نشریه آموزشی- پژوهشی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور
فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی
شماره ۴۰، پاییز ۱۴۰۰
ص‌ص: ۶۱~۶۸

مقایسه مدل‌های خطی و غیرخطی توصیف‌کننده منحنی رشد شتر تک‌کوهانه

• **حسین نعیمی پور یونسی** (نویسنده مسئول)
استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت : فروردین ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش : مرداد ۱۴۰۰
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۳۶۲۳۷۴۳
Email: hnaeimipour@birjand.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ aasrj.2021.126095

چکیده:

هدف از این مطالعه برازش منحنی‌های رشد با استفاده از توابع خطی و غیرخطی برای توصیف رشد شتر تک‌کوهانه بود. داده‌ها شامل صفات وزن بدن از زمان تولد تا سن هجده ماهگی شترهای نر و ماده بود. توابع خطی، درجه دوم و چهار تابع غیرخطی رشد (نمائی، لجستیک، ون برتالانفی و گمپرتز) و چهار تابع غیرخطی دیگر (وود، ویلمینک، علی و شفر و دایجکسترا) استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با بسته‌های مدل غیرخطی (easynls) و stats تابع nls در نرم‌افزار R انجام شد. توابع به صورت جداگانه برای شترهای نر و ماده توسعه داده شدند. نیکویی برازش مدل‌ها با استفاده از معیار اطلاعات اکایک، معیار اطلاعات بیزین و ضریب تبیین مورد ارزیابی قرار گرفت. نیکویی برازش بین شش مدل مورد استفاده متفاوت بود و به‌لحاظ خصوصیت‌های کلی توابع غیرخطی رشد (نمائی، لجستیک، ون برتالانفی و گمپرتز) به دلیل ضریب تبیین پائین و معیارهای اطلاعات آکایک و اطلاعات بیزین بالا، بدترین توابع برای برازش منحنی رشد شترهای تک‌کوهانه بودند. در برازش منحنی رشد شترهای تک‌کوهانه، مدل‌های غیرخطی دیگر (وود، ویلمینک، علی وشفر و دایجکسترا) و توابع خطی بهتر بودند و تابع غیرخطی علی و شفر برای شترهای نر و همچنین شترهای ماده بهترین مدل بود. همه مدل‌ها، برای جنس نر شتر برازش بهتری از منحنی رشد نسبت به جنس ماده داشتند (بجز تابع علی و شفر).

واژه‌های کلیدی: توابع ریاضی، شتر، نیکویی برازش، وزن بدن

Applied Animal Science Research Journal No 40 pp: 61-68

Comparison of linear and nonlinear growth models to describe the growth curve in Dromedaries Camel

By: Hossein Naeemipour Younesi*
Assistant professor, Department of Animal Science, University of Birjand
*Corresponding author: Hossein Naeemipour Younesi
Email: hnaeimipour@birjand.ac.ir,Tel: +989153623743

Received: April 2021 **Accepted: August 2021**

The objective of this study was to fit growth curves using linear and nonlinear functions to describe the growth of Dromedaries camels. Body weight of Dromedaries camels at 3 months intervals up to 18 month of age were used to evaluate the growth curves using linear, quadratic, and four nonlinear growth functions (Exponential, Logistic, Von Bertalanffy, and Gompertz) and four other nonlinear functions (Wood, Wilmink, Ali and Schaeffer, and Dijkstra) were applied. Statistical analysis was performed with nonlinear model package (easynls) and nls function of stats package in R software. The functions were developed separately for male and female camels. The goodness of fit of the models was evaluated by using Akaike information criterion (AIC), Bayesian information criterion (BIC) and coefficient of determination (R^2). The goodness of fit was different between the ten models used and in terms of general characteristics of nonlinear growth functions (exponential, Logistic, Von Bertalanffy, and Gompertz) due to low R^2 and high AIC and BIC, were the worst functions to fit the growth curve of camel and nonlinear models other than growth and linear functions were better and also Ali and Schaeffer nonlinear function was the best model for both male and female camels. All models for male camels had a better fit of the growth curve than females (except Ali and Schaeffer function).

Key words: Body weight, Camel, Goodness of fit, Mathematical function

مقدمه

شتر یک دام چند منظوره که بوسیله بشر برای قرنها از جنبه‌های مختلف بهره‌برداری می‌شده‌اند و در تولید شیر، گوشت، الیاف و پوست شناخته می‌شود که برای حمل ونقل، بارکشی، سوارکاری، شخم‌زنی و خیلی از فعالیت‌های کشاورزی نیز بکار می‌رود و به‌راحتی با شرایط جغرافیایی مناطق خشک و نیمه خشک تطابق یافته و نه تنها قادر به تولید در بیابان‌های فقیر است بلکه در بهبود آنها نیز نقش دارد و در مناطق گرمسیر به خاطر همین استعداد مورد توجه می‌باشد (احمد و همکاران، ۲۰۱۰؛ عبدالله و فای، ۲۰۱۳). در مناطق بیابانی شتر چهار برابر شیر بیشتری را نسبت به‌گاو تولید کرده است، از طرفی توانایی‌اش برای ادامه شیردهی در زمان خشکی، غنی بودن شیر شتر از نظر چربی، مواد معدنی، ویتامین‌ها و پروتئین‌ها و همچنین قابلیت نگهداری بالای شیر شتر بیان می‌کند که شتر نسبت به دام‌های دیگر برای دامپروری در مناطق بیابانی مناسب‌تراست. گوشت، پوست، پشم محصولات مفید دیگر شتر هستند. باتوجه به اهمیت اقتصادی شتر در مناطق بیابانی، ایجاد مزارع شتر برای‌کشاورزان به منظور تولید محصولات در سطح تجاری و تبدیل شترداری سنتی به شترداری مدرن بعنوان یک راه‌حل برای تولید پایدار محصولات دامی مفید خواهد بود (عبداللهی، ۱۳۹۱).

تغییرات در اندازه و وزن حیوان از زمان تشکیل تخم تا زمان بلوغ را رشد می‌نامند که تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند تغذیه، مدیریت، ژنوتیپ، محیط، و ... می‌باشد. الگوی رشد در حیوانات مختلف توسط محققین زیادی به صورت گسترده مطالعه شده‌است. از بدو تولد تا بلوغ جنسی سرعت رشد افزایش می‌یابد. پس از بلوغ از سرعت رشد کاشته شده و هنگامی که به وزن نهایی نزدیک می‌شود سرعت رشد بسیار آهسته می‌شود. شتر از سن ۶

ماهگی تا ۴ سالگی سرعت رشد مناسبی دارد اما بلحاظ کیفیت گوشت و سرعت رشد، سن ۱تا ۲ سالگی بهترین زمان در تشابه باگوساله است. قابلیت رشد شتر در مقاطع اولیه زندگی بالاتر است و با نزدیک‌شدن به سن بلوغ این قابلیت کاهش می‌یابد. به عبارتی منحنی رشد از روند سیگموئیدی پیروی می‌کند. لذا پروار حاشی شترها در سنین پائین مناسب‌تر است. تغییرات وزن زنده می‌تواند معیار رشد حیوانات اهلی باشد. لذا افزایش وزن روزانه عامل مهمی در نمایش میزان رشد حیوان است. افزایش وزن روزانه شترهای پرواری نر و ماده در ایران ۱۴۰۰ و ۹۵۰ گرم گزارش شده است. معمولاً با افزایش سن از میزان رشد کاسته می‌شود. دامنه وزن تولد دیلاق، سه ماهگی، یک و دوسالگی در شترهای یک کوهانه به ترتیب ۳۴ تا ۴۰ ، ۷۷ تا ۹۵ ، ۱۹۰ تا ۲۲۰/۵ و ۲۵۸ تا ۲۸۵ کیلوگرم گزارش شده است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۵).

توابع زیادی برای نمایش منحنی رشد استفاده شده است که تابع خطی و تابع برودی بیشترین استفاده را داشته‌اند (بیسا و همکاران، ۱۹۸۸). اما در شتر مطالعات اندکی برای رشد اجرا شده‌اند. بنی‌وال و چادهری (۱۹۸۳) الگوی رشد را در حاشی‌های بیکانری از تولد تا سی‌ماهگی و بیسا و همکاران (۱۹۸۸) در همین نژاد از تولد تا چهارسالگی با توابع ریاضی (توابع خطی و نمایی) بررسی کردند. هدف از این تحقیق مقایسه نیکویی برازش توابع خطی و غیرخطی منحنی رشد شترهای تک‌کوهانه در دو جنس نر و ماده بود.

مواد و روش

به منظور مقایسه برازش منحنی رشد شتر تک‌کوهانه با توابع مختلف (توابع رشد (نمائی، لجستیک، ون برتالانفی و گمپرتز- آرنهولد، ۲۰۱۷) و تابع وود (وود، ۱۹۶۷)، تابع ویلمینک (ویلمینک، ۱۹۸۷)، علی و شفر (علی و شفر، ۱۹۸۷) و دایجکسترا (دایجکسترا، ۱۹۹۷)) ریاضی از میانگین وزن تولد، سه، شش، نه، دوازده، هجده ماهگی شترهای تک‌کوهانه نر و ماده (جدول یک) که توسط صالحی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش شده بود، استفاده گردید.

جدول ۱: میانگین وزن بدن (کیلوگرم) شترهای تک کوهانه برحسب جنس و سن (ماه)

جنس / سن	تولد	سه ماهگی	شش ماهگی	نه ماهگی	دوازده ماهگی	هجده ماهگی
نر	۳۹/۷	۱۰۳/۶	۱۵۸/۸	۱۸۹/۳	۲۱۰/۷	۳۲۳
ماده	۳۷/۳	۹۱/۵	۱۵۹/۵	۱۷۷/۵	۱۹۴/۱	۳۰۲/۶

برگرفته از صالحی و همکاران (۱۳۹۵)

در مقایسه نیکوئی برازش هر کدام از مدل‌ها که بر اساس روابط زیر، مقادیر کمتر آماره‌های معیار اطلاعات اکایک[1] (AIC) و معیار اطلاعات بیزین[2] (BIC) و مقادیر بالاتر آماره‌های ضریب تبیین[3] (R^2) را داشتند، به‌عنوان بهترین مدل برازش انتخاب شدند. از بسته نرم‌افزاری easynls و نیز از تابع nls در نرم‌افزار R برای برازش مدهای فوق استفاده گردید (آرنهولد، ۲۰۱۷).

رابطه (۱) $AIC = -2\times logL + 2p$ (آکایک، ۱۹۷۴)

رابطه (۲) $BIC=p\times log(n)- 2\times logL$ (شوارز، ۱۹۷۸)

رابطه (۳) $R^2 =1-sse/sst$

[1] Akaike information criterion (AIC)
[2] Bayesian information criterion (BIC)
[3] Coefficient of determination (R^2)

توابع ریاضی مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:

مدل	تابع
مدل خطی	$W_t = a + bt + \varepsilon$
مدل درجه دوم	$W_t = a + bt + ct^2 + \varepsilon$
مدل نمائی	$W_t = ae^{bt} + \varepsilon$
مدل لجستیک	$W_t = \frac{a}{1 + be^{-ct}} + \varepsilon$
مدل ون برتالانفی	$W_t = a(1 - be^{-ct})^3 + \varepsilon$
مدل گمپرتز	$W_t = ae^{(-be^{-ct})} + \varepsilon$
وود	$W_t = a * t^b + e^{-ct} + \varepsilon$
ویلمینک	$W_t = a + b * e^{-0.05t} + c * t + \varepsilon$
علی-شفر	$W_t = a + b * \left(\frac{t}{305}\right) + c * \left(\frac{t}{305}\right)^2 + d * \left[ln\left(\frac{305}{t}\right)\right] + g * \left[ln\left(\frac{305}{t}\right)\right]^2 + \boldsymbol{\varepsilon}$
دایجکسترا	$W_t = a * e^{\left[\frac{b(1-e-ct)}{c} - dt\right]} + \varepsilon$

t روز شیردهی، w_t میزان تولید شیر در روز t ام ، e عدد نپرین (۲/۷۱۸۲۷) و g,d,c,b,a : ضرایب رگرسیون هستند.

نتایج

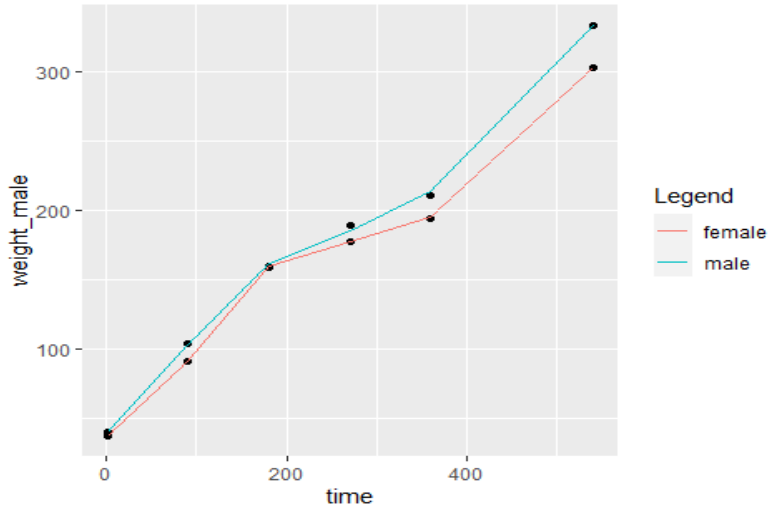
مقایسه نیکویی برازش براساس معیارهای برآوردشده اطلاعات اکایک، اطلاعات بیزین، ضریب تبیین در جدول دو برای دو جنس نر و ماده آمده است. مقدار آماره‌های AIC و BIC در تابع علی و شفر کمترین و در تابع نمائی برای جنس نر و ماده بیشترین بود که نشان داد توابع غیرخطی دیگر (به غیر از چهار تابع رشد) برازش شایسته‌تری از منحنی رشد شتر داشتند. مقدار معیار R^2 در تابع علی و شفر بالاترین بود و بعد از آن به‌ترتیب توابع دایجکسترا، وود و ویلمینک، خطی و درجه دوم نیز شایستگی بالایی براساس معیار R^2 در برازش منحنی رشد شتر تک‌کوهانه داشتند. تابع نمائی و لجستیک کمترین مقدار معیار R^2 را بین توابع مختلف در هر دو جنس داشتند. نتایج نشان داد توابع علی و شفر، دایجکسترا و وود و همچنین توابع خطی و درجه دوم در برازش منحنی رشد شتر تک کوهانه نسبت به مدل‌های غیرخطی رشد مدل‌های بهتر و با قدرت پیش بینی بالاتری بودند. به ترتیب شایستگی برازش مدل‌های غیرخطی رشد شامل، توابع ون‌برتالانفی، گمپرتز، لجستیک و نمایی بودند که تابع ون‌برتالانفی بهترین مدل و تابع نمایی بدترین مدل در برازش منحنی رشد شتر بود. مدل‌های فوق به غیر از تابع علی و شفر (معیار اطلاع آکایک و اطلاع بیزین) برای برازش منحنی رشد شتر تک کوهانه در جنس نر نسبت به جنس ماده عملکرد بهتری داشتند که نشان دهنده تفاوت الگوی رشد آنها نیز می‌تواند باشد.

جدول ۲: معیارهای برآورد شده در دو جنس نر و ماده در مدل‌های مورد مطالعه

معیار	معیار اطلاع اکایک		معیار اطلاع بیزین		ضریب تبیین	
جنس	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده
مدل						
خطی	۵۳/۹۵	۵۵/۵۹	۵۳/۳۲	۵۴/۹۶	۰/۹۷۹	۰/۹۶۷
درجه دوم	۵۵/۹۵	۵۷/۳۲	۵۵/۱۹	۵۶/۴۸	۰/۹۷۹	۰/۹۶۹
نمائی	۶۰/۴۳	۶۱/۲۶	۵۹/۸۰	۶۰/۶۴	۰/۹۳۹	۰/۹۱۶
لجستیک	۵۹/۵۰	۶۰/۴۳	۵۸/۶۷	۵۹/۵۹	۰/۹۶۳	۰/۹۴۷
ون برتالانفی	۵۷/۵۵	۵۸/۵۹	۵۶/۷۱	۵۷/۷۶	۰/۹۷۳	۰/۹۶۱
گمپرتز	۵۸/۱۷	۵۹/۱۶	۵۷/۳۴	۵۸/۳۳	۰/۹۷۰	۰/۹۵۷
وود	۵۱/۱۶	۵۵/۰۷	۵۰/۳۳	۵۴/۲۴	۰/۹۹۱	۰/۹۶۳
ویلمینک	۵۵/۹۰	۵۷/۰۲	۵۵/۰۷	۵۶/۱۸	۰/۹۷۹	۰/۹۵۲
علی و شفر	۳۸/۶۶	۱۷/۵۵	۳۷/۴۱	۱۶/۳۰	۰/۹۹۹	۰/۹۷۰
دایجکسترا	۵۱/۰۹	۵۵/۲۱	۵۰/۰۵	۵۴/۱۷	۰/۹۹۳	۰/۹۶۶

مدل‌های بهتر و مناسب تر با توجه به توضیح متن bold شده است.

فراسنجه های برآورد شده حاصل از برازش توابع خطی و غیرخطی رکوردهای وزن بدن شتر تک کوهانه در جدول شماره ۳ آورده شده است. در شکل یک برازش منحنی رشد با تابع علی و شفر که بهترین مدل در پیش بینی منحنی رشد شترهای تک کوهانه بود، نشان داده شده است. این تابع قدرت پیش بینی بالاتری در صفات رشد شترهای ماده نسبت به شترهای نر داشت.



شکل ۱: منحنی رشد برازش شده به تفکیک جنسیت شتر براساس تابع علی و شفر

جدول ۳: فراسنجه های برآورد شده (SE ±) حاصل از برازش توابع خطی و غیرخطی رکوردهای وزن بدن شتر تک کوهانه

		پارامترها (Kg)				
مدل	جنس	a	b	c	d	g
خطی	نر	۵۰/۰۵(±۱۱/۱)	۰/۵۱(±۰/۰۴)	--	--	--
	ماده	۴۹/۵۵(±۱۲/۸)	۰/۴۶(±۰/۰۴)	--	--	--
درجه دوم	نر	۴۹/۸(±۱۶/۵)	۵/۱۳(±۰/۱)	-۰/۰۰۰۰۰۶(±۰/۰۰)		
	ماده	۴۵/۲(±۱۸/۴)	۰/۵۲(±۰/۲)	-۰/۰۰۰۱(±۰۰۰۲)		
نمائی	نر	۸۳/۵(±۱۳/۱)	۰/۰۰۳(±۰/۰۰۰)			
	ماده	۸۰/۰۳(±۱۴/۳)	۰/۰۰۳(±۰/۰۰۰۴)			
لجستیک	نر	۴۳۹/۳(±۱۵۱/۳)	۵/۷۲(±۱/۷۸)	۰/۰۰۵(±۰/۰۰۲)		
	ماده	۳۶۷/۸(±۱۱۵/۸)	۵/۰۶(±۱/۷)	۰/۰۰۶(±۰/۰۰۲)		
ون برتالانفی	نر	۶۶۶/۸(±۴۶۳/۱)	۰/۵۶۲(±۰/۰۸)	۰/۰۰۲(±۰/۰۰۱)		
	ماده	۴۷۷/۹(±۲۵۵/۲)	۰/۵۳(±۰/۰۷)	۰/۰۰۲(±۰/۰۰۲)		
گمپرتز	نر	۵۵۵/۷(±۲۹۰)	۲/۲۴(±۰/۰۴)	۰/۰۰۳(±۰/۰۰۱)		
	ماده	۴۲۷/۷(±۱۸۴/۹)	۲/۰۸(±۰/۰۴)	۰/۰۰۳(±۰/۰۰۲)		
وود	نر	۳۹/۹(±۱۱/۸۷)	۰/۱۹(±۰/۰۷)	-۰/۰۰۲(±۰/۰۰۰۳)		
	ماده	۳۵/۹۱(±۱۶/۴)	۰/۲۱(±۰/۱)	-۰/۰۰۱(±۰/۰۰۰۵)		
ویلمینک	نر	۷۴/۶(±۱۰۷)	-۲۷/۱۲(±۱۱۷/۵)	۰/۴۷(±۰/۱۸)		
	ماده	۱۱۶/۳(±۱۱۷/۳)	-۷۳/۸۳(±۱۲۸/۸)	۰/۳۵۴(±۰/۲)		
علی و شفر	نر	۲۷۵/۴(±۴۶/۷)	-۲۰۵/۵(±۵۴/۵)	۱۴/۶۵(±۳/۱)	-۲۸۹/۸(±۶۹)	۵۴/۵(±۱۴)
	ماده	۳۳۶/۴(±۸)	-۲۸۷/۶(±۹/۴)	۱۸/۴۸(±۰/۵)	-۳۹۹(±۱۱۲)	۷۶/۴(±۲/۳)
دایجکسترا	نر	۳۷/۹(±۱۳)	۰/۰۲۱(±۰/۰۲)	۰/۰۲۱(±۰/۰۱)	-۰/۰۰۲(±۰/۰۰)	
	ماده	۳۴/۰۸(±۱۸/۲)	۰/۰۲(±۰/۰۲)	۰/۰۲(±۰/۰۱)	-۰/۰۰۲(±۰/۰۰۰۴)	

بحث

بوجناجه (۲۰۱۹) شش مدل مختلف برای اندازه‌گیری وزن بااستفاده از ابعاد مختلف بدن ارائه کرد. تلکن و همکاران (۲۰۱۷) بهترین مدل را برای برازش منحنی رشد جوجه، مدل گمپرتز، برای منحنی رشد خوک و گوسفند، مدل لجستیک، برای منحنی رشد خرگوش و گاو مدل ون‌برتالانفی و برای منحنی رشد بز، مدل برودی را گزارش کردند. رضاقلی‌وند لاهرود و همکاران (۱۳۹۸) مدل برودی را بهترین مدل در برازش منحنی رشد بزغاله‌های نژاد مهابادی معرفی کردند. حسین‌پور مشهدی و همکاران (۱۳۹۶) برای برازش منحنی رشد بره‌های نر و ماده نژاد بلوچی به‌ترتیب مدل های برودی و ون‌برتالانفی را بهترین مدل گزارش کردند. نتایج این تحقیق نشان داد تابع ون‌برتالانفی در بین توابع مختلف رشد شایستگی بهتری در برازش منحنی رشد شتر تک کوهانه داشت که با نتایج تلکن وهمکاران (۲۰۱۷) در بهترین مدل برای رشد گاو مطابقت داشت و تابع غیرخطی علی و شفر که در توصیف منحنی شیردهی به دفعات در تحقیقات و گزارش سایر محققین مورد استفاده قرار گرفته بود، بهترین مدل در پیش بینی منحنی رشد شترهای تک کوهانه بین ۱۰ مدل مورد بررسی در این مطالعه بود و قدرت پیش بینی بالاتری در صفات رشد شترهای ماده نسبت به شترهای نر داشت.

توصیه های ترویجی

مقایسه شایستگی برازش مدلهای غیرخطی رایج مرتبط با رشد که در سایر تحقیقات استفاده شده بود با مدلهای غیر خطی که در توصیف منحنی شیردهی استفاده شده بودند نشان داد که تابع علی و شفر برای پیش بینی منحنی رشد شتر تک کوهانه به دلیل نیکویی برازش بهتر و قدرت پیش بینی بالاتری نسبت به سایر مدل ها داشت و توصیه میشود از نتایج این مطالعه در برنامه ریزی و استراتژی های مدیریتی و تصمیم گیری در خصوص حذف شترهای کم رشد و انتخاب شترهای با رشد بالا استفاده گردد.

منابع

حسین پور مشهدی، م.، الهی ترشیزی، مهدی، و احتشام قرایی، ش. (۱۳۹۶). توصیف منحنی رشد در بره های نر و ماده نژاد بلوچی با مدل‌های غیرخطی رشد. *مجله پژوهشهای تولیدات دامی*. سال هشتم. شماره ۱۵، ۱۵۵-۱۶۰.

رضا قلی وند، ع.، مرادی شهر بابک، م. و پاکدل ع. (۱۳۹۸). مقایسه مدل‌های آماری غیرخطی توصیف کننده منحنی رشد در بزغاله های نژاد مهابادی. *نشریه علوم دامی(پژوهش و سازندگی)*. شماره ۱۲۲، ص ص.، ۳۲۷-۳۳۸.

صالحی، م.، نوبهاری، ح.، امامی میبدی، م.ع.، زیبایی، س.، صیدی، د.، خدائی، س.ع. (۱۳۹۵). *راهنمای پرورش شتر*. نشر آموزش کشاورزی.

عبداللهی، وحیده. (۱۳۹۱). اهمیت اقتصادی شتر بعنوان یک جایگزین منحصر به فرد در شرایط بحران، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران، وزارت کشور.

Abdallah, H., and Faye, B. (2013). Typology of camel farming system in Saudi Arabia. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 250-260.

Ahmad, S., Yaqoob, M., Hashmi, N., Ahmad, S., Zaman, M., and Tariq, M. (2010). Economic importance of camel: a unique alternative under crisis. *Pakistan Veterinary Journal, 30*(4), 191-197.

Arnhold, E. (2017). Package 'easynls'; easy nonlinear model. https://cran.r-project.org/

Beniwal, B., & Chaudhry, A. (1983). Growth pattern in Bikaneri camel (Camelus dromedarius)[India]. *Indian Journal of Animal Sciences (India)*.

Bissa, U., Yadav, B., Khanna, N., and Pant, K. (1998). *Growth Curve of Body Weight from Birth to Four Years in Bikaneri Breed of Indian Camels (Camelus dromedarius).* Paper presented at the The third meeting for Animal Production Under Arid Conditions. United Arab Emirates University.

Boujenane, I. (2019). Comparison of body weight estimation equations for camels (Camelus dromedarius). *Tropical Animal Health and Production, 51*(4), 1003-1007.

Dijkstra, J., France, J., Dhanoa, M., Maas, J., Hanigan, M., Rook, A., & Beever, D. (1997). A model to describe growth patterns of the mammary gland during pregnancy and lactation. *Journal of Dairy Science, 80*(10), 2340-2354.

Schwarz, G. (1978). Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics*, 6:461–464.

Wilmink, J. (1987). Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science, 16*(4), 335-348.

Wood, P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature, 216*(5111), 164-165.

Teleken, J. T., Galvão, A. C., and Robazza, W. d. S. (2017). Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals. *Acta Scientiarum. Animal Sciences, 39*(1), 73-81.