نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان
جلد نهم، شماره اول، ۱۴۰۰
http://ejrr.gau.ac.ir
۹۹-۱۱۴
DOI: 10.22069/ejrr.2021.18471.1767

برآورد فراسنجه‌های ژنتیکی مولفه‌های منحنی رشد حاصل از مقایسه مدل‌های غیرخطی در گوسفند مغانی

زینب قربانی[۱]، *محمدرضا شیخلو[۲] و امیرکریمی[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و [۲]استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: وزن بدن در سنین مختلف و سرعت رشد، از صفات اقتصادی مهم گوسفند به شمار رفته و به عنوان معیار انتخاب در برنامه‌های اصلاح نژاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. رشد را می‌توان به صورت افزایش تعداد سلول های بدنی یا افزایش وزن و حجم بدن در دوره خاصی از طول عمر دام تعریف نمود. منحنی رشد حیوانات را می‌توان با استفاده از مدل‌های ریاضی مختلف توصیف نمود. مولفه‌های منحنی رشد در گونه‌های مختلف دام توراث پذیر هستند. بنابراین می‌توان ظرفیت ژنتیکی حیوانات را برای مولفه‌های منحنی رشد پیش‌بینی نمود. بدین ترتیب امکان تغییر شکل منحنی رشد در جمعیت، ازطریق انتخاب دامها بر اساس مولفه‌های منحنی رشد در برنامه‌های اصلاح نژادی وجود دارد. بهترین تابع توصیف کننده منحنی رشد بسته به نژاد و جمعیت تحت بررسی می‌تواند متفاوت باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی توانایی مدلهای غیر خطی مختلف در برازش منحنی رشد گوسفند نژاد مغانی و برآورد پارامترهای ژنتیکی خصوصیات منحنی رشد در این نژاد بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، از رکوردهای وزن بدن گوسفندان نژاد مغانی که طی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۶ در ایستگاه اصلاح نژاد جعفرآباد مغان جمع‌آوری‌شده بود جهت بررسی منحنی رشد و برآورد پارامترهای ژنتیکی خصوصیات منحنی رشد استفاده شد. از چهار مدل غیرخطی شامل مدل‌های برودی، لجستیک، گومپرتز و ون برتالانفی برای توصیف منحنی رشد گوسفند نژاد مغانی استفاده شد. مدل‌ها با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS 9. روی رکوردهای وزن بدن دام‌ها در سنین مختلف برازش داده شد. مدل‌های مورد استفاده دارای سه مولفه شامل A (وزن بلوغ)، B (وزن اولیه دام) و K (نرخ بلوغ) بودند. از شاخص‌های نیکوئی برازش شامل ضریب تبیین، میانگین مربعات خطا و شاخص اطلاعات آکائیک جهت انتخاب بهترین مدل استفاده شد. پس از برازش مدل‌های غیرخطی و انتخاب بهترین مدل، مولفه‌های منحنی رشد تک تک دامها با استفاده از بهترین مدل غیرخطی برآورد شد. سپس عوامل غیر ژنتیکی مؤثر بر مولفه‌های منحنی رشد با استفاده از رویه GLM مورد بررسی قرار گرفت. شش مدل دام تک متغیره که به لحاظ اثرات محیطی دائمی مادری، اثر ژنتیکی مادری و همچنین کوواریانس بین اثر ژنتیکی مستقیم و مادری با هم متفاوت بودند، برای تجزیه و تحلیل صفات مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین سه آنالیز دو متغیره بین مولفه‌های منحنی رشد جهت برآورد همبستگی ژنتیکی بین مولفه‌ها انجام شد.

*مسئول مکاتبه: MR.Sheikhlou@tabrizu.ac.ir

یافته‌ها: طبق نتایج این تحقیق، مدل لجستیک با کمترین میانگین مربعات خطا و معیار اطلاعات آکائیک و بیشترین ضریب تبیین بهترین مدل جهت توصیف منحنی رشد گوسفندان مغانی بود. مقادیر مولفه‌های وزن بلوغ (A)، وزن اولیه دام (B) و نرخ بلوغ (K) توسط مدل لجستیک به ترتیب ۴۰/۳۲، ۷/۵۸ و ۰/۰۲۷ برآورد گردید. اثرات ثابت جنس بره، تیپ تولد، سال و ماه زایش و همچنین سن مادر در هنگام زایش تاثیر معنی‌داری بر مولفه‌های منحنی رشد داشتند. از بین شش مدل خطی برازش شده، مدلهای شماره شش، دو و چهار به ترتیب به عنوان بهترین مدل جهت تجزیه و تحلیل مولفه‌های وزن بلوغ (A)، وزن اولیه دام (B) و نرخ بلوغ (K) انتخاب شدند. وراثت پذیری مستقیم مولفه‌های وزن بلوغ (A)، وزن اولیه دام (B) و نرخ بلوغ (K) به‌ترتیب ۰/۱۷، ۰/۰۸ و ۰/۱۹ برآورد گردید. مقادیر همبستگی ژنتیکی برآورد شده حاصل از تجزیه و تحلیل دو متغیره بین مولفه‌های A-B، A-K و B-K به‌ترتیب ۰/۰۶، ۰/۰۳ و ۰/۰۰۰۳- بود.

نتیجه‌گیری: در میان چهار مدل غیرخطی مورداستفاده، مدل لجستیک بهترین برازش و انطباق را برای رشد گوسفند مغانی داشت. طبق نتایج این تحقیق مولفه‌های منحنی رشد این نژاد وراثت پذیری قابل قبولی داشتند، بطوری‌که می‌توان از این صفات در برنامه‌های اصلاح نژاد جهت تغییر منحنی رشد دامها و بهبود الگوی رشد آنها استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: توابع غیرخطی، گوسفند مغانی، منحنی رشد، وراثت پذیری

مقدمه

گوشت گوسفند یکی از منابع رایج تأمین پروتئین حیوانی در ایران بوده و افزایش بازدهی در تولید آن از اهمیت خاصی برخوردار است. از این رو وزن بدن در سنین مختلف و سرعت رشد، از صفات اقتصادی مهم این گونه به شمار رفته و به عنوان معیار انتخاب در برنامه‌های اصلاح نژادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. رشد را می‌توان به صورت افزایش تعداد سلول‌ها بدنی یا افزایش وزن و حجم بدن در دوره خاصی از طول عمر دام تعریف نمود (۷). رشد حیوانات را می‌توان با مشاهده تغییر وزن در سنین مختلف و یا با استفاده از مدل‌های ریاضی توصیف کننده رشد بررسی نمود. مدل‌های رشد، توابع ریاضی هستند که برای توصیف الگوی رشد به کار می‌روند. این توابع خلاصه‌ای از اطلاعات مربوط به رشد حیوان را در قالب چند مولفه که دارای تفسیر زیستی هستند، ارائه می‌دهند (۳). مطالعه الگوی رشد به تنظیم برنامه تغذیه‌ای مناسب، تصمیم‌گیری برای نگهداری یا حذف دام و همچنین تعیین زمان ایده‌آل برای کشتار کمک می‌کند (۸). همچنین با استفاده از این مدل‌ها می‌توان وزن دام را برای سن مشخصی در آینده یا برای سنینی که رکوردگیری در آن انجام نشده است، تخمین زد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که مولفه‌های منحنی رشد در گونه‌های مختلف وراثت پذیر هستند. بنابراین می‌توان پتانسیل‌ژنتیکی حیوانات را برای مولفه‌های منحنی رشد پیش‌بینی نمود. بدین ترتیب امکان تغییر شکل منحنی رشد در جمعیت، ازطریق انتخاب دام‌ها بر اساس مولفه‌های منحنی رشد در برنامه‌های اصلاح نژادی وجود دارد (۳۳). مدل‌های مختلفی برای بررسی پدیده رشد در حیوانات اهلی پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به مدلهای گومپرتز، لجستیک، برودی و ون برتالانفی اشاره نمود (۱۶). این مدلها غیر خطی بوده و بخش مشترک این توابع خصوصیت S شکل یا سیگموئیدی آنهاست. سه مرحله اصلی رشد روی چنین نمودارهایی قابل تشخیص است: مرحله رشد سریع، مرحله خطی و مرحله رشد کند که به بلوغ دام منتهی می‌شود (۱۹). این توابع توسط محققین مختلف برای بررسی منحنی رشد نژادهای مختلف گاو، گوسفند و طیور مورد استفاده قرار گرفته است (۱۸). به عنوان مثال محققین

مختلف، کارایی مدل‌های متفاوت در توصیف منحنی رشد گوسفندان نژاد سگورنا، آواسی و نوردوز را مورد مقایسه قرار داده و مدل لجستیک را به عنوان بهترین مدل توصیف کننده الگوی رشد این نژادها معرفی کرده‌اند (۷، ۲۱ و ۳٤). همچنین در مورد گوسفندان نژادهای ایرانی، مدلهای برودی و لجستیک به عنوان مدل مناسب جهت توصیف منحنی رشد گوسفندان نژادهای بلوچی، مهربان و زندی معرفی شده‌اند (٤، ٥ و ۱۸). مقایسه نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بهترین تابع توصیف کننده منحنی رشد بسته به نژاد و جمعیت تحت بررسی می‌تواند متفاوت باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی توانایی مدلهای غیر خطی مختلف در برازش منحنی رشد گوسفند نژاد مغانی و همچنین برآورد پارامترهای ژنتیکی مولفه‌های منحنی رشد در این نژاد بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از رکوردهای وزن تولد، سه ماهگی، شش ماهگی، نه ماهگی و یک‌سالگی گوسفندان نژاد مغانی که طی سال‌های ۱۳٦۸ تا ۱۳۹٦ در ایستگاه اصلاح نژاد جعفرآباد مغان جمع‌آوری‌شده بود جهت بررسی منحنی رشد این نژاد و برآورد فراسنجه‌های ژنتیکی مولفه‌های منحنی رشد استفاده گردید. از رکورد دامهایی استفاده گردید که حداقل چهار رکورد مربوط به وزن تولد، سه ماهگی، شش ماهگی و نه ماهگی را داشته باشند. رکوردهای خارج از دامنه ۳ برابر انحراف معیار از میانگین برای هر سن وزن‌گیری حذف گردید (۱۸). وزن بدن برای سنین مختلف هر حیوان بررسی و رکورد دام‌هایی که کاهش غیر منطقی در وزن‌کشی بعدی داشتند، حذف شدند. همچنین رکوردهای مربوط به حیواناتی که در اطلاعات مربوط به سال، ماه، روزتولد، جنس بره و نیز تیپ تولد دارای نقص بودند، حذف شدند. پس از انجام ویرایش‌های فوق،۱۳۱۹۳ رکورد مربوط به سنین مختلف که متعلق به ۲۸۳۹ حیوان بود، جهت برازش منحنی رشد مورد استفاده قرار گرفت. از چهار مدل غیرخطی شامل مدل‌های برودی، لجستیک، گومپرتزو ون برتالانفی برای توصیف منحنی رشد گوسفند نژاد مغانی استفاده شد. تمام مدل‌ها با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS 9.0 روی رکوردهای وزن بدن دام‌ها در سنین مختلف برازش داده شد. مشخصات مدلهای مورد استفاده جهت بررسی منحنی رشد در جدول ۱ نشان داده شده است. مدل‌های مورد استفاده دارای سه مولفه A، B و K می‌باشند. مولفه A وزن بلوغ مجانبی یا حد مجانبی وزن در زمانی است که سن به سمت بی‌نهایت میل می‌کند. مولفه B نشان‌دهنده نسبتی از وزن بلوغ مجانبی است که پس از تولد حاصل می‌شود که با مقادیر اولیه وزن و سن مشخص می‌شود. مولفه K شیب منحنی رشد بوده و تخمینی از نرخ رسیدن به مقدار مجانبی رشد است که نرخ بلوغ بعد از تولد را نشان می‌دهد. نقطه عطف منحنی رشد بیانگر زمانی است که نرخ رشد تا آن نقطه افزایشی بوده و از آن به بعد کاهشی می‌گردد. همچنین این زمان لحظه‌ای است که حداکثر نرخ افزایش رشد وزن روزانه رخ می‌دهد (۳۳)

جدول ۱- معادلات ریاضی توابع غیرخطی مورد استفاده جهت توصیف منحنی رشد

Table 1. Mathematical equations of nonlinear functions used for describing the growth curve

نام مدل Model	معادله مدل Function	نقطه عطف Inflection point	نرخ رشد Growth rate	سن بلوغ Maturity Age
گومپرتز Gompertz (Larid, 1966)	$W_t = Ae^{(-Be^{-Kt})} + \varepsilon$	$y_i = \frac{a}{e}$	$v_c = kyln(\frac{a}{y})$	$-\frac{\ln\left(\frac{\ln\left(\frac{y}{a}\right)}{-b}\right)}{k}$
برودی Brody (Brody, 1945)	$W_t = A(1 - Be^{-Kt}) + \varepsilon$	-	$v_c = ka(1 - \frac{y}{a})$	$-\frac{\ln\left(\frac{a-y}{ba}\right)}{k}$
لجستیک Logistic (Nelder, 1961)	$W_t = A(1 + Be^{-Kt})^{-1} + \varepsilon$	$y_i = \frac{a}{2}$	$v_c = bka\left(\frac{e^{-kt}}{1+e^{-kt}}\right)$	$-\frac{ln\left[\left(\frac{a}{y}\right)^{1/b} - 1\right]}{k}$
وان برتالانفی Von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1957)	$W_t = A(1 - Be^{-Kt})^3 + \varepsilon$	$y_i = \frac{8a}{27}$	$v_c = 3ky\left[\left(\frac{a}{y}\right)^{1/3} - 1\right]$	$-\frac{ln\left(\frac{1-\sqrt[3]{\frac{y}{a}}}{b}\right)}{k}$

Wt: وزن بدن در زمانt، A: وزن بلوغ، B: وزن اولیه دام، K: نرخ بلوغ، e: عدد نپر برابر با ۲/۷۱

W_t: Weight at time t, A: Mature weight, B: initial weight of animal, K: Maturity rate, e: 2.71

پس از برازش مدل‌های مختلف از شاخص‌های نیکوئی برازش شامل ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و شاخص اطلاعات آکائیک (AIC) جهت انتخاب بهترین مدل استفاده گردید. ضریب تبیین از نسبت مجموع مربعات رگرسیون به مجموع مربعات کل محاسبه گردید:

$$R^2 = \frac{SS_{Reg}}{SST}$$

که در این معادله SS_{Reg} مجموع مربعات رگرسیون و SST مجموع مربعات کل می‌باشد. میانگین مربعات خطا با استفاده از رابطه زیر برآورد گردید:

$$MSE = \frac{SSE}{n - p}$$

که در این معادله SSE مجموع مربعات باقیمانده، n تعداد داده‌ها و p تعداد مولفه‌های مدل است. شاخص اطلاعات آکائیک با استفاده از رابطه زیر برآورد گردید:

$$AIC_i = -2LogL_i + 2P_i$$

که در آن $LogL_i$ برابر با لگاریتم تابع درستنمایی بوده و P_i تعداد مولفه‌های موجود در مدل می‌باشد. مدلی که دارای پایین‌ترین مقدار AIC و MSE و بالاترین مقدار R^2 بود، به عنوان بهترین مدل برای توصیف منحنی رشد در نظرگرفته شد.

پس از برازش مدل‌های غیرخطی و انتخاب بهترین مدل، مولفه‌های منحنی رشد تک تک دامها با استفاده از بهترین مدل غیرخطی برآورد گردید. سپس عوامل غیر ژنتیکی مؤثر بر مولفه‌های منحنی رشد با استفاده از مدل زیر و رویه GLM نرم‌افزار SAS 9.0 مورد بررسی قرار گرفت.

$$y_{ijklm} = \mu + year_i + month_j + s_k + t_l + Dage_m + e_{ijklm}$$

که اجزای این مدل عبارتند از:

year: اثر سال زایش، month: اثر ماه زایش، s: اثر جنس بره، t: اثر تیپ تولد (تک قلو، دو قلو و سه قلو)، Dage: اثر سن مادر به هنگام زایش (۱۰ سطح)، e: اثر باقی‌مانده.

فاکتورهایی که تأثیر آن‌ها بر واریانس صفات تحت بررسی معنی‌دار بود در مدل نهایی برای تجزیه و تحلیل ژنتیکی وارد شدند. شش مدل دام تک متغیره زیر که از لحاظ در نظر گرفتن اثرات محیطی دائمی مادر و اثر ژنتیکی مادری و همچنین کوواریانس بین اثر ژنتیکی مستقیم و مادری با هم متفاوت بودند، جهت تجزیه وتحلیل صفات مورد استفاده قرار گرفتند.

1) $Y = Xb + Z_a a + e$

2) $Y = Xb + Z_a a + Z_{pe} pe + e$

3) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + e \quad Cov(a,m) = 0$

4) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + e \quad Cov(a,m) = A\sigma_{am}$

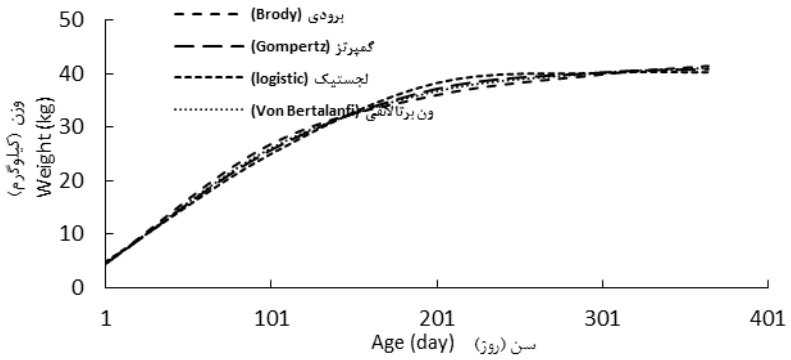
5) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + Z_{pe} pe + e \quad Cov(a,m) = 0$

6) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + Z_{pe} pe + e \quad Cov(a,m) = A\sigma_{am}$

که در این معادلات Y: بردار مشاهدات صفات تحت بررسی شامل مولفه‌های A، B و K حاصل از برازش بهترین مدل بر داده‌های رشد تک تک دامها، b: بردار اثرات ثابت شامل جنس بره، سال زایش، ماه زایش، تیپ تولد، سن مادر به هنگام زایش، a: بردار اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی حیوان، m: بردار اثر تصادفی ژنتیکی مادری، pe: بردار اثر تصادفی محیط دائمی مادر، X: ماتریس طرح اثرات ثابت، Za: ماتریس طرح اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی، Zm: ماتریس طرح اثر تصادفی ژنتیکی مادری، Zpe: ماتریس طرح اثر تصادفی محیطی دائمی مادر، Cov (a, m) کوواریانس بین اثر ژنتیکی مستقیم و مادری و e: بردار تصادفی خطا بودند. با استفاده از معیار آکایک بهترین مدل برای تجزیه و تحلیل هر صفت مورد انتخاب قرار گرفت بطوریکه مدلی که دارای معیار آکایک پایین‌تری بود به عنوان بهترین مدل جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها انتخاب گردید(۳۱). جهت تجزیه و تحلیل ژنتیکی از نرم‌افزار WOMBAT و روش حداکثر درستنمایی محدودشده (REML) استفاده شد (۲۳). همچنین سه تجزیه و تحلیل دومتغیره بین مولفه‌های منحنی رشد جهت برآورد همبستگی ژنتیکی بین صفات انجام گردید. اثرات موجود در مدل تجزیه و تحلیل دو متغیره همانند اثرات وارد شده برای تجزیه و تحلیل تک متغیره هر یک از صفات بودند.

نتایج و بحث

منحنی رشد برازش شده توسط چهار مدل غیرخطی گومپرتز، برودی، لجستیک و ون برتالانفی در شکل ۱ ترسیم شده است. منحنی رشد حاصل از همه مدل‌ها روند تقریبا مشابهی را دارا بوده و مدلهای مورد استفاده به خوبی توانایی توصیف فرایند رشد در این نژاد را داشتند. با توجه به منحنی‌های رشد رسم شده، پس از تولد حیوان، در ابتدا رشد با سرعت افزایش می‌یابد اما به‌تدریج و با افزایش سن، از شیب منحنی کم شده و منحنی وارد مرحله رشد کند می‌شود.



شکل ۱- منحنی رشد برازش شده توسط توابع غیرخطی گومپرتز، ون برتالانفی، برودی و لجستیک

Figure 1- Growth curve fitted by the Gompertz, Brody, Von Bertalanffy, and Logistic nonlinear functions

مقادیر برآورد شده مولفه‌های توابع غیرخطی رشد به همراه معیارهای نکوئی برازش مدل‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲ مدل لجستیک با کمترین میانگین مربعات خطا (MSE=۲۵/۴۱) و معیار اطلاعات آکائیک (AIC=۳۱۶۲۸/۱۱) و بیشترین ضریب تبیین (R^2=۰/۹۷۶) بهترین مدل جهت توصیف منحنی رشد گوسفندان مغانی بود. برازش بهتر مدل لجستیک بر منحنی رشد این نژاد با نتایج تحقیقات انجام گرفته روی برخی نژادهای داخلی و خارجی مطابقت دارد. در تحقیقی که توسط خبات خیرآبادی (۲۰۱۷) روی خصوصیات منحنی رشد گوسفند نژاد زندی صورت گرفت، از میان مدلهای مختلف تحت بررسی، مدل لجستیک به عنوان بهترین مدل توصیف کننده منحنی رشد این نژاد انتخاب شد (۱۸). همچنین راشدی ده‌صحرایی (۲۰۱۵) و قوی حسین زاده (۲۰۱۷) نیز مدل لجستیک را به عنوان بهترین مدل توصیف کننده منحنی رشد گوسفند نژاد مغانی معرفی کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۱۲ و ۳۱). در گوسفندان نژادهای خارجی، داکسیران و همکاران (۲۰۱۰) مدل لجستیک را بهترین مدل جهت توصیف منحنی رشد نژاد نوردوز[1] معرفی کرده و استفاده از آن را در مدیریت پرورشی گله و نیز استراتژی های تغذیه‌ای پیشنهاد نمودند (۷). همچنین لوپی و همکاران (۲۰۱۵) نیز با مقایسه مدلهای مختلف در توصیف منحنی رشد گوسفند نژاد سگورنا[2]، مدل لجستیک را به عنوان مناسب‌ترین مدل برای بررسی روند رشد این نژاد انتخاب کردند (۲۱). در برخی تحقیقات انجام گرفته روی گوسفندان نژادهای مختلف دیگر نیز مدل لجستیک به عنوان مدل مناسب جهت توصیف منحنی رشد گوسفندان نژادهای آواسی، مالایا و بزهای نژاد آنقوره و آنگلونوبیان معرفی شده است(۲و ۲۸و ۲۹و ۳٤). بااین وجود، نتایج متفاوتی نیز در تحقیقات انجام گرفته روی گوسفندان نژادهای مختلف گزارش شده است. به عنوان مثال، بحرینی بهزادی و همکاران (۲۰۱٤) مدل برودی را به عنوان بهترین مدل غیر خطی توصیف کننده رشد در گوسفند نژاد بلوچی معرفی کردند (٤). همچنین بطاعی و لروی (۱۹۹۸) نیز از مدل برودی در توصیف رشد گوسفند مهربان استفاد کردند (۵). در برخی گزارشهای دیگر نیز مدل گومپرتز به عنوان مناسبترین مدل جهت توصیف منحنی رشد برخی نژادهای گوسفند انتخاب شده است (۱۷، ۲۰ و ۲۲). تفاوت مشاهده شده در برازش مدل‌های متفاوت توصیف کننده منحنی رشد در نژادهای مختلف گوسفند، نشان‌دهنده الگوی رشد متفاوت در این نژادها می‌باشد. عواملی همچون پتانسیل ژنتیکی رشد و تاثیر آن بر زودرس یا دیررس بودن هر نژاد، شرایط متفاوت جغرافیایی، مرتعی و آب و هوایی مناطقی که این نژادها در آن قرار دارند و سیستم های پرورشی متفاوتی که در این نژادها بکار گرفته می‌شود بر الگوی رشد هر نژاد تاثیر دارد. بنابراین، تفاوت گزارش‌های مختلف در انتخاب بهترین مدل جهت توصیف منحنی رشد، ضرورت مدل‌سازی رشد به‌طور جداگانه برای هر نژاد را آشکار می‌سازد.

1. Norduz
2. Segureña

جدول ۲- مقادیر برآورد شده مولفه‌های منحنی رشد حاصل از توابع غیرخطی مختلف

Table 2- Estimated values for the growth curve parameters obtained from different nonlinear functions

مدل Model	مولفه Parameter			آماره‌های نکوئی برازش Goodness-of-fit statistics		
	A	B	K	R^2	AIC	MSE
گومپرتز (Gompertz)	4.04±0.081	2.29±0.026	0.017±0.0001	0.9746	31788.75	25.83
برودی (Brody)	42.53±0.13	0.90±0.002	0.009±0.0001	0.9748	32995.67	27.49
لجستیک (Logistic)	40.32±0.07	7.58±0.18	0.027±0.002	0.9767	31628.11	25.41
ون برتالانفی (Von Bertalanffy)	41.43±0.09	0.54±0.004	0.014±0.0001	0.9760	31951.25	26.26

با توجه به جدول ۲، در این تحقیق، مقادیر مولفه‌های A، B و K توسط مدل لجستیک به ترتیب ٤٠/٣٢، ٧/٥٨ و ٠/٠٢٧ برآورد گردید. کمترین و بیشترین مقدار مولفه A توسط مدل‌های مختلف مورد استفاده در تحقیق حاضر ٤٠/٣٢ و ٤٢/٥٣ بود که به ترتیب توسط مدل لجستیک (با بهترین درجه برازش بر منحنی رشد این نژاد) و مدل برودی برآورد گردید. از سوی دیگر مقدار برآورد شده برای مولفه K نیز در مدل لجستیک بیشترین مقدار (٠/٠٢٧) و در مدل برودی کمترین مقدار (٠/٠٠٩) بود. مولفه A (وزن بلوغ) برآوردی از وزن مجانبی است و در مطالعات مربوط به منحنی رشد به صورت وزن در هنگام بلوغ تفسیرمی‌شود (٨). مولفه K نرخ رشد پس از تولد بوده و هر چه مقدار K بیشتر باشد نشان از بلوغ زودرس دام خواهد بود. بدین‌ترتیب مدل رشد لجستیک در مقایسه با دیگر مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق، وزن بلوغ این نژاد را کمتر و سرعت رسیدن به آن را در بازه زمانی کوتاه‌تری پیش‌بینی می‌کند که با توجه به معیارهای نکوئی برازش، این الگوی رشد بهترین مطابقت را با داده‌های رشد در این نژاد داشت. مقادیر پارامترهای مدل رشد، بسته به نژاد مورد بررسی و مدل تبیین کننده منحنی رشد می‌تواند متفاوت باشد. خبات و همکاران (٢٠١٧) مقادیر پارامترهای A، B و K را در گوسفند نژاد زندی با استفاده از مدل لجستیک به‌ترتیب ٣٤/٤، ٧/٣٨ و ٠/٠٢٦ برآورد کردند که هم به لحاظ مدل مورد استفاده و هم پارامترهای برآورد شده مشابه تحقیق حاضر بود (١٨). در نژادهای سنگین وزن، حجتی و قوی حسین‌زاده (٢٠١٨) مقادیر پارامترهایA ، B و K را با استفاده از مدل برودی در گوسفند نژاد مهربان به ترتیب ٦٦/٩، ٠/٩٥ و ٠/٠٠٣ برآورد کردند (١٥). همچنین بحرینی بهزادی (٢٠١٥) مقادیر این پارامترها را در گوسفند نژاد لری بختیاری با استفاده از مدل برودی ٦٥/٩٨ ، ٠/٩٤ و ٠/٠٠٥ گزارش کردند (٣). با مقایسه پارامترهای A و K بدست آمده در این نژادهای سنگین وزن با پارامترهای برآورد شده در تحقیق حاضر نتیجه گیری می‌گردد گوسفندان نژاد مهربان و لری بختیاری با وجود نرخ رشد آهسته‌تر نسبت به نژاد مغانی، وزن بلوغ بیشتری دارند. در برخی گوسفندان نژادهای خارجی نیز بسته به نژاد مورد بررسی و مدل مورد استفاده، مقادیر مولفه‌های A ، B و K به ترتیب در محدوده ٣٧ تا ٦٧، ٠/٦ تا ٠/٩٦ و ٠/٠٠٢ تا ٠/٠١ برآورد گردیده است(١، ٩ و ٢١).

با در نظر گرفتن روابط اشاره شده در جدول ١، نقطه عطف منحنی رشد این نژاد با استفاده از مدل لجستیک در محدوده وزن ٢٠/١٥ کیلوگرم می‌باشد. با توجه به شکل ١ این وزن در محدوده سنی ٦٥ روزگی رخ می‌دهد. در واقع تا سن ٦٥ روزگی نرخ رشد روزانه نسبت به روزهای قبلی افزایشی می‌باشد و پس از آن با وجود ادامه رشد حیوان، میزان افزایش

وزن نسبت به افزایش وزن روزهای قبلی روند کاهشی خواهد داشت. این اطلاعات می‌تواند در مدیریت تغذیه‌ای این نژاد برای تامین مقادیر انرژی، پروتئین و ویتامین‌های جیره در جهت استفاده حداکثری از پتانسیل رشد حیوانات در مرحله رشد سریع و همچنین تنظیم جیره‌های مقرون به صرفه و جلوگیری از هدر رفت مواد مغذی در مرحله رشد کند، حائز اهمیت می‌باشد.

با توجه به اینکه مدل لجستیک به عنوان بهترین مدل برای منحنی رشد گوسفند مغانی انتخاب شد، از مولفه‌های منحنی رشد بدست آمده توسط این مدل برای تک تک حیوانات، جهت برآورد مولفه‌های واریانس و وراثت پذیری صفات استفاده گردید. اثرات ثابت جنس بره، تیپ تولد، سال و ماه زایش و همچنین سن مادر در هنگام زایش بر مولفه‌های منحنی رشد تاثیر معنی‌داری داشتند. میانگین حداقل مربعات برآورد شده برای مولفه‌های منحنی رشد به تفکیک سطوح اثرات ثابت جنس و تیپ تولد در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- میانگین حداقل مربعات مولفه‌های **منحنی رشد حاصل از مدل لجستیک در سطوح مختلف اثرات جنسیت و تیپ تولد**

Table 3- Least squares means for the logistic growth curve parameters in the different levels of sex and birth type effects

K	B	A	Levels سطوح	Effect اثر
0.0189 ± 0.0014^{a}	2.31 ± 0.04^{a}	40.01 ± 0.77^{a}	Male نر	Sex جنس
0.0190 ± 0.0014^{a}	2.19 ± 0.04^{b}	35.02 ± 0.77^{b}	female ماده	
0.0199 ± 0.0012^{a}	2.26 ± 0.03^{a}	39.78 ± 0.68^{a}	Single تک قلو	Birth type تیپ تولد
0.0183 ± 0.0013^{b}	2.28 ± 0.03^{a}	37.71 ± 0^{b}	Twin دو قلو	
0.0182 ± 0.0023^{b}	2.36 ± 0.07^{a}	35.07 ± 1.26^{c}	Triplet سه قلو	

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها می‌باشد.

The values with different superscript letters in a column are significantly different.

با توجه به جدول ۳، مقدار میانگین حداقل مربعات وزن بلوغ (A) و وزن اولیه دام (B) در بره‌های نر به طور معنی‌داری نسبت به بره‌های ماده بیشتر بود ($P<0/05$). مقدار میانگین حداقل مربعات نرخ بلوغ (K) بین جنس نر و ماده تفاوت معنی‌داری نداشت. در منابع علمی دلیل بالاتر بودن وزن بلوغ نرها نسبت به ماده‌ها را به وجود تفاوت‌های هورمونی و فیزیولوژیکی بین دو جنس مختلف نسبت داده‌اند (۲۷). معنی داری اثر جنسیت بر مولفه‌های منحنی رشد در این تحقیق با نتایج گزارش شده در گوسفندان نژادهای لری بختیاری، مهربان، بلوچی و زندی نیز مطابقت دارد(۳، ۵، ۱۶ و ۱۸). معنی‌داری اثر جنس بر مولفه‌های منحنی رشد در مطالعات صورت گرفته در نژادهای خارجی نیز گزارش شده است. آبگاز و همکاران (۲۰۱۰) و گولیمایتیس و همکاران (۲۰۰۶) به ترتیب درگوسفندان نژاد هورو و کاراگونیک تاثیر جنسیت را بر وزن بلوغ (A) و وزن اولیه دام (B) معنی‌دار و بر نرخ بلوغ (K) غیرمعنی‌دار گزارش کردند (۱ و ۱۴). همچنین بطایی و لروی (۱۹۹۸) در گوسفند نژادمهربان تأثیر جنسیت را بر وزن بلوغ (A) معنی‌دار گزارش کردند (۵).

اثر تیپ تولد در مطالعه حاضر بر مولفه‌های وزن بلوغ (A) و نرخ رشد (K) معنی‌دار بود ($P<0/05$). مقدار میانگین حداقل مربعات وزن بلوغ (A) و نرخ رشد (K) در بره‌های تک‌قلو به طور معنی‌داری نسبت به بره‌های چند قلو بیشتر بود ($P<0/05$). مقدار

میانگین حداقل مربعات وزن اولیه دام (B) بین بره‌های تک قلو و چند قلو تفاوت معنی‌داری نداشت (۱ و ۱٤). محدودیت میش‌ها در تقویت همزمان چند جنین از یک‌سو و از سوی دیگر تامین ناکافی شیر برای بره‌های تازه متولد شده، عملکرد پایین وزن بلوغ چندقلوها را می‌تواند توضیح دهد (۹). تاثیر معنی دار تیپ تولد بر مولفه‌های منحنی رشد در تحقیق حاضر با گزارشات موجود در گوسفندان نژادهای مهربان، لری بختیاری و هورو مطابقت دارد (۱، ۳ و ۵). مقادیر معیار اطلاعات آکائیک برآورد شده حاصل از شش مدل مختلف بکار رفته برای تجزیه و تحلیل ژنتیکی صفات تحت بررسی در جدول ٤ نشان داده شده است.برای هر صفت، مدلی که کمترین مقدار آکائیک را داشت به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد که در جدول با حروف برجسته نشان داده شده است.

جدول ٤- مقادیر آکائیک حاصل از بکارگیری مدل‌های مختلف در تجزیه و تحلیل ژنتیکی صفات مورد مطالعه

Table 4- Akaike information values for different models used for genetic analysis of studied traits

مدل ٦	مدل ٥	مدل ٤	مدل ٣	مدل ٢	مدل ١	صفت
Model 6	Model 5	Model 4	Model 3	Model 2	Model 1	Trait
10164.6	10165.8	10798.2	10797.7	10795.5	10796.4	A
-5334.26	-5335.23	-4998.71	-5335.66	**-5336.10**	-5331.54	B
-14782.3	-15978.9	**-18652.06**	-16661.2	-16484.6	-17475.3	K

A: وزن بلوغ، B: وزن اولیه دام و K: نرخ بلوغ. مقدار آکائیک مدل انتخاب شده برای هر صفت با حروف ضخیم مشخص گردیده است.

A: Mature Weight B: Initial weight of the animals, K: Maturity Rate. Akaike value of the selected model for each trait is indicated in bold letters.

با توجه به مقادیر جدول ٤ از بین شش مدل خطی برازش شده، مدلهای شماره شش، دو و چهار به ترتیب به عنوان بهترین مدل جهت تجزیه و تحلیل مولفه‌های وزن بلوغ (A)، وزن اولیه دام (B) و نرخ بلوغ (K) انتخاب شدند. جدول ٥ مقادیر مولفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری مولفه‌های منحنی رشد را با استفاده از بهترین مدل انتخاب شده برای هر صفت نشان می‌دهد.

جدول ٥- مقادیر مولفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری مولفه‌های **منحنی رشد**

Table 5. Variance components and heritability for growth curve parameters

h_m^2	h_a^2	σ_p^2	σ_{am}	σ_e^2	σ_m^2	σ_{pe}^2	σ_a^2	مولفه Component
0.018	0.171	93.2715	-5.2405	80.8186	1.7205	0.001	15.9719	A
-	0.08	0.05	-	0.045	-	0.003	0.004	B
0.06	0.19	0.0148	-0.0013	0.012	0.001		0.003	K

σ_a^2: واریانس ژنتیکی افزایشی، σ_{pe}^2: واریانس محیط دائمی مادر، σ_m^2: واریانس ژنتیک افزایشی مادری، σ_e^2: واریانس خطا، σ_p^2: واریانس فنوتیپی، σ_{am}:کواریانس ژنتیکی افزایشی و مادری، h_a^2: وراثت‌پذیری مستقیم، h_m^2 : وراثت‌پذیری مادری

σ_a^2: Additive genetic variance, σ_{pe}^2: Permanent environmental variance, σ_m^2: Maternal genetic variance, σ_e^2: residual variance, σ_p^2: Phenotypic variance, σ_{am}: Cov (a,m), h_a^2: Direct heritability, , h_m^2: Maternal heritability

مقدار وراثت‌پذیری مستقیم و وراثت‌پذیری مادری مولفه A در این تحقیق به‌ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۰۱۸ برآورد شد. قوی حسین زاده (۲۰۱۷) مقدار وراثت پذیری مستقیم مولفه A را در گوسفندان نژاد مغانی

انـدکی بیشـتر از تحقیـق حاضـر و در حـدود ۰/۲۱ گزارش کردند که اختلاف مشاهده شده مـی‌توانـد بـه استفاده از روش‌های برآورد بیزی در آن تحقیق مرتبط باشد (۱٤). مقدار وراثت پـذیری بـرآورد شـده بـرای مولفه A در این تحقیق در محـدوده بـرآورد گـزارش شده برای این مولفه در گوسفندان نژاد بلوچی (۰/۱۸) توسط مولایی و همکاران (۲۰۱۳) بـود. قـوی حسـین زاده (۲۰۱۵) مقـدار وراثـت‌پـذیری مولفـه A را در گوسفند نژاد شال ۰/۱۳ گزارش نمود کـه پـایین‌تـر از برآورد بدست آمده در تحقیق حاضر بود (۱۰). با ایـن وجود، مقدار وراثت پذیری مستقیم برای مولفـه A در گوسفندان نژادهای مهربان و گیلان به ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۵۲ گزارش شده کـه در سـطح بـالاتری نسـبت بـه برآوردهـای تحقیـق حاضـر مـی‌باشـد (۵ و ۱۰). وراثت‌پذیری مستقیم مولفـه B در ایـن تحقیـق ۰/۰۸ برآورد شـده کـه نشـان از سـهم کـم اثـرات ژنتیکـی افزایشی بر واریانس فنوتیپی این صفت داشـت. تـاثیر اثرات محیطی دائمی مادری بر بروز این صفت تقریبـا هم اندازه اثرات ژنتیکی افزایشـی بـود بـه طـوری‌کـه مقدار ٦ درصد از واریانس فنوتیپی صفت توسط ایـن اثر تبیین گردیـد. مقـدار بـرآورد شـده بـرای وراثـت پذیری مستقیم مولفه B در این تحقیق بیشتر از مقـدار برآورد شده برای ایـن صـفت در گوسـفندان کرمـانی (۰/۰۳) توسط ستائی مختاری و همکاران (۲۰۱۹) بود (۲۵). با این وجود وراثت پذیری مسـتقیم ایـن مولفـه در گوسفندان نـژاد کـردی، گیلانـی، شـال، مهربـان و هـــورو بـــه ترتیـــب ۰/۱٤، ۰/۲۳، ۰/۱۵، ۰/٤۷ و ۰/۱۸گزارش شده که بیشتر از مقدار بـرآورد شـده در تحقیق حاضربود (۱، ۵، ۱۰، ۱۱ و ۲٦). وراثت پذیری مستقیم مولفه k در این تحقیـق ۰/۱۹ بـرآورد گردیـد. مقدار بالاتر وراثت پذیری مولفه k (نرخ بلوغ بعـد از تولد) نسبت به دیگر مولفه‌های منحنی رشـد نشـان از پتانسیل بالای بهبـود ژنتیکـی ایـن صـفت بـا اجـرای برنامـه‌هـای اصـلاح نـژادی مبتنـی بـر انتخـاب دارد. راشدی و همکاران (۲۰۱۵) مقدار وراثت پذیری نـرخ رشد را در گوسفند نژاد مغانی ۰/۲۱ گزارش کردند که با بـرآورد بدسـت آمـده در تحقیـق حاضـر مطابقـت داشت (۳۱). همچنین وراثت پـذیری ایـن صـفت در گوسفندان نژاد مهربان و شال به ترتیـب ۰/۲۷ و ۰/۱۹ گزارش گردیده که در محدوده برآورد بدست آمده در تحقیق حاضر بـود (۱۰ و ۱۵). محمـدی و همکـاران (۲۰۱۹) و مختاری و همکاران (۲۰۱۹) مقدار وراثـت پذیری نرخ رشد را در گوسـفندان نژادهـای کـردی و کرمانی ۰/۰٤ گزارش کردند که بسیار کمتر از بـرآورد حاصل از تحقیق حاضر بـود (۲٤ و ۲۵). برآوردهـای متفاوت وراثت پـذیری مولفـه‌هـای منحنـی رشـد در تحقیقـات مختلـف، عـلاوه بـر تفـاوت‌هـای نـژادی می‌تواند به نوع تابع منتخـب جهـت توصـیف منحنـی رشد، تعداد متفاوت رکورد مورد استفاده بـه ازای هـر دام در هر تحقیق، تفـاوت در سـاختار داده‌هـا و نـوع مدل مورد استفاده جهت برآورد مولفه‌هـای واریـانس مربوط باشد. مقادیر همبستگی ژنتیکـی بـرآورد شـده حاصل از تجزیه و تحلیل دو متغیـره بـین مولفـه‌هـای A-B، A-K و B-K به‌ترتیـب ۰/۰٦، ۰/۰۳ و ۰/۰۰۰۳- بود. برآوردهای متفاوتی برای همبستگی ژنتیکـی بـین مولفه‌های مختلف منحنی رشد در تحقیقـات مختلـف گزارش شده است. از نظـر بیولـوژیکی رابطـه بسـیار مهمی بین مولفه‌های مدل‌های رشد خصوصـا بـین دو مولفه وزن بلوغ مجانبی (A) و نرخ رشـد (K) وجـود دارد. همبستگی منفی بین این دو مولفه نشان می‌دهـد که حیوانات با نرخ رشد سریع‌تـر و بلـوغ زودرس‌تـر وزن بلوغ کمتری نسبت به حیوانات با نرخ رشد کمتر خواهند داشت. به عبارت‌دیگر حیوانات بـا وزن بلـوغ سنگین، نرخ رشد آهسته‌تری در اوایـل زنـدگی خـود داشته و در سنین اولیـه وزن بـدن بـه نسـبت کمتـری خواهند داشت. همبستگی منفی بین مولفه‌های A و K

در گوسفندان نژاد هورو، شال، کرمانی و کردی گزارش شده است (۱، ۱۰، ۱۳ و ۲۶). با این وجود، در برخی نژادهای دیگر همچون گیلانی مقدار این همبستگی مثبت گزارش شده است (۱۱). در این تحقیق مقدار همبستگی ژنتیکی بین مولفه‌های A و K مثبت بود که با نتایج گزارش شده توسط راشدی و همکاران (۲۰۱۵) و قوی حسین‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) در گوسفندان این نژاد مطابقت داشت (۱۲ و ۳۱). همبستگی ژنتیکی منفی بین مولفه‌های B و K در این تحقیق با برآوردهای منفی همبستگی ژنتیکی بین این دو مولفه در گوسفندان نژادهای گیلانی، شال و کردی مطابقت دارد (۱۰ و ۱۱ و ۲۶). همبستگی ژنتیکی پایین برآورد شده بین مولفه‌های منحنی رشد در این تحقیق نشان دهنده این موضوع است که انتخاب بر اساس یکی از مولفه‌های منحنی رشد تاثیر منفی چندانی بر دیگر مولفه‌ها نخواهد داشت و با اجرای برنامه‌های انتخاب دامها بر اساس مولفه‌های منحنی رشد می‌توان منحنی رشد دامهای این نژاد را بهینه سازی نمود.

نتیجه‌گیری کلی

در میان چهار مدل غیرخطی مورداستفاده، مدل لجستیک بهترین برازش و انطباق را بر منحنی رشد گوسفندان مغانی داشت. طبق نتایج این تحقیق مولفه‌های منحنی رشد این نژاد وراثت پذیری قابل قبولی داشتند، به طوری‌که می‌توان از این صفات در برنامه‌های اصلاح نژادی جهت تغییر منحنی رشد دام‌های این نژاد و بهبود الگوی رشد دامها استفاده نمود.

منابع

1. Abegaz, S., Wyk, J. and Olivier, J.J. 2010. Estimation of genetic and phenotypic parameters of growth curve and their relationship with early growth and productivity in Horro sheep. Archiv Tierzucht. 53: 85–94.
2. Aytekin, R.G. and Zulkadir, U. 2013. The determination of growth curve models in Malaya sheep from weaning to two years of age. Agriculture Science. 19: 71- 78.
3. Bahreini Behzadi, M.R. 2015. Comparison of different growth models and artificial neural network to fit the growth curve of Lori-Bakhtiari sheep. Ruminant Research. 3: 125-148. (In Persian)
4. Bahreini Behzadi, MR., Aslaminejad, A.A., Sharifi, A.R. and Simianer, H. 2014. Comparison of Mathematical Models for Describing the growth of Baluchi sheep. Agriculture Science. 14: 57–68.
5. Bathaei, S.S. and Leroy, PL. 1998. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. Small Ruminant Research. 29: 261–269.
6. Brown, J.E., Fitzhugh. H.A. and Cartwright, T.C. 1976. A comparison of non linear models for describing weight-age relationships in cattle. Journal of Animal Science. 42: 810–818.
7. Daskiran, I., Koncagul., S. and Bingol, M. 2010. Growth characteristics of indigenous norduz female and male lambs. Agriculture Science. 16: 62–69.
8. Fitzhugh, H.A. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. Journal of Animal Science. 42: 1036–1051.
9. Gbangboche, A.B., Glele-Kakai, R., Salifou, S., Albuquerque, L.G. and Leroy, P.L. 2008. Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve in West African Dwarf sheep. Animal. 2: 1003–1012.
10. Ghavi Hossein-Zadeh, N. 2015. Bayesian estimates of genetic relationships between growth curve parameters in Shall sheep via gibbs

sampling. Iranian Journal of Applied Animal Science 7: 897–904.
11. Ghavi Hosseinzadeh, N. 2015. Estimation of genetic relationships between growth curve parameters in Guilan sheep. Journal of Animal Science and Technology. 6: 1–6.
12. Ghavi Hossein-Zadeh, N. 2017. Modelling growth curve in Moghani sheep: comparison of non-linear mixed growth models and estimation of genetic relationship between growth curve parameters. Agriculture Science. 7: 1150-1159.
13. Ghotbaldini, H.R. 2014. Application of artificial intelligence for estimating breeding value of growth traits in Kermani sheep. M.Sc. Thesis, Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman. Iran. (In Persian).
14. Goliomytis, M., Orfanos, S., Panopoulou, E. and Rogdakis, E. 2006. Growth curves for body weight and carcass components, and carcass composition of the Karagouniko sheep, from birth to 720 d of age. Small Ruminant Research. 6: 222–229.
15. Hojjati, F. and Ghavi Hosseinzadeh, N. 2018. Genetic and phenotypic relationships between growth curve parameters in Mehraban sheep. Journal of Animal Production. 18: 687-696.(In Persian).
16. Hosseinpour Mashhadi, M., Elahi Torshizi, M. and Ehtesham Gharaee, Sh. 2017. Description of growth curve in male and female lambs of baluchi breed by application of nonlinear growth models. Research on Animal Production. 15: 155-160. (In Persian).
17. Keskin, I., Dag, B., Sariyel, V. and Gokmen, M. 2009. Estimation of growth curve parameters in Konya Merino sheep. South African Journal Of Animal Science 39: 163-168.
18. Kheirabadi, Kh. 2017. Performance comparisons of some nonlinear functions in describing the growth curve of Zandi sheep breed. Iranian Journal Of Animal Science. 47: 609-619. (In Persian).
19. Kusek, G. 2001. Growth pattern of hybrid pigs as influenced by MHS-Genotype and feeding regime. P.h.D.Thesis, George- August-university, Goettingen, Germany.
20. Lambe, N.R., Navajas, E.A., Simm, G. and Bünger, L. 2006. A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds. Journal of Animal Science. 84: 2642–2654.
21. Lupi, T.M., Nogales, S., Leon, J.M., Barba, C. and Delgado, J.V. 2015. Characterization of commercial and biological growth curves in the Segureña sheep breed. Animal. 9: 1341–1348.
22. Malhado, C.H.M., Carneiro, P.L.S., Affonso, P.R.A.M., Souza Jr, A.A.O. and Sarmento, J.L.R. 2009. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo , and Santa Inês. Small Ruminant Research. 84: 16–21.
23. Meyer, K. 2007. WOMBAT: a tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). Journal of Zhejiang University-SCIENCE B. 8: 815–21.
24. Mohammadi, Y., Mokhtari, M.S., Saghi, D.A. and Shahdadi, A.R. 2019. Modeling the growth curve in Kordi sheep: The comparison of non-linear models and estimation of genetic parameters for the growth curve traits. Small Ruminant Research. 177: 117-123.
25. Mokhtari, M., Brazandeh, A., Moghbeli Dabene, M., Roudbari, Z. and Kargar Borzi, N. 2019. Inferring causal relationships among growth traits in Kermani sheep applying structural equation modeling. Livestock Science and Technology. 7: 29-35.
26. Molaei, M., Aslaminejad, A., Shariati, M.M. and Saghi, D. 2013. Comparition of growth curve for Kordi and Baluchi sheep using NLIN function. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. Iran. (In Persian).
27. Naesholm, A. and Danell, O. 1996. Genetic relationships of lamb weight, maternal ability, and mature ewe weight in Swedish finewool sheep. Journal of Animal Science. 74: 329–339.

28. Oliveira, D.F., Cruz J.F., Carneiro, P.L.S., Malhado, M.H., Rondina, D., Ferraz Rde, CN. and Teixeira Neto, MR. 2009. Ponderal development and growth traits of Anglonubian goats raised under semi-intensive system. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 10: 256–265.
29. Özdemir, H.D.G. 2009. Determination of growth curves in young Angora goats. Tarim Bilim Dergisi. 15: 358–62.
30. Rashedi Dehsahraei, A., Fayazi, J., Masoudi, A. and Abdollahi Arpanahi, R. 2018. Genetic analysis of growth curve parameters obtained by nonlinear functions in Moghani sheep using Bayesian approach. Journal of Animal Science Researches. 28:113-126. (In Persian).
31. Rashidi, A., Mokhtari, M.S. and Gutiérrez, J.P. 2015. Pedigree analysis and inbreeding effects on early growth traits and greasy fleece weight in Markhoz goat. Small Ruminant Research. 124: 1–8.
32. Roush, W.B., Iii, W.A.D. and Branton, SL. 2006. Comparison of Gompertz and neural network models of broiler growth. Poultry Science 85: 794–797.
33. Saghi, D.A., Shiri, A., Mobaraki, A., Ashkanifar, R., Hindabadi, M. and Bozorgmehr, M. 2015. Investigation of environmental and genetic factors affecting the growth curve of Kurdish sheep in North Khorasan. 31Pp. Karadj, Iran. (In Persian).
34. Teket, N., Sireli, HD., Elicin, M. and Elicin, A. 2005. Comparison of growth curve models on Awassi lambs. Indian Veterinary Journal. 82: 179–182.
35. Topal M., Ozdemir, M., Aksakal, V., Yildiz, N. and Dogru, U. 2004. Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs. Small Ruminant Research. 55: 229–232.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Ruminant Research, Vol. 9(1), 2021
http://ejrr.gau.ac.ir

Estimation of genetic parameters of growth curve components obtained from comparison of nonlinear models in Moghani sheep breed

Z. Ghorbani[1], *M.R. Sheikhlou[2] and A. Karimi[2]
[1]M.Sc. Graduate, and [2]Assistant Prof., Dept. of Animal Science, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz
Received: 10/18/2020; Accepted: 01/04/2021

Abstract

Background and objectives: The traits of economic importance such as body weight at different ages and growth rate in sheep are used as selection criteria in breeding programs. Growth can be defined either as an increase in the number of body cells or an increase in body weight and volume over a period of a lifetime. Animal growth curves can be described using various mathematical models. Growth curve components are heritable in different species. Therefore, the genetic potential of animals can be predicted for growth curve components. Thus, it is possible to change the growth curve in the population by selecting animals based on the growth curve components in breeding programs. The best function describing the growth curve can vary depending on the breed and population under study. The aim of the present study was to investigate the ability of different nonlinear models to fit the growth curve of Moghani sheep and to estimate the genetic parameters of the growth curve characteristics in this breed.

Materials and methods: In the current study, the data related to the body weights of Moghani sheep collected at the Moghani sheep breeding station in Jafarabad, Moghan, during the years 1989 – 2016 were used to investigate the growth curve and estimating the genetic parameters of the growth curve characteristics in this breed. Four nonlinear models including Brody, Logistic, Gompertz, and von Bertalanffy were used to describe the growth curve of Moghani sheep. All models were fitted on the body weight records of animals at different ages using the NLIN procedure of SAS 9.0 software. The models used have three components including A (maturity weight), B (initial weight of animal) and K (maturity rate). Goodness-of-fit indices including coefficient of determination (R^2), Root-Mean-Square Error (RMSE) and Akaike information criterion (AIC) were used to select the best model. After fitting the nonlinear models and selecting the best model, the components of the growth curve of individual animals were estimated using the best nonlinear model. Then, non-genetic factors affecting the growth curve components were investigated using the GLM procedure of SAS. Six univariate animal models that differed in terms of maternal permanent environmental effects and maternal genetic effect as well as covariance between direct and maternal genetic effects were used to analyze the traits. Also, three bivariate analyzes between growth curve components were performed to estimate the genetic correlation between traits.

Results: According to our results, the logistic model with the lowest MSE and AIC and the highest R^2 was the best model to describe the growth curve of Moghani sheep. The estimated values for the maturity weight (A), initial weight of animal (B) and maturity rate (K) by the logistic model were 40.328, 7.582, and 0.0270, respectively. The fixed effects of lamb sex, birth type, year and month of calving as well as dam age at calving had a significant effect on the

*Corresponding author; MR.Sheikhlou@tabrizu.ac.ir

components of the growth curve. Between the six fitted linear models, models number six, two and four were selected as the best models to analyze the components of maturity weight (A), initial weight of animal (B), and maturity rate (K), respectively. Direct heritability for maturity weight (A), initial weight of animal (B), and maturity rate (K) were estimated to 0.17, 0.08, and 0.19, respectively. Estimates of genetic correlation obtained from bivariate analysis between A-B, A-K, and B-K were 0·06, 0·03, and −0·0003, respectively.

Conclusion: Among the four nonlinear models used, the logistic model had the best fit for the growth of Moghani sheep. According to the results of our study, the growth curve components of this breed had an acceptable heritability, so that these traits could be used in breeding programs to alter the growth curve and improve the growth pattern of animals in this breed.

***Keywords*:** Growth curve, Heritability, Moghani sheep, Nonlinear functions