دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

برازش منحنی رشد در بلدرچین ژاپنی با استفاده از مدل‌های غیرخطی و مختلط غیرخطی

سیدرضا میرائی آشتیانی[۱]، میثم بشیری[۲]، عباس پاکدل[۳] و محمد مرادی شهربابک[۴]

۱- استاد دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول: ashtiani@ut.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تهران
۳- دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- استاد دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰
صفحه: ۱۲۴ تا ۱۲۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: امروزه مدل‌های رشد در سامانه‌های زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. برای نمونه از طریق تجزیه و تحلیل و مطالعه منحنی‌های رشد در نشخوارکنندگان و طیور، این امکان وجود دارد تا مراحل رشد آنها را با قوانین شناخته شده رشد انطباق داده و به‌کمک آنها برنامه‌های مدیریتی و تغذیه‌ای جهت انتخاب و تاثیر بر پرورش و بهره‌وری دام‌ها ارائه نمود. به‌علاوه از منحنی‌های رشد می‌توان جهت ارزیابی پتانسیل ژنتیکی موجود زنده نیز استفاده کرد. این مطالعه به‌منظور بررسی قابلیت‌ها و مزیت‌های مدل‌های غیرخطی و مختلط غیرخطی در توصیف و بررسی الگوی رشد بلدرچین ژاپنی انجام شده است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق اطلاعات رشد لاین‌های مختلف بلدرچین اعم از لاین سنگین وزن (HW)، سبک وزن (LW) و شاهد استفاده شد. به‌منظور بررسی و توصیف الگوی رشد بلدرچین‌های سه گروه، از سه مدل رشد لجستیک، گمپرتز و ریچارد هم به‌صورت غیرخطی و هم به‌صورت مختلط غیرخطی استفاده شد و این مدل‌ها با سه معیار ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و معیار اطلاعات آکایک (AIC) با یکدیگر مقایسه شدند.

یافته‌ها: مقادیر معیارهای ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و معیار اطلاعات آکایک (AIC) به‌ترتیب برای مدل لجستیک غیرخطی (۰/۹۵۴، ۷۴/۰۳۴، ۶۵۸۲۹) و برای مدل گمپرتز غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۵۷، ۷۲/۵۶، ۶۵۳۰۷) و همچنین برای مدل ریچارد غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۵۱، ۷۲/۷۳۰، ۶۵۳۴۹) بدست آمد. همچنین سه معیار ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و معیار اطلاعات آکایک (AIC) برای مدل لجستیک مختلط غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۷۶، ۳۳/۴۰۰، ۶۱۴۴۹) و برای مدل گمپرتز مختلط غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۷۸، ۳۱/۶۵۸، ۶۰۶۴۱) و همچنین برای مدل ریچارد مختلط غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۷۸، ۳۱/۸۴۹، ۶۰۵۹۱) بدست آمد، که مدل‌های مختلط غیرخطی به‌دلیل بالاتر بودن دقت و کمتر بودن خطا نسبت به مدل‌های غیرخطی برتری داشتند.

نتیجه‌گیری: مدل رشد ریچارد مختلط با داشتن بالاترین دقت و کمترین خطا بهتر از سایر مدل‌ها می‌تواند رشد را در بلدرچین ژاپنی پیش‌بینی کند و توابع گمپرتز و لجستیک در رده‌های بعدی قرار دارند. در میان مدل‌های غیرخطی به‌ترتیب مدل گمپرتز، ریچارد و لجستیک برازش بهتری داشتند و در میان مدل‌های مختلط غیرخطی به‌ترتیب برازش مدل‌های ریچارد، گمپرتز و لجستیک بهتر بود. در بین توابع مدل لجستیک غیرخطی به‌دلیل کمتر بودن دقت و بیشتر بودن خطا توصیف مناسبی از منحنی رشد بلدرچین ندارد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های غیرخطی مختلط، مدل لجستیک، مدل ریچارد، مدل گمپرتز، منحنی رشد، بلدرچین ژاپنی

مقدمه

رشد در موجودات زنده تحت‌تاثیر عوامل مختلفی اعم از ژنتیک، محیط و اثر متقابل آنها قرار دارد و می‌تواند با تغییرات ایجاد شده در طی حیات که همراه با استفاده از مواد غذایی است، تشریح شود. این فرآیند منجر به افزایش حجم، اندازه یا شکل یک موجود می‌گردد. این تغییرات را می‌توان با اندازه گیری وزن بدن در دوره‌های منظم پیگیری نمود و با استفاده از معادلات ریاضی مورد بررسی قرار داد. پارامترهای رشد از لحاظ بیولوژیکی قابل تفسیر هستند (۳،۱). مفاهیم بیولوژیکی پارامترهای مدل رشد فرصت مناسبی را برای توسعه استراتژی‌های اصلاح نژادی از طریق تعدیل فعالیت‌های مدیریتی یا ساختار ژنتیکی شکل منحنی رشد فراهم می‌کنند. به علاوه این توابع اجازه مطالعه تفاوت‌های موجود در بین لاین‌هایی که ساختار ژنتیکی متفاوتی دارند را نیز فراهم می‌آورند. به‌طور کلی الگوی رشد گونه‌های طیور اهلی به‌صورت سیگموئیدی یا S شکل می‌باشد. بررسی‌های صورت گرفته بر روی منحنی‌های رشد گونه‌های مختلف طیور اهلی نشان داده است که انتخاب به عنوان یکی از ابزارهای اساسی اصلاح دام، الگو و شکل منحنی رشد را از طریق تغییر در وزن بلوغ جسمی و محل نقطه عطف منحنی رشد تغییر می‌دهد (۱۳،۴).

منحنی رشد تغییرات منظم در ارتباط با وزن زنده که با افزایش سن معمولا به‌صورت سیگموئیدی (S شکل) است، را توصیف می‌کند. امروزه مدل‌های رشد در سیستم‌های زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. برای نمونه از طریق تجزیه و تحلیل و مطالعه منحنی‌های رشد در نشخوارکنندگان و طیور، این امکان وجود دارد تا مراحل رشد آنها را با قوانین شناخته شده رشد انطباق داده و به‌کمک آنها برنامه‌های مدیریتی و تغذیه‌ای جهت انتخاب و تاثیر بر پرورش و بهره‌وری دام‌ها ارائه نمود. به‌علاوه از منحنی‌های رشد می‌توان جهت ارزیابی پتانسیل ژنتیکی موجود زنده نیز استفاده کرد (۱). از طرفی با توجه به همبستگی موجود بین فراسنجه‌های منحنی رشد و صفات مرتبط با رشد می‌توان از توابع رشد برای پیش‌بینی میزان رشد و برآورد تغییرات شکل منحنی استفاده کرد. ضمنا می‌توان با استفاده از منحنی رشد تفاوت بین گونه‌ها، نژادها، جنس، تغذیه و دیگر عوامل را بررسی کرد و از فراسنجه‌های منحنی رشد به عنوان معیار انتخاب در برنامه‌های اصلاح‌نژادی استفاده نمود.

میگنون–گراستو و همکاران (۸) پارامترهای ژنتیکی منحنی رشد را برآورد و نشان دادند که پارامترهای منحنی رشد قابل وراثت هستند. سولون و همکاران (۱۲) نیز نشان دادند که پارامترهای منحنی رشد وراثت‌پذیرند و با انجام انتخاب

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.1.9]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.124]

می‌توان شکل منحنی رشد را تغییر داد و رشد را بهبود بخشید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از داده‌های یک گروه شاهد و دو لاین بلدرچین ژاپنی که به‌ترتیب لاین‌های سنگین وزن (HW) و سبک وزن (LW) بودند، استفاده شد. لازم به ذکر است که بلدرچین‌های لاین‌های HW و LW طی ۷ نسل به‌ترتیب برای افزایش و کاهش وزن بدن انتخاب شده بودند. در آزمایش مذکور تعداد ۴۵۰ تخم از هر لاین جمع‌آوری و حداکثر پس از ۴ روز نگهداری در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد به دستگاه ستر منتقل شدند. در زمان هچ تعداد ۱۳۴ پرنده از لاین HW، ۲۳۹ پرنده از لاین LW و ۲۰۱ پرنده از گروه شاهد پس از وزن کشی به‌صورت گروهی بر روی بستر انتقال داده شدند. جوجه‌ها از روز اول بر روی بستر و تحت شرایط کنترل شده از نظر دما و تهویه قرار گرفته و جیره غذایی آنها براساس احتیاجات ذکر شده در NRC (۱۹۹۴) تهیه و در اختیار آنها قرار داده شد. در طی روزهای آزمایش غذا و آب به‌صورت آزاد در اختیار بلدرچین‌ها قرار داده شد. اندازه‌گیری خوراک مصرفی به‌صورت گروهی و هر هفته یک‌بار صورت گرفته است. بلدرچین‌ها از سن سه روزگی شماره بال خورده و از سن ۴ روزگی وزن‌کشی آنها آغاز شد. وزن‌کشی بلدرچین‌ها در طی این آزمایش به‌صورت انفرادی برای هر پرنده و تا سن ۲۱ روزگی به‌صورت روزانه انجام گرفت و از این به‌بعد وزن کشی فقط در سنین ۲۴، ۲۸، ۳۲، ۳۵ و ۴۵ روزگی صورت گرفت. لازم به ذکر است که به‌منظور اندازه‌گیری میزان خوراک مصرفی انفرادی بلدرچین‌ها، جوجه بلدرچین‌ها از سن ۲۱ روزگی به درون قفس منتقل شدند، اما به‌دلیل کوچکی بلدرچین‌ها به‌ویژه بلدرچین‌های لاین LW و نامناسب بودن شرایط قفس برای آنها بلدرچین‌ها مجددا در سن ۲۸ روزگی به درون بستر منتقل شدند.

نظر به‌اینکه جوجه‌ها از هر دو جنس بودند، از زمانیکه جنسیت قابل تشخیص شده بود تعداد از هر جنس در داخل هرسه گروه بررسی شد که تفاوت زیادی نداشتند. لذا در این تحقیق به‌منظور بررسی مدل های مختلف، به جنسیت افراد توجهی نشد. در پایان دوره پرورش و پس از اعمال ۴ ساعت گرسنگی به‌منظور خالی شدن محتویات دستگاه گوارش، وزن‌کشی صورت گرفت.

به‌منظور بررسی و توصیف الگوی رشد داده‌های وزن بدن در سنین مختلف بلدرچین‌های ژاپنی از سه مدل لجستیک، گمپرتز و ریچارد هم به‌صورت غیرخطی و هم مختلط غیرخطی استفاده شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۱ و دو رویه غیرخطی و مختلط غیرخطی برازش شد و صحت مدل‌ها بر اساس سه معیار ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و معیار اطلاعات آکایک (AIC) تعیین شد. پارامترهای هر مدل با استفاده از روش تکرار گوس نیوتون برآورد شد.

مدل لجستیک

$$W_t = W_0 W_f / [W_0 + (W_f - W_0) \exp(-bt)]$$

که در آن W_t: وزن پرنده در زمان t، W_0: وزن اولیه، W_f: وزن بلوغ جسمی و b: پارامتر مدل می‌باشد.

در این مدل نرخ رشد از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$bw\left[1-\frac{w_f}{w_0}\right]$$

مدل ریچارد

$$Yt = A[1 + b\exp(-kt)]^{-1/n}$$

در این مدل Y(t): وزن پرنده در سن t، A: وزن بلوغ جسمی هنگامی که t به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، که به طور کلی متوسط وزن بدن در زمان بلوغ جسمی می‌باشد A مستقل از تغییرات وزن بدن در اثر تغییرات محیط خارجی می‌باشد. b: ضریب ثابت تابع می‌باشد و فاقد تفسیر بیولوژیک خاصی است و k: نرخ تغییرات خطی تابع لگاریتمی بلوغ جسمی در واحد زمان یا شاخص بلوغ است که این شاخص نرخ بلوغ جسمی را در منحنی رشد برآورد می‌کند (یعنی نرخ دست یافتن به A)، پارامتر شکل که تعیین کننده جایگاه نقطه عطف در منحنی رشد می‌باشد، این پارامتر درجه بلوغ جسمی را در نقطه عطف منحنی رشد نشان می‌دهد. در این مدل نرخ رشد از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$V = \frac{Ak}{2(n+2)}$$

مدل گمپرتز

شکل اصلی این مدل به‌صورت زیر می‌باشد:

$$W(t) = M \exp[-\alpha \exp(-M\beta t)]$$

در این مدل W(t): وزن بدن، M: وزن بلوغ جسمی، W_0: وزن اولیه، t: زمان و β: پارامتر مدل می‌باشند.

در این مدل‌ها منحنی رشد در اطراف نقطه حداکثر نرخ رشد است. هرچند تفاوت‌هایی بین آنها در نقطه عطف وجود دارد. نقطه عطف در مدل گمپرتز ثابت و در مدل ریچارد (انعطاف پذیر) نسبت به مقادیر رشد به صورت مجانبی متغیر است (۱۳). توضیح جزئی تر روابط برای برآورد پارامترهای مدلها در در مقاله Aggrey (۱) قابل رجوع و ملاحظه می باشند. داده ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (version 9.1) و توسط PROC NLIN آنالیز شمند و پارامترها برای مدل‌های مختلف براورد شدند.

معیارهای ارزیابی

به‌منظور مقایسه مدل‌ها با یکدیگر در این مطالعه از معیارهای زیر استفاده می‌شود:

ضریب تعیین (R^2)

ضریب تعیین نشان‌دهنده سهم عوامل قابل کنترل در پراکنش موجود بین مشاهده‌ها است و برابر با نسبتی از پراکنش صفت وابسته (صفت مورد مطالعه) می‌باشد که بوسیله عوامل قابل کنترل ایجاد شده است. ضریب تعیین بالا، نشان دهنده این است که بخش زیادی از عوامل موثر بر صفت مورد بررسی به صورت قابل کنترل درآمده‌اند. ضریب تعیین به صورت نسبت مجموع مربعات عوامل قابل کنترل به مجموع مربعات کل محاسبه می‌شود.

$$R^2 = 1 - (SSE/SST)$$

معمولا در هنگام ارزیابی مدل‌ها مطلوب این است که مقدار R^2، ۰/۷۵ یا بالاتر باشد که در این حالت ۰/۲۵ تغییرات متغیر وابسته تحت تاثیر عوامل باقیمانده یا ناشناخته است. هر چقدر تعداد مشاهدات بالا رود میزان R^2 نیز افزایش می‌یابد بنابراین تغییرات R^2 تحت‌تاثیر تعداد

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.1.9]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.124]

پارامترها و تعداد مشاهدات است. در داده‌های مزرعه‌ای مقدار R^2 معمولا پایین است.

میانگین مربعات خطا (MSE)

با استفاده از تجزیه باقی مانده‌ها، می‌توان اعتبار مدل را مورد سنجش قرار داد. میانگین مربعات از تقسیم مجموع مربعات خطا بر درجه آزادی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MSE = SSE / (n-k)$$

که SSE مجموع مربعات خطا، n تعداد کل مشاهدات و k تعدادپارامترهای مدل می‌باشد.

معیار اطلاعات آکایک (AIC)

بر اساس این معیار، هر مدل دارای یک آکایک مخصوص به خود است و مدلی که کوچکترین مقدار آکایک را دارد، مدل بهینه می‌باشد. برای تصحیح خطای مدل‌های برازش شده بر اساس تعداد پارامترهای هر یک از آنها از آماره AIC استفاده می‌شود (۵). به عبارت دیگر این آماره برای مقایسه مدل‌هایی با تعداد پارامترهای متفاوت کاربرد دارد. مقدار کمتر آماره آکایک نشانگر بهتر بودن مدل است. مقدار آکایک در نرم‌افزارها با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$AIC = n\log(SSE/n) + 2p$$

که SSE، n و p به ترتیب مجموع مربعات باقیمانده، تعداد مشاهدات و تعداد پارامترهای مدل می‌باشند.

آگری (۱) پیشنهاد داد که مدل ریچارد به دلیل انعطاف‌پذیر بودن آن مدل مناسبی در برازش منحنی رشد جوجه‌های گوشتی می‌باشد و به همین دلیل در بیشتر مطالعات از این مدل استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

بهبود ژنتیکی وزن بدن نقش مهمی را در حصول بازده مطلوب حیوانات مزرعه ایفا می کند. در طی چند دهه اخیر تلاش‌های گوناگونی به منظور شناخت و مدیریت منحنی رشد برای رسیدن به وزن بالا در زمان کشتار و یا وزن مناسب در زمان بلوغ جنسی، از طریق انتخاب در بوقلمون و مرغ انجام شده است (۵).

نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داده است که انتخاب توابع رشد بستگی به گونه خاص، سویه و حتی لاین خاص دارد (۱۱،۱۰). اگر چه بین وزن گروه‌های مختلف مورد مطالعه در این پژوهش تفاوت وجود داشت و بلدرچین‌های لاین HW در نقطه عطف به‌طور معنی‌داری ($p>0.01$) سنگین‌تر از لاین‌های LW و شاهد بودند، ولی شکل و رفتار منحنی رشد در آنها دارای الگوی مشابه بود.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مدل رشد ریچارد مختلط غیر خطی با داشتن بالاترین دقت و کمترین خطا بهتر از سایر مدل‌ها می‌تواند رشد را در بلدرچین ژاپنی پیش‌بینی کند. در بین توابع مدل لجستیک غیرخطی به دلیل کمتر بودن مقدار ضریب تعیین (R^2) و بیشتر بودن میانگین مربعات خطا (MSE) و معیار اطلاعات آکایک (AIC) توصیف مناسبی از منحنی تولید ندارد.

در این مطالعه مقادیر معیارهای ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و معیار اطلاعات آکایک (AIC) به‌ترتیب برای مدل لجستیک غیرخطی (۰/۹۵۴، ۷۴/۰۳۴، ۶۵۸۲۹) و برای مدل گمپرتز غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۵۷، ۷۲/۵۶۰، ۶۵۳۰۷) و همچنین برای مدل ریچارد غیرخطی (۰/۹۵۱، ۷۲/۷۳۰، ۶۵۳۴۹) بدست آمد (جدول ۱). همچنین سه معیار ضریب تعیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE) و معیار اطلاعات آکایک (AIC) برای مدل لجستیک مختلط غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۷۶، ۳۳/۴۰۰، ۶۱۴۴۹) و برای مدل گمپرتز مختلط غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۷۸، ۳۱/۶۵۸، ۶۰۶۴۱) و برای مدل ریچارد مختلط غیرخطی به‌ترتیب (۰/۹۷۸، ۳۱/۸۴۹، ۶۰۵۹۱) بدست آمد که مدل‌های مختلط غیرخطی به دلیل بالاتر بودن ضریب تعیین و کمتر بودن میانگین مربعات خطا و معیار اطلاعات آکایک نسبت به مدل‌های غیرخطی برتری داشتند (جدول ۱). از نظر مقایسه مدل‌ها؛ در میان مدل‌های غیرخطی به ترتیب مدل‌های گمپرتز، ریچارد و سپس لجستیک برازش بهتری داشتند و در میان مدل‌های مختلط غیرخطی به‌ترتیب برازش مدل‌های ریچارد، گمپرتز و بعد لجستیک بهتر بودند.

مدل ریچارد غیرخطی مختلط با تخمین وزن نهایی ۲۳۳/۴ گرم بیشترین پیش بینی و مدل لجستیک غیرخطی با تخمین وزن ۱۹۹/۴۵ کمترین پیش‌بینی از وزن نهایی را داشته است.

جدول ۱- پارامترهای برآورد شده و معیارهای مختلف برای نکویی برازش توابع توصیف کننده منحنی رشد بلدرچین ژاپنی

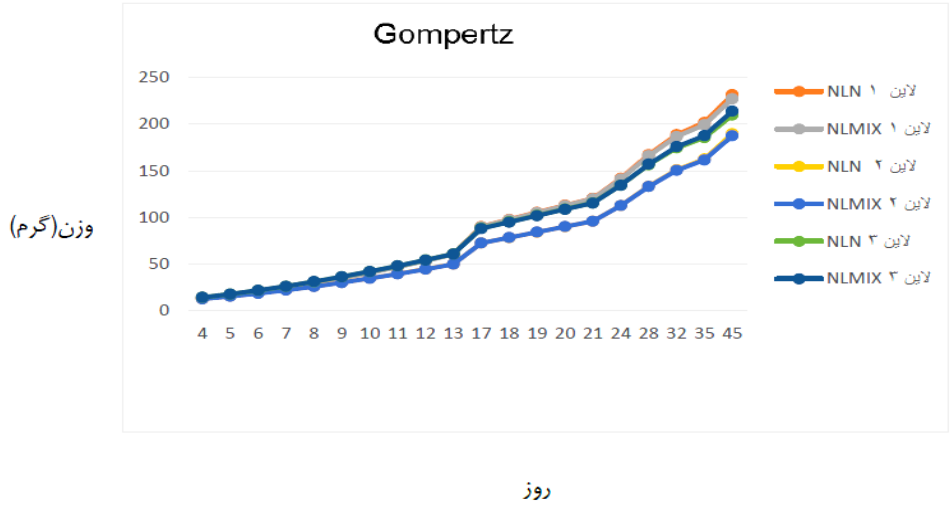
Table 1. Estimated parameters and different criteria for the functions describing growth pattern of Japanese quail

پارامتر / مدل	لجستیک غیر خطی	گمپرتز غیرخطی	ریچارد غیرخطی	لجستیک غیرخطی مختلط	گمپرتز غیرخطی مختلط	ریچارد غیرخطی مختلط
b1	۱۹۹/۴۵ ± ۱/۶۶	۲۳۲/۶۰ ± ۲/۶۸	۲۲۸/۴۰± ۲/۶۰	۲۰۷/۵۳ ± ۱/۶۰	۲۳۱/۸ ± ۲/۳۸	۲۳۳/۳۰± ۲/۹۰
b2	۱۹ ± ۰/۳۵۰	۳/۹۱ ± ۰/۰۳۴	- ۰/۰۰۴± ۰/۰۳۶	۱۵/۶۰ ± ۰/۴۲۰	۳/۹۳ ± ۰/۰۵۹	-۰/۰۳۷ ± ۰/۱۲۰
b3	۰/۱۴۹± ۰/۰۰۱۵	۰/۰۷۷ ± ۰/۰۰۱۱	۰/۰۷۹ ± ۰/۰۰۱۲	۰/۱۳۹ ± ۰/۰۰۱۵	۰/۰۷۸ ± ۰/۰۰۱۰	۰/۰۷۷ ± ۰/۰۰۲۳
b4	-	-	۰/۰۰۰۳۶ ± ۰/۰۰۹۳	-	-	۰۰۱۲ ± ۰/۰۲۹
R^2	۰/۹۵۴	۰/۹۵۷	۰/۹۵۱	۰/۹۷۶	۰/۹۷۸	۰/۹۷۸
MSE	۷۴/۰۳	۷۲/۵۶	۷۲/۷۳	۳۳/۴	۳۱/۶۶	۳۱/۸۵
AIC	۶۵۸۲۹	۶۵۳۰۷	۶۵۳۴۹	۶۱۴۴۹	۶۰۶۴۱	۶۰۵۹۱
BIC	۶۵۹۰۰	۶۵۳۷۷	۶۵۴۴۰	۶۱۴۹۷	۶۰۶۸۹	۶۰۶۵۲

b1=Asymptote weight، b2 = Scale parameter (constant)، b3 =Relative growth rate،b4 = Shape parameter، R^2= Coefficient of determination،MSE =Mean Square Error،AIC = Akaike's Information Criterion، BIC= bayesian information criterion

مدل ریچارد انعطاف پذیری بیشتری دارد و بالاترین دقت و کمترین خطا را در بین سایر مدل‌ها دارا می‌باشد همچنین این مدل پیش بینی بهتری داشته و بهتر می‌تواند رشد بلدرچین را برازش دهد. احمدی و گلیان (۲) گزارش کردند که قابلیت انعطاف بیشتر مدل ریچارد ممکن است منجر به دقت پیش‌بینی بیشتر و برازش بهتر داده‌های رشد جوجه‌های گوشتی باشد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.1.9]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.124]



شکل ۱- پیش‌بینی وزن بدن بلدرچین توسط مدل گمپرتز به‌صورت غیرخطی و غیرخطی مختلط

Figure 1. Prediction of quail body weight using non-linear and nonlinear mixed Gompertz models

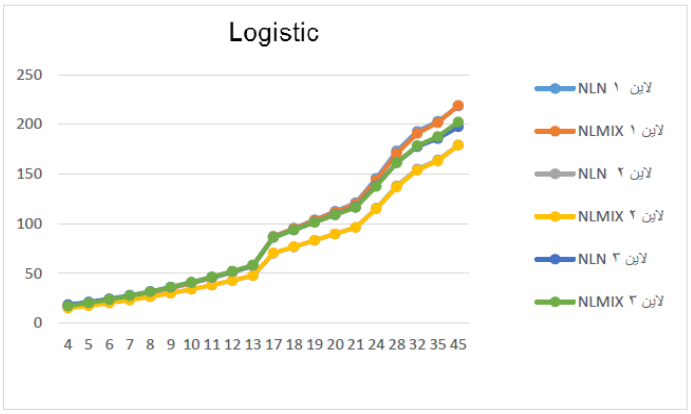
برخی از توابع رشد مثل توابع رشد گمپرتز، لجستیک و لوپز دارای انعطاف پذیری اندکی در توصیف الگوی رشد می‌باشند که دلیل عمده آن وابستگی نقطه عطف منحنی به وزن بلوغ جسمی است. با توجه به اینکه پرندگانی مانند بلدرچین و جوجه گوشتی در طی دوره رشد خود به ندرت به بلوغ جسمی می‌رسند، لذا این امر یکی از نواقص عمده در مدل‌های رشد موصوف می‌باشد (۱۲).

ارزیابی وزن بدن در طی رشد در اصلاح نژاد، مدیریت و اهداف تجاری حائز اهمیت است از طرفی برآوردهای وراثت پذیری پارامترهای منحنی رشد به طور متوسط بالاست (۶). این اطلاعات برای بازاریابی و پیش بینی‌های تجاری، دادن اطلاعات در مورد پیش بینی‌های تولید، و همچنین برای تعیین سیستم تغذیه مناسب مهم می‌باشد.

نارینک و همکاران (۹) ۱۱ مدل آماری را در داده‌های بلدرچین ژاپنی برازش دادند که مدل گمپرتز با دقت بالاتر و خطای کمتر بهترین برازش را داشته است و پس از آن مدل ریچارد بهترین برازش را داشته است. که با نتایج این تحقیق در رابطه با مدل‌های غیرخطی هم خوانی داشت.

وضعیت پیش بینی وزن بدن بلدرچین ها برای سه گروه مورد بررسی در این تحقیق برای مدلهای رشد غیر خطی و مختلط غیر خطی سه مدل گمپرتز، لجستیک و ریچارد به ترتیب در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.

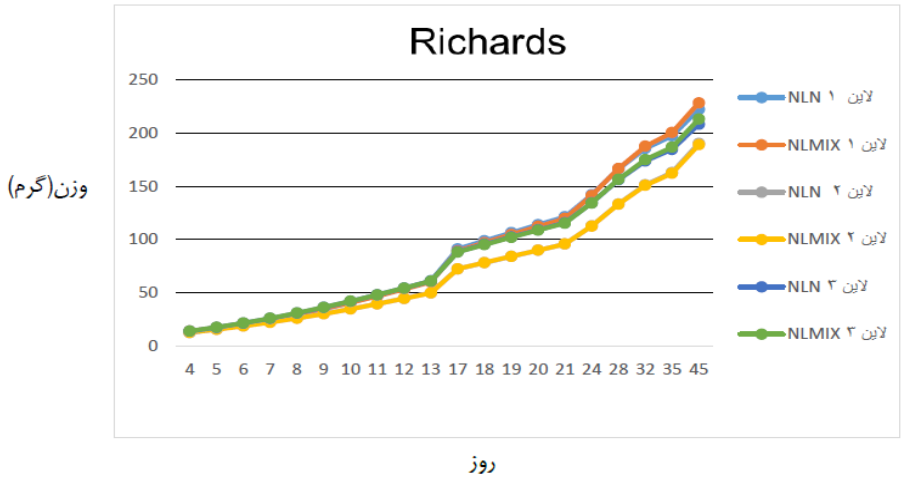
منحنی رشد مبتنی بر مدل رشد ریچارد بدلیل دارا بودن پارامتر شکل که دامنه تغییران آن از ۱- تا œ+ است و این پارامتر نمی تواند برابر صفر یا ۱- باشد، انعطاف پذیری بسیار مناسبی در توصیف الگوهای رشد S شکل (سیگموئیدی) دارد.



شکل ۲- پیش بینی وزن بدن بلدرچین توسط مدل لجستیک به‌صورت غیرخطی و غیرخطی مختلط

Figure 2. Prediction of quail body weight using non-linear and nonlinear mixed logistic models

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.1.9]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.124]



شکل ۳- پیش بینی وزن بدن بلدرچین توسط مدل ریچارد به‌صورت غیرخطی و غیرخطی مختلط
Figure 3. Prediction of quail body weight using non-linear and nonlinear mixed Richard's models

بریسبین و همکاران (۵) بیان کردند که پارامتر شکل (پارامترb_4) در پاسخ به تغییرات محیط و اثر آن بر نرخ رشد تمایل زیادی به تغییر از خود نشان می دهد.
فرناندو و همکاران(۷) در بررسی مدل‌های گمپرتز، ریچارد، وان برتالانفی، لجستیک و برودی در پیش بینی رشد در مرغان تخم گذار مدل گمپرتز را بهترین مدل با بیشترین دقت و کمترین خطا معرفی کردند.

منابع

1. Aggrey, S.E. 2002 Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. Poultry Science, 81: 1782-1788.
2. Ahmadi, H. and A. Golian. 2008. Non-linear hyperplastic growth models for describing growth curve in classical strain of broiler chicken. Research Journal of Biological Sciences, 3(11): 1300-1304.
3. AI-murrani, W.K. 1978. Maternal effects on embryonic and post-embryonic growth in poultry. British Poultry Science, 19: 277-281.
4. Anthony, N.B., K.E. Nestor and L.W. Bacon. 1986. Growth curve of Japanese quail as modified by divergent selection for 4-week body weight. Poultry Science, 65: 1825-1833.
5. Birsbin, I.L., G.C. White and P.B. Bush. 1987. A new paradigm for analysis and interpretation of growth data: the shape of things to come. Auk, 104: 552-554.
6. Gebhardt-Henrich, S.G. and H.L. Marks. 1993. Heritability of growth curve parameters and age-specific expression of genetic variation under two different feeding regimes of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Genetic Research, 62: 45-55.
7. Galeano-Vasco, LF., M.F. Cerón-Muñoz and W. Narváez-Solarte. 2014. Ability of non-linear mixed models to predict growth in laying hens. Breeding, Genetics and Reproduction, 43(11): 573-578.
8. Mignon-Grasteau, S., C. Beaumont and F.H. Ricard. 1999. Genetic parameters of growth curve parameters in male and female chickens. British Poultry Science, 40: 44-51.
9. Narinc, D.E., M. Karaman, F. Ziya and T. Aksoy. 2010. Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. Journal of Animal Veterinary Advances, 9(14): 1961-1966.
10. Richklefs R.E. 1979. Pattern of growth in birds. V. A comparative study of development in the starling, common term, and Japanese quail. Auk, 96: 10-30.
11. Schinckel, A.P., J. Ferrell, M.E. Einstein, S.A. Pearce and R.D. Boyd. 2003. Analysis of pig growth from birth to sixty days of age. in Swine Research Report Pages, 57-67 p.
12. Tholon P., E.C. Freitas, M.S. Stein and S.A. Queiroz. 2006 Genetic parameters estimates to Gompertz growth curve parameters fitted to partridges raised in captivity. In Proceedings of 12th International Euro Poultry Conference, 10-14 Sept 2006, Verona, Italy, 1-4 p.
13. Zelenka, D.J., E.A. Dunnington and P.B. Siegel. 1986. Growth to sexual maturity of dwarf and nondwarf White Rock chickens divergently selected for juvenile body weight. Theoretical Applied Genetics, 73: 61-65.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.1.9]
[DOI: 10.52547/rap.13.36.124]

Fitting Growth Curve in Japanese Quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) using Nonlinear and Nonlinear Mixed Models

Seyed Reza Mirai Ashtiani[1], Maysam Bashiri[2], Abbas Pakdel[3] and Mohammad Moradi Shahrbabak[4]

1- Professor, University of Tehran, (Corresponding author: ashtiani@ut.ac.ir)
2- Graduated MSc. Student , University of Tehran
3- Associate Professor, Isfahan University of Technology
4- Professor, University of Tehran
Received: 15 February, 2016 Accepted: 19 February, 2022

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.36.1.9]

[DOI: 10.52547/rap.13.36.124]

Extended Abstract

Introduction and Objective: The growth models own a very great importance in biological systems. For example, by analyzing the growth curve of ruminant animals and poultries, it is possible to fastener and to manage their rearing, nutritional and behavioral requirements, based on their growth routines and principles. On the other hand, the growth pattern of animals might be used in evaluating their genetic potential for breeding purposes. Thus, to evaluate and describe the growth pattern of Japanese quail, this study aimed to evaluate the capabilities and advantages of non-linear and nonlinear mixed models to describe and evaluate the growth pattern of Japanese quail.

Material and Methods: In order to assess and designate the growth pattern of Japanese quail, we used the growth data of three groups; high weight (HW), low weight (LW) and the control lines of Japanese quail. Different models, including logistic, Gompertz and Richard's both non-linear and nonlinear mixed models were fitted to the data. For evaluation of models three criteria including coefficient of determination (R^2), mean square error (MSE) and Akaike's information criterion (AIC) were employed as criteria to compare the mentioned six different models.

Results: Values of the coefficient of determination (R^2), for logistic, Gompertz and Richard's nonlinear models were 0.954, 0.957 and 0.951, mean square error (MSE) for three models were 74.034, 72.560 and 72.730, and Akaike's information criterion (AIC) for the models were 65829, 65307 and 65349, respectively. The results for non-linear mixed models, in the same order mentioned above and for R^2, MSE and AIC, were 0.976, 0.978 and 0.978; 33.400, 31.658 and 31.849; 61449, 60641 and 60591 respectively.

Conclusion: The results showed that nonlinear mixed models had higher accuracy and less mean square error, compared to nonlinear models and Richard's model is more capable (better) to the predict growth pattern of Japanese quail. Also among non-linear models Gompertz model had a better fit to the purpose. In general, it can be said that the parameters determined by the functions inspected in this study, are not much different.

Keywords: Gompertz model, Growth curve, Japanese quail, Logistic model, Non-linear mixed models, Richard model