاب بهترین مدل، پارامترهای منحنی برای دام ها به صورت انفرادی با

Table 2- Equations used to calculate the additional traits from MilkBot lactation function

Trait	Functional
Peak Time	$a \exp(-d(c - b \log[2])) [a.b.c.d]] \times (1 - \frac{1}{2 \exp(\frac{c - (c - b \log[2])[a.b.c.d]}{b})})$
Peak Yield	$c - b \log[\frac{(2bd)}{1 + bd}]$
Persistency	$0.693/d$
Milk 305	$(a - a \exp(-305d))/d + (ab \exp(\frac{c}{b}) \times (-1 + \exp(-305(\frac{1}{b} + d))))/(2 + 2bd)$

واریانس-کوواریانس و پارامترهای ژنتیکی استفاده شد. یک مدل حیوانی چهار صفتی برای برآورد اجزای واریانس-کوواریانس استفاده گردید که معادله ی ریاضی این مدل به صورت زیر می باشد:

پارامتر a مربوط به تولید اولیه، پارامتر b برای افزایش تولید به اوج، پارامتر c شیب کاهشی پس از تولید و پارامتر d به عنوان نتیجه مستقیم برای تداوم شیردهی می باشند. پارامترهای منحنی میلک بات برآورد شده برای گاو ها به عنوان صفات برای برآورد اجزای

$$Y_{ij} = \mu + HYS_i + b(Age_{ij} - \overline{Age..}) + BV_j + e_{ij}$$

نتایج و بحث

جدول ۳ شامل آماره های توصیفی رکوردهای روزآزمون گاو های شکم اول، دوم و سوم می باشد. نتایج جدول ۳ نشان می دهد که گاوهای شکم سوم میانگین تولید بالاتری را نسبت به گاوهای شکم اول و دوم دارند. میانگین رکوردها در بازه ای از روزهای شیردهی برای گاوهای شکم اول، دوم و سوم در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه شکل ۱ مشاهده می شود که گاوهای شکم اول به طور کلی تولید شیر کمتری داشته و همچنین در روزهای دیرتری (روز ۸۳ ام) به اوج تولید رسیده و مقدار تولید اوج کمتری نیز نسبت به گاوهای شکم دوم و سوم داشته و تداوم شیردهی بالاتری نسبت به گاوهای شکم بالاتر دارند. گاوهای شکم دوم و سوم در روزهای شیردهی پایین تری به اوج تولید رسیده و تولید اوج بالاتری نیز دارند. پارامترهای برآورد شده منحنی شیردهی با استفاده از مدل های مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است.

که در این مدل، Y_{ij} نشان دهنده ی پارامتر برآورد شده صفت برای j امین حیوان، HYS_i اثر ثابت گله-سال-فصل زایش i ام، b اثر متغیر کمکی سن در زمان زایش، BV_j اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی گاو j ام و e_{ij} اثر تصادفی باقیمانده مدل می باشد. ساختار ماتریس واریانس- کوواریانس اثرات تصادفی برای تجزیه چهارصفت به صورت زیر است:

$$\text{var} \begin{pmatrix} BV \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A \otimes G & 0 \\ 0 & I \otimes R \end{pmatrix}$$

که A برابر ماتریس روابط خویشاوندی، $\otimes$ عملگر ضرب کرونکر، G ماتریس کواریانس ژنتیکی بین صفات ($\epsilon * \epsilon$)، R ماتریس واریانس کوواریانس باقیمانده بین صفات، I ماتریس یک و BV و e به ترتیب برابر بردار تصادفی اثرات ژنتیکی افزایشی و باقیمانده می باشند. برای برآورد اجزای واریانس-کوواریانس از روش حداکثر درست نمایی محدود شده و الگوریتم AI و نرم افزار airemlf90 (مستزال ۲۰۱۴) استفاده گردید.

Table 3- Descriptive statistics of milk test day records

Lactation	Minimum(kg)	Maximum(kg)	Mean(kg)	Median(kg)	SD (kg)	CV%
1	5.00	86.20	35.67	37.00	10.02	28.09
2	5.00	89.60	39.82	41.30	13.25	33.27
3	5.00	90.00	41.17	42.70	14.50	35.22

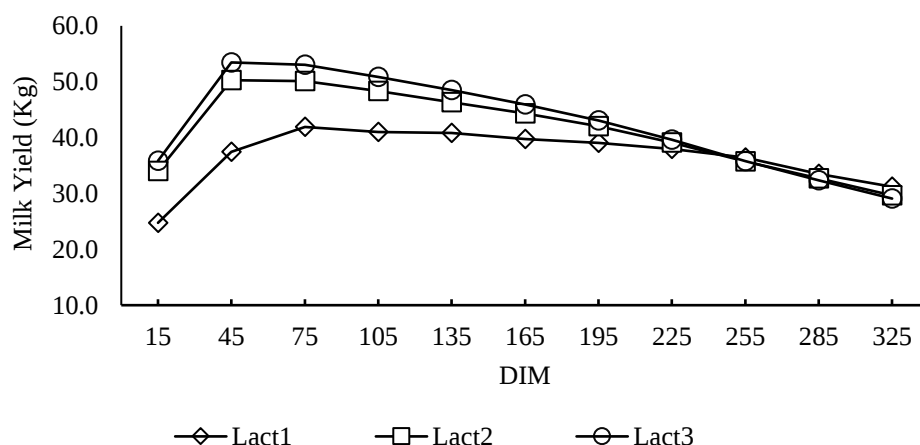


Figure 1- Average daily test day records for different lactation

Table4. Lactation Curves Parameters of different Equations in three lactations (S.E)

Lactation	Equation	a	b	c	d	AIC
1	Gaines	36.87 (0.014)	0.002 (0.0160)			3298614
	Wood	12.14 (0.021)	0.311 (0.0050)	0.0024 (0.0035)		3067966
	Wilmlink	41.95 (0.022)	-31.87 (0.0530)	-0.0134 (0.0001)		3062544
	MilkBot	47.25 (0.036)	29.25 (0.1200)	-0.5000 (0.0414)	0.001 (0.0002)	3058037
2	Gaines	48.16 (0.022)	0.001 (0.0002)			2592503
	Wood	16.51 (0.034)	0.323 (0.0006)	0.0040 (0.0052)		2423435
	Wilmlink	59.53 (0.004)	-45.17 (0.0080)	-0.1072 (0.0003)		2419521
	MilkBot	62.93 (0.053)	28.78 (0.1030)	-0.3700 (0.0362)	0.002 (0.0003)	2415856
3	Gaines	51.17 (0.029)	0.001 (0.0003)			1740005
	Wood	16.84 (0.043)	0.339 (0.0007)	0.0043 (0.0059)		1626820
	Wilmlink	64.15 (0.050)	-49.48 (0.1020)	-0.1304 (0.0004)		1623542
	MilkBot	69.11 (0.078)	29.45 (0.1330)	-0.3400 (0.0473)	0.002 (0.0005)	1621662

شکم سوّم و دوّم نسبت به گاوهای شکم اوّل تولید بهتری نشان می دهند.

روز های اوج برای گاوهای شکم اوّل برابر ۸۳ می باشد، که با گزارش بختیاری زاده و مرادی شهراباک (۱۳۸۹) و ارلیچ (۲۰۱۱) و مسعودی و ده صحرائی (۱۳۹۷) مطابقت دارد. گاوهای شکم دوّم و سوّم به ترتیب در روز های ۶۳ و ۶۰ به اوج تولید می رسند که با گزارش ارلیچ (۲۰۱۱) مطابقت دارد. آرین فر و همکاران (۱۴۰۱) روز اوج تولید برای گاوهای شکم اوّل را ۹۴ روز گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد.

همچنین مقدار تولید اوج را ۳۱/۴۷ گزارش کردند که اختلاف نسبتاً زیادی با تحقیق حاضر دارد همچنین مقدار شیر ۳۰۵ را ۷۹۸۸ گزارش نمودند، که با مقدار ۱۱۷۶۵ کیلوگرم در تحقیق حاضر متفاوت می باشد. زمان رسیدن به اوج با نتایج آتشی و همکاران (۲۰۲۰) برای گاوهای شکم اوّل و گاهای شکم بالاتر مطابقت نداشته و برآوردهای تحقیق حاضر بیشتر از مقادیر آنها می باشد. همچنین در گزارش آنها مقدار شیر ۳۰۵ روز برای گاوهای شکم اوّل ۸۲۸۶ و برای گاوهای چند شکم ۹۹۶۶ بدست آمده است که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد

با توجه به مقدار AIC، برای هر سه شکم مدل میلک بات به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید. مقدار پارامترهای برآورد شده برای مدل وود در این تحقیق برای پارامتر a کمتر از مقادیر گزارش شده مهربان و همکاران (۱۳۸۸) بوده و در دامنه مقادیر گزارش شده بختیاری زاده و مرادی شهراباک (۱۳۸۹) می باشد. پارامترهای b و c نسبت به مقادیر مهربان و همکاران (۱۳۸۸) بیشتر می باشد. برای مدل میلک بات مقادیر پارامترهای برآورد شده در دامنه مقادیر برآورد شده ارلیچ (۲۰۱۱) می باشد. به طور کلی مقدار پارامتر a در مدل میلک بات که مربوط به تولید اولیه می باشد به ترتیب برای گاوهای شکم سوّم، دوّم و اوّل می باشد. روزهای اوج، مقدار تولید شیر در اوج تولید، تداوم شیردهی و شیر ۳۰۵ برای گاوهای شکم اوّل، دوّم و سوّم در جدول ۵ ارائه گردیده است. با توجه به این جدول مشاهده می شود که گاوهای شکم اوّل دیرتر به اوج تولید رسیده و همچنین تداوم شیردهی بهتری دارند و این نتایج با فیزیولوژی گاو و روند تولید گاوهای شکم مختلف مطابقت دارد. همچنین از لحاظ اوج تولید گاوهای شکم سوّم به دلیل بلوغ و عادت پذیری بهتر به شرایط محیطی مقدار تولید اوج بالاتری داشته و همچنین از لحاظ شیر ۳۰۵ روز گاوهای

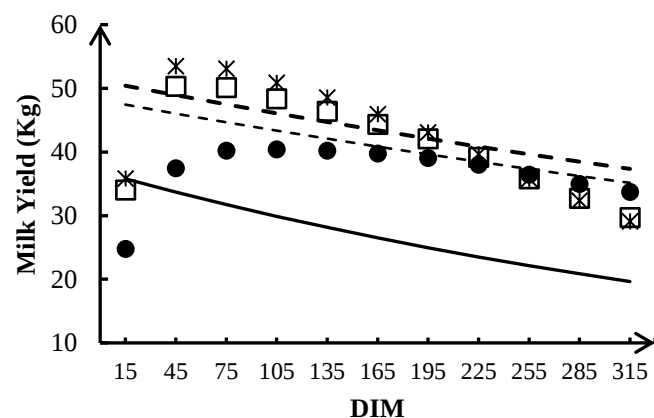
Table 5- Some result from MilkBot lactation curve parameters

Lactation	tPeak (Day)	yPeak (Kg)	Persistence	Milk305 (Kg)
1	83	42.23	693	11765
2	63	52.41	347	13525
3	60	56.20	298	14132

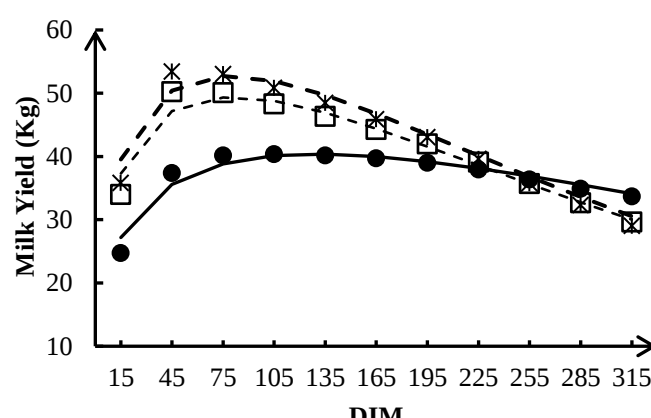
tPeak = Time of Peak (day), yPeak = Yield of Peak Time (kg)

شکل ۲ شامل برازش رکوردهای روزآزمون با استفاده از توابع مختلف مورد استفاده برای شکم‌های مختلف می باشد. با توجه به این شکل مشاهده می شود که تابع میلک‌بات برای شکم‌های مختلف دارای حداقل فاصله بین رکوردهای مشاهده شده و پیش بینی شده می باشد.

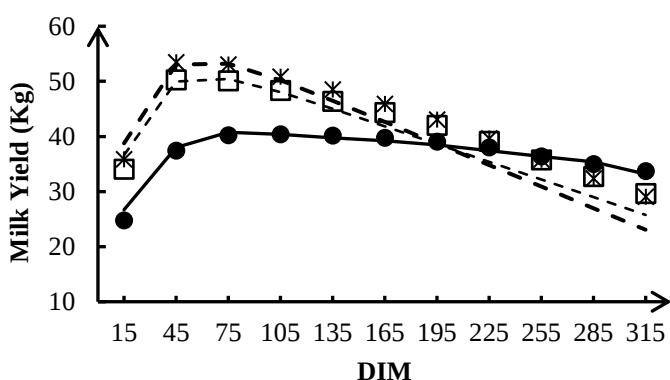
از این تابع، توابع وود و ویلمینک به ترتیب بهترین برازش منحنی را برای شکم‌های مختلف داشته اند. از دلایل این تفاوت ها می توان به شرایط پرورش، بازه سال های مورد استفاده رکوردها و همچنین میزان و تعداد گله ها با تنوع آب و هوایی مختلف می باشد.



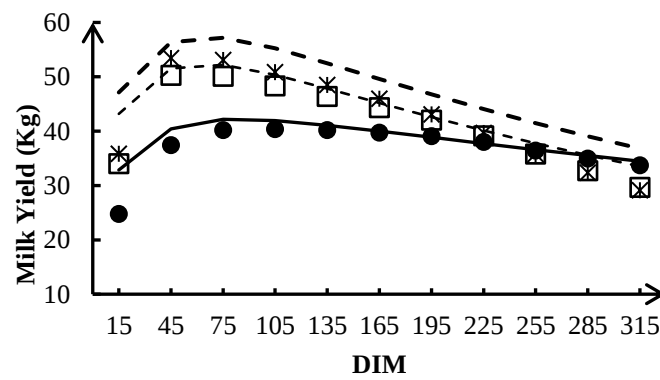
(i)



(ii)



(iii)



(iv)

● ObsL1 ——— PreL1
□ ObsL2 - - - - PreL2
× ObsL3 - - - - PreL3

Figure 2- Comparison of Observed (Obs) milk and Predicted (Pre) with different functions. Figure (i) Curves by Gaines, (ii) curves by Wood, (iii) by Wilmink and (iv) by MilkBot functions.

اجزای واریانس و وراثت پذیری پارامترهای منحنی شیردهی در جدول ۶ ارائه گردیده است. محدوده وراثت

پذیری برآورد شده برای پارامترهای منحنی شیردهی از ۰/۱۶ برای پارامتر b گاوهای شکم دوم تا ۰/۱۲۳ برای

پارامتر a گاوهای شکم سوّم بدست آمد. به طور کلی وراثت پذیری های بدست آمده برای منحنی شیردهی پائین بوده و تنها پارامتر a دارای وراثت پذیری نسبتاً متوسطی می باشد. با توجه به جدول ۶، پارامتر a برای هر سه شکم دارای بالاترین مقدار وراثت پذیری می باشد که با نتایج آتشی و همکاران (۲۰۲۰) و پانگونا و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت داشته ولی برخلاف نتایج بختیاری زاده و مرادی شهربابک (۱۳۸۹) می باشد و نشان دهنده این مورد می باشد که این پارامتر نسبت به سه پارامتر دیگر بیشتر تحت تاثیر اثرات ژنتیکی افزایشی می باشد. ولی مقادیر وراثت پذیری برای سه پارامتر b ، c و d کم می باشد که با نتایج بختیاری زاده و مرادی شهربابک (۱۳۸۹)، آتشی و همکاران (۲۰۲۰) و رجبعلی زاده و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد.

وراثت پذیری کوچک این صفات نشان دهنده این موضوع است که پارامترهای منحنی شیردهی به مقدار زیادی

تحت تاثیر عوامل محیطی و اثرات غیرافزایشی ژنتیکی قرار داشته و در نتیجه انتخاب ژنتیکی این صفات پیشرفت ژنتیکی ناچیزی داشته و نسل های زیادی طول می کشد که به یک سطح مطلوب برسد و در نتیجه انتخاب صفات همبسته با وراثت پذیری بالا برای این صفات می تواند نتیجه بهتری را حاصل کند. در مقایسه با مقدار وراثت پذیری برای تولید شیر که دارای وراثت پذیری متوسطی می باشد، پارامترهای منحنی شیردهی دارای وراثت پذیری های پایینی می باشد. یکی از راه کارهای بهبود احتمالی منحنی شیردهی، بررسی صفاتی است که همبستگی ژنتیکی بالایی با پارامترهای منحنی شیردهی داشته و دارای وراثت پذیری مناسبی باشند که می توانند به عنوان یک معیار مناسب برای بهبود شکل منحنی شیردهی مورد استفاده قرار گیرند (بختیاری زاده و مرادی شهربابک ۱۳۸۹).

Table 6- Variance components and heritability of MilkBot lactation curve parameters in different lactations

MilkBot Lactation Curve Parameters		Lactation 1	Lactation 2	Lactation 3
a	Var (a)	86.8490	175.8200	256.3870
	Var (e)	723.9900	1416.1000	1826.7000
	Var (P)	810.8390	1591.9200	2083.0870
	h^2 (S.E)	0.107 (0.040)	0.110 (0.050)	0.123 (0.013)
b	Var (a)	453.5800	108.9200	101.7500
	Var (e)	8574.5000	7163.6000	1201.5400
	Var (P)	9028.0800	7272.5200	1303.2900
	h^2 (S.E)	0.052 (0.020)	0.014 (0.010)	0.078 (0.010)
c	Var (a)	43.9130	137.9800	109.2500
	Var (e)	1236.8000	4509.9000	4012.8500
	Var (P)	1280.7130	4647.8800	4122.1000
	h^2 (S.E)	0.034 (0.010)	0.029 (0.020)	0.026 (0.051)
d	Var (a)	0.0011	0.0069	0.0008
	Var (e)	0.0563	0.0726	0.0131
	Var (P)	0.0574	0.0796	0.0140
	h^2 (S.E)	0.019 (0.020)	0.086 (0.011)	0.0631 (0.020)

همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین پارامترهای منحنی شیردهی گاوهای شکم های اوّل تا سوّم در جدول ۷ نشان داده شده است.

دامنه همبستگی های ژنتیکی بین ۰/۸۹۱ تا ۰/۰۸۵ و دامنه همبستگی فنوتیپی بین ۰/۱۱۹ تا ۰/۶۹۷ می باشد. همبستگی ژنتیکی بین پارامتر a و پارامترهای b ، c و d نشان می دهد که بالاترین همبستگی ژنتیکی بین پارامتر

a و b می باشد و بالاترین همبستگی فنوتیپی بین پارامتر a و پارامتر c می باشد. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۷، همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین میزان تولید اولیه (پارامتر a) با شیب افزایشی (پارامتر b) به ترتیب برای گاوهای شکم اول برابر ۰/۸۶۰ و ۰/۵۲۲، برای گاوهای شکم دوم ۰/۸۹۱ و ۰/۵۷۵ و برای گاوهای شکم سوم به ترتیب برابر ۰/۸۷۶ و ۰/۵۱۷ می باشد. همبستگی مثبت بین تولید اولیه و شیب افزایشی به اوج تولید نشان دهنده این موضوع است که گاوهایی با تولید اولیه بالاتر با سرعت مناسبی به اوج تولید می رسند که این نتایج با مطالعه فریس و همکاران (۱۹۸۵) و بختیاری زاده و مرادی شهر بابک (۱۳۸۹) مطابقت نداشته ولی با مطالعه شانکز و همکاران (۱۹۸۰) و فرهنگ فر و رویلسون (۲۰۰۷) مطابقت دارد. همبستگی های فنوتیپی بین پارامترهای منحنی شیردهی و صفات روز اوج تولید، مقدار تولید در اوج، تداوم شیردهی و شیر ۳۰۵ بصورت زیر می باشد: همبستگی فنوتیپی بین مقدار تولید اولیه و

صفت روز اوج تولید به ترتیب برای گاوهای شکم اول برابر ۰/۴۶، برای گاوهای شکم دوم برابر ۰/۴۲ و برای گاوهای شکم سوم برابر ۰/۴۳ می باشد که با نتایج بختیاری زاده و مرادی شهر بابک (۱۳۸۹) مطابقت دارد. همبستگی بین مقدار تولید اولیه و مقدار تولید در اوج به ترتیب برابر ۰/۲۷، ۰/۲۹ و ۰/۳۱، بین مقدار تولید اولیه و تداوم شیردهی به ترتیب برابر ۰/۴۶، ۰/۴۴ و ۰/۴۴- و بین مقدار تولید اولیه و شیر ۳۰۵ به ترتیب برابر ۰/۵۱ و ۰/۵۳ می باشد که با نتایج بختیاری زاده و مرادی شهر بابک (۱۳۸۹) مطابقت ندارد. همبستگی بین پارامتر b و صفت روز اوج تولید برای شکم های اول، دوم و سوم به ترتیب برابر ۰/۵۹، ۰/۵۷ و ۰/۶۰ و بین پارامتر b و مقدار تولید در اوج به ترتیب برای شکم اول تا سوم برابر ۰/۶۰، ۰/۵۹ و ۰/۵۹، بین پارامتر b و تداوم شیردهی به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۰۸ و ۰/۰۹- و بین پارامتر b و شیر ۳۰۵ برابر ۰/۱۲، ۰/۱۱ و ۰/۱۳- می باشد.

Table 7- Estimated of genetic correlations (above diagonal) and phenotypic correlations (below diagonal) among MilkBot lactation curves parameters

Lactation	Parameters	a	b	c	d
1	a		0.860	0.569	-0.058
	b	0.522*		0.574	-0.003
	c	0.681*	0.496*		0.782
	d	0.604*	0.293 ^{ns}	0.570*	
2	a		0.891	0.521	-0.075
	b	0.575*		0.536	-0.009
	c	0.556*	0.119 ^{ns}		0.724
	d	0.610*	0.382 ^{ns}	0.411 ^{ns}	
3	a		0.876	0.502	-0.085
	b	0.517*		0.528	-0.008
	c	0.697*	0.533*		0.651
	d	0.618*	0.261 ^{ns}	0.520*	

*: Significant in 0.05

ns: Non-significant

همبستگی بین پارامتر c و صفت روز اوج تولید برای شکم های اول، دوم و سوم به ترتیب برابر ۰/۳۶، ۰/۳۵،

۰/۳۵ و بین پارامتر c و مقدار تولید در اوج به ترتیب برابر ۰/۵۹، ۰/۶۱ و ۰/۶۱ و بین پارامتر c و تداوم

بر اساس یافته های این تحقیق، تابع میلکبات به عنوان یک مدل بسیار کارآمد در برازش منحنی شیردهی و همچنین برآورد پارامترهای مهم در بحث مدیریت و بهبود ژنتیکی گله ها انتخاب گردید. وراثت پذیری پارامترهای منحنی شیردهی بیانگر تاثیر کم اثر ژنتیکی افزایشی بر شکل و ساختار منحنی بوده و می توان نتیجه گیری کرد که عوامل ژنتیکی نسبت به سایر عوامل نظیر عوامل محیطی کمتر بر منحنی موثر بوده و در نتیجه تعداد نسل های زیادی برای بهبود ژنتیکی گله ها از لحاظ منحنی شیردهی لازم می باشد. همبستگی ژنتیکی پارامترهای منحنی شیردهی با سایر صفات می تواند یک راه مهم و مناسب جهت بهبود ژنتیکی منحنی شیردهی با انتخاب صفات همبسته حاصل شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از مدیریت و پرسنل محترم شرکت بین المللی آراین دلتاژن به دلیل مساعدت های بیدریغ شان در تهیه داده ها و آماده سازی شرایط اجرای تحقیق حاضر کمال تشکر و امتنان را دارند.

شیردهی به ترتیب برابر ۰/۴۱، ۰/۴۴ و ۰/۴۶ می باشد و همبستگی با مقدار تولید ۳۰۵ به ترتیب برابر ۰/۲۰، ۰/۲۱ و ۰/۲۳ می باشد در نهایت همبستگی بین پارامتر d و صفت روز اوج تولید به ترتیب برای شکم های اول تا سوم برابر ۰/۱۳، ۰/۱۴ و ۰/۱۴ و با صفت مقدار تولید اوج برابر ۰/۴۱، ۰/۴۳ و ۰/۴۶، با صفت تداوم شیردهی برابر ۰/۰۹، ۰/۱۱ و ۰/۱۱ و با صفت شیر ۳۰۵ به ترتیب برابر ۰/۱۲، ۰/۱۳ و ۰/۱۳ می باشد. همبستگی فنوتیپی بین روز اوج و مقدار تولید در اوج برای شکم اول برابر ۰/۴۶، برای شکم دوم ۰/۴۸ و برای شکم سوم ۰/۴۸ می باشد. همبستگی بین مقدار تولید در اوج و شیر ۳۰۵ برای شکم اول ۰/۳۵، برای شکم دوم ۰/۳۷ و برای شکم سوم برابر ۰/۳۶ می باشد. همبستگی مثبت بین مقدار شیر تولید اولیه و شیر ۳۰۵ و تداوم شیردهی نشان می دهد که هر چه دام مقدار تولید اولیه بالاتری داشته باشد در نتیجه مقدار نهایی شیر تولید بیشتری خواهد داشت (آراین فر و همکاران ۱۴۰۱).

نتیجه گیری

منابع مورد استفاده

- Arianfar M, Rokouei M, Dashab Gh R and Faraji-Arough H, 2022. Investigation the relationship between lactation curve parameters and some economic traits of Iranian Holstein cows. *Animal Production Research* 11: 1-13 (In Persian).
- Atashi H, Salavati M, De Koster J, Ehrlich J, Crowe M, Opsomer G, Consortium GE and Hostens M, 2020. Genome-wide association for milk production and lactation curve parameters in Holstein dairy cows. *Journal Animal Breeding and Genetics* 137:292-304.
- Bakhtiarizadeh M and Moradi Shahrababak M, 2010. Estimation of lactation curve parameters using by Gamma function and investigate genetic relationship with udder type traits in Iranian Holstein Cows. *Iranian Animal Science Journal*, 41: 1-10 (In Persian).
- Ehrlich J L. 2011. Quantifying shape of lactation curves, and benchmark curves for common dairy breeds and parities. *Bovine Practitioner* 45: 1-18.
- Farhangfar HP and Rowlinson P, 2007. Genetic analysis of woods lactation curve for Iranian Holstein heifers. *Journal of Biological Science* 7: 127-135.
- Farhanfar H, 1394. On the lactation curve and its application in dairy cattle breeding. Pp. 1-23. Conference of new researches in animal sciences, birjand university (In Persian).
- Ferris T A, Mao IL and Anderson CR, 1985. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 68: 1438-1448.

- Hasanpour K, Aslaminejad AA and Moradi Shahrababak M, 2012. Study of milk production and milk fat percentage curves in different lactation periods in Holstein cows of Iran. *Journal of Animal Production* 14:19-31 (In Persian).
- Macciotta NPP, Vicario D and Cappio-Borlino A, 2005. Detection of Different Shapes of Lactation Curve for milk Yield in Dairy Cattle by Empirical Mathematical Models. *Journal of Dairy Science*. 88: 1178-1191.
- Martinez LI, Maria ORI and Rodriguez TC, 2019. A Study of lactation curves in dairy cattle using the optimal design of experiments methodology. *Italian Journal of Animal Science* 18: 594-600.
- Masoudi A and Rashedi Dehsahraei A, 2018. Comparison of lactation descriptive models and the study of the effect of some non-genetic factors on lactation parameters in Buffalo. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 121: 131-140 (In Persian).
- Mehraban H, Farhanfar H, Rahmania J and Soltani HA, 2009. Comparison of some functions describing the shape of the lactation curve for Holstein cows. *Journal of Iranian Animal Science research* 1: 47-55 (In Persian).
- Misztal I, Tsuruta S, Lourenco DAL, Aguilar I, Legarra A and Vitezica Z, 2014. Manual for BLUPF90 family of programs.
- Pangmao S, Thomson P C and Khatkar M S, 2022. Genetic parameters of milk and lactation curve traits of dairy cattle from research farms in Thailand. *Animal Bioscience Journal* 35: 1499-1511.
- Radjabalizadeh K, Alijani S, Gorbani A and Farahvash T, 2022. Estimation of genetic parameters of Wood's lactation curve parameters using Bayesian and REML methods for milk production trait of Holstein dairy cattle. *Journal of Applied Animal Research* 50: 363-368.
- Radjabalizadeh K, Alijani S, Ghorbani A and Farahvash T, 2022. Bayesian estimation of lactation curve parameters in Iranian dairy cows. *Journal of Animal Science* 32: 97-107 (In Persian).
- Shanks RD, Berger PJ, Freeman AE and Dickinson FN, 1980. Genetic aspects of lactation curves. *Journal of Dairy Science* 64: 1852-1860.
- Val-Arreola D, Kebreab E, Dijkstra j and France J, 2004. Study of the lactation curve in Dairy Cattle on Farms in Central Mexico. *Journal of Dairy Science*. 87:3789-3799.