دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

مقایسه برخی مدل‌های آماری غیرخطی در توصیف منحنی رشد مرغ‌های بومی مازندران

مسیح برارپور[۱]، محسن قلی‌زاده[۲]، سید حسن حافظیان[۳] و ایوب فرهادی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (نویسنده مسوول: mh_gholizadeh@yahoo.com)
۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۹
صفحه: ۱۳۲ تا ۱۳۸

چکیده

منحنی‌های رشد یکی از راه‌های توصیف رشد در یک دوره زمانی خاص هستند و بنابراین استفاده از توابع غیرخطی رشد به منظور اندازه‌گیری و پیش‌بینی وزن در زمان‌های مختلف عمر حیوان و محاسبه سودآوری تولید مفید خواهد بود. منحنی رشد در واقع ارتباط بین سن و وزن را به تعدادی محدود پارامترهای قابل تفسیر خلاصه می‌نمایند. هدف از این پژوهش تعیین بهترین مدل غیرخطی توصیف‌کننده منحنی رشد در مرغ بومی مازندران بود. برای رسیدن به این هدف، از داده‌های وزن بدن در سنین مختلف مرغ بومی (هچ، ۸ هفتگی، ۱۲ هفتگی و وزن بلوغ جنسی) مربوط به ۲۱ نسل اول که در مرکز اصلاح نژاد مرغ بومی مازندران جمع‌آوری شده‌اند استفاده شد. مدل‌های غیرخطی گومپرتز، لجستیک، برودی، ورهالست، ریچاردزو ون برتالانفی برای توصیف منحنی رشد مورد آزمون قرار گرفتند. برازش مدل‌های غیرخطی با استفاده از رویه‌ی حداقل مربعات غیرخطی (NLIN) نرم‌افزار SAS انجام شد. به‌منظور تعیین بهترین مدل از ضریب تبیین اصلاح شده (R^2adj)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، معیار اطلاعات آکائیک (AIC) و معیار اطلاعات بیزی (BIC) استفاده شد. مدل گومپرتز با کمترین مقدار برای آماره‌های MSE، RMSE، AIC و BIC به عنوان بهترین مدل توصیف‌کننده منحنی رشد و مدل ریچاردز به عنوان نامناسب ترین مدل توصیف‌کننده رشد در مرغ بومی مازندران بود. همبستگی بین پارامترهای به دست آمده با استفاده از بهترین مدل غیرخطی (گومپرتز) نشان داد که همبستگی بین پارامتر a و b مثبت (۷۲ درصد) و همبستگی بین a و k منفی (۸۶ درصد) و همبستگی بین پارامترهای b و k منفی (۹۵ درصد) برآورد شد. مقدار ضریب تبیین و ضریب تبیین استاندارد شده برای توابع مختلف مورد بررسی بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۳ متغییر بود. به‌طورکلی نتایج نشان داد که مدل گوپرتز بهترین تابع توصیف کننده منحنی رشد در مرغ بومی مازندران است که می‌تواند برای پیش‌بینی وزن آینده پرنده‌ها و مدیریت گله مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مرغ بومی، مدل‌های غیرخطی، منحنی رشد، وزن بدن

مقدمه

مرغ‌های بومی کشور، از لحاظ حفظ ذخایر ژنتیکی منابع عظیم و ارزشمند ژنی محسوب می‌شوند و به عنوان تامین کننده بخشی از اقتصاد روستایی مورد توجه قرار می‌گیرند. صفات رشد یکی از مهم‌ترین صفات اقتصادی در حیوانات اهلی، تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی هستند (۳۵). نرخ رشد، یا چگونگی تغییرات وزن بدن در مراحل مختلف، به عنوان یک صفت مهم در اصلاح نژاد در نظر گرفته می‌شود که می‌توان آن را به کمک یک تابع غیرخطی توصیف نمود. هر چند میزان رشد در بین دام‌ها متفاوت است با استفاده از حل این معادلات توصیف مطلوبی از میزان رشد در جمعیت دام‌ها بر اساس سن به دست می‌آید (۳).

منحنی‌های رشد یکی از راه‌های توصیف رشد در یک دوره‌ی زمانی خاص هستند و بنابراین استفاده از توابع غیرخطی رشد به منظور اندازه‌گیری و پیش بینی وزن در زمان‌های مختلف عمر حیوان و محاسبه سودآوری تولید مفید خواهد بود. بنابراین پیش بینی پروفایل رشدی انفرادی و گروهی در هر دو سطح فنوتیپی و ژنتیکی به گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (۲۱،۲۲،۳۳). معادلات ریاضی که توابع رشد نامیده می‌شوند توانایی این را دارند که رابطه سن و وزن را به تعدادی محدود پارامترهای ریاضی قابل تفسیر خلاصه نمایند (۶،۱۵). این پارامترها پتانسیل رشدی یک حیوان را توصیف می‌نمایند که شامل وزن بلوغ و نرخ بلوغ در برابر وزن زنده در زمان مشخص هستند. توابع رشد شامل توابع رشد گومپرتز[۱]، برودی[۲]، لجستیک[۳]، وانبرتالانفی[۴] و نمایی منفی[۵] به طور گسترده در گونه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۲۶،۲۴،۱۶). برخی مطالعات نشان داده است که تابع رشد گومپرتز بهتر از دیگر توابع رشد برای مدل‌سازی و پیش‌بینی فنوتیپ آینده وزن زنده حیوان عمل می‌کند (۸،۳۱). استرادا و همکاران (۱۱) مدل‌های غیرخطی رشد مختلف شامل گومپرتز-لایرد، ریچاردز و ونبرتالانفی را برای شناسایی بهترین مدل توصیف کننده رشد در جوجه‌های نژاد Creole مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل غیر خطی ودبرتالانفی بهترین مدل برای توصیف منحنی رشد در این نژاد است. همچنین مدل‌های گومپرتز و لجستیک وزن هچ را بیش برآورد و وزن نهایی را کم برآوردند کردند. فرجی آروق و همکاران (۱۲) مدل های منحنی رشد غیرخطی شامل گومپرتز، ریچاردز، لوپز، لجستیک و وانبرتالانفی را برای توصیف منحنی رشد در مرغ بومی خزک سیستان مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس معیار نکوئی برازش، مدل لوپز به عنوان بهترین مدل توصیف کننده منحنی رشد مرغ بومی خزک انتخاب شد. مانجولا و همکاران (۱۴) پارامترهای ژنتیکی وزن‌گیری و پارامترهای منحنی رشد را در مرغ بومی کره برآورد نمودند.

1- Gompertz 2- Brody 3- Logistic 4- Von Bertalanffy 5- Negative exponential

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.33.11.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.33.132]

فرجی آروق و همکارن (۱۳) ، فراسنجه‌های ژنتیکی و مؤلفه‌های (کو) واریانس منحنی رشد را در یک جمعیت آمیختهٔ بلدرچین ژاپنی با استفاده از منحنی رشد گمپرتز برازش و فراسنجه‌های منحنی را برآورد کردند. توراث پذیری پارامترهای منحنی رشد شامل وزن بلوغ وزن هچ، شاخص بلوغ، وزن و سن در نقطهٔ عطف، به ترتیب برابر با ۰/۳۳۵، ۰/۲۶۹، ۰/۲۷۳، ۰/۲۹۱ و ۰/۳۹۷ برآورد شد. همبستگی ژنتیکی وزن هچ با شاخص بلوغ و وزن بلوغ مثبت برآورد شد (۰/۱۴ و ۰/۲۴)، اما همبستگی ژنتیکی وزن هچ با سن و وزن در نقطهٔ عطف منفی (۰/۲۴- و ۰/۱۲-) برآورد شد.

توابع رشد دارای سه پارامتر (توابع لجستیک، برودی و وانبرتالانفی) یا دو پارامتر (تابع رشد نمایی منفی) هستند که به لحاظ بیولوژی قابل تفسیر بوده و به توارث می‌رسند (۱۸،۲۰) و بنابراین با انتخاب ژنتیکی این پارامترها را می‌توان بهبود داد و یک منحنی رشد ایده‌ال را از طریق انتخاب برای مقادیر مطلوب پارامترهای منحنی رشد به دست آورد (۱،۳). از آنجائی‌که که رشد، فرم سیگموئیدی دارد این توابع غیرخطی این پتانسیل را دارند که بهتر از مدل‌های خطی رشد را نوصیف نمایند (۳۵). بنابراین با توجه به اهمیت مدل‌های غیر خطی به عنوان توصیف کننده رشد و پیش‌بینی وزن بدن در سن خاص، هدف از مطالعه حاضر مقایسه برخی مدل‌های رشد غیرخطی در توصیف منحنی رشد مرغ‌های بومی مازندران بود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مربوط به وزن بدن در سنین تولد (هچ)، ۸ هفتگی، ۱۲ هفتگی و سن بلوغ جنسی مرغ بومی مازندران که در طی ۲۱ نسل از مرکز اصلاح نژاد مرغ بومی مازندران جمع‌آوری شده اند و داده‌ها در اکسل وارد و ویرایش شدند. داده‌های پرت بر اساس میانگین و انحراف معیار شناسایی شدند و داده‌های بالاتر و پایین‌تر از ۳ انحراف معیار از میانگین به عنوان داده‌های پرت شناسایی و حذف شدند. شجره برای جمعیت مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار cfc (۱۹) مورد پردازش قرار گرفت. فرم‌های ریاضی توابع غیر خطی مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مدل‌های آماری مورد استفاده برای توصیف منحنی رشد مرغ بومی مازندران

Table 1. Statistical models used to describe the growth curve of Mazandaran native chickens

فرم‌های ریاضی	معادله	رفرنس
برودی	$y = A\ (1- Be^{-Kt})$	(۵)
لجستیک	$y = \frac{A}{1+ Be^{kt}}$	(۲۵)
گومپرتز	$y = Ae^{Be^{-kt}}$	(۱۹)
ون برتالنفی	$y = A(1-Be^{-Kt})^3$	(۳۷)
ورهالست	y= a/(1+b*exp(-k*t))	(۳۶)
ریچاردز	y=a*((1-b*exp(-k*t)))**-m	(۲۹)
نمایی منفی	$y = A- (Ae^{-Kt})$	(۷)

که، y: نشان‌دهنده وزن بدن در سن t، A: وزن مجانبی که به صورت وزن بلوغ تفسیر می‌شود، B: نسبت وزن بلوغ به وزن هچ بر پایه لگاریتم و k: ضریب ثابتی است که نرخ بالغ شدن نامیده می‌شود و تابعی از نسبت حداکثر نرخ رشد به وزن بلوغ مجانبی (گرم/روز به گرم وزن بلوغ) است. مقادیر بزرگ k نشان‌دهنده بلوغ زود هنگام فرد است و بالعکس.

هر یک از مدل‌ها با استفاده از رویه NLIN در نرم‌افزار SAS (SAS 2011) اجرا شدند. آزمون نیکوئی برازش با استفاده از شاخص‌های زیر بررسی شد:

(۱) ضریب تبیین[1] $R^2 = 1 - (\frac{SSE}{SST})$

که در آن، SSE جمع مربعات خطا، SST جمع مربعات کل، n شمار مشاهدات و p تعداد پارامترهای مدل است. مقدار R^2 بین صفر و یک تغییر می‌کند و برازش یک مدل اگر مقدار R^2 به یک نزدیک باشد مطلوب خواهد بود.

(۲) ضریب تبیین تصحیح شده

$$R^2_{Adj} = 1 - \left[(\frac{n-1}{n-p}) * (1 - R^2_{model})\right]$$

(۳) معیار اطلاعات آکائیک

(۲) $AIC = n.\ln\left(\frac{SSE}{n}\right) + 2p$ [2]

(۴) معیار اطلاعات بیزی

(۳۱) $BIC = n.\ln\left(\frac{SSE}{n}\right) + p.\ln(n)$ [3]

(۵) خطای جذر میانگین مربعات[4]

$$RMSE = \sqrt{\frac{SSE}{n-p}}$$

مقدار RMSE یکی از مهمترین معیارهای بررسی مدل و انتخاب بهترین مدل است و بهترین مدل، مدلی است که کمترین RMSE را دارا باشد. همچنین مدلی با AIC و BIC کمتر، بهترین مدل خواهد بود.

1- Determination coefficient
2- Akaike's information criterion
3- Bayesian information criterion
4- Root mean square error

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.33.11.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.33.132]

نتایج و بحث

این پژوهش به منظور انتخاب بهترین مدل غیرخطی توصیف‌کننده منحنی رشد در مرغ بومی مازندران انجام شد. آنالیز ساختار شجره‌ی مرغان بومی استان مازندران برای آنالیز این تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده است

جدول ۲- شجره داده‌های مورد استفاده در مرغ بومی مازندران

Table 2. Pedigree structure for data used in Mazandaran native chickens

تعداد کل پرنده‌ها	۸۰۹۲۴
تعداد افراد همخون	۲۰۴۰۸
تعداد پدران	۱۸۹۶
تعداد مادران	۱۳۰۱۸
تعداد فاندرها	۳۲۹۲

آماره‌های توصیفی مربوط به صفات مورد مطالعه در مرغ بومی مازندران در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- آماره‌های توصیفی مربوط به صفات مورد مطالعه در مرغ بومی مازندران

Table 3. Statistical description of traits studied in Mazandaran Native chickens

	وزن هچ	وزن ۸ هفتگی	وزن ۱۲ هفتگی	وزن در بلوغ جنسی
تعداد	۲۶۵۹۴	۲۶۵۹۴	۲۶۵۹۴	۲۶۵۹۴
میانگین (گرم)	۳۶/۲۸۲	۵۵۶/۷۹	۹۲۹/۰۸۳	۱۷۴۸/۴۵۳
انحراف معیار(گرم)	۳/۲۸	۱۴۱/۴۶	۲۰۱/۱۱	۲۱۷/۱۶۶
ضریب تغییرات	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۲۱۶	۰/۱۲۴
حداکثر(گرم)	۸۴/۲۰۰	۱۱۰۰	۱۷۰۰	۲۵۰۰
حداقل(گرم)	۲۵	۲۰۰	۳۲۰	۹۸۰

مقادیر برآورد شده فراسنجه‌های توابع غیرخطی در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- مقادیر برآورد شده متغیرهای توابع غیرخطی در مرغ بومی مازندران

Table 4. Estimated values for variables of non-linear functions in Mazandaran native chickens

توابع	پارامتر	مقدار برآورد شده	خطای استاندارد	حدود اطمینان ۹۵ درصد	
				حد بالا	حدپایین
برودی	A	۱۰۷۷	۱/۶۲۳	۱۰۷۴	۱۰۸۲
	B	۱/۶۴۹	۰/۰۰۴	۱/۶۳۹	۱/۶۵۷۱
	K	۰/۵۳۴	۰/۰۰۰۱	۰/۵۲۹	۰/۵۴۰
گومپرتز	A	۲۰۰۹	۳/۱۱	۲۰۰۳	۲۰۰۱۵
	B	- ۴/۴۵	۰/۰۲۱	۴/۴۹۶	- ۴/۴۱۲۶
	K	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱۹
لجستیک	A	۱۸۴۵/۲	۱/۶۷۷۵	۱۸۴۱/۹	۱۸۴۸/۵
	B	۲۲/۶۳	۰/۱۶۸۹	۲۲/۳۱	۲۲/۹۷
	K	- ۰/۰۳۸۵	۰/۰۰۰۱	- ۰/۰۳۸	- ۰/۰۳۸
ون برتالنفی	A	۲۰۷۰/۶	۴/۱۵۶۰	۲۰۶۲/۵	۲۰۷۸/۸
	B	۱/۰۰۳۰	۰/۰۰۴۹	۰/۹۹۳۵	۱/۰۱۲
	K	۰/۰۱۸۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
ورهالست	A	۱۸۴۵/۲	۱/۶۷۸	۱۸۴۱/۹	۱۸۴۸/۵
	B	۲۲/۶۴	۰/۱۶۸	۲۲/۳۰	۲۲/۹۶
	K	۰/۰۳۸۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸
ریچاردز	A	۱۸۸۱	۳۰/۳۸	۱۸۲۱/۵	۱۹۴۰/۶
	B	۰/۰۰۰۴	۰/۱۲۶	- ۰/۲۴۵۷	۰/۲۴۷
	K	۰/۰۱۱۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳
	m	- ۴۰۱۷/۲	۱۱۴۳۱۹۸	۲۲۴۴۶۷۱	۲۲۳۶۶۳۶

A وزن مجانبی که به صورت وزن بلوغ تفسیر می‌شود، B نسبتی از ورن بلوغ که در تولد کرفته ی شود (نسبت وزن بلوغ به وزن هچ بر پایه لگاریتم) و k ضریب ثابتی است که نرخ بالغ شدن نامیده می‌شود و تابعی از نسبت حداکثر نرخ رشد به وزن بلوغ مجانبی (گرم/روز به گرم وزن بلوغ)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.33.11.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.33.132]

نتایج نیکوئی برازش برای مدل‌های مختلف رشد با استفاده از چندین روش از جمله AIC، RMSE، MSE، بررسی شد آماره‌های مدل‌های مورد مطالعه در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- شاخص‌های انتخاب مناسب‌ترین مدل غیرخطی برای توصیف الگوی رشد مرغ بومی مازندران
Table 5. Indexes for most appropriate non-linear model selection to describe growth pattern in Mazandaran native fowls

	MSE	RMSE	AIC	R^2	R^2adiusted	BIC
ریچاردز	۳۵۲۱۴/۷۷	۱۸۷/۶۶	۱۰۶۵۴۷۶/۵۵	۰/۹۲	۰/۹۲	۱۰۶۵۵۰۵/۱۵
ورهالست	۲۹۷۶۱/۷۹	۱۷۲/۵۲	۱۰۴۸۳۵۴/۴۰	۰/۹۳	۰/۹۳	۱۰۴۸۳۸۲/۹۹
ون برتالانفی	۳۰۷۴۲/۷۱	۱۷۵/۳۴	۱۰۵۱۶۵۴/۶۲	۰/۹۳	۰/۹۳	۱۰۵۱۶۸۳/۲۱
گومپرتز	۲۹۶۴۱/۰۴	۱۷۲/۱۷	۱۰۴۷۹۴۰/۶۵	۰/۹۳	۰/۹۳	۱۰۴۷۹۶۹/۲۴
لجستیک	۲۹۷۶۱/۷۸	۱۷۲/۵۲	۱۰۴۸۳۵۴/۳۵	۰/۹۳	۰/۹۳	۱۰۴۸۳۸۲/۹۴

R^2: ضریب تبیین، R^2_{adj}: ضریب تبیین تصحیح شده، AIC: ضریب آکائیک، MSE : میانگین مربعات خطا

همانطور که مشاهده می‌شود مدل گومپرتز با کمترین مقدار برای آماره‌های MSE، RMSE، AIC و BIC به عنوان بهترین مدل توصیف کننده منحنی رشد در مرغ بومی مازندران می‌باشد. به همین ترتیب بر اساس آماره‌های به دست آمده، مدل ریچاردز به عنوان نامناسب‌ترین مدل توصیف‌کننده منحنی رشد در مرغ بومی مازندران معرفی می‌شود. مدل برودی نیز برای داده‌های مرغ بومی مازندران به همگرایی نرسید.

مطالعات متعددی نشان داده است که مدل گومپرتز برای پیش‌بینی وزن زنده آینده حیوان نسبت به مدل‌های دیگری برتری دارد (۳۱،۸). تابع گومپرتز سه پارامتر دارد که به لحاظ زیستی قابل تفسیر و قابل توارث شناخته شده‌اند (۱۸،۲۰) و بنابراین می‌توانند با انتخاب ژنتیکی بهبود یابند. موافق با نتایج این تحقیق، ابراهیمی و همکاران (۱۰) که منحنی رشد ترکیبی چهار سویه مختلف بلدرچین ژاپنی در یک سیستم تلاقی دی آلل جزئی را مورد مطالعه قرار دادند، تابع رشد گمپرتز را به عنوان مناسب‌ترین تابع معرفی کردند. استرادا و همکاران (۱۱) مدل غیرخطی وانبربرتالانفی را به‌عنوان بهترین مدل برای توصیف منحنی رشد در در جوجه‌های نژاد Creole معرفی کردند. فرجی آروق و همکاران (۱۲) مدل لوپز را به عنوان بهترین مدل توصیف‌کننده منحنی رشد مرغ بومی خزک انتخاب معرفی کردند. رحیم‌زاده (۲۸) تابع ناروشین تاکما دو را به عنوان مناسب‌ترین مدل توصیف کننده منحنی تولید تخم در طول ۱۳ هفته در بلدرچین ژاپنی را برازش نمود. کاپلان و گوران (۱۷) مدل ریچاردز را به عنوان بهترین مدل توصیف کننده رشد در بلدرچین ژاپنی در هر دو جنس نر و ماده معرفی کردند. توابع رشد غیرخطی متعددی برای توصیف منحنی رشد در گونه‌ها و نژادهای مختلف طیور بررسی شده‌اند که نتایج مختلفی به همراه داشته‌اند. بنابراین ضروری است که توابع رشد برای هر جمعیت و گونه و نژاد به صورت مجزا مورد مطالعه قرار گیرد. نتایج مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت ساختار ژنتیکی جمعیت‌های مختلف و تفاوت در ساختار مدیریتی و محیط پرورشی باشد.

مقدار ضریب تبیین و ضریب تبیین استاندارد شده برای توابع مختلف مورد بررسی که نشان‌دهنده مقدار تغییرات میانگین اطراف خط رگرسیون است و نشان‌دهنده مناسب بودن برازش مدل رگرسیونی است بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۳ متغییر بود. این مقادیر مشابه مقادیر گزارش شده توسط استرادا و همکاران (۱۱) و بزرگتر از مقادیر گزارش شده توسط فرجی آروق و همکاران (۹) بود. مقادیر بالاتر ضریب تبیین در مطالعات متعددی گزارش شده است (۲۱).

مقادیر برآورد شده فراسنجه‌های توابع غیرخطی نشان داد که مقدار پارامتر A (که نشان‌دهنده وزن مجانبی است و می توان آن را به صورت وزن بلوغ پرنده تفسیر کرد) بر اساس بهترین مدل (گوپرتز) ۲۰۰۹ گرم برآورد شد که بالاتر از مقادیر وزن بلوغ برآورد شده توسط فرجی آروق و همکاران (۸) در مرغ بومی خزک و پایین‌تر از مقدار برآورد شده توسط مانجولا و همکاران (۲۱) در مرغ بومی کره است. در مطالعه حاضر، همچنین مقدار A برای مرغ بومی در مدل ورهالست بالاترین (۲۲/۶۸) و در مدل ریچاردز کمترین (۰/۰۱۱) مقدار خود را نشان داد. مقادیر بیشتر A نشان می‌دهد که پرنده‌ها در بلوغ سنگین‌تر هستند و می‌توان نتیجه گرفت که رشد آهسته‌تری دارند چرا که در مقایسه با دیگر پرنده‌ها زمان بیشتری نیاز است تا به بلوغ برسند. تعریف یک وزن بزرگسالی بهینه ساده نیست، چرا که به گونه، نژاد، روش انتخاب، سیستم مدیریت و شرایط محیطی بستگی دارد. اندازه A معمولا نقطه‌ای در نظر گرفته می‌شود که بافت ماهیچه‌ای از نظر ساختار و تجمع سلولی در نقطه حداکثر خود باشد (۲۷). پارامتر نرخ بلوغ (K) نشان‌دهنده سن حیوان در زمان بلوغ می‌باشد و هرچه میزان پارامتر نرخ بلوغ بیشتر شود، حیوان وزن بلوغ جسمی خود را در سن پایین‌تری بدست خواهد آورد. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، کمترین مقدار این پارامتر مربوط به مدل برودی (۰/۰۰۸) و بیشترین مقدار آن مربوط به مدل لجستیک (۰/۰۲۴) بود. پارامتر K یک برآورد مهم در منحنی رشد محسوب می‌شود چرا که سرعت رشد برای رسیدن به وزن بلوغ را نشان می دهد. پرنده‌هایی با مقادیر K بزرگ‌تر، نسبت به پرنده‌هایی با مقدار کمتر برای این پارامتر با وزن اولیه کمتر بلوغ زودرس نشان می‌دهند. برآورد پارامتر K در مرغ بومی مازندران کمتر از مرغ بومی کره در تحقیق مانجولا و همکاران (۲۱) بود. تفاوت در مقادیر این پارامترها می‌تواند به دلیل بازه‌های اندازه گیری رکوردها و مدل غیرخطی مورد استفاده باشد.

همبستگی بین پارامترهای به دست آمده با استفاده از بهترین مدل غیر خطی (گومپرتز) محاسبه شد. همبستگی بین پارامتر a و b مثبت (۷۲ درصد) و همبستگی بین a و k منفی (۸۶ درصد) برآورد شد. همچنین همبستگی بین پارامترهای b و k

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.33.11.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.33.132]

منفی (۹۵ درصد) برآورد شد. مهم‌ترین همبستگی بیولوژیکی برای یک منحنی رشد بین پارامترهای A و K برقرار است. بر اساس بهترین مدل به دست آمده در این مطالعه، همبستگی منفی بین این دو پارامتر در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که پرنده‌هایی با بلوغ زودتر بعید است که وزن بلوغ بیشتری داشته باشند (۹). پارامتر B نشان‌دهنده نرخ رشد از تولد تا بلوغ دام است کمترین مقدار پارامتر B مربوط به مدل ون‌برتالانفی (۰/۵۲) و بیشترین مقدار آن مربوط به مدل لجستیک (۶/۴۴) بود.

همبستگی بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی وزن در سنین مختلف با استفاده از توابع مختلف و همین طور همبستگی بین مقادیر پیش بینی شده توابع غیر خطی مختلف در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶- همبستگی بین مقادیر مشاهده شده وزن بدن در سنین مختلف و مقادیر پیش‌بینی آن‌ها با استفاده از توابع مختلف

Table 6. Correlation between observed body weights in different ages and their expected values obtained using different functions

	مشاهده شده	لجستیک	گومپرتز	ون برتالانفی	ورهالست	ریچاردز
مشاهده شده	۱					
لجستیک	۰/۹۶۴	۱				
گومپرتز	۰/۹۶۷	۰/۹۹۸	۱			
ون برتالانفی	۰/۹۶۲	۰/۹۹۸	۰/۹۹۶	۱		
ورهالست	۰/۹۶۴	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۱	
ریچاردز	۰/۹۵۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۶	۰/۹۹۸	۱

بیشترین و کمترین همبستگی بین داده‌های مشاهده شده و داده‌های پیش‌بینی شده، به ترتیب با استفاده از توابع غیر خطی گومپرتز (۹۶/۴ درصد) و ریچاردز (۹۵/۷ درصد) به دست آمد. همبستگی بین مقادیر واقعی وزن در سنین مختلف و مقادیر پیشبینی شدهٔ همه توابع بالاتر از ۰/۹۵ بود که نشان می‌دهد این توابع از قدرت خوبی برای پیش بینی داده‌های وزنی برای رکوردهای آینده برخوردار هستند. در میان این توابع، تابع گومپرتز دارای بیشترین همبستگی بود که نشان می‌دهد مقادیر پیش‌بینی شده توسط این تابع دارای صحت بالایی می‌باشند که نتایج بخش نکوئی برازش را تأیید می‌کند. همچنین در میان این توابع، تابع ریچاردز دارای کمترین همبستگی محاسبه شد که نشان می‌دهد مقادیر پیشبینی شده توسط این تابع دارای صحت و دقت پایینی نسبت به دیگر توابع مورد بررسی می‌باشد. رحیم‌زاده و همکاران (۲۸) گزارش کردند که همبستگی بین مقادیر واقعی تولید تخم و مقادیر پیشبینی شده همه توابع به استثنای تابع جزء به جزء، بالاتر از ۰/۹ است و مقدار همبستگی برای توابع ناروشین تاکما دو و لجستیک بالاتر از ۰/۹۵ بود. همچنین مقادیر پیش‌بینی شده توسط تابع جز به جز دارای صحت و دقت پایینی است.

به‌طور کلی نتایج نشان داد که بر اساس معیارهای نکوئی برازش مدل غیرخطی گومپرتز می‌تواند به عنوان مدل مناسب برای توصیف منحنی رشد در مرغ بومی مازندران به کار گرفته شود.

تشکر و قدردانی

از مدیریت وکارکنان مرکز اصلاح نژاد مرغ بومی کشور برای جمع آوری داده‌ها سپاسگزاری می نماییم.

منابع

1. Abegaz, S., J.B. Van Wyk and J.J. Olivier. 2010. Estimation of genetic and phenotypic parameters of growth curve and their relationship with early growth and productivity in Horro sheep. Archive Tierzocht, 53: 85-94.
2. Akaike, H. 1977. On entropy maximization principle. In: Krishnaiah, P.R. (Editor). Applications of Statistics, North-Holland, Amsterdam, pp: 27-41.
3. Arango, J.A. and L.D. Van Vleck. 2002. Size of beef cows; early ideas new developments. Genetic and Molecular Research, 1: 51-63.
4. Bathaei, S.S. and P.L. Leroy. 1998. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. Small Ruminant Research, 29: 261-269.
5. Brody, S., 1945. Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing Corp., New York, NY.
6. Brown, J.E., H.A. Fitzhugh and T.C. Cartwright. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. Journal of Animal Science, 42: 810-818.
7. Bruce-Clarke, A. and L. Ralph. 1970. Probability and Random Processes for Engineers and Scientists. John Wiley & Sons, Inc., New York (USA),
8. Coyne, J.M., D.P. Berry, E.A. Mcantysaari, J. Juga and N. McHugh. 2015. Comparison of fixed effects and mixed model growth functions in modelling and predicting live weight in pigs. Livestock Science, 177: 8-14.
9. Da Silva, L.S.A., A.B. Fraga, F.D.L. da Silva, P.M. Guimarães Beelen, R.M. de Oliveira Silva, H. Tonhati and C.D.C. Barros. 2012. Growth curve in Santa Inês sheep. Small Ruminant Research, 105: 182-185.
10. Ebrahimi, K., G.R. Dashab, H. Faraji and M. Rokouei. 2018. Growth Curves Fitting in Japanese Quail Di-Allele Crosses and Comparison of Growth Patterns of Crossbreds. Research of Animal Production, 9: 110-122 (In Persian).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.33.11.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.33.132]

11. Estrada, M., F. González-Cerón, Pro-Martínez, A. Glafiro and J. Bautista-Ortega. 2020. Comparison of four nonlinear growth models in Creole chickens of Mexico, Poultry Science, 99: 1995-2000,
12. Faraji-Arough, H., M. Rokouei, A. Maghsoudi and M. Mehri. 2019. Evaluation of Non- linear Growth Curves Models for Native Slow-growing Khazak Chickens. Poultry Science, 7: 25-32.
13. Faraji-Arough, H., M. Rokouei. K. Ebrahimi, G.R. Dashab. Estimation of (co)Variance components of growth curve parameters in Japanese quail 2018. Iranian Journal of Animal Science, 49: 237-246 (In Persian).
14. Gideon Schwarz, E. 1978. Estimating the dimension of a model. Annals of Statistics, 6: 461-464.
15. Goonewardene, L.A., R.T. Berg and R.T. Hardin. 1981. A growth study of beef cattle. Canadian Journal of Animal Science, 61: 1041-1048.
16. Hosseinpour-Mashhadi, M., M. Elahi-Torshizi and S. Ehtesham-Gharaee. 2017. Description of Growth Curve in Male and Female Lambs of Baluchi Breed by Application of Nonlinear Growth Models. Research on Animal Production, 8: 155-160 (In Persian).
17. Kaplan, S. and E.K. Gürcan. 2018. Comparison of growth curves using non-linear regression function in Japanese quail, Journal of Applied Animal Research, 46: 112-117.
18. Koivula, M., M.L. Sevon-Aimonen, I. Stranden, K. Matilainen, T.K.J. Serenius, Stalder and E.A. Mantysaari. 2008. Genetic (co)variances and breeding value estimation of Gompertz growth curve parameters in Finnish Yorkshire boars, gilts and barrows. Journal of Animal Breeding and Genetics, 125: 168-175.
19. Laird, A.K. 1965. Dynamics of relative growth. Growth, 29: 249-263.
20. Lewis, R.M., G.C. Emmans and G. Simm. 2002. A description of the growth of sheep and its genetic analysis. Animal Science, 74: 51-52.
21. Manjula, P., H.B. Park, D. Seo, N. Choi, S. Jin, S.J. Ahn, K.N. Heo, B.S. Kang and J.H. Lee. 2018. Estimation of heritability and genetic correlation of body weight gain and growth curve parameters in Korean native chicken. Asian-Australas Journal of Animal Science, 31: 26-31.
22. McHugh, N., R.D. Evans, A.G. Fahey and D.P. Berry. 2012. Animal muscularity and size are genetically correlated with animal live-weight and price. Livestock Science, 144: 11-19.
23. Meyer, K. 2005. Estimates of genetic covariance functions for growth of Angus cattle. Livestock Science, 122: 73-85.
24. Mirhoseini, S.Z., N.G. Hossein-Zadeh and F. Hadinezhad. 2018. Comparison of Non-Liner Growth Models to Describe the Growth Curve from Birth to Yearling in Markhoz Goat. Research on Animal Production, 8: 131-138 (In Persian).
25. Nelder, J.A. 1961. The fitting of a generalization of the logistic curve. Biometrics, 17: 89-110.
26. Nezhadali, M., S. Alijani and A. javanmard. 2020. Comparison of Non-Linear Models to Describe of Growth Pattern in Makuie Sheep. Research on Animal Production, 11: 88-94 (In Persian).
27. Owens, F.N. and P. Dubeski.1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. Journal of Animal Science, 71: 3138-3350.
28. Rahimzadeh, R., M. Rokouei, H. Faraji-Arough, A. Maghsoudi and B. Keshtegar. 2017. Short- term egg production curve fitting using nonlinear models in Japanese quail. Animal Production, 19: 299-310 (In Persian).
29. Richards, F.J. 1959. A flexible growth functions for empirical use. Journal of Experimental Botany, 10: 290-300.
30. Sargolzaei, M., H. Iwaisaki and J.J. Colleau. 2006. CFC: a tool for monitoring genetic diversity. In Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 13 – 18 August, 2006. pp: 27- 28.
31. Schwarz, G.E. 1978. Estimating the dimension of a model. Annals of Statistics, 6: 461-464.
32. Sevon-Aimonen, M.L. 2001. The parameters of growth curve and composition of growth for Finnish pigs. In: Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Budapest, Hungary, 26–29 August 2001. Copyright EAAP, Budapest, Hungary.
33. Sowande, O. and O Sobola. 2008. Body measurements of west African dwarf sheep as parameters for estimation of live-weight. Tropical Animal Health and Production, 40: 433-439.
34. Tariq, M., F. Iqbal, E. Eyduran, M.A. Bajwa, Z.E. Huma and A. Waheed. 2013. Comparison of non-linear functions to describe the growth in Mengali sheep breed of Balochistan. Pakistan Journal of Zoology, 45: 661-665.
35. Tariq, M.M., M.A. Bajwa, A. Waheed, E. Eyduran, F. Abbas, F. A. Bokhari and A. Akbar. 2011. Growth curve in Mengali sheep breed of Balochistan. Journal of Animal and Plant Science, 21: 5-7.
36. Verhulst, P.F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Correspondance Mathématique et Physique, 10: 113-121
37. Von Bertalanffy, L. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. The Quarterly Review of Biology, 32: 217-231.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-30]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.33.11.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.33.132]

Comparison of some Non-Linear Statistical Models to Describe the Growth Curve of Mazandaran Native Chickens

Masih Bararpour[1], Mohsen Gholizadeh[2], Hasan Hafezian[3] and Ayoub Farhadi[3]

1- M.Sc. Student, Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Associate Professor, Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, (Corresponding author: mh_gholizadeh@yahoo.com)
3- Associate Professor, Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: January 1, 2021 Accepted: March 9, 2021

Abstract

Growth curves are an approach to describe the growth over a specific period of time, so it would be useful to use nonlinear growth functions to measure and predict weight at different times of an animal's life and calculate production profitability. Growth curves actually summarize the relationship between age and weight into a limited number of interpretable parameters. The aim of this study was to determine the best nonlinear model describing the growth curve in Mazandaran native chickens. To achieve this goal, body weight data on different ages of native chickens (hatch, 8 weeks, 12 weeks and sexual maturity) for the first 21 generations collected at the Mazandaran Indigenous Breeding Center were used. Nonlinear models of Gompertz, logistics; Brody, Verhulst, Richards and VonBertalanffy were tested to describe the growth curve. Fitting of nonlinear models was performed using nonlinear least squares (NLIN) procedure of SAS software. To determine the most appropriate growth function and comparison between models, the coefficient of explanation (R2), corrected coefficient of explanation, Bayesian information criterion (BIC), Akaike information criterion (AIC) and root mean square error (RMSE) were used. Gompertz model with the lowest values for MSE, RMSE, AIC and BIC statistics was detected as the best model describing growth curve and Richards's model as the most inappropriate model describing growth in Mazandaran native chicken. Correlation between parameters obtained using the best nonlinear model (Gompertz) showed that the correlation between parameter and b was positive (72%) and the correlation between and k was negative (86%). Also correlation between parameters b and k was negative (95%). The value of coefficient of explanation and adjusted coefficient of explanation for different functions varied between 0.92 to 0.93. In general, the results showed that the Gompertz model was the best function describing the growth curve in Mazandaran native chickens that could be used in herd management to predict the future weight of birds.

Keywords: Growth, Native chicken, Nonlinear model, Prediction

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-30]

[DOR: 20.1001.1.22518622.1400.12.33.11.6]
[DOI: 10.52547/rap.12.33.132]