

مقاله پژوهشی:

بررسی منحنی‌های شیردهی استاندارد و نامتعارف گاوهای سیمنتال و جرسی در ایران

مختارعلی عباسی<sup>۱\*</sup>، رستم پهلوان<sup>۲</sup>، محمدرضا افرازنده<sup>۳</sup>، مزدک کاظمی<sup>۴</sup>، علیرضا حسینی بافرانی<sup>۵</sup>، علی کاظمی<sup>۳</sup> و نگین جمالی<sup>۵</sup>  
۱. دانشیار، ژنتیک و اصلاح نژاد دام، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
۲ و ۳. دکتری و کارشناس ارشد، ژنتیک و اصلاح نژاد دام، مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور، کرج، ایران  
۴. استادیار، ژنتیک و اصلاح نژاد دام، عضو هیات علمی مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
۵. دکتری، فیزیولوژی دام، مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور، کرج، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۳)

چکیده

از عوامل مؤثر بر تنوع در تولید شیر، طول دوره شیردهی می‌باشد که عموماً به کمک مدل‌های برازش منحنی به استاندارد ۳۰۵ روز برای مباحث مدیریتی و ارزیابی‌های ژنتیکی تصحیح می‌شود. منحنی‌های انفرادی در همه موارد، شکل استاندارد ندارند و برحسب عواملی نظیر تفاوت‌های فردی، نوع مدل و غیره، امکان انحراف از الگوی استاندارد وجود دارد. الگوهای نامتعارف (متفاوت از استاندارد)، حاصل برآوردهای ناصحیح پارامترهای مرحله‌ی افزایشی (b) و کاهش (c) می‌باشند و عبارتند از پیوسته افزایشی یا کاهش و معکوس استاندارد. نژادهای سیمنتال و جرسی بخشی از گاوهای شیری ایران هستند. این تحقیق، با هدف بررسی منحنی‌های نامتعارف و اهمیت آنها در محاسبه تولید ۳۰۵ روز، بر اساس ۷۶۵۹ و ۶۶۹۲ رکورد روزآزمون شیر زایش اول متعلق به ۹۷۷ و ۷۷۶ رأس گاو سیمنتال و جرسی، طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۸۶، از طریق برازش دو مدل پولوت و وود، با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد. الگوهای مختلف، بر اساس ترکیب پارامترهای b و c منحنی‌های انفرادی محاسبه گردید. تعداد منحنی استاندارد حاصل از مدل‌های پولوت و وود در گاوهای سیمنتال، به ترتیب ۸۵/۵٪ و ۶۲/۲٪ و در جرسی به ترتیب ۸۳/۱٪ و ۷۰/۶٪ بودند. در هر دو نژاد در مدل پولوت، فقط منحنی نامتعارف پیوسته افزایشی (۱۴/۸٪ در سیمنتال و ۱۶/۹٪ در جرسی) و مدل وود، هر ۳ نوع منحنی نامتعارف مشاهده شد که بیشترین آن مربوط به گروه معکوس استاندارد بود (۲۲/۳٪ و ۱۶/۵٪ به ترتیب در گاوهای سیمنتال و جرسی). بر اساس یافته‌ها، در زمان تعیین مدل مناسب برای استانداردسازی تولید شیر (ارزیابی‌های ملی)، نیاز است به منحنی‌های نامتعارف و تصمیم‌گیری برای حذف یا تصحیح آنها توجه شود.

واژه‌های کلیدی: تولید شیر، شکل منحنی نامتعارف، جرسی، سیمنتال.

Investigation of standard and atypical lactation curves of Simmental and Jersey cows in Iran

Mokhtar Ali Abbasi<sup>1\*</sup>, Rostam Pahlavan<sup>2</sup>, Mohammad Reza Afrazandeh<sup>3</sup>, Mazdak Kazemi<sup>3</sup>, Alireza Hasani Bafarani<sup>4</sup>, Ali Kazemi<sup>3</sup> and Negin Jamali<sup>5</sup>

1 Associate Professor in Animal Breeding and Genetics, Institute of Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Animal Science Research Institute (ASRI), Karaj, Iran

2, 3. Ph.D. and M. Sc. in Animal Breeding and Genetics, Animal Breeding Center and Promotion of Animal Products, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran

4. Assistant Professor in Animal Breeding and Genetics, Institute of Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ministry of Agriculture, Tehran, Iran

5. Ph.D. in Animal Physiology, Animal Breeding Center and Promotion of Animal Products, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran  
(Received: May 16, 2021 - Accepted: Jun. 13, 2021)

ABSTRACT

Lactation length is different in individual cows, which is generally converted to a 305-day standard using curve fitting models for genetic and management practices. Individual curves do not have a standard shape in all cases, and can deviate from the standard pattern according to factors such as individual differences, and type of fitted models. These non-standard curves, called atypical, resulted from incorrect estimated parameters of the curves; which consist of: continuously increasing or decreasing and reversed standards. This study was conducted to investigate the importance of atypical curves in estimation of 305-day milk production, by fitting two nonlinear models? Wood (empirical) and Pollott (biological), on 7659 and 6692 test-day milk yield of 977 and 776 first calving Iranian Simmental and Jersey cows, during 2007-2020, using R software. Different patterns obtained based on the combination of increasing (b) and decreasing (c) phase parameters of curves. The number of standard curves from the Pollott and Wood models were 85.5% and 62.2% for Simmental, and 83.1% and 70.6% for Jersey cows, respectively. Only continuously increasing curves were observed in both breeds in Pollott model (14.8% and 16.9%, Simmental and Jersey cows, respectively); Whereas in Wood model, all 3 groups of atypical curves were observed, which the reversed standard was the most (22.3% and 16.5%, Simmental and Jersey cows, respectively). Based on the findings, at the time of standardizing the production of dairy cows (national evaluations), not only differences between breeds, but also special attention to the production of atypical curves, should be paid (to correct or discard them).

**Keywords:** Atypical lactation curve, Jersey, Milk yield, Simmental.

\* Corresponding author E-mail: pmaz\_abbasi@yahoo.com

### مقدمه

منبع اصلی درآمد اغلب پرورش دهندگان گاو شیری فروش شیر است. یکی از عوامل مهم تنوع در تولید شیر، تفاوت طول دوره‌ی شیردهی و شکل منحنی شیردهی گاوها می‌باشد. منحنی تولید شیر استاندارد<sup>۱</sup> یا متعارف از زایش تا زمان اوج تولید (۴- ۹ هفته پس از زایش) به صورت افزایشی است و سپس کاهش می‌یابد و این روند کاهشی تا زمان خشکی ادامه دارد. بیان فنوتیپی این فرآیند زیستی را می‌توان به عنوان شکل استاندارد یا متعارف منحنی شیردهی تفسیر کرد. برای بررسی و پیش‌بینی تغییرات منحنی‌ها و تصحیح رکوردها به مبنای استاندارد ۳۰۵ روز که برای ارزیابی‌های فنوتیپی و ژنتیکی در سطح دام، گله و کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان از توابع و مدل‌های ریاضی استفاده نمود (Cankaya et al., 2011; Thornley & France, 2007).

مدل‌های ریاضی متنوعی برای برازش منحنی شیردهی وجود دارند که در گروه‌بندی‌های متفاوتی قرار می‌گیرند (Macciotta et al., 2011). این مدل‌ها بر اساس قابلیت توصیف منحنی شیردهی و توانایی بیان کردن منحنی بر اساس الگوی زیستی تولید شیر در پستان، به دو گروه تجربی و زیستی تقسیم‌بندی می‌شوند (López et al., 2015; Elahi Torshizi et al., 2020). مدل غیرخطی وود<sup>۲</sup> یکی از مهمترین و کاربردی‌ترین مدل‌های تجربی می‌باشد که در سال ۱۹۶۷ برای توصیف منحنی تولید شیر ارائه شده است (Wood, 1967). این مدل دارای سه پارامتر مجهول می‌باشد و در تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (به‌عنوان مثال Arianfar et al., 2018; Dematawewa et al., 2007; Hossein-zade, 2016).

در مقایسه با مدل‌های تجربی، از مدل‌های زیستی کمتر استفاده شده است. با استفاده از یک مدل زیستی، این امکان وجود دارد که ویژگی‌های مختلف یک منحنی شیردهی را براساس تغییرات بافت پستان حیوان بررسی نمود (Elahi Torshizi et al., 2020; Farhangfar et al., 2015). مدل زیستی پولوت<sup>۳</sup> و مدل دایجکسترا (Elahi

2020; Dijkstra et al., 1997) از مهم‌ترین انواع این مدل‌ها و از مهم‌ترین مدل‌های زیستی می‌باشند. مدل پولوت (Albarran-Portilo and Pollott, 2018; Farhangfar et al., 2013) دارای دو پارامتر و در حقیقت شامل دو بخش نمایی است که بخش اول، مقدار حداکثر ظرفیت تراوش شیر از کل سلول‌های پارانشیم و بخش دوم، کاهش نسبی تعداد این سلول‌ها را به عنوان تابعی از زمان، برازش می‌نماید (Farhangfar et al., 2000; Pollott, 2018). پیشرفت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، امکان محاسبات و برازش منحنی شیردهی را برای هر راس دام فراهم نموده است. یکی از معیارهای تصحیح و استانداردسازی تولید شیر و تعیین مدل مناسب و کاربردی برازش، حصول منحنی‌های استاندارد است (Farhangfar et al., 2015; Macciotta et al., 2005). همه دام‌ها دارای منحنی شیردهی استاندارد نیستند، که دلیل آن می‌تواند تفاوت‌های ژنتیکی، مدل مورد برازش، بیماری‌ها و مشکلاتی نظیر لنگش و عواملی مدیریتی نظیر تغذیه نامناسب و رکوردگیری نامنظم، باشد (Farhangfar et al., 2015; López et al., 2015; Rekik & Gara, 2004). منحنی‌های شیردهی که شکل استاندارد ندارند، الگوهای نامتعارف<sup>۴</sup> نامیده می‌شوند (Atashi et al., 2009; Farhangfar et al., 2015; Macciotta et al., 2011). بررسی و پژوهش‌های اندکی بر منحنی شیردهی گاوهای نژاد جرسی و سیمنتال موجود است. درخصوص نژاد جرسی، می‌توان به تحقیقاتی بر روی گاوهای جرسی ترکیه (Cankaya et al., 2011) و هند (Mohanty et al., 2019) اشاره نمود. در یک تحقیق بر روی گاوهای سیمنتال ایتالیا با استفاده از مدل وود، تعداد منحنی‌های نامتعارف را حدود ۲۴ درصد گزارش شده است (Macciotta et al., 2005). در تحقیق دیگری بر روی گاوهای هلشتاین، تعداد منحنی نامتعارف در زایش‌های برخی فصول تا حدود ۴۵ درصد هم مشاهده شد (Rekik & Gara, 2004). در یک تحقیق بر روی گاوهای هلشتاین ایران با استفاده از مدل تابع ویلمینک در مجموع حدود ۲۳/۳ درصد منحنی‌ها نامتعارف بودند (Farhangfar et al., 2015). نتایج این

1. Typical
2. Wood
3. Biological Pollott's model

4. Atypical

برازش مدل و برآورد پارامترها برای هر دام انجام شد و مدل های مورد استفاده عبارت بودند از:  
۱- مدل تابع وود به شکل زیر تعریف می شود (Wood, 1967):

$$y_t = at^b e^{-ct}$$

در تابع فوق،  $y_t$  تولید شیر (کیلوگرم) در روز  $t$  ام شیردهی،  $a$  پارامتری در ارتباط با تولید اولیه،  $b$  پارامتر مربوط به شیب مرحله افزایشی و  $c$  پارامتر مربوط به شیب مرحله کاهش منحنی شیردهی است. با استفاده از رکوردهای روز آزمون و تابع مذکور، پارامترهای منحنی شیردهی ( $a$ ،  $b$  و  $c$ ) برای هر رأس دام برآورد گردید.

۲- مدل تابع دو پارامتری پولوت به صورت زیر تعریف می شود (Albarra-portillo & Pollott, 2008, 2013):

$$y_t = \left( \frac{b}{1+z \cdot e^{[c \cdot (t-150)]}} \right) * (2 - e^{[c \cdot (t-150)]})$$

در تابع فوق،  $y_t$  تولید شیر (کیلوگرم) در روز  $t$  ام شیردهی،  $e$  عدد نپر و  $z$  مساوی با  $(1 - 0.9999999)/0.9999999$  می باشد.  $b$  پارامتری مربوط به شیب مرحله افزایشی و  $c$  پارامتر مربوط به شیب مرحله کاهش منحنی شیردهی می باشد (Albarra-portillo & Pollott, 2008; Pollott, 2000). عدد ثابت  $z$ ، مدل پیچیده اولیه پولوت را به مدل ساده تر دو پارامتری تبدیل کرده است. مدل اولیه، یک مدل  $Y$  پارامتری و بسیار پیچیده بوده که اولید بار توسط (Pollott, 2000) ارائه شده است. این مدل مشکلات زیادی در برازش بر رکوردهای روز آزمون داشته ولی با در نظر گرفتن عدد ثابت  $z$ ، این مدل به مدل ساده مذکور تبدیل می شود (Albarra-portillo & Pollott, 2008; Farhangfar et al., 2018).

پس از برآورد پارامترهای مدل های ذکر شده، منحنی استاندارد و منحنی های نامتعارف (atypical) براساس ترکیب شیب مرحله افزایشی (پارامتر  $b$ ) و کاهش (پارامتر  $c$ ) منحنی های انفرادی هر مدل (جدول ۱) به تفکیک نژادهای مورد بررسی محاسبه و تعیین شد (Atashi et al., 2009; Albarra-portillo & Pollott, 2008).

برای برازش منحنی های غیرخطی و محاسبه مقادیر پارامترها برای هر یک از گاوها به صورت جداگانه، از رویه

تحقیق نشان داد که بروز شکل نامتعارف منحنی در آذرماه کمترین (میانگین احتمال بروز ۰/۲۳۴۸) و در اردیبهشت ماه بیشترین (میانگین احتمال بروز ۰/۳۴۳۵) بود. در یک تحقیق مروری (Macciotta et al., 2011) بیان شده است که منحنی های نامتعارف نباید بیش از ۲۵-۳۰ درصد کل منحنی های برازش یافته باشد.

تا کنون در ایران هیچ گونه مطالعه ای درخصوص منحنی تولید شیر گاوهای نژاد سیمنتال و جرسی صورت نگرفته است. لذا بررسی منحنی شیردهی در این نژادها برای دامداران و اصلاح گران از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین با عنایت به اینکه بعضی محققین، برتری مدل های تجربی و برخی محققین مدل های زیستی را پیشنهاد و به عنوان مبنای برازش منحنی شیردهی در نظر می گیرند، هدف از این تحقیق، تعیین و تحلیل منحنی های شیردهی استاندارد و نامتعارف حاصل از برازش مدل تجربی وود و مدل زیستی پولوت بر منحنی های انفرادی و برجسته نمودن اهمیت این موضوع در استانداردسازی و تصحیح رکورد تولید گاوهای خالص نژادهای سیمنتال و جرسی ایران می باشد.

## مواد و روش ها

در این تحقیق از رکورد روز آزمون تولید شیر زایش اول گاوهای ماده خالص نژاد جرسی و سیمنتال، گردآوری شده در پایگاه اطلاعات مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی ایران، طی سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۹، استفاده شد. معیارهای ویرایش داده ها (Adediran et al., 2012; Silvestre et al., 2009; Dematawewa et al., 2007) عبارت از ۱- طول دوره ی شیردهی بین ۵ تا ۳۰۵ روز؛ ۲- گاو هایی با حداقل پنج رکورد روز آزمون در طی ۳۰۵ روز شیردهی که حداقل حداقل دو رکورد روز آزمون آن تا روز ۱۵۰ پس از زایش باشد؛ ۳- اولین رکورد تولید پیش از روز ۶۰ شیردهی بودند. در نهایت تعداد داده ها به ترتیب شامل ۶۶۹۲ رکورد روز آزمون متعلق به ۷۷۶ رأس گاو ماده نژاد جرسی و ۷۶۵۹ رکورد روز آزمون متعلق به ۹۷۷ رأس گاو ماده نژاد سیمنتال استفاده شد. ویرایش ها با استفاده از نرم افزار R (نسخه ۴.۰.۰) انجام گردید.

بنابراین منحنی شیردهی (میزان تولید شیر روزانه در مقابل روز شیردهی) همیشه از یک خط سیر و هنجار (منحنی استاندارد) پیروی نمی‌کند ( Rekik & Gara, 2004; López *et al.*, 2015). تفاوت نژادها به نسبت منحنی‌های شیردهی غیرمتعارف در مورد معادله مدل وود ( $P > 0.05$ ) و پولوت معنی‌دار نشد ( $P > 0.05$ ). از سوی دیگر تفاوت معادله مدل در نژاد سیمنتال ( $P > 0.05$ ) و جرسی ( $P > 0.05$ ) معنی‌دار شد (جدول ۲). قابل ذکر است که این دو نژاد در ایران دارای اهمیت بالایی می‌باشند و فایل ارقام دو نژاد مجزا بوده و هیچ ارتباطی بین نژادها وجود ندارند لذا نتایج هر کدام به صورت جداگانه تحلیل و ارائه می‌شوند. مدل تابع وود، یکی از روش‌های غیرخطی تجربی پارامتریک برای توصیف منحنی تولید شیر (و ترکیبات) هر گاو و تصحیح ۳۰۵ روز بوده و در اغلب پژوهش‌ها جهت مقایسات مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعداد منحنی استاندارد در گاوهای سیمنتال و جرسی به ترتیب ۶۲/۲ درصد و ۷۰/۶ درصد (حدود ۸ درصد بیشتر از نژاد سیمنتال و  $P > 0.05$ ) محاسبه شد. تعداد منحنی نامتعارف در نژاد سیمنتال بیشتر از نژاد جرسی ( $P > 0.05$ ) می‌باشد (۳۵/۳ درصد در مقابل ۲۹/۴ درصد) (جدول ۲).

بر اساس نتایج پژوهش‌ها، حدود ۲۰-۳۰ درصد دام‌ها با منحنی‌های نامتعارف قابل پذیرش می‌باشند (Arianfar *et al.*, 2018; Farhangfar *et al.*, 2015; Silvestre *et al.*, 2009) که این حد قابل پذیرش در تحقیق حاضر برای منحنی‌های حاصل از مدل وود در نژاد سیمنتال تا حدودی بیش از مقدار مورد انتظار می‌باشد. از سوی دیگر، مقایسه دو مدل نشان داد که میزان تولید منحنی استاندارد در مدل زیستی پولوت حدود ۲۳ درصد در نژاد سیمنتال ( $P < 0.05$ ) و ۱۲/۵ درصد در نژاد جرسی ( $P < 0.05$ ) نسبت به مدل وود بیشتر بود (جدول ۲). محققان نشان دادند که علاوه بر عواملی نظیر تنوع ژنتیکی، فواصل و خطاهای اندازه‌گیری، مشکلات تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی نظیر سوء تغذیه، بیماری‌های متابولیکی یا عفونی، مدل مورد برآزش می‌تواند یکی از دلایل اصلی تولید منحنی‌های نامتعارف باشد (Macciotta, 2012; Adediran *et al.*, 2012; López *et al.*, 2005, 2011; et al., 2015).

غیرخطی تکراری (iterative non-linear curve fitting) با معیار همگرایی  $10^{-6}$  و بسته نرم‌افزاری nlme نرم‌افزار R (نسخه ۴,۰,۰) استفاده شد.

جدول ۱. ترکیب پارامترهای "b (شیب افزایشی)" و "c (شیب کاهش)" برای انتخاب منحنی‌های استاندارد و غیرمتعارف  
Table 1. The combination of "b (increasing slope)" and "c (decreasing slope)" parameters to select the atypical and standard curve shapes

Model	Parameter		Curve shape
	b	c	
Wood	+	+	Standard
	+	-	Continuously increasing
	-	+	Continuously decreasing
	-	-	Reversed standard
Pollott	+	+	Standard
	+	-	Continuously increasing
	-	-	Continuously decreasing
	-	+	Reversed standard

در صورت نیاز به آزمون معنی‌داری نسبت منحنی‌های شیردهی غیرمتعارف (که یک متغیر دوتایی است) در بین دو نژاد (جرسی و سیمنتال) یا دو معادله مدل (وود و پولوت) تحت مطالعه، اصولاً از روش آنالیز رگرسیون لجستیک استفاده می‌شود که منحنی‌های شیردهی استاندارد با کد صفر و منحنی‌های نامتعارف با کد یک، در فایل ارقام شماره‌گذاری می‌شوند و به عنوان متغیر وابسته دوتایی در نظر گرفته می‌شود (Farhangfar, 2015). برای این منظور از رویه GLIMMIX (SAS) استفاده شد. عوامل ثابت، علاوه بر اثر نژاد (جرسی و سیمنتال) یا اثر معادله مدل (وود و پولوت)، شامل گله، سال و فصل زایش و تعداد رکورد روزآزمون بودند.

## نتایج و بحث

در جدول ۲، تعداد و درصد منحنی‌های استاندارد و در جدول‌های ۲ و ۳، تعداد و درصد منحنی‌های نامتعارف حاصل از برآزش این مدل به تفکیک نژادهای مورد بررسی ارائه شده است. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که تعدادی از دام‌ها، منحنی شیردهی استاندارد ندارند و شامل منحنی‌های نامتعارفی نظیر معکوس استاندارد، پیوسته افزایشی یا کاهش می‌باشند (شکل ۱ به عنوان نمونه از نتایج این تحقیق در خصوص مدل تابع وود و شکل ۲ در خصوص مدل تابع پولوت).

جدول ۲. تعداد و درصد منحنی‌های استاندارد و نامتعارف در گاوهای سیمنتال و جرسی

Table 2. Number and percentage of standard and atypical lactation curves in Simmental and Jersey cows

Model	Curve shape	Simmental		Jersey	
		Number	Percent <sup>1</sup>	Number	Percent <sup>1</sup>
Wood	Standard	620	62.2	548	70.6
	Continuously increasing	12	1.2	7	1.0
	Continuously decreasing	118	11.8	92	11.9
	Reversed standard	222	22.3	128	16.5
Pollott	Standard	832	85.2	645	83.1
	Continuously increasing	145	14.8	131	16.9
	Continuously decreasing	0	0	0	0
	Reversed standard	0	0	0	0

۱. درصدها در هر مدل در داخل نژاد بر حسب تعداد منحنی انفرادی در گروه مربوطه نسبت به کل منحنی‌های برازش شده محاسبه شده است

1. Percentages in each model within the breed are calculated in terms of the number of individual curves in the respective group relative to the total fitted curves.

گاوهای سیمنتال و جرسی) می‌باشد. نتایج جدول ۳ هم می‌تواند تأییدی بر مطالب فوق باشد؛ به این ترتیب که در منحنی‌های برازش شده با مقادیر بالای ضریب تبیین ( $R^2$ ) که معیاری از برازش مناسب (نکویی برازش) می‌باشد، نیز امکان تولید تمام انواع منحنی نامتعارف می‌باشد و اکتفاء کردن به این معیارهای نکویی برازش، ممکن است سبب نادیده گرفتن منحنی‌های دارای اشکال و حتی اریبی در انتخاب نوع مدل برازش شود. در یک پژوهش بر روی گاوهای نژاد سیمنتال ایتالیایی، درصد منحنی‌های استاندارد تولید شیر نسبت به کل منحنی‌های برازش شده با مدل‌های تابع وود و ویلمینک به ترتیب برابر ۷۹ و ۶۴ درصد گزارش شد. نسبت نمودارهای نامتعارف نسبت به کل نمودارهای برازش شده با مدل تابع وود برابر ۰/۰، ۱۷/۳ و ۲/۶ درصد به ترتیب برای اشکال پیوسته افزایشی، پیوسته کاهشی و معکوس استاندارد گزارش شدند (Macciotta et al., 2005).

این محققین، مشکلاتی از جمله بیش برآورد (overestimation) تولید در مرحله افزایشی منحنی و برآورد کمتر از حد (underestimation) در محدوده اوج تولید و پس از آن را برای مدل تابع وود گزارش کرده اند (Macciotta et al., 2005) که می‌توانند سبب افزایش خطای برازش و در نتیجه افزایش تولید منحنی‌های نامتعارف مختلف شوند (Arianfar et al., 2018; Dematawewa et al., 2007; Farhangfar et al., 2015). در پژوهش دیگری با استفاده از مدل تابع وود برای برازش منحنی تولید شیر گاوهای هلشتاین در کشور پرتغال (Silvestre et al., 2009)، در مجموع حدود ۷۵ درصد منحنی‌ها استاندارد بودند. نسبت

لذا مدلی که قابلیت توجیه و توصیف منحنی شیردهی و میزان تولید بر اساس الگوی زیستی و تغییرات بافت پستان را داشته باشد، امکان اشتباه برآورد و احتمال تغییر منحنی به صورت نامتعارف در آن کمتر می‌شود (جدول ۲). البته جهت تأیید این موضوع نیاز به تحقیقات تکمیلی می‌باشد تا با در نظر گرفتن منحنی‌های استاندارد، صحت این موضوع در این نژادها نیز بررسی شود. در مدل‌های زیستی برازش بر روی رکوردهای روزآزمون با در نظر گرفتن تفسیر زیستی فرآیند تولید شیر است (Bouallegue & M'Hamdi, 2020; Elahi Torshizi et al., 2020). مدل زیستی پولوت بر دینامیک جمعیت سلول‌های پستانی متمرکز است و ساخت و تولید شیر را به یک فرآیند بیولوژیکی پس زمینه، برای برازش داده‌ها به تولید شیر و تولید منحنی‌های شیردهی استاندارد مرتبط می‌نمایند.

پارامتر b در معادله مدل، مرتبط با تمایز سلول‌های ترشحی پستان (تعداد سلول‌های فعال) و میزان تولید و ترشح شیر به واسطه این سلول‌ها و پارامتر c مرتبط با کاهش تدریجی تعداد این سلول‌های ترشحی در اثر مرگ آن‌ها می‌باشد (Pollot, 2000; Albarran-portillo & Pollott, 2008, 2013). در مدل تابع پولوت، فقط منحنی نامتعارف پیوسته افزایشی (۱۴/۸ و ۱۶/۹ درصد به ترتیب در گاوهای سیمنتال و جرسی) مشاهده شد (جدول و شکل ۲) در حالیکه در مدل تابع وود، هر سه نوع منحنی نامتعارف ایجاد شد (جدول ۲ و شکل ۱) که در هر دو نژاد بیشترین منحنی نامتعارف مربوط به گروه معکوس استاندارد (۲۲/۳ درصد و ۱۶/۵ درصد به ترتیب در

گاوهای هلشتاین ایران، در مجموع حدود ۲۳/۳ درصد منحنی‌ها نامتعارف بودند که از این تعداد، ۳۱/۹، ۴۴ و ۲۴/۱ درصد به ترتیب برای اشکال پیوسته افزایشی، پیوسته کاهشی و معکوس استاندارد، گزارش شدند (Farhangfar *et al.*, 2015).

نمودارهای نامتعارف نسبت به کل نمودارهای برازش شده برابر ۰/۴، ۱۶/۷ و ۷/۵ درصد به ترتیب برای اشکال پیوسته افزایشی، پیوسته کاهشی و معکوس استاندارد گزارش شدند. در یک تحقیق با استفاده از مدل تابع ویلمینک برای برازش منحنی تولید شیر

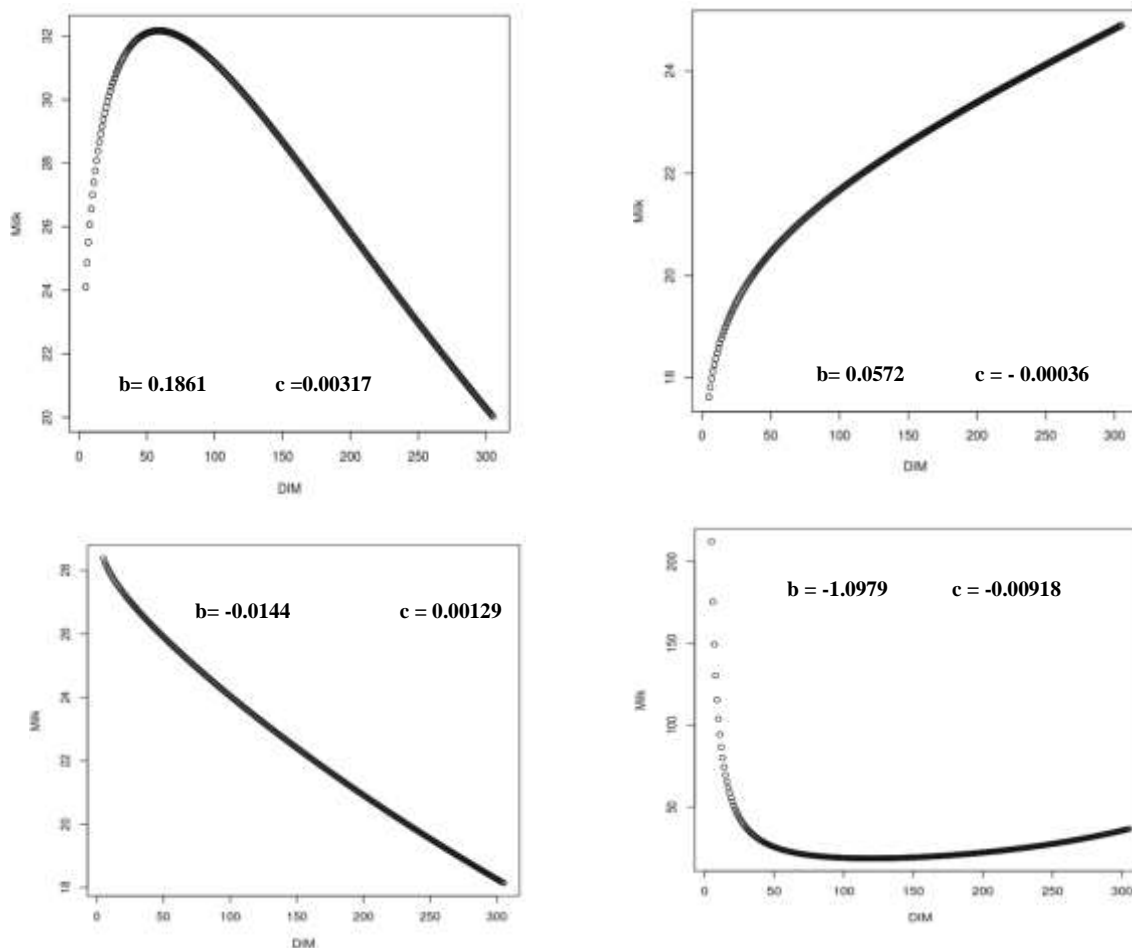
جدول ۳. تعداد و درصد منحنی‌های نامتعارف در منحنی‌های با  $R^2 \geq 0.7$  در گاوهای سیمنتال و جرسی

Table 3. Number and Percentage of atypical lactation curves with  $R^2 \geq 0.7$  in Simmental and Jersey cows

Model	Curve shape	Simmental		Jersey	
		Number	Percent <sup>1</sup>	Number	Percent <sup>1</sup>
Wood	Continuously increasing	0	0	0	0
	Continuously decreasing	40	4.1	47	6.1
	Reversed standard	222	22.7	23	3.0
Pollott	Continuously increasing	2	0.2	1	0.1
	Continuously decreasing	0	0	0	0
	Reversed standard	0	0	0	0

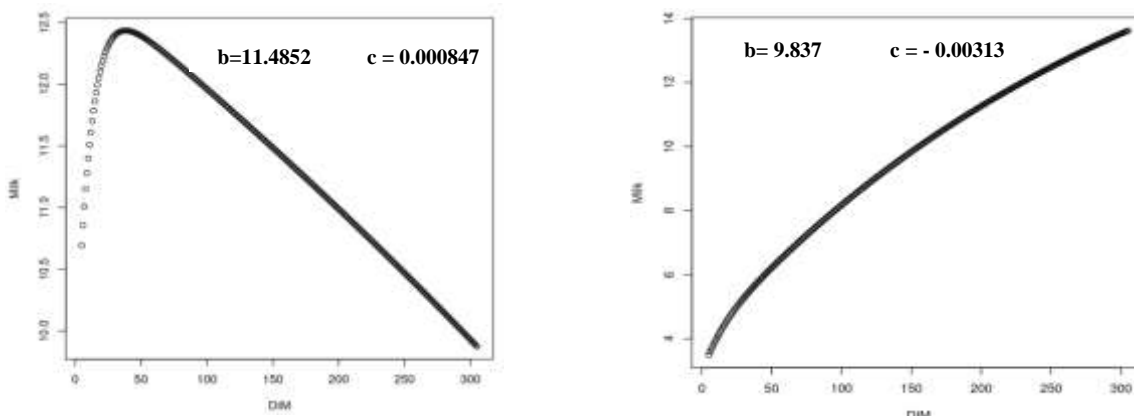
۱. درصدها در هر مدل در داخل نژاد بر حسب تعداد منحنی انفرادی در گروه مربوطه با  $R^2 \geq 0.7$  نسبت به کل منحنی‌های برازش شده محاسبه شده است.

1. Percentages in each model within the breed are calculated in terms of the number of individual curves in the respective group with  $R^2 \geq 0.7$  relative to the total fitted curves.



شکل ۱. نمونه‌ای از منحنی‌های استاندارد (بالا-چپ) و نامتعارف پیوسته افزایشی (بالا-راست)؛ پیوسته کاهشی (پایین-چپ)؛ معکوس استاندارد (پایین-راست) در مدل تابع وود (از نتایج تحقیق حاضر)

Figure 1. Example of standard (top-left) and atypical continuously increasing (top-right); continuously decreasing (bottom-left); reversed Standard (bottom-right) curves in the Wood model (results from present study)



شکل ۲. نمونه‌ای از منحنی‌های استاندارد و نامتعارف پیوسته افزایشی (راست) در مدل تابع پولوت (از نتایج تحقیق حاضر)  
Figure 2. Example of standard and atypical continuously increasing (right) in the Pollott model (results from present study)

گرفتن تفاوت بین نژادها این است که در بعضی موارد ممکن است محققین یا بخش‌های تحقیق و توسعه در سطح کشوری و یا سطوح پایین‌تر، یک معادله مدل که برای یک نژاد شیری مناسب بوده و به فرض تعداد منحنی نامتعارف کمی تولید کرده، را برای نژاد یا نژادهای شیری دیگر پیشنهاد دهند و حتی ممکن است در زمان استانداردسازی و ارائه گزارش‌های تحلیلی و زیربنایی، حذف نکردن منحنی‌های نامتعارف، سبب تصمیم‌گیری‌های ناصحیح شود.

#### نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق از برازش مدل پرکاربرد تجربی وود و مدل زیستی پولوت برای بررسی انواع و نسبت منحنی‌های استاندارد و نامتعارف در نژادهای سیمنتال و جرسی، استفاده شد. هر یک از مدل‌ها و در هر یک از نژادها بر اساس ترکیب علامت پارامترهایشان، تعداد متفاوت منحنی استاندارد و نامتعارف برازش دادند. تعداد منحنی نامتعارف مدل وود نسبت به پولوت در کل بیشتر بود. در مدل پولوت، فقط منحنی نامتعارف پیوسته افزایشی ولی در مدل وود، هر سه نوع منحنی نامتعارف مشاهده شد که در هر دو نژاد بیشترین منحنی نامتعارف مربوط به گروه معکوس استاندارد بود. همچنین بدون حذف منحنی‌های نامتعارف، ممکن است مقادیر تولید استاندارد شده افراد و تحلیل‌های حاصل از آن صحیح نباشد. لذا می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بحث درصد منحنی‌های نامتعارف بسیار موثر و مهم است و علاوه بر در نظر

میزان منحنی‌های نامتعارف نسبت به کل منحنی‌های برازش شده در گاوهای هلشتاین ایران نیز با استفاده از تابع مدل وود (تبدیل لگاریتمی)، ۲۲ درصد گزارش شده است (Atashi *et al.*, 2009).

همچنین در عمل، در نظر گرفتن منحنی‌های نامتعارف در زمان برازش معادله مدل منحنی شیردهی، بسیار مهم و حیاتی است و نادیده گرفتن آن‌ها سبب خطا در برآورد تولید استاندارد شده ۳۰۵ روز حاصل و در نهایت کاهش صحت انتخاب خواهد شد (Arianfar *et al.*, 2018). میانگین (انحراف معیار) تولید شیر ۳۰۵ روز، با و بدون حذف منحنی‌های نامتعارف در گاوهای نژاد سیمنتال براساس معادله مدل تابع وود به ترتیب برابر (۱۵۰۴/۰۲) و (۱۸۸۰/۷۵) و (۶۰۸۲/۳۹) و (۶۱۷۲/۸۶) کیلوگرم و برای پولوت به ترتیب برابر (۱۴۵۹/۰۹) و (۶۰۸۲/۱۱) و (۱۵۳۳/۳۹) و (۶۰۳۹/۳۳) کیلوگرم و در گاوهای نژاد جرسی براساس معادله مدل تابع وود به ترتیب برابر (۱۳۹۱/۳۸) و (۶۷۴۴/۳۱) و (۱۳۹۸/۴۴) و (۶۷۵۰/۰۷) کیلوگرم و براساس معادله مدل تابع پولوت به ترتیب برابر (۱۳۸۰/۳۸) و (۶۷۴۴/۰۷) و (۱۴۱۳/۰۴) و (۶۷۱۶/۶۵) کیلوگرم برآورد شد. قابل ذکر است که اعداد بسیار پرت تولید شیر استاندارد شده ۳۰۵ روز در محاسبه میانگین‌ها منظور نشده است. بنابراین در نظر گرفتن تفاوت بین مدل‌ها و نژادها در میزان تولید منحنی نامتعارف هنگام برازش مدل‌های منحنی شیردهی دارای اهمیت است (Rekik and Gara, 2004). با وجود معنی‌دار نشدن تفاوت بین نژادها، علت تاکید بر در نظر

### سپاسگزاری

از کارشناسان و مسئولین محترم گروه‌های پرورش و اصلاح نژاد دام سنگین و فناوری داده‌های اصلاح نژادی مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور، تشکر و قدردانی می‌گردد.

گرفتن تفاوت بین نژادها، در زمان استانداردسازی و تصحیح رکوردها به ۳۰۵ روز (در سطح ارزیابی‌های ملی و یا سطوح پایین‌تر)، حتماً موضوع تولید منحنی‌های نامتعارف و در صورت نیاز کنار گذاشتن و یا تصحیح آن‌ها مد نظر قرار گیرد.

### REFERENCES

1. Adediran, S.A., Ratkowsky, D.A., Donaghy, D.J. & Malau-Aduli, A.E.O. (2012). Comparative evaluation of a new lactation curve model for pasture-based Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of dairy science*, 95(9), 5344-5356.
2. Albarrán-Portillo, B. & Pollott, G.E. (2008). Genetic parameters derived from using a biological model of lactation on records of commercial dairy cows. *Journal of dairy science*, 91(9), 3639-3648.
3. Albarrán-Portillo, B. & Pollott, G.E. (2013). The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms. *Journal of dairy science*, 96(1), 635-646.
4. Arianfar, M., Rokouei, M., Dashab, G. & Faraji-Arough, H. (2018). Comparative evaluation of some mathematical functions in describing the lactation curve of Iranian dairy cattle. *Animal Production*, 20(3), 351-363. (In Farsi)
5. Atashi, H., Sharbabak, M.M. & Shahrbabak, H.M. (2009). Environmental factors affecting the shape components of the lactation curves in Holstein dairy cattle of Iran. *Livestock Research for Rural Development*. 2(354), 4-66.
6. Bouallegue, M. & M'Hamdi, N. (2020). Mathematical modeling of lactation curves: A review of parametric models. *Lactation in Farm Animals-Biology, Physiological Basis, Nutritional Requirements, and Modelization*, pp.1-20.
7. Cankaya, S., Unalan, A. & Soydan, E. (2011). Selection of a mathematical model to describe the lactation curves of Jersey cattle. *Archives Animal Breeding*, 54(1), 27-35.
8. Dematawewa, C.M.B., Pearson, R.E. & VanRaden, P.M. (2007). Modeling extended lactations of Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3924-3936.
9. Dijkstra, J., López, S., Bannink, A., Dhanoa, M.S., Kebreab, E., Odongo, N.E., Fathi Nasri, M.H., Behera, U.K., Hernandez-Ferrer, D. & France, J. (2010). Evaluation of a mechanistic lactation model using cow, goat and sheep data. *Journal of Agricultural Science* (148), 249-262.
10. Elahi Torshizi, M. & Farhangfar, H. (2020). The use of dijkstra mechanistic model for genetic analysis of the lactation curve characteristics and their relationships with age at first calving and somatic cell score of Iranian dairy cows. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 42.
11. Elahi Torshizi, M., Aslamenejad, A.A., Nassiri, M.R. & Farhangfar, H. (2011). Comparison and evaluation of mathematical lactation curve functions of Iranian primiparous Holsteins. *South African Journal of Animal Science*, 41(2), 104-115.
12. Farhangfar, H., Abdollahzadeh, M. & Fathi Nasri, M. H. (2015). Logistic analysis of calving month influence on lactation curve of Iranian Holstein cows., *Journal of Livestock Research*, 4(2), 19-27. (In Farsi)
13. Farhangfar, H., Nezamdoust, S., Montazer, M.B. & Asgari, M.R. (2018). Genetic analysis of Pollott-Gootwine mechanistic model parameters for lactation curve of Iranian dairy cows., *Journal of Animal Science Researches*, 28(3), 17-46. (In Farsi)
14. Hossein-Zadeh, G.N. (2016). Modelling lactation curve for fat to protein ratio in Holstein cows. *Anim Sci Pap Rep*, 34, 233-246.
15. Jeretina, J., Babnik, D. & Škorjanc, D. (2013). Modeling lactation curve standards for test-day milk yield in Holstein, Brown Swiss and Simmental cows. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(3), 754-762.
16. López, S., France, J., Odongo, N.E., McBride, R.A., Kebreab, E., AlZahal, O., McBride, B.W. & Dijkstra, J. (2015). On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2701-2712.
17. Macciotta, N.P., Dimauro, C., Rassu, S.P., Steri, R. & Pulina, G. (2011). The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science*, 10(4), 213-223.
18. Macciotta, N.P.P., Vicario, D. & 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(3), 1178-1191.



19. Mohanty, B.S., Verma, M.R., Sharma, V.B. & Patil, V.K. (2019). Effect of parity on the shape of lactation curves in purebred Jersey cows in Indian conditions. *Biological Rhythm Research*, pp.1-14.
20. Pollott, G.E. (2000). A biological approach to lactation curve analysis for milk yield. *Journal of Dairy Science*, 83(11), 2448-2458.
21. Pollott, G.E. & Gootwine, E. (2000). Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. *Animal Science*, 71(2), 197-207.
22. Rekik, B. & Gara, A.B. (2004). Factors affecting the occurrence of atypical lactations for Holstein-Friesian cows. *Livestock Production Science*, 87(2-3), 245-250.
23. Schaeffer, L.R. & Jamrozik, J. (1996). Multiple-trait prediction of lactation yields for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 79(11), 2044-2055.
24. Silvestre, A.M., Martins, A.M., Santos, V.A., Ginja, M.M. & Colaço, J.A. (2009). Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. *Livestock science*, 122(2-3), 308-313.
25. Silvestre, A.M., Petim-Batista, F. & Colaco, J. (2006). The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test-day records from varying sample schemes. *Journal of dairy science*, 89(5), 1813-1821.
26. Thornley, J.H. & France, J. (2007). *Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. Cabi.
27. Wood, P.D.P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216(5111), 164-165.