نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۱۶، پاییز ۱۳۹۶
ص‌ص: ۱۷۷~۱۹۲

ارزیابی مدل‌های غیرخطی برای توصیف منحنی رشد در یک گله ازگاومیش‌های استان خوزستان

- **خدیجه نصاری**
گروه علوم دامی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران.
- **بهاره طاهری دزفولی** (نویسنده مسئول)
عضو هیأت علمی، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکزتحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. اهواز، ایران.
- **سید بابک اسدی**
گروه علوم دامی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران.

تاریخ دریافت : دی ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش : اسفند ۱۳۹۵

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۶۱۳۱۹۴۴
Email: bahare.taheri@gmail.com

چکیده

رشد به عنوان تغییرات وزن زنده در واحد زمان تعریف می‌شود که می‌توان با مشاهده تغییر وزن در سنین مختلف و با استفاده از مدل‌های ریاضی توصیف‌کننده رشد آن را بررسی نمود. لذا، در این مطالعه به منظور بررسی منحنی رشد گاومیش‌های یک گله در استان خوزستان، از رکوردهای جمع‌آوری شده وزن از تولد تا پنج سالگی۳۷ رأس گاومیش نر و ٤٢ رأس گاومیش ماده (٢٦٩٤ رکورد وزن بدن)، استفاده شد. توابع مورد بررسی، پنج مدل رشد گمپرتز، لجستیک، برودی، وان‌برتالانفی 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 نشان داد که در بین مدل‌ها، وان‌برتالانفی با ضریب تعیین تصحیح شده بالا و کمترین مقدار معیارهای خطا مناسب‌تر از سایر مدل‌ها بود. برازش مدل‌ها برای گاومیش‌های نر و ماده نتیجه یکسانی داشت و برای هر دو گروه، وان‌برتالانفی، ریچاردز، گمپرتز، برودی و لجستیک به ترتیب دارای رتبه‌های ۱ تا ۵ بودند. براساس مدل مناسب، وزن بلوغ و نرخ بلوغ برای گاومیش‌های ماده و نر به ترتیب ٦٣١ و ٧٥٨ کیلوگرم، و ۰/۰۵۲ و ۰/۰۵۰ کیلوگرم در ماه برآورد شد. همبستگی بین پارامترهای وزن بلوغ و نرخ بلوغ نیز برای جنس نر و ماده به ترتیب ۰/۹۲- و ۰/۹۱- و سن گاومیش‌های ماده و نر در نقطه عطف منحنی رشد به ترتیب ۱۱/٦۲ و ۱۲/٤۲ ماهگی برآورد گردید. مدل پیشنهادی می‌تواند در پیش‌بینی رشد مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: منحنی رشد، مدل گمپرتز، مدل وان‌برتالانفی،گاومیش خوزستان

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 116 pp: 177-192

Evaluation of nonlinear models in fitting growth curve for one of the buffalo herds in Khuzestan province

1: Khadije Nassari. Department of Animal Science, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.
2:* Bahareh Taheri Dezfuli. Scientific board, Animal Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Recourses Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran. bahare.taheri@gmail.com
3: Seyed Babak Asadi. Department of Animal Science, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.

Received: January 2017 **Accepted: March 2017**

The growth is defined as the changes in live weight that can be measured by monitoring of weight changes at different ages. So, it may describe using mathematical models. The present research was to study the growth curves in a buffalo herd in Khuzestan province. It consisted 37 male and 42 female buffaloes that their different weights were recorded for five years from birth (totally 2694 records). The studied functions were Gompertz, Logistic, 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 a few criteria such as the adjusted coefficient of determination, the mean squared error, the absolute mean residual deviation and the bias corrected Akaike Information. The results showed that the VanBertalanfy function, with a high adjusted determination coefficient and the lowest mean squared error, was more suitable than the others. All functions were fitted for both male and female buffaloes in the same way and the Vanbrtalanfy, Richards, Gompertz, Brody and Logistics ranked from 1 to 5, respectively. Based on the best appropriate model, the maturity weight and the maturation rate were 631 and 857 kg, and 0.052 and 0.050 kg per month for female and male buffaloes, respectively. In addition, the maturity weight and the maturation rate were negatively correlated with a 0.92 and 0.91 rate for male and female animal, respectively. From an inflection point in the growth curves, the ages of female and male buffaloes were predicted as 11.62 and 12.42 months, respectively. In conclusion, the proposed model may be applied to estimate the growth.

Key words: Growth curves, Gompertz model, VanBertalanfy model, Khuzestani buffalo.

مقدمه

رشد به عنوان تغییرات وزن زنده در واحد زمان تعریف می‌شود و با نمودار حاصل از وزن در سن مختلف حیوان توصیف می‌گردد. این صفت را می‌توان به صورت افزایش تعداد سلول‌های بدنی یا افزایش وزن بدن در دوره خاصی از طول عمر حیوان تعریف نمود که شامل رشد قبل از تولد یا داخل رحمی، رشد بعد از تولد، بلوغ، پیری و مرگ می‌باشد. رشد بعد از تولد در حیوانات مزرعه‌ای به دلیل ماهیت اقتصادی تولید، بیشتر مورد توجه می‌باشد (Daskiran و همکاران، ۲۰۱۰). به طور کلی، صفات مرتبط با رشد (متأثر از عوامل ژنتیکی و محیطی) از صفات مهم در دام‌های اهلی می‌باشند که از نظر اقتصادی و افزایش موفقیت اقتصادی لاشه تولیدی اهمیت بالایی دارند (ساقی، ۱۳۹۴؛ Groeneveld و همکاران، ۱۹۹۸؛ Matin and Bhuiyan, 1996). به منظور توصیف الگوی رشد حیوان از مدل‌های رشد استفاده می‌گردد. این مدل‌ها، توابع ریاضی می‌باشند که خلاصه‌ای از اطّلاعات رشد حیوان را در قالب چند پارامتر که دارای تفسیر زیستی هستند ارائه می‌دهند (Salem و همکاران،۲۰۱۳). شناخت این پارامترها در تنظیم برنامه افزایش تولید گوشت و یا تغییر مسیر رشد از طریق بهبود تغذیه، مشکلات مدیریتی، سن مناسب کشتار و خصوصاً زمان رسیدن به بلوغ دارای اهمیت بوده و اطلاعات مفیدی در این رابطه ارائه می‌کنند (Akbas و همکاران، ۱۹۹۹؛ Bathaei and Leroy, 1998؛ Daskiran و همکاران، ۲۰۱۰).

گاومیش‌های استان خوزستان، که آمارآن بر اساس گزارش معاونت بهبود تولیدات دامی سازمان جهاد کشاورزی خوزستان حدود ۸۵۰۰۰ رأس می‌باشد (آمارنامه، ۱۳۹۴)، به دلیل سازگاری با محیط، مقاومت در برابر بیماری‌ها، پائین بودن هزینه نگهداری و استفاده مؤثر از ضایعات کشاورزی و مواد خشبی کم ارزش، یکی از ذخایر ژنتیکی با ارزش محسوب می‌شوند. از آنجایی که استان خوزستان یکی از مناطق اصلی پرورش گاومیش در کشور بوده و گاومیش در این استان پس از شیر به منظور گوشت پرورش داده می‌شود و این دام حدود ۱۵ درصد از گوشت استان را فراهم می‌نماید (پرورش گاومیش خوزستان، ۱۳۸۷)، ضروری است نسبت به شناسایی ظرفیت‌های بالقوه در زمینه تولید گوشت آن اقدام نمود. برخلاف دام‌هایی همچون گاو و گوسفند که مطالعات بسیاری در خصوص منحنی رشد و پارامترهای آن انجام شده است، در گاومیش مطالعات کمی وجود دارد (Araújo و همکاران، ۲۰۱۲): طی تحقیقی که توسط Salem و همکاران (۲۰۱۳) در دانشگاه اسکندریه مصر صورت گرفت، از مدل گمپرتز، برودی و لجستیک، برای برآورد منحنی رشد در گاوهای نژاد فریزین و در گاومیش استفاده شد که این داده ها شامل ۲۵۸۳ رکورد از ۴۰۵ رأس فریزین و ۸۴۷ رکورد از ۱۲۲ رأس گاومیش بود. نتایج این بررسی، مدل برودی را در توصیف منحنی رشد در هر دو گروه فریزین‌ها و گاومیش‌ها مناسب‌تر گزارش کرده است. در تحقیقی دیگر در برزیل ارزیابی عملکرد ۱۷ رأس گاومیش مدیترانه‌ای از بدو تولد تا کشتار (سن ۷۲۰ روزگی) انجام شد که در این تحقیق گاومیش‌ها را به دو گروه سبک وزن (۵۱۷ کیلوگرم) و سنگین وزن (۵۶۸کیلوگرم) تقسیم کردند. در نهایت در بین سه مدل لجستیک، گمپرتز و وان‌برتالانفی، مدل لجستیک به عنوان بهترین مدل جهت توصیف منحنی رشد برای هر دو گروه از گاومیش‌ها، پیشنهاد شده است (Alves and Franzolin, 2015). همچنین، برای گاومیش‌های آمیخته کشور کلمبیا نیز، Agudelo-Gomez و همکاران (۲۰۰۹)، در بررسی توابع منحنی رشد برودی، گمپرتز، ریچاردز، وان‌برتالانفی و ورهالست، مدل‌های برودی و گمپرتز را به عنوان مدل‌هایی که برازش مطلوب‌تری بر منحنی رشد این دام‌ها دارند، گزارش کرده‌اند. درخصوص منحنی صفات تولیدی گاومیش‌های خوزستان تحقیقات اندکی انجام شده است و از آنجا که تاکنون مطالعاتی روی خصوصیات و ویژگی‌های منحنی رشد گاومیش‌های خوزستانی انجام نشده و صفات مربوط به وزن و پارامترهای منحنی رشد شامل درجه بلوغ و سرعت رشد در تمام مراحل رشد بررسی نشده است، لذا، هدف از انجام این تحقیق، بررسی کاربرد برخی توابع برای توصیف منحنی رشد و برآورد پارامترهای منحنی رشد در گاومیش‌های خوزستانی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی منحنی رشد و تعیین مناسب‌ترین تابع توصیف‌کننده آن از رکوردهای وزن از تولد تا پنج سالگی یک گله از گاومیش‌های خوزستانی که در طول سال‌های ۱۳۷۶ تا۱۳۸۲ و در قالب پروژه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (سراج، ۱۳۹۳) جمع‌آوری شده است، استفاده شد. این رکوردها متعلق به تعداد ۳۷ رأس گاومیش نر و ۴۲ رأس گاومیش ماده (جمعاً ۲۶۹۴ رکورد وزن) می‌باشد. اطّلاعات آماری مربوط به رکوردهای وزن بدن (کیلوگرم) در سنین وزن‌کشی شده در جدول۱ ارائه شده است.

وزن‌کشی گوساله‌ها، براساس برنامه چرخه آبستنی گاومیش‌ها واطّلاع از تاریخ تقریبی زایمان، بلافاصله پس از تولد صورت گرفت. سپس، برنامه وزن‌کشی برمبنای تاریخ تولد و به صورت وزن‌کشی از روز اول تولد (صفر) تا پایان ۳۶ ماهگی به صورت ماهیانه، از ۳۷ تا ۶۰ ماهگی هر سه ماه یک بار و پایان هر مقطع سنی صورت پذیرفت. جیره خوراکی تمام دام‌های مورد استفاده نیز بر اساس برنامه رایج تغذیه محل پرورش بوده و از این نظر هیچ‌گونه تفاوتی بین دام‌ها وجود نداشت و اختلاف در جیره غذایی فقط بر اساس سن، جنس و یا فصل‌های مختلف (بر اساس تغییر نوع علوفه) و از اقلامی از قبیل جو، سبوس گندم، یونجه، کاه و برمبنای فصل موردنظر از دانه ذرت بود. همچنین، استفاده از آب آشامیدنی، دوش و یا استخر شنا وآبتنی برای کلیه گاومیش‌ها آزاد و یکسان بوده است (سراج، ۱۳۹۳).

جدول ۱- شاخص‌های آماری مربوط به رکوردهای وزن بدن (کیلوگرم) در سنین مختلف رکوردگیری گاومیش‌ها

سن (ماه)	تعداد رکورد		میانگین		انحراف معیار		حداقل		حداکثر	
	ماده	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده	نر
۰	۴۲	۳۷	۴۳/۴۱	۴۶/۶۹	۵/۰۷	۵/۷	۲۱	۲۴	۴۴	۵۳
۳	۴۲	۳۷	۶۴/۹۶	۶۵/۴۲	۱۴/۰۳	۱۱/۳۷	۳۵	۴۰	۹۳/۸	۷۹۱
۶	۴۲	۳۷	۱۰۷/۰۹	۱۱۳/۴۵	۲۰/۱۴	۲۳/۵۸	۶۰	۶۵/۵	۱۶۰	۱۵۵
۹	۴۲	۳۷	۱۶۰/۹۴	۱۷۱/۱۴	۲۷/۵۹	۳۴/۳۵	۱۰۸	۱۰۰	۲۲۱/۴	۲۴۰
۱۲	۴۲	۳۶	۱۹۶/۴۵	۲۰۹/۷۲	۳۶/۹۱	۳۶/۸۷	۱۲۷	۱۲۹	۲۹۷/۵	۲۹۷
۱۸	۴۲	۳۶	۲۶۹/۸۳	۲۹۳/۵۱	۵۲/۴۱	۵۹/۰۸	۱۷۱	۱۷۵	۴۰۸	۴۱۵
۲۴	۴۲	۳۴	۳۳۷/۹۵	۳۵۸/۵	۵۵/۷۸	۵۹/۲۴	۲۳۹	۲۰۵	۴۷۲	۴۶۱
۳۰	۴۰	۳۳	۴۰۸/۲۸	۴۳۱/۷۹	۵۹/۱۴	۷۰/۱۸	۲۷۰	۲۵۰	۵۲۰	۵۷۳
۳۶	۳۹	۳۰	۴۵۳/۶۴	۴۹۳/۵۳	۷۳/۶۹	۷۹/۸۱	۳۰۱	۳۰۶	۶۱۷	۶۳۱
۴۲	۳۰	۲۲	۴۹۳/۷۷	۵۶۱/۵۵	۷۸/۹۴	۹۴/۴	۳۰۴	۳۳۷	۶۰۹	۷۰۵
۴۸	۲۴	۱۸	۵۲۷/۵۴	۶۱۹/۴۴	۶۶/۵۲	۷۶/۰۲	۴۰۲	۴۱۵	۶۳۰	۷۳۵
۵۴	۱۸	۱۱	۵۷۴/۸۳	۶۸۳/۸۲	۶۸/۰۵	۷۴/۲۷	۳۷۸	۵۶۰	۶۴۵	۸۰۲
۶۰	۱۴	۱۱	۵۷۲/۴۳	۶۴۵	۶۴/۳۶	۲۱۱/۲۴	۴۷۰	۵۹۳	۷۰۰	۷۹۲

به منظور بررسی منحنی رشد، از ۵ مدل رشد گمپرتز، لجستیک، برودی، وان‌برتالانفی و ریچاردز استفاده گردید (جدول ۲).

مختصات نقطه عطف تابع وان‌برتالانفی به صورت $t_i=(ln3B)/k$ و $W_i=A(8/28)$ می‌باشد. درصد از بلوغ نیز برای هر سن دام از تابع زیر محاسبه گردید (Bertalanffy, 1957):

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

جدول ۲- مدل‌های رشد مورد مطالعه

مدل رشد	تابع
گمپرتز (Blasco و همکاران، ۲۰۰۳)	$W_t = Ae^{(-Be^{-kt})}$
لجستیک (Renne و همکاران، ۲۰۰۳)	$W_t = A/(1 + Be^{(-kt)})$
برودی (Brody, 1954)	$W_t = A(1 - Be^{-kt})$
وان‌برتالانفی (Von Bertalanffy, 1957)	$W_t = A(1 - Be^{-kt})^3$
ریچاردز (Richards, 1959)	$W_t = A(1 - Be^{-kt})^M$

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

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

برای تعیین مناسب‌ترین مدل از معیارهای زیر استفاده شد:

ضریب تعیین تصحیح شده[1] $R^2_{adj} = 1 - \frac{(n-1)}{(n-p)}(1-R^2)$ (Da Silva Marinho و همکاران، ۲۰۱۳) که در این معادله، n تعداد مشاهدات و p تعداد پارامترهای مدل می‌باشد، میانگین مربعات خطا[2] $MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)^2}{n}$ (Da Silva Marinho و همکاران، ۲۰۱۳)، میانگین انحراف مطلق[3] $MAD = \frac{\sum_{i=1}^{n}|y_i-\hat{y}_i|}{n}$ (Sarmento و همکاران، ۲۰۰۳) که در این معادلات، y_i مقدار مشاهده شده، $\hat{y}_i$ مقدار پیش‌بینی شده و n تعداد مشاهدات می‌باشد و شاخص اطلاعات آکائیک تصحیح شده[4] $AICc = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$ که AIC = -2log L + 2P (Burnham, and Anderson, 2002) و در این معادله log L از طریق $log\left(\frac{SSR}{n}\right)$ محاسبه گردید و P نیز تعداد پارامترهای برآورد شده می‌باشد.

R^2_{adj} تعیین می‌کند که چه مقدار از مجموع مربعات حول میانگین متعلق به مجموع مربعات رگرسیون و چه مقدار از آن ناشی از انحراف از رگرسیون می‌باشد و هر چه مقدار این ضریب به یک نزدیکتر باشد نشان دهنده برازش بهتر مدل خواهد بود. MSE و MAD از شاخص‌های دیگر صحت پیش‌بینی هستند و مدل‌ها با کمترین معیار خطا و انحراف مطلق میانگین به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شوند (ساقی، ۱۳۹۴). شاخص اطلاعات AIC، معیاری دیگر در انتخاب مدل می‌باشد که بین برازش و پیچیدگی مدل تعادل ایجاد می‌کند. این معیار با در نظرگرفتن اندازه نمونه و تعداد پارامترهای مورد استفاده، مجموع مربعات خطا را برای پیچیدگی مدل تصحیح می‌کند. زمانی که تعداد داده‌ها کم باشد معیار آکائیک تصحیح شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این معیار نیز هر چه کوچک‌تر باشد مدل، مناسب‌تر گزارش می‌گردد (Gayawan and Ipinyomi, 2009).

[1]- Adjusted coefficient determination

[2]- Mean Squared Error

[3]- Absolute Mean Residual Deviation

[4] -A second order bias correction Akaike Information Criterion

جدول ۳- مناسب‌ترین مقادیر آغازین پارامترهای منحنی‌های مختلف مورد مطالعه

منحنی رشد	جنس	A	B	k	M
گمپرتز	ماده	۴۱۲	۱/۸۰	۰/۰۰۴۱	–
	نر	۴۱۳/۷	۱/۸۵	۰/۰۰۴۷	–
برودی	ماده	۶۸۹	۰/۹۱	۰/۰۰۲	–
	نر	۶۱۳	۰/۹۰	۰/۰۰۲۴	–
لجستیک	ماده	۴۰۳/۹	۰/۵۲	۰/۰۰۴۹	–
	نر	۴۲۸/۸	۰/۶۱	۰/۰۰۶۹	–
وان برتالانفی	ماده	۴۲۶/۸	۰/۴۸	۰/۰۰۳۴	–
	نر	۴۵۸/۱	۰/۴۸	۰/۰۰۴۱	–
ریچاردز	ماده	۷۵۰	۰/۶۰	۰/۰۵	۳/۵
	نر	۸۵۰	۰/۷۰	۰/۰۶	۴/۵

نتایج و بحث

برآورد پارامترهای منحنی رشد از ۵ مدل مورد بررسی برای گاومیش‌های ماده و نر به ترتیب در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. همه مدل‌ها به خوبی توانایی برازش منحنی رشد را داشتند و از نظر معیارهای مختلف مورد استفاده بین مدل‌ها تفاوت چندانی وجود نداشت. به این ترتیب که برای هر دو گروه گاومیش‌های نرو ماده توابع وان‌برتالانفی، ریچاردز، برودی و گمپرتز دارای ضریب تعیین تصحیح شده یکسان بودند و مدل لجستیک بعد از آن‌ها قرار گرفت. اما براساس معیارهای دیگر، به ترتیب کمترین مقدار میانگین مربعات خطا، میانگین انحراف مطلق و شاخص آکائیک تصحیح شده مربوط به مدل وان‌برتالانفی و پس از آن مدل‌های ریچاردز وگمپرتز بود و مدل‌های برودی و لجستیک در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین، برای هر دو گروه گاومیش‌های ماده و نر، مدل‌های وان‌برتالانفی، ریچاردز، گمپرتز، برودی و لجستیک به ترتیب دارای رتبه‌های ۱ تا ۵ بودند. درواقع، برازش مدل‌های مختلف برای دو جنس ماده و نر درگاومیش‌های مورد بررسی نتیجه یکسانی داشت و بر اساس معیارهای خطا در هر دو جنس مدل وان‌برتالانفی مناسب‌ترین مدل توصیف‌کننده منحنی رشد بدست آمد.

مطابق با نتایج این تحقیق، در مطالعه منحنی رشد گاوهای *Nellore* مورد پرورش در منطقه آمازون، در دوره زمانی تولد تا ۷۵۰ روزگی، توابع برودی و وان‌برتالانفی برای رکوردهای وزن مورد بررسی به عنوان مدل مناسب گزارش شده‌اند (Da Silva Narinhoو همکاران، ۲۰۱۳). Lopez de Torre و همکاران (۱۹۹۲) برای گاوهای گوشتی *Retinta* در جنوب غرب اسپانیا نیز در مقایسه مدل‌های برودی، ریچاردز و وان‌برتالانفی، مدل وان‌برتالانفی را مدل مناسب توصیف‌کننده منحنی رشد گزارش کرده‌اند. در حالی‌که، در مطالعه پیش‌بینی رشد تلیسه‌های هلشتاین از تولد تا بلوغ جنسی (Budimulyati و همکاران، ۲۰۱۲) و در بررسی منحنی رشد گوساله‌های نر گاومیش (Salem و همکاران، ۲۰۱۳)، بر خلاف پژوهش حاضر، به ترتیب مدل‌های گمپرتز و لجستیک، و سپس مدل برودی به عنوان مناسب‌ترین مدل‌ها پیشنهاد شده‌اند.

محققان دیگر نیز در بررسی رکوردهای وزن گوساله‌های ماده هلشتاین در روزهای ابتدایی زندگی، مدل لجستیک را برای برآورد رشد و منحنی رشد و برای دوره‌های بعد از شیرگیری، مدل‌های گمپرتز و ریچاردز را مناسب‌ترین مدل‌ها پیشنهاد داده‌اند.

در پژوهش این محققان همچنین اشاره شده است که برای سن ۱۶۸ روزگی و بالاتر از آن، مدل‌های لجستیک، ریچاردز و وان‌برتالانفی مدل‌های مناسب‌تری جهت بررسی و پیش‌بینی می‌باشند (Koskan and Ozkaya, 2014).

در مطالعه‌ای دیگر، برای گوساله‌های گاومیش آناتولی ترکیه نیز، Sahinو همکاران (۲۰۱۴) بر اساس دو شاخص ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا، مدل ریچاردز را به عنوان مدل مناسب گزارش کرده‌اند. این محققان اشاره کرده‌اند که با استفاده از این مدل می‌توان صفات مربوط به رشد مانند سن بلوغ جنسی، سن جفتگیری و سن مناسب کشتار را برای هر یک از دام‌های نر و ماده برآورد کرد. Araujo و همکاران (۲۰۱۲) بر اساس شاخص‌های ارزیابی مدل‌ها، بهترین مدل را برای گوساله‌های گاومیش نر نژاد مورا، مدل لجستیک و برای گوساله‌های ماده، مدل گمپرتز تعیین کرده‌اند. با این وجود، در مطالعه این محققان، برای کلیه داده‌ها (نر و ماده) مدل وان‌برتالانفی بهترین برازش را نشان داده است. همچنین، در بررسی رکوردهای وزنی گاوهای آنگوس، طی دوره تولد تا بلوغ، مدل ریچاردز مناسب‌ترین برازش و پیش‌بینی از وزن و کمترین مقدار AIC را نشان داده است (Goldberg and Ravagnolo, 2015). در مطالعه منحنی رشد گاوهای آمیخته توسط Agudelo-Gomez و همکاران (۲۰۰۹) نیز مدل برودی به عنوان مناسب‌ترین مدل گزارش شده است. در این تحقیق مدل‌های وان‌برتلانفی و ریچاردز برازش تقریباً یکسانی از منحنی رشد داشتند ولی مدل وان‌برتالانفی به دلیل تعداد پارامترها و مقادیر کمتر معیارهای خطا، به عنوان مدل مناسب‌تر برای توصیف منحنی رشد در گاومیش‌های ماده و نر، درنظر گرفته شد.

جدول ٤- پارامترهای برآورد شده و شاخص‌های مورد استفاده جهت تعیین مناسب‌ترین مدل برای گاومیش‌های ماده

مدل	اشتباه معیار± پارامتر برآورد شده								تعداد پارامتر مدل
	A(kg)	B	k ($kg\ mo^{-1}$)	M	R^2_{adj}	MSE	MAD	AICc	
گمپرتز	۶۰۱/۹ ± ۹/۶۰	۲/۵۷± ۰/۰۶	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۲	...	۰/۹۹	۱۳۰/۲	۹/۰۱	۳۷۴/۶	۳
حدود تقریبی اطمینان ٪۹۵	۵۸۲/۵-۶۲۱/۳	۲/۴۶-۲/۷۰	۰/۰۶-۰/۰۷						
برودی	۷۹۳/۸ ± ۳۸/۸۴	۰/۹۸ ± ۰/۰۱	۰/۰۲ ± ۰/۰۰۲	...	۰/۹۹	۲۳۳	۱۱/۴۵	۳۹۹/۶	۳
حدود تقریبی اطمینان ٪۹۵	۷۱۵/۴-۸۷۲/۳	۰/۹۷-۱	۰/۰۲-۰/۰۳						
لجستیک	۵۹۹/۶ ± ۹/۰۴	۷/۵۸ ± ۰/۴۲	۰/۱۱ ± ۰/۰۰۴	...	۰/۹۸	۲۴۰/۳	۱۲/۱۷	۴۰۰/۹	۳
حدود تقریبی اطمینان ٪۹۵	۵۴۱/۳-۵۷۸	۶/۷-۸/۴	۰/۱-۰/۱۱						
وانبرتالانفی	۶۳۱ ± ۱۱/۶۰	۰/۶۱ ± ۰/۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۲	...	۰/۹۹	۱۲۳/۱	۸/۷۷	۳۷۲/۲	۳
حدود تقریبی اطمینان ٪۹۵	۶۰۷/۶-۶۵۴/۴	۰/۶۰-۰/۶۳	۰/۰۴۸-۰/۰۵۶						
ریچاردز	۶۲۳/۵ ± ۱۸/۲۳	۰/۵۲ ± ۰/۲۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۱	۳/۸۲ ± ۲/۰۸	۰/۹۹	۱۲۵/۶	۷/۷۸	۳۷۴/۴	۴
حدود تقریبی اطمینان ٪۹۵	۵۸۶/۷-۶۶۰/۴	۰/۱-۰/۹۴	۰/۰۴-۰/۰۷	-۰/۴-۸/۰۴					

A*= وزن مجانبی یا وزن بلوغ، B= ثابت انتگرال‌گیری، k= نرخ بلوغ، M= پارامتر شکل منحنی، adjr۲R= ضریب تعیین تصحیح شده، MSE= میانگین مربعات خطا، MAD= میانگین انحراف مطلق و AICc= معیار آکائیک تصحیح شده.

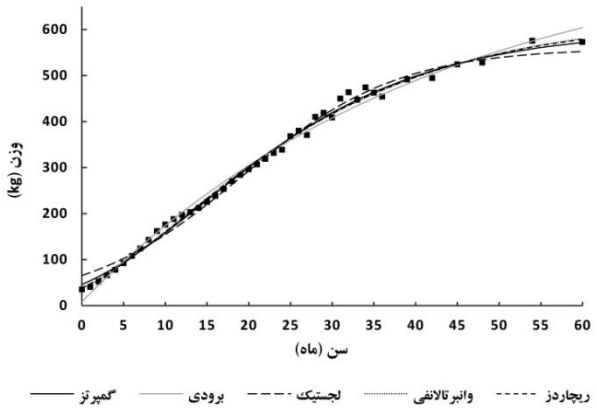
جدول ۵- پارامترهای برآورد شده و شاخص‌های مورد استفاده جهت تعیین مناسب‌ترین مدل برای گاومیش‌های نر

مدل	اشتباه معیار± پارامتر برآورد شده								تعداد پارامتر مدل
	(kg)A	B	(kg mo^{-1}) k	M	R^2_{adj}	MSE	MAD	AICc	
گمپرتز	۷۱۵/۴ ± ۱۹/۱۴	۲/۶۱ ± ۰/۰۸	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۲	...	۰/۹۹	۳۵۷	۱۵/۵۰	۴۱۷/۹	۳
حدود تقریبی اطمینان ۹۵٪	۶۷۶/۷–۷۵۴	۲/۵–۲/۸	۰/۰۵–۰/۰۶						
برودی	۱۰۲۸/۸ ± ۷۸/۵۳	۰/۹۹ ± ۰/۰۱	۰/۰۲ ± ۰/۰۰۲	...	۰/۹۹	۴۱۲/۶	۱۴/۸۵	۴۲۴/۲	۳
حدود تقریبی اطمینان ۹۵٪	۸۷۰/۱–۱۱۸۷/۵	۰/۹۷–۱	۰/۰۱–۰/۰۲						
لجستیک	۶۵۶/۴ ± ۱۵/۳۴	۷/۸۷ ± ۰/۵۶	۰/۱۰ ± ۰/۰۰۲	...	۰/۹۸	۵۳۸	۱۸/۹۳	۴۳۵/۶	۳
حدود تقریبی اطمینان ۹۵٪	۶۲۵–۶۷۸/۸	۶/۷–۹	۰/۱–۰/۱۱						
وان‌برتالانفی	۷۵۸/۱ ± ۲۳/۵۸	۰/۶۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۲	...	۰/۹۹	۳۲۸/۲	۱۴/۰۳	۴۱۴/۴	۳
حدود تقریبی اطمینان ۹۵٪	۷۱۰/۴–۸۰۵/۷	۰/۶۰–۰/۶۴	۰/۰۴۱–۰/۰۵۱						
ریچاردز	۷۷۹/۳ ± ۴۰/۷۰	۰/۷۴ ± ۰/۱۸	۰/۰۴۲ ± ۰/۰۰۸	۲/۲۳± ۰/۹۵	۰/۹۹	۳۳۴/۱	۱۳/۶۰	۴۱۶/۵	۴
حدود تقریبی اطمینان ۹۵٪	۶۸۰/۸–۸۷۷/۸	۰/۴–۱/۱۰	۰/۰۳–۰/۰۶	۰/۳–۴/۲					

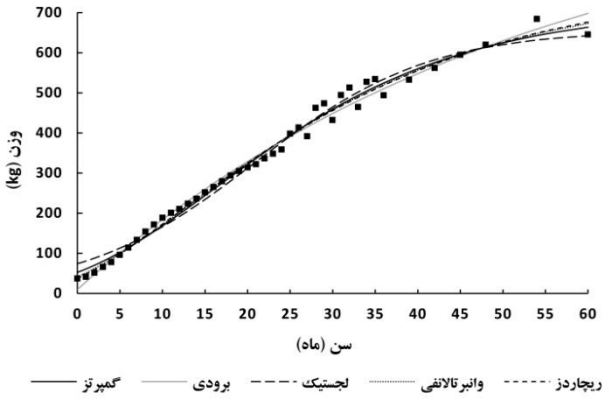
*A= وزن مجانبی یا وزن بلوغ، B= ثابت انتگرال گیری، k= نرخ بلوغ، M= پارامتر شکل منحنی، R^2_{adj}= ضریب تعیین تصحیح شده، MSE= میانگین مربعات خطا، MAD= میانگین انحراف مطلق و AICc= معیار آکائیک تصحیح شده

برازش هر یک از مدل‌های مورد بررسی برای گاومیش‌های ماده و نر به طور جداگانه در شکل ۱ و۲ ارائه شده است. در مورد گاومیش‌های مورد مطالعه همانطورکه مشاهده می‌شود، رشد گوساله‌های نر و ماده تا دو سالگی دارای رشد سریع می‌باشد که البته در حدود سنین یک سالگی و برای ماده‌ها یک ماه قبل از یک‌سالگی یک تغییر کوچک (کاهش) در سرعت رشد صورت گرفته است که موجب شده منحنی از تولد تا دوسالگی شرایط منحنی سیگموئیدی را پیدا کند. به طور کلی میزان رشد گاومیش‌های آبی کمتر از گاو است. در واقع گاومیش دامی است که به کندی بالغ می‌شود و رشد آن تا دهمین سال زندگی ادامه دارد اگرچه بعد از سال پنجم میزان رشد خیلی کمتر می‌شود (فهیم‌الدین،۱۳۷۹). بر اساس نمودارها، از سن دو سالگی تا سه سالگی برای هر دو جنس نوسانات وزنی مشاهده می‌شود که احتمالاً به بلوغ جنسی و شروع تولیدمثل دام‌ها برمی‌گردد. پس ازآن نیز نوسانات افزایشی - کاهشی برای منحنی مشاهده می‌شود ولی به میزان کمتری اتفاق افتاده است، رشد با شیب و سرعت کمتری افزایش دارد تا زمانی‌که متوقف گردد. به طورکلی، سن بلوغ جنسی برای هر دو جنس در گاومیش آبی به طور قابل توجهی متغیر بوده و بر حسب نژاد، مدیریت و خوراک، بین ۲ تا ۳ سال متغیر می‌باشد. متوسط سن گاومیش‌های نر در زمان اولین جفتگیری سه و نیم سال است و تلیسه‌ها در سن ۲ تا ۲/۵ سالگی برای اولین بار فحل می‌شوند. بنابراین گاومیش‌ها کمی دیرتر از گاوها به بلوغ جنسی می‌رسند (فهیم‌الدین،۱۳۷۹).

در این تحقیق، نرخ رشد برای گاومیش‌های نر (به طور متوسط ۱۲/۰۶ کیلوگرم درماه) حدود ۱۳ درصد بیشتر از نرخ رشد برای گاومیش‌های ماده (به طور متوسط ۱۰/۵ کیلوگرم در ماه) بود که بالاتر بودن وزن تولد درگاومیش‌های نر بر می‌گردد. بر اساس گزارش Nogueiraو همکاران (۲۰۰۰)گوساله‌های گاومیش با وزن تولد بیشتر اغلب تمایل به افزایش وزن سریعتر (قبل و بعد از شیرگیری) دارند. در بررسی این محققان دام‌ها با وزن تولد بیشتر، تغییرات وزنی کمتری نیز نشان داده‌اند. افزایش وزن بعد از شیرگیری، نشانه توان و پتانسیل دام می‌باشد که می تواند نماینده‌ای از ویژگی‌های قابل توجه و مهم در روند انتخاب باشد (Morgan, 1992).



شکل ۲- برازش مدل های موردمطالعه بر رکوردهای وزن گاومیش‌های ماده



شکل ۱- برازش مدل‌های موردمطالعه بر رکوردهای وزن گاومیش‌های نر

پارامتر A (وزن بلوغ)

در منحنی رشد، مقدار A نشان دهنده وزنی است که حیوان در آن به بلوغ می‌رسد (Alves and Franzolin, 2015). 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 مدتی که ناشی از اثرات محیطی (مانند شرایط آب و هوایی و تغذیه) در اندازه بدن اتفاق می‌افتد، تفسیر می‌گردد (بحرینی بهزادی، ۱۳۹۴). وزن بلوغ (A) در مطالعه حاضر بر اساس مناسب‌ترین مدل برای گاومیش‌های ماده و نر از تولد تا پنج سالگی به ترتیب ۶۳۱ و ۷۵۸/۱ کیلوگرم به دست آمد. اما، بیشترین مقدار این پارامتر برای مدل برودی (۷۹۳/۸ کیلوگرم برای گاومیش‌های ماده و ۱۰۲۸/۸ کیلوگرم برای گاومیش‌های نر) و کمترین مقدار برای مدل لجستیک (۵۹۹/۶ کیلوگرم برای گاومیش‌های ماده و ۶۵۶/۴ کیلوگرم برای گاومیش‌های نر) برآورد شد که این دو مدل در رتبه بندی توابع مورد استفاده در این مطالعه از نظر برازش، در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار گرفتند. در بررسی منحنی رشد گوساله‌های نر گاومیش توسط Salem و همکاران (۲۰۱۳) بر اساس مدل برودی دردوره پرووار، وزن بلوغ ۴۲۰ کیلوگرم برآورد شده است. Araujo و همکاران (۲۰۱۲) نیز با استفاده از مدل لجستیک به عنوان مدل مناسب، متوسط وزن بلوغ را با استفاده از رکوردهای وزن تولد تا دو سالگی برای گاومیش‌های نر مورا ۴۲۸/۸ کیلوگرم و برای گاومیش‌های مدیترانه‌ای ۵۷۸/۴ کیلوگرم گزارش کرده‌اند. این محققان در مطالعه خود بیشترین مقدار این پارامتر را با استفاده از مدل برودی (۶۸۹/۴ کیلوگرم برای نرها و ۶۱۳/۵ کیلوگرم برای ماده‌ها) و کمترین مقدار را با استفاده از مدل لجستیک (۴۲۸/۸ کیلوگرم برای نرها و ۴۰۳/۹ کیلوگرم برای ماده‌ها) برآورد کرده‌اند. نتیجه مشابهی نیز توسط Malhado و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است.

پارامتر وزن بلوغ در مطالعه منحنی رشد گاوهای *Nellore*، از تولد تا ۷۵۰ روزگی، ۳۱۳/۵ کیلوگرم گزارش شده است (Da Silva Marinho و همکاران، ۲۰۱۳). برای گاوهای گوشتی *Retinta* درجنوب غرب اسپانیا با استفاده از مدل وان‌برتالانفی نیز متوسط وزن بلوغ برای دام‌های مورد بررسی ۶۵۰ کیلوگرم برآورد شده است (Lopez de Torre و همکاران، ۱۹۹۲). این محققان نتیجه‌گیری کرده‌اند که قابلیت تولید برای گاوها با وزن بلوغ بیشتر می‌تواند کاهش یابد و دام‌ها با بلوغ سریع‌تر پربازده و سودمندتر خواهند بود.

مقدار صفت یا پارامتر وزن بلوغ به عوامل بسیاری همچون گونه و نژاد مورد بررسی، روش انتخاب دام‌ها درگله، سیستم مدیریتی و شرایط محیطی و همچنین فواصل مختلف اندازه‌گیری داده‌ها و دامنه سنی مورد بررسی بسیار وابسته است. همچنین، وزن بلوغ بیشترمی‌تواند در برخی موارد به دلیل جثه بزرگ‌تر دام باشد (بحرینی بهزادی،۱۳۹۴). مطابق با گزارش Brown و همکاران (۱۹۷۶) وزن بلوغ یا وزن مجانبی (A) لزوماً وزن حیوان بالغ نیست و متوسط وزنی است که دام در طول دوره مورد بررسی، مستقل از شرایط فصلی، در آن به بلوغ می‌رسد. Morrow و همکاران (۱۹۷۸) گزارش کرده‌اند که برای برآورد و تخمین دقیقی از وزن بلوغ گاوهای نژاد آنگوس با مدل‌های غیرخطی، می‌بایست حداقل تا سن ۴/۵ سالگی از دام‌ها رکورد وزن وجود داشته باشد. با این حال، صحت برآورد وزن بلوغ به شدت تحت تأثیر تغییرات دمای محیطی خواهد بود. بنابراین، با داده‌هایی بیشتر به عنوان مثال تا ۶ سالگی، به دور از نوسانات فصلی، برآورد بهتری از وزن مجانبی یا بلوغ صورت می‌گیرد. Rosa و همکاران (۲۰۰۱) نیز در ارزیابی رکوردهای وزنی گاوهای *Nellore*، متوسط وزن بلوغ را با استفاده از داده‌های وزنی تا ۳/۵ سال، ۴۸۵ کیلوگرم گزارش کرده‌اند.

پارامتر K (نرخ بلوغ)

پارامتر K نشان دهنده نرخ بلوغ است و به صورت سرعت رشد برای رسیدن از وزن ابتدایی به وزن مجانبی (وزن بلوغ) تعریف می‌شود. هر چه مقدار این پارامتر بزرگتر باشد، دام سریعتر به وزن مجانبی یا وزن بلوغ خود نزدیک می‌شود (Garnero و همکاران،

۲۰۰۵). درواقع، در شرایط دارا بودن وزن اولیه مشابه، دام‌ها با نرخ بلوغ بیشتر نسبت به دام‌ها با نرخ بلوغ کمتر دارای زمان بلوغ زودتر می‌باشند (Da Silva و همکاران، ۲۰۱۲). نرخ بلوغ (K) در مطالعه حاضر بر اساس مناسب‌ترین مدل برای گاومیش‌های ماده و نر از تولد تا پنج سالگی به ترتیب ۰/۰۵۲ و ۰/۰۵۰ کیلوگرم در ماه بدست آمد. کمترین مقدار این پارامتر برای مدل برودی (۰/۰۲۴ کیلوگرم در ماه برای گاومیش‌های ماده و ۰/۱۱ کیلوگرم در ماه برای گاومیش‌های نر) و بیشترین مقدار برای مدل لجستیک (۰/۰۲۰ کیلوگرم در ماه برای گاومیش‌های ماده و ۰/۱۰ کیلوگرم در ماه برای گاومیش‌های نر) برآورد شد که این مدل‌ها در رتبه بندی توابع مورد استفاده در این مطالعه بر اساس برازش در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار گرفتند.

همانطور که مشاهده می‌شود مقدار نرخ بلوغ برای گاومیش‌های ماده نسبت به گاومیش‌های نر بیشتر برآورد شده است که علت آن، وزن بلوغ بیشتر در گاومیش‌های نر می‌باشد. به طور کلی، دام‌ها با وزن بلوغ بیشتر، نرخ رشد پایین‌تری نسبت به دام‌ها با وزن بلوغ کمتر دارند (Da Silva و همکاران، ۲۰۱۲).

در مطالعه‌ای که بر روی گاومیش‌های نر و ماده مورا توسط Araujo و همکاران (۲۰۱۲) انجام شده است، بیشترین مقدار این پارامتر با استفاده از مدل لجستیک، برآورد شده است (۰/۰۰۴۹ و ۰/۰۰۶۹ کیلوگرم در روز). کمترین مقدار K نیز در مطالعه این محققان از طریق معادله برودی گزارش شده است (۰/۰۰۲۰ و ۰/۰۰۲۴ کیلوگرم در روز). این محققان نیز اشاره کرده‌اند که نرخ بلوغ کمتر مشاهده شده در این مطالعه با وزن بلوغ بیشتر دام‌ها مرتبط می‌باشد. Stewart و Martin در سال ۱۹۸۱، برای گاوهای نژاد آنگوس مقدار K را ۰/۰۵۸ کیلوگرم در روز و برای گاوهای نژاد شورت هورن ۰/۰۶۶ کیلوگرم در روز برآورد کرده‌اند. برای گاوهای نژاد *RedPooll*، مقدار این پارامتر ۰/۰۵۹ گزارش شده است (Marshall و همکاران، ۱۹۸۴). Barbosa و همکاران (۲۰۰۲) برای گاوهای نژاد *Canchim* و با استفاده از مدل وان‌برتالانفی مقدار نرخ بلوغ را ۰/۰۵۶ کیلوگرم در روز تخمین زده‌اند. برای گاوهای گوشتی *Retinta* در جنوب غرب اسپانیا نیز با استفاده از مدل وان‌برتالانفی متوسط نرخ بلوغ برای گاوهای مورد بررسی ۰/۰۳۸ کیلوگرم در ماه برآورد شده است (Lopez de Torre و همکاران، ۱۹۹۲) که همه مطالعات ذکر شده برای گاو نرخ بلوغ بیشتری را نسبت به گاومیش نشان می‌دهند.

همبستگی دو پارامتر A و K (وزن بلوغ و نرخ بلوغ)

از نظر بیولوژیکی، مهم‌ترین رابطه بین پارامترهای A و K (وزن بلوغ و نرخ بلوغ) وجود دارد (Brown و همکاران، ۱۹۷۶؛ Bathaei and Leroy, 1998). رابطه منفی و بالای بین این دو پارامتر A و K نشان می‌دهد که دام‌ها با وزن بلوغ کمتر سریعتر به وزن بلوغ می‌رسند (ساقی، ۱۳۹۴)،در واقع، دام‌ها با وزن بلوغ بالا نرخ بلوغ پایین‌تری نسبت به دام‌ها با وزن بلوغ کمتر دارند (Da Silva و همکاران، ۲۰۱۲). این رابطه منفی توسط Sarmento و همکاران (۲۰۰۶) و Malhado و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است.

در تحقیق حاضر همبستگی بین پارامترهای وزن بلوغ (A) و نرخ بلوغ (K) برای هر دو جنس گاومیش‌های نر و ماده منفی و بالا (۰/۹۲- و ۰/۹۱-) بدست آمد($p< ۰/۰۰۱$). همبستگی منفی و بالای وزن بلوغ و نرخ بلوغ با یافته‌های Bathaei و Leroy (۱۹۹۸)، Eyduran و همکاران (۲۰۰۸) و ساقی (۱۳۹۴) مطابقت دارد. همچنین Bahraini Behzadi (۲۰۱۵) در مطالعه منحنی رشد با استفاده از مدل‌های غیرخطی در گوسفندان لری بختیاری همبستگی بین دو پارامتر A و K را برای مدل‌های برودی، وان‌برتالانفی، گمپرتز، لجستیک و ریچاردز به ترتیب ۰/۹۵-، ۰/۸۴-، ۰/۷۸-، ۰/۶۱- و ۰/۷۸- گزارش کرده‌اند.

سن و وزن دام در نقطه عطف منحنی رشد

به طورکلی، با افزایش سن، سرعت رشد افزایش می‌یابد ولی این افزایش محدود بوده و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود، به تدریج سرعت رشد کاهش یافته، موجب می‌شود منحنی رشد تغییر یابد. به نقطه‌ای که این تغییر در آن حاصل می‌شود، نقطه عطف و به سنی که در آن حداکثر رشد حاصل می‌شود، سن در نقطه عطف می‌گویند (Marcato و همکاران، ۲۰۰۸). سن

رسیدن به نقطه عطف منحنی رشد، یکی از معیارهای ارزیابی رشد می‌باشد. سن گاومیش‌های ماده و نر در نقطه عطف منحنی رشد درمطالعه حاضر براساس مدل مناسب به ترتیب ۱۱/۶۲ و ۱۲/۴۲ ماهگی برآورد گردید (جدول ۶). نقطه عطف برای گاوهای *Dhofari* با استفاده از توابع گمپرتز، وان‌برتالانفی و لجستیک از ۵ تا ۷ ماهگی و با وزنی حدود ۹۵ تا ۱۵۸ کیلوگرم برآورد شده است (Bahashwan و همکاران، ۲۰۱۵). Budimulyati و همکاران (۲۰۱۲) نیز نقطه عطف را برای گاوهای هلشتاین – فریزین از ۷ ماهگی گزارش کرده‌اند.

کمتر بودن سن و وزن نقطه عطف نتیجه همبستگی منفی بین وزن بلوغ و نرخ رشد می‌باشد که هر چه وزن بلوغ پایین‌تر باشد، نقطه عطف نیز زودتر اتفاق می‌افتد (Berry و همکاران، ۲۰۰۵). همانطورکه در جدول ۶ مشاهده می‌شود از آنجا که گاومیش‌های ماده دارای وزن کمتر و به دنبال آن نرخ رشد کمتری نسبت به گاومیش‌های نر هستند، لذا نقطه عطف نیز برای ماده‌ها حدوداً یک ماه زودتر اتفاق می‌افتد و وزن نرها در این نقطه بیشتر می‌باشد. وزن دام‌ها در نقطه عطف در مدل مناسب این مطالعه تقریباً ۳۰ درصد وزن بلوغ در گاومیش‌های ماده و نر می‌باشد.

جدول۶- سن و وزن دام در نقطه عطف برای گاومیش‌های نر و ماده بر اساس مدل پیشنهادی برای منحنی رشد (وان‌برتالانفی)

جنس	معادله	سن دام در نقطه عطف (ماه)	وزن دام در نقطه عطف (**kg**)
گاومیش‌های ماده	$w_t= 631(1- 0.61 \exp(-0.05t))^3$	۱۱/۶۲	۱۸۶/۹۶
گاومیش‌های نر	$w_t= 758.1(1- 0.62\exp(-0.05t))^3$	۱۲/۴۱	۲۲۴/۶۲

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

درجه بلوغ

بر اساس درجه بلوغ برآورد شده در سنین مختلف،گاومیش‌های ماده و نر مورد مطالعه به هنگام تولد به ترتیب ۶ و ۵/۴ درصد از وزن بلوغ را به طور متوسط داشتند. این مقدار درجه بلوغ برای ۳ ماهگی این دو گروه به ترتیب ۱۱ و ۱۰ درصد، ۶ ماهگی ۱۶ و ۱۵ درصد و یک‌سالگی ۳۰ و ۲۹ درصد برآورد شد. درجه بلوغ برای وزن تولد برای گاوهای آنگوس و با استفاده از مدل برودی، ۶ درصد (Johnson و همکاران، ۱۹۹۶) و در بررسی منحنی رشد گاوهای Dhofari با استفاده از مدل‌های گمپرتز، وان‌برتالانفی و لجستیک، در دامنه ۵/۵۹ تا ۱۲/۸ درصد گزارش شده است (Bahashwan و همکاران، ۲۰۱۵). درجه بلوغ گاومیش‌های مورد مطالعه با افزایش سن طی دوره ۵ ساله مورد بررسی افزایش یافته است، به طوری که وزن این دام ها در ۳ سالگی برای گاومیش‌های ماده و نر به ترتیب ۷۴ و ۷۲ درصد، در ۴ سالگی به ۸۶ و ۸۴ درصد و در ۵ سالگی به ۹۰ و ۸۸ درصد از وزن بلوغ رسیده است. همانطور که ملاحظه می‌شود رشد گاومیش‌های نر و ماده بعد از ۵ سالگی نیز ادامه دارد.

نتیجه‌گیری

برازش مدل‌های مختلف نشان داد که مدل وان‌برتالانفی با ضریب تعیین تصحیح شده بالا و کمترین مقدار معیارهای خطا، بهتر از سایر مدل‌ها می‌باشد. به دلیل اهمیت اقتصادی وزن بلوغ و نرخ رشد، مدل مناسب پیشنهادی می‌تواند در پیش‌بینی سن مناسب برای رسیدن به وزن بلوغ، همچنین جنبه‌های مختلف مدیریتی، تغذیه‌ای، تعیین سن مناسب کشتار و اصلاح نژاد جهت بهبود رشد استفاده شود. با این حال، از آنجا که نتایج مطالعه حاضر بر اساس رکوردهای وزنی گوساله‌های گاومیش در یک ایستگاه تحقیقاتی (یک گله) صورت گرفته است، ضرورت دارد تا این مطالعه برای گله های مردمی نیز با در نظر گرفتن و لحاظ کردن نظام‌های مدیریتی و تغذیه‌ای متفاوت در جهت تکمیل نتایج این تحقیق انجام گیرد و اثر عوامل محیطی مانند سال و فصل تولد و سن مادر نیز بر منحنی رشد گاومیش‌های استان خوزستان مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

آمارنامه. (۱۳۹۴). معاونت بهبود تولیدات دامی. سازمان جهاد کشاورزی خوزستان.

بحرینی بهزادی، م.(۱۳۹۴). مقایسه مدل‌های مختلف رشد و شبکه عصبی مصنوعی در برازش منحنی رشد در گوسفند لری بختیاری. مجله پژوهش در نشخوارکنندگان. دوره ۳، شماره ۲، صص. ۱۵۲-۱۴۸.

پرورش گاومیش در خوزستان. (۱۳۸۷). کمیته انتشارات حوزه ترویج و نظام بهره‌برداری خوزستان. ص ص:۲۰-۲۳ .

ساقی، د.ع.(۱۳۹۴). بررسی عوامل محیطی و ژنتیکی مؤثر بر منحنی رشد گوسفند کردی خراسان شمالی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

سراج، م.ج.(۱۳۹۳). مطالعه وزن و ابعاد بدن گاومیش های بومی استان خوزستان از تولد تا پنج سالگی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

فهیم‌الدین. م. (۱۳۷۹). پرورش گاومیش (چاپ اول)، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد آذربایجان غربی. (ترجمه) ص. ۳۶۰.

Agudelo-Gomez, D.A., Naudin, A., Lugo, H. and Munoz, M.F.C. (2009). Growth curves and genetic parameters in Colombian Buffaloes (Bubalus bubalis Artiodactyla, Bovidae). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 22(2):178-188.

Akbas,Y., Taskin, T. and Demiroren, E. (1999). Comparison of several models to fittinggrowth curves of Kivircik and Daglic male lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 23: 537-554.

Alves, T.C. and Franzolin, R. (2015). Growth curve of buffalo grazing on a grass pasture. *RevistaBrasileira de Zootecnia*. 44(9):321-326.

Araujo, R.O., Marcondes, C.R., Dame, M.C.F., Garnero, A.D., Gunski, R.J., Everling, D.M. and Rorato, P.R.N. (2012). Classical nonlinear models to describe the growth curve for Murrah buffalo breed. *Ciência Rural*. 42:520-525.

Bahashwan, S., Salim Alrawas, A., Alfadli, S. and Johnson, E.S. (2015). Dhofari cattle growth curve prediction by different non-linear model functions. *Livestock Research for Rural Development*. 27 (12): Article#236.In:http://www.lrrd.org/lrrd27/12/baha27236.html.

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.

Barbosa, P.F., Alencar, M.M. and Silva, A.M. (2002). Mature weight, maturation rate and productive efficiency in Canchim beef cattle females. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 54:510-517.

Bathaei, S.S. and Leroy, P.L. (1998). Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed. *Small Ruminant Research*. 22: 155-162.

Berry, D.P., Horan, B. and Dillon, P. (2005). Comparison of growth curves of three strains of female dairy cattle. *Animal Science*. 80:151-160.

Bertalanffy, Von. L. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth. *The Quarterly Review of Biology*. 3(2); 218.

Blasco, A., Piles ,M. and Varona, L. (2003). A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. *Genetic Selection Evolution*. 35:21-41.

Brody, S. (1954). Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Corp, New York. pp:1023.

Brown, J.E. Fitzhugh, H.A.Jr. and Cartwright, T.C. (1976). A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal of Animal Science*. 42:810-818.

Budimulyati, S., Noor R.R., Saefuddin, A. and Talib, C. (2012). Comparison on accuracy of Logisitic, Gompertz and Vonbertalanffy models in predicting growth of new born calf until first mating of Holstein Friesian heifers. *Journal of Indonesian Tropical Animals Agriculture*. 37(3):151-160.

Burnham, K.P. and Anderson, D.R. (2002). Model selection and multi-model inference 2nd Edition. Springer.

Da Silva Marinho, K.N., De Freitas, A.R., Da Silva Falcao, A.J. and Dias, F.E.F. (2013).Nonlinear models for fitting growth curves of Nellore cows reared in the Amazon Biome. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 42(9):645-650.

Da Silva, L.S.A., Fraga, A.B., De Lima Da Sliva, F., Beelen, P.M.G., De Oliveira Silva, R.M., Tonhati, H. and Costa Baroos, C.Da. (2012). Growth curve in Santa Ines sheep. *Small Ruminant Research*. 105: 182-185.

Daskiran, I., Koncagul, S., and Bingol, M. (2010). Growth characteristics of indigenous Norduz female and male lambs. *Journal of Agricultural Sciences*. 16:62-69.

Eyduran, E., Kuck, M., Karakus, K., and Ozdemir, T. (2008). New approaches to determination of the best nonlinear function describing growth at early phases of Kirivick and Morkaraman breeds. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7:799-804.

Garnero, A. Del V., Marcondes, C.R., Bezerra, L.A.F., Oliveira, H.N. and Lobo, R.B. (2005). Genetic parameters of maturation rate and asymptotic weight of Nellore females. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 57:652-662.

Gayawan E., and Ipinyomi R.A.(2009). A comparison of Akaik, Schwarz and R squarecriteria for model selection using some fertility models. *Australian Journal of Basic and Applied Science*. 3: 3524-3530.

Groeneveld, E., Mostert, B.E., and Rust, T. (1998). The covariance structure of growth traits in the Afrikaner beef population. *Livestock Production Science*. 55:99-107.

Goldberg, V. and Ravagnolo, O. (2015). Description of the growth curve for Angus pasture-fed cows under extensive systems. *Journal of Animal Science*. 93(9):4285-4290.

Johnson, Z.B., Brown, A.H. and Rosenkrans, C.F. (1996). Growth Patterns of Angus Cattle. *The Professional Animal Scientists*. 12(3): 181-186.

Koskan, O. and Ozkaya, S. (2014). Determination of growth curves of female Holstein calves using five non-linear models. *Pakistan Journal of Agriculture Science*. 51(1): 225-228.

Lopez de Torre, G., Candotti, J.J., Reverter, A., Bellido, M.M., Vasco, P., Garcia, L.J. and Brinks, J.S. (1992). Effects of growth curve parameters on cow efficiency. *Journal of Animal Science*. 70:2668-2672.

Malhado, C.H.M., Ramos, A.A., Carneiro, P.L.S., Souza, J.C., Wechsler, F.S., Eler, J.P., Azevêdo, D.M.M.R. and Sereno, J.R.B. (2008). Nonlinear models to describe the growth of the buffaloes of Murrah breed. *Archivos deZootecnia*. 57:497-503.

Malhado, C.H.M., Carneiro, P.L.S., Affonso, P.R.A.M., Souza Jr.A.A.O. and Sarmento, J.L.R. (2009). Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. *Small Ruminant Research*. 84: 16–21.

Marcato, S.M., Sakomura, N.K., Munari, D.P., Fernandes, J.B.K., Kawauchi, I. and Bonato, M.A. (2008). Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 10:117-123.

Marshall, T.E., Mohler, M.A. and Stewart, T.S. (1984). Relationship of lifetime productivity with mature weight and maturation rate in Red Poll cows. *Animal Production*. 39:383-387.

Matin , A.K. and Bhuiyan, F.H. (1996). Effect of genetic and birth weight of pure and cross bred cattle in Bangladesh. *Animal Breeding Abstract*. 64:96.

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

Morrow, R.E., McLaren, J.B. and Butts, W.T. (1978). Effect of age on estimates of bovine growth curve parameters. *Journal of Animal Science*. 47:352.

Nogueira, J. R. N.; Lima, M. L. P.; Soares, W. V. B. and Gadini, C.H. (2000). Curva de crescimento de bubalinos Mediterrâneo no noroeste do estado de São Paulo. *Boletim de Industria Animal*. 27:163-169.

Renne, U., Langhammer, M., Wytrwat, E., Dietl, G., and Bunger, L. (2003). Genetic statistical analysis of growth in selected and unselected mouse lines. *Journal of Animal Science*. 42:218-232.

Richards, F.J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*. 10: 290-300.

Rosa, A.N., Lobo, R.B., Oliveira, H.N., Bezerra, L.A.Fr. and Borjas, A.D.L.R. (2001). Mature weight of Nellore cows from selection herds in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30:1027-1036.

Şahin, A., Ulutas, Z., Karadavut, U., Yildirim, A. and Arslan, S. (2014). Comparison of growth curve using some nonlinear models in Anatolian buffaloe calves. *Kafkas* Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 20 (3): 357-362.

Salem, M.M.I., EL-Hedainy, 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. *Alexandria Journal of Agricultural Research*. 58(3):273-277.

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 Ines sheep. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35:435-442.

Stewart, T.S. and Martin, T.G. (1981). Mature weight, maturation rate, maternal performance and their interrelationships in purebred and crossbred cows of Angus and Milking Shorthorn parentage. *Journal of Animal Science*. 52:51-56.