نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۱، زمستان ۱۳۹۷
ص‌ص: ۱۳۱~۱۴۰

مقایسه مدل‌های توصیف کننده منحنی شیردهی و بررسی اثر برخی عوامل غیر ژنتیکی بر پارامترهای آن در گاومیش

- **عباس مسعودی**
دانش‌آموخته مقطع دکتری تغذیه دام- دانشگاه لرستان
- **آذر راشدی ده‌صحرائی** (نویسنده مسئول)
دانش‌آموخته دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد دام، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی- گروه علوم دامی

تاریخ دریافت : آبان ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش : اسفند ۱۳۹۶

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۳۸۵۹۱۸۶
Email: Azar.Rashedi2010@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.116366.1577

چکیده

این مطالعه با هدف مقایسه مدل‌های وود، دایجکسترا و سینوسی جهت توصیف منحنی شیردهی گاومیش‌های خوزستان در دوره شیردهی اول و بررسی اثرات سال و فصل زایش و گله بر پارامترهای منحنی شیردهی انجام گردید. بدین منظور از ۷۳۱۶۹ رکورد تولید شیر روز آزمون ۱۳۷۵۷ رأس گاومیش‌های شکم اول استفاده شد که توسط مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی، طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ جمع آوری شده بودند. با استفاده از رکوردهای روز آزمون، پارامترهای هر یک از مدل‌های توصیف کننده منحنی شیردهی با استفاده از نرم افزار SAS و رویه NLIN برآورد شدند. جهت مقایسه مدل‌ها از شاخص‌های ضریب تبیین تصحیح شده، ضریب آکائیک تصحیح شده، مجموع مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطا و تعداد گردش مدل استفاده شد. نتایج مقایسه مدل‌ها نشان داد که هر سه مدل وود، دایجکسترا و سینوسی توانایی توصیف منحنی شیردهی گاومیش‌های خوزستان در شکم اول زایش را دارند. اما مدل وود با داشتن ضریب آکائیک تصحیح شده، مجموع مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطا کمتر، شایستگی بیشتری نسبت به دو مدل دیگر داشت. میانگین پارامترهای مدل وود شامل، a (تولید شیر در روز اول شیردهی)، b (شیب مرحله افزایشی) و c (شیب مرحله کاهشی) به ترتیب برابر ۲/۳۶، ۰/۶۵۶ و ۰/۰۰۰۹ برآورد گردید و میانگین زمان رسیدن به اوج شیردهی ۸۴ روز بود. بیشترین و کمترین تداوم شیردهی به ترتیب در فصول تابستان و بهار به دست آمده است (P<۰/۰۵). تمامی پارامترهای مدل وود و ویژگی‌های شیردهی گاومیش تحت تأثیر اثر سال زایش، گله و اثر متقابل آنها قرار داشتند (P<۰/۰۵). بنابراین می‌توان از تابع وود برای ترسیم منحنی شیردهی گاومیش استفاده نمود..

واژه‌های کلیدی: گاومیش، منحنی شیردهی، پارامترهای شیردهی، مدل وود

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 121 pp: 131-140

Comparison of lactation descriptive models and the study of the effect of some non-genetic factors on lactation parameters in Buffalo

By: Abbas Masoudi[1], Azar Rashedi Dehsahraei[2]*
1: PhD Graduated Student of Animal Nutrition University of Lorestan, Iran.
2: PhD Graduated Student of Genetics & Animal Breeding-Agriculture and Natural Resources Science University of Khouzestan, Iran. Azar.Rashedi2010@yahoo.com.

Received: November 2017 **Accepted: March 2018**

The aim of this study was to compare the Wood, Dijkstra and Sineus models for fitting the lactation curve of the first abdomen of Khuzestan Buffalo. The effect of fix factor such as year, season and herd on the curve of milk parameters were studied. In this study, 73169 test day records of milk were used. Records were collected in the animal breeding center. According to the test day record and using different initial values, using SAS software and NLIN procedure were estimated the parameters of each lactation models. R^2adj, AIC, MSE, RMSE and Iterations were used for comparison of models. The results of the model's comparison were showed that all three models of Wood, Dijkstra and Sinus were able to fit the buffalo curve. But the Wood model, having the lowest AIC, MSE and RMSE was goodness than the other two models. The mean of Wood parameters such as a, b and c were 2.36, 0.656 and 0.0009 were respectively. Average the peak of lactation was 84 days. The most and least lactation continuous was in summer and spring, respectively ($p<0.05$). All Wood parameters and lactation indexes were affected year, herd and their interaction ($p<0.05$). By using the lactation curve and determining the components of lactation, it is possible to plan for feeding and management of buffaloes.

Key words: Turkey, Crude protein, Threonine, Nutrients digestibility

مقدمه

گاومیش در حال حاضر یک دام شیری گسترده در سراسر جهان می‌باشد (Borghese، ۲۰۱۰)، به طوری که این گونه دامی گسترش عمده و شگفت‌آوری در جهان داشته و حتی در سال‌های اخیر رشد جمعیتی آن بالاتر از گاو بوده است (Malhado و همکاران، ۲۰۱۳). جمعیت این دام در ده سال گذشته حدود ۱۸ میلیون رأس افزایش داشته که نشان از افزایش سالانه تنها حدود ۱/۱۳ درصدی این دام دارد (Kumar and Singh، ۲۰۱۰). گاومیش در مقایسه با سایر گونه‌های دامی نظیر گوسفند و بز در انتخاب انواع مختلف علوفه قدرت تشخیص کمتری دارد و به همین لحاظ از علوفه خشبی و مواد غذایی کم ارزش به خوبی تغذیه و بهره‌برداری می‌کند و آن‌ها را به تولیدات با ارزش مانند شیر و گوشت تبدیل می‌نماید (رحیم نهال و همکاران، ۱۳۹۱). لذا در صورتی که یک پایه غذایی گاومیش، غذای خشبی کم ارزش باشد، تولیدات آن می‌تواند اقتصادی‌تر از گاو اصیل و دو رگ باشد (Thomas، ۲۰۰۸). در سال ۱۹۳۰ میلادی حدود ۱۵۰۰۰۰۰ رأس گاومیش در ایران وجود داشته، لیکن تا سال ۲۰۱۵ این تعداد به ۱۰۱۰۰۰ رأس کاهش یافته است. (FAO، ۲۰۱۵). گاومیش یک دام بومی در ایران محسوب می‌شود که حدود ۸۰ درصد از جمعیت این دام در شمال و شمال غربی ایران ، ۱۸درصد در جنوب و جنوب غرب (استان خوزستان) و ۲ درصد در دیگر

استان‌ها پراکنده است (نادرفرد، ۱۳۸۹). سیستم پرورش این حیوان در ایران در ۹۹ درصد موارد بر پایه گله‌های کوچک با تعداد ۵ دام می‌باشد. (Borghese ، ۲۰۰۵). هدف اصلی از پرورش گاومیش در ایران، تولید شیر و سپس تأمین گوشت است (Naderfard and Qanemy ۱۹۹۷).

شیردهی به عنوان بخشی از چرخهٔ تولید مثل پستانداران مطرح است. نمودار روند تغییرات تولید شیر در طول دوره شیردهی را منحنی شیردهی می‌گویند که عبارت از توصیف نموداری رابطه بین تغییرات تولید شیر و زمان می‌باشد (آتشی و همکاران، ۱۳۸۵). از آنجایی که شکل منحنی شیردهی در دام‌های شیری متفاوت است، می‌توان با استفاده از عوامل محیطی و ژنتیکی مؤثر بر منحنی شیردهی و تخمین پارامترهای مذکور، توانائی حیوان را در حفظ تولید بررسی نمود (منتظر تربتی و همکاران، ۱۳۸۱). منحنی شیردهی تحت تأثیر دو مکانیسم فیزیولوژیک به هم پیوسته یعنی رشد سلولی و مرگ آنها در بافت پستانی می‌باشد (Val-Arreola و همکاران، ۲۰۰۴). امروزه اطلاعات و پارامترهای منحنی شیردهی را می‌توان برای انجام تصمیمات مدیریتی به دست آورد. بطور معمول هدف از توصیف منحنی شیردهی، پیش‌بینی میزان تولید در هر روز شیردهی با حداقل اشتباه در حضور عوامل محیطی است (Landete-Castillejos and Gallego ، ۲۰۰۰). توابع بسیاری برای توصیف شکل منحنی شیردهی پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به توابع سینگ و گوپال (Singh and Gopal ،۱۹۸۲)، گامای ناقص (Wood، ۱۹۶۷)، ویلمینک (Wilmink ،۱۹۸۷) و علی و شفر (Ali and Schaeffer ، ۱۹۸۷) اشاره نمود. عوامل ژنتیکی و غیرژنتیکی مختلفی از قبیل ژنتیک دام، سن زایش، تغذیه، فصل زایش، دوره شیردهی، آبستنی و غیره بر شکل منحنی شیردهی مؤثرند (مهربان و همکاران، ۱۳۸۷). بررسی منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایران در دوره تولید نخست توسط تابع ویلمینک نشان داده است که عواملی مانند گله، سال زایش، ماه زایش، توان اول و دوم سن زایش روی صفت تولید شیر مؤثر می‌باشند (فرهنگ فر و رضایی، ۱۳۸۵). رحمانی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی اثر برخی فاکتورهای محیطی بر پارامترها و خصوصیات منحنی شیردهی توده‌های گاومیش ایران پرداختند و گزارش نمودند که اثرگله و سال بر کلیه پارامترها و خصوصیات مورد بررسی معنی‌دار بود. در گزارش این پژوهشگران اثر فصل بر تولید شیر، پارامترهای a (تولید شیر در روز اول شیردهی) c، (شیب مرحله کاهشی)، زمان رسیدن به اوج تولید و تداوم شیردهی معنی‌دار بود. لذا هدف از این مطالعه بررسی مقایسه توانایی مدل‌های وود، دایجکسترا و سینوسی جهت توصیف منحنی شیردهی گاومیش‌های شکم اول و بررسی اثرات ثابت سال زایش، فصل زایش و گله بر پارامترهای منحنی شیردهی این دام بود

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ۷۳۱۶۹ رکورد تولید شیر روز آزمون ۱۳۷۵۷ رأس گاومیش دوره شیردهی اول استفاده شد که توسط مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولبدات دامی، طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ جمع آوری شده بودند. پس از چندین بار بازبینی، اطلاعات مربوط به حیوانات دارای شماره نامشخص، ردیف‌های تکرار شده برای یک حیوان و نیز رکوردهای مربوط به حیواناتی دارای اطلاعات ناقص مربوط به سال، ماه، روز تولید حذف شدند. برای مدل سازی منحنی شیردهی گاومیش‌ها از توابع وود، دایجکسترا و سینوسی استفاده گردید. تابع وود، تابعی سه پارامتری به صورت زیر می‌باشد (Wood، ۱۹۶۷):

$$f(x)= 〖ax〗 ^b e^(-cx($$

در معادله فوق a پارامتری در ارتباط با تولید شیر در روز اول شیردهی، b پارامتری مربوط به شیب مرحله افزایشی و c پارامتری در ارتباط با شیب مرحله کاهشی منحنی شیردهی است.

تابع دایجکسترا تابعی چهار پارامتری است و شکل ریاضیاتی آن به صورت زیر می‌باشد (Dijkstra و همکاران، ۱۹۹۷):

$$f(x)=aexp[(b/c)(1-e^(-cx))-dx[$$

در این معادله پارامتر a نشان دهنده تعداد سلول در ابتدای شیردهی، b نشان دهنده نرخ تکثیر سلول (در روز)، c نشان دهنده پارامتر تجزیه پذیری در طول شیردهی (بر حسب روز) و d نشان

دهنده نرخ مرگ سلولی (بر حسب روز) است (Dijkstra و همکاران، ۱۹۹۷).

تابع سینوسی برای برازش توابع متناوب استفاده می‌شود و به صورت زیر است (لطفی و همکاران، ۱۳۹۳):

$f(x)=a\sin(bx+c)$

در معادله فوق a نشان دهنده دامنه (مقدار شیر تولیدی در اوج تولید)، b پارامتری در ارتباط با تعداد روزهای یک دوره شیردهی (رابطه معکوس) و c پارامتری در ارتباط با روز شروع شیردهی (تعیین کننده روز شروع یک دوره شیردهی و همیشه برابر با روز اول (عدد ۱) شیردهی است) می‌باشد. اجزای شیردهی شامل تولید اولیه شیر (Y_0)، زمان رسیدن به حداکثر تولید (T_m)، حداکثر تولید شیر (Y_m) و میزان کل تولید شیر (Y_L) می‌باشد که با استفاده از روابط ریاضی نشان داده شده در جدول یک محاسبه گردید (لطفی و همکاران، ۱۳۹۳).

جدول ۱- روابط ریاضی برای محاسبه پارامترهای منحنی شیردهی

تابع	Y0	Tm	Ym
وود	0	b/c	$A(b/c)^b \exp^{-b}$
دایجکسترا	A	(1/c)ln(b/d)	$a(d/c)^b \exp[((b-d)/c)]$
سینوسی	a sin c	(1.57-c)/2	A

Y0: تولید اولیه شیر (کیلوگرم در روز)، Tm: زمان رسیدن به اوج تولید (روز)، Ym: اوج تولید شیر (کیلوگرم در روز)

به منظور مقایسه و ارزیابی توابع، معیارها و آماره‌های گوناگونی ارائه شده است. در این مطالعه، این آماره‌ها شامل مجموع مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطا، تعداد گردش مدل (تعداد گردش مدل نشان دهنده تکرار فرایند مدل سازی تا رسیدن به همگرایی مدل می باشد)، معیار اطلاعات آکائیک و ضریب تبیین تصحیح شده بودند (Rezaee and Soltanei ، ۲۰۰۲). تابع دارای کمترین ضریب آکائیک (AIC) ، کمترین تعداد گردش (Iterations)، کمترین مقدار میانگین مربعات خطا (MSE) و بیشترین مقدار ضریب تبیین تصحیح شده (R^2adj)، به عنوان بهترین تابع انتخاب گردید. شاخص اطلاعاتی آکائیک تصحیح شده با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Burnham and Anderson، ۲۰۰۲؛ مولائی و همکاران، ۱۳۹۲):

$$AIC = n(\log(2\pi) + \log(ss_e) - \log(n)) + 2(n + p + 1)$$

$$AICc = AIC + (2p(p+1)/(n-p-1))$$

AIC: شاخص آکائیک، AICc: شاخص آکائیک تصحیح شده n: تعداد رکورد، p: تعداد پارامتر موجود در مدل‌های مختلف و ss_e: مجموع مربعات باقیمانده مدل‌ها در این رابطه می‌باشد. ضریب تبیین تصحیح شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

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

در این رابطه R^2adj : ضریب تبیین تصحیح شده، R^2: ضریب تبیین، n: تعداد مشاهدات وp: تعداد پارامتر موجود در مدل می‌باشد. میانگین مربعات خطا از مهمترین شاخص‌های صحت پیش‌بینی است که با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید (بحرینی بهزادی، ۱۳۹۰).

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2}{n}$$

در این معادله y_tمقدار مشاهده شده، $\hat{y}_t$ مقدار پیش‌بینی شده و n تعداد مشاهدات می‌باشد

بر اساس میزان شیر تولیدی در روزهای مختلف تولید و با استفاده از مقادیر مختلف آغازین، هر یک از پارامترهای منحنی شیردهی با استفاده از نسخه ۹/۱ نرم افزار SAS و رویه NLIN برآورد شدند.

به منظور بررسی اثر برخی عوامل غیر ژنتیکی مانند سال (۲۰ سال)، فصل تولید (۴ فصل) وگله (۹۱۵ گله) بر پارامترهای منحنی شیردهی پس از مشخص شدن مدل برتر، پارامترهای منحنی شیردهی برای تک تک دام‌های بطور جداگانه با استفاده از نرم افزار SAS و رویه NLIN برآوردگردیدند. تجزیه واریانس پارامترهای شیردهی مدل به کمک رویه مدل خطّی عمومی (GLM) در برنامه نرم‌افزاری SAS و توسط مجموع مربعات نوع III(به دلیل سنجش حضور یک عامل در حضور بقیه عوامل) به منظور بررسی عوامل مؤثر بر پارامترهای منحنی و خصوصیات

مرتبط با آن انجام شد. منحنی شیردهی پیش‌بینی شده گاومیش‌های شکم اول به صورت میانگین روزانه شیردهی بر حسب کیلوگرم و با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

در جدول ۲ مقادیر برآورد شده پارامترهای منحی شیردهی تحت هر تابع همراه با خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. این پارامترهای تعیین کننده مقیاس و شکل منحنی شیردهی هستند. همچنین این پارامترها به علت متفاوت بودن تعاریف در هر مدل غیر قابل قیاس با همدیگر هستند. در بین توابع ارائه شده برای توصیف منحنی شیردهی، تابع وود از توابع کاربردی است (Wood، ۱۹۶۷). این تابع حداقل تعداد پارامتر را داشته که تفسیر بیولوژیکی قابل قبولی دارد و دارای عمومیت زیادی است (Tekerli و همکاران، ۲۰۰۰). در این تابع a پارامتری در ارتباط با تولید شیر در روز اول شیردهی، b پارامتری مربوط به شیب مرحله افزایشی و c پارامتری در ارتباط با شیب مرحله کاهشی منحنی شیردهی است که در پژوهش کنونی به ترتیب ۶/۶۵۸، ۰/۰۵۸ و ۰/۰۰۱ برآورد شدند. مدل دایجکسترا، یک مدل مکانیستیک است که منحنی شیردهی را بر اساس بیولوژی شیردهی یعنی توصیف مکانیسم فیزیولوژی به هم پیوسته رشد و مرگ سلولی غدد پستان تشریح می‌کند (Dijkstra و همکاران، ۱۹۹۷). پارامترهای مدل سینوسی در جدول ۲ نشان داده شده است.

اجزاء شیردهی و شاخص‌های مقایسه مدل‌های مورد بررسی در جدول ۳ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد بیشترین برآورد از تولید اولیه شیر را مدل سینوسی با ۷/۷۸ کیلوگرم در روز داشت. زمان رسیدن به اوج تولید توسط مدل وود و دایجکسترا به ترکیب ۵۲ و ۶۲ روز محاسبه شد و اوج تولید شیر توسط مدل وود، دایجکسترا و سینوسی به ترتیب ۷/۹۱، ۷/۹۴ و ۷/۷۹ کیلوگرم در روز برآوردگردید.

جدول ۲- مقادیر برآورد شده هر تابع با استفاده از رکوردهای روزانه (Mean±SE)

تابع	پارامترهای هر مدل			
	A	B	C	D
وود	۶/۶۵۸±۰/۰۹۰۳	۰/۰۵۸±۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۰۴	-
دایجکسترا	۶/۹۷۰±۰/۰۷۸۷	۰/۰۰۷±۰/۰۰۰۹	۰/۰۳۳۷±۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۰۰۳
سینوسی	۷/۷۹۱±۰/۰۲۷۵	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۰۹	۱/۵۳۸۵±۰/۰۳۰۴	-

a، b، c و d: پارامترهای مدل

شکل ۱- ، منحنی شیردهی پیش بینی شده گاومیش های شکم اول

مدل‌ها و توابع ریاضی متعدد برای توصیف منحنی شیردهی گاوهای شیری وجود دارد که در برگیرنده مدل‌های تجربی ساده (مانند مدل وود) تا مدل‌های مکانیستیک که منحنی شیردهی را بر اساس بیولوژی شیردهی توصیف می‌کنند (مانند مدل دایجکسترا)، هستند (Fathi-Nasri و همکاران، ۲۰۰۸). این تنوع زیاد موجود در معادلات منحنی شیردهی در تحقیقات گوناگون، به دلیل جستجو برای یافتن تابعی مناسب و کاربردی است. همانگونه که در جدول ۳ دیده می‌شود ضریب تبیین محاسبه شده برای هر سه مدل یکسان و برابر ۰/۸۴ است. معیار اطلاع آکائیک بین سه مدل دارای اختلاف است و کمترین شاخص به مدل وود و بیشترین معیار اطلاع آکائیک به مدل سینوسی تعلق دارد. بیشترین و کمترین میانگین مربعات خطا به ترتیب متعلق به تابع سینوسی و تابع وود می‌باشد. تعداد گردش مدل جهت رسیدن به بهترین برازش از ۵ تا ۶۴ متغیر بود که به ترتیب به تابع سینوسی و تابع دایجکسترا تعلق دارند. اما در کل با توجه به تمام شاخص‌ها می توان بیان نمود که تابع وود شایستگی بیشتری جهت توصیف منحنی شیردهی گاومیش‌های شکم اول دارد. با استفاده از این تابع زمان رسیدن به اوج تولید را ۵۳/۴۳ روز و میزان تولید در زمان اوج تولید را ۷/۹۱ کیلوگرم برآورد گردیدند. توابع ریاضی متفاوتی برای بررسی منحنی شیردهی با استفاده از تعداد محدود رکورد پیشنهاد شده است. در طی پژوهشی، محققان تابع دایجکسترا را به عنوان بهترین تابع برازش دهنده برای تولید شیر گاوهای شیری هلشتاین پیشنهاد کردند (Val-Arreola و همکاران، ۲۰۰۴). در پژوهش دیگری محققان با برازش توابع گوناگون شیردهی گاو هلشتاین، تابع علی-شفر و لژاندر را به عنوان بهترین تابع گزارش کردند (مهربان و همکاران ۱۳۸۷). بوستان و همکاران (۱۳۹۰)، با برازش توابع مختلف شیردهی گاو هلشتاین نشان دادند که تابع گامای ناقص در برآورد سطح زیر منحنی به نحو مطلوب‌تری با داده‌های تولید شیر مطابقت داشتند. از سوی دیگر برخی از محققان با استفاده از توابع مختلف بیان کردند که تفاوت معنی داری بین شایستگی برازش منحنی شیردهی در گاو شیری ندارد (Fathi-Nasri و همکاران، ۲۰۰۸). Abdel-Salam و همکاران (۲۰۱۱) توابع وود، ویلمینک و اسوالو را برای برازش منحنی شیردهی گاومیش مصری بکار بردند و بیان داشتند که تابع وود شایستگی بیشتری برای برازش منحنی شیردهی در گاومیش دارد.همچنین Ihsan Soysal و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که تابع وود شایستگی بیشتری نسبت به توابع ویلمینک و کوبی برای برازش منحنی شیردهی گاومیش دارد. اما Atashi و همکاران (۲۰۰۳)، بیان نمودند تفاوت معنی‌داری بین شایستگی برازش توابع منحنی شیردهی در گاو شیری وجود دارد. نتایج محققان نشان دهنده متغیر بودن پاسخ‌های هر مدل با توجه به تأثیرات محیطی است. نتایج این تحقیق بیانگر شایستگی تابع وود نسبت به مدل دایجکسترا و سینوسی برای برآورد منحنی شیردهی گاومیش می باشد. هر چند شایان ذکر است که عوامل ژنتیکی و غیرژنتیکی از قبیل ژنتیک دام، سن زایش، تغذیه، فصل زایش، فصل شیردهی و آبستنی نیز بر شکل منحنی شیردهی مؤثر هستند (Grossman و همکاران، ۱۹۸۶).

جدول ۳- اجزای شیردهی مدل وود و دایجکسترا و شاخص‌های مقایسه مدل‌ها

تابع	Y0	Tm	Ym	R^2adj	AIC	MES	RMSE	Iterations
وود	۰	۵۲/۴۳	۷/۹۱	۰/۸۴۲	۵۴۹۸۵	۱۰/۲۷	۳/۲۰	۱۹
دایجکسترا	۶/۹۷	۶۲/۵۳	۷/۹۴	۰/۸۴۲	۵۵۰۴۱	۱۰/۲۹	۳/۲۱	۶۴
سینوسی	۷/۷۸	–	۷/۷۹	۰/۸۴۲	۵۵۰۹۱	۱۰/۳۱	۳/۲۱	۵

Y0: تولید اولیه شیر (کیلوگرم در روز)، Tm: زمان رسیدن به اوج تولید (روز)، Ym: اوج تولید شیر (کیلوگرم در روز)، R^2adj: ضریب تبیین تصحیح شده، MES: میانگین مربعات خطا، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا، Iterations: تعداد گردش مدل

در بین سه تابع بررسی شده، تابع وود حداقل تعداد پارامتر را دارد که تفسیر بیولوژیکی معنی‌دار و قابل قبولی دارد و دارای عمومیت زیادی است (Tekerli و همکاران، ۲۰۰۰). این پارامترها تعیین کننده مقیاس و شکل منحنی شیردهی هستند. منحنی شیردهی استاندارد دارای یک مرحله افزایشی و یک مرحله کاهشی است. در حالت معمول شیب مرحله افزایشی بیشتر از شیب مرحله کاهشی می باشد. به طورکلی سرعت افزایش تولید شیر در مرحله افزایشی، شیب مرحله کاهشی و ارتفاع منحنی در زمان اوج تولید،

میزان کل شیر تولیدی یک دوره شیردهی را تعیین می کند منظور نمودن شکل خاص منحنی شیردهی هر حیوان در مدل، ارزیابی حیوانات برای صفات تداوم شیردهی و اوج تولید را امکانپذیر می‌سازد. شیب منحنی شیردهی در ابتدا به طور صعودی افزایش و به حداکثر مقدار خود می رسد و سپس روند نزولی را طی می نماید که این امر مطابق منحنی تابع رشد است. اگرتوابع رشد بر اساس مشتقشان نوشته شده و بر حسب زمان بیان شوند، ظرفیت استفاده به عنوان توابع شیردهی را داشته و با استفاده از آنها مقدار شیر تولیدی تعیین می‌شود (Fathi-Nasri و همکاران، ۲۰۰۸). در این تابع، منحنی شیردهی طبیعی دارای c و b مثبت، و منحنی‌هایی با b و c منفی به عنوان منحنی‌های شیردهی غیرطبیعی در نظر گرفته می‌شوند (Tekerli و همکاران، ۲۰۰۰). زیرا در مواردی که c کمتر از صفر است، تداوم شیردهی قابل محاسبه نیست و در زمانی که b کمتر از صفر است، تابع اوج تولید ندارد (Fernández و همکاران، ۲۰۰۲). همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود میانگین این پارامترها برای a، b و c بترتیب برابر ۲/۳۶، ۰/۶۵۶ و ۰/۰۰۰۹ برآورد گردید. زمان رسیدن به اوج شیردهی برای گاومیش‌های شکم اول از ۱۱ تا ۲۹۸ روز برآورد گردید که متوسط آن ۸۴ روز می باشد و تولید شیر در این زمان که تولید در اوج شیردهی است ۸ کیلوگرم می‌باشد. تداوم شیردهی این گاومیش‌ها از ۴/۸۱ تا ۱۷/۷۶ متغیر است. رحمانی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸)، پارامترهای a، b و c و زمان رسیدن به اوج تولید، شیر در اوج تولید و تداوم شیردهی در گاومیش‌های ایران را به ترتیب ۸/۶، ۰/۶، ۰/۲، ۳/۲ (هفته)، ۹/۳ (کیلوگرم) و ۲/۸ برآورد نمودند. برآوردهای متفاوت در تحقیقات مختلف می‌تواند به دلیل تعداد متفاوت رکورد مورد استفاده به ازای هر دام در هر تحقیق، تفاوت در ساختار داده‌ها و نوع مدل مورد استفاده برای آنالیز باشد.

جدول ٤- خلاصه آماری پارامترهای مدل و شاخص‌های شیردهی محاسبه شده توسط مدل وود برای تک تک دام ها

	A	B	C	Tm	Ym	S
حداقل	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۰۸	۱۱/۳۷	۰/۰۰۷	۴/۸۱
میانگین	۲/۳۶	۰/۶۵۶	۰/۰۰۹	۸۴/۳۵	۸/۱۸	۸/۰۱
حداکثر	۱۷/۶۶	۳/۲۸	۰/۰۵۰	۲۹۸/۰۰	۲۱/۰۳	۱۷/۷۶
SE	۰/۰۴۶۷	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۰۱	۰/۸۶۹۹	۰/۰۷۰۰	۰/۰۲۸۹

a، b و c: پارامترهای مدل، Y0: تولید اولیه شیر (کیلوگرم در روز)، Tm: زمان رسیدن به اوج تولید (روز)، Ym: اوج تولید شیر (کیلوگرم در روز)، s: تداوم شیردهی

اثر فصل بر پارامترهای مدل و ویژگی‌های شیردهی در جدول ۵ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود. تمام پارامترها و ویژگی‌ها به جز b تحت تأثیر فصل قرار گرفت (P<۰/۰۵). بیشترین تولید در زمان اوج به مقدار ۸/۶۷ کیلوگرم در پاییز بدست آمد و کمترین تولید در زمان اوج در فصل بهار برآورد گردید که اختلاف معنی‌داری با تابستان، پاییز و زمستان داشت (P<۰/۰۵). تفاوت در شرایط اقلیمی، محیطی و مدیریتی با تأثیر بر کیفیت و کمیت علوفه مورد دسترسی تأثیر می گذارند. همچنین ممکن است تأثیر شدید شرایط محیطی فصل‌های مختلف بر بروز استعداد ژنتیکی دام‌ها باعث تغییرات نامنظم در عملکرد فنوتیپی حیوانات شده باشد. اوج زمان تولید شیر در فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۷۲، ۹۳، ۸۵ و ۷۰ روز بدست آمد که بیشترین آن به فصل تابستان تعلق دارد و اختلاف معنی داری با دیگر فصول دارد (P<۰/۰۵). تداوم شیردهی نیز اختلاف معنی داری بین فصول مختلف نشان داد (P<۰/۰۵) و بیشترین و کمترین تداوم شیردهی به ترتیب به فصول تابستان و بهار تعلق داشت. Metry and Mourad (۱۹۹۴) ، با بررسی گاومیش‌های مصری اثر فصل زایش را بر تولید معنی‌دار دانستند. رحمانی‌نیا و همکاران(۱۳۸۸) اثر فصل زایش را بر پارامترهای منحنی شیردهی گاومیش مهم و معنی‌دار گزارش نمودند. Chhikara و همکاران (۱۹۹۸) اوج تولید و روز رسیدن به اوج را بطور معنی‌داری تحت تأثیر فصل زایش در گاومیش مورا دانستند. آنها بیان داشتند که تولید در اوج در گاومیش‌هایی که در زمستان زایش داشته‌اند بیشتر از آنهایی است که در فصل تابستان زایش داشته‌اند، اثر فصل و

سال زایش برگاومیش‌ها را می‌توان به علّت حساسیت بیشتر آنها نسبت به گرما، تغییرات دما، رطوبت و استرس گرمایی دانست. با زیاد شدن دمای هوا، میزان مصرف آب هم افزایش می‌یابد و اگر مصرف مواد غذایی تحت تأثیر قرار گیرد تولید شیر هم کاهش خواهد یافت به همین علت باید مدیریت متفاوتی را در فصول مختلف اعمال کرد. همچنین تأثیر فصل زایش بر منحنی شیردهی را می توان مرتبط با تفاوت کیفیت خوراک و میزان در دسترس بودن آن در فصول مختلف دانست (رحمانی نیا و همکاران، ۱۳۸۸).

تمامی پارامترهای مدل وود و شاخص‌های شیردهی گاومیش شامل زمان اوج تولید، میزان تولید در اوج شیردهی و تداوم شیردهی تحت تأثیر اثر سال زایش، گله، اثر متقابل گله و سال زایش، اثر متقابل گله و فصل زایش، اثر متقابل گله- فصل و سال زایش قرار داشتند ($P<۰/۰۵$). بجز پارامتر a که تحت تاثیر اثر متقابل سال زایش و فصل زایش قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$)، پارامترهای b و c و همچنین زمان اوج تولید، میزان تولید در اوج شیردهی و تداوم شیردهی تحت تأثیر اثر متقابل سال زایش و فصل زایش قرار گرفتند ($P<۰/۰۵$). Metry and Mourad (۱۹۹۴)، با بررسی گاومیش‌های مصری بیان داشتند که سال زایش بر تولید و تداوم شیردهی اثر معنی داری دارد. Chhikara و همکاران (۱۹۹۸)، اثر سال زایش را بر اوج تولید و روز رسیدن به اوج را در گاومیشهای مورا معنی‌دار گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

مطالعه منحنی شیردهی در دام‌های شیرده حائز اهمیت است و انتخاب بهترین تابع برای مطالعه منحنی شیردهی دام‌ها ضروری به نظر می‌رسد. نتایج این مطالعه نشان داد که هر سه مدل وود، دایجکسترا و سینوسی توانایی برازش منحنی شیردهی گاومیش خوزستان را دارند، اما تابع وود دارای شایستگی بیشتری می‌باشد. بنابراین استفاده از تابع وود برای ترسیم منحنی شیردهی گاومیش های دوره شیردهی اول پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۵- اثرات گله، سال و فصل زایش بر پارامترهای مدل و شاخص‌های شیردهی گاومیش (برآورد شده توسط مدل وود)

		A	B	C	ym	Tm	S
فصل	بهار	۲/۳۱±۰/۰۹^{bc}	۰/۵۳۵±۰/۰۲^{c}	۰/۰۰۹۱±۰/۰۰^{c}	۶/۴۴±۰/۱۳^{c}	۷۲/۹۳±۲/۰۵^{c}	۷/۵۴±۰/۰۶^{d}
	تابستان	۲/۱۲±۰/۰۸^{c}	۰/۷۰۴±۰/۰۲^{a}	۰/۰۰۹۷±۰/۰۰^{b}	۸/۵۸±۰/۱۴^{a}	۹۳/۹۳±۱/۷۲^{a}	۸/۲۷±۰/۰۶^{a}
	پاییز	۲/۴۶±۰/۰۷^{ab}	۰/۶۷۶±۰/۰۱^{ab}	۰/۰۰۹۸±۰/۰۰^{b}	۸/۶۸±۰/۱۰^{a}	۸۵/۸۲±۱/۲۸^{b}	۸/۰۹±۰/۰۴^{b}
	زمستان	۳/۶۵±۰/۱۵^{a}	۰/۶۳۴±۰/۰۳^{b}	۰/۰۱۰۹±۰/۰۰^{a}	۷/۸۱±۰/۱۹^{b}	۷۰/۹۶±۲/۲۰^{c}	۷/۷۲±۰/۰۸^{c}
سطح معنی داری	فصل	۰/۰۱۸۳	۰/۲۷۴۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۱۰
	سال	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	گله	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	گله×سال	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	سال×فصل	۰/۰۵۶۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	گله×فصل	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	گله×فصل×سال	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

a، b و c: پارامترهای مدل، Y0: تولید اولیه شیر (کیلوگرم در روز)، Tm: زمان رسیدن به اوج تولید (روز)، Ym: اوج تولید شیر (کیلوگرم در روز)، S: تداوم شیردهی

.

منابع

آتشی، ه.، مرادی شهربابک، م. و مقیمی اسفندآبادی، آ. (۱۳۸۵). تعیین تابع منحنی شیردهی در گاوهای هلشتاین ایران. مجله علوم کشاورزی. شماره ۳۸، ص ص. ۶۷-۷۶.

بوستانی، آ.، مرادی شهربابک، م. و نجاتی جوارمی، ا. (۱۳۹۰). مقایسه توابع مختلف برای توصیف منحنی شیردهی در دوره های مختلف شیردهی گاوهای هلشتاین با استفاده از رکوردهای روز آزمون. مجله علوم دامی. شماره ۴۱، ص ص. ۸۰-۷۳.

رحمانی‌نیا، ج.، میرزایی، ح.ر.، فرهنگ‌فر، ه.، امام جمعه، ن. و صیادنژاد، م.ب. (۱۳۸۸). تأثیر فاکتورهای محیطی بر شکل منحنی شیردهی در توده‌های گاومیش ایرانی. مجله علوم دامی ایران. شماره ۴۰، ص ص. ۵۹-۶۸.

رحیم نهال، س.، مسعودی، ع.، فیاضی، ج. و کشاورز، و. (۱۳۹۱). اهمیت حفظ ژنتیکی گاومیش (تولید شیر و ایمنی زایی بالای) تحت دام بومی آینده. دوازدهمین کنگره ژنتیک ایران، تهران، سالن همایش‌های بین المللی دانشگاه شهید بهشتی. ص ۱۲۷.

رضایی، آ. و سلطانی، آ. (۱۳۸۰). مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. دومین ویرایش. دانشگاه صنعتی اصفهان. ص ۵۵.

طاهری دزفولی، ب.، حیدری، خ. و نعمت اللهیان، ش. (۱۳۸۸). بررسی رابطه بین وزن و برخی ابعاد بدن در گاومیش خوزستان. دومین همایش ملی گاومیش، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان. ص ۷۸.

فرهنگ‌فر، ه. و رضایی، ح. (۱۳۸۵). مقایسه ارزیابی ژنتیکی گاو هلشتاین برای تولید شیر با استفاده از مدل‌های ۳۰۵ روز و روزآزمون. مجله علوم و فنون کشاورزی. شماره ۴۰، ص ص. ۳۸۳-۳۷۵.

لطفی، س.، لطفی، ر.، وحیدیان کامیاد، ع. و فرهنگ‌فر، ه. (۱۳۹۳). کاربرد تابع سینوسی برای مدل سازی منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین و مقایسه آن با توابع وود و دایجکسترا در یک گله گاو هلشتاین. نشریه علوم دامی ایران. شماره ۴۵، ص ص. ۶۸-۵۹.

مرادی شهربابک، م. (۱۳۷۸). پایداری در گاوهای شیری. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۳۲، ص ص. ۲۰۲-۱۹۳.

منتظرتربتی، م.، مرادی شهربابک، م.، میرائی آشتیانی، ر. و سیدنژاد، م. (۱۳۸۱). معیارهای پایداری در گاوهای هلشتاین ایران، اولین سمینار ژنتیک و اصلاح دام و طیور و شیلات. ص. ۶.

مهربان، ح.، فرهنگ‌فر، ه.، رحمانی نیا، ج. و سلطانی، ج. (۱۳۸۷). مقایسه برخی از توابع توصیف شکل منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین. مجله تحقیقات علوم دامی. شماره ۲، ص ص. ۴۷-۵۵.

نادرفرد، ح . (۱۳۸۹). پرورش گاومیش. معاونت امور دام و تولیدات دامی، وزارت جهاد کشاورزی ایران. ص. ۵۴۰.

Abdel-Salam, S.A.M., Mekkawy, W., Hafez, Y.M., Zaki, A.A. and AbouBakr, S. (2011). Fitting lactation curve of Egyptian buffalo using three different models. *Egyptian Journal of Animal Production*. 48: 119-133.

Ali, T.E. and Schaeffer, L.R. (1987). Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. Can. *Journal of Animal Science*. 67: 637-644.

Borghese, A. (2005). FAO Regional Office for Europe, Inter Regional Cooperate Research Network on Buffalo. FAO, Rome.

Borghese, A. (2010). Development and perspective of Buffalo and Buffalo market in Europe and near east. *Revista Veterinaria*. 21: 20-31.

Burnham, K.P. and Anderson, D.R. (2002) Model selection and multi model inference – A practical information – Theoretic approach. *New York: Springer* .

Chhikara, S. K., Singh, N. and Dhaka, S. S. (1998). Effect of some non-genetic factors on peak yield and days to attain peak yield in Murrah buffaloes. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 11-16 January, Armidale, NSW, Australia. Volume 24, Sheep and goats (fibre); sheep and goats (meat and milk); poultry; horses; buffaloes, Pp. 481-484.

Dijkstra, J., France, J., Dhanoa, M.S., Maas, J.A., Hanigan, M.D., Rook, A.J. and Beever, D.E. (1997). A model to describe growth patterns of the mammary gland during pregnancy and Lactation. *Journal of Dairy Science*. 80: 2340–2354.

FAO. (2015). www.fao.org / dad. It.

Fathi-Nasri, M., France, H.J., Odongo, N.E., Lopez S., Bannink, A. And Kebreab, E. (2008). Modelling the lactation curve of dairy cows using the differentials of growth functions. *Journal of Agriculture Science*. 146: 633-641.

Fernández, C. and Sánchez. A. (2002). Modeling the lactation curve for test-day milk yield in Murciano-Granadina goats. *Small Ruminant Research*. 46(1): 29-41.

Grossman, M., Kuck, A. L. and Norton, H.W. (1986). Lactation curves of Purebred and Crossbred Dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 69: 195-203.

Kumar, R. and Singh, R. (2010). Buffalo production system in India. Revista Veterinaria, 21: 32-37.

Landete-Castillejos, T. and Gallego, L. (2000). Technical note: the ability of mathematical models to describe the shape of lactation curves. *Journal of Animal Science*. 78: 3010-3013.

Malhado, C.H.M., Malhado, A.C.M., and Ramos, A.A. (2013). parameters for milk yield, lactation length and calving intervals of Murrah buffaloes from Brazil. *Archiv Tierzucht*. .42 : 8-15.

Metry, G. H. and Mourad, K. A. (1994) Lactation curves for first lactation Egyptian buffalo. *Journal of Dairy Science*, 77: 1306-1314.

.

Naderfard, H. R. and Qanemy, A.W. (1997). Buffalo breeding in Islamic Republic of Iran. *5th world buffalo congress* (proceedings). Caserta, Italy, Pp: 942-943.

Singh, R.P. and Gopal, R. (1982). Lactation curve analysis of buffaloes maintained under village condition. *Indian Journal Animal Science*. 52: 1157-1164.

Soysal, I.M., Gurcan, E.K. and AKSEL, M. (2016). The Comparison of Lactation Curve with Different Models in Italian Origined Water Buffalo Herd Raised in Istanbul Province of Turkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*. 13: 139-144.

Tekerli, M., Akinci, Z., Dogan, J. and Akcan, A. (2000). Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir Province of Turkey. *Journal of Dairy Science*. 83: 1381-1386.

Thomas, C.S. (2008). Efficient Dairy buffalo Production. *Delaval International AB, Thomba, Sweden*.

Val-Arreola, D., Kebreab, E., Dijkstra, J. and France, J. (2004). Study of lactation curve in dairy cattle on farms in central Mexico. *Journal of Dairy Science*. 87: 3789-3798.

Wilmink, J.B.M. (1987). Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science Journal*.16: 335-348.

Wood, P. D. P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature Journal*, 216:164-165