دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

مقایسه مدل‌های غیرخطی در توصیف رشد گوسفند ماکویی

مهدی نژادعلی[1]، صادق علیجانی[2] و آرش جوانمرد[3]

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، (نویسنده مسوول: mnejadali@yahoo.com)
2- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
3- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: 1395/8/16 تاریخ پذیرش: 1398/12/10
صفحه: 88 تا 94

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، توصیف منحنی رشد گوسفند نژاد ماکویی با استفاده از چهار مدل غیرخطی (لجستیک، ون- برتالانفی، گومپرتز و ورهالست) و تخمین پارامترهای این توابع بود. بدینمنظور از 14454 رکورد وزنی ثبت شده طی سالهای 1368 تا 1394 در ایستگاه اصلاح نژاد گوسفند نژاد ماکویی استفاده شد. همچنین، از رویه‌های NLMIXED وNLIN نرم افزار آماری SAS نسخه9/4 به ترتیب برای تعیین مقادیر اولیه پارمترهای توابع و تخمین پارامترهای منحنی‌های رشد استفاده شد. مقدار وزن مجانبی بلوغ برای کل حیوانات 25/93 تا36/8، برای نرها 32/46 تا 35/23 و برای ماده‌ها از 29/29 تا 31/15 متغیر بود. در نتایج بدست امده در این مطالعه، بیشترین مقدار نرخ رشد برای نرها و ماده‌ها با مدل ورهالست بدست آمد (0/021) و مدل برتالانفی کمترین مقدار این پارمتر را برای نرها، ماده‌ها و کل حیوانات داشت (0/011). مضاعفاً، تابع لجستیک نرخ بلوغ نرها را بیشتر از ماده‌ها نشان داد (نرها: 0/014، مادهها 0/013) ولی تابع گومپرتز نرخ بلوغ ماده‌ها را بالاتر نشان داد (نرها: 0/011، ماده ها: 0/013). برای مقایسه مدل‌ها از شاخص‌های ضریب همبستگی (R)، ضریب تبیین (R^2)، شاخص بیزین (BIC)، شاخص آکائیک (AIC)، انحراف میانگین مطلق (MAD)، شاخص واریانس باقیمانده (S^2e) و RMSE استفاده شد. بر اساس شاخص‌های مطرح شده، منحنی برتالانفی با دارا بودن پایین‌ترین مقدار AIC، BIC، RMSE، MAD و S^2e و بالاترین مقدار R و R^2 مناسب ترین مدل بود. زمانیکه داده‌ها براساس جنسیت مورد بررسی قرار گرفتند، دقت برآوردها افزایش یافت و مدل‌ها تطابق بهتری بر داده‌ها نشان دادند. زمانیکه داده‌ها براساس جنسیت مورد بررسی قرار گرفتند، دقت برآوردها افزایش یافت و مدل‌ها تطابق بهتری بر داده‌ها نشان دادند. در نهایت، یافته‌های این مطالعه نشان داد که به ویژه، زمانی که نرها و ماده‌ها بطور جداگانه مورد بررسی قرار گیرند مدل ون‌ونبرتالانفی می‌تواند برای توصیف دقیق‌تر الگوی رشد گوسفند نژادماکویی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های رگرسیون غیر خطی، رابطه سن- وزن، پارامترهای منحنی رشد، تطابق مدل، صفات رشد

مقدمه

عمده پرورش گوسفند درایران، در واحدهای کوچک و در مناطق روستایی انجام می‌گیرد. طبق آمار سال 1386، ایران دارای بیش از 128/7 میلیون واحد دامی است که حدود 52/2 میلیون واحد آن را گوسفندان تشکیل می‌دهد (26).

گوسفند ماکویی، یکی از نژادهای بومی ایران است که کل جمعیت آن در آمارگیری سال 1397 ، تقریباً 2/7 میلیون رأس تخمین زده شد (18). همچنین پراکنش این نژاد در سال 1398 در شهرهای شمالی استان آذربایجان غربی یک میلیون و چهارصدو سی و شش هزار راس می باشد (مکاتبه شخصی بهمنی 1398 با مرکز اصلاح نژاد گوسفند ماکویی). محصولات اصلی آن گوشت، پشم و شیر بوده و بومی مناطق ییلاقی و کوهستانی است. دارای ارتفاع بدنی متوسط، دنبه‌دار، سفیدرنگ با حلقه‌های مشکلی در اطراف چشم و پاها و پوزه می‌باشد و در کشور ترکیه با نام آک-کارامان معروف است. سیستم پرورشی به صورت نیمه‌متمرکز بوده و گله در بهار و تابستان در مراتع طبیعی و پس‌چرها، به‌صورت کوچ رو چرا می‌کند و در پاییز و زمستان در جایگاه تغذیه می‌شود. جیره‌ی اصلی در زمان نگهداری در جایگاه، شامل یونجه، جو، سیلاژ ذرت و علوفه است (13).

صفت رشد، جزء صفت مهم اقتصادی برای صنعت گوسفند است که به طورمستقیم با تولیدگوشت ارتباط دارد. شاخص رشد صرفاً به عنوان تغییرات وزن زنده درهر واحد زمانی یا توصیف نموداری وزن درمقابل سن حیوان بیان نمی‌شود (14). بلکه رشد حیوان نتیجه فرآیندهای بیولوژیکی متعددی است که ژنوتیپ دام، تعیین‌کننده حداکثر سطحی است که این فرآیندها می‌توانند رخ دهند. همچنین عوامل محیطی از قبیل سطح تغذیه، بیماری، دما و استرس‌های محیطی نقش بسیار مهمی دراین زمینه ایفا می‌کنند. به دلیل اهمیت اقتصادی وزن بلوغ، نرخ رشد و خصوصیات وابسته به آن، رابطه بین سن و وزن موضوع مهم و موردتوجه تولیدکنندگان می‌باشد. در سال‌های اخیر روش‌های محاسباتی توسعه و پیشرفت فراوانی داشته‌اند و تجزیه و تحلیلها سریعتر و دقیقتر از گذشته گشته‌اند، از اینرو مطالعات در مورد منحنی‌های رشد افزایش فراوانی داشته است (22).

پارامترهای منحنی رشد شاخص‌های مناسبی برای تغییر رابطه‌ی بین سن و وزن هستند. بصورتی که نرخ رشد مناسب می‌تواند بوسیله‌ی انتخاب برای تغییر پارامترهای منحنی رشد، در جهت مورد نظر، بدست آید. در سال‌های اخیر،کاربرد منحنی‌های رشد برای بررسی روند رشد گونه‌های مختلف حیوانات مزرعه‌ای افزایش فراوانی داشته است (1، 7، 5، 2 و 19). مرحله اول برای بررسی روند رشد بوسیله‌ی توابع رشد، انتخاب مناسبترین مدل برای تبیین (توصیف) داده‌های وزنی است. در مطالعات انجام شده، بررسی تطابق منحنی‌های مورد بررسی بر داده‌های وزنی گونه‌ها و نژادهای مختلف حیوانات مزرعه‌ای، روش‌های گوناگونی از جمله شاخص‌های

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/rap.11.27.88]

همبستگی، ضریب تبیین، آکائیک، بیزین، انحراف میانگین مطلق، ریشه میانگین حداقل مربعات و واریانس باقیمانده استفاده شده است (12،16،4).

هدف از تحقیق حاضر، بررسی الگوی رشد گوسفند نژاد ماکویی با استفاده از مدل‌های غیرخطی است. بدین منظور4 مدل رشد (لجستیک، ورهالست، ون برتالانفی و گومپرتز) برای تعیین مدل مناسب، جهت توصیف منحنی رشد گوسفند ماکویی با یکدیگر مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

رکوردبرداری از صفات مختلف

برای بررسی الگوی رشد گوسفند نژاد ماکویی و انتخاب مناسبترین مدل برای توصیف آن، از 14454 رکورد وزن ثبت شده طی سالهای 1368 تا 1394 در ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد گوسفند ماکویی واقع در 20 کیلومتری شهرستان ماکو (استان آذربایجان غربی) در سه راهی شهر شوط استفاده شد. برای افزایش دقت تجزیه و تحلیل، از داده‌های تصحیح شده صرفنظر شد و رکوردهای وزن واقعی آنالیز شدند.

آنالیزهای آماری: درمرحله اول، داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9/4 SAS (9،4) و نرم افزار اکسل مورد ویرایش قرارگرفت وداده‌های پرت حذف شد. سپس توسط رویه NLMIXED نرم افزار آماری SAS نسخه 9/4 مقادیر آغازین مورد نیاز برای برازش منحنی‌های رشد بدست آمد. سپس از مقادیر آغازین برازش شده مرحله قبل برای برازش مدل‌ها و بدست آوردن پارامترهای مدل از رویه NLIN استفاده گردید. مدل‌های رشد مورد استفاده در جدول 1 آورده شده است. برای هر مدل به صورت جداگانه پارامترها محاسبه شده و با استفاده از آن وزن‌های تخمینی بر اساس سن برای حیوان بدست آمد. برای تعیین مناسب‌ترین مدل، آماره‌های زیر مورد استفاده قرار گرفت:

الف) شاخص همبستگی:

$$\mathrm{corr}(X,Y)=\frac{\mathrm{cov}(X,Y)}{\sigma_X\sigma_Y}=\frac{E[(X-\mu_X)(Y-\mu_Y)]}{\sigma_X\sigma_Y},$$

ب) شاخص ضریب تبیین:

$$R^2=1-(RSS/TSSC)$$

ج) شاخص اطلاعات بیزی (14):

$$\mathrm{BIC}=-2\cdot\ln\hat{L}+k\cdot\ln(n).$$

د) شاخص اطلاعات آکائیک (2):

$$AIC=2k-2\ln(L)$$

ه) انحراف میانگین مطلق:

$$MAD=\frac{\sum_{i=1}^{n}|y-\hat{y}|}{n}$$

و) خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)

$$RMSE=\sqrt{\frac{RSS}{n-p-1}}$$

ی) شاخص واریانس باقیمانده (S^2e).

$$S^2e=\frac{\sum_{i=1}^{n}e_i^2}{n-2}$$

جدول 1- معادلات رشد مورد استفاده برای تبیین صفات رشد گوسفند نژاد ماکویی

Table 1. Growth equations used for fitting of growth traits in Makuie Sheep

معادله	فرمول ریاضی
لجستیک (Logistic)	$W_t=A(1+Be^{-ct})^{-m}$
گومپرتز (Gompertz)	$W_t=Ae^{-Be^{-ct}}$
ون برتالانفی (Von Bertalanffy)	$W_t=A(1-Be^{-ct})^3$
ورهالست (Verhulst)	$W_t=\frac{A}{1+Be^{-ct}}$

در توابع آورده شده در جدول 1، Wtوزن مشاهده شده در زمان t، A وزن مجانبی، زمانی که سن به بینهایت میل میکند؛ این پارامتر وزن تقریبی بلوغ حیوانات، صرفنظر از اریب‌های ایجادشده بوسیله محیط و ژنتیک را بیان می کند. پارامتر B محاسبه نقطه‌ی عطف بر سن یا همان ثابت انتگرال است که به وزن اولیه وابسته است. پارامتر C نرخ رشد را نشان می‌دهد e عدد نپر و m پارامتر شکل منحنی است (11، 15) در توابع آورده شده در جدول 1، Wt وزن مشاهده شده در زمان t، A محدوده‌ی وزن مجانبی، زمانی که سن به بینهایت میل می‌کند؛ این پارامتر وزن تقریبی بلوغ حیوانات، صرف‌نظر از اریب‌های ایجادشده بوسیله محیط و ژنتیک را بیان می‌کند. پارامتر B محاسبه نقطه‌ی عطف بر سن یا همان ثابت انتگرال است که به وزن اولیه وابسته است. پارامتر C نرخ رشد را نشان می‌دهد e عدد نپر و m پارامتر شکل منحنی است (15،11).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/rap.11.27.88]

نتایج و بحث

جدول 2 آماره‌های انتخاب مناسبترین مدل برای تبیین صفات رشد در گوسفند نژاد ماکویی را نشان می‌دهد. سنجش تطابق مدل‌ها برای کل حیوانات، نرها و ماده‌ها به صورت جداگانه آورده شده است. مقدار همبستگی بین داده‌های مشاهده شده و تخمین زده شده توسط توابع، از 0/672 تا 0/923 متغیر بود به صورتی که همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده و وزن‌های واقعی، توسط تابع ورهالست، برای کل حیوانات، نرها و ماده ها دارای کمترین مقدار بود (به ترتیب 0/672، 0/905 و 0/914). در بین سه مدل باقیمانده مقدار ضریب همبستگی نزدیک بود و از 0/911 تا 0/915 برای کل حیوانات، 0/911 تا 0/914 برای نرها و 0/921 تا 0/923 برای ماده‌ها متغیر بود. در بین تمامی مدل‌ها، مدل ون‌برتالانفی دارای بیشترین مقدار ضریب همبستگی بود (0/915 برای کل حیوانات، 0/914 برای نرها و 0/923 برای ماده‌ها). در گوسفند نژاد بلوچی نیز مدل ون‌برتالانفی به عنوان بهترین مدل برازش شده، گزارش شد (3). ضریب تبیین برای آزمون مدل‌ها بر روی کل حیوانات از 0/654 تا 0/831 متغیر بود. مدل ورهالست کمترین و مدل برتالانفی بیشترین ضریب تبیین را داشت. در رتبه بعدی توابع لجستیک و گومپرتز دارای ضریب تبیین 0/827 بود. از اینرو بر اساس این شاخص مدل برتالانفی به عنوان مناسبترین مدل انتخاب شد. به نظر می‌رسد براساس آماره‌ی ضریب تبیین، مدل‌های برتالانفی، گومپرتز و لجستیک برای نژاد نرداز نیز مناسبترین مدل فرض می‌شوند (6). همچنین در بررسی روند رشد گوسفندان فرانسه نیز با بررسی مقدار ضریب تبیین، منحنی‌های برتالانفی، گومپرتز و لجستیک نسبت به تابع برودی، به عنوان مدل‌های مناسب‌تر معرفی شدند (17). مدل برتالانفی کمترین مقدار شاخص آکائیک را داشت از اینرو برای کل حیوانات، نرها و ماده‌ها (به ترتیب 83948، 40783 و 41788) مدل مناسب در این ارزیابی بود و مدل ورهالست دارای بیشترین مقدار این شاخص برای حیوانات مورد مطالعه بود (96073، 41859 و 42555 به ترتیب برای کل حیوانات، نرها و ماده‌ها). مقدار شاخص آکائیک مدل‌های گومپرتز و لجستیک نزدیک به تابع برتالانفی بود و در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. از این نظر سه مدل برتالانفی، گومپرتز و لجستیک دارای تطابق بهتری با داده‌ها هستند و مدل ورهالست با بیشترین مقدار این آماره، به عنوان نامناسب‌ترین مدل انتخاب شد. در مطالعات دیگر نتایج مشابهی بدست آمد؛ به صورتی که در گوسفند نژاد آواسی، مدل برتالانفی به عنوان مناسبترین مدل برای توصیف الگوی رشد این نژاد گزارش شد. همچنین توابع گومپرتز و لجستیک نسبت به مدل‌های برودی و نمایی منفی، تطابق بهتری بر وزن‌های مشاهده شده داشتند و از اینرو به عنوان بهترین مدل‌ها انتخاب شدند (25). در بررسی مدل‌های فیت شده بر روی وزن‌های ماده‌ها و نرها به صورت جداگانه، مقدار شاخص‌های آکائیک و بیزین، برای تمامی توابع کمتر از 0/49 مقدار بدست آمده برای آن تابع، در بررسی کل حیوانات بود (96073 در مقابل 41859 و 42555).

از اینرو ارزیابی منحنی رشد بر اساس جنسیت، نسبت به ارزیابی کل حیوانات (نر و ماده باهم)، دقیق‌تر است و برآوردهای دقیق‌تری بدست می‌آید (6 و 21). در بررسی توابع با استفاده از آماره‌ی «شاخص بیزین» نیز نتایج یکسان با «شاخص آکائیک» بود. انحراف میانگین مطلق (MAD) شاخص بعدی است که توسط سرمنتو و همکاران (20) پیشنهاد شده است. تابعی که کمترین مقدار MAD را داشته باشد به عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب می‌شود. در بررسی وزن‌های مشاهده شده کل حیوانات، کمترین مقدار MAD برای تابع برتالانفی و بیشتر مقدار آن برای تابع ورهالست بدست آمد و همانند شاخص‌های قبل، توابع گومپرتز و لجستیک در رتبه‌های دوم و سوم بودند. ولی اختلاف کمی از این نظر با تابع برتالانفی داشتند. برای نرها نیز این رتبه بندی یکسان بود. اما در بررسی ماده‌ها، مدل ورهاست دارای کمترین مقدار MAD بود و از این نظر می‌توان آن را به عنوان مناسبترین مدل برای توصیف الگوی رشد ماده‌ها در نظر گرفت. اما بر طبق تمام آماره‌های مورد بررسی، مدل ورهالست به عنوان نامناسبترین مدل بیان شده بود. بایستی توجه شود که اختلاف شاخص‌ها در انتخاب بهترین منحنی، در مطالعات دیگر نیزگزارش شده است (21،8).

در مقایسه تطابق مدل‌ها با شاخص RMSE، تابعی که کمترین مقدار این آماره را داشته باشد، نسبت به بقیه تطابق بهتری بر داده‌های وزنی دارد. در تمام بررسی‌های تحقیق حاضر، RMSE برای مدل برتالانفی کمترین مقدار بود (4/41، 4/58 و 3/84 به ترتیب برای کل حیوانات، نرها و ماده‌ها). در صورتی که برای مدل ورهالست بیشتر مقادیر در هر سه رسته بدست آمد (5/51، 4/80و 4/08 به ترتیب برای کل حیوانات، نرها و ماده‌ها). در گوسفندان بلوچستان RMSE برای مدل برتالانفی 0/337 بود و بعد از مدل MMF بهترین مدل بود. ولی بر خلاف مطالعه حاضر، مقدار RMSE برای تابع لجستیک بالاتر بود (1/617) و از اینرو به عنوان نامناسبترین مدل انتخاب شد (23). در گوسفندان نژاد بلوچی نیز مدل لجستیک به عنوان نامناسب‌ترین مدل انتخاب شد (4). پس توابع یکسان ممکن است در عمل به علت شرایط مختلف نتایج متفاوتی را نمایان سازند (16).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/rap.11.27.88]

جدول 2- آماره های انتخاب مناسب‌ترین رگرسیون غیر خطی جهت توصیف الگوی رشد گوسفند نژاد ماکویی
Table 2. Statistics for select the most appropriate nonlinear regression to describe the growth pattern of the Makuie sheep breed

اطلاعات	آماره‌ها	مدل‌های رشد			
		لجستیک	گومپترز	ون برتالانفی	ورهالست
کل حیوانات	R	0/911	0/911	0/915	0/672
	R^2	0/827	0/828	0/831	0/654
	BIC	84308	84257	83948	96104
	AIC	84270	84226	83917	96073
	MAD	3/297	3/285	3/223	5/51
	RMSE	4/462	4/457	4/41	6/353
	S^2e	19/98	19/88	19/46	46/14
نرها	R	0/911	0/912	0/914	0/905
	R^2	0/831	0/832	0/836	0/819
	BIC	41031	40978	40793	41487
	AIC	40996	40950	40766	41859
	MAD	3/519	3/512	3/438	4/155
	RMSE	4/658	4/642	4/586	4/801
	S^2e	21/908	21،67	21/014	23/227
ماده ها	R	0/921	0/921	0/923	0/914
	R^2	0/848	0/848	0/852	0/837
	BIC	42034	42025	41816	42582
	AIC	41999	41997	41788	42555
	MAD	2/796	2/795	2/751	0/0045
	RMSE	3/938	0/939	3/886	4/08
	S^2e	15/53	15/53	15/106	16/72

آماره دیگری که می‌تواند برای انتخاب بهترین مدل مورد استفاده قرار گیرد، واریانس باقیمانده است. مقدار پایین‌تر این آماره برای هر منحنی، تطابق بالاتر آن را نشان می‌دهد. زمانیکه کل حیوانات مورد بررسی قرار گرفتند، بهترین تطابق برای مدل برتالانفی با 19/46برای واریانس باقیمانده و نامناسبترین تطابق برای مدل ورهالست با واریانس باقیمانده 46/14 بدست آمد. برای نرها و ماده‌ها نیز واریانس باقیمانده تابع برتالانفی پایینترین مقدار در بین منحنی‌های مورد بررسی بود (20/014 و 15/106 به ترتیب برای نرها و ماده‌ها). همچنین بالاترین مقدار این آماره در نرها و ماده‌ها برای مدل ورهالست بدست آمد (به ترتیب 23/227 و 16/72)، اما بایستی توجه کرد، زمانی که منحنی‌ها برای کل حیوانات مورد آزمون قرار گرفتند مقدار واریانس باقیمانده برای مدل ورهالست بیش از دو برابر زمانی بود که منحنی با تفکیک جنسیت مورد بررسی قرار گرفتند. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که در صورت کاربرد منحنی رشد ورهالست برای توصیف رشد گوسفند ماکویی، بایستی الگوی رشد جنس نر و ماده را به صورت جداگانه بررسی کرد. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بوسیله آماره‌های ذکر شده، می‌توان بیان کرد که مدل برتالانفی، گومپرتز و لجستیک چهار پارامتری رابطه بین سن و وزن را بهتر نشان می‌دهند (16،6) و برای توصیف رشد گوسفند نژاد ماکویی بهتر از مدل ورهالست هستند (خصوصا وقتی کل حیوانات با هم ارزیابی می‌شوند).

مناسب‌ترین مدل برای توصیف الگوی رشد گوسفند نژاد ماکویی، بر حسب بالاترین مقدار ضریب تبیین و همبستگی و پایینترین مقدار AIC، BIC، RMSE و S2e، برای کل حیوانات، نرها و ماده‌ها، تابع ون-برتالانفی بود. هر چند وقتی نرها و ماده‌ها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند، به دلیل شکل متفاوت منحنی رشد نرها و ماده‌ها، دقت مدل‌ها در برآورد پارامترها بالاتر رفته و تطابق بهتری بر داده‌ها نشان دادند. این مسئله نشان می‌دهد که برای استفاده از توابع رشد، بهتر است جنسیت به عنوان یک عامل ثابت در مدل وارد شود. پارامترهای منحنی تفاوت مهمی بین نرها و ماده‌ها را نشان داد که تاثیرات عمیق ریخت‌شناختی جنسی بر رشد را نمایان می‌سازد. نتایج این مطالعه می‌تواند برای طرح برنامه‌های مدیریتی و استراتژی‌های لازم برای حذف حیوانات کم تولید و نگهداری حیوانات با تولید بالا، صرفا با بررسی منحنی رشد آنها، کمک کند. بعد از انتخاب منحنی مورد نظر برای این نژاد، بایستی یک استراتژی مناسب برای بدست آوردن شکل مورد انتظار منحنی رشد با استفاده از تعدیل کردن پارامترهای رشد، اتخاذ گردد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/rap.11.27.88]

تشکر و قدردانی

از مسوولین محترم مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور واقع در کرج و مسوولین محترم ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد گوسفند ماکویی به دلیل همکاری‌های صمیمانه شان در گردآوری داده‌های این تحقیق کمال تشکر و قدردانی به عمل می آید.

منابع

1. Aggery, S.E. 2009. Logistic nonlinear mixed effects model for estimating growth parameters. Poultry Science, 88(2): 276-280.
2. Araújo, R.O.D., C.R. Marcondes, M.C.F. Damé, A.D.V. Garnero, R.J. Gunski, D.M. Everling and P.R.N. Rorato. 2012. Classical nonlinear models to describe the growth curve for Murrah buffalo breed. Ciência Rural, 42(3): 520-525.
3. Bahreini Behzadi, M.R. and A.A. Aslaminejad. 2010. A comparison of neural network and nonlinear regression predictions of sheep growth. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(16): 2128-2131.
4. Bahreini Behzadi, M.R., A.A. Aslaminejad, A.R. Sharifi and H. Simianer. 2014. Comparison of mathematical models for describing the growth of Baluchi sheep. Journal of Agricultural Science and Technology, 16(1): 57-68.
5. Canaza-Cayo, A.W., T. Huanca, J.P. Gutiérrez and P.A. Beltrán. 2015. Modelling of growth curves and estimation of genetic parameters for growth curve parameters in Peruvian young llama's lama glama. Small Ruminant Research, 130: 81-89.
6. Daskiran, I., S. Koncagul and M. Bingol. 2010. Growth characteristics of indigenous norduz female and male lambs. Journal of Agricultural Science, 16: 62-69.
7. Ersoy, I.E., M. Mendeş and S. Keskin. 2007. Estimation of parameters of linear and nonlinear growth curve models at early growth stage in California turkeys. Archiv für Geflügelkunde, 71(4): 175-180.
8. Forni, S., M. Piles, A. Blasco, L. Varona, H.N.D. Oliveira, R.B. Lôbo and L.G.D. Albuquerque. 2009. Comparison of different nonlinear functions to describe Nelore cattle growth. Journal of Animal Science, 87(2): 496-506.
9. Ganesan, R., P. Dhanavanthan, D. Balasubramanyam, P. Kumarasamy and Kiruthika. 2015. Growth modeling and factors affecting growth traits in madras red sheep. Indian Journal of Animal Research, 49(1): 20-25.
10. Gbangboche, A.B., R. Gleke-Kalai, L.G. Albuquerque and P. Leroy. 2008. Comparison of non-Linear growth Models to describe the growth curve in west African dwarf sheep. Animal, 2: 1003-1012.
11. Hadjipavlou, G. and S.C. Bishop. 2009. Age-dependent quantitative trait loci affecting growth traits in scottish blackface sheep. Animal Genetics, 40(2): 165-175.
12. Hossein-Zadeh, N.G. 2015. Modeling the growth curve of Iranian Shall sheep using non-linear growth models. Small Ruminant Research, 130: 60-66.
13. Jafari, S., A. Hashemi, G. Manafiazar, R. Darvishzadeh, S. Razzagzadeh and M. Farhadian. 2012. Genetic analysis of growth traits in Iranian Makuie sheep breed. Italian Journal of Animal Science, 11(1): e18.
14. Keskin, I., B. Dag, V. Sariyel and M. Gokmen. 2009. Estimation of growth curve parameters in konya merino sheep. South African Journal of Animal Science, 39(2): 163-168.
15. Lupi, T.M., S. Nogales, J.M. León, C. Barba and J.V. Delgado. 2015. Characterization of commercial and biological growth curves in the Segureña sheep breed. Animal, 9(8): 1341-1348.
16. Malhado, C.H.M., P.L.S. Carneiro, P.R.A.M. Affonso, A.A.O. Souza and J.L.R. Sarmento. 2009. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada nova, Rabo largo and Santa lnês. Small Ruminant Research, 84(1): 16-21.
17. Moreira, R.P., V.B. Pedrosa, P.R. Falcão, M.D.F. Sieklicki, C.G. Rocha, I.C. dos Santos and A.D.S. Martins. 2016. Growth curves for Ile de France female sheep raised in feedlot. Semina: Ciências Agrárias Londrina, 37(1): 303-310.
18. Nezhadali, M, H. Hahangirzadeh, S. Razavian, S. Alijani and R. Seyedsharifi. 2015. Investigation of some different factors that affect yearling weight of Makuie sheep. The 4th national congress on organic and conventional agriculture, Ardabil, Iran.
19. Santos, N.P.D.S, C.B. de Oliveira Neto, J.L.R. Sarmento, L.R. Bezerra, R.L. Oliveira, G.V. dos Santos and D. Biagiotti. 2014. Carcass traits and growth curve parameters in Santa Inês sheep. Journal of Agricultural Science, 6(5): 180.
20. Sarmento, J.L.R., A.J. Regazzi, W.H.D. Sousa, R.D.A. Torres, F.C. Breda and G.R.D.O. Menezes. 2006. Analysis of the growth curve of Santa Ines sheep. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(2): 435-442.
21. Silva, L.S.A., A.B. Fraga, F.D.L. da Silva, P.M.G. Beelen, R.M. de Oliveira H. SilvaTonhati and C. da Costa Barros. 2012. Growth curve in Santa Inês sheep. Small Ruminant Research, 105(1): 182-185.
22. Souza, L.D.A., P.L.S. Carneiro, C.H.M. Malhado and F.G.D. Silveira. 2013. Traditional and alternative nonlinear models for estimating the growth of Morada Nova sheep. Revista Brasileira de Zootecnia, 42(9): 651-655.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/rap.11.27.88]

23. Tariq, M. M., M.A. Bajwa, A. Waheed, E. Eyduran, F. Abbas, F.A. Bokhari and A. Akbar. 2011. Growth curve in mengali sheep breed of Balochistan. The Journal of Anim. and Plant Science, 21(1): 5-7.
24. Tariq, M.M., F. Iqbal, E. Eyduran, M.A. Bajwa, Z.E. Huma and A. Waheed. 2013. Comparison of non-linear functions to describe the growth in Mengali sheep breed of Balochistan. Pakistan J. Zool, 45(3): 661-665.
25. Topal, M., M. Ozdemir, V. Aksakal, N. Yildiz and U. Dogru. 2004. Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs. Small Ruminant Research, 55(1): 229-232.
26. Valizadeh, R. 2010. January. Iranian sheep and goat industry at a glance. In Indian conference of stress management in small ruminant production and product processing, Jaipur, India.
27. Waheed, A., E. Eyduran, M.M. Tariq, S. Ahmad, T. Hameed and F.A. Bukhari. 2016. Comparison of the Non-Linear Models Defining the Growth of Thalli Sheep under Desert Conditions. Pakistan J. Zool, 48(2): 423-426.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/rap.11.27.88]

Comparison of Non-Linear Models to Describe of Growth Pattern in Makuie Sheep

Mahdi Nezhadali[1], Sadegh Alijan[2] and Arash Javanmard[3]

1- Graduted M.Sc. Student, Agriculture Faculty University of Tabriz (Corresponding author: mnejadali@yahoo.com)
2- Associate Professor, Agriculture Faculty University of Tabriz
3- Assistant Professor, Agriculture Faculty University of Tabriz
Received: November 6, 2016 Accepted: February 29, 2020

Abstract

The aim of this research was to assess the growth curve of Makuie lambs using four growth functions including Logistic, Gompertz, Von Bertalanffy, and Verhulst as well as estimation of the parameters of these functions. 14454 live body weight records (LBW) that were collected in Makuie Sheep Breeding Center during 1990 -2016 were used. The NLMIXED and NLIN procedures of SAS (version 9.4) were used for fitting and estimation of parameters. Different indices were considered for selection of the most appropriate model. The asymptotic mature weight was 25.93 to 36.8 kg for all animal, 32.46 to 25.23 kg for male lambs and 29.29 to 31.15 kg for female lambs, respectively. The highest and lowest growth rate was observed in Verhulst and Von Bertalanffy (0.021 and 0.011, respectively). The logistics function showed the high growth rate for males than females (M: 0.014, F: 0.013), whereas Gompertz function showed a high growth rate for females (M: 0.011, F: 0.013). In order to compare different models, correlation coefficient (R), coefficient of determination (R2), Bayesian information criterion (BIC), Akaike information criterion (AIC), the mean absolute deviation (MAD), residual variance index (Se^2) and RMSE were used. According to these indices, the Von Bertalanffy curve was the appropriate model because it achieved the lowest values for AIC, BIC, RMSE, MAD and S2e indices and the highest values for R and R2. When data were analyzed based on sexuality, the accuracy of assessment increased and the models better fitted to the data. The results of this study demonstrated that Von Bertalanffy model could accurately describe the growth pattern of Makuie sheep, especially, when males and females were evaluated separately.

Keywords: Non-linear regression models, Age-weight relationship, Growth curve parameters, Model matching, Growth traits

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.29252/rap.11.27.88]