

## بررسی شاخص سلامت پستان و مقایسه استراتژی‌های مختلف انتخاب جهت گنجاندن اطلاعات این صفت در برنامه‌های اصلاحی گاوهای هلشتاین ایران

مریم صفدری شاهرودی<sup>۱\*</sup>، عباس پاکدل<sup>۲</sup> و سید رضا میرایی آشتیانی<sup>۳</sup>  
۱، ۲، ۳، دانشجوی دوره دکتری، استادیار و استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
(تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۷ - تاریخ تصویب: ۸۹/۹/۳)

### چکیده

پارامترهای ژنتیکی و فنوتیپی مربوط به صفات تولیدی، ساختار پستان و تعداد سلول‌های بدنی (somatic cell count) برای گاوهای هلشتاین ایران برآورد گردید. رکوردهای ماهیانه تعداد سلول‌های بدنی (SCC) در ابتدا تبدیل به امتیاز سلول‌های بدنی (SCS) شد و پس از آن سنجه میانگین دوره شیردهی این صفت (LSCS) با تصحیح برای حجم شیر محاسبه گردید. با استفاده از این برآوردها یک شاخص سلامت پستان برای گاوهای هلشتاین ایران پیشنهاد شد که شامل صفات LSCS، استقرار سر پستانک‌های جلو و عمق پستان است. این شاخص نشان می‌دهد که انتخاب برای LSCS پایین‌تر، پستان‌هایی با عمق کمتر و سرپستانک‌های نزدیک‌تر به هم منجر به افزایش مقاومت به ورم پستان خواهد شد. در پایان از روش شاخص انتخاب محدود شده (Restricted Selection Index) برای مقایسه استراتژی‌های مختلف انتخاب و به دست آوردن وزن‌های مناسب برای صفت ورم پستان در هدف اصلاحی استفاده شد. با تعریف اهداف اصلاحی مختلف، امکان پیشرفت ژنتیکی همزمان برای صفات تولید شیر و مقاومت به ورم پستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که انتخاب یک جانبه در جهت افزایش تولید شیر، منجر به افزایش شیوع بیماری ورم پستان خواهد شد. با وارد نمودن صفت ورم پستان در هدف اصلاحی می‌توان ضمن حفظ روند افزایش سالیانه تولید شیر، روند افزایش شیوع ورم پستان را نیز متوقف نمود.

**واژه‌های کلیدی:** پارامترهای ژنتیکی، ورم پستان، زیر شاخص، استراتژی‌های انتخاب، هدف اصلاحی.

### مقدمه

ورم پستان از علل عمده حذف گاوهای شیری می‌باشند (Jones, 1999). نتایج حاصل از مطالعات متعدد نشان می‌دهد که در نظر نگرفتن صفات عملکردی در شاخص انتخاب گاوهای شیری، راندمان تولید را ۱۵ تا ۲۵ درصد کاهش می‌دهد (Caraviello, 2004). بنابراین، می‌توان گفت که در طراحی برنامه‌های اصلاحی گاوهای شیری، علاوه بر انتخاب برای صفات تولیدی، انتخاب در جهت مقاومت به بیماری‌ها را نیز باید لحاظ نمود. با توجه به

انتخاب دام‌ها بر اساس میزان تولید شیر بدون توجه به سایر صفات، می‌تواند سبب بروز مشکلاتی از قبیل ورم پستان و مشکلات تولید متلی شود. مطالعات نشان داده است که انتخاب در جهت افزایش تولید شیر بر سلامتی، باروری و بازدهی گاوها اثرات زیانباری خواهد داشت. آمار حذف بسیاری از گله‌های شیری نشان می‌دهد که علاوه بر تولید پایین، مشکلات عدم باروری و

قرار دارد. همچنین رابطه فنوتیپی این صفت با تولید شیر خطی نیست و با افزایش تولید شیر تعداد سلول‌های سوماتیک کاهش می‌یابد (Miller et al., 1993). برای حل این مسئله از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. یکی از پذیرفته‌ترین روش‌ها، تبدیل لگاریتمی رکوردهای ماهیانه SCC است که در این حالت  $SCS = \log(SCC/1000)$  یا امتیاز سلول‌های بدنی خوانده می‌شود. در برخی مطالعات، این رابطه به اشکال دیگر (مثلاً  $SCS = \log(SCC/1000)$ ) استفاده شده است. اما هر دوی این روش‌ها مشکلات SCC را تصحیح می‌کنند و نتایج هر دو روش یکی است (Shook, 1982; Ali & Shook, 1980). طبق معادله (Ali & Shook, 1980):

$$SCS = \log_2(SCC/100) + 3$$

به علت ناقص بودن رکوردها و به حساب آوردن اثر مرحله شیردهی برای هر گاو میانگین وزنی رکوردهای ماهیانه تصحیح شده (LSCS)<sup>۴</sup> محاسبه شد که در آن وزن مربوط به هر رکورد SCS، تولید شیر مربوط به ماه رکورد گیری SCC بود (Jones et al., 1984):

$$LSCS = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i SCS_i)}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

در معادله فوق  $m_i$ : تولید شیر مربوط به ماه رکورد گیری SCC و  $n$ : تعداد رکوردهای SCC هر دام در طی دوره شیردهی بودند.

#### صفات تیپ پستان

در این مطالعه از هشت صفت تیپ پستان استفاده شد که عبارت بودند از:

FU: اتصال پستان جلو، RUH: ارتفاع پستان عقبی، RUW: عرض پستان عقب، SL: استحکام رباط نگهدارنده پستان، UDD: عمق پستان، FTP: استقرار سرپستانک‌های جلو، RTP: استقرار سرپستانک‌های عقب و TL: طول سرپستانک‌ها.

مدل‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل صفات مختلف

برای مشخص نمودن عوامل مؤثر بر تغییرات صفات

اینکه ورم پستان در گاوهای شیری یک صفت مهم اقتصادی به شمار می‌رود، اضافه کردن این صفت در هدف اصلاحی نه تنها افزایش سود را به دنبال خواهد داشت، بلکه تأثیر مثبتی نیز بر روی بهداشت و سلامت دام می‌گذارد. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی استراتژی‌های مختلف انتخاب برای وارد کردن صفت ورم پستان در هدف انتخاب و بررسی اثر آن بر روی میزان پاسخ ژنتیکی برای آن صفت و همچنین دیگر صفات وابسته، با استفاده از شبیه‌سازی قطعی<sup>۱</sup> است. از آن جایی که برای بررسی این موضوع و انجام شبیه‌سازی به پارامترهای اولیه مربوط به صفات نیاز است، ابتدا پارامترهای ژنتیکی صفات مورد نظر را از طریق داده‌های موجود برآورد شد و در مرحله بعدی با استفاده از این پارامترها و معرفی یک زیر شاخص مناسب سلامت پستان، به ارزیابی استراتژی‌های مختلف انتخاب جهت افزایش سطح تولید شیر و مقاوم‌سازی دام به ورم پستان پرداخته شد.

#### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از اطلاعات دوره اول شیردهی بر روی صفات تیپ، تولید و شجره ۲۶۶۴۳ گاو هلشتاین تحت پوشش سیستم رکوردگیری، جمع‌آوری شده توسط مرکز اصلاح نژاد کشور طی سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ استفاده شد. داده‌ها مربوط به ۳۱۲ گله بود.

#### تعریف صفات

##### صفت تعداد سلول‌های بدنی

مهمترین سنج غیرمستقیم برای بیماری ورم پستان، تعداد سلول‌های بدنی یا SCC<sup>۲</sup> است. سلول‌های بدنی به طور نرمال در شیر وجود دارند و داری انواع مختلفی از سلول‌ها هستند.

برای صفت SCC به منظور اجتناب از آریبی ناشی از حذف، رکوردهای ثبت شده از روز پنجم تا روز ۳۰۵ شیردهی استفاده شد. توزیع فراوانی صفت SCC دارای انحراف زیادی از حالت نرمال است به طوری که میانگین آن خیلی بالاتر از میانه و میانه نیز خیلی بالاتر از نما

3. Somatic Cell Score  
4. Lactation Somatic Cell Score

1. Deterministic simulation  
2. Somatic Cell Count

می‌شوند. مثلاً در مورد گاو شیری، یک زیر گروه برای تولید که می‌تواند شامل تولید شیر، پروتئین و چربی باشد و زیرگروه‌هایی برای تولیدمثل، سلامت و ماندگاری تشکیل می‌شوند. برای هر کدام از زیر گروه‌های هدف اصلاحی، زیر گروه‌هایی از صفات معیار انتخاب که در ارتباط نزدیک با صفات زیر گروه هدف اصلاحی هستند، شناسایی می‌شود. پس اولین مرحله در توسعه یک شاخص انتخاب کلی به دست آوردن زیر شاخص‌های مربوط به هر زیر گروه هدف اصلاحی است. مرحله دوم شامل ترکیب زیر شاخص‌ها در یک شاخص کلی است. روش‌های شاخص انتخاب برای به دست آوردن هر شاخص و همچنین ترکیب زیرشاخص‌ها در یک شاخص کلی می‌تواند استفاده شود (Dekkers, 2003).

در بعضی از کشورها برای نشان دادن ورم پستان بالینی از زیر شاخص استفاده می‌شود. طول عمر تولیدی در گاوهای هلستاین آمریکا مثالی از یک زیر شاخص است که در آن داده‌های ماندگاری و تیپ در ترکیب با هم به منظور به دست آوردن بهترین برآورد از عمر تولیدی آورده می‌شوند.

حالت‌های مختلف شاخص سلامت پستان با در نظر گرفتن میزان پاسخ ژنتیکی در صفات موجود در هدف اصلاحی و نیز همبستگی بین هدف اصلاحی و شاخص انتخاب با یکدیگر مقایسه شدند. شاخص انتخاب به صورت زیر تعریف شد:

$$I = b_1 BV_{LSCS} + b_2 BV_{FU} + b_3 BV_{UDD} + b_4 BV_{FTP} + \dots$$

در این رابطه  $b$  ضریب شاخص انتخاب برای هر صفت و  $BV$  ارزش اصلاحی آن می‌باشد. مقادیر  $b$  با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

$$b = P^{-1} G v$$

$P$ : ماتریس واریانس کواریانس فنوتیپی صفات موجود در شاخص انتخاب

$G$ : ماتریس کواریانس‌های ژنتیکی بین صفات موجود در هدف اصلاحی و صفات موجود در شاخص

$v$ : بردار ضرایب (اقتصادی) که در این مطالعه برابر یک قرار داده شد. استفاده از این فرض ساده تغییری در نتایج مورد نظر ایجاد نمی‌کند. در مطالعه‌ای مشابه که با استفاده از رکورد گاوهای هلستاین ایتالیا و به منظور ارائه یک شاخص ژنتیکی سلامت پستان انجام شد، نیز از این فرض استفاده شد (Samore & Groen, 2003).

مورد مطالعه و در نهایت استخراج مدل مناسب جهت ارزیابی ژنتیکی از رویه GLM نرم افزار SAS استفاده شد. بر طبق نوع صفات مورد مطالعه، برای هر دسته از صفات مدل خاصی به صورت زیر استفاده شد.

۱- مدل به کار رفته برای صفات تولیدی و LSCS:

$$y_{ijkl} = \mu + HYS_i + S_j + A_k + e_{ijkl}$$

در این مدل:

$y_{ijkl}$ : رکورد مربوط به صفت تولیدی یا LSCS،  $\mu$ : میانگین صفت،  $HYS_i$ : اثر ثابت  $i$  امین گله - سال - فصل زایش،  $S_j$ : اثر ثابت سن در زمان زایش به صورت متغیر کلاسه‌بندی (بر حسب ماه و با فواصل دو ماه، ۹ کلاس)،  $A_k$ : اثر تصادفی ژنتیک افزایشی مربوط به حیوان  $k$  ام و  $e_{ijkl}$ : اثر تصادفی باقی مانده است. صفات تولیدی شامل رکوردهای تصحیح شده دو بار دوشش ۳۰۵ روز تولید شیر، مقدار چربی و پروتئین بود.

۲- مدل به کار رفته برای صفات تیپ:

$$y_{ijklmno} = \mu + HYD_i + CODE_j + L_k + LS_l + S_m + A_n + e_{ijklmno}$$

در این مدل:

$y_{ijklmno}$ : امتیاز مربوط به صفت تیپ پستان،  $HYD_i$ : اثر ثابت گله - سال - تاریخ ارزیابی،  $CODE_j$ : اثر ثابت کد ارزیاب،  $L_k$ : اثر ثابت دوره شیردهی (دو دوره)،  $LS_l$ : اثر ثابت مرحله شیردهی (۱۰ کلاس)،  $S_m$ : اثر ثابت سن در زمان ارزیابی و  $A_n$ : اثر تصادفی ژنتیک افزایشی حیوان و  $e_{ijklmno}$ : اثر تصادفی باقی مانده است.

پس از مشخص نمودن مدل مورد استفاده در ارزیابی هر صفت، مؤلفه‌های واریانس-کواریانس صفات مختلف با استفاده از روش حداکثر درست نمایی محدود شده (REML) و مدل‌های حیوانی تک صفتی و چند صفتی با استفاده از نرم‌افزار ASREML (Gilmoure et al., 2002) برآورد گردید.

#### به دست آوردن زیر شاخص‌ها

زمانی که هدف اصلاحی و شاخص انتخاب شامل تعداد زیادی صفت باشند، برای توسعه یک شاخص کلی، یک روش دو مرحله‌ای می‌تواند به کار رود. در این روش که توسط دکرز تشریح شده است، صفات موجود در هدف اصلاحی به زیرگروه‌هایی از هدف اصلاحی<sup>۱</sup> تقسیم

1. Sub-goal

نظر می‌شود، اما ما اغلب در ذهن اهداف متعددتری داریم و در اینجا شاخص‌های مختلفی ارائه شده‌اند که در اجرای این اهداف مؤثرند. برای مثال ممکن است که بخواهیم بالاترین پاسخ ممکن برای برخی صفات داشته باشیم در حالی که مطمئن باشیم یک سری دیگر از خصوصیات بدون تغییر می‌مانند. این امر با تشکیل یک شاخص محدود شده<sup>۳</sup> عملی می‌شود. همچنین به جای ماکزیمم کردن پاسخ در هدف اصلاحی یا H ممکن است هدف رسیدن به یک میزان پاسخ از قبل تعیین شده برای هر صفت باشد. استفاده از شاخص پیشرفت دلخواه<sup>۴</sup> اعمال کنترل بر روی پاسخ‌های فردی در هر ویژگی را امکان‌پذیر می‌سازد. این امر می‌تواند با تعیین میزان‌های پیشرفت نسبی ژنتیکی در تمام صفات هدف اصلاحی یا میزان تغییر در برخی صفات در ترکیب با ماکزیمم تغییر هدف اصلاحی در سایر صفات باشد (Walsh & Lynch, 2000).

در این بخش ابتدا یک ساختار جمعیتی با روی هم افتادگی نسل<sup>۵</sup> و انتخاب بر اساس یک شاخص در نظر گرفته شد. روی هم افتادگی نسل که در بسیاری از جمعیت‌ها وجود دارد به این مفهوم است که آن جامعه دارای افراد از سنین مختلف به صورت همزمان بوده و افراد از گروه‌های سنی مختلف با هم آمیزش پیدا می‌کنند. در این حالت روش بهتر انتخاب، این است که برای هر گروه سنی یک شاخص جداگانه تعریف شود که این شاخص‌ها در میزان اطلاعات با هم متفاوت‌اند زیرا برای نمونه گروه‌های سنی جوان‌تر دارای اطلاعات کمتری نسبت به سایر گروه‌های می‌باشند (Rutten & Bijma, 2002). ماکزیمم سن گاوهای نر و ماده هشت سال در نظر گرفته شد. فاصله کلاس‌های سنی مختلف یک سال بود و گاوهای نر و ماده زمانی که اولین نتاج آنها تولید می‌شدند حداقل دو سال داشتند بنابراین والدین نسل‌های آینده از گروه سنی یک نمی‌توانست انتخاب شود زیرا حیوانات این گروه هنوز تولیدمثل نمی‌کردند. سالانه ۱۰ درصد حذف به دلایل مشکلات سلامتی و مرگ و میر منظور شد و هر سال ۱۰ گاو نر و

هدف اصلاحی به صورت  $H=MS$  تعریف شد که MS صفت بروز ورم پستان است که در هدف اصلاحی کل ضریب منفی بر روی آن اعمال می‌شود. میزان برتری ژنتیکی (R) یا پاسخ با استفاده از رابطه زیر برآورد شد:

$$R = i r_{IH} \sigma_H$$

که در این رابطه:

$r_{IH}$ : همبستگی بین شاخص و ژنوتیپ کل

$\sigma_H$ : انحراف استاندارد ژنوتیپ کل

i: شدت انتخاب که برابر یک قرار داده شد می‌باشند.

در این مطالعه برای به دست آوردن زیر شاخص‌ها از نرم افزار Excel و رویه IML برنامه SAS استفاده شد.

با در نظر گرفتن اینکه هدف اصلاحی صفت ورم پستان باشد، شاخص‌های مختلفی تعریف شد و میزان پاسخ حاصل از به کارگیری آنها با زمانی که شاخص خود هدف اصلاحی باشد (یعنی از اطلاعات خود صفت ورم پستان (با فرض میزان اطلاعات متفاوت) در شاخص استفاده شود) مورد مقایسه قرار گرفت.

#### مقایسه استراتژی‌های مختلف انتخاب

برای مقایسه استراتژی‌های مختلف انتخاب و تعیین ضرایب از نرم‌افزار SelAction استفاده شد (Rutten & Bijma, 2001). SelAction ابزاری برای بهینه‌سازی برنامه‌های اصلاح دام است. بهینه‌سازی طرح نیازمند آن است که طرح‌های اصلاحی مختلف بتوانند ارزیابی و مقایسه شوند. انتخاب بهترین طرح اصلاحی از بین تعدادی از طرح‌ها، نیازمند معیارهایی برای اندازه‌گیری کیفیت طرح‌های اصلاحی است. چنین معیارهایی فقط زمانی می‌تواند به درستی تعیین شوند که هدف اصلاحی به خوبی تعریف شده، وجود داشته باشد. یکی از معیارهایی که می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت برنامه‌های اصلاحی باشد، پاسخ به انتخاب برای هدف اصلاحی است (Rutten & Bijma, 2002). برنامه SelAction از روش شبیه‌سازی قطعی<sup>۱</sup> برای تعیین پاسخ به انتخاب استفاده می‌کند. پیش‌بینی پاسخ بر اساس تئوری شاخص انتخاب صورت می‌گیرد.

در حالی که شاخص اسمیت-هازل<sup>۲</sup> منجر به بیشترین پاسخ در یک ترکیب خطی از خصوصیات مورد

3. Restricted Index

4. Desired Gains Index

5. Overlapping generation

1. Deterministic simulation

2. Smith-Hazel Index

مقادیر به دست آمده برای این صفت است. در گاوهای نژاد جرسی وراثت‌پذیری سه سنجه از تعداد سلول‌های بدنی یعنی LSCS، SCS و SCC به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۰۷ و ۰/۰۷ گزارش شد (Roman et al., 1998). وراثت‌پذیری صفت LSCS در نژاد هلشتاین در یک مطالعه ۰/۰۹ برآورد شد (Schutz et al., 1994). در مطالعات متعدد، برآوردهایی از پارامترهای ژنتیکی سلول‌های بدنی مبتنی بر تعاریف مختلف صفت، روش‌های ترکیب رکوردهای روزآزمون و مدل‌های مختلف گزارش شده است. بیان‌های مختلف از صفت سلول‌های بدنی شامل SCC، SCS و لگاریتم در مبنای ۱۰ صفت SCC و ... بوده‌اند و روش‌های ترکیب رکوردهای روز آزمون شامل میانگین حسابی، میانگین دوره شیردهی تصحیح شده برای تعداد رکوردها و میانگین هندسی SCS تصحیح شده برای میزان تولید شیر بوده است. تنوع بیان صفت و مدل‌های استفاده شده برای برآورد ممکن است دلیلی برای دامنه وسیع برآورد پارامترهای ژنتیکی باشد. هنوز یک روش استاندارد برای ترکیب SCS در یک سنجه برای دوره شیردهی معین نشده است. در مورد مطالعه حاضر حجم کم داده‌ها می‌تواند یکی از دلایل برآورد پایین این پارامتر باشد.

جدول ۱- وراثت‌پذیری صفات مختلف

صفت مورد بررسی	وراثت‌پذیری	خطای استاندارد برآورد
تولید شیر	۰/۲۶	۰/۰۲
مقدار چربی	۰/۲۰	۰/۰۲
درصد چربی	۰/۲۶	۰/۰۲
مقدار پروتئین	۰/۲۷	۰/۰۲
درصد پروتئین	۰/۳۵	۰/۰۲
FU*	۰/۱۳	۰/۰۱
RUH	۰/۱۴	۰/۰۲
RUW	۰/۱۴	۰/۰۱
SL	۰/۱۴	۰/۰۱
UDD	۰/۲۱	۰/۰۲
FTP	۰/۱۵	۰/۰۲
RTP	۰/۱۸	۰/۰۲
TL	۰/۲۷	۰/۰۲
LSCS	۰/۰۷	۰/۰۲

\* FU: اتصال پستان جلو، RUH: ارتفاع پستان عقبی، RUW: عرض پستان عقب، SL: استحکام رباط نگهدارنده پستان، UDD: عمق پستان، FTP: استقرار سرپستانک‌های جلو، RTP: استقرار سرپستانک‌های عقب، TL: طول سرپستانک‌ها، LSCS: میانگین دوره شیردهی امتیاز سلول‌های بدنی).

۲۰۰ گاو ماده به عنوان والدین نسل بعد انتخاب شدند. باروری ماده‌ها ۸۰ درصد فرض شد که در این صورت انتظار می‌رفت که هر گاو ماده انتخاب شده به طور متوسط ۰/۴ نتاج ماده و ۰/۴ نتاج نر تولید کند. همچنین زمانی که گاوهای نر ۵ ساله می‌شدند رکورد مربوط به ۱۰۰ نتاج آنها برای انتخاب در دسترس بود. تمام صفات مورد انتخاب در تعداد و منابع در دسترس برای انتخاب در شرایط یکسان فرض شدند.

در این برنامه نتایج حاصل از اهداف اصلاحی زیر بررسی گردید:

۱. حالت پایه که تنها شامل صفت تولید شیر بود.
۲. حالت دوم که شامل صفت تولید شیر و صفت ورم پستان بود.

ضرایب مختلف برای صفات موجود در هدف اصلاحی یعنی تولید شیر و ورم پستان به کار گرفته شد و میزان تغییرات ژنتیکی حاصل از هر حالت مورد بررسی قرار گرفت. برای قابل توصیف بودن ضرایب و بیان آنها به صورت نسبی لازم است که هر کدام بر حسب معیاری استاندارد شوند. در این جا نیز از رابطه زیر جهت به دست آوردن ضرایب نسبی<sup>۱</sup> استفاده شد:

$$REV = \frac{a_i GSD_i}{a_j GSD_j}$$

در این رابطه:

$a_i$ : ارزش (اقتصادی) صفت  $i$

$GSD_i$ : انحراف استاندارد ژنتیکی صفت  $i$

این رابطه ارزش اقتصادی نسبی را بر حسب انحراف استاندارد ژنتیکی می‌دهد. استفاده از انحراف استاندارد ژنتیکی پیشنهادکننده این است که وزن‌ها متناسب با پاسخ انتخاب هستند، زیرا وراثت‌پذیری‌های صفات به حساب آورده می‌شود (Dekkers, 2003; Parna et al., 2003).

## نتایج و بحث

### برآورد پارامترهای ژنتیکی و فنوتیپی

وراثت‌پذیری‌ها: وراثت‌پذیری صفات مختلف در جدول ۱ آورده شده است. وراثت‌پذیری صفت LSCS در این مطالعه ۰/۰۷ برآورد گردید که به طور کلی در دامنه

1. Relative economic value

(Swanson, 1996). بر اساس مطالعه‌ای بر روی داده‌های اسکاندیناوی، همبستگی‌های ژنتیکی گزارش شده بین ورم پستان بالینی و تولید شیر ۰/۲۴ تا ۰/۵۵ بوده است (Heringstad et al., 2000).

**همبستگی بین LSCS و صفات تیپ پستان:** همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی صفت LSCS با صفات تیپ پستان در جدول ۳ آمده است. به طور کلی اگرچه میزان همبستگی‌ها کم بود و دارای خطای استاندارد نسبتاً بالایی بودند (که ناشی از داده‌های نسبتاً کم برای برآورد پارامترها بود) ولی به صورت کلی همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات تیپ پستان و LSCS مطلوب بود (منظور از مطلوبیت این است که همبستگی‌ها در جهت تیپ مطلوب پستان بود). همبستگی ژنتیکی بین صفات اتصال پستان جلو، عمق پستان و استقرار سرپستانک‌های جلو و عقب و همچنین طول سرپستانک منفی بود. انتخاب در جهت پستان‌هایی با اتصال جلوی قویتر، استقرار سرپستانک‌های نزدیک‌تر به هم و پستان‌هایی با عمق کمتر و طول سرپستانک‌های بلندتر می‌تواند منجر به افزایش مقاومت به ورم پستان شود.

وراثت‌پذیری مربوط به صفات تیپ پستان، به طور کلی در حد متوسط و دارای دامنه‌ای از ۰/۱۳ تا ۰/۲۷ با میانگین خطای استاندارد معادل ۰/۰۲ بودند.

بالاترین وراثت‌پذیری مربوط به صفت طول سرپستانک (۰/۲۷) بود و کمترین وراثت‌پذیری‌ها مربوط به ارتفاع پستان عقب، عرض پستان عقب و رباط نگهدارنده میانی با مقادیر ۰/۱۴ بود.

**همبستگی صفت LSCS با صفات تولیدی:** همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی صفت LSCS با صفات تولیدی در جدول ۲ آورده شده است. مطابق با پژوهش‌های انجام شده قبلی، همبستگی ژنتیکی صفت LSCS و تولید شیر مثبت است. مقدار این همبستگی ۰/۲۶ برآورد گردید که با توجه به مثبت بودن این ارتباط می‌توان گفت که انتخاب برای افزایش تولید شیر ممکن است منجر به پاسخ همبسته در LSCS و در نتیجه افزایش آن شود.

رابطه متضاد بین مقاومت به ورم پستان و صفات تولیدی به خوبی نشان داده شده است. برای مثال همبستگی بین LSCS و تولید شیر در دوره نخست شیردهی  $0.14 \pm 0.04$  گزارش شده است (Mrode &

جدول ۲- ضرایب همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفت LSCS و صفات تولیدی

تولید شیر	مقدار چربی	درصد چربی	مقدار پروتئین	درصد پروتئین
۰/۲۶(۰/۱۷)*	۰/۰۸۶(۰/۱۱)	-۰/۰۳(۰/۱۱)	۰/۰۸۳(۰/۱۱)	-۰/۰۴(۰/۱۱)
۰/۱۹(۰/۰۱)	-۰/۱۲(۰/۰۱)	۰/۰۶(۰/۰۱)	-۰/۱۲(۰/۰۱)	-۰/۱۵(۰/۰۱)

\* عدد داخل پرانتز خطای استاندارد هر برآورد می‌باشد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات تیپ و LSCS

TL	RTP	FTP	SL	UDD	RUW	RUH	FU
-۰/۱۴(۰/۱)	-۰/۰۶(۰/۱)	-۰/۲۰(۰/۱۵)	۰/۰۱(۰/۱)	-۰/۲۱(۰/۱۱)	۰/۰۱(۰/۱)	-۰/۰۱(۰/۱)	-۰/۱۹(۰/۱۴)
۰/۰۲(۰/۰۱)	-۰/۰۳(۰/۰۱)	-۰/۰۳(۰/۰۱)	-۰/۰۲(۰/۰۲)	-۰/۰۹(۰/۰۲)	۰/۰۲(۰/۰۲)	۰/۰۱(۰/۰۲)	-۰/۰۶(۰/۰۱)

اتصال پستان جلو و عمق پستان نیز مثبت بود و این امر نیز بیانگر وجود ارتباط مطلوب بین این دو صفت است. همبستگی‌های ژنتیکی صفت طول سر پستانک با دیگر صفات تیپ پستان به جز عرض پستان منفی بود، بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب در جهت بهبود دیگر صفات پستان منجر به کاهش طول سرپستانک خواهد شد. همچنین همبستگی ژنتیکی بین صفات استقرار سر پستانک‌های جلویی و عقبی مثبت و بالا بود که این امر نشان‌دهنده تغییر هم جهت دو صفت

**همبستگی بین صفات تیپ پستان:** برآورد همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات تیپ پستان در جدول ۴ آمده است. به طور کلی رابطه‌های ژنتیکی مطلوبی بین صفات تیپ پستان مشاهده شد. همبستگی ژنتیکی صفت اتصال پستان جلو با رباط نگهدارنده میانی مثبت بود و این امر نشان‌دهنده این است که گاوهایی که دارای اتصال جلوی محکم تری هستند، استحکام رباط نگهدارنده میانی آن‌ها هم بالا خواهد بود. همچنین همبستگی ژنتیکی بین صفت

هدف اصلاحی به صورت  $H=MS$  تعریف شد که MS صفت بروز ورم پستان است که در هدف اصلاحی کلی، ضریب منفی بر روی آن اعمال می‌شود. کوواریانس‌های بین صفات موجود در شاخص در مرحله قبل برآورد شده بود، البته به علت نبود اطلاعات مربوط به ورم پستان بالینی در سطح ملی، همبستگی‌های بین این صفت با دیگر صفات برابر همبستگی‌های این صفات با صفت LSCS قرار داده شد. در مطالعه‌ای که هدف آن توسعه یک شاخص سلامت پستان برای انتخاب گاوهای نر براساس صفات سلامت پستان، تیپ پستان و سرعت دوشش برای گاوهای هلشتاین کانادا بود، به علت محدودیت مشابه از این فرض استفاده شد (Boettcher et al., 1997). در شرایط مطالعه حاضر و با توجه به همبستگی ژنتیکی نسبتاً بالای بین این دو صفت این

در اثر انتخاب است. همبستگی‌های ژنتیکی این دو صفت با دیگر صفات تیپ پستان و جهت انتخاب مطلوب در آن صفات نشان می‌دهد که انتخاب در جهت سایر صفات پستانی منجر به قرار گرفتن سرپستانک‌ها به سمت داخل کارتیه خواهد شد.

**به دست آوردن زیر شاخص**

با استفاده از پارامترهای به دست آمده، چندین ترکیب از شاخص انتخاب برای صفت ورم پستان مورد آزمون قرار گرفت. پاسخ ژنتیکی به دست آمده با استفاده از هر شاخص نسبت به پاسخی که (۱۰۰ درصد) می‌تواند با انتخاب مستقیم بر روی صفت ورم پستان، زمانی که رکوردهای مربوط به ۲۰۰، ۱۰۰ و ۶۰ دختر گاو نر موجود باشد، به دست آید، بیان شد. نتایج حاصل از این بخش در جدول ۵ آمده است.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات تیپ پستان\*

TL	RTP	FTP	SL	UDD	RUH	RUW	FU	
-۰/۳۵(۰/۱)	۰/۶۷(۰/۱۱)	-۰/۵۲(۰/۱۶)	-۰/۳۶(۰/۱۴)	۰/۷۰(۰/۰۹)	۰/۰۲(۰/۱)	-۰/۰۴(۰/۱)		FU
-۰/۰۶(۰/۱)	۰/۱۹(۰/۱۵)	۰/۰۱(۰/۱)	-۰/۲۶(۰/۱۴)	-۰/۴۲(۰/۱۲)	-۰/۲۱(۰/۱۶)		-۰/۰۰۶(۰/۰۱)	RUW
-۰/۰۴(۰/۱)	-۰/۱۶(۰/۱)	-۰/۴۷(۰/۱۹)	-۰/۰۸(۰/۱)	۰/۰۳(۰/۱)		-۰/۱۶(۰/۰۱)	-۰/۰۸(۰/۰۱)	RUH
-۰/۳۰(۰/۱۳)	۰/۵۱(۰/۱۱)	-۰/۲۶(۰/۱۶)	-۰/۵۷(۰/۱)		-۰/۱۰(۰/۰۱)	-۰/۲۱(۰/۰۱)	۰/۴۳(۰/۰۱)	UDD
-۰/۰۷(۰/۱)	۰/۵۳(۰/۱)	-۰/۲۵(۰/۱۶)		۰/۲۸(۰/۰۱)	-۰/۱۱(۰/۰۱)	-۰/۱۲(۰/۰۱)	۰/۱۹(۰/۰۱)	SL
-۰/۵۶(۰/۱۶)	۰/۸۳(۰/۰۹)		۰/۱۹(۰/۰۱)	۰/۱۸(۰/۰۱)	۰/۰۳(۰/۰۱)	۰/۰۹(۰/۰۱)	۰/۲۵(۰/۰۱)	FTP
-۰/۳۸(۰/۱۴)		۰/۴۶(۰/۰۱)	۰/۴۰(۰/۰۱)	۰/۲۹(۰/۰۱)	-۰/۰۴(۰/۰۱)	۰/۱۱(۰/۰۱)	۰/۲۱(۰/۰۱)	RTP
	-۰/۰۷(۰/۰۱)	-۰/۰۶(۰/۰۱)	۰/۰۵۲(۰/۰۱)	-۰/۱۳(۰/۰۱)	۰/۰۳(۰/۰۱)	۰/۱۲(۰/۰۱)	-۰/۰۶(۰/۰۱)	TL

\* همبستگی‌های ژنتیکی در بالای قطر و همبستگی‌های فنوتیپی در پایین قطر ارائه شده‌اند و داخل پرانتز خطای استاندارد برآوردها هستند (به علت پرهیز از تکرار، از آوردن مجدد وراثت‌پذیری‌ها خود داری شده است).

جدول ۵- پاسخ ژنتیکی حاصل از شاخص‌های متشکل از ترکیبات صفات مختلف و همبستگی بین شاخص و هدف اصلاحی

شاخص	پاسخ ژنتیکی	همبستگی بین شاخص و هدف اصلاحی	پاسخ نسبی (درصد) با داشتن رکورد MS بر روی:		
			۶۰ دختر	۱۰۰ دختر	۲۰۰ دختر
$I=LSCS+TL+FTP$	-۰/۱۸۷	۰/۶۲	۸۷	۱۱۱	۱۴۴
$I=LSCS+TL+UDD$	-۰/۱۹۲	۰/۶۴	۸۹	۱۱۴	۱۴۸
$I=LSCS+TL+FU$	-۰/۱۸۲	۰/۶۰	۸۴	۱۰۹	۱۴۱
$I=LSCS+FTP+UDD$	-۰/۱۸۴	۰/۶۱	۸۵	۱۱۰	۱۴۲
$I=LSCS+FTP+FU$	-۰/۱۷۷	۰/۵۹	۸۲	۱۰۶	۱۳۷
$I=LSCS+UDD+FU$	-۰/۱۷۸	۰/۵۹	۸۲	۱۰۶	۱۳۷
$I=LSCS+FTP+RTP$	-۰/۱۷۴	۰/۵۸	۸۱	۱۰۴	۱۳۴
$I=LSCS+TL+FTP+RTP$	-۰/۱۸۷	۰/۶۲	۸۷	۱۱۱	۱۴۴
$I=LSCS+FTP+UDD+RTP$	-۰/۱۸۶	۰/۶۲	۸۶	۱۱۱	۱۴۳
$I=LSCS+FTP+FU+RTP$	-۰/۱۷۸	۰/۵۹	۸۲	۱۰۶	۱۳۷
$I=LSCS+TL+FTP+UDD$	-۰/۲۰۰	۰/۶۶	۹۳	۱۱۹	۱۵۴
$I=LSCS+TL+FTP+FU$	-۰/۱۹۱	۰/۶۳	۸۹	۱۱۴	۱۴۸
$I=LSCS+TL+UDD+FU$	-۰/۱۹۳	۰/۶۴	۹۰	۱۱۵	۱۴۹
$I=LSCS+FTP+UDD+FU$	-۰/۱۹۳	۰/۶۴	۸۵	۱۱۰	۱۴۲
$I=LSCS+FTP+UDD+TL$	-۰/۱۸۴	۰/۶۱	۹۳	۱۱۹	۱۵۴
$I=LSCS+FTP+TL+UDD+FU$	-۰/۲۰۰	۰/۶۶	۹۳	۱۱۹	۱۵۴

فرض می‌تواند تا حدودی معتبر باشد.

نکته‌ای که باید در نظر گرفت اینست که رکوردهای موبوط به ورم پستان بالینی در سطح ملی در دسترس نمی‌باشد (حداقل در زمان انجام این مطالعه) و فقط در برخی از گاوداری‌ها به طور منظم ثبت شده است. بنابراین انتظار می‌رود که گاوهای نر از لحاظ تعداد رکورد در دسترس برای این صفت متفاوت باشند. از طرفی صفات مربوط به تیپ را تقریباً برای اکثر گاوها داریم (یعنی میزان اطلاعات برای این صفات برابر در نظر گرفته شده است). در این مطالعه چند حالت در نظر گرفته شده است، یکی حالت انتخاب مستقیم است یعنی رکوردهای مربوط به صفت ورم پستان بالینی در دسترس باشد و انتخاب به صورت مستقیم انجام شود، که در این حالت با توجه به مورد توضیح داده شده در بالا باید میزان اطلاعات در دسترس را نیز در نظر گرفت. برای نمونه اگر رکورد ورم پستان مربوط به ۲۰۰ دختر گاو نر در دسترس باشد، در این حالت میزان پاسخ حاصل از انتخاب مستقیم بیشتر از انتخاب غیر مستقیم (بر اساس صفات تیپ و تعداد سلول‌های بدنی) است، در این حالت مثلاً در ردیف اول جدول ۵ پاسخ حاصل از انتخاب غیر مستقیم ۸۷ درصد انتخاب مستقیم است. اما زمانی که منابع اطلاعاتی کم می‌شود یعنی تعداد رکوردهای ورم پستان دختران برای گاوهای نر به ۶۰ کاهش پیدا می‌کند، پاسخ حاصل از انتخاب غیر مستقیم به میزان ۱۴۴ درصد حاصل از انتخاب مستقیم می‌رسد یعنی انتخاب غیر مستقیم، مؤثرتر خواهد بود.

بر اساس نتایج نشان داده شده در جدول ۵، از میان شاخص‌های سه صفت بیشترین پاسخ حاصل از انتخاب بر روی LSCS، TL و UDD با میزان ۸۹ درصد حاصل شد. دیگر ترکیبات از صفت LSCS و صفات FU و FTP نیز دارای پاسخ بالایی بودند. ترکیب صفت LSCS با UDD، FTP، TL از میان شاخص‌های چهار صفت نیز دارای بیشترین پاسخ و با میزان ۹۳ درصد بود. با به کار بردن پنج صفت در شاخص یعنی LSCS+FTP+TL+UDD+FU میزان پاسخ تغییر چندانی نکرد (۹۳ درصد). از وارد کردن صفات اضافی هم، پیشرفت بیشتری حاصل نشد.

تأثیر اضافه کردن صفات در شاخص و میزان تغییر

در پاسخ‌های حاصله با در نظر گرفتن همبستگی‌های بین صفات قابل توجه است. همبستگی صفت LSCS با ورم پستان بالا است و بنابراین تأثیر آن در شاخص بسیار زیاد است. پاسخ به انتخاب حاصل از اضافه کردن صفت UDD به شاخص نیز بالا بود. صفت ساختاری UDD از لحاظ ژنتیکی با LSCS همبستگی دارد و این رابطه نیز می‌تواند افزایش در پاسخ به دست آمده را توجیه کند. این نتیجه در دیگر مطالعات مشابه نیز گزارش شده است (De Jong & Lansbergen, 1996; Samore & Groen, 2006).

از آنجایی که در مورد به کارگیری زیر شاخص‌ها به علت اجتناب از پیچیدگی‌های محاسباتی و پیامدهای نامطلوب حاصل از آن، سعی می‌شود از حداقل صفات دارای بیشترین اطلاعات استفاده شود (Dekkers, 2003). در این بخش، شاخص سه صفت مذکور برای ادامه مطالعه انتخاب شد.

#### مقایسه استراتژی‌های مختلف انتخاب

از آن جایی که در مرحله قبل یک شاخص سه صفت به عنوان شاخص انتخاب شد، در این مرحله بررسی مربوط به ضرایب بر روی این شاخص انجام شد. در این مرحله چندین حالت مورد بررسی قرار گرفت.

در حالت اول فرض شد که با فرض اجزای وارپانس-کواریانس برآورد شده انتخاب فقط در جهت تولید شیر صورت گیرد، یعنی هدف اصلاحی تنها شامل این صفت باشد (حالت پایه). در این حالت میزان افزایش ژنتیکی سالانه در ورم پستان ۰/۱۳٪ بود. در حالت دیگر علاوه بر صفت تولید شیر، صفت ورم پستان با وزن منفی نیز در هدف اصلاحی در نظر گرفته شد و از شاخص سه صفت مذکور به عنوان منبع اطلاعاتی برای آن استفاده شد. ضرایب تا رسیدن تغییر ژنتیکی صفر در صفت ورم پستان تغییر یافت. ضریب صفت تولید شیر در تمام حالات یک در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این مرحله در جدول ۶ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود با افزایش تدریجی وزن اعمال شده بر روی صفت ورم پستان در هدف اصلاحی میزان تغییر ژنتیکی در این صفت کاهش می‌یابد و در نهایت با اعمال ضریب نسبی ۰/۵۷- این روند کاملاً متوقف می‌شود. در این حالت تولید شیر نیز به میزان ۰/۹۲۹ مقدار حالت پایه



جدول ۶- تغییرات حاصل از تغییر ضریب مربوط به ورم پستان در هدف اصلاحی (شاخص استفاده شده شامل صفات LSCS، FTP و UDD است.)

ضریب نسبی اعمال شده بر روی صفت ورم پستان در هدف اصلاحی	میزان نسبی پاسخ ژنتیکی در صفت ورم پستان (نسبت به سناریوی پایه)	میزان نسبی پاسخ ژنتیکی در صفت تولید شیر (نسبت به سناریوی پایه)	پاسخ ژنتیکی مطلق در صفت ورم پستان (در واحد صفت)	پاسخ ژنتیکی مطلق در صفت تولید شیر (در واحد صفت)	ضریب اعمال شده بر روی صفت ورم پستان در هدف اصلاحی
۰	۱	۱	۰/۰۱۳	۱۱۳/۶۲	۰
-۰/۰۵	۰/۹۲۳	۰/۹۹۸	۰/۰۱۲	۱۱۳/۴۲	-۱۰۰
-۰/۱۰	۰/۸۴۶	۰/۹۹۶	۰/۰۱۱	۱۱۳/۲۷	-۲۰۰
-۰/۱۵	۰/۷۶۹	۰/۹۹۴	۰/۰۱	۱۱۳/۰۱	-۳۰۰
-۰/۲۰	۰/۶۹۲	۰/۹۹۱	۰/۰۰۹	۱۱۲/۶۲	-۴۰۰
-۰/۲۵	۰/۶۱۵	۰/۹۸۶	۰/۰۰۸	۱۱۲/۱۱	-۵۰۰
-۰/۳۰	۰/۵۳۸	۰/۹۸۱	۰/۰۰۷	۱۱۱/۴۸	-۶۰۰
-۰/۳۵	۰/۳۸۴	۰/۹۷۴	۰/۰۰۵	۱۱۰/۷۱	-۷۰۰
-۰/۴۰	۰/۳۰۷	۰/۹۶۶	۰/۰۰۴	۱۰۹/۸۲	-۸۰۰
-۰/۴۵	۰/۲۳۰	۰/۹۵۷	۰/۰۰۳	۱۰۸/۷۹	-۹۰۰
-۰/۵۰	۰/۱۵۳	۰/۹۴۷	۰/۰۰۲	۱۰۷/۶۳	-۱۰۰۰
-۰/۵۴	۰/۰۷۶	۰/۹۳۸	۰/۰۰۱	۱۰۶/۶۱	-۱۰۸۰
-۰/۵۵	۰/۰۷۶	۰/۹۳۵	۰/۰۰۱	۱۰۶/۳۴	-۱۱۰۰
-۰/۵۷	۰	۰/۹۲۹	۰	۱۰۵/۶۵	-۱۱۵۰

### نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن خسارات قابل توجه مرتبط با این بیماری می‌توان عنوان کرد که حتی اعمال ضریب نسبی ۰/۵- بر روی این صفت نسبت به صفت تولید شیر در هدف اصلاحی نامعقول نمی‌باشد و این امر به طور جدی پیشرفت ژنتیکی صفات تولیدی را کاهش نمی‌دهد. میزان کاهش نسبی در صفت تولید شیر ۶/۵ درصد خواهد بود. در این جا با انتخاب ژنتیکی مؤثر شاید بتوان بخش زیادی از هزینه‌های مربوط به این بیماری را کاهش داد. با افزایش مقاومت ژنتیکی گاوها نسبت به این بیماری، میزان شیوع آن در جمعیت کاهش خواهد یافت و امکان حذف بسیاری از مشکلات مدیریتی مرتبط با این بیماری وجود خواهد داشت. عواملی مانند جنبه‌های بهزیستی دام، کاهش نیاز به درمان با آنتی‌بیوتیک و مشکلات مرتبط با تشخیص و درمان ورم پستان نشان‌دهنده لزوم توجه بیشتر بر روی این صفت در برنامه‌های اصلاحی است. هر چند در اکثر کشورها و در نبود اطلاعات دقیق در این رابطه برای گذاشتن ضرایب نسبی بر روی صفت ورم پستان به شیوه محتاطانه عمل می‌شود.

می‌رسد. واضح است که در صورتی که همبستگی بین صفت تولید شیر با ورم پستان بالاتر از حد استفاده شده در این مطالعه باشد، برای رسیدن به تغییر صفر در این صفت باید ضریب بزرگ‌تری اعمال کرد.

در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی شاخص انتخابی که شامل صفات تولید شیر، SCS، عمق پستان، استقرار سرپستانک‌ها و زاویه پا را بود، این نتیجه حاصل شد که در مجموع ضریب تولید شیر باید سه تا چهار برابر ضریب مربوط به سایر صفات مذکور باشد. هرچند در مطالعه مذکور حتی با اعمال ضریب ۰/۲ برای SCS و ۰/۱۳ برای عمق پستان هنوز پاسخ در ورم پستان به صفر نرسید ولی این ضرایب به عنوان ضرایب مناسب ارائه شد (Rogers, 1992). شاخص ارزش اقتصادی کل (TEV) که از سال ۱۹۹۶ در کانادا منتشر شده است با استفاده از روش زیر شاخص، EBV دام‌های نر را از صفات تولیدی، ماندگاری و سلامت پستان ترکیب می‌کند. زیر شاخص برای سلامت پستان صفات SCS، عمق پستان و سرعت دوشش را در بر می‌گیرد. تأکید بر روی این زیر شاخص نسبت به تأکید بر روی تولید شیر ۰/۱۵ است (Boettcher & Van Doormaal, 1996).

## REFERENCES

1. Ali, A. K. A. & Shook, G. E. (1980). An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *Journal of Dairy Science*, 63, 487-490.
2. Bijma, P. & Rutten, M. (2002). Lecture notes for the SelAction workshop. Wageningen University, Netherlands.
3. Boettcher, P. J. & Van Doormaal, B. J. (1996). Tools for selection for functional traits in Canada. Canadian Dairy Network. Research Lane, Guelph, Canada. N1G 4T2.
4. Boettcher, P. J., Dekkers, J. C. M. & Kolstad, W. (1997). Development of an udder health index for sire selection based on somatic cell scores, udder conformation, and milking speed. *Journal of Dairy Science*, 81, 1157-1168.
5. Caraviello, D. Z. (2004). Selection for clinical mastitis and somatic cell count. Dairy Updates. Reproduction and Genetics. 613. The Babcock Institute of Wisconsin.
6. De Jong, G. & Lansbergen, L. (1996). Udder health index: selection for mastitis resistance. Royal Dutch Cattle Syndicate. Netherlands.
7. Dekkers, J. C. M. (2003). Design and economics of animal breeding strategies. Notes for summer short course. Iowa State University. Chapter 6.
8. Gilmoure, A. F., Gullis, B. R., Welham, S. J. & Thompson, R. (2002). *ASREML reference manual*. Retrieved May, 2006. From: <http://www.Vsn.Intl.com./resource/doc/asreml-S.PDF>.
9. Heringstad, B., Klemetsdal, G. & Ruane, J. (2000). Selection for mastitis in dairy cattle: a review with focus on the situation of the Nordic countries. *Livestock Production Science*, 46, 95-106.
10. Jones, G. M., Pearson, R. E., Clabaugh, G. A. & Heald, C. W. (1984). Relationships between somatic cell counts and milk production. *Journal Dairy Science*, 67, 1823-1831.
11. Jones, G. M. (1999). *Guidelines to culling cows with mastitis*. From <http://www.TheDairySite.com>.
12. Miller, R. H., Paape, M. J., Fulton, L. A. & Schutz, M. M. (1993). The relationship of milk somatic cell count to milk yields for Holstein heifers after first calving. *Journal Dairy Science*, 76, 728-733.
13. Mrode, R. A. & Swanson, G. J. T. (1996). Genetic and statistical properties of somatic cell count and its suitability as an indirect means of reducing the incidence of mastitis in dairy cattle. *Animal Breeding Abstract*, 46, 847-857.
14. Parna, E., Parna, K. & Ap Dewi, I. (2003). Economic value of milk production and functional traits in the Estonian Holstein population. In: EFITA conference, Debrecen, Hungary.
15. Rogers, G. W. (1992). Index selection using milk yield, somatic cell score, udder depth, teat placement, and foot angle. *Journal of Dairy Science*, 76, 664-670.
16. Roman, R. M., Wilcox, C. J. & Littell, R. C. (1998). Genetic trends for milk yield of Jerseys and correlated changes in productive and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 82, 196-204.
17. Rutten, M. J. & Bijma, P. (2001). SelAction manual. University of Wageningen. Department of Animal Sciences.
18. Samore, B. S. & Groen, A. F. (2006). Proposal of an udder health genetic index for the Italian Holstein Friesian based on first lactation data. *Italian Journal of Animal Science*, 5, 359-370.
19. Schutz, M. M., Vanraden, P. M. & Wiggans, G. R. (1994). Genetic variation in lactation means of somatic cell scores for six breeds of dairy cattle. *Journal Dairy Science*, 77, 284-293.
20. Shook, G. E. (1982). Approaches to summarizing somatic cell count which improve interpretability. In: *Proceedings of 21<sup>st</sup> Annu. Mtg. Natl. Mastitis Council, Louisville*. Arlington, VA. Pp: 150.
21. Walsh, B. & Lynch, M. (2000). *Theory of selection index*. Draft version. 4:423-430. Retrieved May, 2006. Form: <http://www.Nitro/Biosci.Arizona>.