15(3) 1-10, Autumn 2023

Journal of Animal Environment

(AEJ)

Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Investigating growth curve of *Najdi* cattle using various non-linear equations

Bahareh Taheri Dezfuli [1*], ***Ali Jvanrouh Aliabad*** [2]

[1] *Animal Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Recourses Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran*

[2] *Genetics and animal breeding Research Department, Animal Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran*

Key Words

Mature
Growth
Najdi
Calf
Non-linear model
Weight

Abstract

Introduction: Traits related to growth are important economic traits in livestock, which are of great importance in terms of economy and carcass performance. In order to describe the growth curve in domestic animals, growth models are used, which provide a series of mathematical functions consisting of a summary of animal growth information in the form of several biological parameters.

Materials & methods: In this study, in order to investigate the growth curve of *Najdi* calves in *Khuzestan* province, 7492 weight records from birth to two years of age of male calves and 7062 weight records of female calves in the same ages, collected until 2017 at the *Najdi* cattle breeding station in this province, were used. The studied functions were *Gompertz*, *Logestic*, *Brody*, *VanBertalanfy* and *Richards*. Regression models were fitted by an NLIN procedure in the SAS software (ver. 9.1). The best fitted models were selected based on some criteria such as the adjusted coefficient of determination, the mean squared error, the absolute mean residual deviation and the bias corrected *Akaike* Information.

Results: Because the values of the examined criteria for the three models of *Richards*, *Brody* and *Vanbertalanffy* were obtained the same in both male and female groups, approximately, the *Vanbertalanffy* model (with fewer parameters) was proposed as a suitable function to describe the growth curve from birth to one year old of age in male calves and from birth to 14 months old of age in female calves. Based on the appropriate model, the maturity weight and the maturity rate were obtained as 330.2 and 380.8 kg, and 0.058 and 0.062 kg per month for female and male calves, respectively. The ages and weights of female and male *Najdi* calves were predicted as 9.7 and 11.7 month, and 94.28 and 104.57 kg, respectively. Also, the estimated degree of maturity of studied female and male *Najdi* calves were obtained as 5.3% and 5% of maturity weight at birth, 12.65% and 11.78% of maturity weight at 3 months of age, and 18.97% and 17.91% of maturity weight at 6 months of age.

Conclusion: In conclusion, the proposed model can be applied to estimate the *Najdi* calves growth and in feeding, fattening and breeding management.

* Corresponding Author's email: b.taheridezfoli@areeo.ac.ir

Received: 31 May 2022; Reviewed: 4 July 2022; Revised: 6 September 2022; Accepted: 8 October 2022

مقاله پژوهشی

بررسی منحنی رشد در گاوهای نجدی با استفاده از توابع مختلف غیرخطی

بهاره طاهری‌دزفولی[1*]، علی جوانروح‌علی‌آباد[2]

[1] بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

[2] بخش تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

کلمات کلیدی

بلوغ
رشد
گاو نجدی
مدل غیرخطی
وزن

چکیده

مقدمه: صفات مرتبط با رشد از صفات مهم اقتصادی در دام‌ها می‌باشند که از نظر اقتصادی و عملکرد لاشه تولیدی اهمیت بالایی دارند. به منظور توصیف منحنی رشد در دام‌های اهلی از مدل‌های رشد استفاده می‌شود که یک سری توابع ریاضی متشکل از خلاصه‌ای از اطلاعات رشد دام را در قالب چند پارامتر زیستی ارائه می‌دهند.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، به‌منظور بررسی منحنی رشد گاوهای نجدی در استان خوزستان، از تعداد ۷۴۹۲ رکورد وزن از تولد تا دو سالگی گوساله‌های نر و ۷۰۶۲ رکورد وزن گوساله‌های ماده، جمع‌آوری شده در ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد گاو نجدی تا سال ۱۳۹۷ استفاده شد. توابع مورد بررسی، ۵ مدل غیرخطی برای توصیف منحنی رشد گمپرتز، لجستیک، برودی، ون‌برتالانفی و ریچاردز بودند. برازش مدل‌ها با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. برای تعیین مناسب‌ترین مدل از معیارهای ضریب تعیین تصحیح شده، میانگین مربعات خطا، انحراف مطلق میانگین و معیار آکائیک تصحیح شده استفاده شد.

نتایج: از آن‌جاکه مقادیر معیارهای مورد بررسی برای سه مدل ریچاردز، برودی و ون‌برتالانفی در هر دو گروه نر و ماده نزدیک به‌هم به‌دست آمد، مدل ون‌برتالانفی (با تعداد پارامتر کم‌تر)، به‌عنوان تابع مناسب برای توصیف الگوی رشد از تولد تا یک‌سالگی در گوساله‌های نر و از تولد تا ۱۴ ماهگی برای گوساله‌های ماده نجدی، پیشنهاد گردید. براساس مدل مناسب، وزن بلوغ و نرخ بلوغ برای گاوهای نجدی ماده و نر به‌ترتیب ۳۳۰/۲ و ۳۸۰/۸ کیلوگرم، و ۰/۰۶۲ و ۰/۰۵۸ کیلوگرم در ماه برآورد شد. سن و وزن گاوهای نجدی ماده و نر در نقطه عطف منحنی رشد نیز به‌ترتیب ۹/۷ و ۱۱/۷ ماهگی و ۹۴/۲۸ و ۱۰۴/۵۷ کیلوگرم برآورد گردید. هم‌چنین، درجه بلوغ برآورد شده گاوهای نجدی ماده و نر مورد مطالعه به هنگام تولد به‌ترتیب ۶ و ۵ درصد، ۳ ماهگی به‌ترتیب ۱۲و ۱۱ درصد و ۶ ماهگی به‌ترتیب ۱۹ و ۱۸ درصد از وزن بلوغ به‌دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، از مدل غیرخطی ون‌برتالانفی می‌توان در پیش‌بینی رشد گوساله‌های نجدی و مدیریت تغذیه، پروار و اصلاح نژاد استفاده نمود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: b.taheridezfoli@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۰ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ داوری: ۱۳ تیر ۱۴۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۱۵ شهریور ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۶ مهر ۱۴۰۱

مقدمه

صنعت دامداری به‌عنوان یکی از زیرمجموعه‌های زراعت در سطح جهانی از رشد چشمگیری برخوردار بوده و کارآفرینی آن در اشتغال‌زایی، ایجاد ارزش افزوده، تغذیه بشر، سلامت انسان و جامعه باعث شده همواره مورد توجه دولت‌ها قرار گیرد (۱۵). در بین دام‌های بومی کشور، گاو نجدی شاخص‌ترین توده جمعیتی گاو در استان خوزستان می‌باشد که از سوی فائو نیز به همین نام شناخته شده است (۳۶). این دام از گاوهای بومی ایران می‌باشد که به‌عنوان یک توده سازگار با آب و هوای گرم و مرطوب در استان خوزستان (در جنوب غربی ایران)، ۱۵/۱ درصد از کل دام‌های این استان را تشکیل می‌دهد (۲۴، ۱۴). در اجرای پروژه تحقیقاتی پایش و ثبت جمعیت گاو نجدی در خوزستان، مشاهده شد که با توجه به آمیخته‌گری‌های صورت گرفته، جمعیت این دام بومی رو به کاهش می‌باشد و در نتیجه لزوم برنامه‌ریزی برای حفظ این نژاد کاملاً ضرورت دارد (۴۶). مقاومت در برابر بیماری‌ها، تحمل درجه حرارت بالا، گوساله‌زایی خوب، آسان زایی و کم بودن موارد ابتلا به بیماری‌های دستگاه تناسلی، قدرت تحرک زیاد، مقاوم بودن در برابر ابتلا به انگل‌های داخلی و خارجی، سازش با شرایط آب و هوایی و تغذیه‌ای نامطلوب و نقش آن‌ها در اقتصاد خانواده‌های روستایی از خصوصیات بارز گاو نجدی است (۲۴، ۳۶). گاو نجدی در طول سالیان متمادی خود را با شرایط آب و هوایی گرم و منابع غذایی محدود نواحی جنوب غربی ایران که بیش‌تر از گیاهان مرتعی ناحیه جلگه تشکیل شده است، تطبیق داده و برای تولید شیر و گوشت نگه‌داری می‌شود (۴۷). صفات مرتبط با رشد از صفات مهم اقتصادی در دام‌ها می‌باشند که از نظر اقتصادی و عملکرد لاشه تولیدی اهمیت بالایی دارند (۳۹، ۲۳، ۳۱). در بررسی تأکید نسبی صفات تولید، تولیدمثلی، رشد و ماندگاری گاوهای شیری در استان اردبیل گزارش شده است که گروهی از صفات در اثر افزایش میانگین خود، درآمد و هزینه واحد تولید و هم‌چنین سود را نسبت به حالت پایه (مقدار اولیه) افزایش می‌دهندکه اغلب صفات تولیدی شامل تولید شیر، چربی، افزایش وزن بعد از شیرگیری، وزن بدن بالغ، و نیز نرخ بقاء قبل و بعد از شیرگیری در این دسته قرار می‌گیرند (۴۴). به‌منظور توصیف منحنی رشد در دام‌های اهلی از مدل‌های رشد استفاده می‌شود که یک‌سری توابع ریاضی متشکل از خلاصه‌ای از اطلاعات رشد دام را در قالب چند پارامتر زیستی ارائه می‌دهند (۴۰). در واقع، آنالیز منحنی رشد با افزایش توده بدن در یک دوره سنی خاص مرتبط می‌باشد (۲۲). مزایای منحنی رشد در زمینه تولید دام عبارت است از :الف) خلاصه کردن فرآیند رشد دام، در ۳ یا ۴ پارامتر به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های جمعیت، ب) ارزیابی رشد دام در طول یک دوره زمانی، ج) شناسایی دام‌ها با وزن بیش‌تر در سنین پایین‌تر در یک جمعیت از طریق بررسی رابطه بین پارامترهای منحنی رشد (K)، برآورد وزن مجانبی (A) و د) به دست آوردن واریانس بین و میان افراد، که در ارزیابی‌های ژنتیکی بسیار مورد توجه است (۱۷). در بین مدل‌ها، مدل‌های غیرخطی ابزاری پربازده برای توصیف منحنی رشد می‌باشند (۶). مدل‌های غیرخطی که برای توصیف منحنی رشد استفاده می‌شوند، توانایی ارائه یک توصیف دقیق از رشد حیوان را ارائه می‌دهند (۳۲). مدل‌های ریاضی مختلط غیرخطی بسیاری برای توصیف منحنی رشد وجود دارد، مانند ون‌برتالانفی (Von Bertalanffy)، لجستیک (Logestic)، گمپرتز (Gompertz)، برودی (Brody)، ریچاردز (Richards) و ویبول (Weibull) (۴۸). از این مدل‌ها سه مدل ون‌برتالانفی، لجستیک و گمپرتز مدل‌های رایج برای توصیف منحنی رشد هستند؛ انتخاب این سه مدل در بین مدل‌های دیگر براساس نتایج مطالعات قبلی است که نشان داده این سه مدل رشد برای توصیف منحنی رشد با استفاده از داده‌های کمی در طول زمان در انواع مختلف دام، حیوان و گیاه و حتی آنالیز رشد باکتری‌ها/میکروارگانیسم‌های شکمبه بسیار عالی هستند (۱۰). وزن بلوغ نیز که از طریق منحنی رشد برآورد می‌گردد، بر سودآوری پرورش‌دهندگان و تولیدکنندگان گوشت تأثیر می‌گذارد و می‌تواند در برنامه‌های انتخاب مدنظر قرار گیرد (۲۹). در مطالعه منحنی رشد برای گوساله‌های ماده هلشتاین در ترکیه، به ترتیب مدل‌های لجستیک، ریچاردز و برودی را به‌عنوان مناسب‌ترین مدل‌ها برای سن ۱۶۸ روزگی و بزرگ‌تر از آن گزارش شده است (۲۵). در بررسی وزن از تولد تا سه سالگی گاوهای Ongol Grade در کشور اندونزی نیز، با استفاده از سه مدل ون‌برتالانفی، لجستیک و گمپرتز، مدل گمپرتز را باکم‌ترین اشتباه معیار، به‌عنوان مناسب‌ترین مدل ارائه شده است (۱). هم‌چنین، برای گاوهای Madura و Madrasin در اندونزی، با بررسی اطلاعات وزن دام از تولد تا بیش تر از ۵ سالگی، مدل لجستیک بهترین مدل معرفی شده است (۴۹). در خصوص منحنی رشد برای گاوهای نجدی مطالعه‌ای صورت نگرفته است و صفات مربوط به وزن و پارامترهای منحنی رشد بررسی نشده است. لذا، هدف از انجام این مطالعه، بررسی کاربرد برخی توابع برای توصیف منحنی رشد و برآورد پارامترهای منحنی رشد در گاوهای نجدی از سن تولد تا دو سالگی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی منحنی رشد و تعیین مناسب‌ترین تابع توصیف کننده آن برای گاوهای نجدی، از تعداد ۱۴۵۵۴رکورد وزن از تولد

تا دو سالگی (۷۴۹۲ رکورد وزن برای گوساله‌های نر و ۷۰۶۲ رکورد وزن برای گوساله‌های ماده)، جمع‌آوری شده در ایستگاه پرورش و اصلاح نژاد گاو نجدی واقع در استان خوزستان تا سال ۱۳۹۷، استفاده شد. این ایستگاه با وسعتی حدود ۴/۵ هکتار در منطقه میان‌آب شهرستان شوشتر واقع شده است که تا ابتدای سال ۱۳۹۸ تحت مدیریت معاونت بهبود تولیدات دامی استان قرار داشت و در سال ۹۸ مدیریت آن به پیمانکار واگذار شده است. فعالیت این ایستگاه در جهت اصلاح نژاد این دام بومی و فروش نرهای برتر به دامداران روستایی بوده است. در این ایستگاه، وزن‌کشی گوساله‌ها بلافاصله پس از تولد تا سن یک‌سالگی به‌صورت ماهیانه و از یک تا دوسالگی به‌صورت هر سه ماه یک‌بار و پایان هر مقطع سنی صورت گرفته است (جدول ۱). جیره خوراکی تمام دام‌های مورد مطالعه نیز براساس برنامه رایج تغذیه ایستگاه محل پرورش بوده و از این نظر هیچ‌گونه تفاوتی بین دام‌ها وجود نداشته است و اختلاف در جیره غذایی فقط براساس سن، جنس و یا فصل‌های مختلف (براساس تغییر نوع علوفه) بوده است. از پنج مدل رشد گمپرتز، لجستیک، برودی، ون‌برتالانفی و ریچاردز جهت بررسی منحنی رشد استفاده گردید (جدول ۲). مختصات نقطه عطف تابع ون‌برتالانفی به‌صورت ti = (ln۳B)/k و Wi =A (۸/۲۸) می‌باشد. درصد از بلوغ نیز برای هر سن دام، از تابع زیر محاسبه گردید (۶):

$$U_t = (1 - Be^{-kt})^3$$

جدول۱: اطلاعات مربوط به رکوردهای وزن بدن (کیلوگرم) در سنین تولد تا دو سالگی گاوهای نجدی

صفت	گوساله نر			گوساله ماده		
	تعداد دام (رأس)	میانگین	انحراف معیار	تعداد دام (رأس)	میانگین	انحراف معیار
وزن تولد	۹۷۱	۱۹/۰۴	۳/۱۳	۹۰۱	۱۷/۵۳	۳/۱۲
وزن یک ماهگی	۵۷۱	۲۴/۴۱	۴/۵۷	۴۸۴	۲۲/۲۱	۴/۰۸
وزن دو ماهگی	۵۵۷	۳۳/۲۰	۶/۹۶	۴۸۱	۳۰/۴۹	۶/۰۵
وزن سه ماهگی	۵۷۷	۴۴/۸۶	۹/۷۱	۴۹۱	۴۱/۷۵	۸/۷۱
وزن چهار ماهگی	۵۳۵	۵۳/۳۶	۱۲/۳۷	۴۸۱	۴۹/۶۳	۱۰/۹۳
وزن پنج ماهگی	۵۲۳	۵۹/۵۴	۱۴/۴۱	۴۵۰	۵۵/۰۹	۱۲/۴۴
وزن شش ماهگی	۶۱۹	۶۸/۲۳	۱۶/۸۳	۵۶۰	۶۲/۶۲	۱۴/۱۹
وزن هفت ماهگی	۴۵۷	۷۶/۹۱	۱۷/۷۳	۴۲۶	۷۲/۰۶	۱۶/۱۷
وزن هشت ماهگی	۴۶۳	۸۵/۵۵	۱۹/۲۸	۴۳۲	۸۸/۸۱	۱۷/۸۸
وزن نه ماهگی	۵۸۴	۹۵/۱۲	۲۳/۰۹	۵۵۲	۹۱/۴۰	۴۲/۷۷
وزن ده ماهگی	۴۲۱	۱۰۴/۵۴	۲۴/۰۷	۴۳۰	۱۰۰/۳۴	۲۰/۴۳
وزن یازده ماهگی	۴۳۷	۱۱۶/۰۴	۲۶/۴۳	۴۵۵	۱۱۰/۰۳	۲۱/۶۴
وزن یکسالگی	۳۸۵	۱۲۷/۷۰	۲۷/۷۹	۳۷۸	۱۱۹/۱۹	۲۲/۳۱
وزن پانزده ماهگی	۱۵۹	۱۵۰/۴۴	۳۲/۶۳	۱۲۴	۱۳۷/۴۴	۲۷/۰۴
وزن هجده ماهگی	۱۵۴	۱۸۹/۱۸	۴۰/۵۵	۲۴۹	۱۶۶/۱۶	۲۹/۶۴
وزن دوسالگی	۷۹	۲۳۰/۲۶	۴۸/۹۹	۱۶۸	۲۱۴/۲۳	۳۵/۹۴

جدول۲: معادلات مورد استفاده در این مطالعه

گمپرتز (۸)	$W_t = Ae^{(-Be^{-kt})}$
لجستیک (۳۷)	$W_t = A / (1 + Be^{(-kt)})$
برودی (۹)	$W_t = A(1 - Be^{-kt})$
ون برتالانفی (۷)	$W_t = A(1 - Be^{-kt})^3$
ریچاردز (۳۸)	$W_t = A(1 - Be^{-kt})^M$

* W_t، وزن بدن در زمان موردنظر (t) برحسب کیلوگرم، A، وزن مجانبی یا وزن بلوغ (کیلوگرم)، B، ثابت انتگرال گیری، k نرخ بلوغ (کیلوگرم در ماه)،e، عدد نپر و M، پارامتر شکل منحنی.

برازش مدل‌ها با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS 9.1، بر اساس میانگین وزن دام‌ها در زمان‌های رکوردگیری و با استفاده از مقادیر مختلف آغازین هر یک از پارامترهای منحنی رشد انجام شد. سپس، بهترین مقدار آغازین برای هر یک از منحنی‌های رشد، انتخاب و براساس آن، پارامترهای مدل برای دام‌ها برآورد گردید. برای تعیین مناسب‌ترین مدل از معیارهای زیر استفاده شد:

ضریب تعیین تصحیح شده (Adjusted Coefficient Determination):

$$R^2adj = 1 - ((n-1)/(n-p))(1 - R^2) \quad (12)$$

که در آن: n، تعداد مشاهدات و p تعداد پارامترهای مدل می‌باشد.

میانگین مربعات خطا (Mean Squared Error):

(۱۲) $MSE = \Sigma ni=1 (yi - \hat{y}i)^{۲} / n$

میانگین انحراف مطلق (Absolute Mean Residual Deviation):

(۴۲) $MAD = \Sigma ni=1 |yi - \hat{y}i| / n$

که در این معادلات، y_i مقدار مشاهده شده، $\hat{y}_i$ مقدار پیش‌بینی شده و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

شاخص اطلاعات آکائیک تصحیح شده (A second order bias correction *Akaike* Information Criterion):

(۱۱) $AICc = AIC + (۲k(k+۱)) /(n-k-۱)$

که $AIC=-۲LogL+۲P$، $\log L= \log (SSR/n)$ و P تعداد پارامترهای برآورد شده می‌باشد.

$R۲adj$ یا ضریب تعیین تصحیح شده مشخص می‌کند که چه مقدار ازمجموع مربعات، حول میانگین متعلق به مجموع مربعات رگرسیون و چه مقدار از آن ناشی از انحراف از رگرسیون می‌باشد و هرچه مقدار این ضریب به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده برازش بهتر مدل خواهد بود. MSE و MAD از شاخص‌های دیگر صحت پیش‌بینی هستند و مدل‌ها با کم‌ترین معیار خطا و میانگین انحراف مطلق به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شوند (۳۹). شاخص اطلاعات AIC، معیاری دیگری در انتخاب مدل می‌باشد که بین برازش و پیچیدگی مدل تعادل ایجاد می‌کند. این معیار با در نظر گرفتن اندازه نمونه و تعداد پارامترهای مورداستفاده، مجموع مربعات خطا را برای پیچیدگی مدل تصحیح می‌کند. زمانی‌که تعداد داده‌ها کم باشد، معیار آکائیک تصحیح شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این معیار نیز هرچه کوچک‌تر باشد، مدل مناسب‌تر گزارش می‌گردد (۱۹).

نتایج

برآورد پارامترهای منحنی رشد با استفاده از پنج مدل مورد بررسی برای گاوهای نجدی نر و ماده به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۳: پارامترهای برآورد شده (A، B، K و M) همراه با اشتباه معیار (SE) و شاخص‌های مورد استفاده جهت تعیین مناسب‌ترین مدل برای گاوهای ماده

مدل	A (کیلوگرم)	B	K (روز/کیلوگرم)	M	R^2_{adj}	MSE	MAD	AICc	r
گمپرتز	۲۸۲/۲ ± ۱۶/۶۲	۲/۵۶ ± ۰/۰۶	۰/۰۹ ± ۰/۰۱	...	۰/۹۹۴	۱۳/۵۰۳	۲/۷۹۱	-۶/۲۶	۰/۹۹۷
برودی	۲۴۴۷/۷ ±۲۲۵۹/۸	۰/۹۹ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۳	...	۰/۹۹۷	۶/۰۹۹	۱/۹۳۳	-۵/۵۷	۰/۹۹۸
لجستیک	۲۳۳/۱ ±۱۲/۱۶	۷/۸۳۴ ± ۰/۶۱	۰/۱۷ ± ۰/۰۱۳	...	۰/۹۸۷	۳۱/۴۴۸	۴/۴۷۲	-۶/۹۹	۰/۹۹۴
ون‌برتالانفی	۳۳۰/۲ ± ۲۲/۶۳	۰/۶۱ ± ۰/۰۱	۰/۰۶۲ ± ۰/۰۰۵	...	۰/۹۹۶	۹/۱۲۰	۲/۳۲۷	-۵/۹۱	۰/۹۹۸
ریچاردز	۷۷۱/۴ ± ۶۷۳/۸	۰/۹۷ ± ۰/۰۵	۰/۰۱۵ ± ۰/۰۱۸	۱/۱۵ ± ۰/۲۶	۰/۹۹۷	۵/۸۶۵	۱/۸۹۸	-۵/۸۹	۰/۹۹۸

A= وزن مجانبی یا وزن بلوغ، B= نرخ رشد از تولد تا بلوغ یا نقطه عطف منحنی، K= نرخ بلوغ و M= پارامتر شکل منحنی. *کلیه مدل‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بودند.

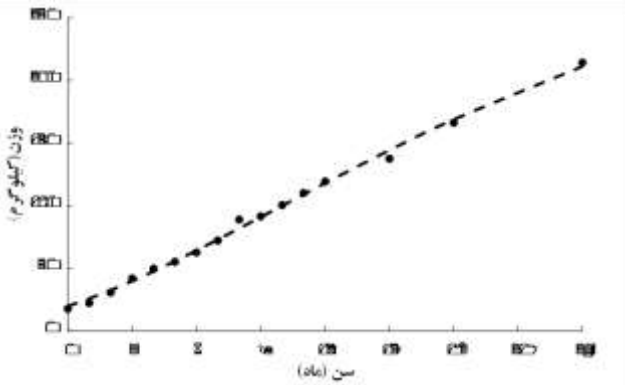
جدول ۴: پارامترهای برآورد شده (A، B، K و M) همراه با اشتباه معیار (SE) و شاخص‌های مورد استفاده جهت تعیین مناسب‌ترین مدل برای گاوهای نر

مدل	A (کیلوگرم)	B	K (روز/کیلوگرم)	M	R^2_{adj}	MSE	MAD	AICc	r
گمپرتز	۳۱۷/۹ ±۱۳/۸۲	۲/۶۴ ± ۰/۰۴	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۴	...	۰/۹۹۶	۹/۱۲۰	۲/۳۲۷	-۵/۷۸	۰/۹۹۸
برودی	۹۹۰۴/۱ ±۴۵۳/۶	۱/۰۰ ± ۰/۰۱	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۴	...	۰/۹۹۷	۷/۷۵۹	۲/۱۷۸	-۶/۰۴	۰/۹۹۸
لجستیک	۲۵۶/۷ ± ۹/۲۰	۸/۴۱ ± ۰/۴۵	۰/۱۷ ± ۰/۰۱	...	۰/۹۹۴	۱۷/۳۴۰	۳/۲۲۵	-۶/۴۸	۰/۹۹۷
ون‌برتالانفی	۳۸۰/۸ ± ۲۲/۴۳	۰/۶۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۰۴	...	۰/۹۹۷	۶/۶۴۲	۱/۹۹۴	-۵/۶	۰/۹۹۹
ریچاردز	۹۳۸/۲ ± ۸۳/۷۰	۰/۶۸ ± ۰/۲۵	۰/۰۵۴ ± ۰/۰۲	۲/۵۶ ± ۱/۵۳	۰/۹۹۷	۶/۶۱۶	۱/۹۷۱	-۶	۰/۹۹۹

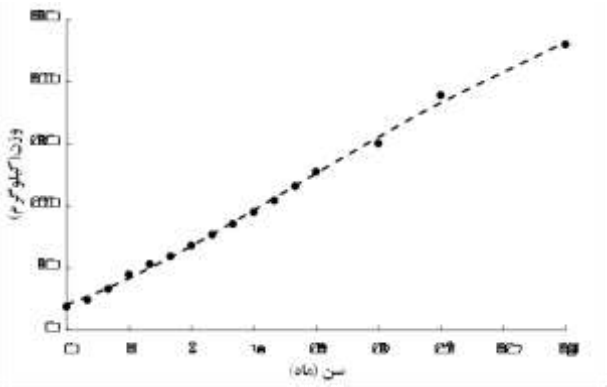
A= وزن مجانبی یا وزن بلوغ، B= نرخ رشد از تولد تا بلوغ یا نقطه عطف منحنی، K= نرخ بلوغ و M= پارامتر شکل منحنی. *کلیه مدل‌ها در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بودند.

همان‌طورکه مشاهده می‌شود بین مدل‌ها از نظر معیار $R۲adj$ تفاوتی وجود نداشت؛ به این ترتیب که برای هر دو گروه گوساله‌های نر و ماده، توابع برازش داده شده دارای ضریب تعیین تصحیح شده تقریباً برابر بودند. اما براساس معیارهای دیگر، کم‌ترین مقدار میانگین مربعات خطا، میانگین انحراف مطلق و شاخص اکائیک تصحیح شده برای گوساله‌های ماده به‌ترتیب مربوط به مدل‌های ریچاردز، برودی و ون‌برتالانفی و برای گوساله‌های نر به‌ترتیب برای مدل‌های ریچاردز، ون‌برتالانفی و برودی به‌دست آمد. برازش مدل ون‌برتالانفی، به‌عنوان مدل مناسب به دست آمده برای گوساله‌های نر و ماده نجدی، در شکل ۱ و ۲ ارائه شده است. گوساله‌های نجدی ماده همان‌طورکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود، از تولد تا ۸ ماهگی دارای رشد سریع بودند و از ۸ تا ۹ ماهگی برای آن‌ها یک توقف یا کاهش در رشد مشاهده گردید و از ۹ ماهگی به بعد دوباره رشد افزایش یافته است که موجب شده منحنی در این سنین، شرایط منحنی سیگموئیدی

را پیدا کند. اما برای گوساله‌های نر (شکل ۲)، منحنی رشد از تولد تا ۱۲ ماهگی تقریباً در حال افزایش بوده و از ۱۲ تا ۱۵ ماهگی، رشد کاهش یافته است.



شکل ۱ : الگوی رشد و برازش مدل ون برتالانفی بر رکوردهای وزن از تولد تا دو سالگی در گوساله‌های نجدی ماده



شکل ۲: الگوی رشد و برازش مدل ون برتالانفی بر رکوردهای وزن از تولد تا دو سالگی در گوساله‌های نجدی نر

در این تحقیق، نرخ رشد طی دوره زمانی مورد بررسی از تولد تا ۲۴ ماهگی برای گوساله نجدی نر (به‌طور متوسط ۹/۱۱ کیلوگرم در ماه) حدود ۸/۵ درصد بیش‌تر از نرخ رشد برای گوساله‌های نجدی ماده (به‌طور متوسط ۸/۳۳ کیلوگرم در ماه) به‌دست آمد. وزن بلوغ (A)، در مطالعه حاضر براساس مناسب‌ترین مدل (ون‌برتالانفی) برای گوساله‌های نجدی ماده و نر به‌ترتیب ۳۳۰/۲ و ۳۸۰/۸ کیلوگرم به دست آمد. مدل‌های برودی و ریچاردز به‌ترتیب برآورد بیش‌تر را از این پارامتر داشتند و در مقابل دو مدل گمپرتز و لجستیک برآوردهای کم‌تری (به‌ترتیب ۲۸۲/۲ و ۲۳۳/۱ کیلوگرم) برای گوساله‌های ماده و (۳۱۷/۹ و ۲۵۶/۷ کیلوگرم) برای گوساله‌های نر نشان دادند. پارامتر دیگر منحنی رشد به نام نرخ بلوغ نیز براساس مناسب‌ترین مدل (مدل ون برتالانفی) برای گوساله‌های ماده و نر از تولد تا ۲۴ ماهگی به‌ترتیب ۰/۰۶۲ و ۰/۰۵۸ کیلوگرم در ماه به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار این پارامتر در گوساله‌های ماده برای مدل ریچاردز و در گوساله‌های نر برای مدل برودی به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۱۵ کیلوگرم در ماه و ۰/۰۰۱ کیلوگرم در ماه، و بیش‌ترین مقدار در هر دو گروه گوساله‌های ماده و نر برای مدل لجستیک و به‌میزان ۰/۱۷ کیلوگرم در ماه برآورد گردید که این مدل‌ها در رتبه‌بندی توابع مورد استفاده در این مطالعه براساس برازش، در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بر اساس محاسبات انجام شده، سن و وزن گاوهای نجدی ماده و نر در نقطه عطف منحنی رشد در مطالعه حاضر و براساس مدل ون‌برتالانفی به‌ترتیب ۹/۷ و ۱۱/۷ ماهگی و ۹۴/۲۸ و ۱۰۴/۵۷ کیلوگرم برآورد گردید (جدول ۵).

جدول ۵: سن و وزن دام در نقطه عطف برای گوساله‌های ماده و نر نجدی براساس مدل ون برتالانفی برای منحنی رشد

جنس	معادله	سن دام در نقطه عطف (ماه)	وزن دام در نقطه عطف (کیلوگرم)
ماده	$w_t=۳۳۰\ (۱-۰/۶۱\ e^{-۰/۰۶۲t})^{۳}$	۹/۷	۹۴/۲۸
نر	$w_t=۳۸۰\ (۱-۰/۶۲\ e^{-۰/۰۵۸t})^{۳}$	۱۰/۷	۱۰۴/۵۷

* w_t وزن دام در سن موردنظر (کیلوگرم) و t سن دام (ماه).

براساس درجه بلوغ برآورد شده در سنین مختلف، گاوهای نجدی ماده و نر مورد مطالعه به‌طور متوسط در زمان تولد، با استفاده از مدل ون‌برتالانفی به‌ترتیب ۶ و ۵ درصد از وزن بلوغ را داشتند. مقدار درجه بلوغ برای ۳ ماهگی در گوساله‌های ماده و نر به ترتیب ۱۲و ۱۱ درصد، در ۶ ماهگی به‌ترتیب ۱۹ و ۱۸ درصد و در یک‌سالگی به‌ترتیب ۳۶ و ۳۳ درصد برآورد شد.

بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده، مدل ریچاردز برای هر دو گروه مناسب‌ترین برازش را داشت و دو مدل بعدی با ترتیب‌های متفاوت برای گوساله‌های نر و ماده، مدل‌های ون‌برتالانفی و برودی بودند. با این حال، از آن‌جاکه مقادیر معیارهای مورد بررسی برای سه مدل ریچاردز، برودی و ون‌برتالانفی در هر دو گروه نر و ماده نزدیک به هم به‌دست آمد، و با توجه به برآورد بالای مدل برودی از وزن بلوغ در گوساله‌های نجدی نر و ماده، مدل ون‌برتالانفی (با تعداد پارامتر کم‌تر) در مقایسه با سایر مدل‌ها، به‌عنوان تابع مناسب برای توصیف الگوی رشد از تولد تا یک‌سالگی در گوساله‌های نر و از تولد تا ۱۴ ماهگی برای گوساله‌های ماده نجدی، پیشنهاد گردید. در مطالعه رکوردهای وزن از تولد تا بلوغ در گاوهای آنگوس، مدل ریچاردز

مناسب‌ترین مدل با کم‌ترین مقدار معیار AIC گزارش شده است (۲۱). در بررسی منحنی رشد برای گاوهای Nellore نیز که از شش مدل برودی، لجستیک، دو مدل گمپرتز، ریچاردز و ون‌برتالانفی برای برازش داده‌های وزن از تولد تا ۷۵۰ روزگی استفاده شده است، مدل‌های برودی و ون‌برتالانفی برای برازش منحنی رشد این دام‌ها مناسب گزارش شد که در مطالعه حاضر نیز همراه با مدل ریچاردز، جزو مناسب‌ترین مدل‌ها در مراتب بعدی بودند (۱۲). هم‌چنین، محققان برای گاوهای گوشتی Retinta در جنوب‌غرب اسپانیا، از سه مدل برودی، ریچاردز و ون‌برتالانفی برای بررسی منحنی رشد استفاده کردند و مدل ون‌برتالانفی را مدل مناسب توصیف کننده منحنی رشد گزارش کردند (۲۶). با این‌حال، در نژادهای Indubrasil تابع لجستیک به‌عنوان مدل مناسب برای منحنی رشد ارائه شده است (۴۵). برای تلیسه‌های هلشتاین نیز از تولد تا بلوغ جنسی، تابع گمپرتز و برای سنین بعد از آن، تابع لجستیک معرفی شده است (۱۰). در مطالعه‌ای دیگر، مدل گمپرتز به‌عنوان تابع مناسب برای توصیف الگوی رشد در نژاد براهما معرفی شده است (۳۴). محققان دیگری نیز در بررسی رکوردهای وزن گوساله‌های ماده هلشتاین، مدل لجستیک را برای روزهای ابتدایی رشد دام و دو مدل گمپرتز و ریچاردز را برای دوره بعد از شیرگیری به‌عنوان مناسب‌ترین مدل پیشنهاد داده‌اند. به‌طوری که برای سن ۱۶۸روزگی و بالاتر از آن، مدل‌های لجستیک، ریچاردز و ون‌برتالانفی مدل‌های مناسب‌تری جهت بررسی و پیش‌بینی رشد گزارش شده است (۲۵). گزارش شده است که مدل‌های ون‌برتالانفی و لجستیک معمولاً بهترین نتایج را برای گاوهای بوس ایندکوس دارند؛ اگرچه براساس نژاد گاو و ساختار جمعیتی، تنوع و تفاوت زیادی وجود دارد (۴۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل‌های مختلفی در مطالعات متفاوت، به‌عنوان مدل مناسب برای الگوی رشد در نژادهای مختلف گاو گزارش شده است که دلیل این تفاوت می‌تواند مرتبط با تفاوت نرخ بلوغ نژادهای مختلف و هم‌چنین اثر مدیریت و تغذیه متفاوت اعمال شده بر دام‌ها باشد که از عوامل مؤثر در شکل منحنی رشد هستند. توقف یا کاهش در رشد برای گوساله‌های ماده از ۸ تا ۹ ماهگی احتمالاً به دلیل شرایط تغذیه‌ای نامناسب برمی‌گردد. البته برای این گروه از گوساله‌ها در سن ۱۲ تا ۱۵ ماهگی نیز یک کاهش در رشد مشاهده گردید. اما برای گاوهای نر می‌توان گفت از تولد تا ۱۲ ماهگی، منحنی رشد شرایط منحنی سیگموئیدی را دارا می‌باشد. این نوسانات وزنی مشاهده شده بعد از ۱۲ ماهگی بر اساس نمودارهای رسم شده می‌تواند به‌دلیل بلوغ و شروع تولیدمثل دام‌ها باشد. بالاتر بودن نرخ رشد برای گوساله‌های نر، در اثر بالاتر بودن وزن تولد در گوساله‌های نر می‌باشد و احتمالاً هورمون‌های جنسی در گوساله‌های نر نیز دخیل بوده‌اند. افزایش وزن بعد از شیرگیری، نشانه توان و پتانسیل دام می‌باشد که می‌تواند نماینده‌ای از ویژگی‌های قابل توجه و مهم در روند انتخاب باشد (۳۵).

پارامتر A (وزن بلوغ) و K (نرخ بلوغ): پارامتر وزن بلوغ برآوردی از وزن مجانبی است و در مطالعات مربوط به منحنی رشد به صورت وزن در هنگام بلوغ تفسیر می‌شود. وزن بلوغ به صورت متوسط اندازه بدن در هنگام بلوغ، صرف‌نظر از تغییرات کوتاه مدت ناشی از اثرات محیطی (مانند شرایط آب و هوایی و تغذیه) در اندازه بدن، تفسیر می‌گردد (۴). در مطالعه گاومیش‌های Murrah در برزیل، بیش‌ترین مقدار این پارامتر با استفاده از مدل برودی و کم‌ترین با استفاده از مدل لجستیک برآورد شده است (۲). گزارش شده که اگر چه مدل برودی به خاطر محاسبه و تفسیر آسان آن و در نظرگرفتن داده‌های گمشده و برازش نکویی آسان در مطالعات گاوهای گوشتی استفاده می‌شود، اما این مدل وزن بلوغ را در فاز رشد خیلی بالاتر برآورد می‌کند که می‌تواند یکی از معایب این مدل باشد (۲۰). هم‌چنین، برای گاوهای آمیخته Ongole Grade سن و وزن بلوغ برآورد شده برای مدل‌های گمپرتز و لجستیک نزدیک‌تر به مقدار واقعی گزارش شده است (۱). در مطالعه این محققان، مدل ون‌برتالانفی برآورد بیش‌تری داشته است. هم‌چنین، در بررسی رکوردهای وزنی گاوهای آمیخته Ongole Grade، بالاترین مقدار پارامتر A برای مدل ون‌برتالانفی گزارش شده است و سن و وزن در زمان بلوغ برای سه مدل غیرخطی ون‌برتالانفی، لجستیک و گمپرتز به ترتیب ۶/۴۳، ۱۳/۹۴ و ۱۱/۷۶ ماهگی و ۴۴/۰۹، ۱۶۴/۰۸ و ۱۶۹/۵۷ کیلوگرم برآورد شده است. پارامتر وزن بلوغ در مطالعه منحنی رشد گاوهای Nellore، ۳۱۳/۵ کیلوگرم گزارش شده است و اشاره شده که قابلیت تولید برای گاوها با وزن بلوغ بیش‌تر، می‌تواند کاهش یابد و دام‌ها با بلوغ سریع‌تر، پربازده و سودمندتر خواهند بود. البته مقدار وزن بلوغ به عوامل بسیاری هم چون نژاد مورد بررسی، انتخاب، مدیریت و شرایط محیطی و هم‌چنین فاصله اندازه‌گیری داده‌ها و دامنه سنی مورد بررسی بستگی دارد. سن بلوغ جنسی برای اولین جفتگیری در گاو با وزن مطلوب بدن، تعیین می‌شود که این وزن مطلوب نیز تحت تأثیر ژنتیک، خوراک مصرفی و مدیریت پرورش می‌باشد (۱۰). در پژوهش دیگری، در بررسی منحنی رشد برای گاوهای Nellore متوسط وزن بلوغ (A) ۳۸۴/۶ کیلوگرم برای مدل برودی و ۳۱۳/۴۰ کیلوگرم برای مدل ون‌برتالانفی برآورد شده است (۱۲). در مطالعه گاو Dhofari در کشور عمان نیز با بررسی سه مدل ون‌برتالانفی، لجستیک و گمپرتز مقدار پارامتر A از ۳۱۶ تا ۳۲۱ کیلوگرم به‌دست آمده است (۳). با این حال، مقدار A برای گاوهای هلشتاین ترکیه با برازش مدل‌های برودی، گمپرتز، لجستیک، ریچاردز و ون‌برتالانفی به‌ترتیب

۷۶۶/۲، ۵۴۳/۴، ۲۱۳، ۶۲۵ و ۱۰۸۴ کیلوگرم برآورد شده است (۲۵). در مطالعه گاوگوشتی Nelore گزارش‌شده است که پارامترهای برآورد شده رشد، ازجمله متوسط وزن مجانبی یا وزن بلوغ (A)، می‌تواند یکی از راه‌های تصمیم‌گیری صحیح برای انتخاب در جهت افزایش نرخ رشد باشد، زیرا دارای واریانس ژنتیکی بالایی است (۱۶، ۳۳). پارامتر K یا نرخ بلوغ به‌صورت سرعت رشد برای رسیدن از وزن ابتدایی به وزن مجانبی یا وزن بلوغ تعریف می‌شود که هر چه مقدار این پارامتر بزرگ‌تر باشد، دام سریع‌تر به وزن بلوغ خود نزدیک می‌شود (۱۸). در واقع در شرایط دارا بودن وزن اولیه مشابه، دام‌ها با نرخ بلوغ بیش‌تر نسبت به دام‌ها با نرخ بلوغ کم‌تر، دارای زمان بلوغ زودتر هستند(۱۳). بااستفاده‌از تخمین پارامترهای مدل‌های غیرخطی، می‌توان دام‌ها را براساس نرخ بلوغ انتخاب کرد، زیرا آن‌هایی که نرخ بلوغ بالاتری دارند، زودتر به وزن بلوغ می‌رسند. از دیدگاه پرورش حیوانات، این پارامتر بسیار مهم است؛ زیرا حیوانات با رشد بیش‌تر را می‌توان انتخاب کرد (۱۲). در یک مطالعه رکوردهای وزن، بالاترین مقدار پارامتر K برای مدل لجستیک و پس از آن مدل‌های ون‌برتالانفی و گمپرتز برآورد شده است (به‌ترتیب ۰/۱۳۴، ۰/۰۸۴ و ۰/۰۸۳) (۱). همان‌طورکه در نتایج مشاهده می‌شود، مقدار نرخ بلوغ برای گوساله‌های نجدی ماده نسبت به گوساله‌های نر نجدی بیش‌تر برآورد شده است که علت آن وزن بلوغ بیش‌تر برای گاوهای نر می‌باشد. به‌طورکلی‌طبق‌گزارش اعلام شده دام‌ها با وزن‌بلوغ بیش‌تر، نرخ رشد پایین‌تری نسبت به دام‌ها با وزن بلوغ کم‌تر دارند (۱۳). این پارامتر در مطالعه انجام شده برای گاوهای نژاد RedPooll در آمریکا برابر با ۰/۰۵۹ (۳۰) و در مطالعه گاوهای نژاد Canchim در کشور برزیل با استفاده از مدل ون‌برتالانفی ۰/۰۵۶ کیلوگرم در روز (۵) گزارش شده است. برای گاوهای گوشتی Retina در جنوب‌غرب اسپانیا نیز با استفاده از مدل ون‌برتالانفی، متوسط نرخ بلوغ ۰/۰۳۸ کیلوگرم در ماه و کم‌تر از مطالعه حاضر گزارش شده است (۲۶). هم‌چنین، در بررسی منحنی رشد برای گاوهای Nellore متوسط نرخ بلوغ (K) ۰/۰۰۲۲ برای مدل برودی و ۰/۰۰۴۵ برای مدل ون‌برتالانفی گزارش‌گردیده‌است (۱۲). مقدار Kبرای‌گاوهای هلشتاین نیز با برازش مدل‌های برودی، گمپرتز، لجستیک، ریچاردز و ون برتالانفی به‌ترتیب ۰/۰۰۰۲، ۰/۰۰۶۶، ۰/۱۶۶، ۰/۰۰۶۶ و ۰/۰۰۰۱- برآورد شده و دلیل بزرگ‌تر برآورد شده A یا وزن بلوغ، کم‌تر بودن مقدار برآورد شده برای پارامتر K یا نرخ بلوغ گزارش شده است (۲۵). به‌طورکلی، اشاره شده که وزن حیوانات از تولد تا بزرگ‌سالی باید مورد ارزیابی قرار گیرد، تا تخمین‌های دقیق‌تری از پارامترهای مدل غیرخطی به‌دست آید (۲۷).

سن و وزن دام در نقطه‌عطف منحنی: به‌طورکلی، با افزایش سن، سرعت رشد افزایش می‌یابد ولی این افزایش محدود بوده و پس از رسیدن به مقدار حداکثر خود، به‌تدریج سرعت رشد کاهش یافته و سبب تغییر منحنی رشد می شود. به نقطه‌ای که این تغییر حاصل می‌شود، نقطه عطف و به سنی که در آن حداکثر رشد اتفاق می‌افتد، سن در نقطه عطف می‌گویند (۲۸). در بررسی رکوردهای وزنی از تولد تا ۲۸ ماهگی گاوهای Dhofari سن در نقطه عطف در سنین ۵ تا ۹ ماهگی با وزن ۹۵ تا ۱۵۸ کیلوگرم برآورد شده است (۳). وزن در نقطه عطف برای گاوهای ماده هلشتاین فریزین نیز ۷ ماهگی به‌دست آمده است (۱۰). با این حال، سن در نقطه عطف برای گاوهای Nellore ۹۳/۵ روزگی (۳ ماهگی) برآوردشده و کاهش سرعت رشد در این مرحله را به کاهش تولید شیر مادر مرتبط دانسته‌اند (۴۱). گزارش شده است که مدل‌های لجستیک و گمپرتز به‌ترتیب در ۵۰ درصد و ۳۶/۸ درصد از وزن مجانبی، نقاط عطف ثابتی را برآورد می‌کنند، درحالی‌که مدل ون‌برتالانفی دارای یک نقطه‌عطف ثابت بین ۲۹/۶ درصد تا ۳۶/۸ درصد وزن نهایی می‌باشد (۴۳). کم‌تر بودن‌سن و وزن در نقطه عطف، نتیجه همبستگی منفی بین وزن بلوغ و نرخ رشد می‌باشد که هرچه وزن بلوغ پایین‌تر باشد، نقطه عطف نیز زودتر اتفاق می‌افتد (۶). هم‌چنین، از آن‌جایی‌که گاوهای ماده دارای وزن کم‌تر نسبت به گاوهای نر هستند، لذا نقطه عطف برای ماده‌ها دو ماه زودتر اتفاق افتاده است و وزن نرها در این نقطه بیش‌تر می‌باشد.

درجه‌بلوغ (Ut): در مطالعه گاوهای Dhofari، درجه بلوغ (Ut) در بدو تولد برای‌مدل‌های گمپرتز، ون‌برتالانفی و لجستیک به‌ترتیب ۵/۵۹، ۸/۹۹ و ۱۲/۸درصد گزارش شده است (۳). در مطالعه حاضر، درجه بلوغ برای گاوهای ماده و نر با افزایش سن افزایش نشان داد، به‌طوری‌که وزن این دام‌ها در ۲ سالگی برای گاوهای ماده و نر به ترتیب ۶۴ و ۶۰ درصد از وزن بلوغ بود. در میان پنج مدل غیرخطی مورد‌مطالعه(برودی، گمپرتز، لجستیک، ریچاردز و ون‌برتالانفی)مدل ریچاردز برای هر دو گروه مناسب‌ترین برازش را داشت و مدل‌های ون‌برتالانفی و برودی دو مدل بعدی بودند. با این حال، از آن‌جاکه مقادیر معیارهای مورد بررسی برای سه مدل ریچاردز، برودی و ون‌برتالانفی در گوساله‌های نر و ماده نزدیک به‌هم به‌دست آمد، و با توجه به برآورد بالای وزن بلوغ در مدل برودی، مدل ون‌برتالانفی (با تعداد پارامتر کم‌تر)، مدل مناسب‌تری برای توصیف الگوی رشد از تولد تا یک‌سالگی در گوساله‌های نر و از تولد تا ۱۴ ماهگی برای گوساله‌های ماده نجدی، به‌دست آمد. به‌دلیل اهمیت اقتصادی وزن بلوغ و نرخ رشد، این مدل می‌تواند در پیش‌بینی سن مناسب برای

رسیدن به وزن‌بلوغ، هم‌چنین جنبه‌های مختلف مدیریتی، تغذیه‌ای، تعیین سن مناسب کشتار و اصلاح‌نژاد جهت‌بهبودرشد استفاده شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت بهبود تولیدات دامی سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان، به‌ویژه آقای مهندس عبدالعباس شریفی کارشناس مسئول (بازنشسته) ایستگاه پرورش و اصلاح گاو نجدی واقع در ۲۰ کیلومتری شهرستان شوشتر، جهت در اختیار قراردادن رکوردهای وزن ثبت شده گاوهای نجدی موجود در ایستگاه مذکور تا سال ۱۳۹۷، قدردانی و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. **Adinata, Y., Rachman Noor, R., Priyanto, R., Cyrilla, L. and Sudrajad, P., 2022.** Comparison of growth curve models for Ongole Grade cattle. Trop. Anim. Health Prod. 54(5): 252. doi: 10.1007/s11250-022-03254-z.
2. **Araugo, R.O., Marcondes, C.R., Dame, M.C.F., Garnero, A.D., Gunski, R.J., Ecerling, D.M. and Rorato, P.R.N., 2012.** Classical nonlinear models to describe the growth curve for Murrah buffalo breed. Cienc. Rural. 42: 520-525. doi: 10.1590/S0103-8478201 2000300022.
3. **Bahashwan, S., Alrawas, A., Alfadli, S. and Johnson, E.S., 2015.** Dhofari cattle growth curve prediction by different non-linear model functions. Livest. Res. Rural. Dev [Internet]. 7(12). Available from: http://www.lrrd.org/lrrd27/12/baha27236.html.
4. **Bahreini Behzadi, M.R., 2015.** Comparison of different growth models and artificial neural network to fit the growth curve of Lori-Bakhtiari sheep. Journal of Ruminant Research. 3(2): 125-148. (In Persian)
5. **Barbosa, P.F., Alencar, M.M. and Silva, A.M., 2002.** Mature weight, maturation rate and productive efficiency in Canchim beef cattle females. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 54: 510-517. doi: https://doi.org/10.1590/S0102-0 9352002000500009.
6. **Berry, D.P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R.D., Rath, M. and Veerkamp, R.F., 2003.** Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. J. of Dairy Sci. 86: 2193-2204. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (03)73809-0.
7. **Bertalanffy Von, L., 1957.** Quantitative laws in metabolism and growth. Q. Rev. Biol. 3(2): 218. doi: https://doi.org/10.1086/401873.
8. **Blasco, A., Plies, M. and Varona, L.A., 2003.** Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. Gen. Sel. Evol. 35: 21-41. doi: 10.1051/gse: 2002034.
9. **Brody, S., 1954.** Bioenergetics and growth. Reinhold publishing Crop. New York.
10. **Budimulyati, L.S., Noor, R.R., Saefuddin, A. and Talib, C., 2012.** Comparison on accuracy of Logistic, Gompertz, and Von Bertalanffy models in predicting growth of new born calf until first mating of Friesian Holstein heifers. J. Indones. Trop. Anim. Agric. 37: 151-160. doi: https://doi.org/10.14710/jitaa.37.3.151-160.
11. **Burnham, K.P. and Anderson, D.R., 2002.** Model selection and multimodel inference: a practical information- theoretic approach. 2nd edn. Springer. New York.
12. **Da Silva Marinho, K.N., De Freitas, A.R., Da Silva Falco, A.J. and Dias, F.E.F., 2013.** Nonlinear models for fitting growth curves of Nellore cows reared in the Amazon Biome. Rev. Bras. Zootec. 42(9): 645-650. doi: https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000900006.
13. **Da Silva, L.S.A., Fraga, A.B., De Lima Da Silva, F., Beelen, P.M.G., De Oliveira Silva, R.M., Tonhati, H. and Costa Baroos, C.D., 2012.** Growth curve in Santa Ines sheep. Small Rumin. Res. 105: 182-158. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.11.024.
14. **Farshidi, M., Fayyazi, J., Mamoee, M., Beigi Nasiri, M.T., Nazari, M., Badavi, H. and Sharifi, A., 2007.** Estimation of economic coefficients of milk production, fat and milk fat percentage traits in Najdi cows. The first national conference on sustainable agriculture and natural resources. (In Persian)
15. **Fathi, M.R., Razi Moheb Saraj, S., Nasrollahi, M. and Maleki, M.H., 2022.** Future study of livestock industry in Khorasan Razavi province using the Critical Uncertainty Approach and the Dematel-Moora Technique. J. of Anim. Environ. doi: 10.22034/aej.2020.253106.2374. (In Persian)
16. **Fornis, S., Piles, M., Blasco, A., Varonal, L., Oliveira, H.N., Lobo, R.B. and Albuquerque, L.G., 2006.** Proceedings of the 8th world congress on genetics applied to livestock production. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. 13-18.
17. **Freitas, A.R., 2005.** Curvas de crescimento na produção animal. Rev. Bras. De Zootec. 34: 786-795. doi: https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300010. (In Portuguese)
18. **Garnero, A.V., Marcondes, C.R., Bezerra, L.A.F., Oliveira, H.N. and Lobo, R.B., 2005.** Genetic parameters of maturation rate and asymptotic weight in Nelore females. Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. 57: 652-662.
19. **Gayawan, E. and Ipinyomi, R.A., 2009.** A comparison of Akaike, Schwarz and R square criteria for model

20. **Gbangboche, A.B., Alkoiret, T.I., Toukourou, Y., Kagbo, A. and Mensah, G.A., 2011.** Growth curve for different body traits of Lagune cattle. Res. J. Anim. Sci. 5(2): 17-24. doi: 10.3923/rjnasci.2011.17.24

21. **Goldberg, V. and Ravagnolo, O., 2015.** Description of the growth curve for Angus pasture-fed cows under extensive systems. J. of Anim. Sci. 93(9): 4285-4290. doi: https://doi.org/10.2527/jas.2015-9208.

22. **Granie, C.R., Heude, B. and Foulley, J.L., 2002.** Modelling the growth curve of Maine-Anjou beef cattle using Heteroskedastic random coefficients models. Gen. Sel. Evol. 34: 423-445. doi: 10.1051/gse: 2002016.

23. **Groeneveld, E., Mostert, B.E. and Rust, T., 1998.** The covariance structure of growth traits in the Afrikaner beef population. Live. Prod. Sci. 55: 99-107.

24. **Karimi, K., Beigi Nassiri, M.T., Mirzadeh, K., Ashayerizadeh, A., Roushanfekr, H. and Fayyazi, J., 2009.** Polymorphism of the β-lactoglobulin gene and its association with milk production traits in Iranian Najdi cattle. Iran. J. Biotechnol. 7(2): 82-85.

25. **Koskan, O. and Ozkaya, S., 2014.** Determination of growth curve of female Holstein calves using five non-linear models. Pak. J. Agric. Sci. 51(1): 225-228.

26. **Lopez de Torre, G.L., Candotti, J.J., Reveter, A., Bellido, M.M., Vasco, P., Garcia, L.J. and Brinks, J.S., 1992.** Effect of growth curve parameters on cow efficiency. J. of Anim. Sci. 70: 2668-2672. doi: 10.2527/1992.7092668x**.**

27. **Ludwig, A., Silva, M.A. and Oliveira, L.M., 1981.** Ajustamento de modelos estatísticos exponenciais ao crescimento de gado Nelore. Pesqui. Agropecu. Bras. 16: 297-302. (In Portuguese)

28. **Marcato, S.M., Sakomura, N.K., Munari, D.P., Fernandes, J.B.K., Kawauchi, I.M. and Bonato, M.A., 2008.** Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic Lines. Braz. J. Poultry Sci. 10: 117-123. doi: https://doi.org/10.1590/S1516-635X2008000200007.

29. **Marco, G.D., Van Vleck, L.D. and Spangler, M.L., 2010.** Genetic analysis of mature size in American Angus cattle. Nebraska Beef Cattle Reports. 560: 29-30. Available from: https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/560.

30. **Marshall, T.E., Mohler, M.A. and Stewart, T.S., 1984.** Relationship of lifetime productivity with mature weight and maturation rate in RedPoll cows. Anim. Sci. 39: 383-387. doi: 10.1017/S0003356100032104.

31. **Matin, A.K. and Bhuiyan, F.H., 1996.** Effect of genetic on the birth weight of pure and crossbred cattle in Bangladesh. Anim. Breed. Abs. 46: 96.

32. **Menchaca, M.A., Chase, C.C.Jr., Olson, T.A. and Hammond, A.C., 1996.** Evaluation of growth curves of Brahman cattle of various frame sizes. J. of Anim. Sci. 74: 2140-2151. doi: 10.2527/1996.7492140x.

33. **Migono-Grasteau, S., Piles, M., Varona, L., De Rochambeau, H., Poivey, J.P., Blasco, A. and Beaumont, C., 2000.** Genetic analysis of growth curves parameters for male and female chickens resulting from selecting from selection on shape of growth curve. J. of Anim. Sci. 78: 2515-2524. doi: 10.2527/2000.78102515x.

34. **Miguel, J.A., Melendez, S.J., Asenjo, B., Bonilla, L.M. and Ciria, J., 2012.** Growth modeling in castrated Brahman males raised in tropical conditions depending on the time of birth. Cienc Investig Agrar. 39(2): 279-288.

35. **Morgan, J.B., 1992.** Growth and development of buffaloes. En: Tulloh, N.M. and Holmes, J.H.G., (Editor) Buffalo Production (World Animal Science C6) Elsevier, Amsterdam. 191-221.

36. **Nazari, M., Beigi Nasiri, M.T. and Fayyazi, j., 2007.** Evaluation of genetic and phenotypic of milk production, fat and fat percentage traits of Najdi dairy cows using single and double traits animal model. Iranian Veterinary Journal. 3(4): 73-80. (In Persian)

37. **Renne, U., Langhammer, M., Wytrwat, E., Dietl, G. and Bunger, L., 2003.** Genetic statistical analysis of growth in selected and unselected mouse lines. J. of Anim. Sci. 42: 218-232. doi: https://doi.org/10.1016/S0939-8600(03)80004-4.

38. **Richards FJ. 1959.** A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot. 10: 290-300.

39. **Saghi, D.A., 2015.** Investigation of environmental and genetic factors affecting the growth curve of Kurdish sheep in North Khorasan. Final report of the research project. Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research and Education Center. (In Persian)

40. **Salem, M.M.I., Hedain, E.L., Dalia, K.A., Latif, M.G.A. and Mahdy, A.E., 2013.** Comparison of nonlinear growth models to describe the growth curves in fattening Friesian crossbred and buffalo male calves. Alex. J. Agric. Res. 58(3): 273-277.

41. **Santos, S.A., Souza, G.S.E., Costa, C., De Abreu, U.G.P., Alves, F.V. and Ítavo, L.C.V., 2011.** Growth curve of Nellore calves reared on natural pasture in the Pantanal. Rev. Bras. De Zootec. 40(12). doi: https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200043.

42. **Sarmento, J.L.R., Regazzi, A.J., De Sousa, W.H., De Almeida Torres, R., Breda, F.C. and De Oliveira Menezes, G.R., 2006.** Analysis of the growth curve of Santa Ine sheep. Rev. Bras. Zootec. 35: 435-442. doi: 10.1590/S1516-35982006000200014.

43. **Selvaggi, M., Laudadio, V., D'Alessandro, A.G., Dario, C. and Tufarelli, V., 2016.** Comparison on accuracy of different nonlinear models in predicting growth of selection using some fertility models. Aust. J. Basic & Appl. Sci. 3: 3524-3530.

Podolica bulls. Anim. Sci. J. 88(8): 1128-1133. doi: 10.1111/asj.12726.

44. **Seyed Sharifi, R., Rahman Shokgozar, Y., Hedayat Evrigh, N., Seifdavati, J. and Boustan, A., 2022.** Estimation of relative emphasis on production and reproductive traits in dairy herds of Pars Livestock Company in Ardabil province. Journal of Animal Environment. 13(4): 59-68. (In Persian)

45. **Souza, L.D.A., Caires, D.N., Carneiro, P.L.S., Malhado, C.H.M. and Filho, R.M., 2010.** Growth rate curves of Indubrasil cattle raised at Sergipe State. Zootecnia, Rev. Cienc. Agron. 41(4): 671-676.

46. **Taheri Dezfuli, B., 2021.** Monitoring and registration of the Najdi cattle population. Final report of the research project. Khuzestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center. (In Persian)

47. **Tavakolian, J., 1999.** An attitude on the genetic resources of native livestock and poultry of Iran. Publication of IRAN Animal Science Research Institute. Karaj. (In Persian)

48. **Waiz, H.A., Gautam, L. and Waiz, S.A., 2019.** Appraisal of growth curve in Sirohi goat using non-linear growth curve models. Trop. Anim. Health Prod. 51: 1135-1140. doi: 10.1007/s11250-018-01794-x.

49. **Widyas, N., Prastowo, S., Widi, T.S.M. and Baliarti, E., 2018.** Predicting Madura cattle growth curve using non-linear model. IOP Conf. Series: Environ. Earth Sci. 142: 012006. doi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/142/1/012006.