

مقایسه برخی از توابع غیر خطی در توصیف منحنی رشد گوسفند ماکویی

- رضا بهرام (نویسنده مسئول)
استادیار ژنتیک و اصلاح نژاد دام، دانشگاه محقق اردبیلی
- آذر راشدی ده صحرائی
دانش آموخته دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد دام، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۶۲۱۰۴۰

Email: behmaram.reza@yahoo.ca

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2019.126002.1909

چکیده

برای انجام این پژوهش، از تعداد ۶۸۴۱ رکورد وزن بدن در سنین مختلف ۱۸۷۷ رأس گوسفند ماکویی که طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۳ در ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد گوسفند ماکویی شهرستان ماکو استان آذربایجان غربی جمع‌آوری شده بودند، استفاده شد. پارامترهای منحنی رشد، بر اساس وزن بدن در سنین مختلف و با مقادیر مختلف آغازین با استفاده از رویه NLIN نرم افزار SAS برآورد شدند. چهار مدل غیرخطی برودی، ون بر تالانفی، لجستیک و گومپرتز بر داده‌ها برازش داده شدند. پس از تعیین مناسب‌ترین مدل غیرخطی توصیف کننده منحنی رشد، این مدل با استفاده از روش تکرار گوس- نیوتن به نحوی برازش داده شد تا پارامترهای منحنی رشد برای همه افراد به صورت جداگانه بدست آیند. با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS اثرات ثابت تأثیرگذار بر این پارامترها شناسایی شدند. مدل برودی با داشتن بالاترین دقت ($R^2 = 0.955432$) و کمترین خطا ($MSE = 37.78$) بهترین مدل جهت توصیف الگوی رشد گوسفند ماکویی شناخته شد. این مدل وزن بلوغ، نرخ رشد و نرخ بلوغ را به ترتیب ۶/۰۹، ۸۸/۰ و ۰/۰۷ برآورد کرد. سال و فصل تولد، جنس و تیپ تولد بره بر وزن بلوغ و نرخ رشد اثر معنی‌داری داشتند ($P < 0.01$)، اما جنس بره بر نرخ بلوغ معنی‌دار نبود ($P < 0.01$). نتایج نشان داد که مدل برودی نسبت به سایر مدل‌های ارزیابی شده جهت برازش منحنی رشد گوسفند ماکویی مناسب‌تر بود.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 127 pp: 81-92

Comparison some nonlinear functions for describing of growth curve in Makooei sheep.

1: Reza Behmaram Assistant professor of Genetics & Animal Breeding, University Of Mohaghegh Ardabili. Mobile: 09144621040, Email: behmaram.reza@yahoo.ca

2: Azar Rashedi Dehsahraei. PhD Student of Genetics & Animal Breeding- Agriculture and Natural Resources University of Khouzestan.

Received: May 2019**Accepted: June 2019**

For doing this study 6841 body weight records at different ages of 1877 Makooei sheep which were collected at Makooei sheep breeding station in Maku city of West Azarbaijan province was used. Parameters of growth curve based on body weight at different ages and different initial amounts using NLIN procedure of SAS software were estimated. Four non-linear models including Brody, Von-Bertalanffy, logistic and Gompertz, were fitted on data. After setting the most appropriate describing non-linear growth curve, using by Gauss-Newton repeat method fitted in way that growth curve parameters obtained separately for all individuals. Using GLM procedure of SAS software, effective fixed effects on these parameters were identified. The Brody model with having the highest accuracy ($R^2 = 0.955432$) and lowest error ($MSE = 37.78$) was recognized as the best model for describing growth pattern of Makooei sheep. The year and season of birth, lamb sex and birth type had significant effect on mature weight and growth rate ($P < 0.01$) but lamb sex on mature rate was not significant ($P < 0.01$). The results showed that, compared with the other evaluated models, for fitting growth curve of Makooei sheep was more suitable.

Key words: Non-linear functions, Makooei sheep, Growth curve.**مقدمه**

(راشدی ۱۳۹۳ و Saghi و همکاران ۲۰۱۲)، گاو (Darmani Kuhi و همکاران ۲۰۱۸ و Mohd Hafiz ۲۰۱۵) و طیور گوشتی (چاجی و همکاران ۱۳۹۳ و میردریکوندی و همکاران ۱۳۹۴) برازش داده شدند. مدل‌های رشد غیر خطی اطلاعات مفیدی در ارتباط با مشکلات مدیریتی، سن مناسب کشتار، تنظیم رژیم غذایی و خصوصاً زمان رسیدن به بلوغ در پرورش گوسفند ارائه می‌کنند (Akbas و همکاران ۲۰۱۰ و Kor و همکاران ۲۰۰۶). مدل‌سازی رشد موجودات زنده به طور وسیع در صد سال گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. اساس این مطالعات توسط برودی (۱۹۴۵)، ون‌برتالانفی (۱۹۵۷)، ریچاردز (۱۹۵۹) گذاشته شد که توانستند تعریف ریاضی از رشد ارائه کنند. تابع لجستیک^۱، تابع ون‌برتالانفی^۲، تابع گومپرتز^۳ و انواع مختلف تابع تعمیم یافته لجستیک از جمله توابع مهم و معروفند. بخش مشترک این توابع

به منظور بررسی راه‌های افزایش درآمد در گله‌های گوسفند و انتخاب دام‌های پرتولید مناسب، باید صفات اقتصادی برتر را به عنوان اهداف پرورش این گله‌ها تعریف نمود و روش‌های انتخاب مناسب را برای بهبود آن صفات با توجه به پیش‌بینی نتیجه انتخاب پیشنهاد کرد (کارگر و همکاران، ۱۳۸۵). رشد یک خصوصیت ضروری سیستم‌های بیولوژیکی بوده و معیاری برای افزایش اندازه بدن به ازای هر واحد زمان است که به صورت ترکیبی از اثرات ژنتیکی و محیطی توصیف می‌شود. از جمله روش‌هایی که می‌توان اثرات مختلف را روی عملکرد یک حیوان مانند افزایش وزن پیش‌بینی و اندازه‌گیری نمود، استفاده از مدل‌های رشد^۱ می‌باشد. در واقع مدل‌های رشد، توابع رگرسیون غیرخطی هستند که قادرند رشد را در زمان‌های مختلف طول عمر حیوان پیش‌بینی کنند (بحرینی بهزادی و همکاران، ۱۳۸۹). تاکنون مدل‌های رشد غیرخطی مختلف روی حیواناتی مثل گوسفند

¹ -Growth model² -Logistic³ -Von Bertalanffy⁴ -Gompertz

ماه، روز تولد، جنس بره و نیز تیپ تولد، حذف شدند. به این منظور دام‌هایی با کمتر از سه رکورد، حذف شدند. ابتدا چهار مدل غیرخطی برودی، ون برتالنفی، لجستیک و گومپرتز روی داده های وزن-سن، برازش داده شدند. تابع ریاضی این مدل‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس وزن بدن در سنین مختلف و با استفاده از مقادیر مختلف آغازین پارامتر a که نشان‌دهنده وزن بلوغ می‌باشد (۳۰ تا ۹۰ با گام‌های ۵)، پارامتر b که نشان‌دهنده نرخ رشد از تولد تا بلوغ دام است (۰/۱ تا ۵ با گام‌های ۰/۵) و پارامتر k که نشان‌دهنده سن حیوان در زمان بلوغ می‌باشد (۰/۱ تا ۵ با گام‌های ۰/۵)، هر یک از پارامترهای منحنی رشد با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و PROC NLIN برآورد شدند. پس از به دست آوردن پارامترهای مورد نظر برای توابع غیرخطی مورد بررسی، معیارهای مختلف تشخیص مدل مناسب از جمله معیار اطلاعاتی آکائیک و شاخص آکائیک تصحیح شده، محاسبه شدند و بر اساس آن‌ها و همچنین ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا، بهترین تابع غیرخطی برای پارامترهای رشد گوسفند ماکویی انتخاب شد. شاخص‌های مورد مطالعه برای تشخیص بهترین تابع غیرخطی در جدول ۳ آورده شده است.

خصوصیت سیگموئیدی آن‌هاست که این منحنی‌ها اغلب به شکل S یا سیگموئیدی^۵ است. سه فاز اصلی رشد روی نمودارها قابل تشخیص است، فاز سریع رشد^۶، فاز خطی^۷ و فاز رشد کند^۸ که به بلوغ منتهی می‌شود (Kucuk و Eyduran ۲۰۱۰). مطالعاتی در خصوص منحنی رشد در نژادهای مختلف گوسفند انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. راشدی ده‌صحرانی (۱۳۹۳) برای گوسفند مغانی، رحیمی کاکلکی و همکاران (۱۳۹۳) برای برخی نژادهای گوسفند ایرانی، حسین‌پور و همکاران (۱۳۸۴) برای گوسفند بلوچی، Saghi و همکاران (۲۰۱۲) برای گوسفند بلوچی، Kopuzlu و همکاران (۲۰۱۴) در گوسفند همسین^۹، Ghavi-Hoseinzadeh و Hojati (۲۰۱۷) برای گوسفند مهربان ایرانی و میرحسینی و همکاران (۱۳۹۶) در بز مرخز مطالعاتی را در خصوص منحنی رشد انجام دادند. هدف از انجام پژوهش کنونی برآورد پارامترهای منحنی رشد توسط مدل‌های غیرخطی گومپرتز، لجستیک، برودی و ون برتالنفی و انتخاب بهترین مدل برای توصیف منحنی رشد در گوسفند ماکویی بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، به منظور برآورد پارامترهای الگوی رشد، از تعداد ۶۸۵۱ رکورد مربوط به وزن بدن در سنین مختلف (شامل وزن تولد، سه‌ماهگی، شش‌ماهگی، نه‌ماهگی و یک‌سالگی)، متعلق به ۱۸۷۷ رأس گوسفند ماکویی استفاده شد که طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۳ توسط مرکز اصلاح‌نژاد گوسفند ماکویی در ۲۰ کیلومتری شهرستان ماکو واقع در استان آذربایجان غربی، جمع‌آوری شده بود. آمار توصیفی صفات وزن بدن در سنین مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. برای ذخیره، ویرایش و آماده‌سازی داده‌ها و تشکیل فایل‌های مورد نیاز از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده شد. پس از چندین بار بازبینی، اطلاعات مربوط به دام‌های دارای شماره نامشخص، ردیف‌های تکرار شده برای یک حیوان و نیز حیوانات دارای رکوردهای ناقص در اطلاعات مربوط به سال،

⁵ -Sigmoid or S-curve

⁶ -Self-accelerating Phase

⁷ -Linear Phase

⁸ -Decelerating Phase

⁹ - Hemsin

جدول ۱- آمار توصیفی صفات وزن بدن گوسفند ماکویی در سنین مختلف

بیشترین	کمترین	انحراف استاندارد	میانگین	تعداد	صفت (واحد)
۶	۲/۵	۰/۵۸	۴/۳	۱۸۶۰	وزن تولد (کیلوگرم)
۴۰	۷	۴/۱۵	۱۹/۹۰	۱۸۵۷	وزن شیرگیری (کیلوگرم)
۵۱	۱۳	۵/۳۵	۲۸/۳۴	۱۲۵۱	وزن ۶ ماهگی (کیلوگرم)
۴۶/۵	۱۷/۵	۴/۸۵	۲۹/۹۲	۱۱۴۰	وزن ۹ ماهگی (کیلوگرم)
۵۹	۲۲	۵/۷۳	۳۵/۰۴	۷۳۳	وزن ۱۲ ماهگی (کیلوگرم)

جدول ۲- مدل‌های غیر خطی و توابع ریاضی مرتبط

تابع ریاضی	مدل غیر خطی
$y=a*(1-b*\exp(-k*t))$	برودی
$y=a*(1-b*\exp(-k*t))*3$	ون برتالانفی
$y=a*(1+\exp(-k*t))*(-m)$	لجستیک
$y=a*\exp(-b*\exp(-k*t))$	گومپرتز

y : وزن پیش‌بینی شده، a : وزن بلوغ، b : نرخ رشد، k : نرخ بلوغ، t : زمان و m : درجه بلوغ در نقطه عطف منحنی

جدول ۳- معیارهای مختلف مورد استفاده برای تعیین بهترین تابع غیر خطی توصیف کننده منحنی رشد

معادله	معیار
$R^2 = \frac{SS_{reg}}{SS_t} = 1 - \frac{SSE}{SS_t}$	ضریب تبیین
$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}$	میانگین مربعات خطا
$AIC = n(\log(2\pi) + \log(sse) - \log(n)) + 2(n + p + 1)$	معیار اطلاع آکائیک
$AICc = AIC + \frac{2p(p+1)}{n-p-1}$	معیار اطلاع آکائیک تصحیح شده

AIC : معیار اطلاعاتی آکائیک، n : تعداد رکورد، p : تعداد پارامتر موجود در مدل‌های مختلف و SSE : مجموع مربعات باقیمانده مدل‌ها، R^2 : ضریب تبیین، MSE : میانگین مربعات خطا، \hat{y}_t : مقدار مشاهده شده، y_t : مقدار پیش‌بینی شده

مشابه دست یافتند. این پژوهشگر بالاترین مقدار را برای پارامتر a در مدل برودی و کمترین مقدار را برای این پارامتر در مدل لجستیک برآورد نمود. پارامتر b نشان‌دهنده نرخ رشد از تولد تا بلوغ دام است که مقدار برآورد شده برای این پارامتر در چهار مدل غیر خطی مورد مطالعه برابر، $0/88$ ، $2/11$ ، $6/34$ و $0/51$ به ترتیب برای مدل‌های برودی، گومپرتز، لجستیک و ون‌برتالانفی بود. کمترین مقدار پارامتر b مربوط به مدل ون‌برتالانفی و بیشترین مقدار آن مربوط به مدل لجستیک بود. مولانی تاجکوه (۱۳۹۲)، مقدار پارامتر نرخ رشد (B) را برای گوسفندان بلوچی در دامنه $0/2$ برای مدل گومپرتز و $5/8$ برای مدل لجستیک برآورد نمود. پارامتر نرخ بلوغ (K) نشان‌دهنده سن حیوان در زمان بلوغ می‌باشد و هر چه میزان پارامتر نرخ بلوغ بیشتر شود، حیوان وزن بلوغ جسمی خود را در سن پایین‌تری بدست خواهد آورد که با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، مقدار پارامتر K برای مدل‌های برودی، گومپرتز، لجستیک و ون‌برتالانفی به ترتیب $0/07$ ، $0/13$ ، $0/23$ و $0/11$ محاسبه شد. کمترین مقدار این پارامتر مربوط به مدل برودی و بیشترین مقدار آن مربوط به مدل لجستیک بود. در پژوهشی Tariq و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه مدل رشد گومپرتز در گوسفندان منگالی^{۱۰} مقدار پارامترهای A ، B و K را به ترتیب برابر $36/92$ ، $2/04$ و $0/01$ گزارش نمودند که مقادیر B و K در دامنه مقادیر محاسبه شده برای این پارامترها در این پژوهش بودند ($2/11$ و $0/13$) ولی مقدار پارامتر A در این پژوهش ($40/55$) بیشتر از مقدار گزارش شده توسط این محققین بود. در منابع علمی مختلف، برآوردهایی از پارامترهای منحنی رشد در گوسفند گزارش شده است که بسیار متغیر می‌باشند. این برآوردها با روش‌ها و مدل‌های محاسباتی متفاوت و در یک سن خاصی از دام و با در نظر گرفتن عوامل محیطی متفاوت بدست آمده‌اند. از طرفی مدل مورد استفاده و گونه حیوان مورد مطالعه، تا حدودی تخمین پارامترهای مربوط به مدل‌های رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهند، که می‌تواند از دلایل تفاوت برآوردهای پارامترهای الگوی رشد در مطالعات مختلف باشد (ارجمند ۱۳۹۱). وزن بلوغ گوسفند بستگی به جثه دارد. به طور

تابع دارای کمترین شاخص اطلاعاتی آکائیک (AIC)، آکائیک تصحیح شده ($AICC$)، کمترین مقدار میانگین مربعات خطا و بیشترین مقدار ضریب تبیین (R^2) به عنوان بهترین تابع انتخاب گردید.

در ابتدا مناسب‌ترین مدل غیرخطی توصیف‌کننده منحنی رشد تعیین و سپس برای بدست آوردن پارامترهای منحنی رشد برای کلیه افراد مورد مطالعه از رویه رگرسیون غیرخطی نرم‌افزار تجزیه آماری SAS و روش تکرار گوس-نیوتن استفاده گردید. معیار همگرایی 10^{-6} در نظر گرفته شد. به منظور تعیین اثر عوامل غیرژنتیکی مؤثر بر این پارامترها از مدل آماری زیر استفاده شد

$$Y_{ijklm} = \mu + Y_i + S_j + T_k + G_l + Age_m + e_{ijklm}$$

Y_{ijkl} : هر یک از مشاهدات پارامترهای منحنی رشد، μ میانگین جمعیت، Y_i : اثر ثابت سال تولد (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۳)، S_j : اثر ثابت جنس بره (نر و ماده)، T_k : اثر ثابت تیپ تولد بره (تک قلو و دوقلو)، G_l : اثر ثابت فصل تولد (فصل بهار و پاییز)، Age_m : اثر ثابت سن مادر هنگام زایش (۲ تا ۷ سال) و e_{ijkl} اثر خطا. برای مقایسه میانگین‌ها در سطوح مختلف اثرات ثابت از آزمون توکی-کرامر استفاده شد.

نتایج و بحث

مقادیر برآورد شده پارامترهای توابع غیرخطی برای گوسفندان ماکویی در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مقدار پارامتر A که نشان‌دهنده وزن بلوغ می‌باشد، در مدل‌های غیرخطی برودی، گومپرتز، لجستیک و ون‌برتالانفی به ترتیب برابر $46/09$ ، $40/55$ ، $39/42$ و $41/14$ برآورد گردید. پارامتر A نقطه‌ای در نظر گرفته می‌شود که بافت ماهیچه‌ای از نظر ساختار و تجمع سلولی، به حداکثر مقدار خود می‌رسد (Owens و Dubeski ۱۹۹۳). Abegaz و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که پارامترهای منحنی رشد به طور بالقوه معیار مفیدی برای تغییر رابطه بین وزن بدن و سن از طریق انتخاب فراهم می‌کنند. طبق نتایج به دست آمده، پارامتر a در مدل برودی بالاترین و در مدل لجستیک کمترین مقدار خود را نشان داد. ارجمند (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای روی منحنی‌های رشد گوسفند لری بختیاری به نتایج

¹⁰ Mengali

ونبرتالانفی معیارهایی نزدیک معیارهای مدل برودی، داشت و بعد از مدل برودی مناسبترین مدل برای تشریح رشد گوسفند ماکویی شناخته شد. بعد از این دو مدل، مدل‌های گومپرتز و لجستیک در تشریح رشد گوسفند ماکویی، رتبه‌های بعدی را داشتند. طبق نتایج به دست آمده مشاهده شد که رابطه مستقیمی بین معیارهای مختلف تعیین مدل مناسب وجود دارد، به طوری که توابع با ضریب تبیین بالاتر دارای معیار اطلاعات آکائیک، آکائیک تصحیح شده و میانگین مربعات خطای پایین‌تری هستند (Ghavihoseinzadeh ۲۰۱۵). تفاوت گزارش‌های پیشین از نظر شناسایی مدل برتر، ضرورت مدل‌سازی رشد را به طور جداگانه برای هر گله آشکار می‌سازد. به طور مثال در برخی بررسی‌ها مدل لجستیک (Tariq و همکاران ۲۰۱۱)، در برخی دیگر برودی (Gbangboche و همکاران ۲۰۰۸ و بحرینی بهزادی و همکاران ۱۳۸۹)، در برخی ونبرتالانفی (Topal و همکاران ۲۰۰۴) و یا گومپرتز (Canaza-Cayoa و همکاران ۲۰۱۵) به عنوان مدل شایسته گزارش شده است.

مثال گوسفند بلوچی از نژادهای کوچک جثه است و وزن بلوغ گوسفند بلوچی در گزارش مولائی تاجکوه (۱۳۹۲) تحت مدل برودی ۴۰/۲۵ کیلوگرم برآورد شده است. اما گوسفند مهربان از نژادهای سنگین وزن است و

Bathaei و Leroy (۱۹۹۶) وزن بلوغ آن را ۷۰/۰۲ کیلوگرم برآورد کردند. همچنین نرخ رشد و نرخ بلوغ در گوسفند بلوچی ۰/۸۹ و ۰/۰۰۷ و برای گوسفند مهربان ۰/۹۵ و ۰/۱۱۹ برآورد شد (Bathaei و Leroy ۱۹۹۶). معیارهای مختلف مقایسه مدل‌های رشد برای توابع غیرخطی مورد بررسی، در جدول ۵ آورده شده است. اگر چه از حیث معیارهای آماری مختلف، تفاوت چندانی بین مدل‌های مورد استفاده وجود نداشته و همه آن‌ها به خوبی توانایی برازش منحنی رشد این داده‌ها را داشتند، اما طبق نتایج به دست آمده مقدار ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده در مدل برودی بیشتر از سایر مدل‌ها بوده و مقدار معیار اطلاعات آکائیک و معیار اطلاعات آکائیک تصحیح شده نیز در این مدل کمتر از مدل‌های دیگر بود. بنابراین مدل برودی، در تشریح رشد، در نژاد ماکویی، مناسب‌تر از سایر مدل‌ها شناخته شد. مدل

جدول ۴- مقادیر برآورد شده متغیرهای توابع غیر خطی در گوسفند ماکویی

توابع	پارامتر	مقدار برآورد شده	خطای استاندارد	حداقل	حداکثر
برودی	A	۴۶/۰۹	۰/۱۹	۴۲/۷۲	۴۴/۸۰
	B	۰/۸۸	۰/۰۰۳	۰/۸۵	۰/۹۰
	K	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸
گومپرتز	A	۴۰/۵۵	۰/۱۳	۴۰/۳۲	۴۱/۶۱
	B	۲/۱۱	۰/۰۲	۲/۰۸	۲/۲۳
	K	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱۴
لجستیک	A	۳۹/۴۲	۰/۱۰	۳۹/۰۲	۴۰/۵۲
	B	۶/۳۴	۰/۱۵	۶/۰۵	۶/۶۹
	K	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۱	۰/۰۲۶
ون برتالانفی	A	۴۱/۱۴	۰/۱۱	۴۱/۰۴	۴۲/۳۴
	B	۰/۵۱	۰/۰۰۵	۰/۵۰۱	۰/۵۳۳
	K	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱۳

A: وزن بلوغ (کیلوگرم)، B: نرخ رشد از تولد تا بلوغ (کیلوگرم در روز) و K: نرخ بلوغ

جدول ۵- معیارهای مختلف مقایسه توابع غیر خطی

توابع/معیار	ضریب تبیین	معیار اطلاع آکائیک	معیار اطلاع آکائیک تصحیح شده	میانگین مربعات خطا
برودی	۰/۹۵۵۴۳۲	۴۰۵۱۱/۲۲۴	۴۰۵۱۱/۲۲۷	۳۷/۷۸
گومپرتز	۰/۹۴۵۵۳۳	۴۰۵۲۰/۳۲۱	۴۰۵۲۰/۳۲۴	۳۸/۱۵
لجستیک	۰/۹۴۵۲۳۲	۴۰۶۳۰/۲۱۲	۴۰۶۳۰/۲۱۵	۳۹/۱۲
ون برتالانفی	۰/۹۵۵۳۳۴	۴۰۵۱۳/۲۴۱	۴۰۵۱۳/۲۲۴	۳۷/۸۹

و همکاران (۲۰۱۱) از منحنی‌های رشد گومپرتز و برودی، در بز نژاد بیتال، به منظور تشریح رشد استفاده کردند و نشان دادند که اثرات تیپ تولد، گله و جنسیت روی پارامترهای A، B و K در این نژاد معنی‌دار نیستند. موافق با نتایج گزارش شده برای گوسفند دوارف آفریقا (Gbangboche و همکاران ۲۰۰۸)، تفاوت پیش‌بینی ویژگی‌های رشد برای سطوح مختلف جنس و نوع تولد در بدو تولد کمینه و در امتداد سن به تدریج افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر بره‌های نر در مقایسه با بره‌های ماده و بره‌های تک‌قلو در مقایسه با بره‌های دوقلو، ظرفیت رشد بیشتری در ادامه حیات دارند. محدودیت‌ها در تقویت همزمان چند جنین از یک سو و از سوی دیگر تأمین ناکافی شیر بره‌های تازه متولد شده، عملکرد پایین دوقلوها را می‌تواند توضیح دهد. در مورد تفاوت در دو جنس نر و ماده نیز محققین بیان داشتند که هورمون‌های جنسی در جنس ماده نسبت به جنس نر در سنین پایین‌تر، ترشح شده و سبب افزایش نرخ بلوغ و کاهش وزن مجانبی می‌شود (مؤمن ۱۳۹۱ و راشدی و همکاران ۱۳۹۷). سن مادر هنگام زایش بر دو پارامتر وزن بلوغ ($P < 0/01$) و نرخ رشد ($P < 0/05$) معنی‌دار بود. علت معنی‌دار بودن اثر سن مادر بر صفات رشد احتمالاً به درجه تکامل رشد جسمی، وزن بدن، دستگاه تناسلی و تولید شیر بیشتر توسط مادر در سنین بالاتر مربوط می‌شود (Rashidi و همکاران، ۲۰۰۸).

اثر عوامل محیطی مؤثر بر پارامترهای منحنی رشد در گوسفند نژاد ماکویی در جدول ۶ نشان داده شده است. طبق نتایج به دست آمده، سال و فصل تولد بر همه پارامترهای الگوی رشد (A، B و K) معنی‌دار بودند ($P < 0/01$). اثر جنسیت بر پارامتر A ($P < 0/01$) و پارامتر B ($P < 0/05$) معنی‌دار بود ولی بر پارامتر K اثر معنی‌دار نداشت. نوع تولد بر پارامترهای A و B در سطح بالا ($P < 0/01$) و بر پارامتر K نیز ($P < 0/05$) معنی‌دار بود. Abegaz و همکاران (۲۰۱۰)، مولائی تاجکوه (۱۳۹۲)، ارجمند (۱۳۹۱)، راشدی (۱۳۹۳) و Bathaei و Leroy (۱۹۹۶) سال تولد را بر پارامترهای منحنی رشد در گوسفند معنی‌دار ($P < 0/01$) گزارش کردند. تفاوت در شرایط اقلیمی، محیطی و مدیریتی با تأثیر بر کیفیت و کمیت علوفه مورد دسترسی بره و مادر بر پارامترهای وزن بلوغ، نرخ رشد و نرخ بلوغ تأثیر می‌گذارند. به طوری که تغییرات در میزان رطوبت و دمای محیط به طور مستقیم بر تغذیه و چرا در مرتع و در نتیجه افزایش یا کاهش وزن بره تأثیر دارد. شرایط متغیر آب و هوایی (میزان بارندگی سالیانه، رطوبت و دمای محیط) که کیفیت و کمیت علوفه مراتع را تحت تأثیر قرار می‌دهد، باعث تغییرات در میزان مواد غذایی در دسترس حیوان و تأمین احتیاجات لازم می‌شود که در بره بیشتر متوجه صفات پس از شیرگیری شده و در مادران میزان تولید شیر را کاهش یا افزایش می‌دهد (Rashidi و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهشی Waheed

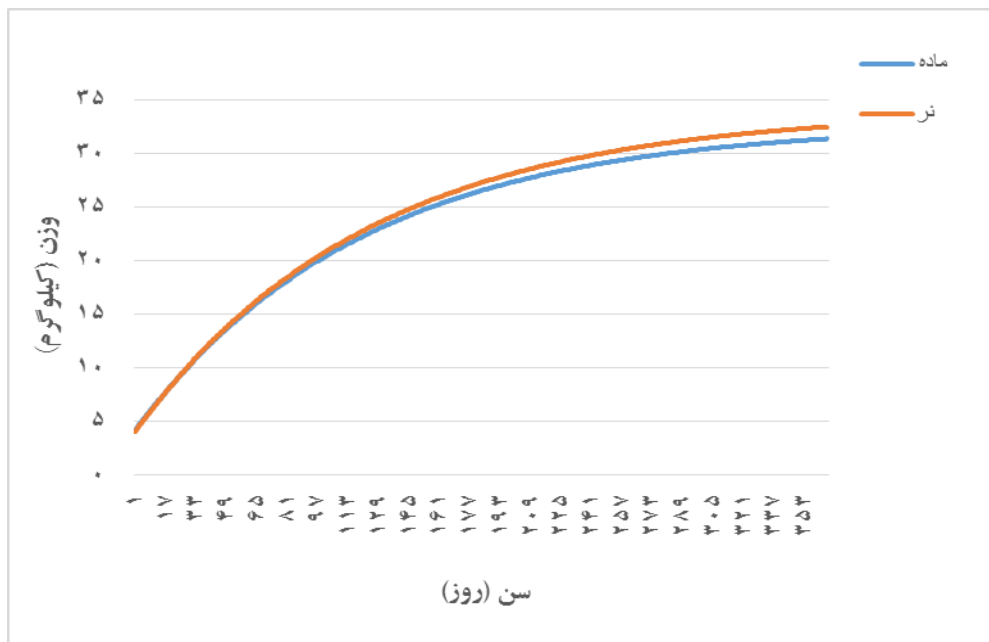
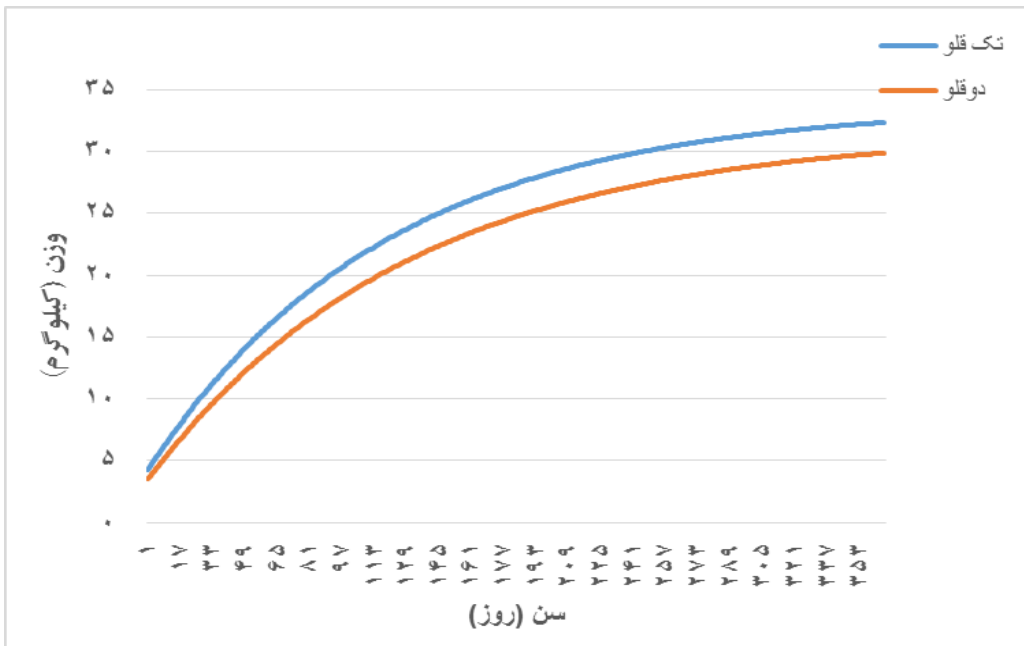
جدول ۶- میانگین حداقل مربعات پارامترهای الگوی رشد در گوسفند نژاد ماکویی برای اثرات محیطی

اثر/صفت	وزن بلوغ	نرخ رشد	نرخ بلوغ
کل	۳۳/۳۲±۰/۲۲	۰/۸۸±۰/۰۰۱	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰۱
سال تولد	**	**	**
سن مادر هنگام زایش	**	*	ns
فصل تولد	**	**	**
بهار	۲۳/۹۹±۰/۷۷ ^b	۰/۸۴±۰/۰۰۳ ^b	۰/۰۱۱±۰/۰۰۰۳ ^a
پاییز	۳۱/۷۱±۰/۵۵ ^a	۰/۸۹±۰/۰۰۲ ^a	۰/۰۰۹±۰/۰۰۰۲ ^b
جنسیت	**	*	ns
نر	۲۸/۵۴±۰/۵۵ ^a	۰/۸۷±۰/۰۰۲ ^a	۰/۰۰۹۸±۰/۰۰۰۲
ماده	۲۷/۱۷±۰/۵۵ ^b	۰/۸۶±۰/۰۰۲ ^b	۰/۰۰۹۸±۰/۰۰۰۲
نوع تولد	**	**	*
تک قلو	۲۹/۳۶±۰/۴۹ ^a	۰/۸۶±۰/۰۰۲ ^b	۰/۰۱±۰/۰۰۰۲ ^a
دوقلو	۲۶/۳۵±۰/۶۵ ^b	۰/۸۷±۰/۰۰۳ ^a	۰/۰۰۹±۰/۰۰۰۲ ^b

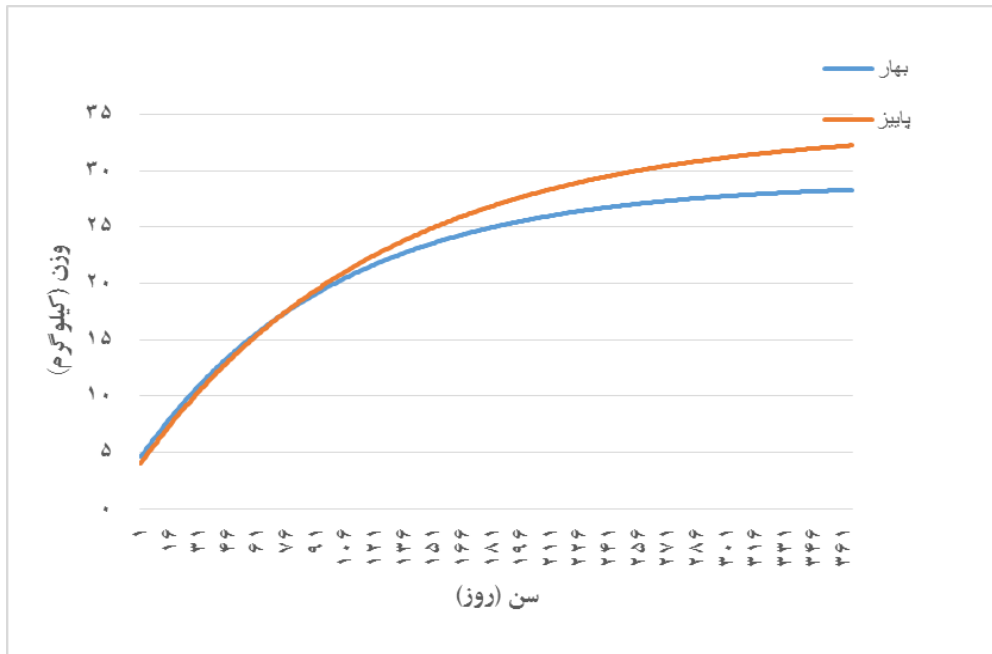
** نشان دهنده معنی داری در سطح یک درصد، * نشان دهنده معنی داری در سطح پنج درصد و ns : نشان دهنده عدم معنی دار بودن آماری است. میانگین‌های داخل هر گروه، به جز آنهایی که دارای حروف مشابه هستند از لحاظ آماری با هم اختلاف معنی دار دارند.

در مورد منحنی رشد فصل تولد مشاهده شد که بره‌های متولد بهار نسبت به بره‌های متولد پاییز میانگین وزنی کمتری داشتند. پتانسیل رشد بره‌ها نسبت به تغییرات شرایط محیطی، تفاوت کمی و کیفی علوفه و مواد متراکم در فصول مختلف تأثیرپذیر است (Canaza-Cayoa و همکاران ۲۰۱۵). بره‌های متولد فصل سرد در سن رشد از منابع مطلوب تغذیه‌ای برخوردار بودند، در نتیجه عملکرد بهتری برای آنها مورد انتظار خواهد بود. بر این اساس و با فرض عدم تأثیرپذیری عملکرد رشد در شرایط آب و هوایی مختلف استان آذربایجان غربی، برای پروراندی می‌توان از بره‌های متولد پاییز استفاده نمود.

به دلیل برتری مدل برودی در برآورد پارامترهای منحنی رشد در پژوهش حاضر، تنها منحنی رشد فاکتورهای محیطی برای این مدل نمایش داده شده است (شکل ۱). همان‌طور که ملاحظه می‌شود تفاوت پیش‌بینی وزن بدن بین گروه‌های مختلف جنسیت و تیپ تولد در ابتدای دوره حداقل و به تدریج در امتداد سن رو به افزایش بوده است. وجود تفاوت‌های هورمونی و فیزیولوژیکی بین دو جنس مختلف (Danell و Nasholm ۱۹۹۶)، بالاتر بودن وزن نرها را توضیح می‌دهد. از نظر تیپ تولد نیز پایین بودن عملکرد دوقلوها را می‌توان به محدودیت مادران در تقویت همزمان چند جنین طی بارداری و نیز تأمین ناکافی شیر بره‌های تازه متولد شده نسبت داد (Gbangboche و همکاران ۲۰۰۸).



شکل ۱- برازش تابع برودی در توصیف منحنی رشد بره‌های نژاد ماکویی به تفکیک اثرات ثابت



نتیجه گیری

مطالعه منحنی رشد در دام‌های گوشتی به دلایل گوناگون حائز اهمیت است. بنابراین توابعی برای توصیف منحنی رشد ارائه شده است که انتخاب بهترین تابع برای مطالعه الگوی رشد دام‌ها به نظر ضروری می‌رسد. در پژوهش کنونی پارامترهای مورد بررسی و اجزای مدل تحت تأثیر اثرات مورد مطالعه قرار داشتند. طبق نتایج به دست آمده، اثر عوامل محیطی بر پارامترهای الگوی رشد گوسفند ماکویی مهم و تأثیرگذار هستند و باید در تجزیه و تحلیل این پارامترها مورد بررسی قرار گیرند. اگرچه امکان توصیف کلی شاخصه‌های رشد تنها بر مبنای مشاهدات فنوتیپی مقدور نیست، اما بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، مدل رشد برودی با داشتن بالاترین دقت و کمترین مقدار خطا، در توصیف صفات رشد گوسفند ماکویی می‌تواند به عنوان ابزار مدیریتی مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

ارجمند، م. ۱۳۹۱. تعیین منحنی‌های رشد در گوسفند لری‌بختیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ۶۰ ص.

بحرینی بهزادی، م. ر.، اسلمی نژاد، ع. ا. و ابراهیم زاده، م. ۱۳۸۹. ارزیابی مدل‌های رشد غیرخطی در پیش بینی رشد در گوسفند بلوچی. چهارمین کنگره علوم دامی ایران، کرج.

حسین پور، م.، ف. افتخاری شاهرودی. و ر. ولی‌زاده. (۱۳۸۴). برآورد پارامترهای ارثی برای صفات وزن در گوسفند بلوچی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۲. ویژه‌نامه علوم دامی، صص: ۷۷-۸۲.

راشدی، آ. (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل ژنتیکی پارامترهای الگوی رشد حاصل از مقایسه توابع غیرخطی در گوسفند مغانی با استفاده از روش آماری بی‌زی. سمینار دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد دام. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۱۰۳ ص.

- Akbas, Y., Ulutas, Z., Sezar, M., Aksoy, Y., Sirin, U., and Kuran, M. (2010). The Effect of Birth Types on Growth Curve Parameters of Karayaka Lamb. *J. Animal and Veterinary Advances*. 9: 9: 1384-1388.
- Bathaei S. S. and Leroy P. L. (1996). Growth and mature weight of Mehrab Iranian fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*. 22: 155 – 162.
- Brody, S. (1945). *Bioenergetics and growth*. Rheingold publishing Crop., NY.
- Canaza-Cayoa, A.W., Huancab, T., Gutierrez, G.P. and beltran, P.A. (2015). Modeling of growth curves and estimation of genetic parameters for growth curve parameters in Peruvian young llamas (lama glama). *Small Ruminant Research*. 130: 81-89.
- Darmani Kuhi, H., Ghavi Hossein-Zadeh, N., Lopez, S., Falahi, S. and France. J. (2018). Sinusoidal function to describe the growth curve of dairy heifers. *Animal Production Science*. Pp: A-I.
- Gbangboche, A., Glele-Kakai, R., Salifou, S., Albuquerque, L. & Leroy, P. (2008). Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve in West African Dwarf sheep. *Animal*, 2, 1003-1012.
- Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2015). Modeling the growth curve of Iranian Shall sheep using non-linear growth models. *Small Ruminant Research*. 130: 60-66.
- Hojati, F. and Ghavi hossein-Zadeh, N. (2017). Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve of Mehraban sheep. *Journal of Applied Animal Research*. 46: 1. 499–50 .
- Kopuzlu, S., Sezgin, E., Esenbuga, N. and Bilgin, O. C. (2014). Estimation of growth curve characteristics of Hemsin male and female sheep. *Journal of Applied Animal Research*. 42: 2. 228–232.
- Kor, A., Baspinar, E., Karaca, S., and Keskin, S. (2006). The determination of growth in akkeci (white goat) female kids by various growth models. *Czech Journal of Animal Science*, 51: 110 – 116.
- راشدی، آ.، فیاضی، ج.، مسعودی، ع. و عبداللهی آرپناهی، ر. (۱۳۹۷). تجزیه و تحلیل ژنتیکی پارامترهای الگوی رشد حاصل از مقایسه توابع غیرخطی در گوسفند مغانی با استفاده از راهبرد بیزی. *مجله پژوهش‌های علوم دامی*. سال ۲۸. شماره ۳: ۱۲۶-۱۱۳.
- رحیمی کاکلکی، م.، فرهنگ‌فر، ه.، منتظر تربتی، م. ب. و اقبال، ع. (۱۳۹۳). توصیف منحنی رشد در نژادهای مختلف گوسفندان ایران با استفاده از تابع غیرخطی گومپرتز. *مجله تحقیقات دام و طیور*. جلد سوم. شماره چهارم. ۲۲-۲۸.
- کارگر، ن.، م. مرادی شهریابک، ح. مروج. و م. رکوعی. (۱۳۸۵). تخمین پارامترهای ژنتیکی صفات رشد و پشم در گوسفند کرمانی. *نشریه پژوهش سازندگی*. شماره ۷۳. ص ۸۸-۹۵.
- مولائی تاجکوه، م. (۱۳۹۲). مقایسه منحنی رشد بین دو نژاد کردی و بلوچی با استفاده از توابع غیر خطی. *پایان نامه کارشناسی ارشد. ژنتیک و اصلاح نژاد دام*. دانشگاه فردوسی مشهد. ۸۹ ص.
- مؤمن، ا. (۱۳۹۱). تخمین پارامترهای ژنتیکی منحنی رشد برودی در گوسفند بلوچی. *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد*. ۷۰ ص.
- میرحسینی، س.ض.، قوی حسین‌زاده، ن. و هادی‌نژاد، ف. (۱۳۹۶). مقایسه مدل‌های غیرخطی برای توصیف منحنی رشد از تولد تا یکسالگی در بز مرخز. *نشریه پژوهش‌های تولیدات دامی*. دوره ۸. شماره ۱۸: ۱۳۱-۱۳۸.
- میردریکوندی، م.، مسعودی، ع.، آذرفر، آ. و کیانی، ع. (۱۳۹۴). مقایسه مدل ریاضی گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی جهت تخمین فراسنجه‌های رشد جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده عصاره کنگرفرنگی از طریق آب آشامیدنی. *مجله علوم دامی ایران*. سال ۴۶. شماره ۱: ۱۶-۹.
- Abegaz, S., Vanwyk, J.B., 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.

- Kucuk, M., and Eyduran, E. (2010). The determination of the best growth model for Akkaraman and German blackheaded mutton x Akkaraman B1 crossbreed lambs. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 15: 1. 90-92.
- Mohd Hafiz, A.W., Mohamad Hifzan, R., Izuan Bahtiar, A.J. and Ariff, O.M. (2015). Describing growth pattern of Brakmas cows using non-linear regression models. *Mal. Journal of Animal Sciences*, 18(2): 37-45.
- Nasholm, A. and Danell, O. (1996). Genetic relationship of lamb weight, maternal ability and mature ewe weight in Swedish finewool sheep. *Journal of Animal science Manasha then Albany then Champaign Illinois*. 74: 329-339.
- Owens F.N. Dubeski P. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science* 71: 3138-3350.
- Rashidi, A., Mokhtari, M.S., Safi Jahanshahi, A. and Mohammad Abadi, M.R. (2008). Genetic parameter estimates of pre-weaning growth traits in Kermani sheep. *Small Ruminant research*. 74: 165-171.
- Richards, F.J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*. 10: 29. 290-300.
- Saghi, D.A., A. Aslaminejad, M. Tahmoorespur, H. Farhangfar, M. Nassiri and G.R. Dashab. (2012). Estimation of genetic parameters for growth traits in baluchi sheep using gompertz growth curve function. *Indian Journal of Animal Sciences*, 82: 889-892.
- Tariq M. M. Bjava M. A. Waheed A. Eyduran E. Abbas F. Bokhari F. A. and Akbar A. (2011). Growth curve in Mengali sheep breed of Baluchistan. *The Journal of Animal & Plant Science* 21: 1. 5-7.
- 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.
- Von bertalanffy, L. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth. *Quarterly Review of Biology*. 32: 217-231.
- Waheed, A., Sajjad Khan, M., Ali, S. and Sarwar, M. (2011). Estimation of growth curve parameters in Beetal goats. *Leibniz Institute for Farm Animal Biology, Dummerstorf, Germany*. 54: 3, 287-296.