دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

# توصیف منحنی رشد در بره‌های نر و ماده نژاد بلوچی با مدل‌های غیرخطی رشد

مجتبی حسین‌پور مشهدی[۱]، مهدی الهی ترشیزی[۲] و شهاب احتشام قرایی[۳]

۱- استادیار، گروه علوم دامی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران، (نویسنده مسوول: mojtaba_h_m@yahoo.com)
۲- استادیار، گروه علوم دامی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۵

**چکیده**

**هدف از انجام پژوهش حاضر توصیف منحنی رشد در گوسفندان بلوچی با مدل‌های غیرخطی رشد بود. رکوردها به ترتیب مربوط به ۱۲۲۸ و ٦٧٦ رأس گوسفند نر و ماده بلوچی برای صفات تولد، یک ماهگی، دو ماهگی، سه ماهگی، چهار ماهگی، شش ماهگی، نه ماهگی و یک سالگی بودند. از داده‌های مرکز اصلاح نژاد گوسفند بلوچی عباس‌آباد واقع در شهرستان مشهد طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸ استفاده شد. برای توصیف منحنی رشد از چهار مدل رگرسیون غیرخطی برودی، ون برتالانفی، گومپرتز و لجستیک استفاده گردید. تجزیه و تحلیل‌های آماری با رویه مدل غیرخطی انجام شد. بهترین مدل با معیارهای ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و میانگین قدرمطلق خطا (تفاوت مقدار پیش‌بینی شده از مقدار واقعی) تعیین گردید. نتایج تحقیق حاضر برای بره‌های نر نشان داد که مدل برودی با ضریب تبیین ۹۰/٤۲ درصد، جذر میانگین مربعات خطای ۸/۳۵ و میانگین قدر مطلق خطا ٥/٦٥ بهترین مدل نسبت به سایر مدل‌ها بود. برای توصیف منحنی رشد بره‌های ماده، مدل ون برتالانفی با ضریب تبیین ۹٦/۸٥ درصد، جذر میانگین مربعات خطا ٤/٥٤ و میانگین قدر مطلق خطا ۳/۱٦ مدل بهتر نسبت به سایر مدل‌ها تعیین شد. هم‌بستگی بین پارامترهای وزن بلوغ ونرخ بلوغ برای مدل‌های ون برتالانفی، برودی، گومپرتزولجستیک به ترتیب ۰/۳٦-، ۰/٥٤-، ۰/۳۰- و ۰/۲۱- برآورد شد.**

**واژه‌های کلیدی: گوسفند، برودی، ون برتالانفی، گومپرتز، لجستیک**

## مقدمه

صفت رشد یکی از مهم‌ترین صفات ضروری برای حیوانات است و به صورت افزایش در بافت‌ها و اندام‌های حیوانات در واحد زمان تعریف می‌شود. صفت رشد تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی هستند (۱۶). در مطالعه‌ایی جنسیت بره و عوامل محیطی سال و فصل تولد و گله بر صفات رشد در گوسفند نائینی معنی دار گزارش شد (۱۳). اثر عوامل محیطی سال و ماه تولد، جنس بره، تیپ تولد، سن مادر و گله بر صفات رشد در گوسفندان استان گیلان معنی‌دار گزارش شد (۲۰).

یکی از روش‌های معمول برای بررسی داده‌های رشد استفاده از معادلات ریاضی یا معادلات منحنی رشد می‌باشد. عموماً رشد از یک منحنی سیگموئیدی یا اس شکل در سنین مختلف پیروی می‌کند. بیش‌ترین میزان رشد در زمان جوانی حیوان مشاهده می‌شود که اغلب به صورت خطی به نظر می‌رسد، سپس میزان رشد به طور آهسته به صفر می‌رسد و زمانی که حیوان به سن بلوغ رسید شکل منحنی به صورت تخت خواهد شد. جهت برآورد ضرایب رگرسیون میزان افزایش وزن بدن در یک بازه زمانی از مدل‌های خطی می‌توان استفاده نمود، در حالی که مدل‌های رشد به‌صورت غیرخطی هستند (۱).

از جمله راه‌هایی که می‌توان اثرات مختلف را روی عملکرد یک حیوان از جمله میزان افزایش وزن، پیش‌بینی و اندازه‌گیری نمود استفاده از مدل‌های رشد است. در واقع مدل‌های رشد، توابع رگرسیون خطی یا غیرخطی هستند که قادرند رشد را در زمان‌های مختلف طول عمر حیوان پیش‌بینی کنند. منحنی رشد بیانگر نسبت وزن به سن در گوسفندان بوده و تحت تأثیر گونه، نژاد، مدیریت، محیط و انتخاب است (۱۸). مدل‌های مختلفی از سوی محققین برای مطالعه منحنی رشد ارائه شده است. از این مدل‌های غیرخطی می‌توان به مدل‌های گومپرتز[۱]، لجستیک[۲]، ریچاردز[۳]، وی بول[۴]، مونوملکولار[۵]، برودی[۶] و ون برتالانفی[۷] اشاره نمود. توابع مذکور بر اساس دیفرانسیل قطعی معادلات و به منظور تفسیر بیولوژیکی صفت رشد استفاده می‌شود.

هر چند میزان رشد در بین حیوانات متفاوت است با استفاده از حل این معادلات توصیف مطلوبی از میزان رشد در جمعیت حیوانات بر اساس سن به‌دست می‌آید (۱). بنجامین گومپرتز (۸) مدل گومپرتز را برای محاسبه میزان مرگ و میر ارائه نمود. امروزه این مدل غالباً برای مطالعات بیولوژیکی رشد استفاده می‌شود. منحنی گومپرتز یک منحنی سیگموئیدی است و یک نوع مدل ریاضی برای سری‌های زمانی می‌باشد. مدل مهم دیگر مدل لجستیک می‌باشد که از سوی ورهولست (۱۹) برای صفت رشد ارائه شد. در این تابع نقطه عطف منحنی مستقل از اندازه‌گیری است. این مدل غالباً برای منحنی سیگموئیدی که نقطه عطف آن در حدود نیمی از ارزش نهایی واقع شده است و ارتباط نزدیکی با منحنی هوبرت دارد استفاده می‌شود. در آمار رگرسیون لجستیک (که گاهی آن را مدل لجستیک یا لجیک می‌نامند) برای پیش‌بینی وقوع یک حادثه توسط داده‌های برازش شده برای تابع لجستیک استفاده می‌شود. این مدل یک مدل خطی عمومی برای رگرسیون دوجمله‌ایی می‌باشد. در منحنی برودی نقطه عطف بین دو منحنی اتفاق می‌افتد. این مدل توسط برودی به‌عنوان مدلی برای روند رشد تکه‌ای به صورت یک تابع نمایی ارایه شد (۵). مدل برتالانفی از سوی برتالانفی (۴)

1- Gompertz 2- Logistic 3- Richards 4- Wei bull
5- Monomolecular 6- Brody 7- Von Bertalanffy

برای صفت وزن بدن ارایه شد. نقطه عطف در ۸/۲۷ یا ۲۹/۶۳ درصد از حداکثر مقدار، ثابت می‌شود. این مدل برای منحنی رشد سیگموئیدی با نقاط عطف حدود ۳۰ درصد از مقدار نهایی مناسب است.

در توصیف مدل‌های غیرخطی رشد سه پارامتر منحنی رشد شامل وزن مجانبی یا وزن بلوغ (A)، نرخ رشد از تولد تا بلوغ یا نقطه عطف منحنی (B) و نرخ بلوغ (K) برآورد می‌شود. بررسی این پارامترها و تعیین بهترین مدل برای توصیف منحنی رشد بر اساس ضریب تبیین، میانگین مربعات خطا و یا جذر آن اطلاعات مفیدی را برای انتخاب و اصلاح نژاد در اختیار محققین قرارمی‌دهد (۱۶،۱). در تحقیقی بر روی دو نژاد مورکارامان[1] و آواسی[2] پارامترهای منحنی رشد توسط مدل‌های برودی، گومپرتز، لجستیک و برتالانفی برآورد شد. مقادیر ضریب تبیین برای هر چهار مدل در دو نژاد برابر با ۰/۹۸ گزارش شد، اما مقدار میانگین مربعات خطا در نژاد مورکارامان برای دو مدل گومپرتز و برتالانفی برابر با سه و کم‌تر از دو مدل دیگر بود و برای نژاد آواسی مدل برتالانفی با مقدار میانگین مربعات خطا ۲/۱ بهترین مدل بود (۱۷). ساقی و همکاران (۱۴) سه پارامتر منحنی رشد را توسط مدل گومپرتز در گوسفند بلوچی به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی و فنوتیپی بر آورد نمودند.

هدف از انجام تحقیق حاضر برآورد پارامترهای منحنی رشد توسط مدل‌های غیرخطی گومپرتز، لجستیک، برودی و ون برتالانفی و انتخاب بهترین مدل برای توصیف منحنی رشد در بره‌های نر و ماده گوسفند بلوچی بود.

## مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق حاضر از داده‌ها مرکز اصلاح نژاد گوسفند بلوچی عباس‌آباد واقع در شهرستان مشهد طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸ استفاده شد. داده‌های مربوط به ۱۲۲۸ بره نر و ۶۷۶ بره ماده شامل رکوردهای وزن تولد، یک ماهگی، دو ماهگی، سه ماهگی، چهار ماهگی، شش ماهگی، نه ماهگی و یک سالگی بود. ۹۸۲۴ داده حاصل از وزن‌های بره نر و ۵۴۰۸ داده حاصل از وزن‌های بره ماده توسط نرم افزار اکسل مرتب‌سازی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ (۱۵) رویه NLIN استفاده شد. ازچهار مدل غیرخطی گومپرتز، لجستیک، برودی، ون برتالانفی جهت توصیف منحنی رشد استفاده شد که معادلات آنها به صورت زیر بود.

۱- مدل گومپرتز

$$W_t = A \exp(-Be^{-Kt})$$

۲- مدل لجستیک

$$W_t = A /(1 + Be^{-Kt})$$

۳- مدل برودی

$$W_t = A(1 - Be^{-Kt})$$

۴- مدل ون برتالانفی

$$W_t = A(1-Be^{-Kt})^3$$

در معادلات بالا، W(t) وزن بدن در زمان(t)، A وزن مجانبی یا وزن بلوغ، B نرخ رشد از تولد تا بلوغ یا نقطه عطف منحنی، K نرخ بلوغ و t سن می‌باشد. برای تعیین بهترین مدل از معیارهای ضریب تبیین[3]، جذر میانگین مربعات خطا[4] و میانگین قدر مطلق خطا[5] (تفاوت مقدار پیش‌بینی شده از مقدار واقعی) استفاده شد.

## نتایج و بحث

### برآورد پارامترهای A، B و K در مدل‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از برآورد پارامترهای A، B و K توابع مورد مطالعه در پژوهش حاضر در جدول ۱ آورده شد. مقدار وزن بلوغ (A) برای بره‌های نر در چهار مدل ون برتالانفی، برودی، گومپرتز و لجستیک به ترتیب ۳۸/۳۵، ۳۹/۳۸، ۳۸/۰۳ و ۳۷/۴۲ کیلوگرم برآورد شد، این پارامتر برای بره‌های ماده به ترتیب ۳۵/۶۸، ۳۷/۲۰، ۳۵/۲۶ و ۳۵/۵۳ کیلوگرم برآورد شد. مقدار نرخ رشد از تولد تا بلوغ یا نقطه عطف منحنی (B) و نرخ بلوغ (K) برای بره‌های نر در مدل ون برتالانفی۰/۴۳ و ۰/۰۱، در مدل برودی ۰/۸۴ و ۰/۰۰۸، در مدل گومپرتز ۱/۶۲ و ۰/۰۱ و در مدل لجستیک ۳/۴۹ و ۰/۰۱ برآورد شد. مقادیر پارامترهای B و K برای بره‌های ماده در مدل ون برتالانفی ۰/۵ و ۰/۰۱، در مدل برودی ۰/۹ و ۰/۰۰۸، در مدل گومپرتز ۱/۹۸ و ۰/۰۱ و در مدل لجستیک ۴/۷۸ و ۰/۰۲ برآورد شد. به منظور توصیف منحنی رشد بره‌های نر مدل برودی با ضریب تبیین ۹۰/۴۲ درصد، جذر میانگین مربعات خطا ۸/۳۵ و میانگین قدر مطلق خطا ۵/۶۵ بهترین مدل بود، اما برای توصیف منحنی رشد بره‌های ماده بر اساس معیارهای ضریب تبیین (۹۶/۸۵ درصد) و جذر میانگین مربعات خطا (۴/۵۴) مدل ون برتالانفی و با توجه به معیار میانگین قدر مطلق خطا (۳/۱۳) مدل برودی مدل مناسب بود. بحرینی و همکاران (۲) در تحقیقی بر روی نژاد بلوچی بهترین مدل را برای دو جنس نر و ماده بر اساس معیارهای آکائیک و میانگین مربعات خطا مدل برودی گزارش کردند.

جدول ۱- پارامترها و معیارهای برآورد شده در دو جنس نر و ماده در مدل‌های مورد مطالعه

Table 1. Estimated parameters and criteria in two sex of male and female in studied models

| مدل | جنس | A(kg) | B | K | $R^2$ | RMSE | MAE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ون برتالانفی | نر | ۳۸/۳۵(۰/۳) | ۰/۴۳(۰/۰۰۶) | ۰/۰۱(۰/۰۰۰۳) | ۹۰/۴۱ | ۸/۳۶ | ۵/۷ |
| | ماده | ۳۵/۶۸(۰/۱۵) | ۰/۵(۰/۰۰۵) | ۰/۰۱(۰/۰۰۰۱) | ۹۶/۸۵ | ۴/۵۴ | ۳/۱۶ |
| برودی | نر | ۳۹/۳۸(۰/۳۷) | ۰/۸۴(۰/۰۰۶) | ۰/۰۰۸(۰/۰۰۰۲) | ۹۰/۴۲ | ۸/۳۵ | ۵/۶۵ |
| | ماده | ۳۷/۲(۰/۱۹) | ۰/۹(۰/۰۰۴) | ۰/۰۰۸(۰/۰۰۰۱) | ۹۰/۸۲ | ۴/۵۷ | ۳/۱۳ |
| گومپرتز | نر | ۳۸/۰۳(۰/۲۸) | ۱/۶۲(۰/۰۲۷) | ۰/۰۱(۰/۰۰۰۳) | ۹۰/۴۰ | ۸/۳۶ | ۵/۷۳ |
| | ماده | ۳۵/۲۶(۰/۱۴) | ۱/۹۸(۰/۰۲۵) | ۰/۰۱(۰/۰۰۰۲) | ۹۶/۸۳ | ۴/۵۶ | ۳/۲۱ |
| لجستیک | نر | ۳۷/۴۲(۰/۲۴) | ۳/۴۹(۰/۱) | ۰/۰۱(۰/۰۰۰۴) | ۹۰/۳۷ | ۸/۳۸ | ۵/۸ |
| | ماده | ۳۵/۵۳(۰/۱۲) | ۴/۷۸(۰/۱) | ۰/۰۲(۰/۰۰۰۳) | ۹۶/۷۰ | ۴/۶۵ | ۳/۴ |

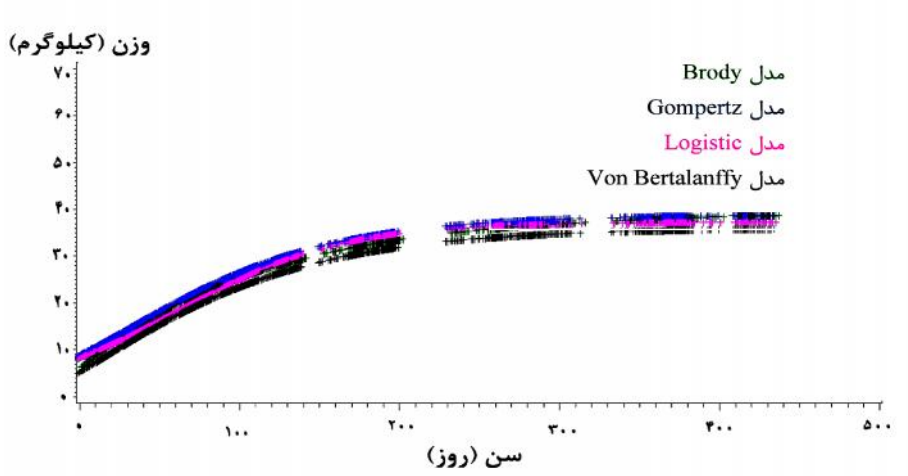
A: وزن بلوغ، B: نرخ رشد، K: نرخ بلوغ، $R^2$: ضریب تبیین، RMSE: جذر میانگین مربعات خطا، MAE: میانگین قدر مطلق خطا، اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می باشد

1- Morkaraman
2- Awassi
3- Coefficient of Determination ($R^2$)
4- Root Mean Square Error (RMSE)
5- Mean Absolute Error (MAE)

منحنی رشد برازش شده با مدل‌های ون برتالانفی، برودی، گومپرتز و لجستیک برای صفات وزن در گوسفندان نر و ماده در نمودارهای ۱ و ۲ ترسیم شده است. مقادیر سه پارامتر منحنی‌های رشد مورد مطالعه در تحقیق حاضر مشابه نتایج سایر محققین بود، تاریق و همکاران (۱۶) رکوردهای ۲۳۷۷ رأس گوسفند نژاد منگالی[1] را بررسی نمودند و مقادیر پارامترهای A، B و K در مدل رشد گمپرتز به ترتیب ۳۶/۹، ۲/۰۴۳ و ۰/۰۱۰۰۸۳ و ضریب تبیین را ۹۹/۱۷ درصد گزارش کردند. توپال و همکاران (۱۷) مقادیر پارامترهای A، B و K در دو نژاد مورکاraman و آواسی را با چهار مدل برآورد نمودند، دامنه تغییرات پارامترهای A، B و K به ترتیب ۳۸/۹ تا ۴۷/۸ کیلوگرم، ۰/۵۲ تا ۵/۰۹ و ۰/۰۰۶ تا ۰/۰۱۸ بود که در مقایسه با تحقیق حاضر مقادیر وزن بلوغ دو نژاد مورکاraman و آواسی نسبت به بلوچی بزرگتراست، اما دو پارامتر دیگر دارای دامنه‌های مشابهی می‌باشند.

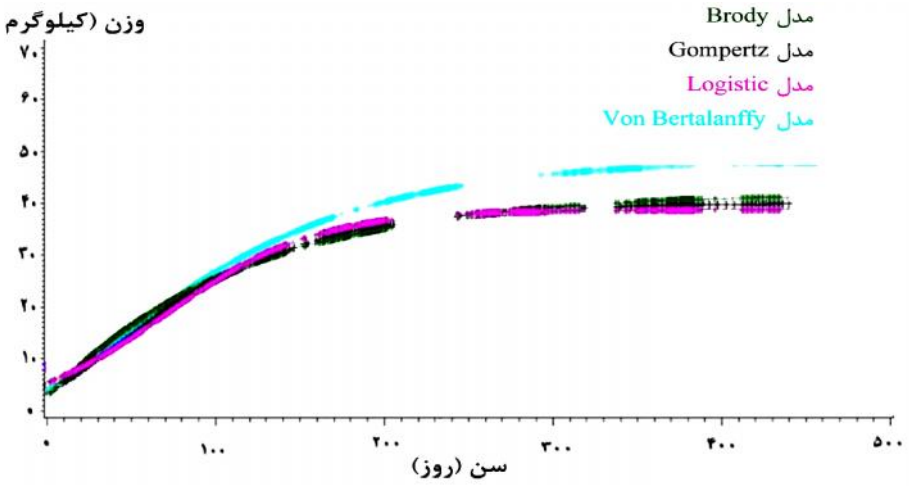
مقادیر ضریب تبیین در مطالعه حاضر برای دو جنس و برای چهار مدل مورد بررسی در دامنه ۹۰/۳۷ تا ۹۶/۸۵ بود، تحقیقات دیگرمقادیر بین ۹۶ تا ۹۹ درصد را گزارش کردند. کوم و همکاران (۱۱) تحقیقی جهت تعیین ضرایب مدل‌های مونومولکولار، لجستیک و منحنی رشد گمپرتز برای وزن بدن نسبت به سن روی بره‌های ماده نژاد نوردز[2] انجام دادند. ضریب تبیین برای سه مدل به ترتیب ۹۹/۳، ۹۹/۷ و۹۹/۷ درصد تعیین شد. علاوه بر این مقدار جذر میانگین مربعات خطا برای مدل‌های مونومولکولار، لجستیک و گمپرتز به ترتیب ۱/۰۹ ، ۰/۷۴ و ۰/۷۶ تعیین شد و مدل رشد گمپرتز بهترین مدل برای توصیف نسبت بین وزن به سن گزارش شد. نتایج به‌دست آمده از سوی کسکین (۹) در گوسفندان کنیا مرینو[3] نشان داد میزان ضریب تبیین در مدل‌های مورد مطالعه در محدوده ۹۶ تا ۹۹ درصد برای نرها و ماده‌ها بود. در مدل مکعبی[4] میزان ضریب تبیین ۹۹ درصد در ماده‌ها برآورد شد در حالی‌که در مدل لجستیک این میزان کم‌تر بود و در حدود ۹۶درصد بود. هم‌چنین، گزارش شد که مدل‌های درجه دوم و گمپرتز بیش‌ترین شایستگی را برای توصیف منحنی رشد در میش‌های نژاد کنیا مرینو بواسطه داشتن بالاترین میزان ضریب تبیین و کم‌ترین میزان جذر میانگین مربعات خطا را دارند. در تحقیقی که از سوی کوکک و یودوران (۱۰) بر روی گوسفندان سرسیاه آلمانی و آکارامن برای تعیین بهترین مدل رشد انجام شد، جذر میانگین مربعات خطا در گوسفندان آکارامن برای مدل‌های مونومولکولار، لجستیک و گمپرتز را به ترتیب ۰/۳۲۱۲، ۱/۳۱۳ و ۰/۸۸۰۸ و جذر میانگین مربعات خطا در گوسفندان سرسیاه آلمانی برای مدل‌های فوق به ترتیب ۰/۴۰۷۵، ۱/۳۷۵۴ و ۰/۹۵۳۲ گزارش شدند. ضریب تبیین مدل‌های مونومولکولار، لجستیک و گمپرتز برای گوسفندان نژاد آکارامن به ترتیب ۹۹/۹، ۹۸/۹ و۹۹/۵ درصد و برای گوسفندان سرسیاه آلمانی به ترتیب ۹۹/۸، ۹۸/۵ و۹۹/۲ درصد برآورد شد.

لامبه و همکاران (۱۲) مدل‌های غیرخطی لجستیک، گومپرتز، ریچاردز و مدل نمایی و مدل رگرسیون خطی را برای توصیف صفات رشد در دو نژاد تکسل و بلک فیس بررسی نمودند. تمام مدل‌های غیرخطی رکوردها را به خوبی برازش نمودند و ضریب تبیین برای دو نژاد در همه مدل‌ها بزرگتر از ۹۸ درصد بود، اما ضریب تبیین در مدل خطی از تمام مدل‌های غیرخطی مورد مطالعه کم‌تر بود (۹۴ درصد). بیش‌ترین ضریب تبیین در هر دو نژاد مربوط به مدل‌های ریچارد و گمپرتز ۹۸/۹ و ۹۸ درصد بود. نتایج گزارش شده از سوی برخی از محققین پیشین نشان می‌دهد که مدل گمپرتز دارای بیش‌ترین دقت برای بیان نسبت بین سن و وزن می باشد (۱۲،۱۱) در حالی که نتیجه به دست آمده در پژوهش حاضر نشان داد که مدل برودی برای بره‌های نر و مدل ون برتالانفی برای بره‌های ماده با بیش‌ترین دقت می‌تواند نسبت بین سن و وزن را پیش‌بینی کند.




شکل ۱- منحنی رشد بره‌های نر نژاد بلوچی با مدل‌های رگرسیون غیرخطی.
Figure 1. Growth curve of male lambs of Baluchi breed with nonlinear regression models.

1- Mengali 2-Norduz 3- Konya Merino 4- Cubic Model (RMSE)




شکل ۲- منحنی رشد بره‌های ماده نژاد بلوچی با مدل‌های رگرسیون غیرخطی.
Figure 2. Growth curve of female lambs of Baluchi breed with nonlinear regression models

## همبستگی بین پارامترهای A، B و K در مدل‌های مورد مطالعه

همبستگی بین پارامترهای A، B و K در مدل‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. از نظر بیولوژیکی مهم‌ترین رابطه، بین پارامترهای A و K وجود دارد. هم‌بستگی بین پارامترهای A و K در همه مدل‌ها منفی به‌دست آمد. این مقادیر برای مدل‌های ون برتالانفی، برودی، گومپرتز و لجستیک به ترتیب ۰/۳۶- ،۰/۵۴- ،۰/۳۰- و ۰/۲۱- برآورد شد (p<۰/۰۱).

جدول ۲- هم‌بستگی بین پارامترهای A، B و K

Table 2. Correlation between A, B and K parameters

| مدل | $r_{AB}$ | $r_{AK}$ | $r_{BK}$ |
|---|---|---|---|
| ون برتالانفی | ۰/۱۳- | ۰/۳۶- | ۰/۰۵- |
| برودی | ۰/۱۸ | ۰/۵۴- | ۰/۵۱- |
| گومپرتز | ۰/۱۴- | ۰/۳۰- | ۰/۰۶ |
| لجستیک | ۰/۲۰- | ۰/۲۱- | ۰/۰۰۱۵ |

اهمیت رابطه بین A و K از سوی چندین محقق بررسی شده است. رابطه منفی بین این دو پارامتر نشان‌دهنده این است که دام‌هایی که سرعت رشد سریع‌تر دارند و بلوغ آنها زودرس است، وزن بلوغ آنها نسبت به افرادی که در اوایل زندگی به آهستگی رشد می‌کنند، کم‌تر است. هم‌بستگی منفی بین پارامترهای وزن بلوغ (A) و نرخ رشد (B) نیز نشان دهنده این است که سرعت رشد سریع‌تر می‌تواند سبب بروز وزن بلوغ کم‌تر شود. این نتایج با یافته‌های بطاعی و لیروی (۳) و ایدوران و همکاران (۶) مطابقت دارد. بحرینی و همکاران (۲) در تحقیقی بر روی گوسفند بلوچی هم‌بستگی بین پارامترهای A و K را در مدل‌های ون برتالانفی، گومپرتز، برودی و لجستیک به ترتیب ۰/۸-، ۰/۷۵-، ۰/۹۲- و ۰/۶۳- گزارش کردند. گبانگبوچه و همکاران (۷) هم‌بستگی بین پارامترهای A و K را در مدل‌های ون برتالانفی و گومپرتز به ترتیب ۰/۹۵- و ۰/۹۲- گزارش کردند. نتایج نشان می‌دهد که گوسفندان با وزن بلوغ کم تر، سریع‌تر بالغ می‌شود.

در پژوهش حاضر مقدار ضریب تبیین برای نرها در همه مدل‌ها و برای ماده‌ها در مدل برودی بیش از ۹۰ درصد و برای ماده‌ها در سه مدل بیش از ۹۶ درصد برآورد شد و مقادیر جذر میانگین مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا برای هر دو جنس در هر چهار مدل تفاوت زیادی با یک‌دیگر نداشتند، اما به طور کلی بر اساس بیش‌ترین ضریب تبیین و کم‌ترین جذر میانگین مربعات خطا و میانگین قدر مطلق خطا برآورد شده می‌توان بیان کرد که مدل برودی بهترین مدل برای توصیف نسبت بین سن و وزن بره‌های نر نژاد بلوچی و مدل ون برتالانفی مدل مناسب برای توصیف نسبت بین سن و وزن بره‌های ماده نژاد بلوچی می‌باشد. هم‌چنین، با توجه به هم‌بستگی منفی بین پارامترهای وزن بلوغ و نرخ بلوغ می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای داشتن بره‌هایی با وزن بلوغ سنگین‌تر لازم است بره‌هایی انتخاب شوند که سرعت رسیدن به سن بلوغ آنها کندتر می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد انجام شد، همچنین از آقای مهندس مجید جعفری رئیس محترم ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد گوسفند بلوچی عباس‌آباد به خاطر در اختیار قرار دادن رکوردها صمیمانه سپاسگزاریم.

## منابع


1. Arango, J.A. and L.D. Van Vleck. 2002. Size of beef cows; early ideas new developments. Genetic and Molecular Research, 1: 51-63.
2. 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, 14: 57-68.
3. Bathaei, S.S. and P.L. Leroy. 1998. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. Small Ruminant Research, 29: 261-269.
4. Bertalanffy, L.V. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. Quarterly Review of Biology, 32: 217-231.
5. Brody, S. 1945. Bioenergetic and Growth. Reinhold Publishing Co, New York, USA, 1023 pp.
6. Eyduran, E., M. Kucuk, K. Karakus and T. Ozedemir. 2008. New Approaches to determination of the best nonlinear function describing growth at early phases of kivircik and morkaraman breeds. Journal of Animal and Veterinary Advance, 7: 799-804.
7. Gbangboche, A.B., T. I. Alkoiret, S. Salifou, F. Farnir, P.L. Leroyand and F.A. Abiola. 2011. Growth pattern of purebred West African dwarf sheep and its crosses with the West African long legged. Research Journal of Animal Science, 5: 6-13.
8. Gompertz, B. 1825. On the nature of the fucntion of the law of human mortality and a new mode of determining the value of live contingencies. Philosophical Transactions of the Royal Society, 182: 513-585.
9. 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: 163-168.
10. Kucuk, M., E. Eyduran. 2009. The Determination of the Best Growth Model for Akkaraman and German Blackheaded Mutton x Akkaraman $b_1$ Crosbreed Lambs. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 15: 90-92.
11. Kum, D., K. Karakus and T. Ozdemir. 2010. The best non-linear function for body weight at early phase of norduz female lambs. Trakia Journal of Science, 8: 62-67.
12. Lambe, N.R., E.A. Navajas, G. Simm and L. Bünger. 2006. A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds. Journal of Animal Science, 84: 2642-2654.
13. Najafy, M., G. Rahimi, Z. Ansari, H. Baneh and Z. Yosefi. 2011. Effects of environmental factors on phenotypic growth traits in naini sheep. Research on Animal Production, 2: 12-22 (In Persian).
14. 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.
15. SAS. 2005. Statistics analysis system user's guide. Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
16. 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. Journal of Animal & Plant Science, 21: 5-7.
17. 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: 229-232.
18. Ulutas, Z., M. Sezer, Y. Aksoy, E. Sirin, U. Sen, M. Kuran and Y. Akbas. 2010. The effect of birth type on growth curve parameters of karayaka lamb. Journal of Animal and Veterinary Advance, 9: 1384-1388.
19. Verhulst, P.F. 1838. Notice Sur La Loi que la population suit dans son accroissement Correspondence Mathematique et Physique, 10: 113-121.
20. Zendedel Dalir Haghighat, M., A.A. Shadparvar, M. Golshani and M. Naserani1. 2015. Estimation of genetic parameters for growth traits in Guilan Province Sheeps. Research on Animal Production, 6: 126-132 (In Persian).

# Description of Growth Curve in Male and Female Lambs of Baluchi Breed by Application of Nonlinear Growth Models

**Mojtaba Hosseinpour Mashhadi[1], Mehdi Elahi Torshizi[2] and Shahab Ehtesham Gharaee[3]**

1- Assistant Professor, Department of Animal Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran, (Corresponding author: mojtaba_h_m@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Department of Animal Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
3- Ph.D. Student, Department of Animal Science, International Ferdowsi University, Mashhad, Iran
Received: October 27, 2014 Accepted: February 4, 2015

## Abstract

The purpose of this study was to describe growth curve in Baluchi sheep by application of nonlinear growth models. The weight records of 1228 and 676 Baluchi male and female lambs for birth weight, one-month, two-month, three-month, four-month, six-month, nine-month and one year of age were studied. These data had been collected by Baluchi Sheep Breeding Center in Mashhad (Abbas Abad) during 2004 to 2009. Brody, Von Bertalanffy, Gompertz and Logistic nonlinear models were fitted to describe the growth curve. The most suitable model was determined by $R^{2,}$ Root MSE, as well as mean absolute error (MAE). For data analysis, NLIN procedures were used. The results of this research for male lambs showed that Brody model with $R^2$ (90.42%), Root MSE (8.35) and mean difference between expected and observed value (MAE) (5.65) was the best model compared with others, this value for proper model (Von Bertalanffy) in female lamb were 96.85% ($R^2$), 4.54 (Root MSE) and 3.16 (mean difference between expected and observed value). The correlation between A and K parameters for Von Bertalanffy, Brody, Gompertz and Logistic were -0.36, -0.54, -0.3 and -0.21, respectively.

**Keywords:** Brody, Gompertz, Logistic, Sheep, Von Bertalanffy