مجله علوم دامی ایران
دوره ۴۱، شماره ۲، ۱۳۸۹ (۱۹۲-۱۸۵)

برازش مدل‌های غیرخطی برای توصیف امتیاز سلول‌های بدنی شیر دوره‌های مختلف شیردهی گاوهای هلشتاین ایران

عباس پاکدل[۱]*، مرضیه حیدری تبار[۲] و اردشیر نجاتی جوارمی[۳]
۱، ۲، ۳ استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۳ - تاریخ تصویب: ۸۹/۳/۱۹)

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی قابلیت مدل‌های غیرخطی مختلط برای توصیف منحنی امتیاز سلول‌های بدنی موجود در شیر گاوهای هلشتاین ایران در دوره‌های مختلف شیردهی و مقایسه برازش ۴ مدل غیرخطی و دو مدل خطی برای این داده‌ها می‌باشد. بدین منظور از ۴۴۵۰۷۷ رکورد امتیاز سلول‌های بدنی روزانه حاصل از ۶۹۱۲۴ راس گاو هلشتیان در دوره‌های اول تا چهارم شیردهی که بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ توسط مرکز اصلاح نژاد دام کشور جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. برای برازش مدل مناسب جهت بررسی تغییرات امتیاز سلول‌های بدنی در دوره‌های مختلف شیردهی از شش تابع ریاضی وود، دو جمله‌ای معکوس، روک، مورانت، علی و شفر و ولمینک استفاده شد. توابع بر اساس ضریب تعیین تصحیح شده برای تعداد پارامترها و میانگین مربعات خطا با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در دوره‌های شیردهی اول و دوم، تابع علی و شفر و در دوره‌های شیردهی سوم و چهارم تابع مورانت بهترین تابع توصیف‌کننده الگوی تغییرات امتیاز سلول‌های بدنی شیر در طول دوره شیردهی می‌باشند. بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد که الگوی تغییرات امتیاز سلول‌های بدنی در طی دوره‌های مختلف شیردهی متفاوت بوده و نمی‌توان از یک تابع مشخص برای تمام دوره‌ها استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: **مدل‌های غیرخطی، امتیاز سلول‌های بدنی، گاوهای هلشتاین، دوره شیردهی، توابع ریاضی.**

مقدمه

ورم پستان نوعی اختلال در سلامت پستان است که هر ساله خسارت اقتصادی جبران‌ناپذیری را به طور مستقیم و غیرمستقیم به صنعت گاو شیری وارد می‌کند. این التهاب غده پستانی که معمولاً در پاسخ به هجوم عوامل بیماری‌زا ایجاد می‌گردد را می‌توان از طریق افزایش تعداد سلول‌های سوماتیک (*SCC*)[۱] موجود در شیر تشخیص داد. سلول‌های بدنی موجود در شیر، گلبول‌های سفید خون یا سلول‌های فاگوسیت کننده‌ای هستند که وظیفه اصلی آنها حذف پاتوژن‌ها و ترمیم بافت‌های آسیب دیده پستان می‌باشد. این سلول‌ها در رگ‌های خونی دائما در حال گردش می‌باشند و فقط زمانی به غده پستانی نفوذ می‌کنند که عفونت یا آسیبی در آن ناحیه تشخیص داده شود (Hass et al., 2002; Shook, 1994). در حال حاضر و در بسیاری از کشورها تعداد سلول‌های بدنی موجود در شیر به عنوان یک

1. *Somatic Cell Count*

* نویسنده مسئول: عباس پاکدل تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۴۸۰۸۲ E-mail: abpakdel@ut.ac.ir

صفت جایگزین و نشانگری برای بیماری ورم پستان در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از دلایل اصلی که منجر به حایز اهمیت شدن این سلول‌ها به عنوان نشانگری برای بیماری ورم پستان شده است وجود همبستگی ژنتیکی بالا (۰/۷) بین این صفت و میزان حساسیت دام به ورم پستان است (Ali & Shook, 1980; Emanuelson & Perrson, 1984; Hass et al., 2002). روند تغییرات *SCC* در طول دوره شیردهی برخلاف تغییرات منحنی تولید شیر در طول دوره شیردهی است. در طول دوره‌های مختلف شیردهی، تعداد سلول‌های بدنی موجود در هر میلی‌لیتر شیر در ابتدای زایش بالاست (حدود ۲۷۰ هزار سلول در هر میلی‌لیتر شیر) و سپس با افزایش سطح تولید شیر روندی نزولی پیدا کرده به طوری که در روز ۵۰ تا ۷۰ دوره شیردهی که سطح تولید دام به حداکثر مقدار خود می‌رسد تعداد سلول‌های بدنی موجود در هر میلی‌لیتر شیر به حداقل میزان کاهش می‌یابد (حدود ۹۸ هزار سلول در هر میلی‌لیتر شیر) و سپس میزان آن به تدریج تا پایان دوره شیردهی روندی صعودی پیدا می‌کند (حدود ۱۳۹ هزار سلول در هر میلی‌لیتر شیر) (Rodriguez-zas & Southey, 1999; Rodriguez-zas et al., 2000). در حال حاضر و در اکثر مطالعات برای برآورد پارامترهای ژنتیکی مربوط به صفت *SCC* و ارزیابی ژنتیکی دام‌ها برای این صفت از معیار میانگین امتیاز سلول‌های بدنی یا *SCS*[1] در طول دوره شیردهی استفاده می‌شود (Ali & Shook, 1980). *SCS* نسبت به *SCC* دارای مزایایی است که می‌توان به توارث‌پذیری بالاتر *SCS* (۰/۲) نسبت به *SCC* (۰/۱ تا ۰/۰۵)، داشتن توزیع نرمال و واریانس یکنواخت آن در بین نمونه‌ها اشاره نمود.

هدف اصلی در این مطالعه، مقایسه توابع توصیف‌کننده *SCS* در طول هر دوره شیردهی و تعیین بهترین تابع توصیف بود تا بتوان از طریق این تابع پارامترهای ژنتیکی صفت *SCC* را در هر یک از گامه‌های شیردهی با دقت بیشتری برآورد نمود و در ارزیابی ژنتیکی دام‌ها بتوان از آن برای مقاومت علیه بیماری ورم پستان استفاده نمود.

1. *Somatic Cell Score*

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برای مقایسه توابع ریاضی مختلف و یافتن بهترین تابع توصیف‌کننده *SCS* در طول دوره‌های مختلف شیردهی و نیز تعیین قابلیت هر کدام از توابع در تخمین میزان *SCC* در طی ۳۰۵ روز از اطلاعات جمع‌آوری شده توسط مرکز اصلاح نژاد دام کشور در طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ استفاده شد. ویرایش و تنظیم داده‌ها با استفاده از نرم افزار ویژوال فاکس پرو (۲و۶) و اکسل ۲۰۰۷ صورت گرفت؛ بدین ترتیب که فقط رکوردهای مربوط به روزهای ۵ تا ۳۰۵ شیردهی در نظر گرفته شد و تعداد سلول‌های بدنی کمتر از ۱۰۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر از داده‌ها حذف گردید. با توجه به انحراف زیاد توزیع فراوانی *SCC* از حالت نرمال پیشنهاد شده است که از تبدیل لگاریتمی آن که به *SCS* معروف است به صورت ذیل استفاده گردد (Ali & Shook, 1980):

$$SCS = log_2 (SCC/100000) + 3$$

پس از ویرایش و تبدیل داده‌ها از شش تابع ذیل جهت ارزیابی و توصیف منحنی تغییرات *SCS* در طول دوره شیردهی استفاده گردید :

۱- تابع *Wood* یا گامای ناقص که توسط Wood (1967) پیشنهاد شد و متداول‌ترین تابع برای بیان منحنی شیردهی می‌باشد:

$$y_{ij} = a(t_{ij})^b \exp(-dt_{ij}) + e_{ij}$$

در این تابع، y_{ij} معرف میزان *SCS* در زمان t، t معرف تعداد روزهای شیردهی و a و b و d پارامترهای تابع هستند به طوری که a مرتبط با سطح *SCS* در آغاز دوره شیردهی است، b و d نیز به ترتیب پارامترهای مربوط به مرحله کاهشی و افزایشی منحنی *SCS* می‌باشد.

۲- تابع دو جمله‌ای معکوس که به وسیله Nelder و Ratkowsky (1990) (1966) پیشنهاد شد:

$$y_{ij} = \left[t_{ij} /(a + bt_{ij} + dt_{ij}^2)\ \right] + e_{ij}$$

در این تابع، a پارامتر مرتبط با شدت کاهش سطح *SCS* پس از زایش، d پارامتر مرتبط با شدت افزایش

سطح *SCS* در انتهای دوره شیردهی و b پارامتر مقیاس (پارامتر مرتبط با متوسط شیب منحنی) می‌باشند. پارامترهای این تابع نیز مانند تابع گامای ناقص دارای توجیه بیولوژیکی می‌باشد.

۳- تابع *Mischerlich's* که توسط Rook et al. (1993) پیشنهاد شده است:

$$y_{ij} = \left[1 - a\exp(bt_{ij})\ \right]\exp(-dt_{ij}) + e_{ij}$$

در این تابع، a مقیاس منحنی، b میزان کاهش سطح *SCS* در مراحل اولیه دوره شیردهی و d میزان افزایش سطح *SCS* مشاهده شده پس از رسیدن به حداقل میزان خود می‌باشد.

۴- تابع *Morant* و *Gnanasakthy* یا مدل چهار پارامتری که توسط Morant & Gnanasakthy (1989) پیشنهاد شد:

$$y_{ij} = a\exp\left[b(\underline{t}_{ij}) + (\underline{t}_{ij})^2 + f/(t_{ij})\ \right] + e_{ij}$$
$$\underline{t}_{ij} = (t_{ij} - 150)/100$$

در این تابع، a میزان *SCS* مورد انتظار در روز ۱۵۰ دوره شیردهی، b شدت نسبی تغییرات *SCS* در طی ۱۵۰ روز اول دوره شیردهی (برحسب درصد در هر روز)، f نرخ کاهش SCS در اوایل دوره شیردهی و d حدی از میزان افزایش *SCS* که در طول دوره شیردهی تغییر می‌کند را اندازه گیری می‌کند.

۵- تابع پنج پارامتری که توسط Ali & Schaeffer (1987) پیشنهاد شد:

$$y_{ij} = b_0 + b_1(t_{ij}/300) + b_2(t_{ij}/300)^2 + b_3\log(300/t) + b_4[\log(300/t)]^2 + e_{ij}$$

در این تابع t روز شیردهی و b_i پارامترهای تابع می‌باشد به طوری که b_0 پارامتری در ارتباط با حداقل تعداد سلول‌های بدنی در طول دوره شیردهی، b_1 و b_2 پارامترهایی در ارتباط با شیب مرحله افزایشی در امتیاز سلول‌های بدنی و b_3 و b_4 پارامترهایی در ارتباط با شیب مرحله کاهشی در امتیاز سلول‌های بدنی می‌باشند.

۶- تابع *Wilmink* که ترکیبی از توابع خطی و نمایی است و توسط *Wilmink* (1987) پیشنهاد شد:

$$y_{ij} = a_0 + a_1 t_{ij} + a_2\exp(-0.05t_{ij}) + e_{ij}$$

در این تابع، a_0 سطح پایه‌ای *SCS* را نشان می‌دهد، a_1 شیب افزایش در *SCS* پس از رسیدن به حداقل مقدار در طی دوره شیردهی و a_2 شیب کاهش در میزان *SCS* بعد از زایش را نشان می‌دهد. مقدار ثابت ۰/۰۵- هم با زمان به حداقل رسیدن *SCS* ارتباط دارد به طوری که انتظار می رود حداقل *SCS* در روز پنجاهم بعد از زایش اتفاق بیافتد.

با استفاده از برنامه *SAS* و با روش *Gauss-Newton* داده‌ها برای توابع مختلف برازش شدند؛ بدین ترتیب که ابتدا از داده‌های *SCS* بین روزهای ۵ تا ۳۰۵ میانگین گیری شد. سپس چهار تابع خطی وود، نلدر، روک و مورانت با استفاده از *Proc Nlin* و تابع علی و شفر و تابع ویلمینک با استفاده از *Proc Reg* برای داده‌های رکورد روزانه برازش داده شدند. در مورد توابعی که با استفاده از *Proc Nlin* برازش داده شدند، قبل از برازش دادن برای هر پارامتر موجود در مدل، پارامترهای پیشین[1] تعریف شدند. لازم بذکر است که پارامترهای پیشین به نحوی تعریف شدند تا تابع مورد نظر حتماً به نقطه همگرایی[2] برسد. برای مقایسه توابع مورد بررسی با یکدیگر نیز از دو معیار ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا استفاده گردید.

نتایج و بحث

روند تغییرات میزان *SCS* ماهیانه در هر یک از دوره‌های شیردهی

در جدول ۱ میانگین رکورد ماهیانه *SCS* در دوره‌های مختلف شیردهی ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود میزان *SCS* در ماه دوم شیردهی (روز ۶۰) یعنی زمانی که دام به اوج تولید شیر خود می‌رسد به حداقل میزان ممکن کاهش می‌یابد و سپس با کاهش تدریجی میزان تولید شیر روندی صعودی به خود می‌گیرد؛ به عبارت دیگر روند تغییرات میزان *SCS* در طی دوره شیردهی دقیقاً عکس روند تغییرات میزان تولید شیر در طی دوره شیردهی می‌باشد.

1. Prior
2. Convergance Point

روند تغییرات میزان *SCS* در دوره‌های مختلف شیردهی

تعداد سلول‌های بدنی در دوره شیردهی اول کمترین مقدار بوده و به تدریج در دوره‌های شیردهی بعدی میزان *SCS* افزایش می‌یابد (جدول۱). علت افزایش تعداد سلول‌های بدنی در دوره‌های شیردهی بالاتر را می‌توان به آمادگی بیشتر دام‌های شیرده جهت ابتلای به ورم پستان در سنین بالاتر عنوان نمود. نتایج حاصل از بررسی‌های دیگران نشان می‌دهد که سن دام و مرحله شیردهی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر تعداد سلول‌های بدنی موجود در هر میلی‌لیتر شیر می‌باشند (Rodriguez-zas et al., 2000). با افزایش سن و مرحله شیردهی، در کارتیه‌های غیرعفونی تغییر کمی در تعداد سلول‌های بدنی بروز می‌کند (از ۸۳۰۰۰ سلول در روز ۳۵ بعد از زایش تا ۱۶۰۰۰۰ سلول در روز ۲۸۵)، در حالی که در کارتیه های عفونی تعداد این سلول‌ها بسته به نوع باکتری در این دوره به ۱۰۰۰۰۰۰ سلول نیز خواهد رسید (Rodriguez-zas et al., 2000).

دامنه تغییرات *SCS* در دوره شیردهی اول و در طی ماه های اول تا دهم ۰/۵۲۸ بود، این در حالی است که در دوره شیردهی دوم این عدد به ۱/۰۴۲، در دوره شیردهی سوم به ۱/۰۶۳ و در دوره شیردهی چهارم به ۰/۸۷۴ رسید. به عبارت دیگر دامنه تغییرات *SCS* در دوره شیردهی اول حداقل مقدار را داشته و تنها پس از یک شکم زایش این دامنه تغییرات افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. دامنه تغییرات[1] کمتر *SCS* در طی دوره شیردهی اول نشان‌دهنده آن است که اکثر دام‌ها در این دوره از وضعیت پستان مطلوب‌تری برخوردارند و تنوع موجود در بین دام‌ها از نظر مقاومت به ورم پستان در این دوره بسیار محدود است. این در حالی است که در دوره‌های شیردهی بالاتر و به دلیل افزایش سن دام و بالا رفتن استعداد ابتلای دام‌ها به ورم پستان تنوع موجود میان دام‌ها از نظر سلامت پستان افزایش و قدرت انتخاب دام‌های مقاوم‌تر به ورم پستان تسهیل‌تر می‌شود.

بر طبق گزارشات مختلف، تعداد سلول‌های بدنی کمتر از ۱۰۰۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر (*SCS*≤۳) طبیعی بوده و نشانه‌ای از سلامتی غده پستان می‌باشد. ولی چنانچه تعداد این سلول‌ها به بیش از ۲۰۰۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر (*SCS* ≥۴) برسد عفونت باکتریایی تشخیص داده می‌شود. با توجه به نتایج جدول ملاحظه می‌شود که در اواخر دوره‌های دوم، سوم و چهارم شیردهی میزان *SCS* به بیش از ۳/۵ رسیده است. بنابراین به نظر می‌رسد که با افزایش مرحله شیردهی و نیز ماه شیردهی احتمال وقوع ورم پستان افزایش می‌یابد و احتمالا میزان *SCS* دوره‌های شیردهی‌های دوم به بالا نسبت به میزان *SCS* دوره شیردهی اول نشانگر بهتری از حساسیت دام به ورم پستان می‌باشد. این ادعا با نتیجه‌ای که Schutz (1994) گزارش نمود مطابقت دارد. از طرفی با توجه به اطلاعات امتیاز سلول‌های بدنی در دوره مختلف شیردهی به نظر می‌رسد حدّ و اندازه تعداد سلول‌های سوماتیک که نشان دهنده ابتلای دام‌ها به ورم پستان است برای هر یک از دوره‌ها متفاوت می‌باشد.

رابطه میزان *SCS* موجود در شیر دام‌ها با زمان در دوره‌های شیردهی اول تا چهارم در شکل‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در دوره‌های مختلف شیردهی میزان *SCS* در ماه های آخر شیردهی یعنی ماه‌های نهم و دهم به ۱/۳-۱/۲ برابر مقدار میزان *SCS* در زمان اوج شیردهی (ماه دوم

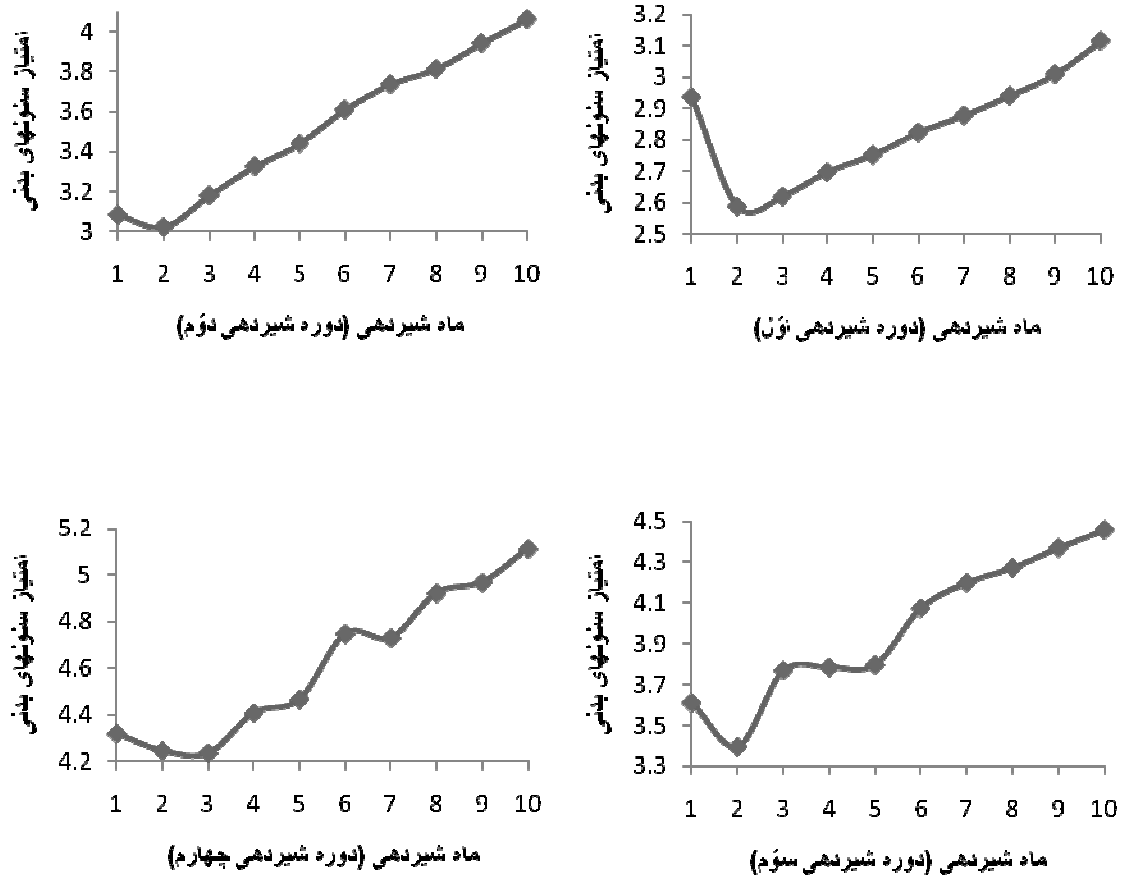
1. Range

جدول ۱- میانگین *SCS* ماهیانه در هر یک از دوره‌های شیردهی اول تا چهارم

ماه شیردهی / دوره شیردهی	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم	ماه پنجم	ماه ششم	ماه هفتم	ماه هشتم	ماه نهم	ماه دهم	میانگین
اول	۲/۹۳۵	۲/۵۸۷	۲/۶۱۸	۲/۶۹۶	۲/۷۵۱	۲/۸۲۳	۲/۸۷۷	۲/۹۴۰	۳/۰۰۹	۳/۱۱۵	۲/۸۴
دوم	۳/۰۸۰	۳/۰۲۰	۳/۱۷۸	۳/۳۲۴	۳/۴۳۹	۳/۶۰۸	۳/۷۳۵	۳/۸۱۲	۳/۹۴۲	۴/۰۶۲	۳/۵۲
سوم	۳/۶۱۰	۳/۳۹۴	۳/۷۶۷	۳/۷۸۳	۳/۷۹۵	۴/۰۷۳	۴/۱۹۸	۴/۲۷۲	۴/۳۶۹	۴/۴۵۷	۳/۹۷
چهارم	۴/۳۲۱	۴/۲۴۷	۴/۲۳۷	۴/۴۱۰	۴/۴۶۸	۴/۷۴۸	۴/۷۳۰	۴/۹۲۱	۴/۹۶۷	۵/۱۱۱	۴/۶۲

شیردهی) رسیده است، لیکن به نظر می‌رسد که شکل و الگوی تغییرات *SCS* در دوره‌های مختلف متفاوت است. صرف نظر از تعداد متفاوت داده‌ها در هر یک از دوره‌های شیردهی، بر طبق گزارشات Wiggans & Shook (1987) تغییر در شکل و الگوی تغییرات *SCS* با عواملی نظیر مرحله شیردهی، میزان عفونت پستان و ژنتیک گاو مرتبط می‌باشد.

مقدار پارامتر و خطای استاندارد توابع غیرخطی برازش شده با رکوردهای ماهیانه برای دوره‌های مختلف شیردهی در جدول ۲ ارائه شده است. در تابع وود، با برازش دادن رکوردهای ماهیانه مقدار پارامتر a در دوره شیردهی اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۲/۷۳، ۲/۹۱، ۳/۴۱، ۴/۱۴ برآورد گردید. با توجه به اینکه این پارامتر نشان دهنده سطح *SCS* در آغاز دوره شیردهی است ملاحظه می‌شود که با افزایش دوره شیردهی، سطح *SCS* نیز در آغاز دوره شیردهی افزایش می‌یابد ولی روند افزایشی پارامتر a در دام‌های مستعدتر به ورم پستان بیشتر می‌باشد به طوری که در این گونه دام‌ها تعداد سلول‌های بدنی در آغاز دوره شیردهی در حدود ۲۳۰۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر خواهد بود. شیب مرحله کاهشی منحنی *SCS* در آغاز دوره شیردهی که همان پارامتر b است در دوره چهارم شیردهی نسبت به سه دوره دیگر کمتر است؛ ولی شیب مرحله افزایشی منحنی *SCS* یا همان پارامتر d که پس از رسیدن دام به اوج شیردهی رخ می‌دهد در دام‌هایی با *SCS* بالا بیشتر خواهد بود.



شکل ۱- ارتباط بین میزان *SCS* و زمان (ماه شیردهی) در طی دوره‌های مختلف شیردهی

جدول ۲- برآورد پارامترها و خطای استاندارد آنها در توابع غیرخطی برازش شده با رکوردهای ماهیانه برای دوره‌های مختلف شیردهی

دوره شیردهی	پارامتر				
	تابع	a	B	d	f
اول	وود	۲/۷۳ ± ۰/۰۴۴۴	-۰/۰۱۷ ± ۰/۰۳۰۹	-۰/۰۵ ± ۰/۰۰۷۴	-
	مورانت	۰/۰۰۴ ± ۰/۱۱۶	-۷/۳۴۷ ± ۳/۹۰۰	-۲/۲۴۹ ± ۱/۳۶۳	۰/۹۵۳ ± ۰/۰۰۶
	نلدر	-۲۰/۳۴ ± ۲۲/۴۶۱	۷/۴۲ ± ۷/۸۷۸	-۰/۵۱ ± ۰/۵۶۷	-
	روک	-۲/۳۴ ± ۰/۰۷۶	۰/۹۵ ± ۰/۲۲۱	۰/۹۲ ± ۰/۲۲۴	-
دوم	وود	۲/۹۱ ± ۰/۰۳۸	-۰/۰۱۸ ± ۰/۰۲۳	-۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۵	-
	مورانت	۰/۲۷۶ ± ۰/۰۱۰	-۳/۷۸۲ ± ۳/۰۷۶	-۱/۴۱۳ ± ۱/۰۷۵	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۵
	نلدر	-۱۵/۵۸۷ ± ۱۵/۸۳۶	۵/۶۸۲ ± ۵/۵۵۶	-۰/۳۹۱ ± ۰/۴۰	-
	روک	-۲/۸۶۸ ± ۰/۰۳۳	۲/۳۹۷ ± ۰/۵۸۰	۲/۳۶۱ ± ۰/۵۸۱	-
سوم	وود	۳/۴۱ ± ۰/۰۷۷	-۰/۰۲ ± ۰/۰۴۱	-۰/۰۳۳ ± ۰/۰۰۹	-
	مورانت	۰/۴۷۷ ± ۰/۰۰۲	۰/۵۴۹ ± ۱۱/۹۴۶	-۱/۲۰۰ ± ۴/۱۷۶	۰/۰۰۲۵ ± ۰/۰۱۹
	نلدر	-۱۴/۱۶ ± ۰/۰۰۱	۵/۱۵۷ ± ۵/۲۵۲	-۰/۳۵۸ ± ۰/۳۷۸	-
	روک	-۳/۳۳۹ ± ۰/۰۸۱	۲/۰۶۸ ± ۰/۹۷۱	۲/۰۳۸ ± ۰/۹۷۳	-
چهارم	وود	۴/۱۴ ± ۰/۰۵۱	-۰/۰۵۴ ± ۰/۰۲۳	-۰/۰۳۴ ± ۰/۰۰۵	-
	مورانت	۰/۶۲۹ ± ۰/۳۶۵	۳/۰۲۸ ± ۷/۳۱۵	-۱/۱۵۹ ± ۲/۵۵۷	۰/۰۰۱۴ ± ۰/۰۱۲
	نلدر	-۱۲/۲۵۶ ± ۱۳/۱۰	۴/۴۵۹ ± ۴/۵۹	-۰/۳۰۶ ± ۰/۳۳۱	
	روک	-۳/۲۱۷ ± ۰/۱۱۲	۰/۱۵۴ ± ۰/۰۷۰	۰/۱۱۳ ± ۰/۰۶۸	-

در تابع نلدر روند کاهش *SCS* در اوایل دوره شیردهی (پارامتر a) و روند افزایش *SCS* در اواخر دوره شیردهی (پارامتر d) در گاوهای دوره چهارم نسبت به دوره‌های دیگر کندتر می‌باشد (جدول ۲). پارامتر b که پارامتر توصیف کننده متوسط شیب منحنی نیز در طی دوره‌های اول تا چهارم شیردهی است کاهش می‌یابد و بعبارتی میتوان گفت که با افزایش سن دام‌ها در طی دوره اول تا چهارم و در نتیجه افزایش سطح ابتلای آنها به ورم پستان منحنی تغییرات *SCS* در آنها مسطح‌تر می‌شود.

در تابع روک و بر خلاف تابع نلدر متوسط شیب منحنی در طول دوره که توسط پارامتر a بیان شده است در دوره چهارم بیشترین مقدار و در دوره اول کمترین مقدار را دارا می‌باشد. از طرف دیگر در این تابع پارامترهای مربوط به شیب مرحله کاهشی (پارامتر b) و افزایشی (پارامتر d) منحنی *SCS* از الگوی خاصی میان دوره‌های اول تا چهارم تبعیت نمی‌کند.

در تابع مورانت نیز در طی دوره‌های اول تا چهارم شیردهی، میزان پارامتر a که نشان‌دهنده سطح *SCS* در روز ۱۵۰ شیردهی است افزایش یافته است؛ این بدان معنا است که سطح *SCS* در روز ۱۵۰ شیردهی در دام‌های مسن بالاتر است (افزایش پارامتر b از دوره شیردهی اول تا چهارم) و شیب مرحله کاهشی منحنی *SCS* بلافاصله پس از زایش در طی دوره‌های اول تا چهارم روندی نزولی دارد (کاهش پارامتر f).

مقایسه ضریب تعیین و میانگین مربعات خطای توابع (با استفاده از رکوردهای ماهانه)

میانگین ضریب تعیین تصحیح شده و میانگین مربعات خطای هر یک از توابع مورد بررسی در دوره‌های مختلف شیردهی در جدول ۳ ارائه شده است. در دوره شیردهی اول بالاترین ضریب تعیین متعلق به تابع علی و شفر است و توابع مورانت، روک، وود، ولمینک و نلدر به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. با توجه به تغییرات میانگین مربعات خطا (جدول۳) ملاحظه می‌شود هر تابعی که ضریب تعیین بالاتری دارد، میانگین مربعات خطا یا (MSE) پایین‌تری نیز دارد. ترتیب توابع در دوره شیردهی دوم نیز همانند دوره شیردهی اول می‌باشد.

جدول ۳- ضریب تعیین تصحیح شده و میانگین مربعات خطا برای هر یک از توابع مورد بررسی در دوره‌های مختلف شیردهی

تابع	دوره شیردهی اول		دوره شیردهی دوم		دوره شیردهی سوم		دوره شیردهی چهارم	
	ضریب تعیین	میانگین مربعات خطا	ضریب تعیین	میانگین مربعات خطا	ضریب تعیین	میانگین مربعات خطا	ضریب تعیین	میانگین مربعات خطا
وود	۰/۸۸۰۱	۰/۰۰۳۵۵	۰/۹۸۰۴	۰/۰۰۲۷۴	۰/۹۰۹۰	۰/۰۱۱۰	۰/۹۵۰۲	۰/۰۰۴۸۸
مورانت	۰/۹۷۳۲	۰/۰۰۰۰۳۷۷	۰/۹۹۵۸	۰/۰۰۰۳۵۵	۰/۹۳۴۹	۰/۰۰۴۰۵	۰/۹۶۹۳	۰/۰۰۱۶۳
علی وشفر	۰/۹۹۸۹	۰/۰۰۰۰۳۲۰۸	۰/۹۹۷۴	۰/۰۰۰۳۵۱۳	۰/۹۲۴۵	۰/۰۰۹۳۸	۰/۹۶۲۵	۰/۰۰۳۸۵
ولمینک	۰/۷۱۷۶	۰/۰۰۸۳۷	۰/۹۷۹۵	۰/۰۰۲۷۷	۰/۹۰۸۷	۰/۰۱۱۳۵	۰/۹۳۶۰	۰/۰۰۶۵۷
نلدر	۰/۷۰۳۴	۶/۴۲۲۵	۰/۶۹۰۱	۹/۴۰۶۱	۰/۶۶۰۷	۱۲/۲۶۸۰	۰/۵۳۸۷	۱۶/۷۰۱۲
روک	۰/۹۱۴۹	۰/۰۰۲۵۲	۰/۹۸۸۶	۰/۰۰۱۸۵	۰/۹۲۳۶	۰/۰۰۹۲۴	۰/۹۳۲۲	۰/۰۰۶۶۵

در دوره شیردهی سوم و چهارم تابع مورانت بالاترین ضریب تعیین و پایین‌ترین MSE را به خود اختصاص داد و توابع علی و شفر، روک، وود، ولمینک و نلدر در رده‌های بعدی قرار گرفتند.Rodriguez-zas & Southey (1999) نیز در تحقیقات خود تابع مورانت را به عنوان بهترین تابع برای توصیف الگوی تغییرات منحنی *SCS* معرفی نمودند. تابع مورانت تابعی است که اجازه می‌دهد افزایش میزان *SCS* در اواسط و اواخر دوره شیردهی دارای نرخ نسبی متغیری باشد و این شاید دلیلی بر برازش شدن بهتر این تابع در این دوره‌ها باشد. علاوه بر این پارامترهای این تابع توصیف ساده‌تری از ویژگی‌های اصلی منحنی *SCS* فراهم می نمایند.

نتیجه گیری

در این مطالعه الگوی تغییرات *SCS* موجود در هر میلی‌لیتر شیر گاوهای هلشتاین ایران در طول دوره‌های مختلف شیردهی با استفاده از توابع غیرخطی تشریح و بهترین تابع توصیف‌کننده الگوی تغییرات *SCS* در هر یک از دوره‌های شیردهی برازش گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روند تغییرات *SCS* در طول دوره‌های مختلف شیردهی دارای روندی غیرخطی است، به طوری که معمولا میزان *SCS* در اوایل دوره و به دلیل استرس‌های مختلف بالا است و سپس با افزایش سطح تولید و رسیدن دام به پیک تولیدشیر کاهش می‌یابد. این روند مجددا با کاهش تدریجی میزان تولید شیر روندی صعودی به خود می‌گیرد. از طرفی تابع توصیف‌کننده الگوی تغییرات امتیاز سلول‌های بدنی در طول دوره‌های مختلف شیردهی متفاوت می‌باشند، به طوری که در دوره‌های شیردهی اول و دوم، تابع علی و شفر و در دوره‌های شیردهی سوم و چهارم تابع مورانت بهترین تابع توصیف‌کننده الگوی تغییرات این صفت می‌باشد. به طور خلاصه می‌توان گفت که بهترین تابع توصیف‌کننده منحنی *SCS* به دلایل مختلف ذیل حائز اهمیت می‌باشد:

۱- می‌توان با استفاده از این تابع و برآورد پارامترهای ژنتیکی آن در برنامه‌های انتخاب، برای مقایسه و ارزیابی حیوانات بر اساس شکل منحنی *SCS* آنها اقدام نمود.

۲- با استفاده از این تابع می‌توان میزان *SCS* دام‌های شیری را در روز یا در فاصله زمانی خاصی از دوره شیردهی برآورد نمود.

۳- می‌توان با استفاده از پیش‌بینی تغییرات *SCS* در طی یک دوره زمانی مدیریت شرایط محیطی را به طور مناسب جهت حداکثر نمودن بازدهی اقتصادی و تولیدی و کاهش ابتلای دام‌ها به ورم پستان بهینه نمود.

بنابراین می‌توان گفت که پارامترهای برآورد شده توسط توابع مورد بررسی در این تحقیق می‌تواند در طرحهای مدیریتی مزارع گاو شیری کارآمد باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق با استفاده از امکانات قطب علمی بهبود کیفیت لاشه گروه علوم دامی دانشگاه تهران اجرا گردیده است. از مسئولین محترم مرکز اصلاح نژاد دام کشور به خاطر در اختیار قرار دادن اطلاعات و داده‌های مورد نیاز نیز تقدیر و تشکر می نمایم.

REFERENCES

1. Ali, A. K. A. & Shook, G. E. (1980). An optimum transformation for somatic cell concenteration in milk. *Journal od Dairy Science*, 63, 487.
2. Ali, T. E. & Schaeffer, L. R. (1987). Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. Can. *Journal of Animal Science*, 67, 637-644.
3. Cranford, J. L. & Pearson, R. E. (1999). *Impact of sire PTA_{SCS} on mastitis resistance and measures daughter performance*. M. Sc. Thesis., State University.
4. Emanuelson, U. & Perrson, E. (1984). Studies on somatic cell counts in milk from Swedish dairy cows. I. Non-genetic causes of variation in monthly test day results. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 34, 33.
5. Hass, Y., Barkema, W. & Veerkamp, R. F. (2002). The effect of pathogen-specific clinical mastitis on the lactation curve for somatic cell count. *Journal of Dairy Science*, 85, 1314-1323.
6. Morant, S. V. & Gnanasakthy, A. (1989). A new approach to the mathematical formation of lactation curves. *Animal Production*, 49, 151-162.
7. Nelder, J. A. (1966). Inverse polynomials, a useful group of multifactor response functions. *Biometrics*, 22, 128-141.
8. Rodriguez-zas, S. L. & Southey, B. R. (1999). Parsimonious modeling of longitudinal data. In:Dekkers, J.C.M., S.J. Lamont., M.F. Rothschild. (Eds), From Jay L. Lush to Genomics: *Visions for Animal Breeding and Genetics*. Iowa State University. Ames, IA, p.183.
9. Rodriguez-zas, S. L., Gianola, D. & Shook, G. E. (2000). Evaluation of models for somatic cell score lactation patterns in Holstein. *Livestock Production Science*, 67, 19-30.
10. Rook, A. J., France, J. & Dhanoa, M. S. (1993). On the mathematical description of lactation curves. *Journal of Agriculture Science*, 121, 97-102.
11. Schutz, M. M. (1994). Genetic evaluation of somatic cell scores for United States dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 77, 2113-2120.
12. Shook, G. E. (1994). Selection on somatic cell score to improve resistance to mastitis in the United States. *Journal of Dairy Science*, 77, 648-658.
13. Wiggans, G. R. & Shook, G. E. (1987). A lactation measure of somatic cell count. *Journal of Dairy Science*, 70, 2666-2672.
14. Wilmink, J. B. M. (1987). Adjustment of test day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science*, 16, 335-348.
15. Wood, P. D. P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216, 164-165.