

## برآورد بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته صفات گاوهای شیری در گله‌های هلستاین ایران

علی صادقی سفیدمژگی<sup>۱\*</sup>، اردشیر نجاتی جوارمی<sup>۲</sup>، محمد مرادی شهربابک<sup>۳</sup>،  
سید رضا میرانی آشتیانی<sup>۴</sup> و پیتر آرایمر<sup>۵</sup>  
۱، ۲، ۳، ۴، دانشجوی دکتری، دانشیار و استادان پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۵، Abacus Bio Limited، نیوزیلند  
(تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۷ - تاریخ تصویب: ۹۰/۱/۲۴)

### چکیده

هدف این مطالعه محاسبه بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته برای گروه‌های مختلف صفات در گاوهای هلستاین ایران بود. با استفاده از اصول جریان ژنی تنزیل یافته، میزان بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته به ازای هر گوساله متولد شده برای پدران حیوانات ماده جایگزین و حیوانات ماده جایگزین محاسبه شد. شرایط پایه یعنی در طی ۴ نسل با آستانه سن حذف ۱۰ سال، نرخ تنزیل صفر و افق زمانی ۲۰ سال برای سرمایه گذاری، مقادیر نسبی بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته پدران حیوانات ماده جایگزین به ازای یک گاو در سال برای صفات سالانه گاو ماده، صفات گوساله هنگام تولد و کشتار، صفات تلیسه و گاوهای حذفی ترتیب ۱، ۰/۹۶، ۰/۴۰، ۰/۴۴ و ۰/۴۳ می‌باشند. مقادیر مورد نظر برای حیوانات ماده جایگزین به ترتیب ۱، ۰/۵۰، ۰/۲۱، ۰/۴۴ و ۰/۴۴ می‌باشند. با استفاده از آنالیز حساسیت، اثر عوامل مختلف بر میزان بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته بررسی شد. نتایج این تحقیق اطلاعات ارزشمندی را جهت وزن‌دهی مناسب به صفات در تدوین شاخص انتخاب ملی هلستاین ایران و آنالیزهای هزینه فایده راهکارهای اصلاح نژادی فراهم می‌آورد.

**واژه‌های کلیدی:** جریان ژنی، ارزش اقتصادی تنزیل یافته، شاخص انتخاب.

### مقدمه

تنزیل یافته را جهت بررسی طرح‌های پیچیده سیستم آمیزشی رایج داد. بیان‌های ژنتیکی تنزیل یافته و یا تنزیل یافته تجمعی هر دو دارای یک مفهوم هستند. "تجمعی" به جمع شدن بیان‌ها در طی نسل‌ها یا سال‌ها و "تنزیل یافته" به این حقیقت که درآمدهای آینده ارزش پول فعلی را نخواهند داشت، اشاره دارد (Amer, 1999; Brascamp, 1978). تئوری تشریح شده توسط Hill (1974) به طور گسترده جهت محاسبه بیان‌های تنزیل یافته تجمعی و تصحیح ارزش‌های اقتصادی در برنامه‌های اصلاح نژادی گاوهای شیری (Groen, 1990; Dekkers, 1994; Wolfova et al., 2007; Berry et al.,

شاخص انتخاب بر مبنای تئوری انتخاب همزمان برای چند صفت استوار است، طوری که به هر صفت به اندازه اهمیت اقتصادی نسبی آن صفت وزن داده می‌شود (McClintock & Cunningham, Hazel & Lush, 1942). با ارایه شاخصی برای انتخاب گاوهای نر دو منظوره نشان دادند وقتی صفات یکسان بیان نشوند یعنی از لحاظ فراوانی و زمان بیان در آینده با هم متفاوت باشند، روش معمول وزن‌دهی به صفات (تغییر درآمد نهایی به ازای یک واحد تغییرصفت) نمی‌تواند مطلوب باشد. Hill (1974) به صورت جداگانه روش جریان ژنی

مختلف صفات در گاوهای شیری به عنوان بخشی از پروژه تکمیل و توسعه اهداف اصلاحی برای گاوهای هلشتاین ایران است.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق روش جریان ژنی تشریح شده برای گاوهای گوشتی ایرلند توسط Amer et al. (2001)، برای گاوهای شیری و منطبق با سیستم پرورشی ایران تغییر داده شد. روش زنجیره مارکف و چگونگی کاربرد عملی معادلات مورد استفاده برای اولین بار توسط Hill (1974) تشریح شده است. در این مقاله تنها به زبان ریاضی به فرمول‌ها و معادلات اشاره می‌شود. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Math CAD (2007) استفاده شد.

#### داده‌ها و فرضیات مدل

داده‌ها و فرضیات مختلف مورد استفاده در مدل‌سازی جریان ژنی در جداول یک و دو نشان داده شده‌اند. در جدول ۱ نرخ بقاء از سن  $i-1$  به سن  $i$  را می‌توان از اطلاعات موجود در ستون دوم همین جدول یعنی نسبت مولدهای گله در سن  $i$  تعیین نمود. در این تحقیق فرض شد اگرچه تمام گوساله‌های ماده به منظور تلیسه جایگزین شدن پرورش داده می‌شوند اما تنها ۸۰ درصد آنها موفق می‌شوند به سن نخستین زایش برسند. احتمال زنده ماندن گوساله و رسیدن به سن  $i$  در گله را نیز می‌توان براساس نرخ بقای نشان داده شده در ستون سوم این جدول تعیین نمود.

جدول ۱- پارمترهای بقاء و توزیع سنی مورد استفاده در

مدل‌سازی جریان ژنی

کلاس سنی گاو (i)	نسبت مولدهای گله در سن $i^*$	نرخ بقاء از سن $i-1$ به سن $i$	احتمال زنده ماندن گوساله و رسیدن به سن $i$ در گله
۱	۰/۰۰	-----	-----
۲	۰/۳۵	۰/۸۰	۰/۸۰
۳	۰/۲۷	۰/۷۷	۰/۶۲
۴	۰/۱۷	۰/۶۳	۰/۳۹
۵	۰/۰۹	۰/۵۳	۰/۲۱
۶	۰/۰۵	۰/۵۶	۰/۱۱
۷	۰/۰۳	۰/۶۰	۰/۰۷
۸	۰/۰۲	۰/۶۷	۰/۰۵
۹	۰/۰۱	۰/۵۰	۰/۰۲
۱۰	۰/۰۱	۱	۰/۰۲

\* براساس اطلاعات ۴ گله نوعی مورد بررسی در ایران تعیین شدند.

(2006، گوشتی، Amer et al., 1999; Hirooka & Groen, 2005) و دو منظوره (Hirooka & Groen, 2005; Kahi & Hirooka, 2001; al., 2001) و به صورت جزئی و دقیق در ارزیابی سیستم‌های آمیخته‌گری طیور مورد استفاده قرار گرفته است (Jiang et al., 1999).

تغییر سود به ازای یک واحد تغییر در یک صفت به عنوان ارزش اقتصادی مطلق آن صفت تعریف می‌شود و در عمل با گرفتن مشتق جزئی از تابع سود نسبت به صفت مورد نظر ارزش اقتصادی مطلق صفت به دست خواهد آمد. برآورد ارزش اقتصادی مطلق با فرض یکبار بیان برتری ژنتیکی صفت است. صفاتی که اهمیت اقتصادی دارند از قبیل صفات تولیدی، تولیدمثلی و رشد از لحاظ تعداد و زمان بیان برتری ژنتیکی با هم متفاوتند. صفات رشد مثل وزن تولد، وزن از شیرگیری یا وزن بدن بالغ تنها یک بار بیان می‌شوند، در حالی صفات تولیدمثلی یا تولیدی چند بار در طی طول عمر حیوان بیان می‌شوند. از طرف دیگر از لحاظ زمان بیان، ابتدا صفات رشد سپس صفات تولیدمثلی و در مرحله بعد صفات تولیدی بیان می‌شوند. بنابراین لازم است برای وزن‌دهی به صفات علاوه بر تغییر سود به ازای یک واحد تغییر در صفت، بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته هم در نظر گرفته شود. بنابراین ژنوتیپ کل ارایه شده توسط Hazel & Lush (1942) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی نمود:

$$H = a_1 EBV_1 + a_2 EBV_2 + \dots + a_n EBV_n$$

$$a_i = c_i v_i$$

که در این معادلات:

$H$ : ژنوتیپ کل

$EBV_i$ : ارزش اصلاحی برآورد شده برای صفت  $i$

$a_i$ : ارزش اقتصادی تنزیل‌یافته یا خالص برای صفت  $i$

$c_i$ : بیان تنزیل‌یافته تجمعی برای صفت  $i$

$v_i$ : ارزش اقتصادی مطلق برای صفت  $i$

اگرچه ارزش‌های اقتصادی برای تعدادی از صفات گاوهای شیری هلشتاین ایران برآورد شده (Shadparvar et al., 1997; Sadeghi-Sefidmazgi et al., 2009)، اما تاکنون مطالعه‌ای جهت محاسبه بیان تنزیل‌یافته تجمعی صورت نگرفته است. بنابراین هدف این مطالعه محاسبه بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته برای گروه‌های

است را در قالب بردار (a) به شرح زیر محاسبه کرد:

$$\mathbf{a}_i = \begin{cases} \prod_{j=2}^i \mathbf{s}_j, & i = 2 \text{ to } c \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

برای  $i=1$  تا  $n$  احتمال اینکه یک گاو در سن  $i$  بمیرد یا حذف شود،  $d_i$  را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\mathbf{d}_i = \begin{cases} 1 - \mathbf{a}_i & \text{for } i = 2 \\ \mathbf{a}_{i-1} - \mathbf{a}_i & \text{for } i = 3 \text{ to } c - 1 \\ \mathbf{a}_{i-1} & \text{for } i = c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

#### حیوانات ماده مورد نیاز برای جایگزینی گله

فرض کنید  $D$  یک ماتریس انتقال با ابعاد  $h \times h$  باشد. ستون‌های این ماتریس احتمال بقاء و ردیف‌ها با فاصله زمانی یک سال، سال تولد گوساله‌های ماده جایگزین گله را نشان می‌دهند.  $h$  افق زمانی برنامه ریزی شده بر حسب سال، از سال تولد گوساله‌های ماده جایگزین گله می‌باشد. عنصر  $(i, j)$  ماتریس  $D$  به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$\mathbf{D}_{i,j} = \begin{cases} \mathbf{a}_{i-j} & \text{for } j < i + 1 \text{ and } i - j \leq c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ماتریس‌های انتقال مشابه برای گاوهای حذفی (G) و

تلیسه‌های جایگزین (H) به ترتیب عبارتند از:

$$\mathbf{G}_{i,j} = \begin{cases} \mathbf{d}_{i-j} & \text{for } j < i + 1 \text{ and } i - j \leq c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mathbf{H}_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{for } i - 1 = j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

بردارهای حاوی تجمع جریان‌های ژنی ( $\mathbf{g}_k$ ) برای هر

نسل  $k$  را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\mathbf{g}_k = \frac{1}{2} \mathbf{f} \cdot \mathbf{D} \cdot \mathbf{g}_{k-1}$$

برای  $k=1$  تا نسل  $m$  و به صورت  $\mathbf{g}'_1 = [1 \ 0 \ \dots \ 0]$

شروع می‌شود. فاکتور  $0.5$  میزان مشارکت ژنی گاوهای ماده را در ساختار ژنتیکی فرزندان نشان می‌دهد.  $\mathbf{f}$  تعداد تلیسه مورد نیاز برای جایگزینی (در نخستین سن تولیدمثلی) به ازای هر گاو زایمان کرده در سال

دیگر فرضیات کلیدی مورد استفاده در محاسبات

جریان ژنی در جدول ۲ خلاصه شده است. تعداد گوساله به دنیا آمده به ازای هر گاو شکم اول و دوم به بعد که به سن جایگزینی یا کشتار می‌رسند براساس نرخ مرده زایی، احتمال بقای قبل و بعد از شیرگیری قابل برآورد می‌باشند. نرخ مرده زایی برای گاوهای شکم اول (۰.۱۰) و گاوهای شکم دوم به بعد (۰.۰۶) در نظر گرفته شد.

جدول ۲- فرضیات مختلف مورد استفاده در مدل جریان ژنی

مقدار	توضیحات
۰.۱۷	نرخ بهره
۰.۲۶	نرخ تورم
۰.۹۴	نرخ بقای گوساله قبل از شیرگیری
۰.۹۸	نرخ بقای گوساله بعد از شیرگیری
۰.۸۳	تعداد گوساله به دنیا آمده به ازای هر گاو شکم اول که به سن جایگزینی یا کشتار می‌رسند
۰.۸۷	تعداد گوساله به دنیا آمده به ازای هر گاو شکم دوم و بالاتر که به سن جایگزینی یا کشتار می‌رسند
۲/۰	متوسط سن کشتار بر حسب سال
۱/۰	نسبت گوساله‌های ماده که به منظور تلیسه جایگزین شدن پرورش داده می‌شوند
۰/۸	نسبت گاوهای حذف شده که کشتار شوند

#### پارامترهای بقاء برای بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی

فرض کنید  $s$  برداری با ابعاد  $n \times 1$  بوده و احتمال

اینکه یک گاو ماده از سن  $i-1$  به سن  $i$  رسیده و زایمان داشته را نشان می‌دهد. گروه‌های سنی ( $i$ ) از یک تا  $n$  بوده که حداکثر سن ممکن بر حسب سال در گاو در نظر گرفته شد. همچنین فرض کنید  $p$  برداری با ابعاد  $n \times 1$  در برگزیده تعداد گوساله‌ای باشد که به ازای هر گاو ماده در کلاس سنی  $i$  به دنیا آمده و به سن کشتار یا تولیدمثل می‌رسند. لازم به ذکر است که عناصر  $p_1$  و  $s_1$  باید مقادیری معادل با صفر داشته باشند. مقادیر مورد استفاده برای  $s$  و  $p$  به ترتیب در ستون سوم جدول یک و ردیف‌های پنجم و ششم جدول ۲ ارائه شده است. اکنون فرض کنید  $c$  سن آستانه حذف گاو باشد ( $c \leq n$ ). به عبارت دیگر تمام گاوهای بالاتر از سن  $c$  صرف نظر از شایستگی احتمالی بیشتر برای بقاء حذف می‌شوند. اکنون می‌توان احتمال زنده ماندن و زاییدن یک گاو در سن  $i$  به شرط اینکه قبلاً تا سن یک سالگی زنده مانده

(نرخ تورم+۱)/(نرخ تورم-نرخ بهره) قابل محاسبه است. در این تحقیق برای شرایط پایه فاصله زایش ۴۱۵ روز در نظر گرفته شد. گرچه با شرایط فعلی نرخ بهره ۱۷ درصد و نرخ تورم ۲۶٪ درصد، نرخ تنزیل معادل با ۰.۷- خواهد بود. در این تحقیق برای شرایط پایه نرخ تنزیل صفر در نظر گرفته شد. این موضوع در نتایج و بحث به تفصیل بحث و بررسی می‌شود. لازم به ذکر است ضریب تنزیل هنگام تولد تلیسه جایگزین برابر ۱ است. در طی محاسبات از بردار تنزیل استفاده می‌شود تا بیان‌ها به یک دوره زمانی مشخص در گذشته تنزیل داده شوند.

تعداد بیان‌های ژنتیکی ژن‌های یک گاو نر توسط یک گاو ماده (یعنی دختر آن گاو نر) برای صفتی که سالانه در طول عمرش بیان می‌شود به صورت قابل محاسبه است:

$$X_{RA} = \frac{1}{2} \mathbf{D} \cdot \mathbf{g}_{sum} \cdot \mathbf{q}$$

تعداد بیان‌های تنزیل‌یافته ژن‌های یک گاو نر در گوساله هنگام تولد ( $X_{RB}$ )، در گوساله هنگام کشتار ( $X_{RS}$ )، در تلیسه جایگزین ( $X_{RH}$ ) و در گاو ماده در آخر طول عمر تولیدی ( $X_{RC}$ )، صرف نظر از این که خود این فرزندان نیز این صفات را بیان می‌کنند، به صورت زیر است:

$$X_{RH} = \frac{1}{2} \mathbf{H} \cdot \mathbf{g}_{sum} \cdot \mathbf{q}$$

$$X_{RS} = \frac{1}{4} \mathbf{D} \cdot \mathbf{g}_{sum} \cdot \mathbf{q} \cdot (v - f) \cdot \left( \frac{1}{1+r} \right)^{sa}$$

$$X_{RB} = \frac{1}{4} \mathbf{D} \cdot \mathbf{g}_{sum} \cdot \mathbf{q}$$

$$X_{RC} = \frac{1}{2} \mathbf{G} \cdot \mathbf{g}_{sum} \cdot \mathbf{q} \cdot \rho$$

که  $s_2$ : نرخ بقای گوساله بعد از شیرگیری تا رسیدن به سن کشتار یا جایگزینی و معادل با ۰/۹۸ است.  $p$ : نسبت گاوهای است که از گله خارج می‌شوند و نمی‌میرند.  $v$ : تعداد گوساله رسیده به سن کشتار یا فروخته شده به ازای هر زایمان و به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$v = \mathbf{a}' \mathbf{p} \cdot (\mathbf{I}' \mathbf{a})^{-1}$$

تمام بردارهای  $\mathbf{a}$ ،  $\mathbf{p}$  و  $\mathbf{I}$  دارای ابعاد  $n$  و تمام عناصر برادر  $\mathbf{I}$ ، یک است.  $sa$ : سن کشتار بر حسب سال است و برای تنزیل بیشتر بیان صفات در زمان کشتار استفاده

می‌باشد. با فرض ثابت بودن ساختار سنی گله،  $f$  را می‌توان به صورت نسبت گاوها در کلاس سنی دوم به تمام گاوهای زایمان کرده و به شرح ذیل محاسبه نمود:

$$f = \left( \sum_{i=1}^c \mathbf{a}_i \right)^{-1}$$

ردیف‌های هر بردار  $\mathbf{g}_k$  منطبق با سال بیان ژن‌ها است طوری هر  $\mathbf{g}_k$  دارای طولی معادل  $h$  است. بنابراین بیان‌های ژنتیکی سالانه کل که طی نسل‌ها تجمع می‌یابند به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشند:

$$\mathbf{g}_{sum} = \sum_{k=1}^m \mathbf{g}_k$$

با به کارگیری سن حذف ۱۰ سال و دیگر مقادیر پایه ذکر شده در جدول ۳ و انجام محاسبات می‌توان نشان داد بردار تجمع بیان‌های ژنتیکی سالانه ( $\mathbf{g}_k$ ) در طی چهار نسل به شرح زیر است:

$$\mathbf{g}'_k = (1 \ 0 \ 0.18 \ 0.14 \ 0.12 \ 0.10 \ 0.09 \ 0.07 \ 0.06 \ 0.05)$$

از این بردار می‌توان دریافت که یک گاو ماده ابتدا نسبتی از ژن‌ها را که هر سال و در نسل خود بیان می‌کند برابر با یک است. دو سال بعد ۰/۱۸ از ژن‌های این گاو ماده توسط اولین دخترش در نخستین زایش بیان می‌شود. در حالی که می‌توان انتظار داشت این نسبت در زایش‌های دوم، سوم، چهارم، ... و تا هشتم اولین دخترش به ترتیب ۰/۱۴، ۰/۱۲، ۰/۱۰، ... و ۰/۰۵ باشد. توجه به این نکته ضروری است که نسبت بیان در زایش اول بیشتر از زایش‌های دوم و بعدی است چون احتمال مرگ و حذف گاو از یک زایش به زایش بعدی وجود دارد.

اکنون می‌توان نخستین ظهور ژن‌های یک گاو ماده را در طی طول عمرش و در دخترانش (حیوانات ماده جایگزین شده در گله) از طریق ماتریس‌های انتقال  $\mathbf{D}$ ،  $\mathbf{H}$  و  $\mathbf{G}$  ردیابی نمود. همچنین فرض کنید  $\mathbf{q}$  یک بردار با ابعاد ( $h$ ) در برگیرنده ضرایب تنزیل و دارای عناصر تعریف شده به شرح زیر باشد:

$$\mathbf{q}_i = \left( \frac{1}{1+r} \right)^{\frac{CI}{366}(i-1)}$$

که  $CI$  فاصله زایش و چون در گاوهای هلشتاین ایران بیش از یک سال است برای ۳۶۶ روز تصحیح شد.  $r$  نرخ بهره عاری از تورم یا نرخ تنزیل است و به صورت

تلیسه‌های جایگزین از آنها تأمین می‌شود. در این تحقیق  $u$  معادل یک در نظر گرفته شد. مؤلفه‌های دختر (X<sub>MBdgt</sub>) و مادری (X<sub>MBmate</sub>) برای تصحیح ارزش اقتصادی صفات مستقیم و مادری مانند سخت‌زایی و نرخ آبستی به کار می‌روند.

#### آنالیز حساسیت

به منظور بررسی اثرات عوامل متغیر اقتصادی و زیستی بر بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی، آنالیز حساسیت انجام شد. به عبارت دیگر، حساسیت نتایج حاصل از معادلات با محاسبه بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی برای دامنه‌ای از مقادیر پایه آزمون گردید. مقادیر پایه متغیرها و دامنه تغییرات آنها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقادیر پایه و دامنه متغیرهای در نظر گرفته شده

#### در آنالیز حساسیت

متغیر	نشان	مقدار پایه	دامنه تغییرات
سن حذف گاو (سال)	c	۱۰	۶-۱۲
نرخ تنزیل	r	۰/۰۰	(-۰/۱۴) - ۰/۰۷
تعداد نسل	m	۴	۱-۱۰
افق زمانی (سال)	h	۲۰	۵-۳۰
میانگین نرخ باروری	p بردار	۰/۸۵	۰/۷۵-۰/۹۵
میانگین نرخ بقاء	s بردار	۰/۶۷	۰/۵۷-۰/۷۷

### نتایج و بحث

مقادیر مطلق و نسبی بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته در شرایط پایه یعنی در طی ۴ نسل با آستانه سن حذف ۱۰ سال، نرخ تنزیل صفر و افق زمانی ۲۰ سال برای سرمایه‌گذاری در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج آنالیز حساسیت یعنی اثر نوسانات نرخ تنزیل، نرخ بقاء، آستانه سن حذف گاو بر بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی به ترتیب در جداول ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. لازم به ذکر است در آنالیز حساسیت تنها عامل مورد نظر در یک دامنه مشخص تغییر داده می‌شود و سایر عوامل در مقادیر پایه ثابت نگه داشته می‌شوند.

در حیوانات ماده جایگزین در تمام شرایط بالاترین میزان بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته به ازای هر گوساله متولد شده مربوط به صفات سالانه گاو ماده است. در حالی برای پدران حیوانات ماده جایگزین بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته به ازای هر گوساله متولد شده برای

شد. بنابراین بیان تمام ژن‌های گاو نر از طریق دختران جایگزین به عقب و زمان تولد تلیسه جایگزین تنزیل داده شدند.

#### پدران حیوانات ماده جایگزین گله

گاوهای نر داشتنی علاوه بر ساختار ژنتیکی دختران شان که تلیسه‌های جایگزین هستند در ساختار ژنتیکی گوساله‌ها هم مشارکت دارند. توجه به این نکته بسیار ضروری است به ویژه وقتی هدف تدوین شاخصی برای ترکیب صفات تولد و کشتار برای رتبه‌بندی گاوهای نر باشد. تک قلو زایی را حالت پایه در نظر می‌گیریم. بنابراین نصف ژن‌های این گاوهای نر به صورت صفات مستقیم تولد در گوساله‌های به دنیا آمده بیان می‌شوند. ولی یک نسبت از گوساله‌ها ادامه می‌دهند تا تلیسه جایگزین شوند و بیان بیشتر صفات تولد به زمان تولد تلیسه تنزیل داده می‌شود که در فوق به صورت X<sub>RB</sub> تعریف شد. اگر هر گوساله به دنیا آمده را به عنوان پایه شاخص برای هر گاو نر در نظر بگیریم و به صفات بیان شده از طریق تلیسه‌های جایگزین اضافه کنیم، تعداد بیان‌های تنزیل‌یافته برای صفات سالانه گاو (X<sub>MA</sub>)، کل بیان‌های مستقیم در هنگام تولد (X<sub>MB</sub>) که به مؤلفه‌های دختر (X<sub>MBdgt</sub>) و مادری (X<sub>MBmate</sub>) تقسیم می‌شود، بیان‌های در گوساله‌ها هنگام کشتار (X<sub>MS</sub>)، تلیسه‌های جایگزین (X<sub>MH</sub>) و گاوهای حذفی (X<sub>MC</sub>) را به شرح زیر به دست می‌آوریم:

$$X_{MBdgt} = \frac{1}{2} u \cdot X_{RB}$$

$$X_{MB} = \frac{1}{2} u \cdot X_{RB} + \frac{1}{2}$$

$$X_{MA} = \frac{1}{2} u \cdot X_{RA}$$

$$X_{MBmate} = \frac{1}{2}$$

$$X_{MC} = \frac{1}{2} u \cdot X_{RC}$$

$$X_{MH} = \frac{1}{2} u \cdot X_{RH}$$

$$X_{MS} = \frac{1}{2} u \cdot X_{RS} + \frac{1}{2} \cdot (v-f) \cdot \left( \frac{1}{1+r} \right)^{sa}$$

در فرمول‌های فوق  $u$  نسبت گوساله‌های ماده از شیرگرفته شده حاصل از یک گاو نر خاص است که

می‌شود به شدت به نرخ تنزیل بستگی دارد. برای مثال وقتی نرخ تنزیل صفر است در طی ده سال، ۸۰ درصد بیان‌های ژنتیکی صورت می‌گیرد در حالی که این مقدار برای نرخ تنزیل ۱۴٪، تنها ۴۴ درصد است. وقتی نرخ تنزیل صفر است یک افق زمان‌بندی شده ۲۰ سال می‌تواند بیش از ۹۹ درصد منافع حاصل از بهبود ژنتیکی را پوشش دهد.

در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی برای سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی، معادل قرار دادن نرخ تنزیل با نرخ بهره مناسب نیست. برای این منظور لازم است افزایش عمومی سطح قیمت‌ها یا کاهش ارزش پول در طول زمان که تورم نامیده می‌شود در نظر گرفته شود (Amer, 1999). در شرایط فعلی اقتصادی کشور، نرخ تنزیل منفی خواهد بود (۷٪-). نرخ تنزیل منفی نتایج را به صورت غیرمنطقی تحت تأثیر قرار داده و تفسیر آن را دشوار می‌سازد. نرخ تنزیل منفی به دلیل بالا بودن نرخ تورم است در حالی که بهبود ژنتیکی خود ضد تورم هستند. چون زمانی صفات از لحاظ ژنتیکی بهبود می‌یابند، به دلیل افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها به

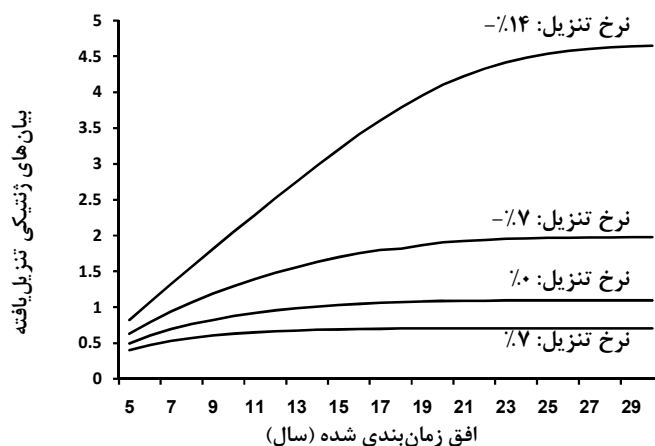
صفات گوساله هنگام تولد نزدیک به صفات سالانه بوده و در برخی شرایط مانند افق زمانی کوتاه‌تر، نرخ تنزیل بزرگتر از صفر و کاهش سن حذف و نرخ بقاء بزرگتر است. به طور نسبی نوسانات نرخ تنزیل در حیوانات ماده جایگزین بیشترین تأثیر را بر بیان صفات تلایسه جایگزین دارد و در حالی که در پدران حیوانات ماده جایگزین بیشتر بیان صفات گوساله هنگام زایش را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جدول ۵). بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته برای صفات سالانه گاو ماده در پدران حیوانات ماده جایگزین برای دامنه‌ای از نرخ تنزیل و در یک روند ۳۰ ساله ترسیم شده است (شکل ۱). با کاهش نرخ تنزیل و افزایش افق زمانی میزان بیان‌های ژنتیکی افزایش می‌یابد. افزایش بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته با کاهش نرخ تنزیل به این معنی است که هرچه بهبود ژنتیکی در صفات دیرتر به دست آیند بهتر است. از این رو برای تجزیه و تحلیل هزینه و فایده استفاده از یک حیوان به افق زمان‌بندی شده بیشتری نیاز خواهد بود تا تمام منافع در نظر گرفته شود. میزان بیان ژن‌های یک گاو نر وقتی برای تولید تلایسه‌های جایگزین گله استفاده

جدول ۴- مقادیر مطلق و نسبی بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته در شرایط پایه

صفت گاو ماده حذفی	صفت تلایسه	صفت گوساله هنگام کشتار	صفت گوساله هنگام زایش	صفت سالانه گاو ماده	بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی برای پدران حیوانات ماده جایگزین
$X_{MC}$	$X_{MH}$	$X_{MS}$	$X_{MB}$	$X_{MA}$	مطلق
۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۳	۱/۰۳	۱/۰۷	نسبی
۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۹۶	۱	حیوانات ماده جایگزین
$X_{RC}$	$X_{RH}$	$X_{RS}$	$X_{RB}$	$X_{RA}$	مطلق
۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۴۵	۱/۰۷	۲/۱۳	نسبی
۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۲۱	۰/۵۰	۱	

جدول ۵- اثر تغییر در نرخ تنزیل (از ۱۴٪- تا ۰/۰۷) بر بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی

صفت گاو ماده حذفی	صفت تلایسه	صفت گوساله هنگام کشتار	صفت گوساله هنگام زایش	صفت سالانه گاو ماده	نرخ تنزیل	بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی برای پدران حیوانات ماده جایگزین
۱/۶۳	۰/۹۱	۱/۲۲	۱/۶۶	۳/۳۱	-۰/۱۴	پدران حیوانات ماده جایگزین
۰/۷۹	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۸۶	۱/۷۱	-۰/۰۷	
۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۳	۱/۰۳	۱/۰۷	۰/۰۰	
۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۷۵	۰/۰۷	
۳/۲۶	۱/۸۲	۱/۸۸	۳/۳۱	۶/۶۳	-۰/۱۴	حیوانات ماده جایگزین
۱/۵۹	۱/۲۳	۰/۸۳	۱/۷۱	۳/۴۳	-۰/۰۷	
۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۴۵	۱/۰۷	۲/۱۳	۰/۰۰	
۰/۶۲	۰/۷۹	۰/۲۷	۰/۷۵	۱/۵۰	۰/۰۷	



شکل ۱- میزان بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته به ازای هر گوساله متولد شده برای صفات سالانه گاو ماده در پدران حیوانات ماده جایگزین، مقایر جایگزین نرخ تنزیل و افق زمان‌بندی شده

با افزایش نرخ بقاء میزان بیان برای صفت سالانه گاو ماده و صفات گوساله افزایش می‌یابند در حالی صفات ماده گاو حذفی کاهش می‌یابد (جدول ۶). با افزایش ماندگاری، مولدهای گله فرصت بیشتری برای بیان ژن‌های خود دارند که به صورت صفات سالانه و تولید گوساله ظاهر می‌شوند. از طرف دیگر چون دیرتر حذف می‌شوند بیان صفاتی که به مرحله آخر طول عمر مربوط می‌شود به تأخیر می‌افتند. با افزایش مانده‌گاری نیاز به تلیسه جایگزین و در نتیجه نرخ جایگزینی کاهش می‌یابد. به هر حال کاهش نرخ جایگزینی بر بیان‌های ژنتیکی صفات یک راس تلیسه نمی‌تواند مؤثر باشد. بنابراین این گروه از صفات در برابر تغییرات نرخ بقاء از خود ثبات نشان می‌دهند.

اثر تغییر در آستانه سن حذف گاو بر بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی مشابه نرخ بقاء است (جدول ۷). چون تأثیر سن حذف بر بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته از

افزایش قدرت خرید مردم کمک می‌کنند. از طرف دیگر در آینده زمانی که صفات از لحاظ ژنتیکی بیان می‌شوند ممکن است شرایط اقتصادی کشور بهبود یافته باشد. از این رو در این تحقیق، نرخ تنزیل معادل صفر قرار داده شد.

تغییر در نرخ باروری (عناصر بردار  $p$ ) تنها به صورت مستقیم تعداد بیان‌های تنزیل‌یافته در صفات گوساله هنگام کشتار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چون صفات تلیسه و صفات سالانه گاوهای ماده تحت تأثیر این تعریف قرار نمی‌گیرند. به هر حال در معادلات مورد استفاده، افزایش بیان‌های ژنتیکی در صفات سالانه گاو و تلیسه که به دلیل بهبود در نرخ باروری است به طور غیرمستقیم در نرخ بقاء در نظر گرفته می‌شود. به دلیل مشابه بودن نتایج ناشی از تغییر در نرخ باروری با بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته در شرایط پایه از آرایه آن صرف‌نظر شد.

جدول ۶- اثر تغییر در نرخ بقاء (از ۰/۵۷ تا ۰/۷۷) بر بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی

بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی برای	نرخ بقاء	صفت سالانه گاو ماده	صفت گوساله هنگام زایش	صفت گوساله هنگام کشتار	صفت گاو ماده حذفی
پدران حیوانات ماده جایگزین	۰/۵۷	۰/۷۸	۰/۳۸	۰/۲۱	۰/۴۷
	۰/۶۷	۱/۰۷	۱/۰۳	۰/۴۳	۰/۴۶
	۰/۷۷	۱/۵۲	۰/۷۶	۰/۷۰	۰/۴۶
حیوانات ماده جایگزین	۰/۵۷	۱/۵۲	۰/۷۶	۰/۱۸	۰/۹۴
	۰/۶۷	۲/۱۳	۱/۰۷	۰/۴۵	۰/۹۳
	۰/۷۷	۳/۰۴	۱/۵۲	۰/۸۴	۰/۹۱

جدول ۷- اثر تغییر در سن حذف گاو (از ۶ تا ۱۲ سال) بر بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی

بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی برای	سن حذف گاو (سال)	صفت سالانه گاو ماده	صفت گوساله هنگام زایش	صفت گوساله هنگام کشتار	صفت تلیسه	صفت گاو ماده حذفی
پدران حیوانات ماده جایگزین	۶	۱/۰۰	۰/۵۰	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۴۷
	۱۰	۱/۰۷	۱/۰۳	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۴۶
	۱۲	۱/۰۸	۰/۵۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۴۶
حیوانات ماده جایگزین	۶	۱/۹۹	۱/۰۰	۰/۳۸	۰/۹۴	۰/۹۴
	۱۰	۲/۱۳	۱/۰۷	۰/۴۵	۰/۹۴	۰/۹۳
	۱۲	۲/۱۶	۱/۰۸	۰/۴۶	۰/۹۳	۰/۹۲

طول عمر تولیدی ( $EV_{PL}$ ) نیز مورد نیاز خواهد بود. تفاوت این دو گاونر از لحاظ ارزش فعلی برای دامدار  $(\pi^1 - \pi^2)$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\pi^1 - \pi^2 = (EBV_{PL}^1 - EBV_{PL}^2) \cdot EV_{PL} \cdot X_{MH} + (EBV_{DPR}^1 - EBV_{DPR}^2) \cdot EV_{DPR} \cdot X_{MA}$$

که اندیس‌های ۱ و ۲ برای  $\pi$  و  $EBV$  معرف گاو نر، نشان‌دهنده تعداد بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته ژن‌های گاو نر در صفات تلیسه‌های جایگزین و  $X_{MA}$  نشان‌دهنده تعداد بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته ژن‌های گاو نر در دختران مولد برای صفات سالانه می‌باشند. یکی دیگر از کاربردهای بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته در تجزیه و تحلیل هزینه یا فایده استفاده از یک گاو نر با یک ژنوتیپ خاص است. برای مثال بد شکلی ستون فقرات پیچیده (Complex Vertebral Malformation, CVM)، یک نقیصه ژنتیکی مغلوب است که منجر به سقط جنین اولیه یا مرده‌زایی می‌شود (Kearney et al., 2001; Agerholm et al., 2005). با محاسبه زیان‌های مالی ناشی از یک مورد وقوع بدشکلی ستون فقرات پیچیده و بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی گاو نر برای صفات سالانه، می‌توان میزان کاهش ارزش هر واحد اسپرم گاو نر حامل را محاسبه نمود.

#### نتیجه‌گیری کلی

بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی مطلق و نسبی صفات در گروه‌های مختلف حیوانی متفاوت می‌باشند. تفاوت در بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی می‌تواند تأکید نسبی صفات در شاخص‌های سودآوری را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج این تحقیق اطلاعات ارزشمندی را جهت وزن‌دهی مناسب به صفات در تدوین شاخص انتخاب ملی هلستاین ایران و آنالیزهای هزینه فایده راهکارهای اصلاح نژادی فراهم می‌آورد.

طریق تغییر پارامترهای بقاء و توزیع سنی گله می‌باشد. به هر حال، تغییر سن حذف بیشتر صفات سالانه و گوساله‌ها را تحت تأثیر قرار داد و تأثیر آن بر صفات گاوهای حذفی و به ویژه صفات تلیسه قابل چشم‌پوشی است. تأثیر کمتر سن حذف بر بیان‌های تنزیل‌یافته تجمعی در مقایسه با تغییر نرخ بقاء می‌تواند به دلیل کوچک‌تر بودن دامنه انتخاب شده برای نوسان سن حذف باشد.

اثر تعداد نسل بر بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته بررسی شد. روند افزایشی بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته با افزایش تعداد نسل کاهش می‌یابد طوری که از نسل ۴ به بعد تغییری در این روند دیده نمی‌شود (نتایج نشان داده نشده است).

#### کاربردهای بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته

تعیین ارزش اقتصادی کل برای هر یک از حیوانات هنگام انتخاب گاوهای نر برای تلقیح مصنوعی یا خرید تلیسه‌های جایگزین بسیار حائز اهمیت است. بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته با ایجاد ارتباط بین شایستگی ژنتیکی حیوانات برای صفات مختلف و ارزش اقتصادی هر واحد بهبود در این صفات، نقش بسیار مهمی در تعیین ارزش اقتصادی نسبی حیوانات ایفاء می‌کنند. بیان‌های ژنتیکی تنزیل‌یافته برای حیوانات ماده جایگزین و پدران آنها به ترتیب در انتخاب تلیسه‌های جایگزین و گاوهای نر کاربرد دارند. برای مثال فرض کنید دامداری می‌خواهد منافع مالی حاصل از اسپرم دو گاو نر را با یکدیگر مقایسه کند. این دو گاونر از لحاظ تمام صفات به جز دو صفت نرخ آبستنی دختران (DPR) و طول عمر تولیدی (PL) با یکدیگر یکسان هستند. برای مقایسه این دو حیوان علاوه بر ارزش‌های اصلاحی برآورد شده ( $EBV$ ) برای این صفات، ارزش اقتصادی هر واحد بهبود ژنتیکی نرخ آبستنی دختران ( $EV_{DPR}$ ) و



## REFERENCES

1. Agerholm, J. S., Bendixen, C., Andersen, O. & Arnbjerg, J. (2001). Complex Vertebral Malformation in Holstein Calves. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 13, 283-289.
2. Amer, P. R., Simm, G., Keane, M. G., Diskin, M. G. & Wickham, B. W. (2001). Breeding Objectives for Beef Cattle in Ireland. *Livestock Production Science*, 67, 223-239.
3. Amer, P. R. (1999). Economic Accounting of Numbers of Expressions and Delays in Sheep Genetic Improvement. *New Zealand Journal of Agricultural Recourses*, 42, 325-336.
4. Berry, D. P., Madalena, F. E., Cromie, A. R. & Amer, P. R. (2006). Cumulative Discounted Expressions of Dairy and Beef traits in Cattle Production Systems. *Livestock Science*, 99, 159-174.
5. Brascamp, E. W. (1978). Methods on Economic Optimization of Animal Breeding Plans. Report B-134, Research Institute for Animal Husbandry "Schoonoord", Zeist, The Netherlands.
6. Dekkers, J. C. (1994). Optimal Breeding Strategies for Calving Ease. *Journal of Dairy Science*, 77, 3441-3453.
7. Groen, A. F. (1990). Influences of production circumstances on the economic revenue of cattle breeding programmes. *Animal Production*, 51, 469-480.
8. Hazel, L. N. & Lush, J. L. (1942). The Efficiency of Three Methods of Selection. *Journal Heredity*, 33, 393-399.
9. Hill, W. G. (1974). Prediction and Evaluation of Response to Selection with Overlapping generations. *Animal Production*, 18, 117-139.
10. Hirooka, H. & Groen, A. F. (1999). Effect of Production Circumstances on Expected Responses for Growth and Carcass Traits to Selection of Bulls in Japan. *Journal of Animal Science*, 77, 1135-1143.
11. Jiang, X., Groen, A. F. & Brascamp, E. W. (1999). Discounted Expressions of Traits in Broiler Breeding Programs. *Poultry Science*, 78, 307-316.
12. Kahi, A. K. & Hirooka, H. (2005). Genetic and Economic Evaluation of Japanese Black (Wagyu) Cattle Breeding Schemes. *Journal of Animal Science*, 83, 2021-2032.
13. Kearney, J. F., Amer, P. R. & Villanueva, B. (2005). Cumulative Discounted Expressions of Sire Genotypes for the Complex Vertebral Malformation and  $\beta$ -Casein Loci in Commercial Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 88, 4426-4433.
14. McClintock, A. E. & Cunningham, E. P. (1974). Selection in Dual-purpose Cattle Population: Defining the Breeding Objective. *Animal Production*, 18, 237-247.
15. Sadeghi-Sefidmazgi, A., Moradi-Shahrbabak, M., Nejati-Javaremi, A. & Shadparvar, A. (2009). Estimation of Economic Values in Three Breeding Perspectives for Longevity and Milk Production Traits in Holstein Dairy Cattle in Iran. *Italian Journal of Animal Science*, 8(3), 359-375.
16. Shadparvar, A., Emmanjomeh, N. & Chizari, A. (1997). Investigation of Economic Weights for Milk Yield, Fat Percentage and Herdlife in Holstein Dairy Cattle of Iran. *Journal of Sciences and Agricultural Industries*, 11(2), 93-108. (In Farsi).
17. Wolfova, M., Wolf J., Kvapilik, J. & Kica, J. (2007). Selection for Profit in Cattle. II. Economic Weights for Dairy and Beef Sires in Crossbreeding Systems. *Journal of Dairy Science*, 90, 2456-2467.