مجله تحقیقات دام و طیور
جلد سوم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۳۹۳ (۲۱-۱۲)

استفاده از مدل گمپرتز برای تخمین پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با بنتونیت سدیم و مقایسه آن با شبکه عصبی-مصنوعی

مرتضی چاجی*[۱]، عباس مسعودی[۲]، حجت دمیری[۳]، محمد بوجارپور[۴] و آرش آذرفر[۵]

۱- دانشیار گروه‌علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۲- دانشجوی دکتری تخصصی گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه‌علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۴- استادیار گروه‌علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان و ۵- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

*نویسنده مسؤول: chaji@ramin.ac.ir and mortezachaji@yahoo.com

تاریخ دریافت:۹۲/۰۷/۳۰ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۲۰**

چکیده

این آزمایش به منظور تعیین اثر سطوح مختلف بنتونیت سدیم بر پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی و مقایسه توان پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی و مدل گمپرتز انجام گردید. به این منظور از ۲۸۸ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس که در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار (۶ جیره) و هر تیمار شامل ۴ تکرار استفاده شد. تیمارها به ترتیب شامل ۰، ۰/۷۵، ۱/۵، ۲/۲۵، ۳ و ۳/۷۵ درصد بنتونیت‌سدیم بودند که به صورت سرک استفاده شدند. به منظور برآورد خصوصیات رشد از تابع رشد گمپرتز استفاده گردید و جهت مقایسه توان پیش‌بینی این تابع با مدل شبکه عصبی مصنوعی از شاخص‌های مجذور ضریب همبستگی (R^2)، میانگین قدر مطلق انحرافات (MAD)، ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) و اریبی استفاده گردید. تیمارهای آزمایشی سبب تغییر معنی‌دار در پارامترهای مقدار وزن نهایی (W_f)، وزن اولیه جوجه‌ها (W_0)، زمان تغییر منحنی رشد (T) و وزن در زمان تغییر منحنی رشد (W_i) گردیدند ($P<۰/۰۵$)، اما ثابت رشد نمایی (b) تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. نرخ رشد در تمام سنین به جز هفته چهارم تحت تأثیر تیمارهای غذایی قرار گرفت و اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). نتایج مقایسه شاخص‌های توان پیش‌بینی نشان داد، مقدار مجذور ضریب همبستگی، برای شبکه عصبی مصنوعی بالاتر از این مقدار برای معادله گمپرتز است، این مقادیر به ترتیب ۰/۹۹۹۲ و ۰/۹۹۲۵ بود. از طرف دیگر مقدار میانگین قدر مطلق انحرافات، ریشه میانگین مربع خطا و اریبی شبکه عصبی مصنوعی کم‌تر از معادله گمپرتز بود. در کل یافته‌های این تحقیق نشان دهنده کارایی بیشتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به معادله گمپرتز برای بیش‌بینی وزن جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی می‌باشد.

کلمات کلیدی: پارامترهای رشد، مدل گمپرتز، بنتونیت سدیم، شبکه عصبی مصنوعی، جوجه گوشتی.

نگارنده پاسخگو: مرتضی چاجی. آدرس: خوزستان، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، گروه علوم دامی

مقدمه

بنتونیت یک افزودنی خوراکی است که با موفقیت و بدون هیچ گونه اثر مضر در خوراک طیور استفاده می‌شود (سفائی‌کاتولی و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده از خاک رس کلوئیدی از گذشته‌های دور به عنوان یک پلت‌چسبان در جیره‌های طیور مرسوم بوده است (کیوسنبری، ۱۹۶۸؛ ایا و همکاران، ۲۰۰۸). ساختار مولکولی این کانی‌ها به گونه‌ای است که مولکول‌های آب می‌توانند بین لایه‌های یونی آن قرار گیرند و تا چندین برابر وزنشان آب را در خود نگه دارند، که در اثر جذب آب، ژل تولیدی ایجاد شده ذرات مواد غذایی را به هم می‌چسباند و از این رو در صنایع خوراک دام و طیور به عنوان یک پلت چسبان عمل می‌کند و باعث اثر گذاری بر سرعت عبور مواد، ماندگاری بیشتر غذا و افزایش راندمان جذب می‌شود (گروسیکی، ۲۰۰۸).

چندین مطالعه بنتونیت را یک ترکیب مفید برای جلوگیری از اسهال و مشکلات هضم در دستگاه گوارش دانستند (ایوان، ۱۹۹۲). بنتونیت همچنین بر روی ترکیب باکتری دستگاه گوارش و بازجذب تولیدات باکتری‌ها اثر می‌گذارد (تراکوا، ۲۰۰۴). کیوسنبری و همکاران (۱۹۶۴) گزارش کردند که اضافه کردن ۲/۵ تا ۵ درصد بنتونیت سدیم به طور معنی‌داری محتوای آب کود مرغ‌های تخم‌گذار را کاهش داد و وزن بدن و اندازه تخم‌مرغ افزایش پیدا کرد و بازده غذایی بهبود پیدا کرد. تاکیور و نواز (۲۰۰۱) اثر سطوح مختلف بنتونیت‌سدیم را بر روی عملکرد و صفات اقتصادی جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و در نهایت جوجه‌هایی که یک درصد بنتونیت سدیم داشتند عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشتند و تیمارهایی که ۴ درصد بنتونیت سدیم دریافت کرده بودند نسبت به دیگر تیمارها افزایش عملکرد کمتری داشتند. کورنیک و رد (۱۹۶۰) گزارش کردند اضافه کردن ۲/۵ درصد بنتونیت سدیم به جیره‌های کم انرژی باعث افزایش وزن جوجه‌های‌گوشتی، کاهش سرعت عبور و افزایش غذای مصرفی شد. همچنین وانکه و همکاران (۱۹۷۶) گزارش کردند که جوجه‌های گوشتی که سطوح کمتری بنتونیت سدیم دریافت کرده بودند نسبت به دیگر تیمارها عملکرد بهتری داشتند. بنتونیت‌ها با توجه به ویژگی‌های خاص خود می‌توانند سبب بهبود عملکرد در طیور شوند.

رشد به عنوان یک شاخص در سیستم زیستی، عبارت است از افزایش توده بدن حیوان در واحد زمان، پیش‌بینی نرخ رشد در مراحل مختلف پرورش این مزیت را دارد که امکان شناخت مواد مغذی مورد نیاز میسر شده، امکان ارائه اقتصادی‌ترین برنامه مدیریت تغذیه ممکن خواهد شد. از جمله راه‌های پیش‌بینی رشد استفاده از مدلهای رشد است (نیکخواه و همکاران، ۱۳۸۸). ریکلف (۱۹۸۵) روند رشد بلدرچین‌های ژاپنی را با استفاده از مدل گمپرتز (یک مدل رشد غیر خطی) بررسی کرد و گزارش نمود که رشد اولیه ممکن است پاسخ کلیدی برای تعیین وزن نهایی باشد. سنگول و کی راز (۲۰۰۵) جهت بررسی روند رشد بیولوژیکی از مدل‌های غیر خطی گمپرتز و لجستیک استفاده نمودند و در یک تحقیق نشان داده شد که بررسی‌های غیر خطی نه تنها از نظر ریاضی توصیف کننده روند رشد هستند بلکه تخمینی از رابطه بین احتیاجات غذایی و وزن زنده را نشان می‌دهند. شکل منحنی گمپرتز نشان می‌دهد که حداکثر رشد در هر نقطه از زمان همراه با شرایط تغذیه‌ای و محیطی ایجاد شده خواهد بود و این مدل تجربی یک رابطه ریاضی را بین متغیر وابسته و متغیر مستقل بر پایه فرضیات تئوری رشد بدون در نظر گرفتن روند بیولوژیکی مرتبط با آن توصیف می‌کند (زونز و همکاران، ۱۹۹۱).

شبکه‌های عصبی سیستم‌های یادگیرنده‌ای هستند که با دارا بودن پیچیدگی لازم، نمونه و زمان کافی برای آموزش، می‌توانند هر تابع غیرتصادفی از هر درجه‌ای را مدل کنند. اجزای سازنده شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان یک مدل از سیستم عصبی جانداران، نرون‌ها هستند. وظیفه هر یک از این نرون‌ها انجام نوعی پردازش بر روی سیگنال‌های ورودی و تولید یک خروجی واحد است. پیش از ورود هر سیگنال به نرون، سیگنال از فضایی موسوم به فضای سیناپسی عبور می‌کند که در آن عملیات تقویت و یا تضعیف سیگنال انجام می‌پذیرد. این فضا در واقع مکان ارتباط یک نرون با نرون دیگر است. وظیفه شبکه عصبی این است که در طی یک دوره آموزشی، بیاموزد که به ازای هر ورودی، خروجی مطلوب را تولید نماید. این کار با تغییر وزن سیناپس‌ها، در یک فرآیند تدریجی انجام می‌پذیرد. وزن هر سیناپس همان توانایی سیناپس در تضعیف یا تقویت سیگنال ورودی است (هایکین، ۱۹۹۴). شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای ساختار لایه‌ای می‌باشند که در هر لایه پردازش دانسته‌ها به صورت موازی انجام شده و انتقال آن به لایه‌های دیگر سری انجام می‌شود (هایکین، ۱۹۹۴). با توجه به اهداف تحقیق، انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. چلانی و همکارن (۲۰۰۲) بیان داشتند که پرسپترون چند لایه در بین شبکه‌های عصبی بیشترین کاربرد را دارد. این شبکه دارای لایه ورودی، خروجی و لایه یا لایه‌های پنهان می‌باشد که

خروجی لایه اول، بردار ورودی لایه دوم به حساب می‌آید. این روند ادامه می‌یابد تا اینکه یک پاسخ در لایه خروجی ایجاد شود. نحوه عمل پرسپترون چند لایه بدین صورت است که الگویی به شبکه عرضه می‌شود و خروجی آن محاسبه می‌گردد. مقایسه خروجی واقعی و خروجی مطلوب، سبب می‌شود که ضریب وزنی شبکه تغییر یابد به طوری که در دفعات بعد خروجی درست تری حاصل می‌شود (چلانی و همکارن، ۲۰۰۲).

سلیمانی‌رودی و همکاران (۲۰۱۰)، جهت پیش‌بینی اسیدهای آمینه ارزن مرواریدی از مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند. این محققین گزارش کردند که بین اسیدهای آمینه دانه‌ی ارزن مرواریدی و ترکیبات شیمیایی آن ارتباط قابل توجهی وجود دارد. همچنین ارزیابی آماری این تحقیق نشان داد که مدل ANN در مقایسه با MLR دارای قدرت تخمین بیشتری برای برآورد میزان هر یک از اسیدهای آمینه ارزن مرواریدی می‌باشد. احمدی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای که به بررسی مدل‌های پیش‌بینی برای سوخت و ساز انرژی واقعی تصحیح شده برای نیتروژن[1] پودر پر پرداختند بیان کردند که شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه با دقت بیشتری TMEn را پیش‌بینی می‌کند. لذا هدف از این مطالعه، استفاده از مدل گمپرتز در تخمین پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف بنتونیت‌سدیم و مقایسه توان پیش‌بینی این مدل با شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرنده، جیره و پرورش

برای انجام این تحقیق که در سالن تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان انجام گردید، از ۲۸۸ قطعه جوجه گوشتی سویه راس که بطور کاملاً تصادفی به ۶ تیمار آزمایشی با ۴ تکرار تخصیص داده شده بودند (۲۴ گروه)، استفاده شد. تیمارها شامل سطوح صفر، ۰/۷۵، ۱/۵، ۲/۲۵، ۳ و ۳/۷۵ درصد بنتونیت سدیم بودند. جیره‌های غذایی شامل دو مرحله استارتر و رشد بودند که طبق جدول پیشنهادی NRC (۱۹۹۴) تنظیم شدند و بنتونیت سدیم به صورت سرک به جیره‌ها اضافه گردید (جدول ۱). در تمام مدت پرورش جوجه‌ها به طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند و برنامه نوردهی در طول دوره پرورش بر اساس ۲۴ ساعت روشنایی تنظیم گردید.

پارامترهای رشد

بمنظور برآورد خصوصیات رشد از تابع رشد گمپرتز استفاده گردید، تابع مورد نظر به صورت زیر است:

فرمول ۱:

$$Wt=W0\times\exp\left((1-\exp(-b\times t)\times(\log(W_f/W_0))\right)$$

که در آن W_t وزن واقعی جوجه در زمان t (بر حسب روز)، W_0پارامتر مرتبط با وزن اولیه جوجه (بر حسب گرم)، W_f پارامتر مرتبط با وزن نهایی (بر حسب گرم) و b پارامتر مرتبط با سرعت رشد است. در این تابع سه پارامتر (W_0، W_f و b) وجود دارد و Exp نماد نشان دهنده عدد نپر است. برای محاسبه و تخمین زمان نقطه عطف منحنی رشد (T_i، برحسب روز)، وزن در زمان عطف منحنی (W_i، برحسب گرم) و نرخ رشد (GR، گرم بر روز) با استفاده از پارامترهای برآورد شده در مدل، از روابط زیر استفاده گردید (آگری، ۲۰۰۲؛ دارمانی و همکاران، ۲۰۰۳؛ آلکان و همکاران، ۲۰۰۹؛ امیرآبادی و همکاران، ۱۳۹۰).

فرمول ۲:

$$T_i=1/b\{\ln(\ln(W_f/W_0)\}$$

فرمول ۳:

$$W_i=0.368W_f$$

فرمول ۴:

$$GR=bW\ln(W_f/W).$$

از نرم افزار آمار SAS و رویه Nlin (غیر خطی) برای برازش تابع مزبور و برآورد پارامترهای آن، استفاده گردید. تابع مزبور بر داده های وزن جوجه‌ها از سن یک تا روز ۴۲ آزمایش، برازش داده شد. پس از بدست آوردن خصوصیات رشد، برای آنالیز اثر تیمارهای آزمایشی بر آن‌ها، از رویه GLM (مدل خطی) نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۱) تجزیه آماری استفاده شد. مقایسه چند دامنه‌ای میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

شبکه عصبی مصنوعی

ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی که معماری به آن اطلاق می‌گردد، به گونه‌ای است که نرون‌ها در دسته‌هایی که لایه نام

1. TMEn

دارند، مرتب می‌شوند. معماری معمول شبکه عصبی متشکل از سه لایه است: لایه ورودی که داده‌ها را در شبکه توزیع می‌کند، لایه پنهان که داده‌ها را پردازش می‌کند و لایه خروجی که نتایج را به ازای ورودی‌های مشخص استخراج می‌کند (کاریانیس و ونتسانیلوس، ۱۹۹۳).

این شبکه‌ها بر مبنای مقایسه بین خروجی شبکه و هدف، تعدیل می‌شوند و تا زمانی که خروجی شبکه با خروجی هدف تطبیق پیدا کند این کار ادامه می‌یابد. شبکه‌های آموزش یافته را می‌توان به صورت رویه‌ای از جعبه سیاه برای برآوردهای غیر خطی با عنوان نگاشته‌ای غیر خطی قابل تنظیم معرفی کرد، چرا که فضای بردار ورودی را به وسیله مجموعه‌ای از توابع غیر خطی به فضای خروجی مرتبط می‌سازند. کاربردی‌ترین نوع شبکه‌های عصبی، شبکه‌های پرسپترون چند لایه (MLP) و شبکه‌های توابع شعاعی (RBF) می‌باشند (جام و همکاران، ۲۰۰۰).

شبکه‌های عصبی جهت طراحی و آموزش، نیازمند یک سری داده‌های ورودی و خروجی می‌باشند تا با تجزیه و تحلیل منطقی این داده‌ها به عنوان نمونه، بتوانند روابط غیر خطی یا نامشخص بین آن‌ها را استخراج کرده و کار شبیه‌سازی را برای موارد احتمالی مشابه انجام دهند. طراحی شبکه‌های عصبی با تعداد ۲۴ سری از داده‌های موجود صورت گرفت. در تقسیم بندی داده‌ها به سه دسته آموزش، تست و صحت سنجی به ترتیب ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد در نظر گرفته شد (احمدی و گلیان، ۲۰۱۰). بنابراین تعداد الگوهای آموزش ۱۸، تست ۳ و صحت سنجی ۳ سری از مجموع اعداد می‌باشد. انتخاب داده‌ها برای آموزش، تست و صحت سنجی به صورت کاملاً تصادفی و توسط خود نرم‌افزار صورت گرفت. به منظور پردازش داده‌ها از مدل شبکه‌ی پرسپترون چند لایه و شبکه های توابع شعاعی با ۶ ورودی و یک خروجی ساخته شد. مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از نرم افزار STATISTICA ۱۰ انجام گردید و ۲۰۰ ترکیب متفاوت (مدل) با لایه میانی و تعداد نرون مختلف توسط نرم‌افزار ساخته شد. سپس بهترین مدل به لحاظ شاخص‌های R^2، RMSE، ترکیب بهینه با کمترین مقدار RMSE و بالاترین R^2 انتخاب گردید.

در مرحله ارزیابی و مقایسه مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل گمپرتز از شاخص‌های R2، R ، RMSE، MAD و Bias استفاده گردید. بهترین مقدار برای R^2 و R برابر ۱ و برای سایر معیارهای صفر می‌باشد.

نتایج و بحث

در این آزمایش از مدل گمپرتز برای برازش داده‌های رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف بنتونیت سدیم استفاده شده است. میانگین وزن جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های متفاوت بر حسب سن در جدول ۲ آورده شده است.

اثر جیره‌های مختلف غذایی بر پارامتر وزن اولیه جوجه‌ها (W_0) معنی‌دار بوده است ($P<۰/۰۵$)، بطوریکه تیمار حاوی ۳ درصد بنتونیت سدیم دارای بیشترین (۵۷/۰۴) و تیمار شاهد دارای کمترین (۴۳/۰۶) وزن اولیه بودند (جدول ۳). همچنین تیمار شاهد دارای اختلاف معنی داری با سایر تیمارها (تیمارهای حاوی بنتونیت سدیم) بود ($P<۰/۰۵$).

تیمارهای غذایی سبب تغییر معنی‌دار در وزن نهایی (W_f) گردیدند ($P<۰/۰۵$). تیمار شاهد و تیمار حاوی ۳ درصد بنتونیت سدیم به ترتیب حداقل و حداکثر وزن نهایی را به خود اختصاص دادند. تیمار حاوی ۲/۲۵ و ۳ با هم و تیمار شاهد با تیمار ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد تفاوت معنی داری را نشان ندادند اما تیمار حای ۳/۷۵ درصد بنتونیت سدیم با تیمار شاهد و دیگر تیمارهای تفاوت معنی داری را نشان داد ($P<۰/۰۵$). در کل می‌توان بیان نمود که افزودن بنتونیت به جیره ها سبب افزایش وزن نهایی می‌گردد (جدول ۳).

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، اثر جیره‌های آزمایشی بر پارامترهای زمان تغییر منحنی رشد (T) و وزن در در زمان تغییر منحنی رشد (W_i) معنی‌دار بوده است ($P<۰/۰۵$). تیمار حاوی ۳ درصد بنتونیت سدیم بیشترین زمان تغییر منحنی رشد (۵۰/۸۳ روز) را دارد اما تفاوت این تیمارهای حاوی ۲/۲۵ و ۳/۷۵ درصد بنتونیت سدیم معنی‌دار نیست. و همچنین تیمار شاهد نیز دارای تفاوت معنی‌داری با تیمارهای حاوی ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد بنتونیت سدیم نمی‌باشد، اما با دیگر تیمارها دارای تفاوت معنی داری می‌باشد ($P<۰/۰۵$). زمان تغییر منحنی رشد (افزایشی به کاهشی) برای تیمار شاهد در ۳۷ روزگی ایجاد می‌شود و افزودن بنتونیت سدیم به جیره‌ها سبب افزایش این زمان می‌گردد و این بدین معنی است که جوجه‌های برای رسیدن به وزن مطلوب نیاز به زمان بیشتری دارند. ثابت رشد نمایی (b) تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید.

جدول ۱- ترکیبات مختلف جیره‌های غذایی مورد استفاده در دوره آغازین و رشد

مواد خوراکی	جیره آغازین (۲۱-۰ روزگی)	جیره رشد (۴۲-۲۱ روزگی)
ذرت	۵۹	۶۳
سویا	۳۲/۰۳	۲۷/۷۹
بنتونیت سدیم	۰/۰۰	۰/۰۰
پودرماهی	۳	۲/۵۰
روغن سویا	۱/۸۱	۳/۲۵
صدف	۱/۵۰	۱/۵۵
دی کلسیم فسفات	۱/۵۰	۰/۹۰
نمک	۰/۴۰	۰/۳۲
مکمل معدنی و ویتامینه	۰/۵۰	۰/۵۰
ال- لیزین	۰/۰۷	۰/۰۹
دی ال – متیونین	۰/۲	۰/۱
مواد مغذی		
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۹۵۰	۳۱۰۰
پروتئین (درصد)	۲۱/۲۰	۱۹/۳۷
متیونین (درصد)	۰/۹۱	۰/۷۶
لیزین (درصد)	۱/۲۶	۱/۱۴
کلسیم (درصد)	۱/۱۰	۰/۹۶
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۵۰	۰/۳۷

جدول ۲- متوسط وزن جوجه‌های گوشتی (گرم) تغذیه شده با سطوح مختلف بنتونیت در سنین مختلف

تیمارها	سطوح بنتونیت						اشتباه معیار
	۰	۰/۷۵	۱/۵	۲/۲۵	۳	۳/۷۵	
هفته اول	۱۳۲/۹۹	۱۳۸/۷۵	۱۳۷/۰۲	۱۳۴/۳۷	۱۳۶/۳۴	۱۴۸/۵۱	۲/۵۰
هفته دوم	۳۱۶/۳۰	۳۳۶/۴۲	۳۳۵/۶۶	۳۲۷/۰۴	۳۲۲/۸۷	۳۱۰/۷۱	۳/۱۰
هفته سوم	۶۰۱/۹۲	۶۲۱/۰۴	۶۱۳/۳۹	۵۹۱/۲۷	۵۹۰/۷۵	۵۶۹/۴۴	۵/۱۶
هفته چهارم	۹۰۴/۴۲	۹۰۹/۵۸	۹۱۵/۹۴	۸۹۱/۷۰	۸۶۴/۲۸	۸۵۶/۴۱	۹/۱۶
هفته پنجم	۱۳۵۸/۴۸	۱۳۴۲/۲۹	۱۳۲۳/۵۸	۱۳۵۲/۹۴	۱۳۱۸/۹۲	۱۳۰۸/۳۰	۱۰/۶۵
هفته ششم	۱۸۳۳/۶۹	۱۸۳۲/۹۲	۱۸۲۸/۶۰	۱۸۹۶/۷۸	۱۸۵۴/۷۴	۱۷۹۱/۶۷	۱۴/۵۷

جدول ۳- اثر سطوح مختلف بنتونیت سدیم بر پارامترهای رشد جوجه گوشتی با استفاده از مدل گمپرتز

تیمارها	سطوح بنتونیت (درصد)						اشتباه معیار	سطح معنی‌داری
	۰	۰/۷۵	۱/۵	۲/۲۵	۳	۳/۷۵		
W_0	۴۳/۰۶^{c}	۵۴/۱۹^{ab}	۵۲/۰۵^{ab}	۵۲/۰۷^{ab}	۵۷/۰۴^{a}	۴۹/۲۱^{b}	۱/۱۰۱	۰/۰۰۰۵
Wf	۴۳۰۷/۴^{c}	۴۶۶۷/۲^{c}	۴۵۴۲/۲^{c}	۶۳۸۰/۵^{a}	۶۴۷۲/۳^{a}	۵۳۴۲/۶^{b}	۱۹۰/۰۳۳	۰/۰۰۰۱
b	۰/۰۳۷	۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۵	۰/۰۰۱	۰/۲۵۵
T	۳۷/۴۳^{b}	۴۰/۶۹^{b}	۴۱/۳۴^{b}	۴۹/۰۸^{a}	۵۰/۸۳^{a}	۴۶/۸۸^{a}	۱/۱۷۲	۰/۰۰۰۱
Wi	۱۵۱۹/۶۲^{d}	۱۶۵۴/۵۹^{c}	۱۶۳۸/۲۱^{c}	۲۲۲۵/۱۵^{a}	۲۳۱۷/۰۹^{a}	۱۹۷۰/۵۳^{b}	۶۴/۷۸۷	۰/۰۰۰۱

W_0: وزن اولیه جوجه‌ها (گرم)، W_f: وزن نهایی (گرم)؛ T : زمان تغییر یا نقطه عطف منحنی رشد (روز)؛ W_i: وزن در در زمان تغییر یا عطف منحنی رشد (گرم)؛ b: ثابت رشد نمایی

نرخ رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف بنتونیت سدیم در جدول ۴ نشان داده شده است. نرخ رشد در تمام سنین به‌جز هفته چهارم که آن هم به معنی داری نزدیک بود، اختلاف معنی داری را نشان داد ($P<۰/۰۵$). در هفته اول بیشترین نرخ رشد به تیمار حاوی ۳/۷۵ درصد بنتونیت سدیم تعلق دارد اما این تیمار دارای اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نیست. در هفته‌های دوم، سوم و چهارم بیشترین نرخ رشد را تیمار شاهد به خود اختصاص داد اما در هفته پنجم و هفته ششم بیشترین نرخ رشد مربوط به تیمار حاوی ۲/۲۵ درصد بنتونیت سدیم بود (جدول ۴).

جدول ۴- اثر سطوح مختلف بنتونیت سدیم بر نرخ رشد (گرم بر روز) جوجه‌های گوشتی با استفاده از مدل گمپرتز

تیمارها	سطوح بنتونیت (درصد)						اشتباه معیار	سطح معنی‌داری
	۰	۰/۷۵	۱/۵	۲/۲۵	۳	۳/۷۵		
هفته اول	۱۸/۵۸^{a}	۱۸/۱۳^{ab}	۱۷/۷۴^{ab}	۱۶/۶۰^{b}	۱۶/۴۵^{b}	۱۹/۲۰^{a}	۰/۲۸۸	۰/۰۱۵
هفته دوم	۳۳/۸۳^{a}	۳۲/۵۱^{ab}	۳۲/۳۶^{ab}	۳۱/۰۴^{ab}	۳۰/۱۲^{cb}	۲۹/۰۱^{c}	۰/۵۰۳	۰/۰۴۵
هفته سوم	۴۸/۶۲^{a}	۴۶/۳۷^{ab}	۴۵/۰۰^{bc}	۴۳/۶۶^{abc}	۴۳/۱۵^{bc}	۴۱/۷۸^{c}	۰/۶۶۵	۰/۰۲۱
هفته چهارم	۵۷/۹۰^{a}	۵۴/۶۴^{ab}	۵۱/۳۹^{b}	۵۶/۲۰^{ab}	۵۳/۸۷^{ab}	۵۱/۲۴^{b}	۰/۷۷۳	۰/۰۶۰
هفته پنجم	۶۲/۴۲^{bc}	۶۱/۴۱^{bc}	۶۰/۰۲^{c}	۶۷/۵۵^{a}	۶۴/۷۵^{ab}	۶۰/۲۴^{c}	۰/۷۴۶	۰/۰۰۷
هفته ششم	۶۰/۷۶^{b}	۶۲/۸۹^{b}	۶۰/۶۹^{b}	۷۴/۵۴^{a}	۷۱/۶۹^{a}	۶۴/۲۱^{b}	۱/۲۱۲	۰/۰۰۱

میانگین وزن واقعی و مقدار برآورد شده توسط مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۵ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود مقادیر برآورد شده توسط شبکه عصبی به مقدار واقعی نزدیکتر بوده و دارای انحراف معیار و انحراف از معیار میانگین کمتری نسبت به مدل گمپرتز می‌باشد.

به منظور بررسی کارایی و مقایسه مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی وزن جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح مختلف بنتونیت سدیم از شاخص‌های مجذور ضریب همبستگی (R^2)، ضریب همبستگی (R)، میانگین قدر مطلق انحرافات (MAD)، ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) و اریبی (Bias) استفاده گردید (جدول ۶). همان گونه که در جدول ۶ نشان داده شده است مقدار مجذور ضریب همبستگی (R^2) و ضریب همبستگی (R) برای شبکه عصبی مصنوعی بالاتر از این مقدارها برای معادله گمپرتز است. این مقادیر R^2 و R برای شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب ۰/۹۹۹۲ و ۰/۹۹۹۶ و برای معادله گمپرتز ۰/۹۹۲۵ و ۰/۹۹۶۲ می‌باشد و از طرف دیگر مقادیر میانگین قدر مطلق انحرافات (MAD) شبکه عصبی مصنوعی کمتر از معادله گمپرتز و معادل ۳۸/۴۷ است که مقدار آن برای معادله گمپرتز برابر ۱۲۲/۰۸ می‌باشد. همچنین ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) برای شبکه عصبی مصنوعی نیز کمتر از مقدار آن برای معادله گمپرتز و برابر ۴۹/۶۳ است. میزان بایاس دو مدل نیز دارای اختلاف می‌باشند و بیشترین بایاس مربوط به معادله گمپرتز است. در کل بهترین مقدار برای R^2 و R برابر ۱ و برای سایر معیارهای صفر می‌باشد. بنابراین نتایج این مقایسه نشان دهنده کارایی بیشتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به معادله گمپرتز برای بیش‌بینی وزن جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی می‌باشد.

مدل‌های مورد استفاده جهت پیش‌بینی رشد در طیور به طور کلی از نوع توابع رگرسیون غیرخطی مانند گمپرتز، ریچارد و لجستیک می‌باشند (کنیزیتوا و همکاران، ۱۹۸۵). مدل غیر خطی گمپرتز یکی از مدل‌های مهم غیرخطی جهت برآورد پارامترهای رشد است که از آن به عنوان ابزاری مهم برای تعیین شاخص‌های بیولوژی مانند وزن بدن در یک سن خاص، حداکثر پاسخ رشد و نرخ رشد جوجه‌های گوشتی استفاده می‌شود (راش و همکاران، ۲۰۰۶). ناریک و همکاران (۲۰۱۰) برای برآورد پارامترهای رشد بلدرچین ژاپنی از مدل‌های غیرخطی گمپرتز، ریچارد، لجستیک، برتالانفی، برودی، تابع نمایی منفی و سه مدل غیرخطی هایپربولستیک استفاده نمودند و گزارش کردند که در بین این مدل‌ها، مدل گمپرتز بهترین و مناسبترین مدل جهت برآورد پارامترهای رشد بلدرچین ژاپنی می‌باشد. اما نیکخواه و همکاران (۱۳۸۸) گزارش نمودند مدل‌های رشد هایپربولستیک با دقت بالاتر و خطای کمتری نسبت به مدل‌های کلاسیک از جمله گمپرتز و ریچارد می‌توانند مدل رشد جوجه‌های گوشتی را توصیف نمایند.

جدول ۵- میانگین وزن واقعی مشاهده شده و مقدار پیش بینی شده توسط مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی در سن ۴۲ روزگی (گرم)

گروه	میانگین مشاهده شده (واقعی)	مدل گمپرتز		شبکه عصبی	
		میانگین	باقیمانده	میانگین	باقیمانده
۱	۱۸۸۰/۷۶	۱۸۳۴/۱۸	۲۵/۷۷	۱۸۵۹/۹۶	۲۰/۸۰
۲	۱۸۹۱/۶۶	۱۶۸۴/۹۹	۲۰۳/۲۱	۱۸۸۸/۲۰	۳/۴۶
۳	۱۸۳۱/۵۳	۱۷۸۹/۵۲	۹۵/۳۸	۱۸۸۴/۹۱	-۵۳/۳۷
۴	۱۷۳۰/۷۶	۱۹۲۸/۳۷	-۶۸/۸۸	۱۸۵۹/۴۸	-۱۲۸/۷۱
۵	۱۸۳۳/۳۳	۱۸۴۶/۵۸	۰/۰۲	۱۸۴۶/۶۰	-۱۳/۲۷
۶	۱۸۲۰/۰۰	۱۷۷۳/۲۰	۳۹/۸۶	۱۸۱۳/۰۷	۶/۹۲
۷	۱۸۰۷/۵۰	۱۷۵۷/۲۷	۵۶/۷۷	۱۸۱۴/۰۴	-۶/۵۴
۸	۱۸۷۰/۸۳	۱۸۲۳/۲۹	۴۷/۹۲	۱۸۷۱/۲۱	-۰/۳۸
۹	۱۹۲۲/۷۲	۱۸۷۵/۱۷	۰/۵۲	۱۸۷۵/۷۰	۴۷/۰۲
۱۰	۱۸۳۳/۳۳	۱۶۵۸/۹۶	۱۳۹/۴۷	۱۷۹۸/۴۴	۳۴/۸۹
۱۱	۱۶۸۳/۳۳	۱۶۳۸/۵۳	۱۱۰/۵۱	۱۷۴۹/۰۵	-۶۵/۷۱
۱۲	۱۸۷۵/۰۰	۱۸۲۶/۹۶	۴۸/۵۰	۱۸۷۵/۴۷	-۰/۴۷
۱۳	۱۹۳۶/۳۶	۱۸۷۵/۸۵	-۱۴/۴۸	۱۸۶۱/۳۶	۷۴/۹۹
۱۴	۱۹۵۰/۰۰	۱۸۴۱/۶۰	۴۲/۶۳	۱۸۸۴/۲۳	۶۵/۷۶
۱۵	۱۷۹۱/۶۶	۱۷۳۷/۰۴	۲۹/۴۳	۱۷۶۶/۴۷	۲۵/۱۹
۱۶	۱۹۰۹/۰۹	۲۱۷۵/۴۷	-۲۸۸/۱۳	۱۸۸۷/۳۴	۲۱/۷۴
۱۷	۱۷۵۰/۰۰	۱۹۷۴/۵۹	-۱۶۵/۶۷	۱۸۰۸/۹۲	-۵۸/۹۲
۱۸	۱۹۳۶/۳۶	۱۸۷۷/۰۶	۳۷/۲۵	۱۹۱۴/۳۲	۲۲/۰۴
۱۹	۱۸۴۱/۶۶	۱۷۸۱/۵۰	۳۹/۹۳	۱۸۲۱/۴۴	۲۰/۲۱
۲۰	۱۸۹۰/۹۰	۱۵۲۷/۸۸	۳۰۲/۷۹	۱۸۳۰/۶۷	۶۰/۲۳
۲۱	۱۸۰۰/۰۰	۲۰۵۲/۱۶	-۲۳۳/۷۸	۱۸۱۸/۳۷	-۱۸/۳۷
۲۲	۱۷۱۶/۶۶	۱۶۷۱/۹۷	۷۷/۱۴	۱۷۴۹/۱۱	-۳۲/۴۵
۲۳	۱۸۳۳/۳۳	۱۵۰۴/۹۶	۲۳۸/۰۶	۱۷۴۳/۰۳	۹۰/۳۰
۲۴	۱۸۱۶/۶۶	۱۶۷۴/۲۰	۱۹۴/۰۲	۱۸۶۸/۲۳	-۵۱/۵۷
میانگین	۱۸۳۹/۷۳	۱۷۹۷/۱۴	۳۹/۹۳	۱۸۳۷/۰۷	۲/۶۵
اشتباه معیار	۱۴/۵۷	۳۱/۱۱	۲۷/۶۳	۱۰/۰۵	۱۰/۳۳
انحراف معیار	۷۱/۴۱	۱۵۲/۴۴	۱۳۵/۳۹	۴۹/۲۴	۵۰/۶۳

جدول ۶- مقایسه کارایی مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی وزن جوجه‌های گوشتی

پارامتر	مدل	
	گمپرتز	شبکه عصبی مصنوعی
R^2	۰/۹۹۲۵	۰/۹۹۹۲
R	۰/۹۹۶۲	۰/۹۹۹۶
MAD	۱۲۲/۰۸	۳۸/۴۷
RMSE	۱۵۸/۴۱	۴۹/۶۳
Bias	۴۲/۵۸	-۲/۱۴

R^2: Coefficient of determination; R: Correlation; MAD = Mean absolute deviation (g); RMSE, Root mean square error (g)

راش و همکاران (۲۰۰۶) دو مدل گمپرتز و شبکه عصبی را در رشد جوجه‌های گوشتی مقایسه کردند. معادله گمپرتز مقادیر وزن بدن را کمتر از مدل شبکه عصبی تخمین زد. در مقابل یو و همکاران (۱۹۹۳) فراسنجه‌های رشد را در موش با استفاده از رگرسیون و مدل شبکه عصبی محاسبه نموده و بیان کردند که اگر چه هر دوی این مدل‌های وزن بدن را بخوبی توصیف کردند ولی مدل شبکه عصبی از لحاظ دقت و صحت برتری داشت. همچنین بحرینی و اسلامی‌نژاد (۲۰۱۰) برای پیش‌بینی وزن گوسفند بلوچی از مدل‌های غیره خطی گمپرتز، لجستیک، برودی، ریچارد و شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند و گزارش کردند که با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌توان وزن گوسفند را با دقت بیشتر و خطای کمتری پیش‌بینی نمود که با نتایج مطالعه‌ی حاضر مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد بنتونیت سدیم سبب تغییر معنی‌داری در پارامترهای مقدار وزن نهایی (Wf)، وزن اولیه جوجه‌ها (W0)، زمان تغییر منحنی رشد (T) و وزن در در زمان تغییر منحنی رشد (W_i) گردید، اما ثابت رشد نمایی (b) تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. بطور کلی نتایج به دست آمده حاکی از عملکرد مطلوب شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی وزن نهایی جوجه‌های گوشتی می‌باشد و شبکه‌های عصبی مصنوعی توانستند وزن جوجه‌های گوشتی را بهتر از مدل گمپرتز برآورد کنند.

منابع

امیرآبادی، ز.، فرهنگ فر، ه.، ریاسی، ا. و جانمحمدی، ح. ۱۳۹۰. استفاده از مدل ریاضی گومپرتز برای تخمین پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی سویه تجاری راس تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف دانه خلر خام یا حرارت داده شده. مجله پژوهش‌های علوم دامی. جلد ۲۱، شماره ۱، صفحات ۱۰۵-۱۱۵.

نیکخواه، م.، متقی‌طلب، م. و زواره، م. ۱۳۸۸. مقایسه مدل‌های رشد هایپربولستیک با مدل‌های رشد کلاسیک در توصیف منحنی رشد جوجه‌های نر گوشتی سویه راس. مجله علوم دامی ایران. دوره ۴۰، شماره ۴، صفحات ۷۱-۷۸.

Aggrey, S.E., 2002. Comparison of Three Nonlinear and Spline Regression Models for Describing Chicken Growth Curves. Poultry Science 81:1782–1788.

Ahmadi, H., Golian, A., 2010. Growth analysis of chickens fed diets varying in the percentage of metabolizable energy provided by protein, fat, and carbohydrate through artificial neural network. Poultry Science 89 :173–179.

Ahmadi, H., Golian, A., Mottaghitalab, M. and Nariman-Zadeh, N., 2008. Prediction model for true metabolizable energy of feather meal and poultry offal meal using group method of data handling-type neural network. Poultry Science. 87:1909–1912.

Alkan, S., Mendes, M., Karaba, K. and Balcıolu, M.S., 2009. Effect of short-term divergent selection for 5-week body weight on growth characteristics of Japanese quail. Arch.Geflügelk. 73 (2) 124–131.

Bahreini Behzadi, M.R and Aslaminejad, A.A. 2010. A comparison of neural network and nonlinear regression predictions of sheep growth. Journal of animal and veterinary advances. 9 (16): 2128-2131.

Chelani, A.B., Chalapati, R.C.V., Phadke, K.M. and Hasan, M.Z., 2002. Prediction of sulphur dioxide concentration using artificial neural networks. Environ. Modell. Softw. 17:161–168.

Darmani Kuhi H., Kebreab, E., Lopez, S. and France, J. 2003. An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken. Poultry Science. 82(10):1536-1543 .

Eya, J.C., Parsons, A., Haile, I. and Jagidi, P. 2008. Effects of dietary zeolites (bentonite and mordenite) on the performance juvenile rainbow trout onchorhynchus myskis. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2: 961-967.

Grosicki, A. 2008. Bentonite influence on manganese uptake in rats. Bull Vet Inst Pulawy 52: 441-444.

Haykin, S. 1994. Neural Networks: A comprehensive foundation.

Ivan, M., Dayrell, S. and Hidiroglou, M. 1992. Effects of bentonite on wool growth and nitrogen metabolism in a fauna-free and faunated sheep. Journal of Animal Science. 70: 3194- 3202.

Karayiannis, N.B., and Venetsanopoulos, A.N. 1993. Artificial Neural Networks: Learning Algorithms, Performance Evaluation and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.

Knizetova, H., J. Hyanek., H. Hajkova., B. Knize., and R. Siler.1985.Growth curves of chickens with different type of performance. Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol. 102:256–270.

Kurnic, A.A. and Reid, B.L. 1960. Poultry nutrition studies with bentonite feedstuffs 32: Dec, 24, p. 18.
Narinc, D., karaman, E., Ziya Firat, M and Aksoy, T. 2010. Comparison of Nonlinear Growth models to describe the growth in Japanese Quail. Journal of animal and veterinary advances.9 (14): 1961-1966.
National Research council. 1994. Nutrient requirements of poultry, 8th rev. ed. National Academy Press, Washington Dc.
Quisenberry, J.h. 1968. The use of clay in poultry feed. Clays and Clay Minerals. 16: 267-270.
Quisenberry, J.H. and Bradley, J.W. 1964. Sodium bentonite feeding experiment. Feedstuffs. 36:Nov. 21, p. 23.
Ricklefs, R.E. 1985. Modification of growth and development of muscles in poultry. Poultry Science. 64:1563–1576.
Roush, W.B., Dozier, W.A. & Branton, S.L. (2006). Comparison of Gompertz and neutral network models of broiler growth. Journal of Poultry Science, 85, 794-797.
Safaeikatouli, M.F., Boldaji, B., Dastar and Hassani, S. 2010. Effect of different levels of kaolin, bentonite and zeolite on broilers performance. Journal of Biol Science. 10: 58-62.
SAS Institute Inc. 1996. Statistical Analysis System (SAS) User's Guide. SAS Institute. Cary. NC. USA.
Sengul, T. and Kiraz, S. 2005. Non-linear models for growth curves in large white turkeys. Turkish Journal of Veterinary Animal Science 29: 331-337.
Soleimani Roodi, P., Golian, A. and Sedghi, M. 2010. Multiple linear regression and artificial neural network models for prediction of amino acids in pearl millet using an approximate analysis. Iranian Journal of Animal Science Research. 3:363-368.
Tauqir, N. A and Nawaz, H. 2001. Performance and economics of broiler chicks fed on rations supplemented with different with different levels of sodium bentonite. International Journal of Agriculture& Biology. 1560-8530.
Trckova, M., Matlova, L., Dvorska, l. and Pavlik, I. 2004. Bentonite and zeolite as feed additives for animals: health advantages and risks. Vet- Med Czech. 10: 389-399.
Vanke, L. 1976. Bentonite clay in diets for meat chickens. Ptitsevodstvo, 7:36.
Yee, D., Prior, M.G. and Florence, L.Z. (1993). Development of predictive models of laboratory animal growth using artificial neural networks. Comput. Appl. Biosci. 9:517–522.
Zoons, J., Buyse, G. and Decuypere, E. 1991. Mathematical models in broiler raising. Journal of World's Poultry Science. 47: 243-255.

Using Gompertz model in comparison with artificial neural network to estimate the growth parameters of the broiler chickens fed with sodium bentonite

M. Chaji[1*], A. Masoudi[2], H. Damiri[3], M. Boojarpour[4] and A. Azarfar[5]

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal and Food Sciences, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khouzestan, 2- PhD Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, 3- MSc Graduated Student, Department of Animal Science, Faculty of Animal and Food Sciences, Ramin Agriculture and National Resources University of Khuzestan, 4- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal and Food Sciences, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khouzestan and 5- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University

*Corresponding Author Email: mortezachaji@yahoo.com and chaji@ramin.ac.ir

Submitted: 22 October 2013 **Accepted: 10 May 2015**

Abstract

This experiment was conducted to determine the effects of sodium bentonite on broiler growth parameters, and to compare prediction ability of the Gompertz model and artificial neural network (ANN). A total of 288 one day-old Ross chicken were used in a completely randomized design with 6 treatments (6 diets) and each treatment were divided into 4 replicates. The treatments were diets including 0, 0.75, 1.5, 2.25, 3 and 3.75% sodium bentonite, which was used as top-dress. Gompertz growth function was used to estimate the growth characteristics and to compare the prediction ability of this function with artificial neural network, R square coefficient (R^2), mean absolute deviation (MAD), root mean square error (RMSE) and bias were used as indicators. The treatments caused significant changes in the final weight (W_f), the initial weight of chicks (W_0), the time for change of growth curve (T) and the weight in the change of growth curve (Wi) ($P<0.05$), but constant of exponential growth (b) was not affected by the experimental diets. Growth rate at all ages, except the fourth week, was affected by dietary treatment ($P<0.05$). The R square coefficient for the artificial neural network (0.9992) was higher than Gompertz equation (0.9925. The value of the MAD, RMSE and bias of ANN was less than the Gompertz equation. Overall, this experiment shows that the performance of the ANN for estimation the weight of broilers at 42 days-old was better than Gompertz equation.

Keywords: Growth parameters, Gompertz model, Sodium bentonite, Artificial neural network, Broiler chickens.