



## برازش منحنی شیر و ترکیبات آن برای گاومیش‌های خوزستانی با استفاده از پنج تابع مختلف

بهاره طاهری دزفولی<sup>۱</sup>، محمد بابایی<sup>۲</sup> و عزیز کردونی<sup>۳</sup>

۱- عضو هیأت علمی، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران  
(نویسنده مسوول: bahare.taehri@gmail.com)

۲- عضو هیأت علمی، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- محقق، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۸

### چکیده

به منظور بررسی منحنی شیر و ترکیبات آن برای گاومیش‌های خوزستان، از تعداد ۹۰۶۱ رکورد تولید شیر، چربی و پروتئین روزانه دوره شیردهی اول گاومیش‌ها که طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۲ جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. پنج تابع وود، ویلمینک، پارابولیک، مختلط لگاریتمی و چندجمله‌ای معکوس به منظور برازش منحنی شیردهی گاومیش‌ها با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS 9.1 مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه آماره‌های توابع مورد بررسی، تابع وود به عنوان بهترین تابع جهت پیش‌بینی منحنی شیردهی بدست آمد. توابع پارابولیک و چندجمله‌ای معکوس با نتایج یکسان برای منحنی درصد چربی، تابع پارابولیک برای مقدار چربی و درصد پروتئین و توابع چندجمله‌ای معکوس و وود برای منحنی مقدار پروتئین، مناسب‌ترین مدل‌ها بودند. بر اساس مناسب‌ترین مدل‌ها، مقدار مورد انتظار تولید روزانه شیر، درصد چربی، مقدار چربی، درصد پروتئین و مقدار پروتئین در ابتدای شیردهی (روز پنجم شیردهی) به ترتیب ۶/۱۰ کیلوگرم با مقدار اوج تولید ۸/۴۶ کیلوگرم در روز ۸۹ شیردهی، ۵/۵۱ درصد با مقدار اوج ۶/۳۵ درصد در روز ۲۱۰ شیردهی، ۴۲۷/۷۵ گرم با مقدار اوج ۵۱۳/۷۳ گرم در روز ۱۵۳ شیردهی، ۴/۲۰ درصد با مقدار اوج ۴/۲۳ درصد در روز ۲۱۰ شیردهی و ۳۱۷/۷۰ گرم با مقدار اوج ۳۳۴/۴۳ گرم در روز ۸۲ شیردهی، برآورد گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که گاومیش‌های خوزستان از نظر میزان تولید شیر و اوج تولید هم‌تراز و یا نزدیک به بسیاری از نژادهای دنیا هستند که با توجه به سنتی بودن جایگاه‌های پرورش گاومیش در استان خوزستان، انتظار می‌رود با بهبود شرایط محیطی از قبیل تغذیه و مدیریت، زمینه برای بروز حداکثر توانایی ژنتیکی این دام فراهم گردد.

واژه‌های کلیدی: گاومیش، تابع وود، منحنی شیردهی، درصد چربی، تابع پارابولیک

### مقدمه

بر اساس آمار گزارش شده معاونت بهبود تولیدات دامی سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان در سال ۱۳۹۵، جمعیت گاومیش خوزستان ۸۳۷۰۰ رأس بوده (۵) که در ۲۰ شهرستان این استان پراکنده می‌باشند. شیوه نگهداری و پرورش گاومیش در استان خوزستان به صورت سنتی و در جایگاه‌های باز است و گاومیش‌ها در گله‌های کوچک، بسته به توان مالی دامدار، نگهداری می‌شوند. در تمامی نقاط استان گاومیش در درجه اول به منظور تولید شیر پرورش داده می‌شود، به طوری که حدود ۴۰ درصد از تولیدات لبنی استان توسط گاومیش تولید می‌گردد (۴). توجه به اصلاح نژاد گاومیش و بالا بردن ظرفیت تولید شیر آن، علاوه بر تأمین بخش قابل توجهی از مواد پروتئینی مورد نیاز استان می‌تواند در بهبود بازده تولید گاومیش و اقتصادی شدن پرورش و توسعه آن نیز مؤثر واقع شود.

به‌طور کلی، تولید شیر در دام‌های شیرده بعد از زایش آغاز می‌شود. نمودار تولید شیر در طول دوره شیردهی را منحنی شیردهی گویند که عبارت از نمودار توصیف کننده رابطه بین تغییرات تولید شیر و زمان می‌باشد (۱۹). منحنی شیردهی دارای مجموعه‌ای از مراحل است، از جمله مرحله بالارفتن تولید (شیب بالا رونده) که تا اوج تولید ادامه دارد، اوج تولید (که مقدار تولید در اوج و زمان رسیدن به اوج تولید در منحنی‌های مختلف متفاوت می‌باشد) و مرحله پایین آمدن تولید پس از رسیدن به اوج (شیب پایین‌رونده منحنی) که در ارتباط با سرعت پایین آمدن تولید پس از اوج می‌باشد (۱۹). از

آنجا که شیردهی پدیده اصلی در واحدهای پرورش دام‌های شیری است، لذا پیش‌بینی تولید شیر در شرایط مختلف برای مدیریت گله بسیار مهم می‌باشد. آگاهی داشتن از شکل منحنی شیردهی می‌تواند در تعیین الگوی تولید شیر در طول زمان و تعیین بازدهی بیولوژیکی و اقتصادی دام شیرده از نظر تغذیه و مدیریت نیز مؤثر باشد. به طور کلی، تجزیه و تحلیل منحنی شیردهی در تشخیص مشکلات تغذیه‌ای و مدیریتی گله‌های شیری نیز حائز اهمیت است. توابع توصیف‌کننده منحنی شیردهی به دو گروه توابع خطی و غیرخطی طبقه‌بندی می‌شوند. از آنجایی که طیف وسیعی از منحنی‌ها با توابع غیرخطی توصیف می‌شوند و همچنین به دلیل وجود روش‌های تکرار در نرم‌افزارها، روش‌های غیرخطی در سال‌های اخیر بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲۴). توابع بسیاری جهت برازش منحنی شیردهی معرفی شده‌اند که توابع گامای ناقص وود، ویلمینک، چندجمله‌ای معکوس، پارابولیک و لگاریتمی مختلط از جمله برخی توابع معمول جهت برازش منحنی شیردهی در گاو و گاومیش می‌باشند (۲، ۸، ۲۶، ۱۱).

منحنی شیردهی در بیشتر نژادهای گاومیش دنیا مطالعه شده است. چادهاری و همکاران (۹) داده‌های شیردهی تعداد ۹۹۳ رأس گاومیش نیلی‌راوی را به منظور بررسی میزان شیر در زمان اوج تولید و تعداد روزها تا رسیدن به اوج تولید، تجزیه و تحلیل کردند. در این مطالعه متوسط میزان اوج تولید شیر ۱۰/۸ کیلوگرم به دست آمد که به طور متوسط ۴۸ روز بعد از زایش اتفاق می‌افتد. سومان و همکاران (۲۶) در بررسی

منحنی شیر و ترکیبات آن و تعیین ویژگی ها و مناسب ترین تابع توصیف کننده منحنی ها در گاو میش های استان با استفاده از تابع گامای ناقص وود، ویلمینک، چندجمله ای معکوس، پارابولیک و لگاریتمی مختلط می باشد.

### مواد و روش ها

در این تحقیق از تعداد ۹۰۶۱ رکورد تولید شیر، چربی و پروتئین روزانه ثبت شده اولین دوره شیردهی گله های گاو میش طرف قرارداد معاونت بهبود تولیدات دامی سازمان جهاد کشاورزی خوزستان (۵۲۶ گله) در سراسر استان که در طی یک دوره ۲۲ ساله (۱۳۹۴-۱۳۷۲) جمع آوری شده است، استفاده گردید. دلیل انتخاب دوره شیردهی اول این است که رکوردها تحت تأثیر انتخاب بر اساس رکوردهای پیشین نیست و عوامل محیطی نظیر روزهای باز و برخی بیماری های متابولیکی کمتر بر آن مؤثر هستند (۲۴).

اطلاعات شیردهی به صورت دو نوبت شیردوشی در روز و ماهیانه ثبت شده اند. داده های شیردهی در محیط نرم افزار Microsoft Excel 2013 ذخیره و ویرایش شدند. دام هایی که کمتر از ۴ رکورد متوالی داشتند و یا زمان رکوردگیری مشخص نداشتند، حذف شدند. روزهای شیردهی از پنجمین روز شیردهی تا ۲۱۰ روز (متوسط طول دوره شیردهی برای گاو میش های استان (۲۷)) در نظر گرفته شد.

رکوردهای درصد پروتئین شیر گاو میش های مورا در هند با پنج مدل درجه دوم، پارابولیک، نمایی، چندجمله ای معکوس و گاما، سه فاز به ترتیب کاهشی، ثابت و افزایشی را برای منحنی پروتئین شیر دقیقاً برعکس مراحل دوره شیردهی برای تولید شیر گزارش کرده اند. همچنین مدل گاما در میان این پنج مدل بهترین برازش را برای منحنی درصد پروتئین شیر نشان داده است. دیمارو و همکاران (۱۱) از برازش تعدادی از توابع شامل وود، ویلمینک، رگرسیون چندجمله ای علی و شفر و چندجمله ای متعامد لژاندر مرتبه چهارم، که بیشترین کاربرد را برای منحنی شیردهی داشتند، برای رسم منحنی های انفرادی و میانگین منحنی شیردهی گاو میش های ایتالیایی استفاده کردند و گزارش کردند توابع مورد استفاده در برازش منحنی شیردهی در گاو می توانند با دقت بالا برای برازش منحنی شیردهی در گاو میش مورد استفاده قرار گیرند. در مطالعه باربوسا و همکاران (۸) در خصوص بررسی منحنی شیردهی گاو میش های برزیل شامل سه نژاد مورا، مدیرانه ای و جعفرآبادی تابع گامای ناقص وود در بین ۶ مدل خطی، درجه دوم، لگاریتمی، لگاریتمی درجه دوم، گامای ناقص و چندجمله ای معکوس، مناسب تر شناخته شد. در مطالعه منحنی شیردهی صفات مقدار و درصد چربی و مقدار و درصد پروتئین گاو میش های مصری، عبدالسلام و همکاران (۲) تابع وود را مناسب گزارش کردند.

لذا، با توجه به تعداد قابل توجه گاو میش و سهم این دام در تولید شیر استان خوزستان، هدف از تحقیق حاضر بررسی

جدول ۱- آماره های توصیفی برای صفات تولید شیر، مقدار و درصد چربی و پروتئین دوره شیردهی اول پس از ویرایش داده ها  
Table 1. Descriptive statistics for milk production, fat and protein content and percentage in the first lactation period after editing data

حد اکثر	حداقل	انحراف استاندارد	میانگین	تعداد رکورد	صفت
۱۵/۵	۱/۱۰	۲/۹۰	۸/۱۸	۶۵۶۶	تولید شیر (کیلوگرم)
۲۲۰۰	۱۴	۲۵۱/۶۷	۴۸۷/۹۲	۸۳۷۲	مقدار چربی (گرم)
۱۲	۰/۵	۱/۹۱	۵/۹۴	۸۳۷۲	درصد چربی
۱۴۳۰	۲۱	۱۳۳/۲۲	۳۲۲/۷۸	۶۳۰۹	مقدار پروتئین (گرم)
۶	۱/۹	۰/۶۲	۴/۱۰	۶۳۲۶	درصد پروتئین

گاو میش مورد استفاده قرار گرفت و در جدول ۲ به تشریح آن ها پرداخته شده است.

در این مطالعه، توابع گامای ناقص وود (WD)، ویلمینک (WIL)، چندجمله ای معکوس (IP)، پارابولیک (Para) و لگاریتمی مختلط (ML) به منظور توصیف منحنی شیردهی

جدول ۲- توابع مورد بررسی در برازش منحنی تولید شیر گاو میش های خوزستان  
Table 2. The studied functions in fitting lactation curves of Khuzestani buffaloes

منبع	مدل	نام تابع
Wood, 1976	$y_t = at^b e^{ct}$	Wood گامای ناقص وود
Wilmlink, 1987	$y_t = a + bt + ce^{-0.05t}$	Wilmlink ویلمینک
Nelder, 1966	$y_t = \frac{1}{(a + bt^{-1} + ct)}$	Inversed Polynomial چندجمله ای معکوس
Guo and Swalve, 1995	$y_t = a + bt^{0.5} + c \ln(t)$	Mixed Logarithmic لگاریتمی مختلط
Sikka, 1950	$y_t = \frac{1}{(a + bt^{-1} + ct)}$	Parabolic پارابولیک

a: پارامتر مربوط به سطح تولید (میزان تولید اولیه)، b: پارامتر مربوط به شیب مرحله افزایشی، c: شیب مرحله کاهشی، t: عدد نپر و t: روز شیردهی و y<sub>t</sub>: میزان تولید شیر، مقدار یا درصد چربی و مقدار یا درصد پروتئین در زمان t می باشد.

که، در این معادله  $SP_{xy}$  مجموع حاصل ضرب‌ها،  $SS_x$  مجموع مربعات متغیر  $x$  و  $SS_y$  مجموع مربعات متغیر  $y$  می‌باشد.

### نتایج و بحث

مقادیر برآورد شده صفات شیر و ترکیبات آن در ابتدای شیردهی و زمان اوج تولید توسط مدل‌های مختلف در جدول ۳ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار تولید شیر روزانه مورد انتظار در ابتدای شیردهی (روز پنجم شیردهی) برای مدل‌های وود، ویلمینک، پارابولیک، مختلط لگاریتمی و چندجمله‌ای معکوس به ترتیب ۶/۱۰، ۶/۲۰، ۷/۲۶، ۳/۵۰ و ۴/۵۰ کیلوگرم بدست آمد. پس از آن، تولید شیر تا رسیدن به زمان اوج افزایش داشته است که مقدار اوج تولید به ترتیب برای مدل‌های فوق ۸/۴۶ کیلوگرم در روز ۸۹ شیردهی، ۸/۴۲ کیلوگرم در روز ۷۳ شیردهی، ۸/۵۰ کیلوگرم در روز ۱۱۵ شیردهی، ۳/۷۶ کیلوگرم در روز ۱۶ شیردهی و ۸/۴۰ کیلوگرم در روز ۷۶ شیردهی بود. به طور کلی، در منحنی شیردهی اولین دوره شیردهی گاومیش‌های مورد مطالعه اوج تولید بالایی مشاهده نمی‌شود، به طوری که تفاوت بین میزان اوج تولید و میانگین تولید کل دوره (بر اساس مدل مناسب) خیلی زیاد نمی‌باشد. این موضوع داشتن اوج خفیف را برای این دام‌های بومی تأیید می‌کند. عبدالسلام و همکاران (۲) مقدار تولید در ابتدای شیردهی را برای مدل‌های ویلمینک، ژئو-اسوالو و وود به ترتیب ۸/۹۰، ۹/۱۶ و ۸/۲۶ کیلوگرم و کمتر از مقدار برآورد شده توسط مدل وود در این تحقیق (۸/۴۶) گزارش کردند. ساهین و همکاران (۲۰) در بررسی پنج دوره شیردهی گاومیش‌های آناتولی، گزارش کردند که مقدار اوج تولید از ۷/۳۳ در دوره اول شیردهی تا ۹/۱۷ کیلوگرم در دوره شیردهی پنجم افزایش داشته است که مقدار برآورد شده در این تحقیق در دامنه آن قرار دارد. دیمارو و همکاران (۱۱) مقدار اوج تولید را برای گاومیش‌های ایتالیایی در دوره‌های شیردهی مختلف با استفاده از تابع وود ۱۰/۹، ویلمینک ۱۱/۳، چندجمله‌ای شفر ۱۱/۵ و چندجمله‌ای لژاندر درجه چهار ۱۱ کیلوگرم گزارش کردند که بیشتر از مقدار برآورد شده برای گاومیش‌های خوزستان می‌باشد. مقدار اوج تولید و روز اوج تولید نیز در مطالعه عبدالسلام و همکاران (۲)، ۱۰/۶۵ کیلوگرم در روز ۲۹ شیردهی، ۱۰/۶۷ کیلوگرم در روز ۲۶ شیردهی و ۹/۰۸ کیلوگرم در روز ۲۸ شیردهی به ترتیب برای توابع ویلمینک، ژئو-اسوالو و وود گزارش شده است. همچنین، چادهاری و همکاران (۹) متوسط اوج تولید را برای گاومیش‌های نیلی‌راوی ۱۰/۸ کیلوگرم در روز ۴۸ شیردهی برآورد کردند. اختلاف نتایج بدست آمده به تفاوت‌های نژادی، شرایط محیطی تأثیرگذار بر تولید شیر و مدل‌های مورد بررسی مربوط می‌گردد. همچنین، پایین بودن اوج تولید در گاومیش‌های مورد مطالعه می‌تواند به کمبودهای تغذیه‌ای و نبود خوراک مناسب در گاومیش‌داری‌های استان مرتبط باشد. به طوری که به دلیل فراهم نبودن شرایط مطلوب تغذیه‌ای، دام نمی‌تواند پتانسیل ژنتیکی خود را بروز دهد.

توابع ریاضی بالا با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS 9.1 برازش داده شدند و پارامترهای به دست آمده برای پیش‌بینی مقادیر تولید از طریق هر یک از توابع استفاده گردید. سپس برای هر یک از مدل‌ها زمان اوج تولید (PT)<sup>۱</sup> از طریق برابر صفر قرار دادن مشتق جزئی مرتبه اول توابع محاسبه گردید و مقدار تولید در زمان اوج (PY) نیز با جایگذاری مقادیر زمان اوج بدست آمده در تابع، برآورد شد. تداوم شیردهی نیز از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$= (\% \text{تداوم شیردهی}) \\ = \frac{((\text{روز } 30) \times (\text{مقدار آخرین رکورد} - \text{حداکثر تولید})) - 1}{100 \times (\text{حداکثر تولید}) / (\text{روز } 210)}$$

جهت ارزیابی و رتبه‌بندی مدل‌ها از شاخص‌هایی همچون ضریب تبیین تصحیح شده ( $R^2_{adj}$ )، انحراف معیار باقیمانده (RSS)، شاخص اطلاعات آکائیک (AIC) و ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی تولید و مقادیر برآورد شده ( $r$ ) استفاده شد، که هرچه مقادیر ضریب تبیین تصحیح شده و ضریب همبستگی مدل بیشتر باشد و در مقابل هرچه مقادیر انحراف باقیمانده و شاخص آکائیک مدل کوچک‌تر باشد، آن مدل در مقایسه با سایر مدل‌ها مناسب‌تر خواهد بود.

#### ضریب تبیین تصحیح شده ( $R^2_{adj}$ ):

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{(n-1)}{(n-p)} \times (1 - R^2)$$

در این رابطه،  $R^2$  ضریب تبیین چندگانه،  $n$  تعداد مشاهدات و  $p$  تعداد پارامتر موجود در مدل می‌باشد. آماره  $R^2_{adj}$  به تعداد متفاوت پارامترها در مدل‌ها تصحیح انجام می‌دهد و هرچه مقدار آن بیشتر باشد مدل مناسب‌تر است. در رابطه  $R^2$  نیز RSS مجموع مربعات باقیمانده‌ها و  $SS_{total}$  مجموع مربعات کل می‌باشد:

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{SS_{total}}$$

#### انحراف معیار باقیمانده (RSS):

$$RSD = \sqrt{\frac{RSS}{(n-p)}}$$

در این رابطه، RSS مجموع مربعات باقیمانده‌ها،  $n$  تعداد مشاهدات و  $p$  تعداد پارامتر موجود در مدل می‌باشد. بر اساس این آماره، هرچه انحراف معیار باقیمانده مدل کمتر باشد آن مدل بهتر خواهد بود.

#### شاخص اطلاعات آکائیک (AIC):

$$AIC = -2 \log L + 2P$$

که در این معادله  $\log L$  از طریق معادله زیر محاسبه گردید و  $P$  نیز تعداد پارامترهای برآورد شده می‌باشد:

$$\log L = \log \left( \frac{SSR}{n} \right)$$

به حداقل رساندن AIC به معنی یافتن مدل مناسب براساس داده‌های مورد مطالعه است.

#### ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی تولید و مقادیر برآورد شده از طریق توابع ( $r$ ):

ضریب همبستگی ( $r_{xy}$ ) از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$r_{xy} = \frac{SP_{xy}}{\sqrt{SS_x * SS_y}}$$

استاندارد نبودن منحنی شیردهی ۵۰٪ دام‌ها در این مطالعه ممکن است با سنتی بودن پرورش گاو‌میش در استان، مشکلات مدیریتی و همچنین رکوردگیری در این گونه شرایط پرورش مرتبط باشد.

مدل‌های پیش‌بینی تولید برای صفات مورد مطالعه همراه با شاخص‌های مقایسه مدل‌ها در جدول ۴ آورده شده است. در این مطالعه، منحنی شیردهی برای دام‌ها به صورت انفرادی نیز رسم گردید که نتایج نشان داد منحنی تولید شیر ۵۰٪ دام‌ها شکل استاندارد منحنی شیردهی را نداشت. علت

جدول ۳- مقادیر صفات شیر و ترکیبات آن در روز پنجم شیردهی و در زمان اوج تولید برای گاو‌میش‌های خوزستان در دوره اول شیردهی  
Table 3. Values of milk and its components traits on the fifth day of lactation and at the peak time for Khuzestani buffaloes in the first lactation period

مدل	صفت	مقدار تولید در روز ۵ شیردهی	مقدار اوج تولید
Wood	تولید شیر (کیلوگرم)	۶/۱۰	۸/۴۶
	مقدار چربی (گرم)	۳۹۳/۳۴	۵۱۱/۲۷
	درصد چربی	۵/۴۷	۶/۳۴
	مقدار پروتئین (گرم)	۳۱۷/۷۰	۳۳۴/۴۳
Wilmlink	درصد پروتئین	۴/۴۲	۴/۴۲
	تولید شیر (کیلوگرم)	۶/۲۰	۸/۴۲
	مقدار چربی (گرم)	۴۰۶/۷۶	۵۱۶/۷۸
	درصد چربی	۵/۴۶	۶/۳۳
Parabolic	مقدار پروتئین (گرم)	۳۲۷/۱۴	۳۳۷/۲۲
	درصد پروتئین	۴/۳۸	۴/۳۸
	تولید شیر (کیلوگرم)	۷/۲۶	۸/۵۰
	مقدار چربی (گرم)	۴۲۷/۷۵	۵۱۳/۷۳
Mixed Logarythmic	درصد چربی	۵/۵۱	۶/۳۵
	مقدار پروتئین (گرم)	۳۱۹/۴۱	۳۳۷/۸۰
	درصد پروتئین	۴/۲۰	۴/۲۳
	تولید شیر (کیلوگرم)	۳/۵۰	۳/۷۶
Inverse Polynomial	مقدار چربی (گرم)	۳۵۴/۵۱	۳۸۵/۳۲
	درصد چربی	۵/۸۰	۷/۰۶
	مقدار پروتئین (گرم)	۳۰۹/۶۳	۳۱۰/۸۰
	درصد پروتئین	۴/۸۰	۵/۲۶
	تولید شیر (کیلوگرم)	۴/۵۰	۸/۴۰
	مقدار چربی (گرم)	۳۵۵/۲۲	۵۱۶/۱۷
	درصد چربی	۵/۳۷	۶/۳۳
	مقدار پروتئین (گرم)	۳۲۲/۸۷	۳۳۳/۳۸
	درصد پروتئین	۴/۹۰	۴/۹۰

بعدی قرار داشتند. سویسال و همکاران (۲۵) در مقایسه مدل‌های وود، ویلمینک و کبی گزارش کردند که مدل وود برازش مناسب‌تری برای منحنی شیردهی گاو‌میش‌های ایتالیایی موجود در استانبول ترکیه دارد. عبدالسلام و همکاران (۲) نیز در بررسی مدل وود، ویلمینک و ژئو و اسوالو بر روی گاو‌میش‌های مصری تابع وود را به عنوان بهترین مدل برای شیر گزارش کرده‌اند. همچنین، در مطالعه باربوسا و همکاران (۸) در خصوص بررسی منحنی شیردهی گاو‌میش‌های برزیل شامل سه نژاد مورا، مدیترانه‌ای و جعفر آبادی تابع گامای ناقص وود در بین ۶ مدل خطی، درجه دوم، لگاریتمی، لگاریتمی درجه دوم، گامای ناقص و چندجمله‌ای معکوس، مناسب‌تر شناخته شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. با این وجود، سینگ و همکاران (۲۳) در بررسی تابع توصیف کننده منحنی شیردهی گاو‌میش‌های مورا موجود در Karnal هند، تابع چندجمله‌ای را از بین سه تابع گامای ناقص وود، نمایی، لگاریتمی مختلط و چندجمله‌ای مناسب‌ترین مدل

مقادیر  $R^2_{adj}$ ،  $RSD$ ،  $AIC$  و مقدار همبستگی بین مقادیر تولید شیر و مقادیر برآورد شده توسط توابع برای دوره شیردهی اول به ترتیب در دامنه ۰/۷۳ (چندجمله‌ای معکوس) تا ۰/۸۷ (وود)، ۰/۱۳ (وود) تا ۰/۱۹ (وود) (چندجمله‌ای معکوس)، ۰/۱۷/۵ (ویلمینک) تا ۰/۲۲/۰۳ (وود) و ۰/۸۸ (چندجمله‌ای معکوس) تا ۰/۹۵ (وود)، برآورد گردید. با بررسی آماره‌های مورد نظر در میان توابع مورد مطالعه، تابع وود بهترین برازش را برای منحنی شیردهی گاو‌میش‌های خوزستان در اولین دوره شیردهی نشان داد. همانطور که مشاهده می‌شود (نمودار ۱)، منحنی برازش شده بر اساس این تابع در مدت زمان طولانی‌تری پس از زایش به اوج تولید رسیده و تداوم کوتاهی را نشان می‌دهد. مقدار اوج تولید برآورد شده نیز پایین‌تر از سطح مقدار اوج تولید مشاهدات می‌باشد و کاهش در تداوم شیردهی زودتر اتفاق افتاده است. از نظر برازش منحنی برای صفت تولید شیر، بعد از تابع وود توابع پارابولیک، لگاریتمی مختلط، ویلمینک و چندجمله‌ای معکوس نیز در رتبه‌های

مستقل و وابسته) نیز علاوه بر عوامل محیطی اثر معنی‌داری بر شکل منحنی شیردهی دارد. توصیف ریاضی منحنی شیردهی با توابع مانند وود، یک ابزار با ارزش برای مقایسه اطلاعات منحنی شیردهی، زمانی که داده‌های کافی در دسترس نیست، می‌باشد که به دامداران در مدیریت و همچنین توسعه برنامه‌های اصلاح نژادی کمک می‌کند (۱۲).

گزارش کردند. ماسیوتا و همکاران (۱۴) در مطالعه منحنی شیردهی گاومیش‌های ایتالیایی گزارش کردند که ساختار داده‌ها و رکورد‌های شیر مورد مطالعه (ساختار داده‌ها یعنی مشخص بودن نوع داده‌ها اعم از فاصله‌ای، رتبه‌ای و اسمی و انتصاب صحیح آن‌ها به هر دام مورد نظر و ترتیب قرار گرفتن متغیرهای گروه‌بندی کننده و مشخص شدن متغیرهای

جدول ۴- مدل‌های پیش‌بینی تولید برای صفات مورد مطالعه همراه با شاخص‌های مقایسه مدل‌ها

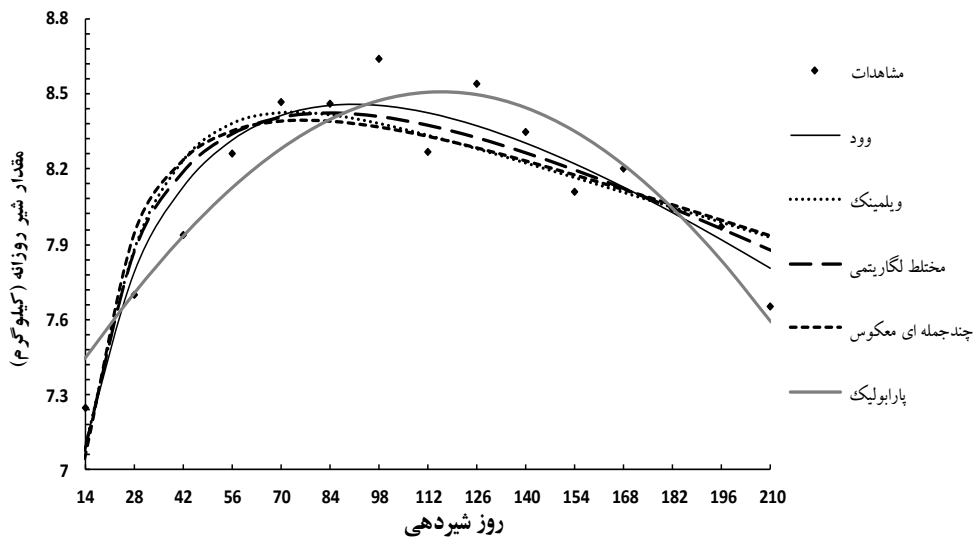
Table 4. The expected equations of the studied traits with the indices of equations comparing

صفت	مدل	تابع مورد انتظار	$R^2_{adj}$	RSD	AIC	$r_{y,\bar{y}}$
تولید شیر	وود	$y = 4.67t^{0.169}e^{-0.00186t}$	۰/۸۷	۰/۱۳	-۲۲/۰۳	۰/۹۵
	ویلینک	$y = 8.82 - 3.38e^{-0.05t} - 0.0043t$	۰/۷۷	۰/۱۸	-۱۷/۵	۰/۸۹
مقدار چربی	پارابولیک	$y = 7.15 e^{(0.0030t-0.000013t^2)}$	۰/۸۴	۰/۱۵	-۲۰/۱۶	۰/۹۳
	مختلط لگاریتمی	$y = 2.01 - 0.63t^{0.5} + 2.8\ln(t)$	۰/۸۱	۰/۱۶	-۱۹/۲۴	۰/۹۲
مقدار پروتئین	چندجمله‌ای معکوس	$y = \frac{1}{(0.11 + 0.48t^{-1} + 0.000082t)}$	۰/۷۳	۰/۱۹	-۱۶/۸۰	۰/۸۸
	وود	$y = 340.1t^{0.0914}e^{-0.00039t}$	۰/۷۷	۱۲/۶۲	۳۷/۵۸	۰/۹۰
مقدار پروتئین	ویلینک	$y = 476.8 - 91.15e^{-0.05t} + 0.190t$	۰/۷۰	۱۴/۴۲	۳۹/۳۲	۰/۸۷
	پارابولیک	$y = 422.4 e^{(0.00256t-0.00000837t^2)}$	۰/۸۶	۹/۶۰	۳۴/۰۲	۰/۹۵
مقدار پروتئین	مختلط لگاریتمی	$y = 331.8 - 3.272t^{0.5} + 42.96\ln(t)$	۰/۷۴	۱۳/۱۱	۳۸/۰۷	۰/۹۰
	چندجمله‌ای معکوس	$y = \frac{1}{(0.002 + 0.004t^{-1} - 0.0000006t)}$	۰/۶۷	۱۴/۸۸	۳۹/۷۳	۰/۸۶
مقدار پروتئین	وود	$y = 5.41t^{0.004}e^{0.00065t}$	۰/۹۶	۰/۰۶	-۳۲/۹۴	۰/۹۸
	ویلینک	$y = 5.48 - 0.063e^{-0.05t} + 0.004t$	۰/۹۶	۰/۰۵	-۳۴/۱۸	۰/۹۸
مقدار پروتئین	پارابولیک	$y = 5.50 e^{(0.00066t-0.00000015t^2)}$	۰/۹۶	۰/۰۵	-۳۴/۲۵	۰/۹۸
	مختلط لگاریتمی	$y = 5.67 + 0.135t^{0.5} - 0.245\ln(t)$	۰/۹۵	۰/۰۵	-۳۳/۱۰	۰/۹۸
مقدار پروتئین	چندجمله‌ای معکوس	$y = \frac{1}{(0.18 + 0.03t^{-1} - 0.00011t)}$	۰/۹۶	۰/۰۵	-۳۴/۶۱	۰/۹۸
	وود	$y = 304.4t^{0.028}e^{-0.00034t}$	۰/۰۵	۹/۲۲	۳۳/۴۸	۰/۲۶
مقدار پروتئین	ویلینک	$y = 334.9 - 9.83e^{-0.05t} - 0.02t$	۰/۱۵	۹/۵۴	۳۳/۹۴	۰/۱۰
	پارابولیک	$y = 317.7 e^{(0.0011t-0.0000005t^2)}$	۰/۳۰	۷/۴۱	۳۰/۶۴	۰/۶۳
مقدار پروتئین	مختلط لگاریتمی	$y = 307.5 - 2.51t^{0.5} + 11.1\ln(t)$	۰/۱۲	۹/۴۳	۳۳/۷۸	۰/۲۰
	چندجمله‌ای معکوس	$y = \frac{1}{(0.003 - 0.0006t^{-1} - 0.0000002t)}$	۰/۱۵	۹/۵۷	۳۳/۹۷	۰/۱۰
مقدار پروتئین	وود	$y = 4.73t^{-0.045}e^{0.00059t}$	۰/۸۹	۰/۰۲	-۴۸/۱۴	۰/۹۶
	ویلینک	$y = 3.98 + 0.505e^{-0.05t} + 0.001t$	۰/۸۹	۰/۰۲	-۴۷/۸۰	۰/۹۵
مقدار پروتئین	پارابولیک	$y = 4.22 e^{(-0.00063t-0.00000031t^2)}$	۰/۶۵	۰/۰۳	-۴۰/۰۳	۰/۸۳
	مختلط لگاریتمی	$y = 4.86 + 0.084t^{0.5} - 0.349\ln(t)$	۰/۸۹	۰/۰۲	-۴۸/۲۰	۰/۹۵
مقدار پروتئین	چندجمله‌ای معکوس	$y = \frac{1}{(0.25 - 0.242t^{-1} - 0.0001t)}$	۰/۸۵	۰/۰۲	-۴۵/۴۶	۰/۹۳

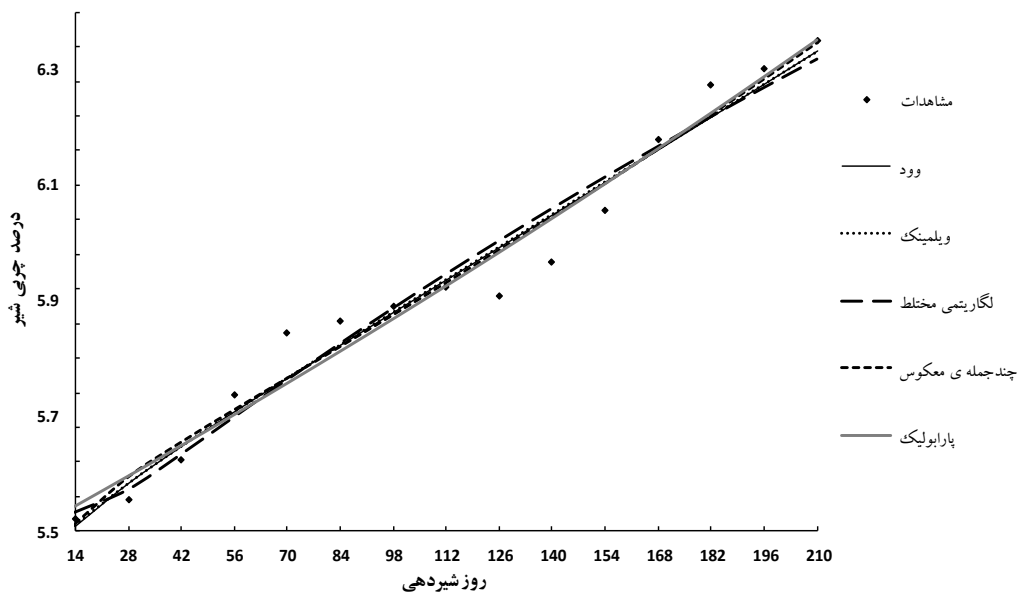
شدن دام می‌باشد. این کاهش در تولید شیر با افزایش در درصد چربی و درصد پروتئین شیر همراه است که منحنی‌های مربوط به این دو مقدار (نمودارهای ۲ و ۴) در مطالعه حاضر نیز تقریباً این روند را نشان می‌دهند. این نتیجه با گزارش محققان دیگر مطابقت دارد (۲۲، ۱۸). مقدار درصد چربی شیر مورد انتظار در ابتدای شیردهی (روز پنجم شیردهی) به ترتیب ۵/۴۷، ۵/۴۶، ۵/۵۱، ۵/۸۰ و ۵/۳۷ درصد برای مدل‌های وود، ویلمینک، پارابولیک، مختلط لگاریتمی و چندجمله‌ای معکوس بدست آمد. مقدار اوج نیز برای این صفت در دامنه ۶/۳۳ درصد تا ۷/۰۶ درصد در روز ۲۱۰ شیردهی برای مدل‌های مذکور برآورد شد. همچنین، مقدار درصد مورد انتظار در ابتدای شیردهی (روز پنجم شیردهی) برای درصد پروتئین شیر به ترتیب ۴/۴۲، ۴/۳۸، ۴/۲۰، ۴/۸۰ و ۴/۹۰ درصد برای مدل‌های وود، ویلمینک، پارابولیک، مختلط لگاریتمی و چندجمله‌ای معکوس و مقدار اوج نیز برای این صفت به ترتیب ۴/۴۲ درصد در روز ۵ شیردهی، ۴/۳۸ درصد در روز ۵ شیردهی، ۴/۲۳ درصد در روز ۲۱۰ شیردهی، ۵/۲۶ درصد در روز ۲۱۰ شیردهی و ۴/۹۰ درصد در روز ۵ شیردهی به ترتیب برای مدل‌های مذکور بود. عبدالسلام و همکاران (۲) در بررسی برازش منحنی‌های درصد چربی و درصد پروتئین گاو میش‌های مصری با توابع مختلف وود، ویلمینک و ژئو و سوالو مقدار مورد انتظار درصد چربی شیر در ابتدای شیردهی را از ۵/۱۷ درصد تا ۵/۳۲ درصد و درصد پروتئین را از ۳/۷۹ درصد تا ۴/۰۲ درصد گزارش کردند که نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر برای درصد چربی و پروتئین (خصوصاً درصد چربی) مقادیر بیشتری را در مقایسه با این تحقیق نشان می‌دهد که این امر می‌تواند به دلیل تفاوت‌های نژادی، تولید پایین‌تر و شرایط محیطی تأثیرگذار بر تولید شیر و ترکیبات آن باشد. در بررسی توابع مختلف برازش شده در مطالعه حاضر برای منحنی درصد چربی، بر اساس جدول ۴، توابع تقریباً برازش یکسانی را نشان دادند با این وجود توابع چندجمله‌ای معکوس و پارابولیک با نتایج یکسان مناسب‌تر شناخته شدند و تابع ویلمینک نیز براساس معیارهای مقایسه‌ای بعد از این توابع قرار گرفت. برای درصد پروتئین نیز توابع مختلط لگاریتمی و وود با اختلاف کم مناسب‌ترین برازش را داشتند. با این وجود، برای مقدار چربی تابع پارابولیک به عنوان مناسب‌ترین مدل بود. سومان و همکاران (۲۶) در بررسی رکوردهای درصد پروتئین شیر گاو میش‌های مورا در هند سه فاز به ترتیب کاهشی، ثابت و افزایشی را برای منحنی درصد پروتئین شیر دقیقاً برعکس مراحل دوره شیردهی برای تولید شیر گزارش کردند.

بر اساس نمودار ۱ مقدار اوج تولید شیر برای گاو میش‌های خوزستان برای مدت زمان کمی می‌باشد و مدت زمان اوج تولید زیاد نیست. این اوج خفیف با تداوم شیردهی بالا برای این دام‌ها همراه است. به این معنی که کاهش تولید پس از زمان اوج تولید با شیب کمتری اتفاق می‌افتد. براساس تعاریف موجود، منحنی‌های شیردهی تخت‌تر تداوم شیردهی بیشتری را نشان می‌دهند (۳). در بین گاو میش‌های مورد مطالعه به ندرت مشاهده شد که دام در زمان کمتری پس از زایش به اوج تولید خود برسد و همچنین، در اغلب موارد تفاوت بین میزان اوج تولید و میانگین تولید کل دوره خیلی زیاد نبود. تداوم شیردهی برای دوره شیردهی اول گاو میش‌های استان ۹۹ درصد بدست آمد. تداوم شیردهی برابر ۹۹ درصد به این معنی است که مقدار تولید هر ماه به اندازه ۹۹ درصد مقدار تولید ماه قبل از آن می‌باشد. مقدار تداوم شیردهی برآورد شده برای گاو میش‌های کوبا براساس دو روش متفاوت ۱۰۰ روز شیردهی ۸۲ درصد و ۲۰۰ روز شیردهی ۴۴ درصد گزارش شده است. برای گاو میش‌های مورا بلغاری نیز تداوم شیردهی ۸۹ درصد گزارش شده است (۱۷). با این وجود، در مطالعه زکریا و همکاران (۳۰) تداوم شیردهی برای گاو میش‌های نیلی‌راوی ۹۱ درصد و در دامنه ۸۰ تا ۹۹ درصد گزارش شده است. داس و همکاران (۱۰) نیز تداوم شیردهی را برای دوره شیردهی اول و دوم گاو میش‌های هندی به ترتیب ۹۸ درصد و ۹۶ درصد و براساس کلیه دوره‌های شیردهی ۹۷ درصد و نزدیک به تحقیق حاضر گزارش کرده‌اند. همانطور که اشاره شد تداوم بالا در نتیجه میزان اوج تولید پایین این دام‌ها می‌باشد. در واقع می‌توان گفت که منحنی شیردهی برای گاو میش‌های خوزستانی تخت‌تر است به طوری که تفاوت مقدار تولید بین مرحله شروع و پایان شیردهی و به طور کلی بین میزان اوج تولید و میانگین تولید طی دوره بسیار کم می‌باشد و زیاد نیست. آتشی و همکاران (۶) گزارش کردند که به منظور تولید حجم شیر یکسان در کل دوره شیردهی، گاوهای دارای منحنی تخت‌تر در مقایسه با گاوهای دارای اوج تولید بالاتر و تداوم شیردهی کمتر، نیاز به مواد متراکم کمتری دارند و در نتیجه امکان تغذیه آن‌ها متناسب با تغییرات تولید شیرشان وجود دارد که این امر نیز بروز ناهنجاری‌های متابولیکی و مشکلات پس از زایش، تولیدمثلی و پستانی را کاهش می‌دهد. در نتیجه، دامداران دام‌ها با تداوم شیردهی بیشتر و منحنی تخت‌تر را ترجیح می‌دهند.

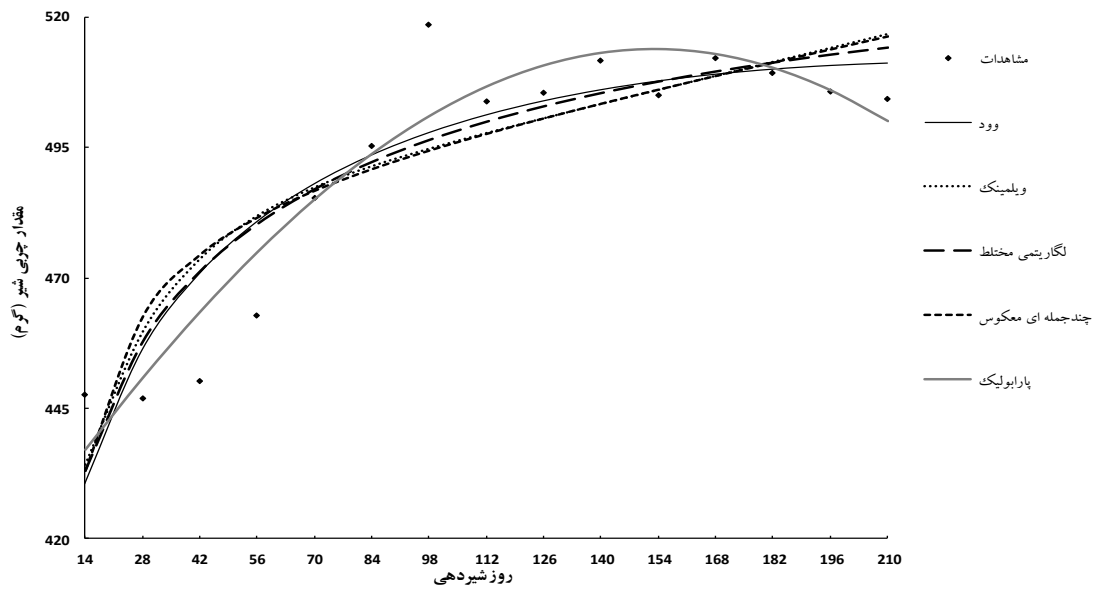
بر اساس منحنی استاندارد شیردهی، تغییرات تولید شیر در طول یک دوره شیردهی به صورت افزایش تولید پس از زایش تا زمان رسیدن به اوج و سپس کاهش تولید تا زمان خشک



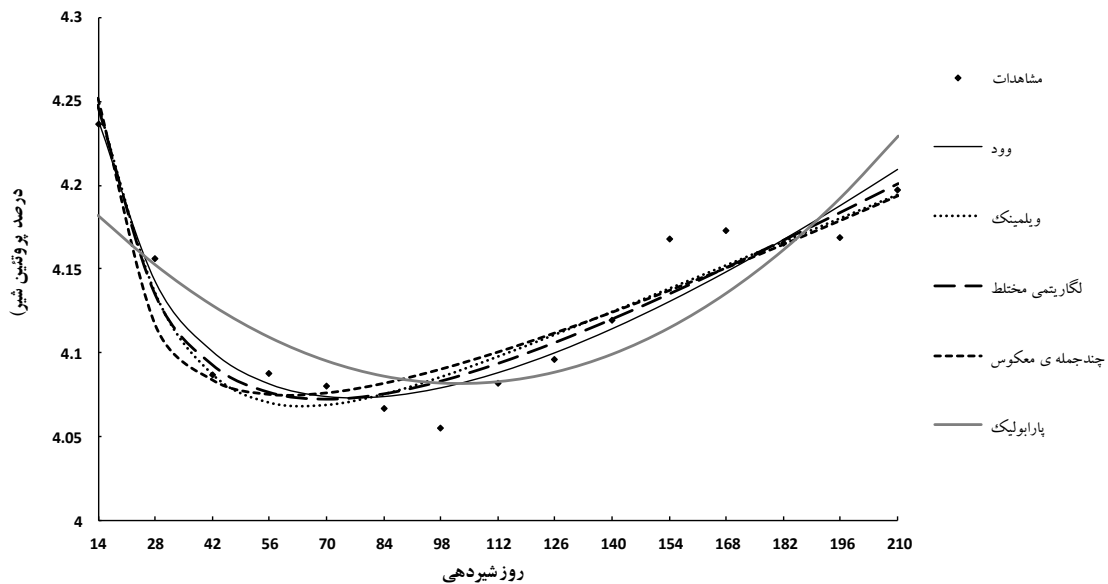
نمودار ۱- مقایسه منحنی شیر تولیدی واقعی شیردهی اول و شیر برآوردی از توابع مورد بررسی  
 Figure 1- The milk yield curve of first lactation and the estimated milk from studied functions



نمودار ۲- منحنی درصد چربی شیردهی اول و درصد چربی برآوردی از توابع مورد بررسی  
 Figure 2- The fat percentage curve of first lactation and the estimated fat percent from studied functions



نمودار ۳- منحنی مقدار چربی شیردهی اول و مقدار چربی برآوردی از توابع مورد بررسی  
Figure 3- The fat yield curve of first lactation and the estimated fat yield from studied functions



نمودار ۴- منحنی درصد پروتئین شیردهی اول و درصد پروتئین برآوردی از توابع مورد بررسی  
Figure 4- The protein percentage curve of first lactation and the estimated protein percent from studied functions

دلیل وجود مقادیر کمتر مشاهدات از مقدار و درصد چربی و مقدار و درصد پروتئین شیر در برازش منحنی‌ها (۷) و همچنین احتمال پایین بودن دقت در برخی رکوردگیری‌ها با توجه به سنتی بودن پرورش گاو میش در استان، برخی توابع از برازش با ضریب تبیین بالا برخوردار نبودند. عبدالسلام و همکاران (۲) در مطالعه منحنی شیردهی صفات مقدار چربی و پروتئین گاو میش های مصری نیز تابع وود را مناسب گزارش کردند. برای منحنی مربوط به مقدار پروتئین علی‌رغم وجود

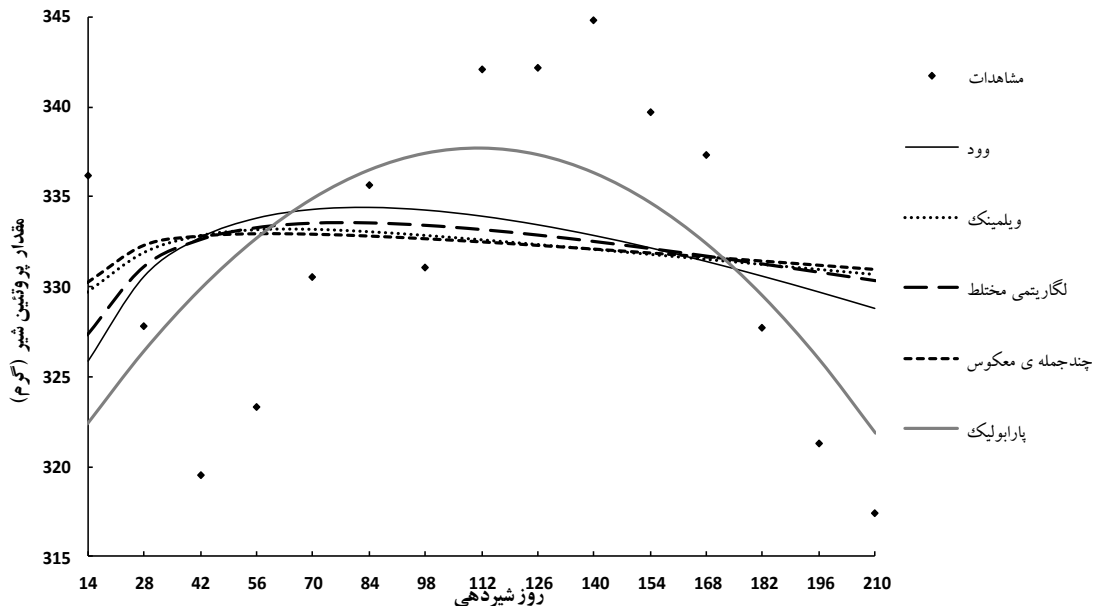
همچنین، در مطالعه این محققان، مدل گاما، در میان پنج مدل منحنی شیردهی برازش شده شامل درجه دوم، پارابولیک، نمایی، چندجمله‌ای معکوس و گاما، بهترین برازش را برای منحنی درصد پروتئین شیر نشان داد. در مطالعه منحنی صفات درصد چربی و درصد پروتئین گاو میش های مصری، عبدالسلام و همکاران (۲) تابع وود را مناسب گزارش کردند. در مطالعه منحنی شیردهی گاو میش های مورا نیز این مدل برای منحنی تولید و ترکیبات شیر پیشنهاد شده است (۱۵). به



چربی و مقدار پروتئین گاومیش‌های مصری با توابع مختلف وود، ویلمینک و ژتو و سوالو مقدار مورد انتظار چربی را در ابتدای دوره شیردهی از ۰/۴۳ تا ۰/۴۵ کیلوگرم و مقدار پروتئین را از ۰/۳۱ تا ۰/۴۰ کیلوگرم گزارش کردند که تقریباً مقادیر بیشتری را در مقایسه با نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر نشان می‌دهد.

به طور کلی، بر اساس نتایج بدست آمده تابع وود با برازش مناسب‌تر نسبت به سایر توابع به عنوان بهترین تابع جهت پیش بینی منحنی تولید شیر، توابع چندجمله‌ای معکوس و پارابولیک با نتایج یکسان در برازش منحنی درصد چربی، تابع پارابولیک برای مقدار چربی، توابع چندجمله‌ای معکوس و وود برای مقدار پروتئین و تابع پارابولیک برای درصد پروتئین گاومیش‌های مورد مطالعه، مناسب‌ترین مدل‌ها بودند. همچنین، نتایج بدست آمده نشان داد که گاومیش‌های خوزستان از نظر میزان تولید شیر و اوج تولید هم‌تراز و یا نزدیک به بسیاری از نژادهای دنیا می‌باشند که با توجه به سنتی بودن جایگاه‌های پرورش گاومیش در استان خوزستان و شرایط نامناسب مدیریتی، انتظار می‌رود با بهبود شرایط محیطی از قبیل تغذیه و مدیریت، زمینه برای بروز حداکثر توانایی ژنتیکی این دام فراهم گردد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد وضعیت مدیریتی گاومیش‌داری‌های موجود در استان بررسی و راهکارهای لازم جهت رفع مشکلات آن‌ها ارائه گردد.

یک کاهش در ابتدای تولید، پس از آن یک روند افزایشی و سپس کاهش ماندن آن‌چه برای شیر اتفاق می‌افتد مشاهده شد (نمودار ۵). در بررسی منحنی مقدار چربی شیر نیز مشاهده شد تغییرات منحنی مربوط به مقدار چربی به صورت افزایشی است که در راستای تغییرات شیر نمی‌باشد (نمودار ۴). بر اساس جدول ۳ مقدار مورد انتظار برای چربی شیر در ابتدای شیردهی (روز پنجم شیردهی) به ترتیب ۳۹۳/۲۴، ۴۰۶/۷۶، ۴۲۷/۷۵، ۳۵۴/۵۱ و ۳۵۵/۲۲ گرم برای مدل‌های وود، ویلمینک، پارابولیک، مختلط لگاریتمی و چندجمله‌ای معکوس بدست آمد. مقدار اوج نیز برای این صفت به ترتیب ۵۱۱/۲۷ گرم در روز ۲۱۰ شیردهی، ۵۱۶/۷۸ گرم در روز ۲۱۰ شیردهی، ۵۱۳/۷۳ گرم در روز ۱۵۳ شیردهی، ۳۸۵/۳۲ گرم در روز ۱۳۰ شیردهی و ۵۱۶/۱۷ گرم در روز ۲۱۰ شیردهی به ترتیب برای مدل‌های مذکور بود (جدول ۳). مقدار مورد انتظار برای پروتئین شیر در ابتدای شیردهی (روز پنجم شیردهی) به ترتیب ۳۱۷/۷۰، ۳۲۷/۱۴، ۳۱۹/۴۱، ۳۰۹/۶۳ و ۳۲۲/۸۷ گرم برای مدل‌های وود، ویلمینک، پارابولیک، مختلط لگاریتمی و چندجمله‌ای معکوس بدست آمد. مقدار اوج نیز برای این صفت به ترتیب ۳۳۴/۴۳ گرم در روز ۸۲ شیردهی، ۳۳۳/۲۲ گرم در روز ۶۴ شیردهی، ۳۳۷/۸۰ گرم در روز ۱۰۹ شیردهی، ۳۱۰/۸۰ گرم در روز ۱۵ شیردهی و ۳۳۳/۳۸ گرم در روز ۵۹ شیردهی به ترتیب برای مدل‌های مذکور برآورد گردید. عبدالسلام و همکاران (۲) در بررسی برازش منحنی‌های مقدار



نمودار ۵- منحنی مقدار پروتئین شیردهی اول و مقدار پروتئین برآوردی از توابع مورد بررسی  
Figure 5- The protein yield curve of first lactation and the estimated protein yield from studied function

## منابع

1. Anonymous. 2017. Persistency of milk production. Western Canadian Dairy Herd Improvement Services. Info sheet. Available on: [www.agromedia.ca/ADM\\_Articles/content/DHL\\_persist.pdf](http://www.agromedia.ca/ADM_Articles/content/DHL_persist.pdf).
2. Abdel-Salam, S.A.M., W. Mekkawy, Y.M. Hafez, A.A. Zaki and S. Abou-Bakr. 2011. Fitting lactation curve of Egyptian buffalo using three different models. *Egyptian Journal of Animal Production*, 48(2): 119-133.
3. Anwar, M., P.J. Cain, P. Rowlinson, M.S. Khan, M. Abdullah and M.E. Babar. 2009. Factors affecting the shape of the lactation curve in Nili-Ravi buffaloes in Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 9: 201-207.
4. Anonymous. 2008. Buffalo breeding in Khuzestan. Committee of Khuzestan Extension and Farming System Publication, 20-23 (In Persian).
5. Anonymous. 2016. The statistics of livestock's population in 2016. Deputy for improvement of livestock production, Ministry of Jihad Agriculture. Available on: <http://dla.agri-jahad.ir/Portal/Home/Default.aspx?CategoryID=6552e18c-99cf-4154-bea4-b4201a872f2d>. (In Persian).
6. Atashi, H., M. Moradi Shahrabak and A. Moghimi Esfandabadi. 2007. A review of the process of milk production changes during lactation using mathematical functions in Holstein cows in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 38(2): 67-76 (In Persian).
7. Aziz, M.A., N.A. Shalaby, O.M. El-Shafie, A.T. Mahdy and A. Nishida. 2006. Comparison between the shapes of lactation curve of Egyptian buffalo milk yield estimated by the incomplete gamma function and a new model. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 18, Article #59. Available on: <http://www.lrrd.org/lrrd18/5/aziz18059.htm>
8. Barbosa, S.B.P., R.G.A. Pereira, K.R. Santoro, A.M.V. Batista and A.C. Ribeiro Neto. 2007. Lactation curve of cross-bred buffalo under two production systems in the Amazonian region of Brazil. *Italian Journal of Animal Science*, 6(Suppl. 2): 1075-1078.
9. Chaudhry, H.Z., M.S. Khan, G. Mohiuddin and M.I. Mustafa. 2000. Peak milk yield and days to attain peak in Nili-Ravi buffaloes. *International Journal of Agriculture & Biology*, 2(4): 356-358.
10. Das, A., D. Das, R.N. Goswami and D. Bhuyan. 2007. Persistency of milk yield and its correlation with certain economic traits in swamp buffaloes of Assam. *Buffalo Bulletin*, 26(2): 36-39.
11. Dimauro, C., G. Catillo, N. Bacciu and N.P.P. Macciotta. 2005. Fit of different linear models to the lactation curve of Italian water buffalo. *Italian Journal of Animal Science*, 4 (Suppl. 2): 22-24.
12. Groenewald, P., A. Ferreira, H. Van Der Merwe and S. Slippers. 1995. A mathematical model for describing and predicting the lactation curve of Merino ewes. *Journal of Animal Science*, 61: 95-101.
13. Guo, Z. and H.H. Swalve. 1995. Modeling of the lactation curve as a sub-model in the evaluation of test day records. Paper presented at the INTERBULL open meeting, Prague, Czech Republic.
14. Macciotta, N.P.P., C. Dimauro, G. Catillo, A. Coletta and A. Cappio-Borlino. 2006. Factors affecting individual lactation curve shape in Italian river buffaloes. *Livestock Science*, 104: 33-37.
15. Munöz-Berocal, M., H. Tonhati, M. Cerón-Muñoz, J.M.C. Duarte and R.L. Chabariberi. 2005. Uso de modelos lineares e não lineares para o estudo da curva de lactação em búfalos Murrah e seus mestiços em sistema de criação semi exten-sivo no Estado de São Paulo. *Arch Latinoam Prod Anim* 13:19-23 (Abstract in English).
16. Nelder, J.A. 1966. Inverse polynomials, a useful group of multi-factor response functions. *Biometrics*, 22: 128-141.
17. Penchev, P. and Tz. Peeva. 2013. Lactation Persistency in Bulgarian Murrah Buffalo Cows. *Journal of Buffalo Science*, 2(3): 118-123.
18. Pollott, G.E. 2004. Deconstructing milk yield and composition during lactation using biologically based lactation models. *Journal of Dairy Science*, 87: 2375-2387.
19. Santos, A.S. and A.M. Silvestre. 2008. A study of Lusitano mare lactation curve with Wood's model. *Journal of Dairy Science*, 91(2): 760-766.
20. Seahin, A., Z. Ulutas, Y. Arda, A. Yüksel and G. Serdar. 2015. Lactation Curve and Persistency of Anatolian Buffaloes. *Italian Journal of Animal Science*, 14: 149-157.
21. Sikka, L.C. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. *Journal of Dairy Research*, 17: 231-252.
22. Silvestre, A.M., A.M. Martins, V.A. Santos, M.M. Ginja and J.A. Colaço. 2009. Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. *Livestock Science*, 122: 308-313.
23. Singh, M., A. Singh, A.K. Gupta, S.K. Dash, A. Gupta, S.K. Sahoo, S. Dash and P.R. Shivahre. 2015. Comparative evaluation of different lactation curve models in prediction of monthly test-day milk yields in Murrah buffaloes. *Journal of Animal Research*, 5(1): 189-193.
24. Soltani M. 2015. Estimation of lactation curve parameters in Khuzestani buffalo. Master's Thesis. Ramin Agricultural and Natural Resources University, Molasani, Iran. 92 pp (In Persian).
25. Soysal, M.I., F. Mutlu and E.K. Gürçan. 2005. A study of the lactation biometry of Black and White dairy cows raised in private farms in Turkey. *Trakia Journal of Sciences*, 3(6): 11-16.
26. Suman, C.L., S. Prasad, G.S. Bisht and SatyaPal. 2003. Models for milk protein of Murrah buffaloes- A comparative analysis. *Indian Journal of Animal Research*, 37(2): 142-144.
27. Taheri Dezfuli, B., A. Nejati Javarmi, M.A. Abbasi, J. Fayazi and M. Chamani. 2012. Performance evaluation and estimation of genetic parameters for production and reproductive traits of buffaloes in Khuzestan province. *Journal of Veterinary Medicine*, 8(3): 45-53.
28. Wilmink, J.B.M. 1987. Adjustment of test day milk, fat & protein yield for age. Season & stage of lactation. *Livestock Production Science*, 16: 335-348.
29. Wood, P.D.P. 1976. Algebra model of the lactation curve. *Nature*, 216: 164-165.
30. Zakariyya, M.E. M. Babar, M. Yaqoob, T. Lateef, Ahmad and M.Q. Bilal. 1995. Environmental factors affecting persistency of lactation and peak milk yield in Nili-Ravi buffaloes. *Pakistan Journal of Agriculture Science*, 32(2-3): 249-255.

## Fitting Milk Curve and its Compounds for *Khuzestani* Buffaloes using Five Different Functions

Bahareh Taheri Dezfuli<sup>1</sup>, Mohammad Babaei<sup>2</sup> and Aziz Kardooni<sup>3</sup>

---

1- Scientific board, Animal Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Recourses Research and Education Centre, AREEO, Ahwaz, Iran (Corresponding author: bahare.taheri@gmail.com)

2- Scientific board, Animal Science Research Institute, AREEO, Karaj, Iran

3- Researcher, Animal Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Recourses Research and Education Centre, AREEO, Ahwaz, Iran

Received: September 16, 2017

Accepted: February 17, 2018

---

### Abstract

In order to investigate the milk and its components curve of *Khuzestani* buffaloes a total of 9061 data of test-day milk, fat and protein yield of the first lactation period buffaloes collected during 1993-2013 were used. The buffaloes having less than 4 test-day records were removed. The lactation days was considered from the 5<sup>th</sup> to 210<sup>th</sup> days of lactation. Five different functions of Wood, Wilmink, Parabolic, Mixed Logarithmic and Reverse Polynomial were tested for fitting the lactation curve of buffaloes using the NLIN procedure of SAS 9.1 software. Comparing the studied functions, the Wood function was the best predictor of the lactation curve. The most suitable models for the fat and protein percentage, fat and protein content were Parabolic and Inverse Polynomial with the same results, Parabolic, Parabolic and Inverse Polynomial with Wood functions, respectively. Based on the suitable models, the expected daily milk yield, fat percentage, fat and protein content and protein percentage at the beginning of lactation (the 5<sup>th</sup> day of lactation) were 6.10 kg with a peak yield of 8.46 kg on the 89<sup>th</sup> day of lactation, 5.51% with a peak of 6.35% on the 210<sup>th</sup> day of lactation, 427.75 g with a peak of 513.73 g on the 153<sup>th</sup> day of lactation, 4.20% with a peak of 4.23% on the 210<sup>th</sup> day of lactation, 317.70 g with a peak of 344.43 g on the 82<sup>th</sup> day of lactation, respectively. The results showed that *Khuzestani* buffaloes have the same production as other breeds in the world in terms of milk production and peak yield or close to them. Considering the rural breeding situation of buffaloes in Khuzestan province, it is expected that improvement of environmental conditions such as nutrition and management provide the condition for incidence of the maximum genetic ability of the buffaloes.

**Keywords:** Buffalo, Wood function, Lactation curve, Fat percentage, Parabolic function