



## "مقاله پژوهشی"

# ارزیابی ژنتیکی صفات وزن بدن در گاوها گوشتی سیمنتال آمریکا با استفاده از روش تک مرحله‌ای بهترین پیش‌بینی خطی نااریب ژنومی (ssGBLUP)

مصطفی مدد<sup>۱</sup>, جلیل شجاع<sup>۲</sup>, صادق علیجانی<sup>۳</sup>, سید عباس رافت<sup>۴</sup> و جک سی. ام. دکر<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۲</sup>- استاد، گروه علوم دامی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۳</sup>- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، (توصیه مسؤول: sad-ali@tabrizu.ac.ir)

<sup>۴</sup>- استاد، گروه علوم دامی، دانشگاه ایالتی آیووا، آیووا، ایالات متحده آمریکا

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۲

صفحه: ۱۳۹ تا ۱۵۰

## چکیده

در این تحقیق بهمنظور برآورد پارامترهای ژنتیکی و روند ژنتیکی صفات وزن بدن از اطلاعات ۱۹۱۷۱ راس گاو گوشتی نژاد سیمنتال آمریکا شامل ۸۷۵۸ راس گاو نر و ۱۰۴۱۳ راس گاو ماده مربوط به سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. از تعداد ۵۱۹۶۹، ۱۰۹۲۶ و ۷۳۶۲ راس گاو ژنوتیپ شده بر اساس نشانگرهای SNP به ترتیب برای ارزیابی ژنتیکی صفات وزن تولد، وزن شیرگیری، وزن یک سالگی و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یک سالگی استفاده شد. پارامترهای ژنتیکی با استفاده از مدل حیوانی تک صفتی و دو صفتی و به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۱، ۰/۰۲۴ ± ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۲ و ۰/۰۳۵ ± ۰/۰۰۰ برآورد شد. همبستگی ژنتیکی وزن تولد با افزایش وزن پس از شیرگیری تا یک سالگی تا ۰/۰۳۱ به دست آمد. بیشترین صحت پیش‌بینی ژنومی مربوط به وزن شیرگیری (۰/۰۶۸) و کمترین آن مربوط به افزایش وزن پس از شیرگیری تا یک سالگی (۰/۰۲۷) برآورد شد. روند ژنتیکی وزن تولد، وزن یک سالگی و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یک سالگی به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۰۵ کیلوگرم در سال بدست آمد. علاوه‌براین، نوسانات اندکی در روند ژنتیکی تمامی صفات بهویژه وزن شیرگیری و وزن یک سالگی طی سال‌های مورد بررسی مشاهده شد که نشان از وجود اهداف و معیار انتخاب مشخص در هر یک از این صفات می‌باشد. همچنین، در مجموع سه QTL با اثر عمده روی کروموزوم‌های شش در موقعیت ۳۷ میلیون باز، کروموزوم هفت در موقعیت ۹۰ میلیون باز و کروموزوم چهارده در موقعیت ۲۲ میلیون باز شناسایی شد. با توجه به همبستگی مطلوب صفات وزن بدن، برنامه اصلاح نژادی با پیش‌بینی بر اساس انتخاب همزمان برای صفات مذکور از طریق یک شاخص انتخاب صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب ژنومی، پارامترهای ژنتیکی، روش تک مرحله‌ای، روند ژنتیکی، صحت ژنومی

ارزیابی برنامه‌های اصلاح نژادی از طریق برآورد روند ژنتیکی صفات مورد مطالعه در محدوده زمانی مشخص تعیین می‌شود به طوریکه روند ژنتیکی بیانگر بهبود میانگین ارزش اصلاحی می‌باشد. علاوه‌براین، آگاهی از پارامترهای ژنتیکی صفات می‌تواند در تصمیم‌گیری برای ادامه پژوهش نقش مهمی را ایفا نماید.

ارزیابی ژنومی با استفاده از روش‌های چند مرحله‌ای بر مبنای داده‌های فنوتیپی و ژنوتیپی صورت گرفته و اثرات نشانگرها برآورد می‌شود. در مدل آنالیز برای مرحله دوم، تنهای اثرات در نظرگرفته شده، اثرات نشانگرها خواهد بود و پیش‌بینی ارزش‌های اصلاحی ژنومی برای دامهای تعیین ژنوتیپ شده جوان با استفاده از این اثرات صورت خواهد گرفت (۲۳، ۱۰، ۲۶، ۴۰). به دلیل معاایب روش‌های چند مرحله‌ای در توسعه مدل‌ها، روش تک مرحله‌ای پیشنهاد شد که در این روش به طور همزمان اطلاعات فنوتیپی، ژنومی و شجره‌ای در مدل قرار داده می‌شوند. در این روش برای حیوانات تعیین ژنوتیپ شده و نشده به طور همزمان ارزش اصلاحی برآورد می‌شود (۱۰، ۲۳). علاوه‌براین، در سال‌های اخیر تعداد بسیار زیادی جهش تک‌نوکلئوتیدی با SNP<sup>۱</sup> در سطح ژنوم گاو

## مقدمه

بهبود ژنتیکی گاو گوشتی به عنوان ابزاری برای افزایش بهره‌وری تولید در دهه‌های گذشته مورد توجه قرار گرفته است. روندهای ژنتیکی گواهی می‌دهد که این تلاش‌ها موفقیت‌آمیز بوده است. این دستاوردها در پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفاتی شامل وزن بدن، وزن از شیرگیری، وزن سالانه و وزن بلوغ گاو که در مدیریت گله مفید می‌باشند، مشاهده شده است (۲۴). گاو سیمنتال یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال گسترده‌ترین نژاد گاو از همه نژادهای گاو در دنیا می‌باشد. اگر چه اولین گله گاو رسمی سیمنتال در سال ۱۸۰۶ در سوئیس بنی تأسیس شد، اما شواهدی از گاو بزرگ و مولد (قرمز و سفید) وجود دارد که قبل از سوئیس غربی یافت شده است. علاوه‌براین، گاو سیمنتال تنها در ایالات متحده آمریکا برای تولید کارآمد و مقرون به صرفه از گوشت و همچنین کیفیت گوشت انتخاب می‌شود. برخلاف بسیاری از برنامه‌های عملکردی در اروپا که بیشتر بر روی اندازه گیری تولید شیر در گاو سیمنتال تاکید دارد، برنامه‌های عملکردی ایالات متحده آمریکا در گاو سیمنتال بر تولید گوشت تمرکز یافته است (<https://simmental.org/site/index.php/simmental>)

در حالی که اندازه صفات وزن بدن یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده در بازدهی اقتصادی گله است (۲۴، ۳۵). بنابراین، هدف از این تحقیق برآورد پارامترهای ژنتیکی و روند ژنتیکی با استفاده از روش ssGBLUP<sup>۳</sup> و شناسایی جایگاه‌های صفت کمی (QTLs) با اثر عمده برای صفات وزن بدن در گاوها گوشتی سیمنتال آمریکا می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### داده‌های فنوتیپی و ژنوتیپی

در این تحقیق از تعداد ۱۷۹۴۸، ۱۹۱۷۱، ۱۲۴۷۶ و ۱۰۵۴۴ رکورد مربوط به وزن تولد (Birth weight)، وزن شیرگیری (Weaning weight)، وزن یکسالگی (Yearling weight) و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی (Post weaning weight gain) گاوها سیمنتال آمریکا استفاده شد. داده‌های مزبور در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۴ توسط انجمن، یروارش، دهنگان، گاوها سیمنتال، آمریکا (American Simmental Association) جمع‌آوری شدند. جهت ویرایش اطلاعات و حذف داده‌های خارج از سه انحراف میان از میانگین، وزن تولد گاوها بین ۱۶/۲۴ تا ۵۵/۶۹ کیلوگرم، مقدار وزن شیرگیری بین ۱۲۳/۸۹ تا ۴۴۷/۹۴ کیلوگرم، افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی بین ۴۵/۴۴ تا ۴۱۳/۷۳ کیلوگرم و وزن یکسالگی بین ۱۷۰/۳۶ تا ۷۵۲/۶۱ کیلوگرم در نظر گرفته شد. مشخصات شجره‌ای داده‌های تحقیق حاضر در جدول ۱ آورده شده است.

گوشتی شناسایی شده است که امکان تهیه نقشه ژنتیکی با تراکم خیلی بالا فراهم شده است. از طرف دیگر، با پیشرفت‌های به وجود آمده برای تعیین ژنوتیپ با توان عملیاتی بالا، تراشه‌های SNP با تراکم بالا برای ژنوم گاو گوشتی در دسترس می‌باشد که امکان پویش کامل ژنوم وجود دارد. تلاش‌های زیادی برای شناسایی نشانگرهای مولکولی و جایگاه‌های صفت کمی (QTLs)<sup>۱</sup> با استفاده از مطالعه پویش ژنومی (GWAS)<sup>۲</sup> در دام‌های اهلی به وجود آمده است. مطالعه یویش ژنومی می‌تواند به شناسایی دقیق جایگاه‌های صفت کمی و واریانتهای مرتبط با صفات اقتصادی کمک کند. این اطلاعات می‌تواند برای انتخاب به کمک نشانگر مفید بوده و به درک مکانیزم مولکولی صفات مورد مطالعه کمک نماید.

وراثت‌پذیری برآورد شده با استفاده از روش حداقل درستنمایی محدود شده (REML)<sup>۳</sup> برای صفات وزن بدن در گاوها گوشتی نژادهای مختلف متوسط به بالا گزارش شده است (۱۶، ۳). ولی محققین دیگر وراثت‌پذیری وزن شیرگیری را پایین گزارش نموده‌اند (۳۴)، که این تنوع در وراثت‌پذیری مشاهده شده را می‌توان به تعداد رکوردهای نوع مدل مورد استفاده، جمعیت حیوانی مورد استفاده، اطلاعات شجره و عوامل متنوع محیطی (نظیر جنس، سال و فصل زایش...) نسبت داد (۳۴، ۱۵). با این حال، مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی ژنتیکی با استفاده از اطلاعات ژنومی و متعاقب آن مطالعه پویش ژنومی در ارتباط با صفات وزن بدن در گاوها گوشتی سیمنتال آمریکا بسیار محدود می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات شجره

Table 1. Pedigree characteristics

| تعداد | مشخصات                              |
|-------|-------------------------------------|
| ۳۱۸۱۶ | تعداد کل حیوانات شجره               |
| ۲۷۶۳  | تعداد کل پدرها                      |
| ۱۵۹۱۸ | تعداد کل مادرها                     |
| ۲۱۶۵۳ | تعداد کل حیوانات با هر دو والد مشخص |
| ۱۸۶۸۱ | تعداد کل حیوانات با تاج             |
| ۱۳۱۳۵ | تعداد کل حیوانات بدون تاج           |
| ۷۳۱   | تعداد حیوانات همخون <sup>۴</sup>    |

آنالیزهای نهایی باقی‌ماند. برای بررسی میزان توانایی پیش‌بینی مدل و تأثیر ارزیابی ژنومی بر صحبت پیش‌بینی‌ها از آزمون اعتبارسنجی (Cross- Validation) استفاده شد. اعتبارسنجی براساس لایه‌بندی نسلی می‌باشد و خویشاوندی بین دام‌ها عامل مهمی برای تقسیم‌بندی داده‌ها به دو گروه مرجع (Training) و تأیید (Testing) است (۴۱، ۳۷). برای اعتبارسنجی هر صفت ۲۰ درصد از جوانترین افراد به عنوان جمعیت تایید در نظر گرفته شد و صحبت پیش‌بینی ارزش‌های اصلاحی ژنومی از طریق همبستگی بین ارزش‌های اصلاحی ژنومی تخمین‌زده شده (GEBV) و ارزش‌های فنوتیپی محاسبه گردید.

#### مدل آماری

پیش‌بینی ارزش‌های اصلاحی با استفاده از روش تک مرحله‌ای بهترین پیش‌بینی خطی نالریب ژنومی (ssGBLUP)

فایل ژنوتیپ شامل ۵۲۵۹۷ نشانگرهای چندشکلی (GeneSeek Inc., Lincoln, Nebraska, USA) مربوط به گاوها سیمنتال تعیین ژنوتیپ شده از بانک اطلاعات ژنومی انجمن پرورش دهنگان گاوها سیمنتال آمریکا دریافت شد. کترل کیفیت مقدماتی با نرم‌افزار PLINK (۳۲) انجام شد، به طوری که SNP‌های روی کروموزم‌های جنسی و یا با موقعیت نامشخص حذف گردیدند. علاوه‌براین، نشانگرهای با حداقل فراوانی آللی (MAF) کمتر از یک درصد، نرخ خواش دام کمتر از ۱۰ درصد، نرخ خواش SNP کمتر از ۱۰ درصد حذف شدند و SNP‌های باقیمانده در صورت عدم تعادل هاردی- وینبرگ به عنوان معیاری جهت بررسی تفاوت بین فراوانی‌های مشاهده شده و موردنظر جایگاه‌های با p-value<sup>۵</sup> کمتر از ۱۰<sup>-۵</sup> از داده‌ها کنار گذاشته شدند (۴۲). در مجموع تعداد ۴۶۳۳۵ نشانگر SNP برای

1- Quantitative Trait Loci

2- Genome-Wide Association Study

3- Restricted maximum likelihood

4- Single-step genomic best linear unbiased prediction

5- Inbred Animal

پرورش دهنده، گله) می‌باشد. بردارهای  $a_1$  و  $a_2$  اثرات تصادفی باقیمانده به ترتیب برای صفت اول و دوم می‌باشند. ماتریس‌های  $X_1$  و  $X_2$  عناصر  $\beta_1$  و  $\beta_2$  را به ترتیب به رکوردهای  $y_1$  و  $y_2$  ربط داده و ماتریس‌های  $Z_1$  و  $Z_2$  عناصر  $a_1$  و  $a_2$  را به ترتیب به رکوردهای  $y_1$  و  $y_2$  ربط دهد. مقادیر واریانس و کوواریانس عوامل تصادفی به صورت زیر است:

(۴)

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H\sigma_{a_1}^2 & H\sigma_{a_{12}} & 0 & 0 \\ H\sigma_{a_{21}} & H\sigma_{a_2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_{e_1}^2 & I\sigma_{e_{12}} \\ 0 & 0 & I\sigma_{e_{21}} & I\sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix}$$

در رابطه (۴)،  $\sigma_{a_1}^2$  و  $\sigma_{a_2}^2$  واریانس‌های ژنتیکی افزایشی،  $\sigma_{e_1}^2$  و  $\sigma_{e_2}^2$  واریانس‌های باقیمانده به ترتیب برای صفات اول و دوم،  $\sigma_{a_{12}}$  و  $\sigma_{e_{12}}$  نیز به ترتیب کوواریانس‌های ژنتیکی افزایشی و محیطی بین صفت اول و دوم می‌باشند. در این روش تجزیه و تحلیل، از واریانس‌های ژنتیکی افزایشی و باقیمانده برآورد شده از تجزیه و تحلیل تکمنیه به عنوان پیش برآورد واریانس‌های مورد نیاز استفاده شد. روند تغییرات ژنتیکی صفات مورد بررسی با استفاده از محاسبه میانگین ارزش اصلاحی ژنومی در طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۷۸ از طریق تجزیه و تحلیل تکصفته بدست آمد.

#### مطالعه پویش ژنومی

به منظور مطالعه پویش ژنومی از روش‌های بیز C و بیز B استفاده گردید که فرم ماتریسی مدل مورد استفاده بصورت زیر بود:

$$y = xb + zu + e \quad (5)$$

در مدل (۵)، y بردار ستونی مشاهدات شامل ارزش‌های اصلاحی ژنومی تخمین‌زده شده هر صفت برای گاوها ژنوتیپ شده (۹،۸) b بردار ستونی اثرات ثابت مدل شامل میانگین جمعیت، u بردار ستونی اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی مربوط به اثرات نشانگری حیوانات ژنوتیپ شده، e بردار ستونی اثر تصادفی باقیمانده که  $e \sim N(0, I\sigma_e^2)$  Z X و ماتریس‌های طرح هستند که رکوردها را به ترتیب به اثر عوامل ثابت و تصادفی ربط می‌دهند. به منظور پیاده‌سازی روش‌های بیزی C و بیز B از بسته نرمافزاری JWAS در زبان برنامه‌نویسی JULIA استفاده گردید به طوریکه ابتدا مقادیر  $\pi$  به وسیله روش بیز C تخمین زده شد و سپس از مقادیر  $\pi$  تخمین زده در روش بیز B برای اجرای مطالعه پویش ژنومی استفاده گردید (۴، ۳۵). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از زنجیره مارکوف مونت کارلو با زنجیره‌ای به طول ۵۰۰۰۰ نمونه شامل ۱۰۰۰۰ نمونه برای گرم کردن و ۴۰۰۰۰ نمونه بعدی برای استنباطهای تکنوکلئوتیدی (SNPs) همچنین، در این مطالعه نشانگرهای تکنوکلئوتیدی (SNPs) در غالب پنجه‌های ژنومی genome windows (genomes) با طول یک میلیون باز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت به طوریکه هر

با تشکیل ماتریس ترکیبی H، حاصل از ترکیب ماتریس روابط خویشاوندی شجره همه دام‌ها و ماتریس روابط خویشاوندی SNP، ژنومی افراد دارای ژنوتیپ براساس اطلاعات تراشه‌های انجام شد (۲۵). روش تک مرحله‌ای از اطلاعات ژنومی و غیر ژنومی افراد به طور همزمان استفاده می‌کند. این عمل از طریق ترکیب کردن ماتریس روابط خویشاوندی ژنومی (G) و ماتریس روابط خویشاوندی شجره‌ای (A) صورت می‌گیرد. فرم ماتریسی این روش در غالب مدل دام به صورت زیر می‌باشد:

$$y = X\beta + Za + e \quad (1)$$

در رابطه (۱)، y بردار ستونی مشاهدات مربوط به هر صفت برای گاوها ژنوتیپ شده و ژنوتیپ نشده،  $\beta$  بردار ستونی اثرات ثابت مدل شامل گروه همزمان (جنس، پرورش دهنده، گله)، a بردار ستونی اثر تصادفی باقیمانده که  $a \sim N(0, H\sigma_a^2)$ ، e  $\sim N(0, I\sigma_e^2)$  X و Z ماتریس‌های طرح هستند که رکوردها را به ترتیب به اثر عوامل ثابت و تصادفی ربط می‌دهند. ماتریس H ماتریس روابط خویشاوندی ژنتیکی تغییر یافته می‌باشد که ترکیبی از اطلاعات ماتریس روابط خویشاوندی شجره‌ای است:

(۲)

$$H = \begin{bmatrix} A_{21}A_{11}^{-1}GA_{11}^{-1}A_{12} + (A_{22} - A_{21}A_{11}^{-1}A_{12})A_{21}A_{11}^{-1}G \\ GA_{11}^{-1}A_{12} & G \end{bmatrix}$$

که در معادله (۲)،  $A_{11}$  زیر ماتریسی از ماتریس روابط خویشاوندی شجره‌ای (A) برای حیوانات ژنوتیپ شده می‌باشد،  $A_{22}$  زیر ماتریسی از ماتریس روابط خویشاوندی شجره‌ای (A) برای حیوانات ژنوتیپ نشده می‌باشد،  $A_{12}$   $A_{21}$  زیر ماتریسی از ماتریس A برای ارتباط بین حیوانات ژنوتیپ شده و نشده و G ماتریس روابط خویشاوندی ژنومی (۳۹، ۳۶) برای حیوانات ژنوتیپ شده است. علاوه بر این اثر ژنتیک و محیطی مادری تنها برای صفت وزن شیرگیری در نظر گرفته شد.

برای آزمون اثر عوامل ثابت، داده‌ها با استفاده از روش GLM نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای آنالیز داده‌ها در این تحقیق از نرم‌افزار BLUPf90 (۲۵) استفاده شد. برای برآورد اجزای واریانس، توارث‌پذیری و صحت پیش‌بینی ژنومی صفات از مدل حیوانی تک صفتی و برای تعیین همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات از مدل حیوانی دو صفتی استفاده شد. مدل حیوانی دو صفتی به فرم ماتریسی به شرح زیر است:

(۳)

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

در مدل (۳)  $y_1$  و  $y_2$  به ترتیب اولین و دومین صفت مورد نظر در مدل می‌باشند. بردارهای اثر عوامل ثابت برای صفت اول  $\beta_1$  و صفت دوم  $\beta_2$  مشابه و شامل اثر گروه همزمان (جنس،

این مطالعه ۲۸۳/۶۶ کیلوگرم بود که تقریباً مشابه میانگین وزن شیرگیری برای گاوها شارولی فرانسه (۲۷۹/۸۰) کیلوگرم) و بالاتر از گاوها نژاد لیموزین (Limousin) و مین-آنجو (Maine-Anjou) می‌باشد (۳۱). میانگین افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی گزارش شده برای گاوها گوشتی نژاد آنگوس قرمز (۱۶۰ کیلوگرم) پایین‌تر از مقدار محاسبه شده در این تحقیق است (۳). علاوه بر این مقدار میانگین وزن یکسالگی با برآوردهای بلد و همگاران (۳) مطابقت داشت. به طور کلی دلیل اختلاف میانگین صفات در مطالعات مختلف تا اندازه زیادی به تفاوت در شرایط ژنتیکی و محیطی، نوع اطلاعات و نحوه ویرایش داده‌های مورد بررسی مربوط می‌شود.

پنجره ژنومی با واریانس ژنتیکی افزایشی بیشتر از ۱ درصد و احتمال پسینی از ارتباط پنجره (WPPA)<sup>۱</sup> بالاتر از ۰/۹۵ به عنوان QTL با اثر عمده در نظر گرفته شد (۳۵)

## نتایج و بحث

### آمار توصیفی صفات مورد بررسی

آمار توصیفی صفات مورد بررسی در این تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است. میانگین وزن تولد گاوها گوشتی سیمنتال در این تحقیق ۳۷/۲۳ کیلوگرم بود که بالاتر از مقدار به دست آمده برای گاوها هانو (۲۷/۴۱ کیلوگرم) می‌باشد (۶). میانگین وزن بدن در گاوها گوشتی شارولی فرانسه نیز ۴۷/۱۰ کیلوگرم بود (۳۱). میانگین وزن شیرگیری در

جدول ۲- آمار توصیفی صفات مورد مطالعه

Table 2. Descriptive statistics for the studied traits

| صفت                                 | فوتوایپ و ژنوتاپی | حيوانات دارای فوتوایپ | حيوانات دارای ژنوتاپی | ميانگین (کیلوگرم) | انحراف میار (کیلوگرم) | ضریب تغییرات (%) | حداقل (کیلوگرم) | حداکثر (کیلوگرم) |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-----------------|------------------|
| وزن تولد                            | ۱۷۹۴۸             | ۵۱۹۹                  | ۳۷/۲۳                 | ۵۵/۶۹             | ۴/۴۳                  | ۱۱/۸۹            | ۱۶/۲۴           | ۵۵/۶۹            |
| وزن شیرگیری                         | ۱۹۱۷۱             | ۱۰۹۲۶                 | ۲۸۳/۶۶                | ۴۴۷/۹۴            | ۴۲/۰۷                 | ۱۴/۸۳            | ۱۲۳/۸۹          | ۴۴۷/۹۴           |
| وزن یکسالگی                         | ۱۲۴۷۶             | ۷۳۶۲                  | ۴۸۱/۴۵                | ۷۷۵/۷۶            | ۷۵/۹۲                 | ۱۵/۹۷            | ۱۸۸/۶۰          | ۷۷۵/۷۶           |
| افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی | ۱۰۵۴۴             | ۵۶۳۶                  | ۲۰۰/۱۰                | ۴۱۳/۷۳            | ۶۶/۶۵                 | ۳۳/۳۰            | ۴۵/۴۴           | ۴۱۳/۷۳           |

آنگوس آمریکا ۰/۵۱ و ۰/۰ بود و نشان‌دهنده آن است که وراثت‌پذیری یک صفت از یک جمعیت به جمعیت دیگر متفاوت می‌باشد (۳۴، ۱۶). این امر به دلیل تفاوت در شرایط محیطی، نحوه مدیریت، روش برآورد وراثت‌پذیری و ظرفیت ژنتیکی حیوانات است. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که وراثت‌پذیری صفات با سطح تولید گله‌ها تغییر می‌کند (۳، ۱۹)، به نحوی که در گله‌هایی با سطح رشد بالاتر وراثت‌پذیری صفاتی نظیر صفات وزن بدن بیشتر از گله‌هایی است که میانگین رشد آنها کمتر است. به طور کلی پایین‌تر بودن وراثت‌پذیری صفت وزن شیرگیری نسبت به وزن تولد نشان دهنده این امر است که سهم قابل توجه‌ای از تفاوت‌های فنتوتیپی صفت مذکور در بین حیوانات مختلف، ناشی از تفاوت‌های مربوط به اثرات ژنتیکی غیرافزایشی، محیطی از جمله محیطی دائمی مادری بین آنهاست. لذا به منظور افزایش عملکرد وزن شیرگیری گاوها سیمنتال آمریکا، توجه عمده به بهبود شرایط محیطی پرورش، بهداشت گله و همچنین تعذیه بهتر دامها یک امر ضروری است.

### تخمین اجزای واریانس و پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی

برآورد واریانس‌های ژنتیکی افزایشی و باقیمانده حاصل از تجزیه و تحلیل تک صفتی در جدول ۳ ارائه شده است. این جدول بیانگر این نکته است که سهم واریانس ژنتیکی افزایشی از واریانس فنتوتیپی در صفت افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی کمتر از صفات وزن تولد و وزن شیرگیری بود. وراثت‌پذیری صفات مربوط به وزن تولد، وزن شیرگیری، وزن یکسالگی و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی در تحقیق حاضر به ترتیب برابر با ۰/۳۸ ± ۰/۰۲، ۰/۳۵ ± ۰/۰۱، ۰/۲۴ ± ۰/۰۱، ۰/۲۲ ± ۰/۰۲ و ۰/۲۰ ± ۰/۰۱ (جدول ۴). وراثت‌پذیری برآورد شده برای صفات مذکور در تحقیق حاضر در دامنه برآوردهای گزارش شده در تحقیقات مشابه می‌باشد. وراثت‌پذیری وزن تولد و وزن شیرگیری در گاوها آنگس استرالیا به ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۲۶ تخمین‌زده شد (۳۸). وراثت‌پذیری افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی و وزن یکسالگی در گاوها گوشتی آنگوس قرمز به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۳۲ برآورد گردید (۳). البته وراثت‌پذیری وزن شیرگیری به ترتیب در گاوها گوشتی

جدول ۳- برآورد اجزای واریانس صفات مورد مطالعه

Table 3. Estimates of variance components for the studied traits

| اجزای واریانس                                  | وزن تولد | وزن شیرگیری | وزن یکسالگی | افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی |
|--|----------|-------------|-------------|-------------------------------------|
| واریانس ژنتیکی افزایشی ( $\sigma_a^2$ )        | ۳۶/۶۲    | ۱۰۶/۲۲      | ۱۸۳۹/۶۱     | ۷۲۳/۰/۸                             |
| واریانس ژنتیکی افزایشی مادری ( $\sigma_m^2$ )  | ---      | ۵۶۲/۷۲      | ---         | ---                                 |
| واریانس محیطی دائمی مادری ( $\sigma_{\mu}^2$ ) | ---      | ۳۵۶/۰/۸     | ---         | ---                                 |
| واریانس باقیمانده ( $\sigma_e^2$ )             | ۶۰/۸۲    | ۲۵۲۷/۹۰     | ۳۴۱۶/۴۱     | ۲۵۲۷/۹۰                             |
| واریانس فنتوتیپی ( $\sigma_p^2$ )              | ۹۷/۴۴    | ۴۵۰۶/۹۲     | ۵۲۵۶/۰/۳    | ۳۲۵۰/۹۸                             |

1- Window posterior probability of association

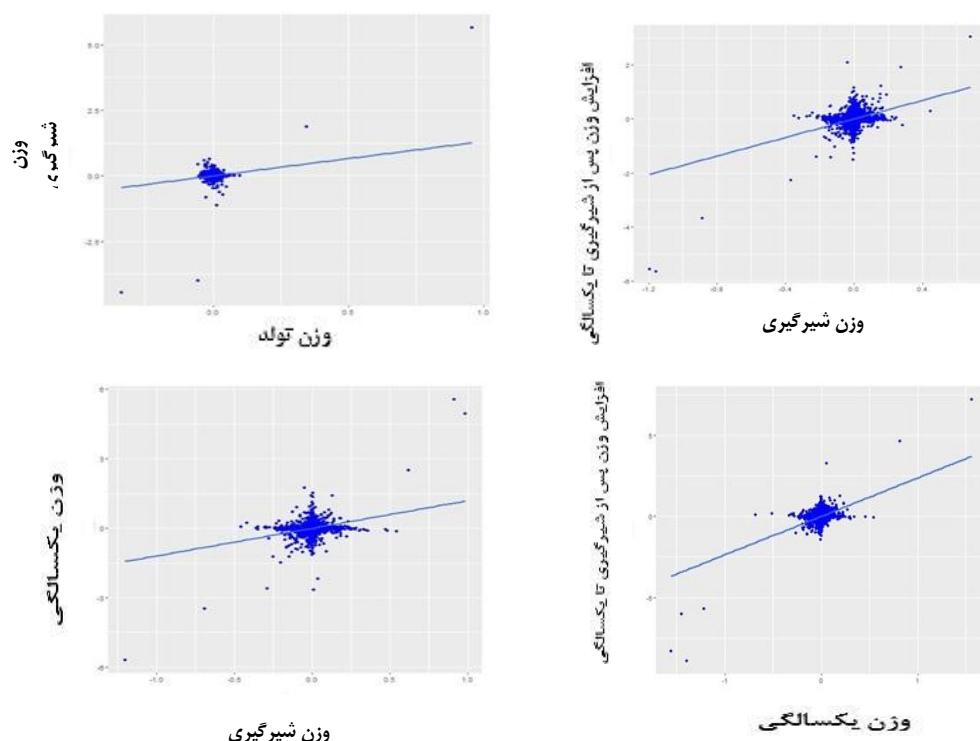
جدول ۴- وراثت‌پذیری (روی قطر)، همبستگی ژنتیکی (بالای قطر) و همبستگی فنوتیپی (پایین قطر) صفات مورد مطالعه  
Table 4. Heritability (diagonal), genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations for the studied traits

| صفت                                  | وزن تولد     | وزن شیرگیری  | وزن یکسالگی  | افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
| وزن تولد                             | .۰/۲۸ ± ۰/۰۲ | .۰/۴۹        | .۰/۴۲        | .۰/۳۱                               |
| وزن شیرگیری                          | .۰/۲۶        | .۰/۲۴ ± ۰/۰۱ | .۰/۵۴        | .۰/۵۰                               |
| وزن یک سالگی                         | .۰/۳۱        | .۰/۲۹        | .۰/۳۵ ± ۰/۰۱ | .۰/۵۱                               |
| افزایش وزن پس از شیرگیری تا یک سالگی | .۰/۱۹        | .۰/۳۳        | .۰/۴۶        | .۰/۲۲ ± ۰/۰۲                        |

(۱۵،۳۸). در بین صفات مربوط به وزن بدن، کمترین همبستگی فنوتیپی مربوط به صفت وزن تولد با افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی (۰/۱۹) گزارش شد. سایر برآوردهای مربوط به همبستگی‌های فنوتیپی، مثبت و متوسط به پایین بوده و دامنه‌ای از ۰/۲۹ (بین وزن شیرگیری با وزن یکسالگی) تا ۰/۴۶ (وزن یکسالگی با افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی) داشتند. به طور کلی، همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات وزن بدن در سنین مختلف، با برآوردهای سایر محققین در تزادهای مختلف گاو گوشته توسعه تورس و همکاران (۳۸) و ایروین لوپز و همکاران (۱۶) مطابقت داشت. علاوه براین، هبیر و همکاران (۱۵) همبستگی ژنتیکی بین صفت وزن تولد با وزن شیرگیری و وزن یکسالگی را به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۵۳ در گاو گوشته تخمین زدند که تا حدودی از مقادیر برآورد شده در این مطالعه بیشتر بود.

همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی صفات مورد مطالعه در جدول ۴ آرایه شده است. همبستگی ژنتیکی بین صفات وزن بدن در این مطالعه مثبت و متوسط بود و دامنه‌ای از ۰/۳۱ (بین وزن تولد با افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی) تا ۰/۵۴ (بین وزن شیرگیری با وزن یکسالگی) داشت. علاوه براین، رابطه بین اثرات نشانگری تخمین‌زده در صفات وزن بدن با بالاترین همبستگی ژنتیکی در شکل ۱ آرایه شده است. این نتایج نشان می‌دهند که ژن‌های مشابه این صفات را تحت کنترل داشته‌اند و لذا می‌توان وزن تولد را به عنوان معیار مناسبی برای بهبود وزن در سایر سنین در نظر گرفت.

برآوردهای همبستگی‌های فنوتیپی بین همه صفات تولیدی، مثبت و عموماً از همبستگی‌های ژنتیکی کمتر بودند که خود بیانگر پایین‌تر بودن ضریب تغییرات ژنتیکی نسبت به فنوتیپی و در نتیجه تاثیر کمتر محیط بر این صفات می‌باشد



شکل ۱- توزیع ارتباط اثرات نشانگری تخمین زده بین صفات وزن بدن در گاوهای گوشته سیمنتال آمریکا با استفاده از تجزیه و تحلیل دو صفت

Figure 1. The distortion of the association estimated marker effects between body weight traits in American Simmental beef cattle using bivariate analysis.

صحت انتخاب به کمک کل ژنوم در صفاتی که وراثت‌پذیری بالایی دارند بیشتر از صفاتی است که وراثت‌پذیری کمتری دارند (۱۴، ۲۶). ساعتچی و همکاران (۳۴) دامنه صحت پیش‌بینی ژنومی را برای صفات وزن بدن در گاوها گوشتی آنگوس از ۰/۲۲ تا ۰/۶۹ تا ۰/۷۰ تخمین زدند که با مقادیر برآورده شده در این مطالعه مشابهت داشت. لی و همکاران (۲۰) صحت پیش‌بینی را با استفاده از روش‌های تک مرحله‌ای در تراشه ۵۰-K و صفات لاشه بین ۰/۲۷ تا ۰/۵۲ تا ۰/۵۰ گزارش کردند. در سایر گزارشات توسط داتاوایلر و همکاران (۵) و پایوچ و همکاران (۲۹) نشان دادند که تراکم نشانگری و میزان LD از مهمترین فاکتورهای موثر بر صحت پیش‌بینی می‌باشند به طوریکه استفاده از این تراکم‌های نشانگری در کنار اطلاعات فنوتیپی می‌تواند باعث افزایش صحت پیش‌بینی شود.

صحت پیش‌بینی ارزش‌های اصلاحی ژنومی صفات وزن بدن در گاوها گوشتی سیمنتال آمریکا با استفاده از روش ssGBLUP در جدول ۵ نشان داده شده است. ارزش‌های اصلاحی ژنومی برای صفات وزن بدن با صحت نسبتاً بالایی برآورد شدند. بیشترین صحت پیش‌بینی ارزش اصلاحی ژنومی در بین صفات مورد مطالعه مربوط به وزن شیرگیری و وزن یکسالگی بود. از آنجاییکه وراثت‌پذیری تخمین زده شده برای این صفات بالا و همین‌طور تعداد افراد جمعیت مرجع در این صفات بیشتر از دو صفت دیگر بود، بنابراین می‌توان گفت که نتایج مورد انتظار می‌باشد. ارزش‌های اصلاحی ژنومی برای صفت افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی با صحت پایین‌تری نسبت به وزن تولد برآورده شدند. این نتایج نیز مورد انتظار بود چرا که وراثت‌پذیری این صفت نسبت به وزن تولد نیز پایین‌تر و معادل ۰/۲۲ بود. مطالعات قبلی انجام شده بر روی انتخاب ژنومی همچنین نشان داده است که

جدول ۵- صحت پیش‌بینی ارزش‌های اصلاحی ژنومی و ضریب تابعیت ارزش‌های فنوتیپی به ارزش‌های اصلاحی ژنومی تخمین‌زده شده  
صفات وزن بدن

Table 5. Genomic prediction accuracies and regression of phenotype on genomic estimated breeding value between body weights traits

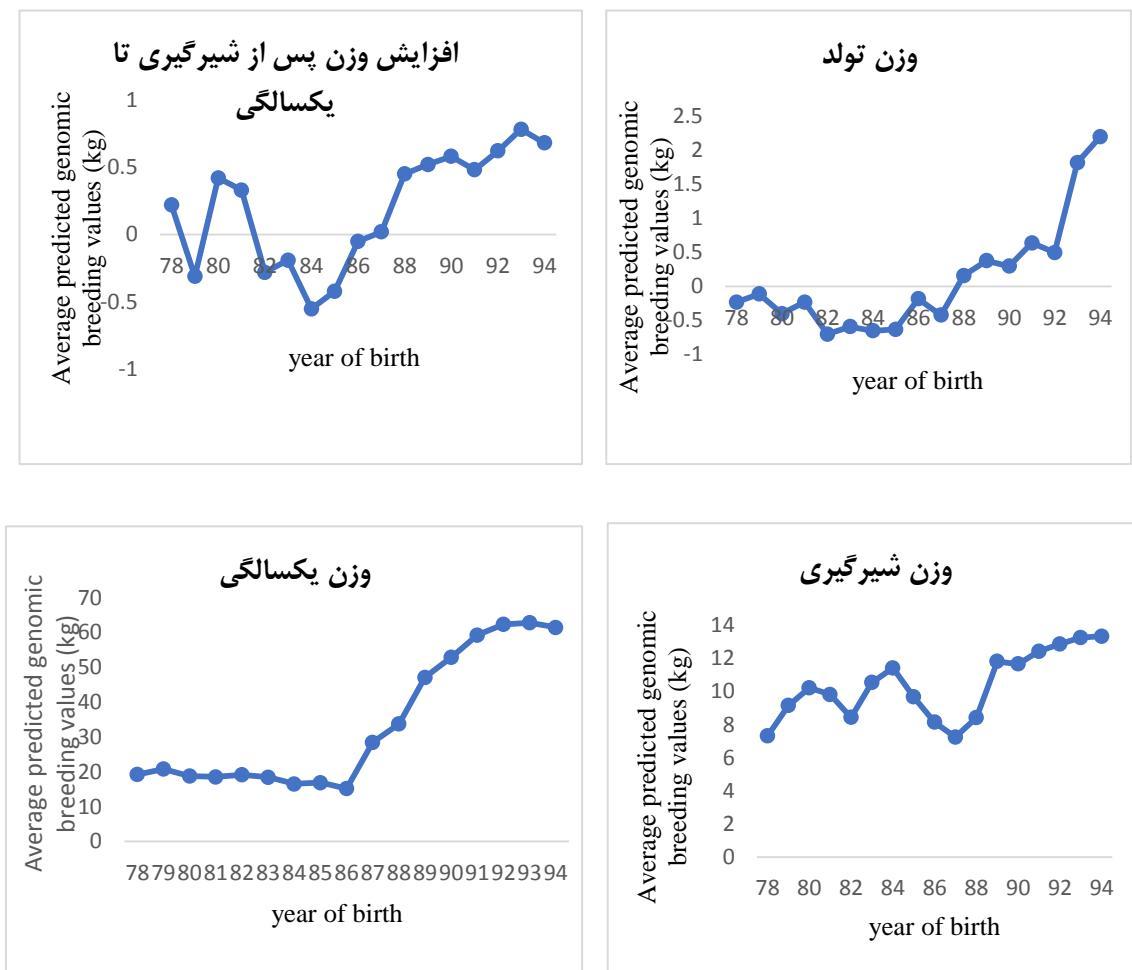
| $b_{PA,GEBV}$ | $r_{PA,GEBV}$ | صفت                                 |
|---------------|---------------|-------------------------------------|
| -۰/۸۹         | -۰/۳۸         | وزن تولد                            |
| ۱/۲۶          | ۰/۶۸          | وزن شیرگیری                         |
| ۱/۰۷          | ۰/۵۷          | وزن یکسالگی                         |
| ۱/۶۷          | ۰/۲۷          | افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی |

تولد، وزن شیرگیری، وزن یکسالگی و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یک سالگی به ترتیب ۰/۱۳، ۰/۲۸، ۰/۴۳ و ۰/۰۵ کیلوگرم در سال بدست آمد. همانطور که در این شکل مشخص است، نوسانات اندکی در روند ژنتیکی تمامی صفات بهویژه وزن شیرگیری و وزن یکسالگی طی سال‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود که نشان از وجود اهداف و معیار انتخاب مشخص در هر یک از این صفات می‌باشد. به عبارت دیگر در بازه زمانی مورد بررسی، خط مشی مشخص در خصوص اصلاح و بهبود ژنتیکی صفات وزن بدن در گاو گوشتی سیمنتال آمریکا وجود داشته است. اگرچه از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ روند ژنتیکی نزولی در تمامی صفات بهویژه صفات وزن تولد و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یک سالگی دیده می‌شود ولی این روند پایدار نبوده و بعد از سال ۱۳۸۷ روند ژنتیکی صعودی با نوسانات اندکی مشاهده شده است.

ضریب تابعیت ارزش‌های فنوتیپی به ارزش‌های اصلاحی تخمین‌زده شده، در جدول ۵ نشان داده شده است. ضریب تابعیت پیش‌بینی ژنومی به ترتیب برای وزن تولد و وزن یکسالگی ۰/۸۹ و ۱/۰۷ تخمین‌زده شد. ضریب تابعیت پیش‌بینی ژنومی کمتر از یک نشان می‌دهد که واریانس ارزش‌های اصلاحی ژنومی بیش از حد برآورده شده است. دلیل احتمالی این مسئله این است که نشانگرها در LD کامل با ژن‌های عامل عمدۀ نبوده و لذا واریانس ژنتیکی کل به طور کامل محاسبه نمی‌شود. با توجه به مقادیر برآورده شده می‌توان گفت که ارزش‌های اصلاحی ژنومی بدست آمده برای وزن یکسالگی نسبت به سایر صفات ناریب‌تر بوده است، زیرا که ضریب تابعیت آن نزدیک به یک تخمین‌زده شده است.

#### روند تغییرات ژنتیکی

میانگین ارزش اصلاحی ژنومی پیش‌بینی شده صفات وزن بدن بر حسب سال تولد با استفاده از تجزیه و تحلیل تک صفتی در شکل ۲ نشان داده شده است. روند ژنتیکی وزن



شکل ۲- میانگین ارزش‌های اصلاحی، ژنومی، بینی، شده صفات وزن بدن، ط، سال‌های تولد.  
Figure 2. The mean of predicted genomic breeding values of body weight traits during years of birth

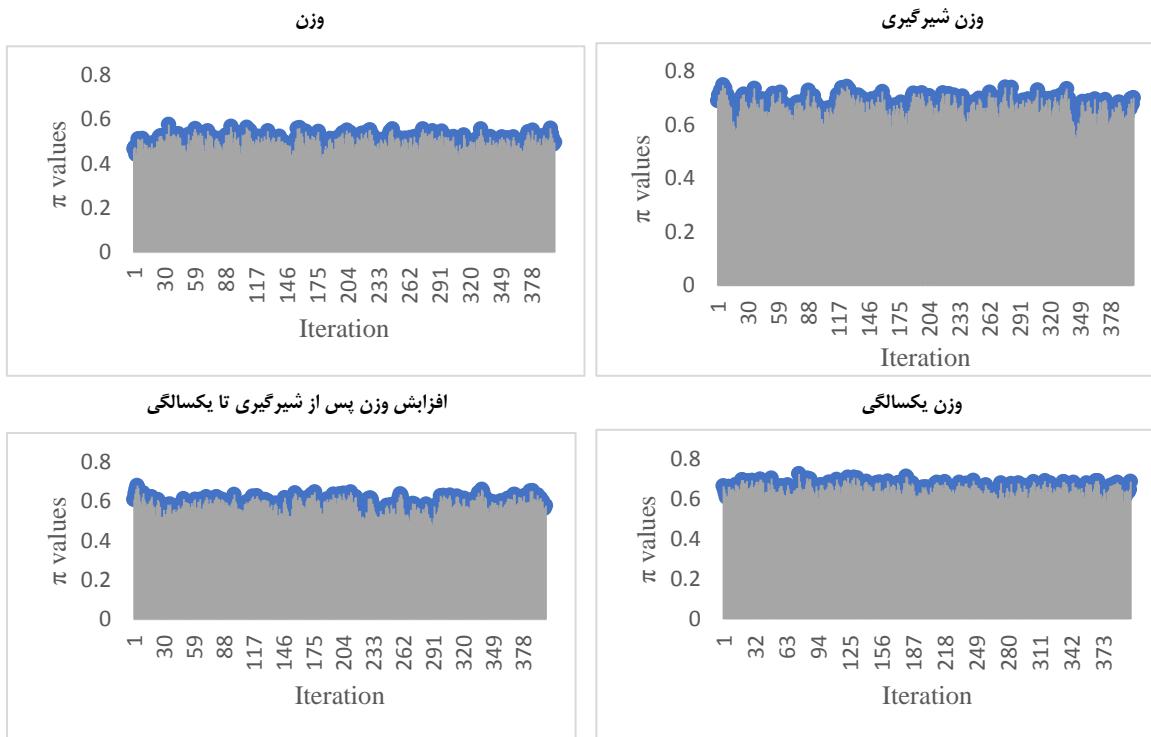
وزن بدن در شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین مقادیر  $\pi$  تخمین زده شده بعد از همگرایی نمونه به ترتیب برای صفات وزن تولد، وزن شیرگیری، وزن یکسالگی و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی استمرار نداشت (۱۳، ۱۲). همچنین، کاهش میانگین ارزش اصلاحی ژنومی برای صفات وزن بدن طی سال‌های شناسایی گردید که از این مقادیر برای شناسایی، QTLs های با اثر عمده به وسیله روش بیز B استفاده شد (۳۴، ۲۰).

در مجموع تعداد سه QTL با اثر عمده در این مطالعه شناسایی گردید که بر روی بیشتر از یک صفت موثر بودند. این QTLs ها بر روی کروموزوم‌های شش در موقعیت ۳۷ میلیون باز، کروموزوم هفت در موقعیت ۹۰ میلیون باز و کروموزوم چهارده در موقعیت ۲۲ میلیون باز شناسایی شد. به طور کلی، QTL بر روی کروموزوم شش در موقعیت ۳۷ میلیون باز بالاترین مقدار کل واریانس ژنتیکی افزایشی را نشان داد. علاوه بر این، این QTL با احتمال پسینی از ارتباط پنجره (WPPA)  $0.99/0.99$  تا ۱ در هر چهار صفت وزن بدن مشاهده شد (شکل ۴).

صعود آنی میانگین ارزش اصلاحی ژنومی بعد از سال ۱۳۸۷ را می‌توان به ورود دام‌هایی با ارزش اصلاحی بالاتر مربوط دانست که البته در صفت افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی استمرار نداشت (۱۳، ۱۲). همچنین، کاهش میانگین ارزش اصلاحی ژنومی برای صفات وزن بدن طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ را می‌توان به تفاوت بین گاوها نر از نظر تعداد نتاج نسبت داد، به طوریکه بعضی از گاوها نر برتر به علل تولید مثلی و مدیریتی حذف شده و قدرت باروری کردن تعداد گاوها ماده کمتری را داشته‌اند (۶، ۱۲، ۳۷). میانگین ارزش اصلاحی ژنومی بالاتر به ازای هر سال برای صفات وزن شیرگیری و وزن یکسالگی در این مطالعه را می‌توان به واریانس ژنتیکی افزایشی بالاتر این دو صفت در مقایسه با صفات وزن تولد و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی نسبت داد (۲۲، ۳۳).

**جایگاه‌های صفت کمی (QTLs) موثر بر صفات وزن بدن**

مقادیر مختلف  $\pi$  تخمین زده شده با استفاده از روش بیز C در زنجیره‌ای به طول ۴۰۰۰ نمونه برای صفات مربوط به

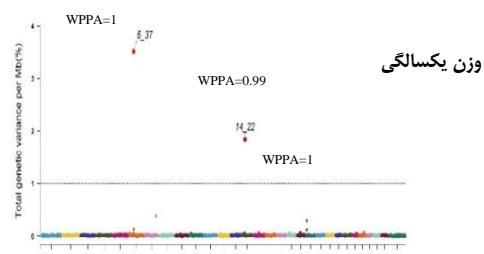
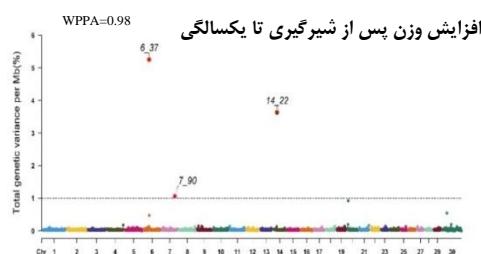
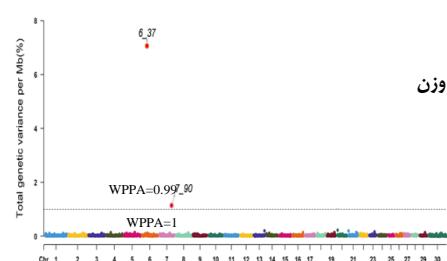
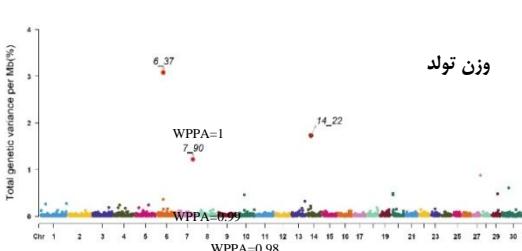


شکل ۳- توزیع مقادیر  $\pi$  تخمین زده شده با زنجیره‌ای به طول ۴۰۰۰۰ نمونه مربوط به صفات وزن بدن

Figure 3. The distribution of estimated  $\pi$  values with 40000 iteration related to body weights traits

باز را در صفات وزن بدن، صفات رشد و صفات لاشه در گاو گوشتی نشان دادند (۳۴،۸). علاوه بر این، موقیت ۳۷ میلیون بازی شناسایی شده در کروموزوم شش نزدیک به ژن LAP3 (leucine aminopeptidase 3) در موقعیت ۳۸/۶۰-۳۸/۵۷ میلیون بازی واقع شده است به طوریکه این ژن در پلیمریزه کردن (polymerization) و تجزیه پروتئین‌ها در سلول‌های عضلانی نقش دارد (۴۳).

بالاترین مقدار واریانس ژنتیکی افزایشی مربوط به QTL بر روی کروموزوم شش در صفت وزن تولد بدست آمد که مقدار آن ۶/۶۳ درصد از کل واریانس ژنتیکی افزایشی بود. ساعتچی و همکاران (۳۵) مقدار واریانس ژنتیکی افزایشی مربوط به این QTL را ۰/۳۲ درصد برای این صفت در گاو گوشتی هرفورد تخمین زدند. مطالعات متعددی وجود QTL روی کروموزوم شش و در موقیت‌های نزدیک به ۳۷ میلیون



شکل ۴- پلات منهتن ترسیم شده برای صفات وزن بدن به همراه مقادیر از احتمال پسینی از ارتباط پنجره (WPPA)

Figure 4. Manhattan plot for body weights traits with window posterior probability of association (WPPA) values

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان گفت که با افزایش تعداد افراد جمعیت مرجع و افزایش وراثت‌بذری صفات کمی صحت پیش‌بینی ژنومی افزایش می‌یابد. لذا با توجه به کم بودن اندازه جمعیت مرجع در گاو گوشتی سیمنتال آمریکا، می‌توان از روش ارزیابی ژنومی تک مرحله‌ای با ترکیب هر دو اطلاعات شجره‌ای و ژنومی صحت ارزیابی‌های ژنومی را افزایش داد. بین صفات وزن بدن در گاوها گوشتی سیمنتال آمریکا همبستگی مطلوب وجود دارد که بخشی از آن منشا ژنتیکی و بخشی منشا محیطی دارد. لذا چنانچه سودآوری گله از طریق افزایش ظرفیت ژنتیکی برای صفات رشد حیوانات مدنظر باشد، با توجه به همبستگی مطلوب این صفات، برنامه اصلاح نژادی بایستی بر اساس انتخاب همزمان برای صفات مذکور از طریق یک شاخص انتخاب صورت گیرد. همچنین، در مجموع تعداد سه QTL با اثر عمده در این مطالعه شناسایی گردید که بر روی بیشتر از یک صفت موثر بودند به طوریکه می‌توان از این QTL‌ها در برنامه‌های اصلاحی گاو گوشتی استفاده کرد.

### تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر مهدی ساعتچی بهدلیل اظهارنظرهای ارزشمند ایشان و فراهم کردن داده‌های مربوط به گاوها گوشتی سیمنتال آمریکا سپاسگزاری می‌شود.

QTL شناسایی شده بر روی کروموزوم هفت و موقعیت ۹۰ میلیون باز در صفات وزن تولد، وزن شیرگیری و وزن یکسالگی مشاهده شد. بالاترین واریانس ژنتیکی افزایشی بدست آمده برای این QTL ۱/۱۶ درصد مربوط به صفت وزن شیرگیری بود. در مطالعه دیگری مقدار واریانس ژنتیکی افزایشی تخمین‌زده شده برای این QTL در صفت ناحیه عضله ریب-آی (ribeye muscle area) ۰/۱۶ (ribeye muscle area) QTL بر روی گوشتی گلبی (Gelbvieh) گزارش شد (۳۵). QTL بر روی کروموزوم ۱۴ و موقعیت ۲۲ میلیون باز در صفات وزن شیرگیری، وزن یکسالگی و افزایش وزن پس از شیرگیری تا یکسالگی مشاهده شد. بالاترین واریانس ژنتیکی افزایشی بدست آمده برای این QTL ۳/۰۴ درصد مربوط به صفت وزن یکسالگی بود. مقدار واریانس ژنتیکی افزایشی تخمین زده شده برای این QTL در موقعیت ۲۶ میلیون بازی برای صفت وزن لاشه ۲ درصد در گاو گوشتی گلبی (Gelbvieh) برآورد گردید که از مقدار محاسبه شده در این مطالعه پایین‌تر بود (۳۵). کریم و همکاران (۱۸) و نیشیمورا و همکاران (۲۸) به ترتیب نشان دادند که ژن PLAG1 (pleiomorphic adenoma gene) بر روی کروموزوم ۱۴ می‌تواند با اندازه گاو در نسل دوم هشتاین × جرسی و وزن لاشه در گاو سیاه ژپنی در ارتباط باشد. همچنین، جیانگ و همکاران (۱۷) و فریمن و همکاران (۸) ژن LOC107133096 بر روی کروموزوم ۱۴ را گزارش کردند که می‌تواند در فرایند کتوزیس (Ketosis) نقش داشته باشد.

### منابع

1. Aguilar, I., I. Misztal, D.L. Johnson, A. Legarra and S. Tsuruta. 2010. Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. *Journal of Dairy Science*, 93: 743-752.
2. Akanno, E.C., L. Chen, K. Mohammed, A. Ismail, J. Crowley, Z. Wang, C. Li, J.A. Basarab, M.D. MacNeil and G.S. Plastow. 2018. Genome-wide association scans for heterotic quantitative trait loci in multi-breed and crossbreed beef cattle. *Genetics Selection Evolution*, 50: 48.
3. Boldt R.J., S.E. Speidel, M.G. Thomas and R. Mark Enns. 2018. Genetic parameters for fertility and production traits in Red Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 96: 4100-4111.
4. Cheng, H., D.J. Garrick, and R.L. Fernando. JWAS: Julia implementation of whole-genome analyses software using univariate and multivariate Bayesian mixed effects model. Retrieved June 8, 2019 from <http://QTL.rocks>.
5. Daetwyler, H., K. Kemper, J. Van der Werf and B. Hayes. 2012. Components of the accuracy of genomic prediction in a multi-breed sheep population. *Journal of animal science*, 90: 3375-3384.
6. Dorostkar, M., S.A. Rafat, J. Shodja and N. Pirany. 2010. Study of Genetic and Phenotype Trends of Some of Growth Traits in Moghani Sheep. *Journal of Animal Science Research*, 4: 15-25 (In Persian).
7. Fernando, R.L., J.C. Dekkers and D.J. Garrick. 2014. A class of Bayesian methods to combine large numbers of genotyped and non-genotyped animals for whole-genome analyses. *Genetics Selection Evolution*, 46: 50.
8. Freebern, E., D.J.A. Santos, L. Fang, J. Jiang, K.L. Parker Gaddis, G.E. Liu, P.M. VanRaden, C. Maltecca, J.B. Cole and L. Ma. 2020. GWAS and fine-mapping of livability and six disease traits in Holstein cattle. *BMC Genomics*, 21: 41.
9. Garrick, D.J., J.F. Taylor and R.L. Fernando. 2009. Deregressing estimated breeding values and weighting information for genomic regression analyses. *Genetics Selection Evolution*, 41: 55.
10. Habier, D., R.L. Fernando and J.C. Dekkers. 2009. Genomic selection using low-density marker panels. *Genetics*, 182: 343-353.
11. Hanford, K.J., L.D. Van Vleck, and G.D. Snowder. 2005. Estimates of genetic parameters and genetic change for reproduction, weight and wool characteristics of Rambouillet sheep. *Small Ruminant Research*, 57: 175-186.

12. Hanford, K.J., L.D. Van Vleck and G.D. Snowder. 2006. Estimates of genetic parameters and genetic trend for reproduction, weight, and wool characteristics of Polypay sheep. *Livestock Science*, 102: 72-82.
13. Hansen, L.B., A.E. Freeman and P.J. Berger. 1983. Yield and fertility relationships in dairy cattle. *Journal Dairy Science*, 66: 293-305.
14. Hayes, B.J., P.J. Bowman, A. Chamberlain and M. Goddard. 2009. Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. *Journal of Dairy Science*, 92: 433-443.
15. Hieber, J.K., R.L. Endecott, J.A. Boles and J.M. Thomson. 2021. Identification of genomic regions for carcass quality traits within the American simmental association carcass merit program. *Animals*, 11: 471.
16. Irvine Lopez, B., K.G. Santiago, K. Seo, T. Jeong, J.E. Park, H. Chai, W. Park and D. Lim. 2020. Genetic parameters of birth weight and weaning weight and their relationship with gestation length and age at first calving in Hanwoo (*Bos taurus coreanae*). *Animals*, 10: 1083.
17. Jiang, J., J.B. Cole, E. Freebern, Y. Da, P.M. VanRaden and L. Ma. 2019. Functional annotation and Bayesian fine-mapping reveals candidate genes for important agronomic traits in Holstein bulls. *Communications Biology*, 2(1): 212.
18. Karim, L., H. Takeda, L. Lin, T. Druet, J.A. Arias, D. Baurain, N. Cambisano, S.R. Davis, F. Farnir, B. Grisart, B.L. Harris, M.D. Keehan, M.D. Littlejohn, R.J. Spelman, M. Georges and W. Coppieters. 2011. Variants modulating the expression of a chromosome domain encompassing PLAG1 influence bovine stature. *Nature Genetics*, 43: 405-413.
19. Khorshidi, R., M.D. MacNeil, D.P. Hays, M.K. Abo-Ismail, J.J. Crowley, E.C. Akanno, Z. Wang and G. Plastow. 2020. Estimation of genetic parameters and trend for growth traits in Hays converter cattle using multiple-trait and random regression models. *Livestock Science*, 241: 104245.
20. Lee, J., H. Cheng, D. Garrick, B. Golden, J.C.M Dekkers, K. Park, D. Lee and R. Fernando. 2017. Comparison of alternative approaches to single-trait genomic prediction using genotyped and non-genotyped Hanwoo beef cattle. *Genetics Selection Evolution*, 49: 1-9.
21. Legarra, A., I. Aguilar and I. Misztal. 2009. A relationship matrix including full pedigree and genomic information. *Journal of Dairy Science*, 92: 4656-63.
22. Meyer, K., B. Tier and A. Swan. 2018. Estimates of genetic trend for single-step genomic evaluations. *Genetics Selection Evolution*, 50: 39.
23. Meuwissen, T., B. Hayes and M. Goddard. 2001. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157: 1819-1829.
24. Miller, S. 2010. Genetic improvement of beef cattle through opportunities in genomics. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 247-255.
25. Misztal, I., A. Legarra and I. Aguilar. 2014. Using recursion to compute the inverse of the genomic relationship matrix. *Journal of Dairy Science*, 97(6): 3943-3952.
26. Naderi, Y. 2018. The importance of genetic relationships and phenotypic record on genomic accuracy of simulated imputation data via animal models in presence of genotype  $\times$  environment interactions. *Research on Animal Production*, 22: 119-130 (In Persian).
27. Nejati-Javaremi, A., C. Smith and J. Gibson. 1997. Effect of total allelic relationship on accuracy of evaluation and response to selection. *Journal of Animal Science*, 75: 1738-1745.
28. Nishimura, S., T. Watanabe, K. Mizoshita, K. Tatsuda, T. Fujita, N. Watanabe, Y. Sugimoto and A. Takasuga. 2012. Genome-wide association study identified three major QTL for carcass weight including the PLAG1-CHCHD7 QTN for stature in Japanese Black cattle. *BMC Genetics*, 13: 40.
29. Pausch, H., I.M. MacLeod, R. Fries, R. Emmerling, P.J. Bowman, H.D. Daetwyler and M.E. Goddard. 2017. Evaluation of the accuracy of imputed sequence variant genotypes and their utility for causal variant detection in cattle. *Genetics Selection Evolution*, 49: 24.
30. Pérez-Cabal, M.A., A.I. Vazquez, D. Gianola, G.J.M. Rosa and K.A. Weigel. 2012. Accuracy of genome-enabled prediction in a dairy cattle population using different cross-validation layouts. *Frontiers in Genetics*, 3: 27.
31. Phocas, F. and D. Laloe. 2004. Genetic parameters for birth and weaning traits in French specialized beef cattle breeds. *Livestock Production Science*, 89: 121-128.
32. Purcell, S., B. Neale, K. Todd-Brown, L. Thomas, M.A. Ferreira, D. Bender, J. Maller, P. Sklar, P.I. De Bakker and M.J. Daly and P.C. Sham. 2007. PLINK: a tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. *The American Journal of Human Genetics*, 81: 559-575.
33. Rashidi, A. and H. Akhshi. 2007. Estimation of genetic and environmental trends for growth traits in Kordish sheep. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 38: 329-335 (In Persian).
34. Saatchi, M., M.C. McClure, S.D. McKay, M.M. Rolf, J. Kim, J.E Decker, T.M. Taxis, R.H. Chapple, H.R. Ramey, S.L. Northcutt, S. Bauck, B. Woodward, J.C.M. Dekkers, R.L. Fernando, R.D. Schnabel, D.J. Garrick and J.F. Taylor. 2011. Accuracies of genomic breeding values in American Angus beef cattle using K-means clustering for cross-validation. *Genetics Selection Evolution*, 43: 40.
35. Saatchi, M., R.D. Schnabel, J.F. Taylor and D.J. Garrick. 2014. Large-effect pleiotropic or closely linked QTL segregate within and across ten US cattle breeds. *BMC Genomics*, 15: 442.

36. Saheb Alam, H., M. Gholizadeh, H. Hafezian and A. Farhadi. 2017. Comparison of Bayesian methods in the genomic evaluation with different genetic architecture. *Research on Animal Production*, 18: 177-186 (In Persian).
37. Sullivan, P.G., J.W. Wilton, S.P. Miller and L.R. Banks. 1999. Genetic trends and breed overlap derived from multiple-breed genetic evaluations of beef cattle for growth traits. *Journal of Animal Science*, 77: 2019-2027.
38. Torres-Vázquez, J.A., J.H.J van der Werf and S.A. Clark. 2018. Genetic and phenotypic associations of feed efficiency with growth and carcass traits in Australian Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 96: 4521-4531.
39. VanRaden, P.M. 2008. Efficient Methods to Compute Genomic Predictions. *Journal of Dairy Science*, 91: 4414-4423.
40. VanRaden, P.M., C.P. Van Tassell, G.R. Wiggans, T.S. Sonstegard, R.D. Schnabel, J.F. Taylor and F.S. Schenkel. 2009. Invited review: reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls. *Journal of Dairy Science*, 92: 16-24.
41. Visscher, P. and C. Haley. 1998. Strategies for marker-assisted selection in pig breeding programmes. *Stočarstvo*, 52: 425-434.
42. Wiggans, G.R., T.S. Sonstegard, P.M. VanRaden, L.K. Matukumalli, R.D. Schnabel, J.F. Taylor, F.S. Schenkel and C.P. Van Tassell. 2009. Selection of single nucleotide polymorphisms and quality of genotypes used in genomic evaluation of dairy cattle in the United States and Canada. *Journal of Dairy Science*, 92: 3431-3436.
43. Zheng, X., Z. Ju, J. Wang, Q. Li, J. Huang, A. Zhang, J. Zhong and C. Wang. 2011. Single nucleotide polymorphisms, haplotypes and combined genotypes of LAP3 gene in bovine and their association with milk production traits. *Molecular Biology Reports*, 38: 4053-4061.

## Genetic Evaluation of Body Weight of American Simmental Beef Cattle using Single-Step GBLUP Approaches

Mostafa Madad<sup>1</sup>, Jalil Shodja<sup>2</sup>, Sadegh Alijani<sup>3</sup>, Seyed Abbas Rafat<sup>2</sup> and Jack C.M. Dekkers<sup>4</sup>

1- Ph.D. Student, Department of Animal Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2- Professor, Department of Animal Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3- Associate Professor, Department of Animal Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran,  
(Corresponding Author: sad-ali@tabrizu.ac.ir)

4- Professor, Department of Animal Sciences, Iowa state university, Ames, United States of America

Received: May 1, 2021

Accepted: June 12, 2021

### Abstract

In this study, body weight records of 19171 American Simmental beef cattle including 8758 bull and 10413 cows from 2000 to 2016 were used to estimate genetic parameters and trend. We conducted genetic evaluation of data from 5199, 10926, 7362 and 5636 genotyped beef cattle of gene-based single nucleotide polymorphisms (SNPs) for birth weight (BW), weaning weight direct (WWD), yearling weight (YW) and post-weaning weight gain (PWG), respectively. Genetic parameters estimated using univariate and bivariate animal models and BLUPf90 software. Heritabilities were estimated for BW, WW, YW and PWG  $0.38 \pm 0.02$ ,  $0.24 \pm 0.01$ ,  $0.35 \pm 0.01$  and  $0.22 \pm 0.02$  using univariate analysis, respectively. Genetic correlation between BW and PWG was 0.31. The highest and the lowest genomic accuracy were estimated for WWD (0.68) and PWG (0.27), respectively. Genetic trends were estimated for BW, WW, YW and PWG 0.13, 0.28, 3.43 and 0.05, respectively. In addition, slight changes were observed in the genetic trend of all traits, especially weaning weight direct and yearling weight across years of study which indicates the existence of specific selection goals and criteria in each of these traits. In general, three large-effect closely linked QTLs identified on BTA6 at 37 Mb, on BTA7 at 90 Mb and on BTA14 at 22 Mb. Because correlations were favorable between body weight traits, breeding program should be based on the simultaneous selection of these traits through the selection index.

**Keywords:** Genomic selection, Genomic Accuracy, Genetic parameters, Genetic trend, Single step method