The University of Tehran Press

Iranian Journal of Animal Science

Online ISNN: 2008-4773

Homepage: http:// ijas.ut.ac.ir/

Determining the economic selection index for growth traits in the semi-intensive rearing system of Merkhoz goats
Economic selection indices in the traditional goat breeding system

Farhad Hosseinzadeh Shirzeyli[1], Sahereh Joezy-Shekalgorabi [2*], Mehdi Amin-Afshar[1], Mohammad Razmkabir [3]

1. Department of Animal Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: farhad_hosseinzadeh1983@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: Joezy5949@gmail.com
3. Department of Animal Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: aminafshar@gmail.com
4. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: m.razmkabir@uok.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 19 July 2023

Received in revised form: 29 September 2023

Accepted: 23 October 2023

Published online: 21 June 2024

Keywords:

Markhoz goat,

Selection Index,

Economic gainBulmer effect.

ABSTRACT

The aim of this research was to study different economic selection indices to increase body weight in Markhoz goat breed. Body weight (BW) at different ages (birth, weaning, 6-month and 9-month) were categorized as several two- and three-traits selection indices. Genetic parameters were estimated with MTGSAM using the Bayesian statistical method. Selection index analyzes were done using SelAction software. The results of comparing three-trait indices showed that highest total economic gain resuled from I9 which was US$4.86. The total economic response for two-trait index belonged to I4 which was US$3.94 and higher than 5 others. The highest direct genetic gain from three-trait indices was predicted for 9-month weight in I8 and I9 indices to be about 0.63 kg. In addition, the highest direct genetic improvement resulting from two-trait indices was also predicted for the 9-month weight in the I3 to be 0.66 kg. Moreover, the selection and performance criteria revealed decrease in phenotypic variance, heritability, and genetic correlation of traits. These changes differed in alternative selection schemes, which influenced by the initial population parameters, selection intensity, direct or indirect selection, and the number of traits included in the selection index. In conclusion, to maximize the total economic gain, two selection indices I9 and I4 can be suggested for the current condition of the Markhoz goat population. However, to preserve the phenotypic/genetic variance of traits, it is necessary to focus on strategies such as selection intensity, economic coefficients, indirect selection, and increasing the number of traits in selection indices.

Cite this article: Hosseinzadeh Shirzeyli, f., Joezy-Shekalgorabi, S., Amin-Afshari, M. & Razmkabir, M. (2024). Determining the economic selection index for growth traits in the semi-intensive rearing system of Merkhoz goats Economic selection indices in the traditional goat breeding system. *Iranian Journal of Animal Science*, 55 **(**2**),** 349-366. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.362055.653954

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.362055.653954

Extended Abstract

Introduction

Markhoz goat is one of important goat breeds in Iran. This research aimed to investigate different economic selection indices for improving growth and body weight in this endangered goat breed in a traditional breeding system.

Materials and methods

Birth weight (BW), weaning weight (WW), 6-month weight (6 MW) and 9-month weight (9 MW) were included in several selection indices of two and three-trait indices to increase body weight. The responses to

the selection for these traits using economic coefficients of 0.1, 3.00, 5.66, and 1.50 respectively were predicted. Furthermore, the magnitude of the Bulmer effect resulting from different selection indices were investigated. An equal number of male and female animals in three age classes were used in all studied selection indices. Therefore, the average generation interval and proportion of male to female in all selection indices were 2.224 and 1 to 6, respectively.

Results and Discussion

As a result of selection, genetic gain, the total economic gain, and the changes in population parameters such as phenotypic variance, genetic correlations, and traits heritability were different in various selection indices. The results of the comparison of three-trait indices showed that the highest total economic gain resuled from I9 which was US$4.86. Also, the total economic response for two-trait I4 was predicted as 3.94 dollars which were more than 5 other two-trait indices. The highest predicted direct genetic gain resulted from three-trait indices was belonged to 9-month weight in I8 and I9 indices which was about 0.63 kg. Moreover, the economic gain resulting from this genetic improvement in the mentioned indices was measured as 43 and 55% of the total economic gains from I8 and I9 respectively. In addition, the highest direct genetic improvement resulting from two-trait indices was also predicted for the 9-month weight in the I3 to be 0.66 kg, which accounted for 99% of the total economic gain in that selection index. Moreover, the selection and performance criteria revealed decrease in phenotypic variance, heritability, and genetic correlation of traits. These changes were different in alternative selection schemes because they can be influenced by the initial population parameters, the selection intensity for each trait, direct or indirect selections, and the number of included traits in each selection index.

Conclusion

In conclusion, to maximize the total economic gain, two selection indices I9 and I4 can be suggested in the current condition of the Markhoz goat population. But in order to preserve the phenotypic/genetic variance of traits, in this endangered breed, it is necessary to pay more attention to strategies such as selection intensity, economic coefficients of traits, indirect selection, and maybe increasing the number of traits in selection indices.

نشریه علوم دامی ایران، دوره ۵۵، شماره ۲

شاپا الکترونیکی: ۷۹۴۹-۲۴۲۳

انتشارات دانشگاه تهران

Homepage: http://ijas.ut.ac.ir//

تعیین شاخص انتخاب اقتصادی برای صفات رشد در سیستم پرورش نیمه متمرکز بز مرخز
شاخص‌های انتخاب اقتصادی در سیستم پرورش سنتی بز مرخز

فرهاد حسین زاده شیرذیلی[۱] | ساحره جوزی شکالگورابی[۲]✉| مهدی امین افشار[۳] | محمد رزم کبیر[۴]

۱. گروه علوم دامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. آدرس ایمیل: farhad_hosseinzadeh1983@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. آدرس ایمیل: Joezy5949@gmail.com

۳. گروه علوم دامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. آدرس ایمیل:aminafshar@gmail.com

۴. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. آدرس ایمیل:m.razmkabir@uok.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

بز مرخز، شاخص انتخاب، سود اقتصادی، اثر بولمر

چکیده

هدف این پژوهش مطالعه‌ی شاخص‌های انتخاب اقتصادی برای افزایش اوزان بدن در بز مرخز می‌باشد. صفات وزن بدن در سنین مختلف (تولد، شیرگیری، ۶ ماهگی و ۹ ماهگی) در چندین شاخص انتخاب دو صفتی و سه صفتی قرار گرفتند. پارامترهای ژنتیکی با نرم‌افزار MTGSAM و روش آماری بیزی برآورد شدند. آنالیزهای مربوط به شاخص انتخاب با نرم‌افزار *SelAction* انجام گرفت. نتایج مقایسات شاخص‌های سه صفتی نشان داد بیشترین رشد اقتصادی کل در شاخص انتخاب معادل ۴/۸۶ دلار بود (شاخص I۹). علاوه‌براین پاسخ اقتصادی کل در شاخص انتخاب دو صفتی (شاخص I۴) با ۳/۹۴ دلار بیش از ۵ شاخص دوصفتی دیگر بدست آمد. بیشترین پیشرفت ژنتیکی مستقیم حاصل از شاخص‌های سه صفتی در وزن ۹ ماهگی حدود ۰/۶۳ کیلوگرم پیش‌بینی شد (شاخص‌های I۸ و I۹). بیشترین پیشرفت ژنتیکی مستقیم حاصل از شاخص‌های دو صفتی نیز در وزن ۹ ماهگی برابر با ۰/۶۶ کیلوگرم پیش‌بینی شد (شاخص I۳). با مطالعه‌ی اثر بولمر (کاهش واریانس و وراثت‌پذیری بر اثر انتخاب) در پیش بینی‌های این مطالعه، مشخص شد که مقدار واریانس فنوتیپی، وراثت‌پذیری و همبستگی صفات بعد از انتخاب کاهش یافته و میزان این کاهش تحت تاثیر مقدار واریانس فنوتیپی/ ژنتیکی، وراثت‌پذیری اولیه در جمعیت، شدت انتخاب در هر صفت، انتخاب مستقیم یا غیرمستقیم و تعداد صفت در شاخص انتخاب قرار دارد. درنتیجه برای حداکثرسازی سود اقتصادی کل، دو شاخص انتخاب I۹ و I۴ در شرایط جمعیت بز مرخز حاضر پیشنهاد می‌گردد. اما برای حفظ واریانس فنوتیپی و ژنتیکی صفات لازم است به استراتژی‌هایی مانند شدت انتخاب، ضرایب اقتصادی صفات، انتخاب غیرمستقیم و افزایش تعداد صفت در شاخص انتخاب توجه بیشتری داشت.

استناد: حسین زاده شیرذیلی، فرهاد؛ جوزی شکالگورابی، ساحره؛ امین افشار، مهدی و رزم کبیر، محمد (۱۴۰۳). تعیین شاخص انتخاب اقتصادی برای صفات رشد در سیستم پرورش نیمه متمرکز بز مرخز شاخص‌های انتخاب اقتصادی در سیستم پرورش سنتی بز مرخز. *نشریه علوم دامی ایران*، ۵۵ (۲)، ۳۶۶-۳۴۹. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.362055.653954

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2023.362055.653954

مقدمه

اصلاح نژاد شامل برنامه‌های مدون و سازمان یافته است که هدف نهایی در آن افزایش سود در سیستم پرورش مورد نظر است. به همین منظور، از اطلاعات مختلف شامل عملکرد انفرادی دام‌ها و روابط ژنتیکی بین آنها به منظور برآورد ارزش‌های اصلاحی استفاده می‌شود و در نهایت افراد دارای برتری نسبی به عنوان والدین نسل بعد انتخاب می‌گردند. به عبارتی دیگر، انتخاب، فراوانی ژن‌های مطلوب را در جمعیت دامی افزایش داده که معادل بهره وری اقتصادی بیشتر می‌باشد (Falconer & Mackay, 1996; Hill & Mackay, 2004; Sölkner *et al.*, 2008; Sajjad, 2012). ازآنجایی که راندمان اقتصادی در یک واحد پرورشی به بیش از یک صفت بستگی دارد، برای رسیدن به اهداف اقتصادی مورد نظر، روش شاخص انتخاب سودمندترین روش برای انتخاب چند صفت بصورت همزمان است که بر انتخاب افراد دارای بالاترین ظرفیت اقتصادی در چندین صفت متمرکز می‌شود (Hazel *et al.*, 1994).

اصلاح نژاد برای بهبود بهره‌وری براساس تعیین اهداف اصلاحی و شاخص‌های انتخاب مناسب، می‌تواند پرورش‌دهندگان را برای حفظ یک نژاد بخصوص ترغیب کند، درنتیجه می‌تواند به عنوان یک روش کارآمد برای پیشگیری از انقراض گونه‌های کم تولید در نظر گرفته شود(Biscarini et al., 2015). افزایش سطح بهره‌وری نژادهای موجود با انجام پروژه‌های اصلاح نژادی مطابق با نیازهای منطقه‌ای، صنعت پرورش بز در جهان را در حدود ۶۶ درصد افزایش داده است Dubeuf & (Boyazoglu, 2009)

باتوجه به افزایش جمعیت و نیاز بیشتر به گوشت، با استفاده از روش‌های اصلاح نژادی و به ویژه شاخص انتخاب، می‌توان بستر افزایش بازدهی در گوشت دام (با ثابت نگهداشتن تعداد دام) را در راستای تامین نیاز کشور فراهم نمود. علاوه بر آن با توجه به جغرافیا و سطح مراتع و شرایط آب و هوایی در ایران، پرورش دام سبک (گوسفند و بز) به صرفه تر می باشد (Sepulveda *et al*, 2022) از طرف دیگر امروزه استفاده از شاخص انتخاب با توجه به معضلات اقتصادی، جهت انتخاب دام‌های برتر بعنوان تولید نتاج برتر قطعا ضروری است و باعث افزایش سود دامدار میشود (Manaf Hosseini, 2004). یکی از راههای موثر بر افزایش سودآوری در دامپروری استفاده از اصلاح نژاد دام است و بدون در نظر گرفتن اهمیت نسبی صفات از نظر اقتصادی نمی توان اصلاح نژاد را بصورت بهینه انجام داد. مناسب ترین راه تعیین اهمیت نسبی صفات بدست آوردن ارزش اقتصادی آنها و شاخص انتخاب است (Sadeghi-Sefidmazgi *et al*, 2012).

از دیدگاه تولید، بز به عنوان یک دام چندمنظوره مورد پرورش قرار می‌گیرد و همزمان با فروش فرآورده‌های مختلف از جمله شیر، گوشت و الیاف منجر به کسب درآمد برای پرورش‌دهنده می‌گردد. بز مرخز یکی از مهمترین نژادهای بومی ایران است که عمدتاً در استان کردستان در غرب ایران پرورش می‌یابد. این نژاد ارزشمند در معرض خطر انقراض قرار دارد و برای حفاظت به توجه بیشتری از سوی دولت و اصلاح‌گران و کارشناسان حفاظت محیط زیست نیاز دارد (Rashidi *et al.*, 2011).

بطور کلی صفاتی که در بز دارای اهمیت اقتصادی بوده و بر سودآوری واحد پرورش بز موثر می‌باشند متفاوت بوده و شامل صفات وزن تولد، وزن شیرگیری، نسبت کلیبر، وزن ۶، ۹ و ۱۲ ماهگی، کیفیت لاشه، وزن الیاف، میزان زنده‌مانی یا بقاء می باشد (Bett *et al*., 2007; Lobo *et al*., 2010; Rashidi *et al*., 2011; Lopes *et al*., 2012; Kargar Borzi *et al*., 2017). در این میان برخی صفات مانند وزن تولد به صورت مستقیم بر سودآوری موثر نیست ولی معمولا بزغاله‌های دارای وزن تولد بالا وزن از شیرگیری بالاتری نیز دارند. از سوی دیگر بزغاله‌های با وزن خیلی بالا و وزن خیلی پایین تولد، میزان بقاء کمتری را نشان می‌دهند .(Rashidi *et al*., 2011)

درصورتیکه وزن شیرگیری یکی از مهمترین صفات موثر بر سودآوری در بز شناخته شده است و معمولا این صفت به عنوان معیار انتخاب مورد توجه قرار می‌گیرد که علاوه بر ژنوتیپ بزغاله به وسیله اثرات ژنتیکی و محیط مادری به شدت تحت تاثیر

قرار می‌گیرند. میزان وراثت‌پذیری صفات رشد از کم تا متوسط است به انتخاب، پاسخ متوسطی نشان می‌دهند (Bett *et al*., 2007; Rashidi *et al*., 2011).

تا کنون مطالعه‌ای در خصوص تأثیر انتخاب بر واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات در بز مرخز انجام نشده است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مطالعه‌ی شاخص‌های انتخاب اقتصادی برای افزایش اوزان بدن در بز مرخز در سنین مختلف بود.

برای این هدف مقایسه‌ی شاخص‌های انتخاب مختلف ۲ و ۳ صفتی مختلف برای مطالعه‌ی پاسخ‌های انتخاب و اثر بولمر (کاهش واریانس و وراثت‌پذیری) در جمعیت بز مرخز انجام گرفت.

پیشینه پژوهش

مقدار واریانس ژنتیکی صفات مختلفی که تحت انتخاب مصنوعی قرار می گیرند، توسط فرآیندهای انتخاب کنترل می شوند. عامل مستقل از انتخاب یعنی اندازه‌ی جمعیت کوچک به دلیل ایجاد خویشاوندی و همخونی، تنوع ژنتیکی را کاهش می‌دهد و اندازه‌ی موثر جمعیت را کاهش می‌دهد که به آن رانش گفته می‌شود که ناشی از عوامل جمعیتی است و برای همه صفات یکسان است (Falconer & Mackay, 1996; Hubert de Rochambeau. *et al*., 2000). انتخاب عامل عمده‌ی دیگری‌ست که باعث تغییرات جهت‌دار در فراوانی آللی و عدم تعادل لینکاژی در بین ژن‌ها می‌شود که به عنوان اثر بولمر شناخته می‌شود. اثرات مشترک رانش ژنتیکی و انتخاب، علاوه بر کاهش واریانس ژنتیکی، خطر از دست دادن آلل‌ها را در ژن‌های منتخب یا انتخاب نشده افزایش می‌دهند و با تغییر ساختار خویشاوندی، همخونی را در جمعیت افزایش می‌دهند (Le Corre & Kremer, 2012; Allier *et al*., 2019) واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات از پایه‌های انتخاب هستند. رانش و انتخاب باعث کاهش واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری در نسل‌های متوالی می‌گردند در نتیجه منجر به کاهش پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار در آینده خواهند شد (Macedo *et al*., 2021). Macedo و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که اثر بولمر تأثیر بیشتری نسبت به رانش بر تغییرات ژنتیکی صفت تولید شیر در گوسفند شیری Manech Tête Rousse داشته است (Macedo *et al*., 2021).

عموما اهمیت اقتصادی صفات در حیوانات اهلی دستخوش تغییرات مداوم بازارمحلی، فرهنگ، جغرافیا و غیره هستند. گزارش شده است که شاخص انتخاب در بیشتر نژادهای بز در جهان، بر افزایش تولید شیر متمرکز شده است (Scholtens *et al*., 2020). با این حال برخی کشورها به صفات مورفولوژیک، تیپ، صفات تولیدی دیگر مانند گوشت و الیاف، مقاومت به انگل و باروری نیز اهمیت می‌دهند (Lopes *et al*., 2012; Gunia *et al*., 2013; Al-Khaza'leh *et al*., 2015; Kheirabadi & Rashidi, 2016; Asroush *et al*., 2018; Mueller *et al*., 2021; Ziadi *et al*., 2021). علاوه براین بررسی‌های اخیر نشان داده است که بز در تولید گوشت کم چربی نقش مهمی داشته و به همین دلیل در دنیای امروز تقاضا برای مصرف گوشت آن درحال افزایش است (Gunia *et al*., 2013; Mueller *et al*., 2021). در بازار محلی ایران، فروش بزغاله پرواری به منظور تولید گوشت، تولید موهر و تولید شیر به ترتیب دارای بالاترین اهمیت در پرورش بز مرخز در نظر گرفته شده‌است. از طرف دیگر، اهمیت هر یک از این صفات به ساختار ژنتیکی جمعیت، سیستم پرورش و روابط هزینه–درآمد سیستم تولیدی نیز بستگی دارد (Kheirabadi & Rashidi, 2016; Nazari-Ghadikolaei *et al*., 2018).

یک مطالعه، چهار شاخص انتخاب (یک شاخص انتخاب سه صفتی و ۳ شاخص انتخاب دو صفتی) را در گوسفند کرمانی شبیه سازی نمود. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که پیشرفت ژنتیکی و پیشرفت اقتصادی با افزایش جمعیت و کاهش نسبت قوچ افزایش می‌یابد. همچنین مقایسه‌ی بین شاخص‌ها نشان داد که مناسب‌ترین شاخص انتخاب در گوسفند کرمانی، شاخص سه صفتی شامل وزن بدن میش، وزن پشم سالانه و وزن کل بره‌ها به ازای هر میش می‌باشد. (Kargar Borzi & Mokhtari, 2020).

مطالعه شاخص انتخاب اقتصادی با هدف کاهش قطر الیاف و افزایش وزن الیاف در بز کشمیر بومی مغولستان نشان داد که انتخاب مستقیم برای قطر الیاف منجر به کاهش ۰/۳۹ میکرومتر در قطر الیاف شد، با این حال، وزن بیده الیاف کشمیر به کندی و به مقدار ۲/۹۰ – گرم در هر نسل تغییر کرد (Tseveenjav *et al.*, 2020).

پژوهشگران نشان دادند که فاصله‌ی بزغاله‌زایی در بزهای اسپانیایی فلوریدا و پایویا می‌تواند بالاترین پاسخ ژنتیکی را نشان دهد، اما از آنجا که این صفت در اواخر زندگی بزهای ماده قابل رکوردبرداری است آنرا نمی‌توان به عنوان معیار انتخاب توصیه نمود. با این وجود، یک شاخص انتخاب شامل سن مادر در اولین بزغاله‌زایی و فاصله‌ی بین زایش اول و دوم به عنوان یک معیار انتخاب مناسب برای بهبود ژنتیکی صفات باروری پیشنهاد گردید (Ziadi *et al.*, 2021).

مواد و روش ها

اطلاعات مورد استفاده

برای انجام این پژوهش، از اطلاعات مربوط به رکوردگیری بز مرخز استفاده شد. اطلاعات مربوط به اوزان بدن در سنین مختلف بوده که در ایستگاه پرورش و اصلاح‌نژاد بز مرخز واقع در استان کردستان جمع‌آوری شد. داده ها طی سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۹ و مربوط به وزن های تولد، شیرگیری، شش ماهگی ، وزن نه ماهگی و وزن یکسالگی بودند. کل دام‌های موجود در فایل داده شامل ۵۵۰۸ بز مرخز حاصل از ۲۶۱ پدر و ۱۶۱۵ مادر بودند. تعداد ۵۱۵۹ رکورد مربوط به وزن تولد، ۳۹۴۸ رکورد وزن شیرگیری، ۳۷۵۹ رکورد وزن ۶ ماهگی، ۳۳۳۷ رکورد وزن ۹ ماهگی و ۲۹۰۲ رکورد وزن یکسالگی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه از بزهای نر و ماده‌ی سه سال آخر برای جمعیت انتخابی و پیش‌بینی پیشرفت ژنتیکی حاصل از شاخص‌های گوناگون استفاده گردید.

برآورد مؤلفه‌های واریانس، پارامترهای ژنتیکی صفات و ارزش‌های اصلاحی حیوانات

در این پژوهش برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و ارزش‌های اصلاحی، از رکوردهای ثبت شده‌ی وزن‌های تولد (۵۱۵۷)، سه‌ماهگی،شش ماهگی، نه ماهگی و یک سالگی در بز مرخز استفاده گردید. ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها بررسی شد، مجموعه داده مورد مطالعه برای رفع خطاهای موجود تصحیح شد. عوامل ثابت سال تولد، نوع تولد، جنسیت بزغاله و سن مادر هنگام زایش بعنوان اثرات ثابت معنی دار در مدل قرار گرفتند. سپس با استفاده از نرم‌افزار DMU و الگوریتم AI در پکیج DMUai تجزیه مولفه‌های واریانس/ کوواریانس به روش حداکثر درست‌نمائی محدود شده انجام شد (Madsen *et al.*, 2008; Madsen & Jensen, 2013). علاوه بر این با استفاده از پکیج DMU4 محاسبات BLUE و BLUP با روش مبتنی بر تکرار Symmetric SOR Conjugate Gradient (Dostál & Pospíšil, 2018) انجام شد و ارزش‌های اصلاحی حیوانات در مدل چند صفتی به صورت زیر برآورد گردید (Madsen & Jensen, 2014). سپس اطلاعات ارزش‌های اصلاحی حیوانات برای انتخاب والدین نسل بعد استخراج گردید.

برآورد مولفه‌های واریانس–کوواریانس، پارامترهای ژنتیکی و محاسبه ارزش‌های اصلاحی دام‌ها در مورد هر صفت از طریق برازش ۶ مدل انجام گرفت. به‌منظور یافتن مناسب‌ترین مدل در برگیرنده اثرات ثابت و تصادفی مؤثر بر هر یک از صفات مورد بررسی مدل‌های زیر، با و بدون در نظر گرفتن اثرات مادری شامل اثرات ژنتیکی افزایشی مادری و اثرات محیطی دائمی مادری در مدل، آزمون شدند. مدل‌های آزمون شده به‌صورت زیر می‌باشند (Meyer, 1992).

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z_1a} + \mathbf{e} \qquad \text{(مدل ۱)(۳-۲)}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z_1a} + \mathbf{Z_2c} + \mathbf{e} \qquad \text{(مدل ۲) (۳-۳)}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z_1a} + \mathbf{Z_3m} + \mathbf{e} \qquad \text{Cov (a, m) = 0} \qquad \text{(مدل ۳) (۳-۴)}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z_1a} + \mathbf{Z_3m} + \mathbf{e} \qquad \text{Cov (a, m)} = A\sigma_{am} \qquad \text{(مدل ۴) (۵-۳)}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z_1a} + \mathbf{Z_2c} + \mathbf{Z_3m} + \mathbf{e} \qquad \text{Cov (a, m)} = 0 \qquad \text{(مدل ۵) (۶-۳)}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z_1a} + \mathbf{Z_2c} + \mathbf{Z_3m} + \mathbf{e} \qquad \text{Cov (a, m)} = A\sigma_{am} \qquad \text{(مدل ۶) (۷-۳)}$$

y = بردار مشاهدات برای صفت مورد استفاده

b = بردار اثرات ثابت

a = بردار اثرات ژنتیکی مستقیم

m = بردار اثرات ژنتیکی افزایشی مادری

c = بردار اثرات محیطی دائمی مادری

X = ماتریس ضرایب که اثرات ثابت را به مشاهدات مربوط می‌کند.

Z1 = ماتریس ضرایب که اثرات ژنتیکی افزایشی مستقیم را به مشاهدات مربوط می‌کند.

Z2 = ماتریس ضرایب که اثرات محیطی دائمی مادری را به مشاهدات مربوط می‌کند.

Z3 = ماتریس ضرایب که اثرات ژنتیکی افزایشی مادری را به مشاهدات مربوط می‌کند.

e = بردار اثرات باقی‌مانده

Cov (a, m) = کوواریانس اثر ژنتیکی افزایشی مستقیم و مادری

انتخاب مدل مناسب برای برآورد مولفه‌های کواریانس و پارامترهای ژنتیکی با استفاده از معیار اطلاعات آکائیک[1]صورت گرفت. این معیار کیفیت نسبی مدل‌های آماری را برای اطلاعات مورد بررسی مشخص می‌کند. از نظر آماری این معیار به صورت زیر محاسبه می‌شود (Cavanaugh & Neath, 2019).

$$AIC = n\ln(Rss/n) + 2k$$

در این رابطه RSS مجموع مربعات باقیمانده، n تعداد نمونه‌ها و k تعداد پارامترهای موجود در مدل است. مدلی که دارای مقدار آکائیک کمتری باشد، به عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب می‌شود.

ارزش اقتصادی صفات

برای تعیین ضرایب اقتصادی صفات مورد مطالعه به مطالعات پیشین در جمعیت بز کرکی رایینی مراجعه شد (Kargar Borzi *et al.*, 2017; Vatankhah *et al.*, 2010). در نهایت از ضرایب اقتصادی محاسبه شده در صفات مشابه در بزهای رایینی، ارزش اقتصادی وزن تولد، وزن از شیرگیری، وزن در ۶ ماهگی، وزن در ۹ ماهگی و وزن در یک سالگی به ترتیب ۰/۱۰، ۳/۰۰، ۵/۶۶، ۱/۵۰ ، ۰/۷۸ – درنظر گرفته شد (Kargar Borzi *et al.*, 2017). این وزن‌ها، بیانگر بازدهی اقتصادی تقریبی یا درآمد خالص به دلار برای افزایش یک واحد در صفات مورد نظر می‌باشد. سپس ضرایب اقتصادی مطلق و ضرایب اقتصادی نسبی صفات محاسبه گردید که در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱. ضرایب اقتصادی مطلق و نسبی صفات اقتصادی مورد مطالعه

صفت	ضریب اقتصادی مطلق ($)	ضریب اقتصادی نسبی
وزن تولد	۰/۱۰	۰/۰۱۸
وزن از شیرگیری	۳/۰۰	۰/۵۳
وزن ۶ ماهگی	۵/۶۶	۱
وزن ۹ ماهگی	۱/۵۰	۰/۲۶

1. Akaike Information Criterion

هدف و شاخص انتخاب

تحقیق حاضر به‌منظور مقایسه‌ی شاخص‌های انتخاب گوناگون برای مطالعه‌ی پاسخ‌های انتخاب و اثر بولمر در نژاد بز مرخز با استفاده از برنامه‌ی SelAction نسخه‌ی ۲/۲ و با بکارگیری اطلاعات شجره ثبت شده در ایستگاه پرورش و اصلاح‌نژاد در استان کردستان انجام شده است.

در این مطالعه روش شاخص انتخاب چندصفتی استفاده گردید (Thompson & Meyer, 1986; Conington *et al.*, 2001; Kargar Borzi *et al.*, 2017; Mueller *et al.*, 2021). هدف اصلاحی به منظور افزایش وزن بدن در سنین مختلف، با استفاده از ۶ شاخص انتخاب دو صفتی با دو پاسخ همبسته و ۳ شاخص انتخاب سه صفتی با یک پاسخ همبسته طراحی و از منظر پاسخ انتخاب (پیشرفت ژنتیکی، پاسخ اقتصادی) و پارامترهای بولمر مورد بررسی واقع شدند. شاخص‌های انتخاب در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- شاخص‌های انتخاب دو صفتی و سه صفتی مورد مطالعه

ID شاخص	هدف انتخاب
I1	0.1*BW+3*WW
I2	0.1*BW+5.66*W6
I3	0.1*BW+1.5*W9
I4	3*WW+5.66*W6
I5	3*WW+1.5*W9
I6	5.66*W6+1.5*W9
I7	0.1*BW+3*WW+5.66*W6
I8	0.1*BW+3*WW+1.5*W9
I9	3*WW+5.66*W6+1.5*W9
وزن تولد:BW، وزن از شیرگیری: WW، وزن ۶ ماهگی: W6 و وزن ۹ ماهگی: W9	

برای مقایسه‌ی شاخص‌های انتخاب متفاوت در انتخاب بر اساس BLUP-EBV برآورد شده با استفاده از اطلاعات فنوتیپی، شبیه‌سازی قطعی با استفاده از نرم‌افزار SelAction نسخه‌ی ۲/۲ انجام شد و شاخص‌های انتخاب متفاوت بر اساس پیشرفت ژنتیکی، سود اقتصادی کل و پاسخ تعادل بولمر به انتخاب مقایسه شدند (Rutten *et al.*, 2002).

پیش‌بینی پاسخ انتخاب

معادله پیش‌بینی پاسخ انتخاب به قرار زیر می‌باشد:

$$\Delta G = i\ \rho\ \sigma_A$$

از آنجا ک انتخاب در هر دو جنس انجام شده است معادله به صورت زیر است:

$$\Delta G = \frac{1}{2} i_m \rho_m \sigma_A + \frac{1}{2} i_f \rho_f \sigma_A$$

که میانگین پاسخ ناشی از انتخاب نرها (m) و ماده‌ها (f) می‌باشد. که در آن $G\Delta$ پاسخ انتخاب، i شدت انتخاب، ρ دقت انتخاب و σ_A انحراف معیار ژنتیکی افزایشی صفتی است که باید بهبود یابد.

در شرایط حاضر که نسل‌ها همپوشان هستند گروه‌های سنی متعددی درنظر گرفته می‌شوند و پاسخ انتخاب به اثر ترکیبی انتخاب در همه‌ی گروه های سنی و فاصله نسل بستگی خواهد داشت. پاسخ انتخاب برای نسل‌های همپوشان به صورت زیر است:

$$\Delta G = \frac{\bar{R}}{\bar{L}}$$

که در آن $\bar{R}$ میانگین تفاوت انتخاب ژنتیکی در گروه‌های سنی و جنسی است و $\bar{L}$ میانگین فاصله‌ی بین نسل‌ها در گروه‌های سنی و جنسی می‌باشد، و $\bar{R}$ به صورت زیر است:

$$\bar{R} = \frac{1}{2} \sum_{x=m,f} \sum_{k=1}^{n} i_{x,k} \rho_{x,k} \sigma_A \frac{n_{x,k}}{N_x}$$

که در آن x جنس و k کلاس سنی می‌باشد. مقدار ½ میانگین دو جنس نرها و ماده‌ها را بیان می‌کند، $n_{x,k}$ تعداد والدین جنس xم است که از کلاس سنی kم انتخاب شده، N_x تعداد کل والدین نر انتخاب شده (x=m) یا والدین ماده (x=f) است، بنابراین عبارت $n_{x,k}/N_x$ تفاوت انتخاب را در گروه‌های سنی در جنس‌ها میانگین می‌کند. میانگین فاصله نسل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{L} = \frac{1}{2}\sum_{x=m,f}\sum_{k=1}^{n} age\ (K)\frac{n_{x,k}}{N_X}$$

که سن (k) سن گروه سنی kم در زمانی است که فرزندان والدین انتخاب شده متولد می‌شوند.

و در نهایت با ضرب ارزش اقتصادی در مقدار پیشرفت هر صفت پاسخ اقتصادی بدست می آید.

پارامترهای بولمر

پارامترهای ژنتیکی در تعادل بولمر با استفاده از روش تک در معادلات شاخص انتخاب ویلانووا و همکاران (۱۹۹۳) پیش‌بینی شده است (Villanueva *et al*., 1993).

یانس را می توان به صورت زیر بدست آورد. زمانیکه اررش اصلاحی یک فرد مطابق ریر است

$$Cov(A_i, A_j)_{sires} = Cov(A_i, A_j) - \frac{Cov(A_i, I)Cov(A_j, I)k_s}{\sigma_I^2}$$

که همین فرمول برای مادر ها نیز استفاده می شود و در آن به جای ks ، kd استفاده می‌شود، که در آن ks و kd ضرایب کاهش واریانس هستند که مقادیری از ۰ تا ۱ را دریافت می کنند، اما در بیشتر موارد نزدیک به ۰٫۸ هستند و ρs و ρd دقت انتخاب برای نرها و ماده‌ها هستند. ضرایب کاهش واریانس تابعی مستقیم از نسبت انتخاب شده است، k = i(i - x) که در آن i شدت انتخاب و x نقطه برش استاندارد است.

نتایج

برآورد مؤلفه‌های واریانس و پارامترهای جمعیت

جدول ۳ نتایج برآورد مؤلفه‌های واریانس و پارامترهای جمعیت در بز مرخز مورد مطالعه در مدل چند صفتی (۴ صفتی) را نشان می‌دهد. اعداد قطری مقادیر وراثت‌پذیری، اعداد بالای قطر مقادیر همبستگی ژنتیکی و اعداد زیر قطر مقادیر همبستگی فنوتیپی را در صفات مورد مطالعه نشان می‌دهد و دو سطر انتهای جدول واریانس‌های فنوتیپی و افزایشی قابل مشاهده است.

جدول ۳. برآورد مؤلفه‌های واریانس، همبستگی ژنتیکی (زیر قطر)، همبستگی فنوتیپی (بالای قطر) و وراثت‌پذیری (قطر)، بین صفات مورد مطالعه در مدل چند صفتی

صفت	وزن تولد	وزن از شیرگیری	وزن ۶ ماهگی	وزن ۹ ماهگی
وزن تولد	۰/۲۷۲	۰/۰۹۸	۰/۱۵۱	۰/۱۳۷
وزن از شیرگیری	۰/۴۲۸	۰/۱۸۴	۰/۷۸۷	۰/۶۲۶
وزن ۶ ماهگی	۰/۴۰۰	۰/۹۷۳	۰/۱۹۲	۰/۸۱۹
وزن ۹ ماهگی	۰/۲۹۸	۰/۸۳۱	۰/۹۳۲	۰/۲۹۹
مؤلفه‌های واریانس				
واریانس افزایشی	۰/۰۴۱±۰/۰۰۵	۲/۲۳۶±۰/۳۹	۲/۳۵±۰/۴۱	۴/۵۲±۰/۶۲
واریانس فنوتیپی	۰/۱۵۲	۱۲/۱۴۶	۱۲/۲۴۲	۱۵/۱۲۷

شاخص‌های انتخاب و ساختار جمعیت مولد

در این مطالعه از شاخص‌های دو و سه صفتی که شامل حداقل تعداد صفات باشند، استفاده شد. بنابراین از حیوانات سه نسل متوالی که ۲۷۹ راس (۱۴۱ بز نر و ۱۳۸ بز ماده) بودند، برای انتخاب و تشکیل جمعیت مولد استفاده شد. ساختار جمعیت انتخابی متشکل از ۳ گروه سنی، ۱۰ نر و ۵۵ بز ماده انتخابی بود با این ترکیب گله، مقدار فاصله‌ی نسل معادل ۲/۲۲۴ محاسبه گردید که میانگین فاصله‌ی نسل در سه گروه سنی از بزهای ماده و سه گروه سنی از بزهای نرها می‌باشد. همچنین برای کنترل همخونی و بهینه‌سازی مشارکت ژنتیکی از هر والد ماده تنها یک نتاج نر یا ماده انتخاب شد.

پاسخ به انتخاب در ۹ شاخص انتخاب مورد مطالعه

همانطوری‌که نتایج در شاخص‌های دو صفتی نشان می‌دهد کمترین پیشرفت ژنتیکی در صفت وزن تولد (۳۳-۲۳ گرم در هر سال) پیش‌بینی شده است. بیشترین پیشرفت ژنتیکی مستقیم در صفات وزن بدن در بز مرخز، حاصل از شاخص‌های دو صفتی در صفت وزن ۹ ماهگی و در شاخص I3 برابر با ۰/۶۶ کیلوگرم در نسل پیش‌بینی شده است.

جدول ۴. پیش‌بینی رشد اقتصادی کل و پاسخ به انتخاب به تفکیک صفات موجود در شاخص‌های انتخاب ۲ صفتی

شاخص انتخاب	رشد ژنتیکی	رشد اقتصادی	رشد کل در هر صفت (٪)	رشد اقتصادی کل	واریانس هدف اصلاحی	صحت
I1				۱/۳۰	۱۶/۵۳۴	۰/۵۴۳
وزن تولد	۰/۰۳۳	۰/۰۰۳	۰/۲۵۰			
وزن از شیرگیری	۰/۴۳۲	۱/۲۹۷	۹۹/۷۵			
وزن۶ ماهگی –پاسخ همبسته	۰/۴۵۹					
وزن ۹ ماهگی –پاسخ همبسته	۰/۵۷۱					
I2				۲/۶۶	۶۳/۷۹	۰/۵۶۶
وزن تولد	۰/۰۳۰	۰/۰۰۳	۰/۱۱۴			
وزن از شیرگیری –پاسخ همبسته	۰/۴۲۳					
وزن۶ ماهگی	۰/۴۷۰	۲/۶۵۹	۹۹/۸۸۶			
وزن ۹ ماهگی –پاسخ همبسته	۰/۶۲۵					
I3				۰/۹۹	۸/۱۲۵	۰/۵۸۷
وزن تولد	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰/۲۳۷			
وزن از شیرگیری –پاسخ همبسته	۰/۳۷۷					
وزن ۹ ماهگی –پاسخ همبسته	۰/۴۴۸					
وزن ۹ ماهگی	۰/۶۵۶	۰/۹۸۵	۹۹/۷۶۳			
I4				۳/۹۴	۱۴۲/۸۸	۰/۵۵۹
وزن تولد –پاسخ همبسته	۰/۰۲۳					
وزن از شیرگیری	۰/۰۳۱	۱/۲۸۴	۳۲/۶۲۴			
وزن ۶ ماهگی	۰/۴۲۸	۲/۶۵۲	۶۷/۳۷۶			
وزن ۹ ماهگی –پاسخ همبسته	۰/۴۶۹					
I5				۲/۲۳	۱۴۲/۵۵	۰/۵۶۹
پاسخ همبسته-وزن تولد	۰/۰۲۹					
وزن از شیرگیری	۰/۴۲۵	۱/۲۷۵	۳۲/۵۹۵			
وزن ۶ ماهگی –پاسخ همبسته	۰/۴۷۳					
وزن ۹ ماهگی	۰/۶۳۳	۰/۹۴۹	۲۴/۰۰۸			
I6				۳/۶۱	۱۱۳/۷۷	۰/۵۷۵
وزن تولد –پاسخ همبسته	۰/۰۲۹					
وزن از شیرگیری–پاسخ همبسته	۰/۴۱۴					
وزن ۶ ماهگی	۰/۴۶۸	۲/۶۴۹	۷۳/۴۱۴			
وزن ۹ ماهگی	۰/۶۴۰	۰/۹۵۹	۲۶/۵۸۶			

معادلات I1 – I6 مطابق جدول ۲ تعریف می‌شوند.

نتایج مقایسات شاخص‌های دو صفتی نشان می‌دهد که بیشترین رشد اقتصادی کل در شاخص انتخاب I4 (۳/۹۴ دلار) و I6 (۳/۶۱ دلار) پیش‌بینی شده است. همچنین کمترین میزان رشد اقتصادی کل در شاخص انتخاب دوصفتی I3 پیش‌بینی شده است که به میزان ۰/۹۸ دلار می‌باشد. شاخص‌های انتخاب اقتصادی ۲ صفتی برای حداکثرسازی مقدار تابع هدف منجر به پاسخ همبسته‌ی مثبت در دیگر صفات وزن بدن در سنین مختلف نیز گردید (مطابق جدول۴). جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین واریانس هدف اصلاحی به ترتیب در شاخص انتخاب I4 (۱۴۲/۸۸۲) و I6 (۱۱۳/۷۶۹) بدست آمده است. این دو شاخص بیشترین سود اقتصادی کل را نیز دارا هستند.

نتایج شاخص‌های انتخاب سه صفتی در جدول ۳ نشان می‌دهد که کمترین پیشرفت ژنتیکی مجددا در صفت وزن تولد و حدود ۳۱-۲۹ گرم در هر نسل پیش بینی شده است. بیشترین پیشرفت ژنتیکی مستقیم حاصل از شاخص‌های سه صفتی در وزن ۹ ماهگی و در دو شاخص I8 وI9 حدود ۰/۶۳ کیلوگرم در هر نسل پیش‌بینی شده است که رشد اقتصادی حاصل از این پیشرفت ژنتیکی در وزن ۹ ماهگی به ترتیب در شاخص‌های I8 وI9 ۴۳ و ۵۵ درصد از سود اقتصادی کل می‌باشد. نتایج مقایسات شاخص‌های سه صفتی نشان داد که بیشترین رشد اقتصادی کل در شاخص انتخاب I9 معادل ۴/۸۶ دلار بدست آمد. همچنین کمترین میزان رشد اقتصادی کل در شاخص انتخاب سه صفتی I8 پیش‌بینی شده است که به میزان ۲/۲۱ دلار می‌باشد. جدول ۵ نشان می‌دهد که واریانس هدف اصلاحی در شاخص‌های انتخاب سه صفتی I7، I8 و I9 به ترتیب ۱۴۳/۰۶، ۴۳/۶۳ و ۲۱۱/۹۵ بود.

بیشترین پیشرفت ژنتیکی مستقیم حاصل از شاخص‌های سه صفتی در وزن ۹ ماهگی و در دو شاخص I8 وI9 حدود ۰/۶۳ کیلوگرم پیش‌بینی شد که رشد اقتصادی حاصل از این پیشرفت ژنتیکی در شاخص‌های مذکور به ترتیب ۴۳ و ۵۵ درصد از سود اقتصادی کل را در همان شاخص‌ها در برداشت. بیشترین پیشرفت ژنتیکی مستقیم حاصل از شاخص‌های دو صفتی نیز در وزن ۹ ماهگی و حاصل از شاخص I3 برابر با ۰/۶۶ کیلوگرم پیش‌بینی شد که ۹۹ درصد از سود اقتصادی کل را در آن شاخص به خود اختصاص داد.

علاوه‌براین، در بررسی ۹ شاخص انتخاب مورد مطالعه، یک همبستگی مثبت و بالا (۰/۸۹) بین واریانس هدف اصلاحی و رشد اقتصادی کل مشاهده شد. همچنین مشخص شد که با افزایش واریانس هدف اصلاحی مقدار صحت کاهش می‌یابد اما این رابطه‌ی منفی بسیار کوچک بود (۰/۰۳-).

جدول ۵. پیش‌بینی رشد اقتصادی کل و پاسخ به انتخاب به تفکیک صفات موجود در شاخص‌های انتخاب ۳ صفتی

شاخص انتخاب	رشد ژنتیکی	رشد اقتصادی	رشد کل در هر صفت (٪)	رشد اقتصادی کل	واریانس هدف اصلاحی	صحت
I7				۳/۹۳	۱۴۳/۰۶	۰/۵۶
وزن تولد	۰/۰۳۱	۰/۰۰۳	۰/۰۷۹			
وزن از شیرگیری	۰/۴۲۸	۱/۲۷۴	۳۲/۵۹			
وزن ۶ ماهگی	۰/۴۶۹	۲/۶۵۲	۶۷/۳۲			
وزن ۹ ماهگی -پاسخ همبسته	۰/۶۱۰					
I8				۲/۲۱	۴۳/۶۳	۰/۵۶۹
وزن تولد	۰/۰۲۹	۰/۰۰۳	۰/۱۳۳			
وزن از شیرگیری	۰/۴۲۲	۱/۲۶۶	۵۷/۲۵			
وزن ۶ ماهگی -پاسخ همبسته	۰/۴۶۹					
وزن ۹ ماهگی	۰/۶۲۸	۰/۹۴۲	۴۲/۶۱۷			
I9				۴/۸۶	۲۱۱/۹۵	۰/۵۶۸
وزن تولد -پاسخ همبسته	۰/۰۳۰					
وزن از شیرگیری	۰/۴۲۲	۱/۲۶۷	۲۶/۰۴۸			
وزن ۶ ماهگی	۰/۴۷۰	۲/۶۵۸	۵۴/۶۳۴			
وزن ۹ ماهگی	۰/۶۲۷	۰/۹۴۰	۱۹/۳۱۸			

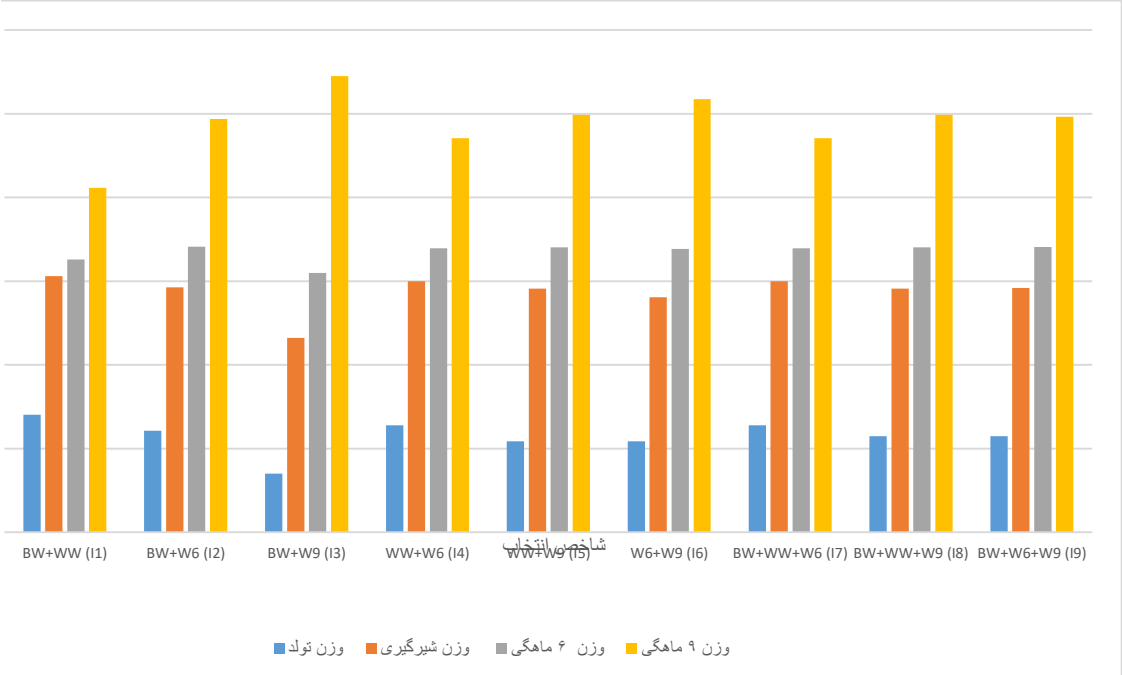
معادلات I7 – I9 مطابق جدول ۲ تعریف می‌شوند.

پارامترهای بولمر در شاخص‌های انتخاب مورد مطالعه

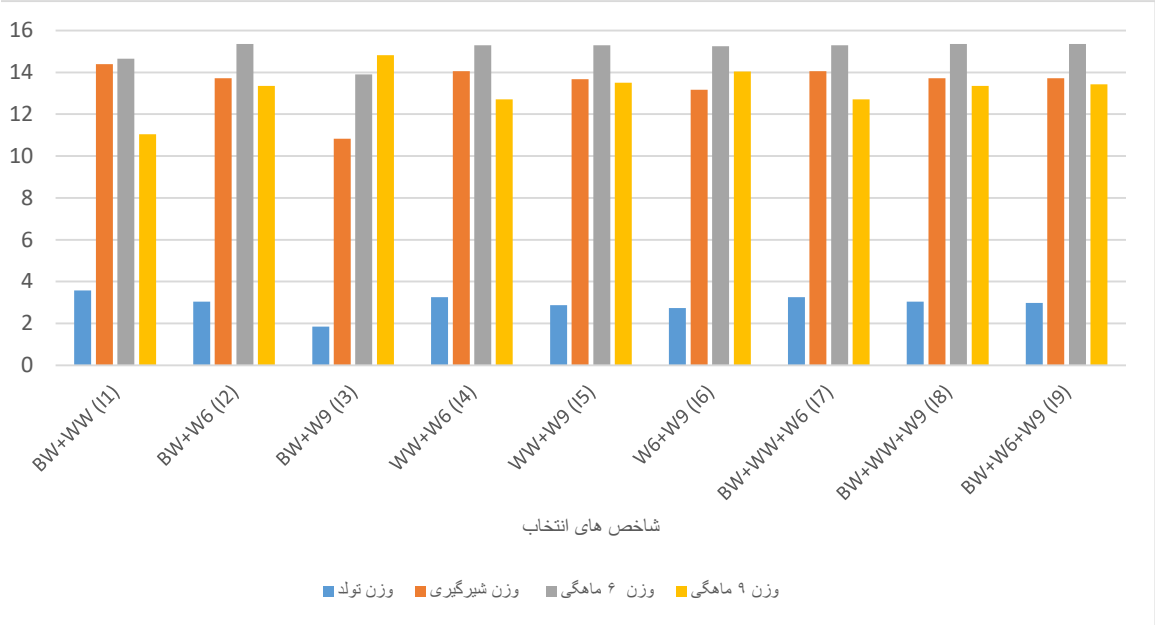
در مقایسه‌ی ۹ شاخص انتخاب مورد مطالعه، بیشترین و کمترین درصد کاهش واریانس فنوتیپی در وزن تولد و وزن از شیرگیری بعد از انتخاب به ترتیب در شاخص‌های I1 (۱/۴۰ و ۳/۰۶) وI3 (۰/۷۰ و ۲/۳۲) مشاهده شد. بیشترین درصد کاهش واریانس فنوتیپی در وزن ۶ ماهگی به ترتیب در شاخص‌های I2، I8 وI9 معادل ۳/۴۱ درصد واریانس فنوتیپی و کمترین درصد کاهش واریانس فنوتیپی در I3 برابر۳/۱۰ بود. بیشترین و کمترین درصد کاهش واریانس فنوتیپی در وزن ۹ ماهگی به ترتیب در شاخص‌های I3 (۵/۴۵) و I1 (۴/۱۲) مشاهده شد. بیشترین کاهش در درصد واریانس فنوتیپی در تمامی معادلات شاخص انتخاب دو و سه صفتی در صفت وزن ۹ ماهگی مشاهده شد، و زمانی که وزن ۹ ماهگی در شاخص انتخاب و تحت انتخاب مستقیم قرار داشت میزان کاهش واریانس فنوتیپی در آن به بیشترین مقدار خود یعنی ۵/۴۵ درصد در I3 رسید.

یکی دیگر از اثرات بولمر کاهش وراثت‌پذیری صفات تحت انتخاب است، در مطالعه‌ی حاضر بیشترین و کمترین درصد کاهش وراثت‌پذیری در صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری بعد از انتخاب به ترتیب در شاخص‌های I1 (۳/۵۸ و ۱۴/۳۹ درصد) و I3 (۱/۸۴ و ۱۰/۸۳ درصد) بدست آمد. بیشترین درصد کاهش وراثت‌پذیری در وزن ۶ ماهگی به ترتیب در شاخص‌های I2، I8 وI9 معادل ۱۵/۳۵ درصد وراثت‌پذیری و کمترین درصد کاهش وراثت‌پذیری در I3 برابر۱۳/۹۰ بود. بیشترین و کمترین درصد کاهش وراثت‌پذیری در وزن ۹ ماهگی به ترتیب در شاخص‌های I3 (۱۴/۸۲) و I1 (۱۱/۰۴) بدست آمد.

نتایج نشان داد که بیشترین کاهش درصد وراثت‌پذیری در ۵ معادله‌ی شاخص دو صفتی I1، I2، I4، I5، و I6 در صفت وزن ۶ ماهگی می‌باشد. درحالی‌که در شاخص I3، انتخاب مستقیم برای وزن ۹ ماهگی و تولد صورت گرفته بالاترین درصد کاهش وراثت‌پذیری در وزن ۹ ماهگی پیش‌بینی شد. همچنین بیشترین کاهش در درصد وراثت‌پذیری در هر ۳ معادله‌ی شاخص سه صفتی I7، I8 و I9 در صفت وزن ۶ ماهگی پیش‌بینی شده است.



شکل ۱. X واریانس فنوتیپی صفات بعد از انتخاب در شاخص های انتخاب مورد مطالعه (وزن تولد:BW، وزن از شیرگیری: WW، وزن ۶ ماهگی: W6 و وزن ۹ ماهگی: W9)



شکل۲. وراثت پذیری صفات بعد از انتخاب در شاخص های انتخاب مورد مطالعه (وزن تولد:BW، وزن از شیرگیری: WW، وزن ۶ ماهگی: W6 و وزن ۹ ماهگی: W9)

بحث

شاخص‌های انتخاب

با توجه به اینکه رکوردگیری صفات متعدد هزینه بردار می‌باشد، تشکیل شاخص انتخاب با حداقل تعداد صفت برای حصول هدف اصلاحی تعیین شده ضرورت دارد. شاخص انتخاب به صورت تابعی از مشاهدات مربوط به صفات مختلف است، که انتظار می‌رود اگر والدین نسل بعد براساس آن انتخاب شوند میزان پیشرفت ژنتیکی در تابع هدف حداکثر شود (Mrode, 2014). برای طراحی شاخص انتخابِ مناسب، صفات دارای تنوع فنوتیپی، وراثت‌پذیری قابل قبول و ارزش اقتصادی در شاخص انتخاب گنجانده شدند (Burns *et al.*, 2022).

مطالعه‌ی کارگر و مختاری (۲۰۲۰)، نشان داد که شاخص‌های انتخاب سه صفتی و دو صفتی در گوسفند کرمانی می‌توانند شاخص‌های مناسبی باشند. همچنین نتایج آنها نشان داد که افزایش صفات در شاخص علاوه‌بر ایجاد پیچیدگی، می‌تواند پیشرفت ژنتیکی تک‌تک صفات را نیز کاهش دهد که این وضعیت با نتایج بدست آمده در مطالعه‌ی حاضر همخوانی دارد (Kargar Borzi & Mokhtari, 2020).

علاوه‌براین، یک مطالعه روی بزهای شیری مناطق گرمسیری، فرآیند انتخاب را با استفاده از ۸ شاخص انتخاب در دو سیستم تولید متراکم و نیمه متراکم ارزیابی کرد. آنها از حیوانات پنج نسل استفاده نمودند و سه شدت انتخاب ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد را شبیه سازی کردند. استفاده از شاخص‌های پیشنهادی در مطالعه‌ی مذکور، تمامی صفات تولیدی و تولید مثلی را بهبود داد (Lopes *et al.*, 2013). در مطالعه‌ی حاضر به دلیل محدود بودن تعداد حیوانات دارای بالاترین رتبه‌ی ارزش اصلاحی، تنها از یک نسبت انتخاب استفاده شده است که در ادامه مورد بررسی قرار گرفت.

پاسخ به انتخاب در ۹ شاخص انتخاب مورد مطالعه

کمترین پیشرفت ژنتیکی در صفت وزن تولد (۳۳-۲۳ گرم در هر سال) پیش‌بینی شده است چراکه وزن تولد علاوه بر داشتن کمترین واریانس فنوتیپی (۰/۱۵۲) و ژنتیکی (۰/۰۴۱) در جمعیت مورد مطالعه، دارای کمترین ضریب اقتصادی در شاخص‌های انتخاب مورد مطالعه نیز می‌باشد. به نظر می‌رسد صفت وزن تولد در جمعیت حاضر به نوعی، تثبیت شده باشد. باید توجه داشت بزهای مرخز علاوه بر سازگاری طبیعی با تغییرات آب و هوایی، تغییرات چراگاه‌های منطقه، به طور فزاینده‌ای تحت فشار انتخاب مصنوعی از طریق انتخاب‌های فنوتیپی و بر اساس ظاهر توسط پرورش‌دهندگان محلی نیز قرار دارند. بنابراین انتخاب‌های جهت‌دار باعث کاهش واریانس فنوتیپی و ژنتیکی به دلیل اثر بولمر در وزن تولد بزهای مرخز شده است.

میزان پیشرفت ژنتیکی مستقیم صفات در هر سال تابعی از شدت انتخاب، وراثت‌پذیری صفت موردنظر و فاصله‌ی نسل می‌باشد (Falconer & Mackay, 1996). در این مطالعه نسبت انتخاب نرها، ماده‌ها و فاصله‌ی نسل در همه‌ی شاخص‌های انتخاب برابر در نظر گرفته شد. بنابراین در مطالعه‌ی حاضر وراثت‌پذیری و تفاوت انتخاب و ضریب اقتصادی صفات در میزان پیشرفت ژنتیکی مستقیم دخیل هستند. اما در مورد پیشرفت ژنتیکی غیرمستقیم یا همبسته، علاوه بر عوامل مذکور میزان همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی صفات نیز موثر بوده است. در نتیجه بیشترین پیشرفت ژنتیکی مستقیم حاصل از شاخص‌های دو صفتی در صفت وزن ۹ ماهگی و در شاخص I3 برابر با ۰/۶۶ کیلوگرم در نسل در جمعیت بز مرخز مورد مطالعه پیش‌بینی شد.

علت کمترین پیشرفت ژنتیکی در صفت وزن تولد که حدود ۳۱-۲۹ گرم در هر سال پیش بینی شده مربوط به واریانس فنوتیپی اندک و حداقل ضریب اقتصادی تخصیص یافته به آن در شاخص‌های انتخاب مورد مطالعه می‌باشد. میزان رشد اقتصادی کل در شاخص‌های انتخاب مورد مطالعه متناسب با صفات درج شده در شاخص انتخاب، وراثت‌پذیری آنها و ضریب اقتصادی اختصاص داده شده به آنها افزایش یا کاهش می‌یابد.

Tseveenjav و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای نشان دادند که شاخص‌های انتخاب اقتصادی می‌توانند به طور همزمان دو صفت اقتصادی دارای همبستگی ژنتیکی منفی را بهبود ببخشند. شاخص انتخاب اقتصادی با هدف کاهش قطر الیاف و افزایش وزن الیاف در بز کشمیر بومی مغولستان نشان داد که انتخاب مستقیم برای کاهش قطر الیاف یا افزایش ظرافت آن می‌تواند وزن بیده الیاف کشمیر به صورت بطئی در هر نسل کاهش دهد (Tseveenjav *et al.*, 2020).

پارامترهای بولمر در شاخص‌های انتخاب مورد مطالعه

چنانچه با یک جمعیت کوچک دامی مواجه باشیم توجه به تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات حایز اهمیت خواهد بود. زیرا انتخاب جهت‌دار به همراه رانش ژنتیکی باعث کاهش شدید واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری می‌شود (Du *et al.*, 2021; Macedo *et al.*, 2021).

در مطالعه‌ی حاضر، بیشترین کاهش در درصد واریانس فنوتیپی در تمامی معادلات شاخص دو و سه صفتی در صفت وزن ۹ ماهگی مشاهده شد، و زمانی‌که وزن ۹ ماهگی در شاخص انتخاب و تحت انتخاب مستقیم قرار داشت میزان کاهش واریانس فنوتیپی در آن به بیشترین مقدار خود یعنی ۵/۴۵ درصد در I3، ۵/۱۷ درصد در I6، ۵ درصد درI8 و ۴/۹۶ درصد در I9 رسید.

یکی دیگر از اثرات بولمر کاهش وراثت‌پذیری صفات تحت انتخاب است، و بیشترین کاهش وراثت‌پذیری در صفاتی مشاهده شد که بیشترین میزان واریانس در جمعیت را دارا هستند و شدت انتخاب برای آن بیشتر بوده‌است. در این راستا نتیجه‌ی مشاهده شده با نتایج مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۲ مشابهت دارد (Van Grevenhof *et al.*, 2012).

کاهش واریانس فنوتیپی و کاهش وراثت‌پذیری صفات مختلف در انتخاب‌های دو و سه صفتی الگوی یکسانی را نشان دادند. مقدار کاهش واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری در هر صفت به عواملی نظیر واریانس فنوتیپی پیش از انتخاب، مقدار وراثت‌پذیری صفت و شدت انتخاب برای هر صفت بستگی دارد. بطورکلی، کاهش در واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری در صفاتی که انتخاب مستقیم روی آنها صورت گرفته است و صفاتی که دارای ضریب اقتصادی بالاتری در شاخص هستند، بیشتر

خواهد بود. علاوه براین، انتخاب بر میزان همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات نیز تاثیر می‌گذارد و همبستگی‌ها که به عنوان پارامترهای کوواریانس بین صفات محسوب می‌شوند در نتیجه‌ی انتخاب کاهش یافتند.

نتایج مطالعه‌ی حاضر هیچگونه ارتباطی میان صحت انتخاب و میزان کاهش در واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات به دلیل اثر بولمر نشان نداد که با نتایج مطالعه‌ی Van Grevenhof و همکاران که اثر بولمر را در انتخاب ژنومی مورد مطالعه قرار دادند مطابقت داشت (Van Grevenhof *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

صفت وزن یکسالگی در بز مرخز دارای وزن اقتصادی منفی می‌باشد، بنابراین این وزن در شاخص‌های انتخاب مورد مطالعه درج نگردید و توصیه می‌شود که در پرورش بز مرخز برای تولید گوشت، بزغاله‌ها نهایتا تا ۹ ماهگی پرورش داده شوند زیرا پس از آن سود اقتصادی منفی می‌گردد. با مطالعه‌ی اثر بولمر در پیش‌بینی‌های این مطالعه، مشخص شد که مقدار کاهش واریانس فنوتیپی، وراثت‌پذیری و همبستگی صفات بعد از انتخاب تحت تاثیر مقدار واریانس فنوتیپی/ ژنتیکی، وراثت‌پذیری اولیه در جمعیت، شدت انتخاب در هر صفت، انتخاب مستقیم یا غیرمستقیم و تعداد صفت در شاخص انتخاب قرار دارد.

با استفاده از یافته‌های این مطالعه نتیجه‌گیری می‌شود که برای حداکثرسازی سود اقتصادی کل، در جمعیت بز مرخز مورد مطالعه، می‌توان از دو شاخص انتخاب I_9 وI_4 به عنوان شاخص های پیشنهادی استفاده نمود. اما برای حفظ واریانس فنوتیپی/ ژنتیکی صفات لازم است به استراتژی‌هایی مانند شدت انتخاب، ضرایب اقتصادی صفات، انتخاب غیرمستقیم و افزایش تعداد صفت در شاخص انتخاب توجه بیشتری داشت.

سپاس گذاری

این مقاله برگرفته از پایان نامه مقطع دکترای تخصصی آقای فرهاد حسین زاده شیرذیلی، دانش‌آموخته واحد علوم تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی می‌باشد. که بدینوسیله نویسندگان از مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی کشور بابت مساعدت و در اختیار گذاشتن داده های مورد نیاز تحقیق حاضر تشکر و قدردانی می‌نمایند.

REFERENCES

Al-Khaza'leh, J, Reiber, C, Al-Baqain, R & Valle, ZA. (2015). A comparative economic analysis of goat production systems in Jordan with an emphasis on water use *Livestock Research for Rural Development*, 27(5). http://www.lrrd.org/lrrd27/5/khaz27081.html.

Allier, A, Lehermeier, C, Charcosset, A, Moreau, L & Teyssèdre, S. (2019). Improving Short- and Long-Term Genetic Gain by Accounting for Within-Family Variance in Optimal Cross-Selection. *Frontiers in Genetics*, 10(X), 1006. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01006.

Asroush, F, Mirhoseini, SZ, Badbarin, N, Seidavi, A, Tufarelli, V, Laudadio, V, Dario, C & Selvaggi, M. (2018). Genetic characterization of Markhoz goat breed using microsatellite markers. *Archive of Animal Breeding*, 61(4), 469-73. https://doi.org/10.5194/aab-61-469-2018.

Bett, RC, Kosgey, IS, Bebe, BO & Kahi, AK. (2007). Breeding goals for the Kenya dual purpose goat. II. Estimation of economic values for production and functional traits. *Trop Anim Health Prod*, 39(7), 467-75. http;//doi.org/10.10/۰۷s11250-007-9013-5.

Biscarini, F, Nicolazzi, EL, Stella, A, Boettcher, PJ & Gandini, G. (2015). Challenges and opportunities in genetic improvement of local livestock breeds. Frontiers in Genetics, 6 http;//doi.org/10.3389/fgene.2015.00033.

Burns, JG, Eory, V, Butler, A, Simm, G & Wall, E. (2022). Review: Preference elicitation methods for appropriate breeding objectives. *Animal*, 16(6), 100535. https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100535.

Cavanaugh J.E. & Neath A.A. (2019) The Akaike information criterion: Background, derivation,

properties, application, interpretation, and refinements. WIREs Computational Statistics 11, e1460. https://doi.org/10.1002/wics.1460

Conington, J, Bishop, SC, Grundy, B, Waterhouse, A & Simm, G. (2001). Multi-trait selection indexes for sustainable UK hill sheep production. *Animal Science*, 73(3), 413-23. https://doi.org/10.1017/S1357729800058380.

Dostál, Z & Pospíšil, L. (2018). Conjugate gradients for symmetric positive semidefinite least-squares problems. *International Journal of Computer Mathematics*, 95(11), 2229-39. https://doi.org/10.1080/00207160.2017.1371701.

Du, M, Bernstein, R, Hoppe, A & Bienefeld, K. (2021). Short-term effects of controlled mating and selection on the genetic variance of honeybee populations. *Heredity*, 126(5), 733-47. https://doi.org/10.1038/s41437-021-00411-2.

Dubeuf, JP & Boyazoglu, J. (2009). An international panorama of goat selection and breeds. Livestock Science, 120(3), 225-31. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.005

Falconer, D & Mackay, TF (1996) *Introduction to quantitative genetics.* . Harlow, UK: Longmans.

Gunia, M, Mandonnet, N, Arquet, R, Alexandre, G, Gourdine, JL, Naves, M, Angeon, V & Phocas, F. (2013). Economic values of body weight, reproduction and parasite resistance traits for a Creole goat breeding goal. *Animal*, 7(1), 22-33. https://doi.org/10.1017/s1751731112001413.

Hazel, LN, Dickerson, GE & Freeman, AE. (1994). The Selection Index—Then, Now, and for the Future. *Journal of Dairy Science*, 77(10), 3236-51. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77265-9.

Hill, WG & Mackay, TFC. (2004). D. S. Falconer and Introduction to Quantitative Genetics. *Genetics*, 167(4), 1529-36. https://doi.org/10.1093/genetics/167.4.1529.

Hubert de Rochambeau., Florence Fournet-Hanocq. & Khang, JVT. (2000). Measuring and managing genetic variability in small populations. *Annual Zoo Technology*, 49(2), 77-93 https://doi.org/10.1051/animres:2000109

Kargar Borzi, N, Ayatollahi Mehrgardi, A, Asadi Fozi, M & Vatankhah, M. (2017). Determining the appropriate selection index for Rayeni Cashmere goat under pasture-based production system. *Animal Production Science*, 58(9). http//:dx.doi.org/10.1071/AN16570.

Kargar Borzi, N, Mehrgardi, A & Abassi, MA. (2017). Breeding Objectives and Desired-Gain Selection Index for Rayeni Cashmere Goat in Pasture System. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 7(4), 631-6

Kargar Borzi, N & Mokhtari, MS. (2020). The Comparison of Four Economical Selection Indices for Improving the Performance of Kermani Sheep under Rural Production System. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 10(4), 631-7

Kheirabadi, K & Rashidi, A. (2016). Genetic description of growth traits in Markhoz goat using random regression models. *Small Ruminant Research*, 144(X), 305-12. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.10.003.

LE CORRE, V & KREMER, A. (2012). The genetic differentiation at quantitative trait loci under local adaptation. *Molecular Ecology*, 21(7), 1548-66. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05479.x.

Lobo, R, Facó, O, Lobo, A & Villela, L. (2010). Brazilian goat breeding programs. Small Ruminant Research 89(149-54. 10.1016/j.smallrumres.2009.12.038. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.038

Lopes, F, Borjas, A, Corrêa da Silva, M, Facó, O, Lôbo, R, Fioravanti, MC & McManus, C. (2012). Breeding goals and selection criteria for intensive and semi-intensive dairy goat system in Brazil. *Small Ruminant Research*, 106(2-3), 110–7. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.03.011.

Lopes, F, Corrêa da Silva, M, Miyagi, Es, Facó, O & McManus, C. (2013). Comparison of selection

indexes for dairy goats in the tropics. *Acta Scientiarum. Animal Sciences,* 35(321-8. 10.4025/actascianimsci.v35i3.16049.

Manaf Hosseini, A., 2004. Sheep breeding, Kimia gostar.

Macedo, FL, Christensen, OF & Legarra, A. (2021). Selection and drift reduce genetic variation for milk yield in Manech Tête Rousse dairy sheep. *JDS Communications,* 2(1), 31-4. https://doi.org/10.3168/jdsc.2020-0010.

۲۷. Meyer K. (1992) Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. Livestock Production Science 31, 179-204. https://doi.org/10.1016/0301-6226(92)90017-X

Madsen, P & Jensen, J. (2008). A user's guide to DMU. *A package for analysing multivariate mixed models version,* 6(X), 1-33

Madsen, P, Milkevych, V, Gao, H, Christensen, OF & Jensen, J (2014) DMU - A Package for Analyzing Multivariate Mixed Models in Quantitative Genetics and Genomics.

Mrode, R (2014) *Linear Models For The Prediction Of Animal Breeding Values*.

Mueller, JP, Getachew, T, Rekik, M, Rischkowsky, B, Abate, Z, Wondim, B & Haile, A. (2021). Converting multi-trait breeding objectives into operative selection indexes to ensure genetic gains in low-input sheep and goat breeding programmes. *Animal,* 15(5), 100198. https://doi.org/10.1016/j.animal.۲۰۲۱/۱۰۰۱۹۸.

Nazari-Ghadikolaei, A, Mehrabani-Yeganeh, H, Miarei-Aashtiani, SR, Staiger, EA, Rashidi, A & Huson, HJ. (2018). Genome-Wide Association Studies Identify Candidate Genes for Coat Color and Mohair Traits in the Iranian Markhoz Goat. *Frontiers in Genetics,* 9(105), 1-15. https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00105.

Rashidi, A, Bishop, SC & Matika, O. (2011). Genetic parameter estimates for pre-weaning performance and reproduction traits in Markhoz goats. *Small Ruminant Research,* 100(2), 100–۶https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.05.013.

Rashidi, A, Moradi Shahr Babak, M, Mirai Ashtiani, SR & Zandi, MB (1398) Estimation of the economic coefficients of important production traits in Markhz goat using the bio-economic model method. In: *The Third Iranian Congress of Animal Sciences*. (In Persian), Iran.

Rutten, MJM, Bijma, P, Woolliams, JA & van Arendonk, JAM. (2002). SelAction: Software to Predict Selection Response and Rate of Inbreeding in Livestock Breeding Programs. *Journal of Heredity,* 93(6), 456-8. https://doi.org/10.1093/jhered/93.6.456.

Sajjad, T (2012) Quantitative Genetic Application in the Selection Process for Livestock Production. In: Livestock Production (ed. by J. Khalid), p. Ch. 1. IntechOpen, Rijeka.

Sadeghi-Sefidmazgi, A., Shahrbabak, M.M., Javaremi, A.N., Ashtiyani, S.R.M. and Eymer, P.R., 2012. Estimation of economic values and financial losses associated with dystocia for Holstein dairy cattle of Iran. *Iranian Journal of Animal Science (IJAS)*, *42*(4), pp.345-353. https://doi.org/10.1017/S1751731110001655

Sepulveda, B.J., Muir, S.K., Bolormaa, S., Knight, M.I., Behrendt, R., MacLeod, I.M., Pryce, J.E. and Daetwyler, H.D., 2022. Eating Time as a Genetic Indicator of Methane Emissions and Feed Efficiency in Australian Maternal Composite Sheep. *Frontiers in Genetics*, *13*, p.883520. https://doi.org/10.3389/fgene.2022.883520

Scholtens, M, Lopez-Villalobos, N, Lehnert, K, Snell, R, Garrick, D & Blair, HT. (2020). Advantage of including Genomic Information to Predict Breeding Values for Lactation Yields of Milk, Fat, and Protein or Somatic Cell Score in a New Zealand Dairy Goat Herd .*Animals* 11(1). https://doi.org/10.3390/ani11010024.

Sölkner, J, Grausgruber, H, Okeyo, AM, Ruckenbauer, P & Wurzinger, M. (2008). Breeding

objectives and the relative importance of traits in plant and animal breeding: a comparative review. *Euphytica* .۲۷۳–۸۲ ,(۱)۱۶۱ ,https://doi.org/10.1007/s10681-007-9507-2.

Thompson, R & Meyer, K. (1986). A review of theoretical aspects in the estimation of breeding values for multi-trait selection. *Livestock Production Science*, 15(4), 299-313. https://doi.org.۹۰۰۷۱-۰(۸۶)۰۳۰۱-۶۲۲۶/۱۰/۱۰۱۶/

Tseveenjav, B, Garrick, DJ, Batjargal, E & Yondon, Z. (2020). Economic selection index to improve fiber quality in Mongolian Cashmere goats. *Livestock Science*, 232(103898. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103898.

Van Grevenhof, EM, Van Arendonk, JA & Bijma, P. (2012). Response to genomic selection: the Bulmer effect and the potential of genomic selection when the number of phenotypic records is limiting. *Genetic Selection Evolution*, 44(1), 26. https://doi.org/10.۱۲۹۷-۹۶۸۶-۴۴-۲۶/۱۱۸۶.

Vatankhah, M, Talebi, M & Bagheri, M. (2010). A Comparison of Breeding Objectives of Native Black Goat in Different Rearing Systems: 2. A Determination of the Economic Values. *Iranian Journal of animal Science*, 41(3), 193-201

Villanueva, B., Wray, N. R., & Thompson, R. (1993). Prediction of asymptotic rates of response from selection on multiple traits using univariate and multivariate best linear unbiased predictors. Animal Science, 57(1), 1-13. https://doi.org/10.1017/S0003356100006541

Ziadi, C, Muñoz-Mejías, E, Sánchez, M, López, MD, González-Casquet, O & Molina, A. (2021). Selection Criteria for Improving Fertility in Spanish Goat Breeds: Estimation of Genetic Parameters and Designing Selection Indices for Optimal Genetic Responses .*Animals* 11(2). https://doi.org/10.3390/ani11020409.