Iranian Journal of Animal Science
Vol 51, No 1, Spring 2021 (51-62)
DOI: 10.22059/ijas.2021.309401.653799

علوم دامی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۰ (ص ۶۲-۵۱)

ارزیابی ژنتیکی سخت‌زایی گاوهای هلشتاین با استفاده از مدل‌های خطی و آستانه‌ای

آرزو شهسواری[۱]، محمد رزم کبیر[۲*] و امیر رشیدی[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی دکتری، استادیار و استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶)

چکیده

هدف از پژوهش کنونی ارزیابی ژنتیکی سخت‌زایی گاوهای هلشتاین با مدل‌های خطی، خطی تصحیح شده و آستانه‌ای بود. اطلاعات شامل رکوردهای ویرایش شده ۱۳۳۸۷۶ راس گاو مربوط به هشت گله از گله‌های گاو هلشتاین اصفهان بود که طی سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۹۷ توسط تعاونی وحدت جمع‌آوری شده بودند. اثر عوامل ثابت موجود در مدل شامل گله، سال-فصل زایش، جنسیت گوساله و سن اولین زایش و آثار تصادفی شامل پدر گاو و پدر گوساله و محیط دائم مادر بود. ویرایش رکوردها و کنترل کیفیت داده‌ها با نرم‌افزار SAS و ارزیابی ژنتیکی حیوانات با مدل‌های مورد مطالعه به کمک نرم‌افزار DMU انجام شد. نتایج نشان داد که گله و سال-فصل زایش، جنسیت گوساله و سن اولین زایش بر نرخ وقوع سخت‌زایی تأثیر داشتند. وراثت‌پذیری مستقیم سخت‌زایی در تلیسه‌ها و گاوها با مدل خطی به‌ترتیب ۰/۱۰ و ۰/۰۷ و با مدل آستانه‌ای به‌ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۰ برآورد شد. وراثت‌پذیری برآورد شده با مدل خطی پس از تصحیح و تبدیل به مقیاس زمینه‌ای در تلیسه‌ها به ۰/۱۹ و در گاوها به ۰/۱٤ افزایش یافت. همبستگی ژنتیکی بین اثر مستقیم و مادری در مدل‌های آستانه‌ای و خطی برای تلیسه‌ها و گاوها ۰/۵٦- تا ۰/۷٤- برآورد شد. به دلیل همبستگی‌های رتبه‌ای متفاوت، رتبه بندی حیوانات براساس ارزش اصلاحی پیش‌بینی‌شده با مدل‌های خطی و آستانه‌ای متفاوت بود. معیار آکایک محاسبه‌شده برای مدل آستانه‌ای از مدل خطی کمتر بود و بنابراین در پیش‌بینی ارزش اصلاحی حیوانات مدل آستانه‌ای نسبت به مدل خطی برتری دارد و این مدل برای ارزیابی ژنتیکی سخت‌زایی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پارامتر ژنتیکی، سخت‌زایی، مدل آستانه‌ای، مدل خطی، همبستگی رتبه‌ای.

Genetic analysis of dystocia in Holstein cattle using linear and threshold models

Arezoo Shahsavari[1], Mohammad Razmkabir[2*] and Amir Rashidi[3]
1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Assistant Professor and Professor; Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
(Received: Sep. 5, 2020 - Accepted: Mar. 6, 2021)

ABSTRACT

The objective of the present study was to perform genetic evaluation of dystocia, using linear (observed and adjusted) and threshold models in Holstein cattle. Data and pedigree information of 8 dairy herds were obtained from Vahdat Industrial Agriculturists & Dairymen Cooperative, Isfahan, Iran. Final data included 133876 calving records during 2005 to 2018. The fixed effects of the model were included, herd, year-season of calving, calf gender and age at first calving. The random effects of the model were included sire, maternal grandsire, permanent environment of dam and residual effects. Furthermore, 305-day milk yield was considered as a covariate in the final equation. Quality control and data validation were conducted in SAS and Microsoft Excel. Genetic evaluations and prediction of breeding values for dystocia was computed, using different statistical models by DMU program. Direct heritability for dystocia for heifers and other cows based on linear model were 0.10 and 0.07 and based on threshold model were 0.13 and 0.10, respectively. Estimated heritability was higher in threshold model compare to the linear model. The results of this study showed that beyond the environmental improvement, genetic selection might be an option for decreasing dystocia. Estimated heritability for heifers and other cows by the linear model were adjusted on the underlying scale to 0.19 and 0.14, respectively. Estimated correlations between direct and maternal genetic effects were negative and ranged from -0.56 to -0.74, indicating the genetic antagonism between direct and maternal effects. The Spearman rank correlations for breeding values predicted from the linear and threshold models were significant and different from 1, indicating that ranking of animals are not unique in linear and threshold models. Based on the Akaike Information Criterion (AIC), threshold model was better and more accurate than linear model for genetic analysis of dystocia in Holstein cows.

Keywords: Genetic parameters, Calving difficulty, Linear model, Rank correlation, Threshold model.

* Corresponding author E-mail: m.razmkabir@uok.ac.ir

مقدمه

صفت سخت‌زایی از مهمترین صفات تولیدمثلی است که درآمد اقتصادی پرورش گاو شیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Luo *et al*., 2002; Hickey *et al*., 2007). سخت‌زایی یکی از صفات عملکردی است که به‌طور مستقیم با افزایش هزینه‌های دامپزشکی، مرگ گوساله، مرگ گاو، افزایش هزینه‌های کارگری و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش تولید شیر، چربی شیر و پروتئین شیر سوددهی گله را کاهش می‌دهد (Tenhagen *et al*., 2007; Mark, 2004). از این رو، این صفت به‌طور گسترده‌ای در برنامه‌های ملی ارزیابی ژنتیکی بسیاری از کشورها لحاظ شده است (Mark, 2004). نرخ باروری و تولید در تلیسه‌ها و گاوهای سخت‌زا نسبت به گاوهای آسان‌زا کم‌تر است. زیرا زایمان‌های سخت ممکن است باعث مرگ دام شود. از سوی دیگر ممکن است اختلالات ژنتیکی حتی زمانی که اندازه گوساله طبیعی است، سبب مرگ گوساله شود (Barraclough *et al*., 2020; Eghbalsaied *et al*., 2012). وقوع سخت‌زایی را می‌توان از طریق مدیریت صحیح و انتخاب برای آسان‌زایی کاهش داد (Dekkers, 1994). سخت‌زایی یک صفت پیچیده بوده که بیشتر تحت تأثیر اندازه گوساله و محوطه لگنی مادر قرار دارد. این صفت از لحاظ ژنتیکی در بخش مستقیم (گوساله) و غیر مستقیم (مادری) دسته‌بندی می‌شوند (Mokhtari *et al*., 2018; Vostry *et al*., 2014). سخت‌زایی جزو صفات طبقه‌ای است که از نظر شدت دشواری به دو الی پنج سطح دسته‌بندی می‌شود (Berry *et al*., 2007). روش ارزیابی ژنتیکی صفات طبقه‌ای با صفات پیوسته فرق دارد (Abdel-Azim & Berger, 1999)، زیرا چند دسته‌ای‌بودن این صفات تجزیه و تحلیل ژنتیکی آن‌ها را مشکل‌تر می‌کند. ارزیابی ژنتیکی صفات طبقه‌ای، فاقد بسیاری از فرضیات مدل خطی مختلط از جمله توزیع نرمال است. بنابراین تعدادی از محققان به‌دلیل ضعف مدل‌های خطی در ارزیابی صفات آستانه‌ای، مدل آستانه‌ای را پیشنهاد کرده‌اند (Carlen *et al*., 2006; Gianola & Foulley, 1983). با این وجود مطالعات اندکی در مورد آنالیز داده‌ها با این مدل وجود دارد (Weller *et al*., 1988). معادله‌های مدل آستانه‌ای به صورت غیرخطی است و پیچیدگی محاسبات آن بیشتر از مدل خطی است. علاوه بر آن، ارزیابی ژنتیکی با مدل آستانه‌ای نیازمند ارزیابی دقیق اجزای واریانس در مقیاس زمینه‌ای است (Gilmour *et al*., 1987). در جمعیت گاوهای هلشتاین اسپانیا López de Maturana *et al.* (2007) با استفاده از مدل آستانه‌ای پدری-پدربزرگ مادری[1]، وراثت‌پذیری آثار ژنتیکی مستقیم برای آسان‌زایی و آثار ژنتیکی مادری را به‌ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۰۶۴ و همبستگی ژنتیکی بین این دو جزء ژنتیکی را ۰/۴۲- گزارش کردند. در پژوهش دیگری، وراثت‌پذیری صفت سخت‌زایی را با استفاده از مدل آستانه‌ای ۰/۰۵۴ و در مدل خطی ۰/۰۱۵ گزارش شد (Weller *et al*., 1988). در گاوهای هلشتاین ایران، Mokhtari *et al.* (2018) گزارش کردند آثار ژنتیکی افزایشی مادری بر صفات گوساله‌زایی در زایش نخست تأثیر دارد و در نظرگرفتن آن در مدل‌های مورد استفاده برای ارزیابی ژنتیکی ضروری است. به علاوه در نظر گرفتن وزن تولد گوساله به‌عنوان صفتی همبسته در ارزیابی ژنتیکی سخت‌زایی قابلیت پیش‌بینی این صفت در گاوهای هلشتاین را بهبود می‌دهد. هدف از انجام پژوهش کنونی آنالیز ژنتیکی سخت‌زایی در گاوهای هلشتاین ایران به کمک مدل‌های آستانه‌ای و خطی، مقایسه دو مدل خطی و آستانه‌ای در ارزیابی ژنتیکی سخت‌زایی و همچنین بررسی امکان استفاده از مدل خطی تصحیح شده به عنوان جایگزینی برای مدل آستانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش کنونی به منظور ارزیابی ژنتیکی سخت‌زایی در گاوهای شیری از ۲۸۱۷۷۲ رکورد مربوط به سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۷ در هشت گله تحت پوشش شرکت تعاونی وحدت اصفهان استفاده شد. رکوردهای سخت‌زایی در پنج دسته مطابق با شدت دشواری دسته‌بندی شدند: ۱- زایمان طبیعی، ۲- زایمان به کمک یک کارگر با آسیب ناچیز به گوساله، ۳- زایمان به کمک دو کارگر و صدمه قابل توجه به گوساله، ۴-

1. Sire-Maternal Grandsire

زایمان با احتیاج به کمک‌های بیشتر و صدمه جدی به گوساله و ۵- سزارین (Mokhtari *et al*., 2018).

در ویرایش داده‌ها که با نرم‌افزار R انجام شد، محدودیت‌های زیر در سطوح مختلف اعمال شد. سن حیوان در زمان زایش اول ۱۸ تا ۴۰ ماه در نظر گرفته شد. رکوردهای ناقص که اطلاعاتی در مورد شماره گله، سال تولد، شکم زایش، فصل زایش و نمره سخت‌زایی نداشتند طی ویرایش حذف شدند. به دلیل اطلاعات کم و ناقص، سال‌های قبل از ۱۳۸۴ و همچنین نوبت زایش بالاتر از سه شکم از مجموع داده‌ها حذف شدند. سطح تولید شیر تصحیح‌شده (۳۰۵ روز) در دامنه ۴۰۰۰ تا ۲۳۵۰۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد. پس از ویرایش اطلاعات، ۱۳۳۸۷۶ رکورد باقی ماند. اما برای ارزیابی ژنتیکی پدرها، که شماره آن‌ها ثبت نشده و ناقص بودند از مجموع داده‌ها حذف شدند و در نهایت ۲۰۰۲۸ رکورد از چهار گله مربوط به سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۷ برای تلیسه‌ها و ۴۱۷۱۶ رکورد برای گاوها مورد بررسی قرار گرفت. آماده‌سازی شجره با نرم افزارهای DmuTrace (Madsen, 2010) و CFC (Sargolzaei *et al*., 2006) انجام شد و خلاصه اطلاعات مربوط در فایل شجره در جدول ۱ ارائه شده است. آزمون معنی‌داری اثرات سطوح عوامل ثابت بر صفت سخت‌زایی با رویه GLM نرم‌افزار SAS (SAS Institute, version 9.4) انجام شد. برای این منظور اثرات گله، سال-فصل، سن اولین زایش، سطح تولید و جنسیت گوساله بررسی شد. پارامترهای ژنتیکی سخت‌زایی با دو مدل خطی و آستانه‌ای با روش حداکثر درست‌نمایی محدود شده در نرم افزار DMU (Madsen and Jensen, 2013) برآورد شد.

صفت سخت‌زایی ماهیت آستانه‌ای دارد و از لحاظ تئوری نشان داده شده است که مدل‌های آستانه‌ای برای تجزیه ژنتیکی صفات طبقه‌ای مناسب‌تر از مدل‌های خطی می‌باشند (Gianola, 1982). در تحقیقات پیشین، عمده مدل‌های آستانه‌ای برای تجزیه و تحلیل ژنتیکی صفات طبقه‌ای به ویژه صفات طبقه‌ای متأثر از آثار مادری با استفاده از مدل‌های پدری- پدربزرگ‌مادری بوده است (Eaglen *et al*., 2013) و در تحقیق حاضر نیز از مدل پدر-پدربزرگ‌مادری استفاده شد. ارزیابی سخت‌زایی با مدل آستانه‌ای بر اساس الگوریتم مدل‌های خطی مختلط تعمیم یافته و مؤلفه‌های واریانس با استفاده از توزیع پواسون و تابع لوجستیک انجام شد (Madsen *et al*., 2006) و حداکثر نمودن تابع درست‌نمایی با روش AIREML (Jensen *et al*., 1997) صورت گرفت. مدل‌های آماری مورد استفاده برای آنالیز ژنتیکی تلیسه‌ها و تمام حیوانات به صورت زیر بود:

$$y = \mu + Herd + YS + Age + Gender + Sire + SC + e \quad (۱)$$

$$y = \mu + Herd + YS + Age + Gender + P + Pe + Sire + SC + e \quad (۲)$$

در این مدل‌ها، y= هر یک از مشاهدات، μ= میانگین مشاهدات، Herd= اثر ثابت گله، YS= اثر ثابت سال-فصل، Age= اثر ثابت سن اولین زایش، Gender= اثر ثابت جنس گوساله، P= اثر سطح تولید به عنوان متغیر کمکی، Pe= اثر تصادفی محیط دائم مادر Sire= اثر تصادفی پدر گاو، SC= اثر تصادفی پدر گوساله، e= اثر تصادفی باقی مانده می‌باشند.

برآورد (کو)واریانس ژنتیکی مستقیم و مادری، همبستگی ژنتیکی و وراثت‌پذیری با تبدیل اجزای واریانس-کواریانس پدری و پدربزرگ مادری به معادل مستقیم و مادری آنها با استفاده از رابطه زیر (Willham, 1972) انجام شد:

$$\begin{bmatrix} \sigma_d^2 \\ \sigma_{d-m} \\ \sigma_m^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 \\ -2 & 4 & 0 \\ 1 & -4 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{SC}^2 \\ \sigma_{Sc-Mgs} \\ \sigma_{Mgs}^2 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

در این معادله σ_d^2 و σ_m^2 واریانس ژنتیکی افزایشی مستقیم و مادری، و σ_{d-m} کواریانس ژنتیکی بین آثار مادری و مستقیم است. σ_{SC}^2، σ_{Sc-Mgs}، σ_{Mgs}^2 نیز به‌ترتیب واریانس مربوط به آثار پدری، کواریانس بین آثار پدری و پدر بزرگ مادری و واریانس مربوط به آثار پدر بزرگ مادری می‌باشند.

با توجه به رابطه بالا واریانس ژنتیکی مستقیم به صورت زیر برآورد شد: $\sigma_d^2 = 4\ \sigma_{sc}^2$ برآورد واریانس ژنتیکی مادری:

$$\sigma_m^2 = \sigma_{sc}^2 - 4\ \sigma_{SC-Mgs} + 4\sigma_{Mgs}^2$$

واریانس فنوتیپی

$$\sigma_p^2 = \sigma_{SC}^2 + \sigma_{MGS}^2 + 2\sigma_{SC-MGS} + \sigma_e^2$$

(کو) واریانس بین آثار مستقیم و مادری

$$r_{d,m} = \frac{\sigma_{d,m}}{\sqrt{\sigma_d^2 \times \sigma_m^2}}$$

همچنین وراثت‌پذیری مستقیم و مادری به صورت زیر برآورد شد:

$h_d^2 = \frac{\sigma_d^2}{\sigma_p^2}$ و $h_m^2 = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$

وراثت‌پذیری صفت زمینه (Liability) برآورد شده با مدل خطی به کمک رابطه زیر (Falconer, 1996) به مبنای مدل آستانه‌ای تصحیح شد.

$$h^2_{Underlying} = h^2_{Estimated} \left(\frac{1-p}{i^2 \times p}\right) \quad (۴)$$

$h^2_{Estimated}$= وراثت‌پذیری برآورد شده با مدل خطی، 1-p= نرخ آسان‌زایی، p= نرخ وقوع سخت‌زایی در جمعیت، i= میانگین صفت زمینه (Liability) برای نرخ وقوع سخت‌زایی و $h^2_{Underlying}$ = وراثت‌پذیری صفت زمینه (Liability) را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه اثر مقیاس در مدل‌های خطی و آستانه‌ای متفاوت است، بنابراین مقایسه این مدل‌ها دشوار است. معیار آکایک یک شاخص آماری است و با داشتن یک مجموعه مشخص از داده‌ها می‌توان چندین مدل را بر اساس این معیار با هم مقایسه نمود. معیار آکایک از رابطه زیر محاسبه شد (Burnham & Anderson, 2004).

$$AIC_i = -2\ LogL_i + 2P_i \quad (۵)$$

AIC_i معیار آکایک، $-2\ Log\ L_i$ نسبت لگاریتم درست‌نمایی و P_i تعداد پارامترهای موجود در مدل هستند.

جدول ۱. خلاصه اطلاعات مربوط به فایل شجره کامل حیوانات

Table 1. Brief structure of the complete pedigree

Items	Number
Total number of animals	125882
Number of animals with record	121304
Number of founders	5838
Number of sires in pedigree	3346
Number of inbred animals	90085
Number of animals with known sire and dam	116442
Average inbreeding coefficient	0.010
Average number of discrete generation equivalents	4.57

نتایج و بحث

آمار توصیفی

فراوانی سخت‌زایی با توجه به کلاس‌های ۱ تا ۵ در جدول ۲ ارائه شده است. میزان وقوع سخت‌زایی (مجموع کدهای ۲ الی ۵) برابر ۲۱/۸۴ درصد بود (جدول ۲). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج گزارش شده توسط Alam *et al.* (2017) مطابقت دارد که میزان زایمان با کمک را ۲۰/۷۱ درصد گزارش کرده‌اند. اگر چه میزان وقوع سخت‌زایی در کل کمتر از این مقدار است. در تحقیقات پیشین فراوانی زایمان‌های با کمک بین ۱۰ (Heringstad *et al.*, 2007) تا بیشتر از ۵۰ درصد متغیر است (Hansen *et al.*, 2004a). در جمعیت گاوهای هلشتاین ایران با نمره‌دهی ۱ برای آسان‌زایی و امتیاز ۲ تا ۴ برای سخت‌زایی، میزان وقوع ۶/۹ درصد سخت‌زایی گزارش شد (Eghbalsaied *et al.*, 2012). فراوانی وقوع سخت‌زایی با امتیاز ۳ تا ۵ در ۲۱/۵۷ درصد از گاوهای ایرانی (Ghavi Hossein-Zadeh, 2018) وبیش از ۱۰ درصد در گاوهای هلشتاین ایالات متحده اتفاق می‌افتد (Hansen *et al.*, 2004a; Steinbock *et al.*, 2003). دلیل تفاوت در فراوانی سخت‌زایی می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع دسته‌بندی و تعداد دسته‌ها باشد، همچنین نژاد، محیط و مدیریت نقش مهمی در میزان وقوع سخت‌زایی دارند.

جدول ۲. فراوانی سخت‌زایی در تلیسه‌ها و گاوها

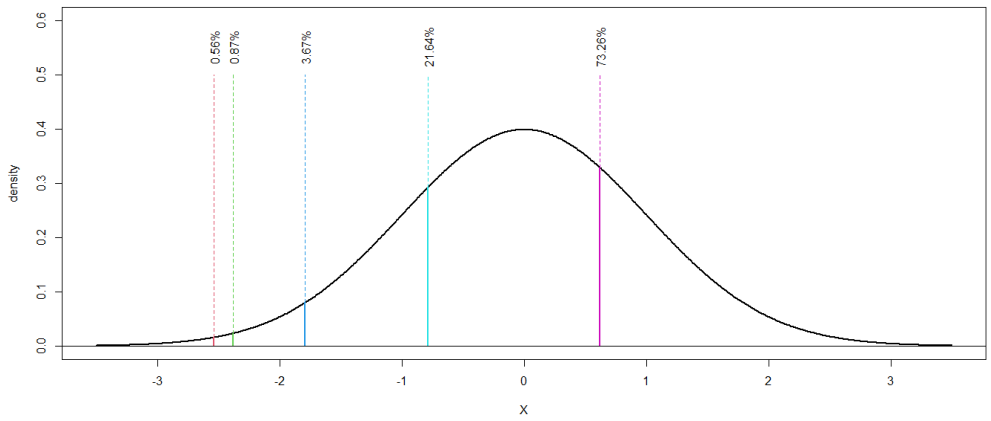
Table 2. Frequency of calving difficulty in heifers and cows

Class	Frequency	Heifers	Heifer & Cows
1	Number	45179	104644
	Percent	73.26	78.16
2	Number	13348	23791
	Percent	21.64	17.77
3	Number	2261	3914
	Percent	3.67	2.92
4	Number	347	583
	Percent	0.56	0.44
5	Number	534	944
	Percent	0.87	0.71

همان‌طورکه در جدول ارائه شده است، فراوانی سخت‌زایی در تلیسه‌ها بیشتر بود (شکل ۱). Mee (2008) علت تفاوت وقوع سخت‌زایی بین تلیسه‌ها و گاوها را اندازه لگن و جنین گزارش نمود، در نتیجه علت اصلی سخت‌زایی بیشتر در تلیسه‌ها، عدم تناسب جنین و لگن و همچنین وزن بالای گوساله در زمان تولد و اندازه کم لگن مادر است. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج مطالعات گزارش شده توسط پژوهشگران مختلف در خصوص بالاتربودن فراوانی سخت‌زایی در تلیسه‌ها مطابقت دارد (Alam *et al.*, Weller *et al.*, 1988; Uematsu *et al.*, 2013; 2017). تحقیقاتی در جمعیت گاوهای نژاد گوشتی شارولە و

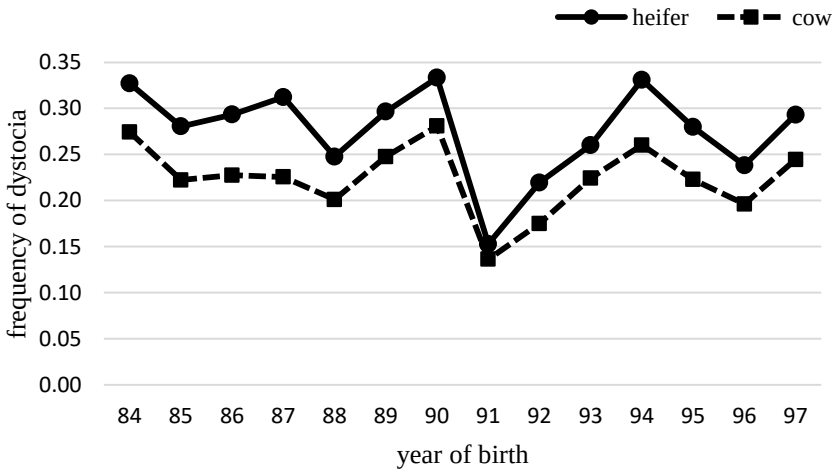
هرفورد وقوع سخت‌زایی را برای تلیسه‌های نژاد شاروله ۶/۶ درصد و برای هرفورد ۶/۲ درصد گزارش کردند اما فراوانی آن در گاوها نسبت به تلیسه‌ها بسیار کمتر و به‌ترتیب ۱ و ۱/۲ درصد بود (Eriksson *et al.*, 2004).

روند فراوانی سخت‌زایی در طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۷ برای تلیسه‌ها و گاوها متفاوت بود (شکل ۲). فراوانی سخت‌زایی در طی سال‌های مختلف دارای نوسان بود و روند کلی نشان می‌دهد سخت‌زایی کاهش چشمگیری نداشته است. نتایج این پژوهش با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت نداشت (Gevrekci *et al.*, 2006; Meyer *et al.*, 2001). نتایج پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد وقوع سخت‌زایی در طی سال‌های مختلف در کشورهای کانادا، سوئد، آمریکا و نروژ افزایش یافته است (McClintock, 2004)، اما در ایرلند این روند کاهشی بوده است (Heringstad *et al.*, 2007). با بررسی جمعیت گاوهای هلشتاین ایران Mokhtari (2016) گزارش نمود روند فنوتیپی سخت‌زایی طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۲ دارای نوسانات بوده و کاهش چشمگیری نداشته است و لازم است که در برنامه‌های ارزیابی ژنتیکی به این صفت توجه کرد. در پژوهش دیگری Fatehi *et al.* (2006) نشان دادند که روند فنوتیپی سخت‌زایی در جمعیت گاوهای هلشتاین کانادا طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۳ روبه افزایش بوده است.



شکل ۱. نمودار توزیع زمینه‌ایی مربوط به فراوانی سخت‌زایی تلیسه‌ها در آستانه‌های مختلف

Figure 1. Density distribution for liability of Heifers calving difficulty in different thresholds



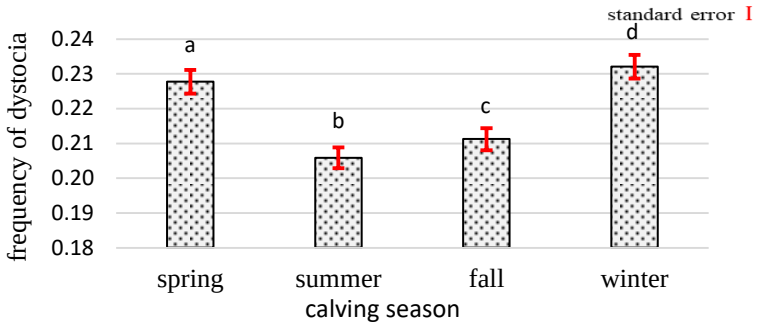
شکل ۲. روند فنوتیپی سخت‌زایی در طی سال‌های مختلف در تلیسه‌ها و گاوها

Figure 2. Phenotypic trend of calving difficulty by years in heifers and cows

در پژوهش کنونی فراوانی سخت‌زایی در فصل زمستان ۰/۲۳۲، بهار ۰/۲۲۷، پاییز ۰/۲۱۱ و تابستان ۰/۲۰۵ بود (شکل ۳). اثر فصل زایش بر وقوع سخت‌زایی قابل‌توجه نیست، در برخی گزارش‌ها گوساله‌های متولد شده در زمستان نسبت به گوساله‌های متولد شده در تابستان ۱۵ درصد بیشتر دچار سخت‌زایی شدند (Wiggans *et al.*, 2003; Weller *et al.*, 1988). دلیل این تفاوت‌ها می‌تواند از طریق سازوکارهایی چون داشتن حرکات بدنی، طول مدت روشنایی در روز (Klassen *et al.*, 1990)، دمای هوا، نوع مدیریت و تغذیه ایجاد شوند. افزایش یا کاهش دما طی تغییر فصل‌ها، می‌تواند بر وزن تولد و در نتیجه سخت‌زایی تأثیر گذارد. مثلاً گرمای مزمن وزن تولد گوساله را کاهش می‌دهد (Nix *et al.*, 1998). Deutscher *et al.* (1999) گزارش کردند کاهش میانگین دما در زمستان سبب افزایش وزن تولد گوساله شده و منجر به سخت‌زایی می‌شود.

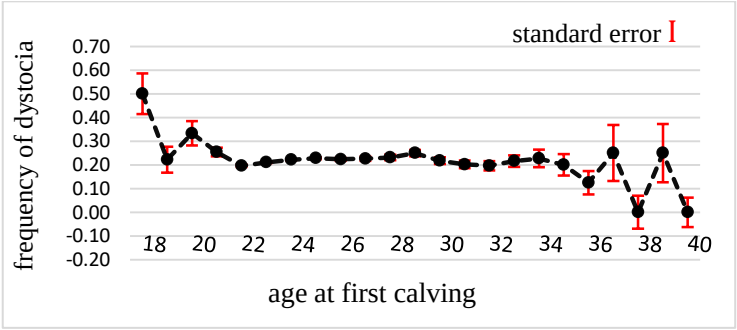
با افزایش سن تلیسه‌ها در هنگام نخستین زایش میزان وقوع سخت‌زایی کمتر می‌شود (شکل ۴). دلایل آن می‌تواند به علت توسعه بیشتر لگن و اطلاعات کم در سن بالاتر و کاهش زایش در سن‌های بیشتر از ۳۴ ماه باشد. البته نوساناتی وجود دارد که با افزایش سن سخت‌زایی اتفاق افتاده که ممکن است دلایل دیگری در آن دخیل باشند. درحالی‌که Stienbock (2006) گزارش کرد که سن اولین زایش تأثیری بر سخت‌زایی در تلیسه‌های قرمز و سفید سوئدی با سن بیشتر از ۲۴ ماهگی ندارد. همچنین در جمعیت تلیسه‌های هلشتاین اسرائیل (Bar-Anan *et al.*, 1976) و سوئد (Philipsson, 1976) با افزایش سن بیشتر از ۲۵ ماهگی احتمال وقوع سخت‌زایی کاهش نشان داد.

دلیل سخت‌زایی در تلیسه‌های جوان‌تر، رشد اولیه و نمو ناتمام محوطه لگن و در تلیسه‌های با سن بالاتر کاهش کشش لگن و انباشتگی چربی در ناحیه لگن است (Uematsu *et al.*, 2013). در یک تحقیق، Berry *et al.* (2007) با مطالعه جمعیت گاوهای هلشتاین نیوزیلند فراوانی سخت‌زایی را برای تلیسه‌ها ۷/۳ درصد و برای شکم‌های دوم، سوم، چهارم و پنجم را به‌ترتیب ۰/۱۱، ۰/۱۲، ۰/۰۹ و ۰/۱۲ درصد گزارش کردند.



شکل ۳. ارتباط فنوتیپی بین فصل زایش و فراوانی سخت‌زایی

Figure 3. Phenotypic relationship between season of calving and frequency of calving difficulty



شکل ۴. ارتباط فنوتیپی بین سن اولین زایش و فراوانی سخت‌زایی

Figure 4. Phenotypic relationship between age at first calving and frequency of calving difficulty

طبق نتایج، فراوانی وقوع سخت‌زایی در هنگام تولد گوساله‌های نر ۲۷/۳ درصد و در ماده‌ها ۱۵/۷ درصد بود. تفاوت مشاهده شده بین جنس‌ها با نتایج گزارش‌های قبلی مطابقت دارد (Weller *et al*., 1988; Alday & Ugarte, 1998; Steinbock *et al*., 2003). این نتیجه می‌تواند به‌دلیل شکل و اندازه بدن در جنس‌های مختلف باشد، به‌طوری‌که گوساله‌های نر ابعاد بدنی بزرگ‌تر و وزن بیشتری دارند به علاوه طول دوره آبستنی گوساله‌های نر بیشتر است که باعث افزایش احتمال بروز سخت‌زایی می‌شود. Johanson & Berger (2003) وقوع سخت‌زایی را در تولد گوساله‌های نر ۳۳/۱ درصد و در گوساله‌های ماده ۲۴/۲ درصد گزارش کردند. Heins *et al*. (2006) نرخ سخت‌زایی را در گوساله‌های هلشتاین نر و ماده به‌ترتیب ۷/۵ و ۴/۳ درصد برآورد کردند. همچنین در گزارش دیگری مشاهده شد که گوساله های نر نسبت به ماده در هنگام تولد به کمک بیشتری احتیاج دارند. به‌طوری که ۶۷ درصد از گوساله‌های ماده در مقایسه با ۶۰ درصد گوساله‌های نر بدون کمک متولد شدند (Lombard *et al*., 2007).

تجزیه ژنتیکی

برآوردهای حاصل از آنالیز سخت‌زایی با استفاده از مدل خطی و آستانه‌ای در جدول ۲ ارائه شده‌اند. واریانس ژنتیکی پدر گوساله (σ^2_{SC}) بزرگ‌تر از پدربزرگ مادری آن (σ^2_{MGS}) و اجزای واریانس با استفاده از رکورد تلیسه‌ها نسبت به گاوها بزرگ‌تر بود. نتایج حاصل از پژوهش کنونی با نتایج گزارش شده براساس مدل جد پدری و پدربزرگ مادری در پژوهش‌های مختلف، مطابقت دارد (Eaglen & Bijma, 2009; Alam *et al*., 2017; Weller *et al*., 1988). وراثت‌پذیری برآورد شده با مدل خطی در تلیسه‌ها برای آثار مستقیم و مادری به‌ترتیب ۰/۱۰ و ۰/۰۷ و در تمام حیوانات ۰/۰۷ و۰/۰۵ بود (جدول ۲). میزان ضریب وراثت‌پذیری سخت‌زایی حاصل از این پژوهش کم بود. نتایج گزارش شده در خصوص وراثت‌پذیری سخت‌زایی در سایر منابع نیز اغلب کمتر از ۰/۲۰ برآورد شده است. وراثت‌پذیری برآورد شده توسط Abdullahpour *et al*. (2006) از مقادیر پژوهش کنونی کمتر بود. وراثت‌پذیری مستقیم و مادری سخت‌زایی با مدل پدر- پدربزرگ مادری، در گاوهای هلشتاین هلند ۰/۰۸ و مادری ۰/۰۴ گزارش شده است که با نتایج پژوهش کنونی برای تلیسه‌ها مطابقت دارد (Eaglen & Bijma, 2009). همچنین، Jamrozik *et al*. (2005) وراثت‌پذیری سخت‌زایی را در تلیسه‌ها ۰/۰۷۸ و در گاوها ۰/۰۷۵ گزارش کرده‌اند، که با نتایج پژوهش کنونی برای تلیسه‌ها مطابقت دارد. وراثت‌پذیری برآوردشده برای سخت‌زایی با مدل آستانه‌ای در تلیسه‌ها برای آثار مستقیم ۰/۱۳ و برای آثار مادری ۰/۰۹ بود. همچنین در گاوها برای آثار مستقیم ۰/۱۰ و برای آثار مادری ۰/۰۷ بود. نتایج پژوهش کنونی با نتایج Luo *et al*. (2002) مطابقت دارد. این پژوهشگران وراثت‌پذیری مستقیم و مادری سخت‌زایی را در تلیسه‌های هلشتاین کانادا با مدل آستانه‌ای و مدل پدر- جد مادری به‌ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۰۸ گزارش کردند. همچنین وراثت‌پذیری برآورد شده برای سخت‌زایی در گاوها، با نتایج Hansen *et al*. (2004b) تایید شد. این پژوهشگران وراثت‌پذیری مستقیم و مادری در گاوهای هلشتاین را با مدل آستانه‌ای ۰/۱۳ و ۰/۰۸۷ گزارش کرده‌اند. در گاوهای هلشتاین ایران، وراثت‌پذیری مستقیم و مادری سخت‌زایی به‌ترتیب ۰/۰۶۶ و ۰/۰۱۸ گزارش شده است (Ghavi Hossein-Zadeh *et al*., 2018). Vanderick *et al*. (2014) پارامترهای ژنتیکی سخت‌زایی را در گاوهای شیری نژاد والون تحت مدل‌های خطی و آستانه‌ای برآورد کردند. وراثت‌پذیری مستقیم سخت‌زایی از ۰/۰۷ در مدل‌های خطی تا ۰/۱۲ در مدل‌های آستانه‌ای و وراثت‌پذیری مادری آن از ۰/۰۲ در مدل‌های خطی تا ۰/۰۴ در مدل‌های آستانه‌ای متغیر بود.

وراثت‌پذیری‌های تصحیح شده برای آثار ژنتیکی مستقیم و مادری در تلیسه‌ها به‌ترتیب ۰/۱۹ و ۰/۱۴ و در گاوها ۰/۱۴ و ۰/۱۰ بیشتر از مقادیر برآورد شده با استفاده از مدل‌های خطی و آستانه‌ای بودند. Eriksson *et al*. (2004a) با مطالعه سخت‌زایی در نژاد شاروله وراثت‌پذیری را برای آثار مستقیم و مادری با مدل خطی در تلیسه‌ها ۰/۱۲۷ و ۰/۰۷۴ و در گاوها ۰/۰۴۵ و

۰/۰۲۳ گزارش کردند، درحالی‌که وراثت‌پذیری‌های برآورد شده توسط این پژوهشگران با مدل خطی تصحیح شده به‌ترتیب در تلیسه‌ها ۰/۲۱ و ۰/۱۲ و در تمام حیوانات۰/۱۴ و ۰/۰۷ بودند. همبستگی‌های بین آثار ژنتیکی مستقیم و مادری برای تلیسه‌ها و گاوها بر پایه مدل خطی به‌ترتیب ۰/۵۶- و ۰/۷۱- و با مدل آستانه‌ای۰/۶۰- و ۰/۷۴- بودند (جدول ۲). همبستگی ژنتیکی منفی بین آثار ژنتیکی مستقیم و مادری نشان‌دهنده ارتباط ژنتیکی نامطلوب بین آن‌هاست یعنی انتخاب گاوها برای زایش آسان، سبب به دنیا آمدن دخترهایی خواهد شد که در آینده زایمان دشوار خواهند داشت (Abdullahpour *et al*., 2006). همبستگی ژنتیکی بین آثار ژنتیکی مستقیم و مادری گزارش شده برای تلیسه‌ها ۰/۱۶- (Luo *et al*., 1999، ۰/۴۴- در جمعیت‌های مختلف نژاد هلشتاین (Johanson, 2011) بود. همچنین، Albera *et al*. (2004) همبستگی ژنتیکی بین آثار مستقیم و مادری سخت‌زایی را در گاوهای پیدمونتس، ۰/۳۸- گزارش کردند. در یک پژوهش Alam *et al*. (2017) همبستگی ژنتیکی بین اجزای مستقیم و مادری سخت‌زایی براساس مدل آسان‌زایی پدری ۰/۰۹±۰/۶۸- و با مدل آسان‌زایی دختری ۰/۰۹±۰/۷۱- گزارش کردند که با نتایج پژوهش کنونی مطابقت دارد. با این حال برخی پژوهشگران همبستگی آثار ژنتیکی مستقیم و مادری را برای سخت‌زایی مثبت گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال، همبستگی ژنتیکی مستقیم و مادری سخت‌زایی ۰/۲۰، Luo *et al*. (2002) و در پژوهشی دیگر همبستگی ژنتیکی مستقیم و مادری در تلیسه‌ها ۰/۲۹ و در گاوها ۰/۶۸ گزارش شده است (Bar-Anan *et al*., 1976). در یک مطالعه Manfridi *et al*. (1991) همبستگی ژنتیکی مستقیم و مادری آسان‌زایی بین پدر و پدربزرگ مادری برای گاوهای نژاد نورمن و هلشتاین فرانسه به‌ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۳۶ برآورد شد. نتایج مختلف بین مطالعات انجام شده، به عبارت دیگر تفاوت در برآورد پارامترها ممکن است ناشی از سیستم امتیازبندی متفاوت، روش‌های متفاوت جمع‌آوری اطلاعات، نحوه ثبت رکوردها، تعداد و ساختار داده‌ها، مدل مورد استفاده برای آنالیز، آثار محیطی، نژاد و جمعیت مورد مطالعه باشد (Johanson & Berger, 2003).

جدول ۲. فراسنجه‌های ژنتیکی و مؤلفه‌های واریانس برآورد شده برای صفت سخت‌زایی در تلیسه و گاوهای هلشتاین با دو مدل خطی و آستانه‌ای (خطای اشتباه معیار)

Table 2. Estimated of genetic parameters and variance components of calving difficulty in Holstein heifers and cows in using threshold and linear models

Components and Parameters	Heifer		Cow	
	Linear	Threshold	linear	Threshold
σ^2_{sc}	0.01 (0.0024)	0.0086 (0.0012)	0.006 (0.00082)	0.005 (0.00052)
σ^2_{mgs}	0.0048 (0.0011)	0/003584 (0.00067)	0.002 (0.00052)	0.0015 (0.0003)
σ^2_{pe}	-	-	0.018	0.034
σ^2_e	0.385 (0.0039)	0.2515 (0.0025)	0.33 (0.0031)	0.1602 (0.0014)
σ^2_d	0.04	0.0344	0.024	0.02
σ^2_m	0.028	0.02243	0.019	0.013
σ_{sc-mgs}	0.00025 (0.0013)	0.000129 (0.00074)	-0.000843 (0.0005)	-0.000487 (0.00032)
r_{sc-mgs}	0.0282 (0.1525)	0.0233 (0.1340)	-0.221 (0.1330)	-0.175 (0.1140)
σ_{d-m}	-0.0166	-0.0166	-0.0152	-0.012
r_{d-m}	-0.56	-0.6	-0.713	-0.74
h^2_d	0.10	0.13	0.07	0.10
h^2_m	0.07	0.09	0.05	0.07
$h^2_{underlying(d)}$	0.19	-	0.14	-
$h^2_{underlying(m)}$	0.14	-	0.10	-

σ^2_{sc} = واریانس ژنتیکی پدر گوساله، σ^2_{mgs}= واریانس ژنتیکی پدربزرگ مادری، σ^2_{pe}= واریانس محیط دائم مادر، σ^2_e= واریانس باقی‌مانده، σ^2_p= واریانس فنوتیپی، σ^2_d= واریانس مستقیم، σ^2_m= واریانس مادری، σ_{sc-mgs}= (کو)واریانس پدر گوساله و پدربزرگ مادری، r_{sc-mgs}= همبستگی ژنتیکی پدر گوساله و پدربزرگ مادری، σ_{d-m}= (کو)واریانس مستقیم و مادری، r_{d-m}= همبستگی ژنتیکی مستقیم و مادری، h^2_d= وراثت‌پذیری مستقیم، h^2_m= وراثت‌پذیری مادری، $h^2_{underlying(d)}$= وراثت‌پذیری تصحیح شده مستقیم، $h^2_{underlying(m)}$= وراثت‌پذیری تصحیح شده مادری

وراثت‌پذیری و همبستگی آثار ژنتیکی مستقیم و مادری برآورد شده با مدل آستانه‌ای بزرگ‌تر از مدل خطی بود. در مقایسه بین مدل‌های خطی و آستانه‌ای تاکنون نتایج متناقض زیادی گزارش شده است. Weller *et al.* (1988) گزارش کردند، متفاوت بودن نتایج حاصل از دو مدل خطی و آستانه‌ای، نشان می‌دهد که مدل آستانه‌ای براساس مقیاس پشت صحنه و مدل خطی براساس مقیاس مشاهده شده است. به‌طورکلی، اگر وراثت‌پذیری صفت طبقه‌ای کم باشد، ارجحیت مدل آستانه‌ای نسبت به مدل خطی برای برآورد اجزای واریانس بیشتر است (Abdel-Azim & Berger, 1999). نتایج بیشتر مطالعات در مقایسه مدل‌های آستانه‌ای و خطی نشان داده شده است، برای صفات طبقه‌ای، مدل‌های آستانه‌ای عملکرد بهتری داشته و مقدار پارامتر برآورد شده با مدل‌های خطی، عموماً کمتر از مقدار واقعی آن برآورد می‌شود (Steinbock *et al.*, 2003). اگر چه با وجود اثر مقیاس در صفات طبقه‌ای، امکان استفاده از مدل خطی وجود دارد، ولی مدل آستانه‌ای برای برآورد پارامترهای ژنتیکی در صفات طبقه‌ای صحیح‌تر می‌باشد (Snell, 1964).

ضرایب همبستگی رتبه‌ای و پیرسون برای جمعیت پدرها در سطح ۱۰ و ۵۰ درصد حیوان برتر برآورد شد (جدول ۳). همبستگی‌های برآورد شده در سطح احتمال ۹۹ درصد با عدد ۱ تفاوت معنی‌داری داشت. مقدار برآورد شده با روش پیرسون بیشتر از روش اسپیرمن بود. مقدار برآورد شده در تلیسه‌ها و گاوها با روش اسپیرمن برای ۱۰ درصد و ۵۰ درصد به‌ترتیب (۰/۹۷، ۰/۸۴) و (۰/۹۹، ۰/۸۹) بود. همچنین مقدار همبستگی برآورد شده با روش پیرسون در سطح ۱۰ درصد برای تلیسه‌ها ۰/۹۸ و برای گاوها ۰/۹۰ و در سطح ۵۰ درصد برای تلیسه‌ها ۰/۹۹ و برای گاوها ۰/۹۴ بود. در یک پژوهش Lopez de Maturana (2007) همبستگی ژنتیکی رتبه‌ای ارزش اصلاحی برآورد شده با دو مدل آستانه‌ای پدربزرگ مادری و مدل خطی حیوانی را برای آسان‌زایی در سطح ۱۰ درصد برای برترین و بدترین گاوها برآورد کرد، همبستگی ژنتیکی برترین گاوها ۰/۸۱ درصد و برای بدترین گاوها ۰/۶۹ درصد بود، که با نتایج به دست آمده در پژوهش کنونی برای سطح ۱۰ درصد گاوها مطابقت دارد. در گزارش دیگری همبستگی رتبه‌ای ارزش اصلاحی پدرها با مدل خطی و آستانه‌ای ۰/۹۹ برآورد شده است (Djemali *et al.*, 1987).

نتایج حاصل از همبستگی رتبه‌ای مهم هستند زیرا هدف اصلی ارزیابی ژنتیکی سخت‌زایی، تشخیص گاوهای نر برتری است که می‌توانند بروز زایمان دشوار را کاهش دهند و استفاده از این گاوهای نر برای تلقیح تلیسه‌ها جهت کاهش سخت‌زایی مناسب می‌باشد. از طرف دیگر این تفاوت بین رتبه گاوهای نر اهمیت انتخاب بهترین مدل را نشان می‌دهد. همبستگی رتبه‌ای در تمام سطوح (۱۰ درصد و ۵۰ درصد برای تلیسه‌ها و گاوها) گاوهای نر برتر معنی‌دار است. این نتیجه نشان می‌دهد رتبه‌بندی گاوهای نر براساس مدل‌های خطی و آستانه‌ایی متفاوت است.

در هر دو مدل خطی و آستانه‌ای، کمترین مقدار معیار آکایک نشان‌دهنده برتری مدل مورد استفاده است. مدل آستانه‌ای دارای کمترین معیار آکایک نسبت به مدل خطی بود (جدول۴)، که نشان از برتری مدل آستانه‌ای نسبت به مدل خطی دارد. در راستای یافته‌های این نتایج Lopez De Maturana (2007a) در تحقیق خود بر روی صفت سخت‌زایی با استفاده از مدل خطی و آستانه‌ای تفاوت معنی‌داری بین این دو مدل مشاهده کرد و برتری مدل آستانه‌ای را در برآورد پارامترهای ژنتیکی صفت سخت‌زایی گزارش کرد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی میان ارزش‌های اصلاحی برآوردی با استفاده از مدل خطی و آستانه‌ای در تلیسه‌ها و گاوها

Table 3. Correlation coefficients between estimated breeding values using threshold and adjusted linear models in heifers and cows

Correlation	Animal	Heifer		Cow	
		10 percent	50 percent	10 percent	50 percent
Spearman	Sire	0.975**	0.991**	0.842**	0.895**
Pearson	Sire	0.987**	0.994**	0.907**	0.944**

**: اثر معنی‌دار P<۰/۰۱.

جدول ۴. مقایسه کارایی مدل‌ها برای آنالیز ژنتیکی سخت‌زایی

Table 4. Compare the efficiency of models for genetic analysis of calving difficulty

Traitt	model	Heifer		Cow	
		-2 Logl	AIC	-2 Logl	AIC
Calving Difficulty	Threshold	-1337.5901	-1331.5901	-1585.0321	-15877.0321
	Linear	1872.7944	1878.7944	-1294.0524	-1286.0524

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، وراثت‌پذیری برآوردشده برای سخت‌زایی در تجزیه با مدل آستانه‌ای بیشتر از مقدار برآورد شده با مدل خطی بود. این مطلب نشان‌گر آن است که بخش زیادی از واریانس ژنتیکی افزایشی سخت‌زایی در ویژگی ناپیوسته بودن آن پنهان می‌گردد. وراثت‌پذیری بزرگتر حاصل از مدل آستانه‌ای می‌تواند به بهبود پیش‌بینی‌ها و شناخت بهتر حیوانات کمک نماید. استفاده از وراثت‌پذیری پایین به دست‌آمده برای سخت‌زایی دقت اندکی برای پیش‌بینی شایستگی ژنتیکی حیوانات ارائه می‌دهد. برآورد وراثت‌پذیری با استفاده از مدل خطی تصحیح‌شده بیشتر از سایر مدل‌ها بود. بنابراین با توجه به پیچیدگی مدل آستانه‌ای در صورتی‌که هدف پژوهش برآورد مؤلفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری باشد می‌توان از مدل خطی تصحیح شده استفاده کرد. همبستگی رتبه‌ای در تمام سطوح ۱۰ و ۵۰ درصد گاوهای نر برتر معنی‌دار بود و نشان داد که رتبه‌بندی حیوانات براساس دو مدل خطی و آستانه‌ای متفاوت است و اگر هدف پیش‌بینی ارزش اصلاحی و رتبه‌بندی حیوانات باشد، استفاده از مدل آستانه‌ای پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از شرکت تعاونی کشاورزان و دامپروران صنعتی وحدت اصفهان بابت فراهم‌نمودن داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abdel-Azim, G.A. & Berger, P.J. (1999). Properties of threshold model predictions. *Journal of Animal Science*, 77, 582-590.
2. Abdullahpour, R., Moradi Shahrbabak, M., Mehrbani Yeganeh, H., Sayadnejad, M. & Eghbal, A. (2006). Genetic analysis of dystocia in Holstein cattle of Iran by threshold & linear models. In: Proceedings of *the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
3. Alam, M., Dang, C.G., Choi, T.J., Choy, Y.H., Lee, J.G. & Cho, K.H. (2017). Genetic parameters of calving ease using sire-maternal grandsire model in Korean Holsteins. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 30, 1225.
4. Albera, A., Groen, A.F. & Carnier, P. (2004). Genetic relationships between calving performance and beef production traits in Piemontese cattle. *Journal of Animal Science*, 82, 3440-3446.
5. Alday, S. & Ugarte, E. (1998). Genetic evaluation of calving ease in Spanish Holstein population. *Interbull Bulletin*, 18, 21-24.
6. Bar-Anan, R., Soller, M. & Bowman, J.C. (1976). Genetic and environmental factors affecting the incidence of difficult calving and perinatal calf mortality in Israeli-Friesian dairy herds. *Animal Science*, 22, 299-310.
7. Barraclough, R.A.C., Shaw, D.J., Boyce, R., Haskell, M.J. & Macrae, A.I. (2020). The behavior of dairy cattle in late gestation, effects of parity and dystocia. *Journal of Dairy Science*, 103, 714-722.
8. Berry, D.P., Lee, J.M., Macdonald, K.A. & Roche, J.R. (2007). Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on post calving performance. *Journal of Dairy Science*, 90, 4201-4211.
9. Carlen, E., Emanuelson, U. & Strandberg, E. (2006). Genetic evaluation of mastitis in dairy cattle using linear models, threshold models, and survival analysis: a simulation study. *Journal of Dairy Science*, 89, 4049-4057.
10. Dekkers, J.C.M. (1994). Optimal breeding strategies for calving ease. *Journal of Dairy Science*, 77, 3441-3453.
11. Deutscher, G.H., Colburn, D. & Davis, R. (1999). Climate affects calf birth weights and calving difficulty. *Nebraska Beef Cattle Reports Paper*, 400, 7-9.
12. Djemali, M.P.J., Berger, P.J. & Freeman, A.E. (1987). Ordered categorical sire evaluations for dystocia in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 70, 2374.

13. Eaglen, S.A.E. & Bijma, P. (2009). Genetic parameters of direct and maternal effects for calving ease in Dutch Holstein-Friesian cattle. *Journal of Dairy Science*, 92, 2229-2237.
14. Eaglen, S. A. E., Coffey, M. P., Woolliams, J. A. & Wall, E. (2013). Direct and maternal genetic relationships between calving ease, gestation length, milk production, fertility, type, and lifespan of Holstein-Friesian primiparous cows. *Journal of Dairy Science*, 96, 4015-4025.
15. Eghbalsaied, S., Abdullahpour, R. & Honarvar, M. (2012). Genetic evaluation for calving ease trait using linear and threshold models in first parity dairy cows. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 1395-1399.
16. Eriksson, S., Nasholm, A., Johansson, K. & Philipsson, J. (2004). Genetic parameters for calving difficulty, stillbirth, and birth weight for Hereford and Charolais at first and later parities. *Journal of Animal Science*, 82, 375-383.
17. Falconer, D.S. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*, 3rd edition. Longman Group (FE) Ltd, 438 pp.
18. Fatehi, J., Jamrozik, J. & Schaeffer, L.R. (2006). Phenotypic and genetic trends in Canadian Holstein female reproductive traits. In: Proceedings of the *8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
19. Gevrekci, Y., Chang, Y.M., Kızılkaya, K., Gianola, D., Weigel, K.A. & Akbaş, Y. (2006). Bayesian inference for calving ease and stillbirth in Holsteins using a bivariate threshold sire-maternal grandsire model. In: Proceedings of *the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
20. Ghavi Hossein-Zadeh, N., Salimi, M.H. & Shadparvar, A.A. (2018). Bayesian estimates of genetic relationship between calving difficulty and productive and reproductive performance in Holstein cows. *Animal Production Science*, 58, 785-790.
21. Gianola, D. (1982). Theory and analysis of threshold characters. *Journal of animal Science*, 54, 1079-1096.
22. Gianola, D. & Foulley, J.L. (1983). Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. Genetics, *Selection, Evolution*, 15, 201.
23. Gilmour, A.R., Anderson, R.D. & Rae, A.L. (1987). Variance components on an underlying scale for ordered multiple threshold categorical data using a generalized linear mixed model. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 104, 149-155.
24. Hansen, M., Lund, M.S., Pedersen, J. & Christensen, L.G. (2004a). Gestation length in Danish Holsteins has weak genetic associations with stillbirth, calving difficulty, and calf size. *Livestock Production Science*, 9, 23-33.
25. Hansen, M., Misztal, I., Lund, M.S., Pedersen, J. & Christensen, L.G. (2004b). Undesired phenotypic and genetic trend for stillbirth in Danish Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 87, 1477-1486.
26. Heins, B.J., Hansen, L.B. & Seykora, A.J. (2006). Calving difficulty and stillbirths of pure Holsteins versus crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red. *Journal of Dairy Science*, 89, 2805-2810.
27. Heringstad, B., Chang, Y.M., Svendsen, M. & Gianola, D. (2007). Genetic analysis of calving difficulty and stillbirth in Norwegian Red cows. *Journal of Dairy Science*, 90: 3500-3507.
28. Hickey, J.M., Keane, M.G., Kenny, D.A., Cromie, A.R., Amer, P.R. & Veerkamp, R.F. (2007). Heterogeneity of genetic parameters for calving difficulty in Holstein heifers in Ireland. *Journal of Dairy Science*, 90, 3900-3908.
29. Jamrozik, J., Fatehi, J., Kistemaker, G.J. & Schaeffer, L.R. (2005). Estimates of genetic parameters for Canadian Holstein female reproduction traits. *Journal of Dairy Science*, 88, 2199-2208.
30. Jensen, J., Mantysaari, E.A., Madsen, P. & Thompson, R. (1997). Residual maximum likelihood estimation of (co)variance components in multivariate mixed linear models using average information. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics*, 49, 215-236.
31. Johanson, J.M. & Berger, P.J. (2003). Birth Weight as a Predictor of Calving Ease and Perinatal Mortality in Holstein Cattle1. *Journal of Dairy Science*, 86, 3745-3755.
32. Johanson, J.M., Berger, P.J., Tsuruta, S. & Misztal, I. (2011). A Bayesian threshold-linear model evaluation of perinatal mortality, dystocia, birth weight, and gestation length in a Holstein herd1. *Journal of Dairy Science*, 94: 450-460.
33. Klassen, D.J., Cue, R.I. & Hayes, J.F. (1990). Estimation of repeatability of calving ease in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 73, 205-212
34. Lombard, J.E., Garry, F.B., Tomlinson, S.M. & Garber, L.P. (2007). Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 90, 1751-1760.
35. Lopez de Maturana, E.L., Ugarte, E. & González-Recio, O. (2007). Impact of calving ease on functional longevity and herd amortization costs in Basque Holsteins using survival analysis. *Journal of Dairy Science*, 90, 4451-4457.

36. Luo, M.F., Boettcher, P.J., Schaeffer, L.R. & Dekkers, J.C.M. (2002). Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods. *Livestock Production Science*, 74, 175-184.
37. Madsen, P. (2010). *DmTrace. A program to trace the pedigree for a sub set of animals from a larger pedigree file*. University of Aarhus, Research Centre Foulum, DJF, Tjele, Denmark.
38. Madsen, P. & Jensen, J. (2013). DMU, A Package for Analyzing Multivariate Mixed Models. Version 6, Release 5.2.
39. Madsen, P., Sørensen, P., Su, G., Damgaard, L.H., Thomsen, H. & Labouriau, R. (2006). DMU-a package for analyzing multivariate mixed models. In: Proceedings of *8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
40. Manfredi, E., Ducrocq, V. & Foulley, J.L. (1991). Genetic analysis of dystocia in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 74, 1715-1723.
41. Mark, T. (2004). Applied genetic evaluations for production and functional traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87, 2641-2652.
42. McClintock, S. (2004). *A Genetic evaluation of dystocia in Australian Holstein Friesian cattle*. Ph.D. Dissertation. Institute of Land and Food Resources, University of Melbourne. 245 pp.
43. Mee, J.F. (2008). Newborn dairy calf management. Veterinary Clinics of North America: *Food Animal Practice*, 24, 1-17.
44. Meyer, C.L., Berger, P.J., Koehler, K.J., Thompson, J.R. & Sattler, C.G. (2001). Phenotypic trends in incidence of stillbirth for Holsteins in the United States. *Journal of Dairy Science*, 84, 515-523.
45. Mokhtari, M. (2016). *Genetic evaluation of production and reproduction traits of Iranian Holstein cows using structural equation modeling*. PhD Dissertation. University of Tehran, Iran.
46. Mokhtari, M., Mohammadi, Y. & Razmkabir, M. (2018). Improving genetic evaluation of dystocia applying correlated traits in Iranian Holsteins. *Journal of Modern Genetics*, 3, 419-422. (in Farsi)
47. Nix, J.M., Spitzer, J.C., Grimes, L.W., Burns, G.L. & Plyler, B.B. (1998). A retrospective analysis of factors contributing to calf mortality and dystocia in beef cattle. *Theriogenology*, 49, 1515-1523.
48. Philipsson, J. (1976). Studies on calving difficulty, stillbirth and associated factors in Swedish cattle breeds. Genetic Parameters. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 26, 211-220.
49. Sargolzaei M., Iwaisaki H., Colleau J.J. (2006). CFC: a tool for monitoring genetic diversity. *In 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
50. SAS Institute Inc. (2013). Base SAS® 9.4 Procedures Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
51. Snell, E. (1964). A Scaling Procedure for Ordered Categorical Data. *Biometrics*, 20, 592-596
52. Steinbock, L. (2006). *Comparative aspects on genetics of stillbirth and calving difficulty in Swedish dairy cattle breeds.* Licentiate Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. ISBN 91-576-7151-6.
53. Steinbock, L., Näsholm, A., Berglund, B., Johansson, K. & Philipsson, J. (2003). Genetic effects on stillbirth and calving difficulty in Swedish Holsteins at first and second calving. *Journal of Dairy Science*, 86, 2228-2235.
54. Tenhagen, B. A., Helmbold, A. & Heuwieser, W. (2007). Effect of various degrees of dystocia in dairy cattle on calf viability, milk production, fertility and culling. *Transboundary and Emerging Diseases*, 54: 98-102.
55. Uematsu, M., Sasaki, Y., Kitahara, G., Sameshima, H. & Osawa, T. (2013). Risk factors for stillbirth and dystocia in Japanese Black cattle. *The Veterinary Journal*, 198, 212-216.
56. Vanderick, S., Troch, T., Gillon, A., Glorieux, G. & Gengler, N. (2014). Genetic parameters for direct and maternal calving ease in Walloon dairy cattle based on linear and threshold models. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 131, 513-521.
57. Vostry, L., Veselá, Z., Svitáková, A. & Vydrová, H.V. (2014). Comparison of models for estimating genetic parameters and predicting breeding values for birth weight and calving ease in Czech Charolais cattle. *Czech Journal of Animal Science*, 59, 302-309.
58. Weller, J.I. & Ezra, E. (2016). Genetic analysis of calving traits by the multi-trait individual animal model. *Journal of Dairy Science*, 99, 427-442.
59. Weller, J.I., Misztal, I. & Glanola, D. (1988). Genetic analysis of dystocia and calf mortality in Israeli-Holsteins by threshold and linear models. *Journal of Dairy Science*, 71, 2491-2501.
60. Wiggans, G.R., Misztal, I. & Van Tassell, C.P. (2003). Calving ease (co) variance components for a sire-maternal grandsire threshold model. *Journal of Dairy Science*, 86, 1845-1848.
61. Willham, R.L. (1972). The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *Journal of Animal Science*, 35, 1288-1293.