



تولیات دامی

دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶

صفحه‌های ۳۱۰-۲۹۹

برازش توابع غیرخطی برای توصیف منحنی تولید کوتاه‌مدت تخم در بلدرچین ژاپنی

راضیه رحیم‌زاده^۱، محمد رکوعی^{۲*}، هادی فرجی آروق^۳، علی مقصودی^۴، بهروز کشته‌گر^۵

۱. کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم دامی و بیوانفورماتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳. استادیار، پژوهشکده دام‌های خاص، پژوهشگاه دانشگاه زابل، زابل، ایران
۴. استادیار، گروه علوم دامی و پژوهشکده زیست‌فناوری و کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۵. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۱۸

چکیده

هدف از این تحقیق، برازش بهترین تابع برای منحنی تولید تخم، طی ۱۳ هفته بلدرچین ژاپنی بود. بدین منظور، رکوردهای هفتگی و انفرادی تولید تخم ۳۱۴ بلدرچین ژاپنی برای برازش توابع استفاده شد. توابع لجستیک غیرخطی، گامای ناقص، گامای تصحیح شده، لخورست، ناروشین تاکما دو، جزء به جزء و لجستیک نلدر با نرم‌افزار **R** برازش شد. برای انتخاب بهترین تابع از معیارهای میانگین مربعات خطا، معیار آکائیک و معیار اطلاعات بیزی استفاده شد. نتایج نشان داد که تابع ناروشین تاکما دو (کمترین میانگین مربعات خطا، معیار آکائیک و معیار اطلاعات بیزی) و تابع جزء به جزء (بیشترین میانگین مربعات خطا، معیار آکائیک، معیار اطلاعات بیزی) به ترتیب مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین تابع برای توصیف منحنی تولید تخم بلدرچین‌ها بودند. بیشترین همبستگی (۰/۹۵۳) بین مقادیر پیش‌بینی شده تعداد تخم با استفاده از توابع برازش شده و مقدار واقعی مربوط به تابع ناروشین تاکما دو بود. نتایج حاصل از مقایسه‌های توابع و همبستگی‌های حاصل نشان می‌دهد که تابع ناروشین تاکما دو بهتر از سایر توابع مطالعه‌شده در این تحقیق، تولید کوتاه مدت تخم بلدرچین ژاپنی را توصیف می‌کند و از این تابع می‌توان برای پیش‌بینی توان تولید کوتاه مدت بلدرچین ژاپنی استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: بلدرچین، بلوغ جنسی، تابع ناروشین تاکما، تولید تخم، لجستیک غیرخطی.

مقدمه

تخم مرغ به عنوان یکی از منابع تأمین پروتئین در غذای مردم جهان، نسبت به سایر محصولات دامی دارای مزایایی نظیر کم بودن هزینه تولید، نگهداری آسان، قابلیت هضم زیاد، داشتن متعادل‌ترین پروتئین‌ها و انواع اسیدآمین‌ها است [۱۹]. بلدرچین، پرنده‌ای با نژادهای متنوع است که به‌ویژه در سال‌های اخیر، برای تولید گوشت و تخم نگهداری می‌شود. مشخصات منحصربه‌فرد، نظیر رشد سریع، بلوغ جنسی زود هنگام (۴۰ روزگی)، تولید تخم بسیار زیاد، فاصله نسل کوتاه و دوره جوجه‌کشی کوتاه، این پرنده را یک حیوان پرورشی و آزمایشگاهی مناسب عنوان کرده است [۱۰]. کیفیت تخم بلدرچین در مقایسه با تخم مرغ بهتر است و ارزش غذایی آن بیشتر از ارزش غذایی تخم مرغ است. تخم بلدرچین حاوی مقادیر زیاد اسیدآمین ضروری لوسین، اسیدآمین غیرضروری اسپارتیک اسید، اسیدچرب ضروری لینولئیک، اسیدچرب غیرضروری اولئیک، ویتامین E، هورمون جنسی پروژسترون و مواد معدنی کمیاب آهن، ازت و روی است. از تخم بلدرچین برای مداوا و افزایش نیروی جنسی و تغذیه کودکان استفاده می‌شود و گوشت این پرنده به دلیل طعم مطبوع و داشتن کلسترول بسیار کم، طرفداران زیادی دارد [۲۳].

در طیور، تولید تخم از صفات کمی است که در طول دوره تخم‌گذاری تفاوت‌های فردی ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی و محیطی زیاد است. از تعداد تخم در هر مقطع زمانی، می‌توان برای ارزیابی بهره‌وری تولید استفاده کرد [۲]. منحنی تولید تخم رابطه بین تعداد تخم و زمان تخم‌گذاری است. این منحنی کارایی بیولوژیکی یک پرنده را نشان می‌دهد و معیاری برای انتخاب و مدیریت تغذیه در پرندگان تخم‌گذار است [۳]. منحنی تولید تخم دارای سه مرحله افزایش شیب تولید از اولین تخم‌گذاری تا رسیدن به اوج تولید، اوج تولید و کاهش مقدار تولید از

اوج تا پایان دوره تخم‌گذاری است [۵]. با وجود متفاوت بودن تعداد تخم تولیدی در گونه‌های مختلف، به نظر می‌رسد که الگوی منحنی تولید تخم تقریباً در تمامی گونه‌ها مشابه است. با استفاده از منحنی تولید تخم می‌توان روند رفتار در تولید نظیر افزایش تولید، کاهش و همچنین تداوم تخم‌گذاری را بررسی کرد. بنابراین مدیریت داده‌ها و شماره‌گذاری تخم از نیازهای مزارع پرورش مولد است [۲]. با استفاده از مدل‌های ریاضی متناسب با منحنی تولید تخم می‌توان میزان تولید سالانه تخم، میزان و ترکیبات جیره را پیش‌بینی کرد و انتخاب پرندگان مولد را به‌طور صحیح انجام داد [۲]. مهم‌ترین کاربردهای تولید تخم، برآورد ارزش ژنتیکی و اقتصادی با پیش‌بینی کل تولید با استفاده از رکورد بخشی از تولید است. از مدل‌های غیرخطی برای داده‌های تولید تخم استفاده شده است. در این روش می‌توان تولید تخم لاین‌هایی که در آن، انتخاب انجام شده و لاین‌هایی که عمل انتخاب در آنها انجام نشده، مقایسه کرد و تأثیر انتخاب بر تغییرات منحنی تولید تخم را مطالعه کرد [۱۳].

تابع لجستیک غیرخطی و جزء به جزء به ترتیب به عنوان بهترین تابع برای توصیف تولید تخم مرغ، تخم‌گذار تجاری و خط مادری یک لاین تجاری گوشتی معرفی شده است [۱۱ و ۱۹]. در تحقیق تابع ناروشین تاکما برای برازش، منحنی تولید تخم مرغ مناسب تشخیص داده شد [۴]. در مقایسه بین چهار تابع خطی، نمایی، الجبراتیکی و جزء به جزء برای مرغان تخم‌گذار تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد [۱].

در تحقیقی، در مقایسه چهار تابع آدامز و بل، گامای ناقص، گامای تصحیح شده و جزء به جزء تصحیح شده برای رکوردهای بلدرچین ژاپنی گزارش شد که تابع آدامز و بل بهترین تابع برای توصیف منحنی تولید تخم بلدرچین است [۱۲]. با توجه به متنوع بودن معادلات منحنی تولید

تولیدات دامی

برازش توابع غیرخطی برای توصیف منحنی تولید کوتاه‌مدت تخم در بلدرچین ژاپنی

دوره رشد، با استفاده از جیره توصیه شده توسط NRC [۱۵] تغذیه شدند و پس از ۳۵ روز، از جیره تخم‌گذار استفاده شد. جنس پرندگان پس از ۳۵ روز تعیین شده و بلدرچین‌های ماده به قفس‌های انفرادی منتقل شدند. با شروع تخم‌گذاری، سن و وزن پرنده در اولین تخم‌گذاری و وزن تخم‌ها هر روز در ساعت مشخص ثبت شد. از رکورد روزانه و انفرادی تولید تخم ۳۱۴ بلدرچین ژاپنی در طول ۱۳ هفته برای این تحقیق استفاده شد. آمار توصیفی رکوردهای مورد استفاده، در جدول ۱ ارائه شده است.

تخم مرغ در مطالعات مختلف برای بررسی یک تابع مناسب برای تجزیه و تحلیل و توصیف بهتر تولید تخم، این پژوهش با هدف برازش بهترین تابع برای توصیف منحنی بلدرچین ژاپنی در تولید کوتاه مدت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پاییز و زمستان ۱۳۹۴ در پژوهشکده دام‌های خاص دانشگاه زابل انجام شد. هر یک از جوجه‌ها پس از خروج از دستگاه جوجه‌کشی و قبل از ورود به سالن، توسط شماره بال شماره‌گذاری شد و تمامی بلدرچین‌ها در

جدول ۱. آمار توصیفی تولید تخم و صفات جنسی

صفات	میانگین	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات	حداقل	حداکثر
سن بلوغ جنسی (روز)	۵۱/۳	۴/۲	۸/۱	۴۷/۰	۶۸/۰۰
وزن بلوغ جنسی (گرم)	۳۰۳/۲	۴۲/۳	۱۴/۰	۱۷۳/۹	۴۰۱/۲
وزن اولین تخم (گرم)	۱۱/۶	۲/۷	۲۳/۲	۴/۱	۲۱/۸
تعداد تخم در هفته اول	۳/۱	۱/۶	۵۰/۵	۱	۷
تعداد تخم هفته دوم	۳/۲	۱/۲	۳۷/۴	۱	۶
تعداد تخم هفته سوم	۵/۱	۱/۶	۳۱/۲	۱	۷
تعداد تخم هفته چهارم	۶/۲	۱/۱	۱۶/۶	۱	۷
تعداد تخم هفته پنجم	۶/۵	۱/۱	۱۵/۸	۱	۸
تعداد تخم هفته ششم	۶/۵	۰/۸	۱۱/۴	۴	۷
تعداد تخم هفته هفتم	۶/۱	۱/۱	۱۸/۳	۱	۷
تعداد تخم هفته هشتم	۵/۷	۱/۱	۱۹/۱	۱	۷
تعداد تخم هفته نهم	۵/۲	۱/۵	۲۸/۶	۱	۷
تعداد تخم هفته دهم	۴/۸	۱/۷	۳۴/۷	۱	۷
تعداد تخم هفته یازدهم	۴/۶	۱/۶	۳۳/۸	۱	۷
تعداد تخم هفته دوازدهم	۴/۶	۲/۰	۴۲/۷	۱	۷
تعداد تخم هفته سیزدهم	۴/۷	۱/۵	۳۱/۵	۱	۶

تولیدات دامی

دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶

تابع لجستیک غیر خطی (یانگ)

چون در تابع گامای ناقص و جزء به جزء مقدار واقعی تغییر در تولید تخم و تفاوت‌های سن بلوغ جنسی در شیب افزایشی منحنی تولید در نظر گرفته نمی‌شود، تابع لجستیک غیرخطی ارائه شد [۲۷]. این تابع لجستیک به صورت رابطه ۴ است:

$$Y_t = a(e^{-bt}) / (1 + e^{-c(t-d)}) \quad (4)$$

در این فرمول، Y_t تولید تخم در زمان t ، پارامتر a مقیاس، b میزان کاهش تولید تخم، c شاخص مرتبط با تنوع بلوغ جنسی و d میانگین سن پرنده در زمان بلوغ جنسی است.

تابع لجستیک (نلدر)

معادله این تابع به صورت رابطه ۵ است [۱۴]:

$$Y_t = a[1 + e^{(-ct)}]^{-d} e^{-bt} \quad (5)$$

در این معادله، Y_t تولید تخم در زمان t ، پارامتر مرتبط با اوج تولید، c ضریب ثابت، d پارامتر مرتبط با شیب افزایشی تولید، b پارامتر مرتبط با شیب کاهش تولید است.

تابع لخورست

این تابع به صورت رابطه ۶ است [۷]:

$$Y_t = \frac{100}{1+abt} - (c + dt + ft^2) \quad (6)$$

در این تابع Y_t ، تولید تخم در زمان t ، ضرایب a و c برای تصحیح شروع، پارامتر b مدت زمان بین شروع و اوج تولید و d میزان کاهش تولید پس از اوج و f شیب کاهش نهایی است.

تابع ناروشین تاکما ۲

این تابع برای بررسی منحنی تخم‌گذاری مرغان تخم‌گذار برازش شد و معادله آن به صورت رابطه ۷ است [۱۳]:

$$Y_t = \frac{at^3 + bt^2 + ct + d}{t^2 + ft + g} \quad (7)$$

در این تحقیق هفت تابع غیرخطی برای توصیف منحنی تولید تخم برازش و مقایسه شد:

تابع گامای ناقص (وود)

این تابع که توسط وود [۲۶] پیشنهاد شد، برای مطالعه منحنی شیردهی گاوهای شیری استفاده شده است. شکل کلی این تابع به صورت (رابطه ۱) است:

$$Y_t = a(t^b)(e^{-ct}) \quad (1)$$

در این فرمول Y_t تولید تخم در زمان t ، a و b به ترتیب پارامترهای مرتبط با میزان تولید اولیه، شیب مرحله افزایشی و شیب مرحله کاهش منحنی تولید است.

تابع گامای تصحیح شده

این تابع فرم تصحیح شده تابع وود است که [۹] برای توصیف منحنی تولید تخم مرغ پیشنهاد شده است. شکل کلی این تابع به صورت رابطه ۲ است:

$$Y_t = at^b e^{(-ct+dt^{1/2})} \quad (2)$$

در این معادله، Y_t تولید تخم در زمان t ، پارامترهای a ، b و c نیز مشابه تابع وود هستند. در این تابع، پارامتر d معرف دوره اضافه‌ای است که به این تابع اضافه شده است و متناسب با ریشه مربعات زمان است.

تابع جزء به جزء

از این تابع، نخست برای بررسی تولید تخم در مگس سرکه استفاده شد. سپس توسط محققین برای توصیف منحنی تولید تخم مرغ نیز استفاده شد [۸]. معادله این تابع به صورت رابطه ۳ است:

$$Y_t = a(1 - e^{-b(t-d)})e^{-ct} \quad (3)$$

در این معادله، Y_t تولید تخم در زمان t ، a ، b و c به ترتیب فراسنجه‌های مرتبط با حداکثر تولید تخم هفتگی، شیب مرحله افزایشی، شیب مرحله کاهش و روز نخست تخم‌گذاری است.

تولیدات دامی

$$MS_{RES} = SS_{RES}/(n - p) \quad (10)$$

در این رابطه SS_{RES} ؛ مجموع مربعات باقی‌مانده؛ n تعداد کل مشاهدات و p تعداد پارامترهای مدل است. برازش توابع مختلف، برآورد پارامترهای هر تابع و محاسبه شاخص‌های مورد نظر برای مقایسه توابع با استفاده از بسته آماری nlme [۱۶] و الگوریتم port نرم‌افزار R انجام شد. بعد از برازش توابع، با استفاده از مقادیر پارامترها تولید تخم هفتگی از هر تابع برآورد و همبستگی بین مقدار واقعی و پیش‌بینی شده محاسبه شد.

نتایج و بحث

میانگین تولید تخم هفتگی در ابتدای دوره $3/1 \pm 1/5$ تخم و اوج تولید در هفته پنجم $6/5 \pm 1/1$ (تخم) بود (جدول ۱). بعد از هفته پنجم تولید تخم هفتگی روند کاهشی داشته و در پایان دوره $4/5 \pm 1/5$ عدد بود (جدول ۱). با توجه به اینکه تولید در زمان کوتاهی به اوج می‌رسد و سپس به آهستگی کاهش می‌یابد بنابراین برازش تابعیت خطی برای توصیف منحنی تولید تخم مناسب نیست.

درصد تخم‌گذاری هفتگی در هفته اول $25/8$ درصد و تا هفته پنجم با شیب تند افزایش می‌یابد. در اوج تولید درصد تخم‌گذاری $92/2$ درصد بود. بعد از هفته پنجم روند کاهشی شروع و در هفته سیزدهم $49/3$ درصد می‌رسد (شکل ۱).

میانگین سن بلوغ جنسی $51/34$ روز برای این تحقیق نسبت به گزارشات $38/9$ روز [۱۲] و دامنه گزارش شده برای هشت گروه ژنتیکی ($42/6 - 41/7$ روز) بالاتر است [۱۷] ولی نزدیک به دامنه گزارش شده $49/6 - 48/9$ روز است [۲۲]. در تحقیق دیگری، سن بلوغ جنسی بلدرچین ژاپنی $65/6$ روز گزارش شده است [۱۸] که بالاتر از نتایج این تحقیق است.

در این معادله، Y_t تولید تخم در زمان t و a, b, c, d و f ضرایب نسبی هستند که از لحاظ بیولوژیکی قابل توصیف نیستند [۱۳].

برازش توابع

در تحقیق حاضر، مناسب‌ترین تابع توصیف‌کننده منحنی تولید تخم با استفاده از مقایسه معیارهای زیر انتخاب شد:

معیار اطلاعات بیزی (BIC)

این معیار یک مقیاس برای انتخاب مدل است و مدل با کمترین BIC به‌عنوان بهترین مدل است. این معیار از رابطه ۸ برآورد می‌شود [۲۴].

$$BIC = n \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + p \ln(n) \quad (8)$$

در این فرمول SSE، مجموع مربع‌های باقی‌مانده؛ n تعداد مشاهده‌ها و p ، تعداد پارامترهای مدل است.

ضریب آکائیک (AIC)

برای تصحیح خطای مدل‌های برازش شده براساس تعداد پارامترهای هر یک از آنها، از آماره AIC استفاده می‌شود [۶]. به عبارت دیگر، این آماره برای مقایسه مدل‌های با تعداد پارامترهای متفاوت کاربرد دارد. مقدار کمتر این آماره نشانه بهتر بودن مدل است. این ضریب به صورت رابطه ۹ تعریف می‌شود:

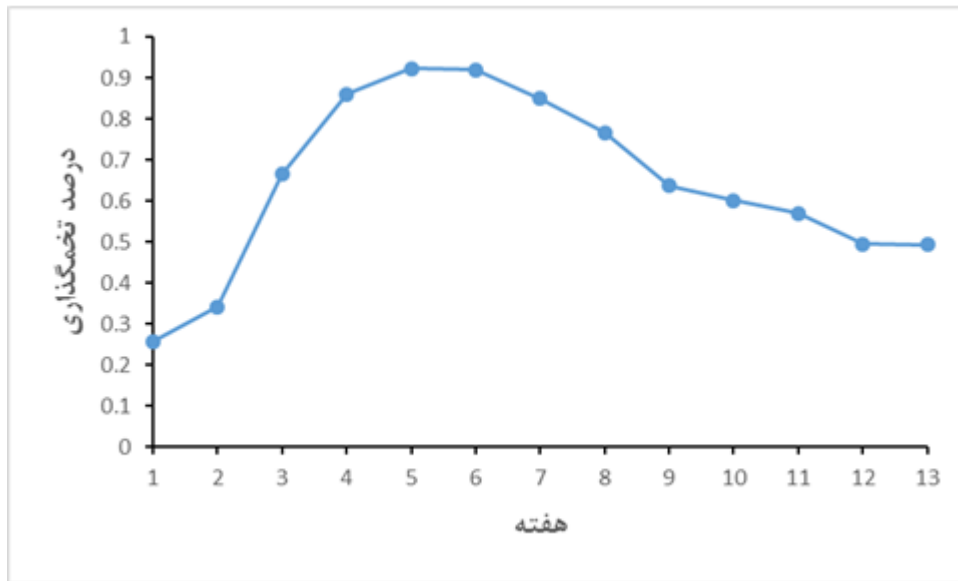
$$AIC = n \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + 2p \quad (9)$$

در این معادله، SSE، مجموع مربعات باقی‌مانده؛ n تعداد مشاهدات و p ، تعداد پارامترهای مدل است.

میانگین مربعات خطا (MSE)

با استفاده از تجزیه باقی‌مانده‌ها، اعتبار مدل را می‌توان سنجید. میانگین مربعات از تقسیم مجموع مربعات خطا بر درجه آزادی از رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود:

تولیدات دامی



شکل ۱: درصد تولید تخم هفتگی واقعی در طول ۱۳ هفته

جدول ۲. معیارهای مختلف برای نکویی برازش توابع توصیف‌کننده منحنی تولید تخم

MSE	BIC	AIC	تابع
۲/۱۲۴	۱۲۳۸۷/۰	۱۲۳۶۲/۵	گامای ناقص (وود)
۲/۱۲۳	۱۲۳۹۳/۶	۱۲۳۶۲/۹	گامای تصحیح شده (مک نالی)
۲/۰۲۸	۱۲۲۳۵/۱	۱۲۲۰۴/۳	لجستیک غیر خطی
۱/۹۳۰	۱۲۰۷۱/۵	۱۲۰۳۴/۷	لخورست
۲/۷۰۵	۱۳۲۲۶/۵	۱۳۱۹۵/۸	جزء به جزء (کامپارتمنتال، مک میلان)
۲/۰۵۳	۱۲۲۷۷/۱	۱۲۲۴۶/۴	لجستیک (نلدر)
۱/۹۲۴	۱۲۰۶۸/۵	۱۲۰۲۵/۵	ناروشین تاکما ۲

AIC: معیار اطلاعات آکائیک، BIC: معیار اطلاعات بیزی، MSE: میانگین مربعات خطا

می‌تواند ناشی از متفاوت بودن شرایط محیطی، مدیریتی، تفاوت سویه‌های بلدرچین یا تفاوت نژادی باشد.

در این تحقیق، برای توصیف منحنی تولید تخم هفتگی، هفت تابع غیرخطی برازش شد. نکویی برازش هر یک از توابع در جدول ۲ ارائه شده است. براساس معیار آکائیک ناروشین تاکما دو تابع مناسب (رتبه یک با مقدار آکائیک معادل ۱۲۰۲۵/۵) و تابع جزء به جزء (مک میلان) تابع

اوج تولید برای بلدرچین ژاپنی در سن نه هفتگی با تولید ۹۴ درصد گزارش شده است [۱۲] که نزدیک به نتایج این تحقیق (۹۲/۲ درصد) است ولی زمان اوج برای داده‌های این تحقیق زودتر از نه هفتگی است. اوج تولید ۹۰ درصد و دامنه اوج تولید ۸۸ تا ۹۸ درصد برای هشت گروه ژنتیکی بلدرچین نیز گزارش شده است [۱۷]. تفاوت سن بلوغ، اوج تولید و زمان اوج در گزارشات مختلف

تولیدات دامی

و [۲۵]. چون در توابع غیرخطی مجموع مربعات کل، برخلاف رگرسیون خطی، مساوی حاصل جمع مجموع مربعات رگرسیون و مجموع مربعات خطا نیست بنابراین ضریب تعیین تصحیح شده برای توصیف منحنی و اعتبار تابع غیرخطی نامناسب است [۲۱]. در مطالعه نکویی برازش توابع غیرخطی در تحقیقات دیگر، استفاده از معیار آکائیک و میانگین مربعات خطا توصیه شده است [۲۱].

جدول ۳، سطح معناداری حاصل از تفاوت توابع مختلف (آزمون فیشر F) را نشان می‌دهد. تابع ناروشین تاکما دو (مناسب‌ترین تابع) نسبت به سایر توابع تفاوت معناداری دارد ($P < 0/05$). تفاوت سایر توابع (به استثنای تابع گامای ناقص با گامای تصحیح شده و جزء به جزء)، نسبت به هم نیز معنی‌دار بود ($P < 0/05$). با توجه به آماره‌های نکویی برازش و نتایج جدول ۳، می‌توان گفت که تابع ناروشین تاکما دو برای توصیف منحنی تخم بلدرچین‌ها مناسب است. از آنجایی که تابع گامای تصحیح شده، فرم تصحیح شده تابع وود است، بنابراین تفاوت بین این دو تابع هم از لحاظ آمار استفاده شده برای نکویی برازش و هم از نظر آزمون فیشر قابل توجه نیست.

در بررسی چهار تابع خطی، نمایی، الجبرائیک و جزء به جزء برای مرغان تخم‌گذار هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین این توابع مشاهده نشد [۱]. تابع جزء به جزء به‌عنوان تابع مناسب در برخی تحقیقات گزارش شده است [۲۵]. در بررسی منحنی تولید تخم‌مرغ در یک لاین تخم‌گذار و مقایسه توابع لجستیک غیرخطی، گامای ناقص، گامای تصحیح شده، جزء به جزء و جزء به جزء تصحیح شده، تابع جزء به جزء دلیل داشتن ضریب تبیین تصحیح شده بالاتر و میانگین مربعات خطای و آماره آکایک پایین‌تر به‌عنوان تابع مناسب معرفی شد [۱۹]. در حالی که در تحقیق حاضر تابع جزء به جزء کمترین تطابق را با منحنی تولید تخم بلدرچین داشته و جز توابع نامناسب بود.

نامناسب (رتبه هفتم با مقدار آکائیک معادل ۱۳۱۹۵/۸) بود. براساس این معیار، تابع‌های لخورست، لجستیک غیرخطی، لجستیک نلدر، گامای ناقص و گامای تصحیح شده به ترتیب در رتبه‌های دوم تا ششم قرار دارند (جدول ۲).

رتبه توابع با استفاده از میانگین مربعات (MSE) در مقایسه با آماره آکائیک (AIC) و معیار اطلاعات بیزی (BIC) تفاوت چندانی نداشت. با استفاده از MSE، توابع مناسب برای توصیف منحنی تولید تخم به ترتیب تابع ناروشین تاکما دو ($MSE=1/924$) و لخورست ($MSE=1/93$) و توابع نامناسب به ترتیب لجستیک غیرخطی ($MSE=2/028$)، لجستیک نلدر ($MSE=2/053$)، گامای تصحیح شده (مکنالی) ($MSE=2/123$)، گامای ناقص (وود) ($MSE=2/124$) و تابع جزء به جزء (مک میلان) ($MSE=2/705$) بودند. چون میانگین مربعات خطا تحت تأثیر تعداد پارامتر برآورد شده قرار دارد، کمتر بودن میانگین مربعات خطای تابع ناروشین تاکما دو و لخورست مربوط به تعداد بیشتر پارامترهای آن‌ها در مقایسه با دیگر توابع برازش شده است [۱۹].

رتبه‌بندی توابع براساس سه معیار برازش مشابه بود. اگر چه منحنی تولید تخم‌مرغ در پرندگان مشابه است، با این حال توابع مختلفی به دلیل جستجو برای یافتن تابعی مناسب برای تجزیه و تحلیل و توصیف بهتر منحنی تولید تخم‌مرغ برازش شده که باعث شده محققین توابع مختلفی را پیشنهاد دهند. ضریب تعیین تصحیح شده به این دلیل که در مطالعات گذشته برای برازش منحنی تولید نامناسب گزارش شده بود، در تحقیق حاضر استفاده نشد. تفاوت نسبتاً زیاد رتبه‌های توابع مختلف با استفاده از معیار ضریب تعیین تصحیح شده در مقایسه با دو معیار میانگین مربعات خطا و آکایک نشان می‌دهد که این معیار، معیار قابل قبولی برای انتخاب منحنی تولید تخم نیست [۱۹]، هرچند این معیار توسط محققین مختلف مبنای مقایسه توابع برازش شده استفاده شده است [۱۱]

تولیدات دامی

جدول ۳. مقایسهٔ اختلاف بین توابع برازش شده

G	W	Log.N	Log.Y	LEKH	NT
					<۰/۰۰۱
				<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
			<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
	۰/۲۱۸	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
<۰/۰۰۱	۰/۹۹۹	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

NT: ناروشین تاکما ۲، LEKH: لخورست، Log.Y: لجستیک غیر خطی یانگ، Log.N: لجستیک نلدر، W: گامای ناقص (وود)، G: گامای

تصحیح شده، MC: جزء به جزء

آمارهای مورد استفاده برای برازش نکویی توابع رتبه بندی متفاوتی از توابع را نشان دادند، اما برای تحقیق حاضر سه معیار مورد استفاده آکائیک، معیار اطلاعات بیزی و میانگین مربعات خطا رتبه بندی مشابهی را برای هفت تابع داشتند و همه آماره‌های مورد استفاده (جدول ۲) تابع ناروشین تاکما دو را بهترین تابع برای توصیف داده‌های تولید تخم در سیزده هفته معرفی کردند. دلیل معرفی توابع مختلف برای توصیف منحنی تولید تخم در تحقیقات مختلف می‌تواند ناشی از متفاوت بودن گونهٔ حیوان، فاصلهٔ زمانی رکوردهای جمع شده و برازش و مقایسه توابع مختلف برای رکوردهای مورد نظر باشد.

برآورد پارامترها همراه با اشتباه معیار آن‌ها به تفکیک توابع مختلف برازش شده در جدول ۴ ارائه شده است. زمان اوج برای توابع لجستیک غیرخطی و نلدر مشابه مقدار واقعی (هفته پنجم) اما برای بقیهٔ توابع متفاوت از زمان واقعی است به طوری که برای تابع نامناسب (تابع جزء به جزء) مقدار تفاوت زمان واقعی بیشتر است (هفته هشتم). مقدار تولید اوج واقعی برای داده‌های مطالعه حاضر ۶/۵ تخم بود که نزدیک به مقدار تولید اوج برای توابع ناروشین تاکما دو و لخورست است و تابع ناروشین تاکما دو بعد از تابع لخورست کمترین تفاوت تولید اوج واقعی و تولید اوج توابع برازش شده را دارد.

در تحقیق دیگری تابع لجستیک غیرخطی با داشتن بالاترین ضریب تبیین تصحیح شده، (کمترین میانگین مربعات خطا و آماره آکائیک) در برازش منحنی تولید تخم مرغ نسبت به توابع دیگر مناسب تر بود. با این حال با بررسی کلی برازش توابع مختلف با آماره‌های گوناگون به این نتیجه رسیدند که بیشتر توابع در برازش منحنی متوسط تولید تخم مرغ دارای صحت کافی هستند. در این صورت توابعی که از نظر ریاضی ساده تر باشند، احتمالاً نزد محقق یا مدیر واحد تولیدی از مطلوبیت بیشتری برخوردار خواهند بود [۱۱].

توابع گاما و لجستیک به خاطر داشتن کمترین میانگین مربعات خطا (۱/۶۴) و بالاترین ضریب تبیین تصحیح شده (۰/۹۰) به عنوان توابع مناسب تری برای برازش منحنی تولید تخم معرفی شده‌اند [۲۰]. در مطالعه حاضر توابع لجستیک و گاما به ترتیب رتبه سه و پنج را دارند. تابع ناروشین تاکما برای برازش منحنی تولید تخم مرغ نیز تابع مناسب گزارش شده است [۴] که مشابه نتایج این تحقیق است.

در مقایسهٔ چهار تابع گامای ناقص، گامای تصحیح شده، آدامز و بل، و جزء به جزء تصحیح شده برای رکوردهای بلدرچین ژاپنی گزارش شد که تابع آدامز و بل بهترین توصیف از منحنی تولید تخم بلدرچین دارد [۱۲]. در بیشتر تحقیقات انجام شده بر روی منحنی تولید تخم،

تولیدات دامی

برازش توابع غیرخطی برای توصیف منحنی تولید کوتاه‌مدت تخم در بلدرچین ژاپنی

جدول ۴. برآورد پارامترها (اشتباه معیار)، اوج تولید و زمان اوج حاصل از توابع مختلف برازش شده

تابع	گامای ناقص	گامای تصحیح شده	لجستیک غیرخطی	لخورست	جزء به جزء	لجستیک (نلدر)	ناروشین تاکما ۲
a	۲/۸۳۵ (۰/۰۷۲)	۴/۷۲۲ (۱/۷۷۹)	۱/۵۴۲ (۰/۱۰۹)	۰/۰۶۷ (۰/۰۰۶)	۵/۳۷۲ (۰/۰۳۵)	۱۱/۶۸۹ (۰/۵۵۷)	۱/۰۹۳ (۰/۲۱۱)
b	۱/۰۸۵ (۰/۰۳۲)	۱/۴۲۶ (۰/۲۴۸)	-۰/۷۰۴ (۰/۰۳۶)	۱/۳۰۶ (۰/۰۰۹)	۰/۴۵۴ (۰/۰۰۰۰۳)	۰/۰۸۶ (۰/۰۰۵)	-۲۲/۵۰۱ (۵/۲۲۸)
c	۰/۱۹۴ (۰/۰۰۵)	۰/۱۲۶ (۰/۰۵۰)	-۰/۷۸۵ (۰/۰۳۳)	۹۲/۶۷۱ (۰/۴۴۲)	۰/۵۰۸ (۰/۰۰۰۰۳)	۰/۵۷۵ (۰/۰۳۰)	۱۲۱/۴۱۳ (۳۳/۶۲۱)
d	-	-۰/۶۲۴ (۰/۴۵۶)	۲/۴۹۰ (۰/۰۸۲)	-۳/۰۹۶ (۰/۲۱۱)	۰/۶۰۸ (۰/۰۰۰۰۴)	۳/۳۹۴ (۰/۱۰۸)	۱۲۹/۱۹۵ (۱۶/۴۲۱)
f	-	-	-	-۰/۱۵۱ (۰/۰۱۷)	-	-	-۱۵/۹۶۴ (۱/۰۲۶)
g	-	-	-	-	-	-	۱۰۳/۰۲۶ (۱۵/۱۷۸)
اوج تولید (تعداد)	۶/۱۹۱	۶/۱۷۹	۶/۳۸۵	۶/۴۸۴	۵/۳۶۸	۶/۳۰۵	۶/۵۶۲
زمان اوج (هفته)	۶	۶	۵	۶	۸	۵	۶

جدول ۵. برآورد همبستگی و اشتباه معیار توابع برازش شده

تابع	همبستگی	اشتباه معیار
گامای ناقص (وود)	۰/۹۱۰ ^{bc}	۰/۰۹۰
گامای تصحیح شده (مک نالی)	۰/۹۱۲ ^{bc}	۰/۰۸۹
لجستیک غیر خطی	۰/۹۵۲ ^{ab}	۰/۰۶۶
لخورست	۰/۹۴۳ ^{ab}	۰/۰۷۲
جزء به جزء (کامپارتمنتال، مک)	۰/۶۹۷ ^c	۰/۱۶۶
لجستیک (نلدر)	۰/۹۴۰ ^{abc}	۰/۰۷۴
ناروشین تاکما ۲	۰/۹۵۳ ^a	۰/۰۶۶

a-c: تفاوت ارقام با حروف نامشابه در هر ستون معنی‌دار است ($p < 0.05$).

تولیدات دامی

دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶

منابع

- [1]. Anang A and Indrijani H (2000) Mathematical models to describe egg production in laying hens. Available at http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2010/06/atical_models_to_describe_egg.pdf.
- [2]. Bindya LA, Murthy HNN, Jayashankar MR and Govindaiah MG (2010) Mathematical models for egg production in an Indian colored broiler dam line. *International Journal of Poultry Science*. 9: 916-919.
- [3]. Fairfull RW and Gowe RS (1990) Genetics of egg production in chickens. In: Crawford RD (Eds.), *Poultry breeding and genetics*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. pp. 705-759.
- [4]. Faridi A, Mottaghtalab M, Rezaee F and Francet J (2011) Narushin- Takma models as flexible alternatives for describing economic traits in broiler breeder flocks. *Poultry Science*. 90: 507-514.
- [5]. Grossman M, Grossman TN and Koops WJ (2000) A model for persistency of egg production. *Poultry Science*. 79:1715-1724.
- [6]. Leonard T and Hsh JSJ (2001) *Bayesian Methods: an analysis for statisticians and interdisciplinary*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 333.
- [7]. Lokhorst C (1996) Mathematical curves for the description of input and output variables of the daily production process in aviary housing systems for laying hens. *Journal of Poultry Science* 75:838-848.
- [8]. McMillan I, Fitz-Earle M, Butler L and Robson DS (1970) Quantitative genetics of fertility I. lifetime egg production of *Drosophila Melanogaster*. *Theoretical Genetics*. 65: 349-353.
- [9]. McNally DH (1971) Mathematical model for poultry egg production. *Biometrics*. 27: 735-738.

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 تا کما دو و لجستیک غیرخطی بالاتر از ۰/۹۵ است که بیانگر آن است که این توابع پیش‌بینی خوبی برای داده‌های تحقیق حاضر داشتند. تابع جزء به جزء دارای همبستگی ۰/۶۹۷ با اشتباه معیار بالاتر نسبت به سایر توابع نشان می‌دهد مقادیر پیش‌بینی شده توسط این توابع با مقادیر واقعی دارای صحت و دقت پایینی است.

تفاوت همبستگی برآورد شده بین توابع ناروشین تا کما دو، لجستیک غیرخطی، لخورست و لجستیک نلدر معنی‌دار نیست یا به عبارتی صحت برآورد تولید تخم توسط توابع مورد نظر مشابه است ولی تفاوت همبستگی ناروشین تا کما دو و جزء به جزء نسبت به بقیه توابع تفاوت معناداری دارند ($P < 0.05$).

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تابع ناروشین تا کما دو براساس سه معیار برازش نکویی (BIC)، AIC و MSE نسبت به سایر توابع غیرخطی برای توصیف منحنی تولید تخم در بلدرچین ژاپنی مناسب‌تر است. همبستگی بالا در تابع ناروشین تا کما دو پیشنهاد می‌کند که این تابع بالاترین صحت را در پیش‌بینی تولید تخم برای این بلدرچین‌ها دارد. معرفی توابع مختلف در مطالعات مختلف به عنوان تابع مناسب برای تولید تخم بیانگر این است که در ارزیابی ژنتیکی و مدیریتی باید از منحنی تولید تخم خاص همان گونه طیور استفاده شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله، از دانشگاه زابل و پژوهشکده دام‌های خاص برای همکاری در مراحل انجام تحقیق حاضر بی‌نهایت سپاسگزاری می‌کنند.

تولیدات دامی

- [10]. Minviell F (1998) Genetic and breeding of Japanese quail for production around the world. Proceedings 6th Asian Poultry Congress. 122-127.
- [11]. Naghous M, Hosseini SM, Naeemipour Younesi H, Hasanpour D and Khodaparast D (2014) Study on statistical characteristics of some non-linear functions in fitting egg production curve. Journal of Livestock Research 2 (3): 71-77. (in Persian).
- [12]. Narinc D, Karaman E, Aksoy T and Mehmet ZF (2013) Investigation of nonlinear models to describe long-term egg production in Japanese quail. Poultry Science. 92: 1676- 1682.
- [13]. Narushin VG and Takma C (2003) Sigmoid model for the evaluation of growth and production curves in laying hens. Biosystems Engineering 84:343-348.
- [14]. Nelder JA (1961) The fitting of a generalization of the logistic curve. Biometrics 17:89-110.
- [15]. NRC (1994) Nutrient requirements of poultry. 9th Edn. National Academy Press, Washington.
- [16]. Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, Heisterkamp S and Van Willigen B (2016) R Core Team. nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-128. Available at <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- [17]. Reddish JM, Nestor KE and Lilburn MS (2003) Effect of selection for growth on onset of sexual maturity in random bred and growth-selected lines of Japanese quail. Poultry Science. 82: 187-191.
- [18]. Sachdev AK and Ahuja SD (1986) Studies on the influence of body weight at sexual maturity on production traits in Japanese quail. Indian Journal of Poultry Science. 21: 66-68.
- [19]. Safari Alighiralou A, Vaez Torshizi R and Pakdel A (2013) Mathematical functions to describe the egg production curves in a commercial broiler dam line. Iranian Journal of Animal Science. 43 (4): 502- 512. (in Persian).
- [20]. Shiv P and Singh DP (2009) Nonlinear models for poultry egg production. Indian Journal of Animal Research. 43 (2): 84-88.
- [21]. Spiess AN and Neumeyer N (2010) An evaluation of R^2 as an inadequate measure for nonlinear models in pharmacological and biochemical research: a Monte Carlo approach. BMC Pharmacology. 10 (1): 6.
- [22]. Thomas PC and Ahuja SD (1988) Improvement of broiler quails of CARI through selective breeding. Poultry Guide. 25: 45-47.
- [23]. Tunsaringkarn T, Tungjaroenchai W and Siritwong W (2013) Nutrient benefits of quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. International Journal of Scientific and Research Publications. 3(5): 1-8.
- [24]. Wit E, Heuvel EVD and Romeijn JW (2012) 'All models are wrong...': an introduction to model uncertainty. Statistica Neerlandica. 66(3): 217-236.
- [25]. Wolc AT, Wardowska M and Szwaczkowski T (2004) Predicting ability of the mathematical models describing egg production curves. 22nd world's poultry congress, Istanbul, Turkey. 143.
- [26]. Wood PDP (1967) Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature. 216: 164-165.
- [27]. Yang N, Wu C and McMillan I (1989) New mathematical model of poultry egg production. Poultry Science. 68: 476-481.



Journal of
Animal Production

(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 19 ■ No. 2 ■ Summer 2017

Short- term egg production curve fitting using nonlinear models in Japanese quail

Razieh Rahimzadeh¹, Mohammad Rokouei^{2}, Hadi Faraji- Arough³, Ali Maghsoudi⁴, Behrooz Keshtegar⁵*

1. M.Sc., Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science and Bioinformatics, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
3. Assistant Professor, Research Center of Special Domestic Animals, Research Institute at University of Zabol, Zabol, Iran
4. Assistant Professor, Department of Animal Science and Center of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
5. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: October 9, 2016

Accepted: January 13, 2017

Abstract

The aim of this study was to fit the best model for describing the egg production for Japanese quails at thirteen week of age. For this purpose, the daily egg production records on 314 quails were used for the different models including nonlinear logistic, incomplete gamma, McNally, Lekhorst, Narushin-Takma 2, McMillan and Nelder by R software. The best model was selected by some statics such as Mean Square Error (MSE), Akaike Information Criterion (AIC), Bayesian Information Criterion (BIC). The results showed that Narushin-Takma 2 (minimum MSE, AIC and BIC) and Compartmental I Functions (maximum MSE, AIC and BIC) were the best and worst function to describe the egg production, respectively. The highest correlation (0.953) between predicted and actual values for the number of egg were obtained by Narushin-Takma 2 model. The results of the model comparisons and correlations indicate that Narushin-Takma 2 function describes Short- term egg production in quail better than other functions studied in this research and this function could be considered in a short- term prediction of the reproductive potential Japanese quail in breeding goals.

Keywords: egg production, Narushin-Takma function, nonlinear logistic, puberty, quail.