

## "Research Paper"

### Genetic Analysis of Kaliber Ratio Traits based on the Information of Autosomal and Sex-linked Chromosomes in Merkhoz Goat

Yousef Naderi<sup>1</sup> and Meysam Latifi<sup>2</sup>

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Astara Branch, Islamic Azad University, Astara, Iran,(Corresponding author: Yousef.Naderi@iau.ac.ir)

2- Independent Researcher (PhD in genetics and Animal Breeding from university of Kurdistan, Kurdistan, Iran)

Received: 10 November, 2022 Accepted: 1 February, 2023

#### Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Estimates of genetic and environmental parameters of different component traits related to growth are needed to develop a proper selection program. The Kleiber ratio (KR) is defined as average daily gain as a proportion of metabolic body weight. Most studies conducted in KR ignored the effect of sex-linked chromosomes and assumed that direct genetic effects were influenced by autosomal chromosomes. Therefore, the purpose of this study was to estimate (Co)variance components of both autosomal and sex-Linked chromosomes for KR in Markhoz goat.

**Material and Methods:** In the present study, the data were collected from 1992 to 2014 at Markhoz goat breeding station in Kurdistan province, Iran. The traits were kleiber ratio from birth to weaning ( $KR_1$ ), kleiber ratio from weaning to six months of age ( $KR_2$ ), kleiber ratio from weaning to six months of age ( $KR_3$ ), kleiber ratio from six to nine months of age ( $KR_4$ ) and kleiber ratio from nine to twelve months of age ( $KR_5$ ). The GLM procedure of the SAS software was used to determine significant fixed effects. The model accounting for fixed effects included year, sex, birth type and age of doe. In addition, random effects included direct additive genetic effects of autosomal chromosomes, direct additive genetic effects of sex-linked, maternal genetic effects, maternal permanent environmental effects and residual effects. (Co)variance components and genetic parameters were estimated using six different single-trait analysis via Average Information algorithm of Restricted Maximum Likelihood method using WOMBAT software. Akaike's Information Criterion (AIC) test was applied to select the most appropriate model for each trait.

**Results:** The most suitable model for  $KR_1$ ,  $KR_2$ ,  $KR_3$  and  $KR_4$  traits were the sixth, first, fourth and first models, respectively. Based on the best models, the estimated direct autosomal heritabilities were 0.410, 0.019, 0.172 and 0.020 for  $KR_1$ ,  $KR_2$ ,  $KR_3$  and  $KR_4$ , respectively. The estimated sex-linked direct heritabilities were 0.008, 0.021, 0.049 and 0.023 for  $KR_1$ ,  $KR_2$ ,  $KR_3$  and  $KR_4$ , respectively. The maternal heritability for  $KR_1$  and  $KR_3$  were 0.106 and 0.057, respectively. The maternal permanent environmental effect of 0.064 was estimated for  $KR_1$ . The autosomal, sex-chromosome and phenotypic correlations between traits were ranged from -0.518 to 0.901, -0.943 to 0.652 and -0.001 to 0.312, respectively.

**Conclusion:** The results of this study showed that a considerable ratio of the phenotypic variance is explained by sex-linked chromosome effects. Therefore, including the sex-linked chromosome effect in the model may lead to a more precise estimates of direct autosomal heritability.

**Keywords:** Genetic parameter, Genetic correlation, Heritability



## "مقاله پژوهشی"

# تجزیه و تحلیل ژنتیکی صفات نسبت کلیبر مبتنی بر اطلاعات کروموزم‌های اتوزومی و وابسته به جنس در بز مرخ

یوسف نادری<sup>۱</sup> و میثم لطیفی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار، گروه علوم دامی، واحد آستانه، دانشگاه آزاد اسلامی، آستانه، ایران، (نويسنده مسؤول: Yousef.Naderi@iau.ac.ir)

۲- محقق مستقل (دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد دام)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲

صفحه: ۷۸ تا ۸۴

### چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** برای ایجاد یک برنامه انتخابی مناسب، برآورد پارامترهای ژنتیکی و محیطی، اجزای مختلف صفات مربوط به رشد، مورد نیاز است. نسبت افزایش وزن روزانه به وزن متداولیکی را نسبت کلیبر می‌گویند. در بیشتر مطالعات انجام شده اثر کروموزم‌های وابسته به جنس نادیده گرفته شده و فرض می‌شود که اثرات مستقیم ژنتیکی، تحت تأثیر کروموزم‌های اتوزومی است. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر برآورد مولفه‌های (کو)واریانس کروموزم‌های اتوزومی و وابسته به جنس در صفات کلیبر در بز نژاد مرخ بود.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق، از داده‌های مورد استفاده توسط مرکز اصلاح نژاد بز نژاد مرخ که در بین سال‌های ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۱ شده بود، استفاده شد. صفات مورد بررسی شامل: نسبت کلیبر از تولد تا شیر‌گیری (KR<sub>1</sub>)، از شیر‌گیری تا شش ماهگی (KR<sub>2</sub>) و از نه تا دوازده ماهگی (KR<sub>4</sub>) بود. تعیین اثرات ثابت با استفاده از روش GLM نرم افزار SAS انجام شد. اثرات ثابت مدل شامل سال تولد، جنسیت، تیپ تولد و سن مادر بود. همچنین، اثرات تصادفی شامل اثرات ژنتیکی مستقیم افزایشی کروموزم‌های اتوزومی، اثرات ژنتیکی افزایشی کروموزم جنسی، اثرات ژنتیکی مادری، اثرات محیطی دائمی مادری و اثرات باقی‌مانده بود. برآورد اجزای واریانس و پارامترهای ژنتیکی با الگوریتم میانگین اطلاعات بیشترین درست نمایی محدودشده و با شش مدل حیوانی برآورد شد. از آزمون معیار اطلاعات آکایک (AIC) برای انتخاب مناسب ترین مدل برای هر صفت، استفاده شد.

**یافته‌ها:** مناسب ترین مدل، برای صفات KR<sub>1</sub>، KR<sub>3</sub> و KR<sub>4</sub> به ترتیب مدل KR<sub>1</sub>، KR<sub>2</sub>، KR<sub>3</sub>، KR<sub>4</sub> و KR<sub>1</sub> بود. براساس بهترین مدل، وراثت‌پذیری‌های مستقیم اتوزومی برای صفات KR<sub>1</sub>، KR<sub>2</sub>، KR<sub>3</sub>، KR<sub>4</sub> و KR<sub>1</sub> به ترتیب، برابر ۰/۱۹، ۰/۱۷۲، ۰/۰۱۹ و ۰/۰۲۰ بود. وراثت‌پذیری‌های دائمی مستقیم وابسته به کروموزوم جنسی به ترتیب برابر ۰/۰۲۱، ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۹ و ۰/۰۲۳ بود. وراثت‌پذیری‌های مادری برآورد شده برای صفات KR<sub>1</sub> و KR<sub>3</sub> به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۰۵۷ بود. اثر محیطی دائمی مادری برای صفت KR<sub>1</sub> برابر ۰/۰۶۴ بود. همبستگی‌های ژنتیکی اتوزومی، کروموزم‌های وابسته به جنس و فوتیبی، به ترتیب در دامنه ۰/۵۲- تا ۰/۰۹۳، ۰/۰۶۵۲ و ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۳۲ متفاوت بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، بخشی از واریانس فوتیبی تحت تأثیر واریانس کروموزم جنسی می‌باشد. بنابراین، وارد کردن اثر کروموزم جنسی به مدل ممکن است، منجر به تخمین دقیق‌تری از وراثت‌پذیری مستقیم اتوزومی می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** پارامتر ژنتیکی، وراثت‌پذیری، همبستگی ژنتیکی

### مقدمه

در طراحی برنامه‌های اصلاح نژادی به منظور حفظ نژادهای بومی، برآورد پارامترهای ژنتیکی و اهمیت نسی اثر عوامل ژنتیکی، درک بهتر مکانیسم ژنتیکی صفات مختلف، پیش‌بینی ارزش اصلاحی و پیش‌بینی پاسخ موردنظر اشاره ضروری می‌باشد (۵، ۲۳). موقوفیت در برنامه‌های اصلاح نژادی می‌تواند با اندازه گیری پیشرفت ژنتیکی صفات مورد مطالعه در طی اجرای برنامه اصلاح نژاد مشخص شود (۱). برآورد دقیق پارامترهای ژنتیکی نیازمند طراحی مدل بهینه از نظر وجود اثرات ژنتیکی مستقیم، اثرات ژنتیکی مادری و اثرات محیطی دائمی مادری می‌باشد (۳). بیشتر مطالعات با این پیش‌فرض که اثرات مستقیم ژنتیکی، تحت تأثیر کروموزم‌های اتوزومی بوده، انجام شده است و اثر کروموزم‌های وابسته به جنس نادیده گرفته شده است. در این راستا، لاش گزارش داد که حدود ۵٪ از کل واریانس ژنتیکی تحت تأثیر کروموزم وراثت وابسته به جنس می‌باشد (۲۱). همچنین، فرناندو و گروسمن نشان دادند که روش بهترین پیش‌بینی نالریب خطی علاوه بر، اثرات کروموزم‌های اتوزومی می‌تواند اثرات کروموزم جنسی را برآورد کند (۰/۱). نتایج سایر محققین نیز نشان داده است، اثر مستقیم کروموزم وابسته به جنس، همانند اثر ژنتیکی مادری دارای واریانس می‌باشد و وارد کردن این اثر به مدل،

می‌تواند پیش‌بینی دقیق‌تری از وراثت‌پذیری مستقیم کروموزم اتوزومی را حاصل نماید (۳۱، ۱۷، ۱۸، ۳۰، ۱۶).

حصول رکورد مصرف خوراک، نیازمند وجود جایگاه انفرادی و افرادی ماهر و آگاه به اهمیت موضوع جهت تعیین خوراک مصرفی انفرادی می‌باشد. با توجه به اینکه سیستم‌های پرورش دام سبک در ایران بیشتر به صورت سنتی می‌باشد، به دست آوردن رکورد خوراک مصرفی که برای محاسبه ضریب تبدیل غذایی مورد نیاز است، سخت می‌باشد (۲۷). بدین منظور، از نسبت افزایش وزن روزانه به وزن متابولیکی (W<sup>0.75</sup>) که نسبت کلیبر گفته می‌شود، استفاده می‌شود (۱۵). این نسبت به عنوان، یک معیار برای اندازه گیری غیر مستقیم بازده خوراکی تعریف شده است. به علت بالا بودن همبستگی فوتیبی نسبت کلیبر با بازده خوراک، انتخاب برای صفت نسبت کلیبر منجر به انتخاب غیرمستقیم برای بازده خوراک، بهبود بازده خوراک و صفات رشد می‌شود (۲).

در ایران، بیش از ۱۵ نوع نژاد بز گزارش شده است. بز مرخ یکی از مهمترین نژادهای بومی می‌باشد که در منطقه استان کردستان پرورش داده می‌شود. محصولات اصلی این نژاد، گوشت و موهر می‌باشد (۲۶). امروزه، تقریباً ۲۵۰۰ راس از این نژاد موجود می‌باشد و این نژاد در خطر

$$\begin{aligned} y &= Xb + Z_1a + Z_1s + Z_2m + e \quad \text{cov}(a, m) = A\sigma_{am} \quad (4) \\ y &= Xb + Z_1a + Z_1s + Z_2m + Z_3pe + e \quad \text{cov}(a, m) = 0 \quad (5) \end{aligned}$$

$$y = Xb + Z_1a + Z_1s + Z_2m + Z_3pe + \text{ecov}(a, m) = A\sigma_{am} \quad (6)$$

در معادلات فوق  $a$ ،  $b$  و  $e$  به ترتیب بردار

مشاهدات، بردار اثرات ثابت (سال، جنسیت، تیپ تولد و سن

مادر)، بردار اثرات ژنتیکی افزایشی کروموزم اتوزومی، بردار

اثرات ژنتیکی افزایشی کروموزم جنسی، بردار اثرات ژنتیکی

افزایشی مادری، بردار اثر محیط دائمی مادری و بردار اثر

عوامل تصادفی باقیمانده می‌باشند.  $X$ ،  $Z_1$ ،  $Z_2$  و  $Z_3$

ماتریس‌های ضرایب که به ترتیب اثرات ثابت، اثرات ژنتیکی

افزایشی کروموزم اتوزومی و جنسی، اثرات ژنتیکی مادری و

اثر محیط دائمی مادری را به بردار مشاهدات مربوط می‌کنند.

در مورد واریانس‌ها فرضیات ذیل در نظر گرفته شد:

$$\begin{aligned} V(a) &= A\sigma_a^2, \quad V(S) = S\sigma_F^2, \quad V(m) = A\sigma_m^2, \quad V(pe) = \\ &V(e) = I_n\sigma_e^2, \quad I_d\sigma_{pe}^2 \end{aligned}$$

که  $A$ ، ماتریس خویشاوندی برای لوکوس‌های کروموزم

اتوزومی و  $S$  ماتریس خویشاوندی برای لوکوس‌های کروموزم

وابسته به جنس می‌باشند. همچنین،  $I_n$  و  $I_d$  نیز به ترتیب

برابر ماتریس‌های یکه برای مادرها و مشاهدات می‌باشند،  $\sigma_a^2$

،  $\sigma_F^2$ ،  $\sigma_m^2$  و  $\sigma_{pe}^2$  به ترتیب واریانس ژنتیکی افزایشی برای

کروموزم اتوزومی، واریانس ژنتیکی افزایشی برای کروموزم

وابسته به جنس (۱۰)، واریانس ژنتیکی مادری، واریانس

محیط دائمی مادری و واریانس باقیمانده می‌باشند. برای

تعیین بهترین مدل از معیار آکائیک (۴) استفاده شد:

$$(7) \quad AIC = -2\log L + 2p$$

که  $\log L$  و  $p$ ، به ترتیب لگاریتم حداکثر درست نمایی و

تعداد پارامترهای موجود در مدل می‌باشد. در نهایت هر مدلی

که کمترین مقدار AIC را داشت، به عنوان، بهترین مدل

انتخاب شد.

به منظور، برآورده همبستگی‌های ژنتیکی مستقیم اتوزومی،

وابسته به جنس، باقیمانده و فتوتیپی بین صفات مورد مطالعه،

از تجزیه و تحلیل چند متغیره بر اساس مدل اول استفاده

گردید. اثرات ثابت موجود در تجزیه و تحلیل چند متغیره،

همان اثرات ثابت در نظر گرفته شده در مدل‌های مختلف

حیوانی در آنالیز تک متغیره بود.

انفرض قرار دارد (۱۹). مطالعات محدودی در ارتباط با تجزیه ژنتیکی صفات کلیبر در بز مرخ وجود دارد که در آنها (۱۴) و (۲۶) اثر کروموزم جنسی نادیده گفته شده است. بنابراین، با توجه به مطالب گفته شده، هدف از مطالعه حاضر برآورد مولفه‌های واریانس و کواریانس کروموزم‌های اتوزومی و وابسته به جنس در صفات کلیبر بز نژاد مرخ، با استفاده از آنالیز تک صفت و چند صفت می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق، از داده‌های مورد استفاده توسط مرکز اصلاح نژاد بز مرخ که در بین سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۳ گردآوری شده است، استفاده شد. صفات مورد مطالعه شامل نسبت کلیبر از تولد تا شیرگیری ( $\frac{\text{ADG}_{0-3}}{\text{WW}^{0.75}} \text{KR}_1$ )، نسبت کلیبر از شیرگیری تا شش ماهگی ( $\frac{\text{ADG}_{3-6}}{\text{BW}^{0.75}} \text{KR}_2$ )، نسبت کلیبر از شش تا نه ماهگی ( $\frac{\text{ADG}_{6-9}}{\text{BW}^{0.75}} \text{KR}_3$ ) و نسبت کلیبر از نه تا دوازده ماهگی ( $\frac{\text{ADG}_{9-12}}{\text{BW}^{12.075}} \text{KR}_4$ ) بود. در معادلات ذکر شده  $\text{ADG}_{0-3}$ ،  $\text{ADG}_{3-6}$ ،  $\text{ADG}_{6-9}$  و  $\text{ADG}_{9-12}$  به ترتیب افزایش وزن BW9، BW6 و BW12 به ترتیب تا شش روزانه از تولد تا شیرگیری، افزایش وزن از شیرگیری تا شش ماهگی، افزایش روزانه از شش تا نه ماهگی، افزایش وزن روزانه از نه تا دوازده ماهگی، وزن شیرگیری، وزن شش ماهگی، وزن نه ماهگی و وزن یک سالگی بود. آماره توصیفی صفات مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است.

تعیین اثرات عوامل ثابت بر صفات مورد بررسی، با رویهی GLM نرم‌افزار SAS 8.2 انجام شد (۲۸). اثرات ثابت مدل شامل سال تولد (۲۲ سطح)، جنسیت (نر و ماده)، تیپ تولد (تک، دو و سه قلو) و سن مادر (در ۶ سطح) بود ( $p < 0.01$ ). به منظور برآورد مولفه‌های واریانس و کواریانس صفات مورد بررسی از روش درستنمایی محدود شده و نرم افزار Wombat استفاده شد (۲۲). مدل‌های حیوانی تک صفت به صورت ذیل بودند:

$$y = Xb + Z_1a + Z_1s + e \quad (1)$$

$$y = Xb + Z_1a + Z_1s + Z_3pe \quad (2)$$

$$y = Xb + Z_1a + Z_1s + Z_3pe + e \quad \text{cov}(a, m) = 0 \quad (3)$$

جدول ۱- آمار توصیفی صفات نسبت کلیبر مطالعه در بز مرخ (گرم)

Table 1. Summary statistics of traits of kleiber ratio used in Markhoz goat (gram)

From nine to twelve months of age از نه تا یکسالگی	From six to nine months of age از شش تا نه ماهگی	From weaning to six months of age از شیرگیری تا شش ماهگی	From birth to weaning از تولد تا شیرگیری	Traits صفات
2762	3168	3502	3852	Number of records تعداد رکوردها
224	224	224	225	Number of sire تعداد نرها
1183	1219	1265	1289	Number of does تعداد ماده‌ها
0.94	1.05	1.30	13.99	Average میانگین
-6.46	-7.91	-46.75	5.19	Minimum کمترین
4.49	7.46	8.69	39.40	Maximum بیشترین
100.2	100.8	168.46	18.58	Coefficient of variation(%) ضریب تغییرات (%)

برای غذای دریافتی از مادر باشد. معنی دار بودن اثرات نامبرده بر صفات کلیبر توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۲،۲۴،۲۹). مقادیر AIC بدست آمده برای هر صفت با شش مدل مختلف در جدول (۳) گزارش شده است. بهترین مدل بر اساس معیار AIC، برای صفات  $KR_1$ ,  $KR_2$ ,  $KR_3$  و  $KR_4$  به ترتیب، مدل ششم، اول، چهارم و اول بود. برآورد مؤلفه‌های واریانس-کواریانس و پارامترهای ژنتیکی برای صفات مورد مطالعه در تحقیق حاضر با بهترین مدل در جدول (۴) گزارش شده است.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی عوامل ثابت، در هر صفت در جدول (۲) آمده است. برای تمام صفات اثرات سال و جنس معنی دار بود. معنی دار بودن اثرات سال و جنس می‌تواند به علت تغییرات ناشی از مقدار بارندگی، کمیت و کیفیت علوفه در سال‌های مختلف، اختلاف در مقدار ترشح هورمون‌های مسئول رشد در جنس نر و ماده باشد (۸،۱۹). اثر تیپ تولد، در صفات  $KR_1$ ,  $KR_3$  و  $KR_4$  و اثر سن مادر در صفت  $KR_4$  معنی دار بود. علت معنی دار بودن اثر تیپ تولد و سن مادر، می‌تواند به علت محدود بودن فضای رحمی و رقبابت جنین‌ها

جدول ۲- اثرات ثابت معنی دار در صفات نسبت کلیبر(گرم)

From nine to twelve months of age از نه تا یکسالگی	From six to nine months of age از شش تا نه ماهگی	From weaning to six months of age از شیرگیری تا شش ماهگی	From birth to weaning از تولد تا شیرگیری	Fixed effects اثرات ثابت
**	**	**	**	Year سال
**	**	ns	**	Sex جنس
**	ns	ns	ns	Birth type تیپ تولد
				Age of doe سن مادر

ns: غیر معنی دار؛ \*\*: خیلی معنی دار ( $P<0.001$ )

ns: not significant ( $P>0.05$ ); \*\*: highly significant ( $P<0.001$ )  
ژنتیکی افزایشی شامل حداقل بخشی از واریانس مادری می‌شود و در نتیجه نتایج اریب هستند (۷).

نسبت واریانس محیطی دائمی مادری به واریانس فوتی بی براآورد شده برای صفات  $KR_1$  در بزرگی دو نژاد بوزر  $\times$  سترال هایلند به ترتیب  $0.06/0.04$  و  $0.08/0.08$  گزارش شده است (۸،۲۶،۲۹). مقدار وراثت‌پذیری مستقیم اتوزومی برای صفات  $KR_1$ ,  $KR_2$ ,  $KR_3$  و  $KR_4$  براآورد شد که از مقادیر گزارش شده توسط این محققین بیشتر است. علت متفاوت بودن وراثت‌پذیری‌های براآورد شده در تحقیقات مختلف می‌تواند به دلیل متفاوت بودن نژادهای مورد بررسی، متفاوت بودن مدل‌های آماری استفاده شده، متفاوت بودن تعداد رکوردها و در نهایت متفاوت بودن شرایط محیطی باشد.

مقدار وراثت‌پذیری مادری برای صفت  $KR_1$  را در بزرگی حاصل از تلاقی دو نژاد بوزر  $\times$  سترال هایلند با مدل‌های مختلف در دامنه  $0.04/0.07$  (۲۹)، در بزرگی دو نژاد رایینی بین  $0.04/0.05$  (۷)، در گوسفند نژاد معانی  $0.08/0.01$  نژاد هورو  $0.08/0.08$  گزارش شده است (۲). مقدار وراثت‌پذیری مادری صفت  $KR_1$  در این مطالعه  $0.11/0.11$  بود که در دامنه گزارشات نژادهای نامبرده می‌باشد. بحرینی بهزادی و همکاران بیان کردند که اگر اثرات مادری در صفات مورد بررسی مؤثر باشد و در مدل وارد نشود، براآورد واریانس

جدول ۳- مقادیر AIC بدست آمده برای صفات مورد مطالعه (مناسب ترین مدل برای هر صفت نسبت کلیبر پرنگ نشان داده شده است)  
Table 3. AIC values in different models for studied traits (The most suitable model for each trait of kleiber ratio is shown in bold)

From nine to twelve months of age از نه تا یکسالگی	From six to nine months of age از شش تا نه ماهگی	Traits صفات	From birth to weaning از تولد تا شیرگیری	Model مدل
1118.47	3798.36	8067.81	9426.34	1
1120.25	3799.07	8069.55	9409.31	2
1120.49	3800.12	8069.85	9413.03	3
1122.56	3788.49	8070.36	9404.51	4
1122.49	3801.11	8071.61	9410.74	5
1124.41	3788.84	8072.11	9402.96	6

## جدول ۴- برآورد مولفه‌ای (کوواریانس و پارامترهای ژنتیکی صفات نسبت کلیبر

Table 4. (Co) variance components and genetic parameters estimates for traits of kleiber ratio

From nine to twelve months of age	From six to nine months of age	From weaning to six months of age	From birth to weaning	Traits
از نه تا بیکالگی	از شش تا نه ماهگی	از شیرگیری تا شش ماهگی	از تولد تا شیرگیری	صفات
1	4	1	6	Model
0.011	0.211	0.071	1.902	$\sigma_a^2$
-	0.069	-	0.492	$\sigma_m^2$
0.011	0.059	0.078	0.037	$\sigma_e^2$
-	-	-	0.298	$\sigma_{pe}^2$
0.506	1.011	3.49	2.553	$\sigma_{\eta p}^2$
0.529	1.227	3.642	4.644	$\sigma_{\eta \eta}^2$
-	-0.114	-	-0.64	$\sigma_{\eta p}^2$
-	-0.963 ± 0.115	-	-0.662 ± 0.110	$\sigma_{am}$
0.020 ± 0.022	0.172 ± 0.049	0.019 ± 0.020	0.410 ± 0.065	$r_{am}$
-	0.057 ± 0.026	-	0.106 ± 0.041	$h_a^2$
0.023 ± 0.021	0.049 ± 0.025	0.021 ± 0.019	0.008 ± 0.020	$h_{\eta p}^2$
-	-	-	0.064 ± 0.025	$c^2$

$\sigma_a^2$ = additive genetic variance for autosomal loci,  $\sigma_s^2$ = additive genetic variance for sex-linked loci,  $\sigma_m^2$ = maternal additive genetic variance,  $\sigma_{pe}^2$ = maternal permanent environmental variance,  $\sigma_e^2$ = residual variance,  $\sigma_{\eta p}^2$ = phenotypic variances,  $\sigma_{am}$ = direct autosomal-maternal genetic covariance,  $r_{am}$ : direct autosomal-maternal genetic correlation,  $h_a^2$ = direct autosomal heritability,  $h_{\eta p}^2$ = direct sex-linked heritability,  $h_m^2$ : maternal heritability and  $c^2$ : maternal permanent environmental effect  
 $\sigma_a^2$ = واریانس کروموزوم اتوژومی،  $\sigma_s^2$ = واریانس کروموزوم جنسی،  $\sigma_m^2$ = واریانس کروموزوم مادری،  $\sigma_{pe}^2$ = واریانس محیط پایدار مادری،  $\sigma_e^2$ = واریانس باقی مادری،  $\sigma_{am}$ = همبستگی ژنتیکی مستقیم اتوژومی و مادری،  $r_{am}$ = همبستگی ژنتیکی مستقیم کروموزوم اتوژومی،  $h_a^2$ = وراثت پذیری مادری،  $h_{\eta p}^2$ = وراثت پذیری کروموزوم جنسی و  $c^2$ = اثر محیط پایدار مادری

اثر قابل ملاحظه‌ای بر صفات<sub>2</sub> KR<sub>2</sub> و KR<sub>4</sub> در بز نژاد مرخ ز دارد. وراثت پذیری مستقیم کروموزم جنسی برای صفات افزایش وزن روزانه در سینین مختلف در بز مرخز در بازه صفر الی ۰/۰/۰ (۱۷)، برای صفات قبل از شیرگیری در گوسفند نژاد مهربانی در بازه ۰/۰/۳ الی ۰/۰/۱ (۱۶) و برای صفات رشد در سینین مختلف در بز مرخز در بازه ۰/۰/۱ الی ۰/۰/۳ (۱۸) گزارش شده است.

همبستگی ژنتیکی مستقیم اتوژومی، وابسته به جنس و فنوتیپی صفات مورد بررسی در جدول (۵) گزارش شده است. همبستگی ژنتیکی مستقیم اتوژومی بین صفات مختلف در دامنه‌ی ۰/۵۲- (برای صفات<sub>1</sub> KR<sub>1</sub> و KR<sub>2</sub>) تا ۰/۹۰ (برای صفات<sub>2</sub> KR<sub>2</sub> و KR<sub>4</sub>) بود. همبستگی ژنتیکی مستقیم بین صفات نسبت کلیبر در سینین مختلف در گوسفند نژاد مهربانی در دامنه‌ی ۰/۳۲- ۰/۹۶ تا ۰/۰/۰ گزارش شده است (۱۱). وجود همبستگی ژنتیکی اتوژومی منفی در بین بعضی از صفات می‌تواند به دلیل مکانیسم متفاوت ژنتیکی صفات مورد بررسی، نامساعد بودن شرایط محیطی و بیان یا خاموش شدن ژن‌ها در یک بازه‌ی زمانی خاص باشد. همبستگی ژنتیکی مستقیم بین صفات کلیبر در سینین مختلف در گوسفند نژاد لری ۰/۹۱ تا ۰/۶۱، در گوسفندان استان گیلان در دامنه‌ی ۰/۰/۰- ۰/۳۲ تا ۰/۶۱ گزارش شده است (۹،۲۴). همبستگی مستقیم کروموزم‌های وابسته به جنس در مطالعه حاضر در دامنه‌ی ۰/۹۴۳- تا ۰/۶۵۲ برآورده شد. همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف در بز نژاد مرخز منفی و در دامنه‌ی ۰/۰/۱- ۰/۳۱۲ تا ۰/۰/۰ بود. همبستگی فنوتیپی صفات نسبت کلیبر در سینین مختلف، در گوسفندان نژاد کردی در دامنه‌ی ۰/۰/۲- تا ۰/۰/۰- ۰/۲۱ بود (۲۷) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. جعفری و همکاران همبستگی ژنتیکی مستقیم و فنوتیپی بین صفات نسبت KR<sub>1</sub> با KR<sub>4</sub> را در گوسفند نژاد ماکوبی به ترتیب ۰/۰/۷ و ۰/۰/۸- ۰/۰/۸ نمودند که از لحاظ منفی بودن مشابه مطالعه حاضر بود (۱۳).

وراثت پذیری مستقیم برای صفت KR<sub>2</sub> در بز مرخز (۰/۰/۰)، در بز حاصل از تلاقی دو نژاد بوئر × سترال هایلندر (۰/۰/۰)، گوسفند نژاد لری (۰/۰/۰/۸)، نژاد کردی (۰/۰/۱۴)، نژاد مغانی (۰/۰/۲۳)، بود. مقدار وراثت پذیری مستقیم اتوژومی برای صفت KR<sub>2</sub> در این مطالعه ۰/۰/۲ بود که در دامنه گزارشات این محققین می‌باشد.

وراثت پذیری مستقیم برای صفت<sub>3</sub> KR<sub>3</sub> در بز حاصل از

تلاقی دو نژاد بوئر × سترال هایلندر ۰/۰/۶، بز نژاد مرخز (۰/۰/۳۱)، گوسفند نژاد مهریان ۰/۰/۸، نژاد مغانی ۰/۰/۰۲، گزارش شده است (۶، ۱۱، ۱۳ و ۲۹). در تحقیق حاضر وراثت پذیری مستقیم اتوژومی برای صفت نامبرده ۰/۰/۰ براورد گردید که با مقدار گزارش شده در گوسفند نژاد کردی همخوانی دارد (۲۷). همچنین وراثت پذیری مادری برآورده شده برای صفت KR<sub>3</sub> نژاد بز بوئر × سترال هایلندر ۰/۰/۰ کمتر بود (۲۹).

مقدار وراثت پذیری مستقیم اتوژومی برای صفت KR<sub>4</sub> ۰/۰/۰ بود. مقدار وراثت پذیری مستقیم برای صفت نژاد ماکوبی بین ۰/۰/۲۳ (۰/۰/۲۷)، نژاد ماکوبی بین ۰/۰/۱۵ (۰/۰/۱۴-۰/۰/۱۵)، نژاد مغانی ۰/۰/۶ گزارش شده است (۶). پایین بودن ت نوع ژنتیکی افزایشی اتوژومی در صفات KR<sub>2</sub> و KR<sub>3</sub> و KR<sub>4</sub> می‌تواند به دلیل بالا بودن اثرات محیطی و برآوردهای بالاتر اثرات ژنتیکی غیرافزایشی باشد. بطوط کلی، مقادیر پایین وراثت پذیری مستقیم اتوژومی برای صفات نامبرده به این معنی است، که در صورت انتخاب، پیشرفت ژنتیکی کمی برای این صفات میسر می‌شود.

وارد کردن اثر کروموزوم وابسته به جنس در مدل منجر به برآورده دقیق‌تری از واریانس ژنتیکی اتوژومی می‌شود (۱۶). وراثت پذیری کروموزوم وابسته به جنس از صفت KR<sub>1</sub> تا KR<sub>3</sub> روند افزایشی داشت و سپس، در صفت KR<sub>4</sub> کاهش یافت. وراثت پذیری کروموزوم وابسته به جنس برای صفات نامبرده با بهترین مدل به ترتیب ۰/۰/۰/۸، ۰/۰/۰/۹، ۰/۰/۰/۱ و ۰/۰/۰/۳ برآورده شد. این نتایج نشان می‌دهد کروموزوم جنسی

جدول ۵- همبستگی ژنتیکی مستقیم اتوزومی، وابسته به جنس و همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه (گرم)

Table 5. Estimates of direct autosomal genetic, direct sex-linked and phenotypic correlations between the studied traits (gram)

From six to nine months of age از شش تا نه ماهگی	From weaning to six months of age از شیرگیری تا شش ماهگی	From birth to weaning از تولد تا شیرگیری	Traits صفات
Autosomal آتوزومی			
-	-	-0.518 ± 0.218	From weaning to six months of age از شیرگیری تا شش ماهگی
-	0.603 ± 0.378	-0.377 ± 0.140	From six to nine months of age از شش تا نه ماهگی
0.419 ± 0.404	0.901 ± 0.626	-0.281 ± 0.255	From nine to twelve months of age از نه تا دوازده ماهگی
Sex-linked وابسته به جنس			
-	-	0.363 ± 0.205	From weaning to six months of age از شیرگیری تا شش ماهگی
-	-0.473 ± 0.601	0.625 ± 0.245	From six to nine months of age از شش تا نه ماهگی
0.625 ± 0.666	-0.943 ± 0.618	-0.120 ± 0.102	From nine to twelve months of age از نه تا دوازده ماهگی
Phenotypic فنوتیپی			
-	-	-0.312 ± 0.018	From weaning to six months of age از شیرگیری تا شش ماهگی
-	-0.287 ± 0.018	-0.152 ± 0.020	From six to nine months of age از شش تا نه ماهگی
-0.167 ± 0.021	-0.065 ± 0.020	-0.001 ± 0.022	From nine to twelve months of age از نه تا دوازده ماهگی

جنسی در مدل، منجر به برآورد دقیق‌تری از وراثت پذیری  
مستقیم اتوزومی می‌شود.

**تشکر و قدردانی**  
نویسنده‌گان مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسؤولین  
محترم مرکز اصلاح نژاد بزرگزار، واقع در شهرستان سنتدج  
اعلام می‌دارند.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، به جزء صفت<sub>1</sub> KR<sub>1</sub> وراثت‌پذیری سایر صفات پایین می‌باشد. بنابراین، پیشرفت ژنتیکی کمی در اثر انتخاب برای این صفات حاصل می‌شود. همچنین ورایانس فنوتیپی شامل بخشی از ورایانس کروموزوم جنسی می‌باشد، بنابراین، وارد کردن اثر کروموزوم

### منابع

- Abbasi, M.A. 2015. Effect of missing sire pedigree information on genetic trend and gain of quantitative trait using computer simulation. Research on Animal Production, 6(12): 152-159 (In Persian).
- Abegaz, S., J.B. vanWyk and J.J. Olivier. 2005. Model comparisons and genetic and environmental parameter estimates of growth and the Kleiber ratio in Horro sheep. South African Journal of Animal Science, 35: 30-40.
- Aguirre, E.L., E.C. Mattos, J.P. Eler, A.D. BarretoNeto and J.B. Ferraz. 2016. Estimation of genetic parameters and genetic changes for growth characteristics of Santa Ines sheep. Genetics and Molecular Research, 15(3): 1-12.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Automatic Control, 19: 716-723.
- Atefi, A. 2021. Genetic analysis of growth traits and kleiber ratios in Mgohani sheep. Research on Animal Production, 12(31): 180-187 (In Persian).
- Azizi, P., M. Ghaderzadeh, P. Azizi, F. Purbayramian and Z. Zandi. 2013. Genetic analysis of growth traits and Kleiber ratio in Moghani sheep breed. Journal of Livestock Research, 3(3): 35-45.
- Bahreini Behzadi, M.R., F.E. Shahroudi and L.D. Vn Vleck. 2007. Estimates of genetic parameters for growth traits in Kermani sheep. Journal of Animal Breeding Genetics, 124: 296-301.
- Barazandeh, A., S. Molaei-Moghbeli, M. Vatankhah and M. Mohammadabadi. 2012. Estimating non-genetic and genetic parameters of pre-weaning growth traits in Raini Cashmere goat. Tropical Animal Health and Production, 44: 811-817.
- Eteqadi, B., N. Ghavi Hosseini-Zadeh and A. Shadparvar. 2015. Estimation of genetic parameters for average daily gains and Kleiber ratios in Guilan province sheep, Iranian Journal of Animal Science Research, 7(1): 104-112 (In Persian).
- Fernando, R. and M. Grossman. 1990. Genetic evaluation with autosomal and X-chromosomal inheritance, Theoretical and Applied Genetics, 80: 75-80.
- Ghafouri-Kesbi, F. 2013. (Co) variance components and genetic parameters for growth rate and Kleiber ratio in fat-tailed Mehraban sheep. Archives Animal Breeding, 56: 564-572.

12. Gupta, J.P., D.P. Pandey, H.H. Panchasara and R.R. Shah. 2016. Factors affecting pre- and post-weaning Kleiber ratios and genetic parameters in Mehsana goats. Indian Journal of Small Ruminants, 22(1): 100-102.
13. Jafari, S. and S. Razzagzadeh. 2016. Genetic analysis and the estimates of genetic and phenotypic correlation of growth rates, Kleiber ratios, and fat-tail dimensions with birth to yearling live body weight traits in Makuie sheep. Tropical Animal Health and Production, 48(3): 667-672.
14. Jahrami, M.A., A. Ghazi Khani Shad and A. Jahanbakhs. 2016. Genetic analysis of weight, growth and Klber Ratio in Markhoz goat breed, Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 18: 21-30 (In Persian).
15. Kleiber, M. 1947. Body size and metabolic rate. Physiol. Rev. 27:511-541.
16. Latifi, M. 2018. Genetic analysis of autosomal and sexual chromosomes of pre-weaning traits in Mehraban sheep. Iranian Journal of Animal Science Research, 10(3): 417-424 (In Persian).
17. Latifi, M., M. Almasi and B. Enayati. 2018. Genetic parameter estimates of average daily weight gain traits for autosomal and sex-linked chromosomes in Markhoz goats. Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 31(120): 197-204. (In Persian)
18. Latifi, M., Y. Naderi, A. Mortazavi, M. Bohlouli and S. Sadeghi. 2020. Variation in autosomal and sex-linked genetic effects for growth traits in Markhoz goat using multivariate animal models. Tropical Animal Health and Production, 52(6): 2917-2923.
19. Latifi, M., Y. Naderi, M. Bohlouli and S. Sadeghi. 2021. Direct and maternal genetic components for body weight traits in Markhoz goat. Tropical Animal Health and Production, 53(2): 234.
20. Lee, J.W., S.B. Choi, Y.H. Jung and J.F. Keown and L.D. Van Vlec. 2000. Parameter estimates for direct and maternal genetic effects on yearling, eighteen-month, and slaughter weights of Korean native cattle. Journal of Animal Science, 78: 1414-1421.
21. Lush, J.L. 1945. Animal Breeding Plans, Andesite Press, 454 p.
22. Meyer, K. 2013. WOMBAT-A program for mixed model analyses by restricted maximum likelihood. Animal Genetics and Breeding Unit, Armidale, 105 pp.
23. Mohammadi, H., M.M. Shahrebabak, H.M. Shahrebabak, A. Bahrami and M. Dorostkar. 2013. Model comparisons and genetic parameter estimates of growth and the Kleiber ratio in Shal sheep, Archives Animal Breeding, 56: 264-275.
24. Mohammadi, K., R. Abdollahi-Arpanahib, F, Amraeic, E, MirzaMohamadi and A, Rashidi. 2015. Genetic parameter estimates for growth and reproductive traits in Lori sheep. Small Ruminant Research, 131: 35-42.
25. Rashidi, A., M. Ramazanian and R.V. Torshizi. 2006. Genetic Parameter Estimates for Growth Traits and Fleece Weight in Markhoz goats. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Brazil.
26. Rashidi, A., S. Bishop and O. Matika. 2011. Genetic parameter estimates for pre-weaning performance and reproduction traits in Markhoz goats, Small Ruminant Research, 100: 100-106.
27. Saghi, D.A. and A.R. Shahdadi. 2016. Estimation of Genetic Parameters of Kleiber Ratio and Growth Traits in Kurdish Sheep. Iranian Journal of Animal Science Research, 8(2): 370-381 (In Persian).
28. SAS Institute. 2001. SAS /STAT user's Guide: statistics. Release 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.
29. Tesema, Z., K. Alemayehu, T. Getachew, D. Kebede, B. Deribe, M. Taye, M. Tilahun, M. Lakew, A. Kefale, N. Belayneh, A. Zegeye and L. Yizengaw. 2020. Estimation of genetic parameters for growth traits and Kleiber ratios in Boer×Central Highland goat. Tropical Animal Health and Production, 52: 3195-3205.
30. Vatankhah, M., A. Talebi and H. Blair. 2016. Genetic analysis of Lori-Bakhtiari lamb survival rate up to yearling age for autosomal and sex-linked. Small Ruminant Research, 136: 121-126.
31. Zamani, P. and M. Almasi. 2017. Estimation of autosomal and sex-linked heritabilities for growth related traits in Markhoz breed of goats. Iranian Journal of Animal Science, 48(1): 109-117 (In Persian).