دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

استفاده از مدل ریاضی گمپرتز برای تخمین پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با مقادیر مختلف دانه شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) و مقایسه آن با شبکه عصبی مصنوعی

مریم میردریکوندی[۱]، محمد محمودی[۲]، پرویز فرهومند[۳]، عباس مسعودی[۴] و محسن امیدی[۵]

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران
۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: Mohammad.mahmoudi59@gmail.com)
۳- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران
۴- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران
۵- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۳
صفحه: ۱۹ تا ۲۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: این آزمایش به منظور بررسی اثر مصرف سطوح مختلف جیره‌ای دانه شاهدانه (Cannabis sativa L.) بر پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی برآورد شده توسط مدل ریاضی گمپرتز و شبکهٔ عصبی مصنوعی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از ۱۹۲ قطعه جوجه خروس یک روزه (Ross 308) با چهار تیمار جیره‌ای شاهد (فاقد شاهدانه)، ۲/۵ درصد، ۵ درصد و ۷/۵ درصد شاهدانه در چهار تکرار (هرتکرار شامل ۱۲ قطعه جوجه) در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. در طول دوره پرورش جوجه‌ها به آب و خوراک دسترسی آزاد داشتند. برای ارزیابی پارامترهای رشد، وزن تجمعی بدن پرندگان با مدل گمپرتز برازش شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که سطوح مختلف دانه شاهدانه اثر معنی‌داری بر پارامترهای رشد در جوجه‌های گوشتی نداشت. نرخ رشد در هفته‌های اول تا پنجم دوره پرورش جوجه‌های گوشتی به طور معنی داری تحت تأثیر افزودن جیره‌ای دانه شاهدانه قرار گرفت. نتایج مقایسهٔ شاخص‌های نکوئی مدل‌ها نشان داد که مدل غیرخطی گمپرتز با داشتن ضریب تعیین بالاتر و میانگین مربعات خطا، میانگین انحراف مطلق، میانگین درصد خطای مطلق و اریبی کمتر در مقایسه با شبکهٔ عصبی مصنوعی، برآورد بهتری از وزن جوجه‌های گوشتی دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح مختلف جیره‌ای دانه شاهدانه اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های رشد جوجه‌های گوشتی شامل ضریب رشد نسبی، وزن زنده در زمان بلوغ، نقطه عطف منحنی رشد و وزن بدن در زمان نقطه عطف منحنی رشد نداشت. نرخ رشد در هفته‌های اول تا پنجم دوره پرورش جوجه‌های گوشتی به طور معنی‌داری تحت تأثیر افزودن جیره‌ای دانه شاهدانه قرار گرفت. از طرفی نتایج این تحقیق حاکی از این بود که مدل گمپرتز توانست وزن ۴۲ روزگی جوجه‌های گوشتی را با دقت بیشتری در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی برآورد کند.

واژه‌های کلیدی: جوجه گوشتی، شاهدانه، شبکه عصبی مصنوعی، مدل گمپرتز

مقدمه

گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) در زبان انگلیسی کانابیس و در زبان اسپانیایی ماری جوانا نامیده می‌شود (۵). شاهدانه گیاهی یک ساله و لیفی، بومی مناطق مرکزی آسیاست و از آنجا به سایر مناطق جهان گسترش یافته است (۲۲). شاهدانه[۱](HS) به علت بومی بودن و مقاومت در برابر بیماری‌ها، نیازی به استفاده از سموم و مواد شیمیایی در کشت آن نیست و می‌تواند در تولید محصولات ارگانیک سهیم باشد. از گیاه شاهدانه تاکنون بیش از ۶۱ ماده شیمیایی به دست آمده که کانابینوئید نامیده می‌شود. کانابینوئید دلتا ۹ یا تتراهیدروکانابینول (THC) اصلی‌ترین ماده این گیاه است که دارای خواص اشتهاآوری و آنتی‌اکسیدانی می‌باشد که با شستشو و حرارت دادن از بین می‌رود (۱۴،۱۵). پروتئین شاهدانه از دو نوع پروتئین آلبومین و پروتئینی مشابه پروتئین سویا (ادستین) تشکیل شده است (۷). شاهدانه فاقد مهارکننده‌های تریپسین و اولیگوساکاریدهای آزاد و از نظر مواد معدنی به ویژه آهن غنی می‌باشد و همچنین میزان اسیدآمینه ضروری آرژنین در سطح بسیار مطلوبی بوده که می‌تواند به‌عنوان مکمل پروتئینی مورد توجه قرار گیرد (۴،۱۴). روغن دانه‌های شاهدانه از ارزش تغذیه‌ای فوق‌العاده‌ای برخوردار است (۶). دانه کامل آن دارای تقریبا ۲۵ درصد پروتئین خام (CP) ۳۳ تا ۳۵ درصد روغن و ۳۴ درصد کربوهیدرات بوده که بخش اعظم آن فیبر می‌باشد، به علاوه دارای سطوح خوبی از ویتامین ها و مواد معدنی است (۷،۱۳). محمودی و همکاران (۲۰) بیان کردند استفاده از دانه شاهدانه در تغذیه جوجه گوشتی اثر معنی‌داری بر افزایش وزن بدن در دو دوره‌ی ۲۱-۱ روزگی و ۴۲- ۱ روزگی داشت و با افزایش سطوح شاهدانه مصرف خوراک به طور غیرمعنی‌داری افزایش یافت. در مطالعه‌ای تاثیر متقابل دانه شاهدانه و دکستران الیگوساکارید بر عملکرد جوجه گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این محققین نشان داد که تیمارهای آزمایشی بر میانگین افزایش وزن روزانه از ۱ تا ۲۱ روزگی اثر معنی‌داری داشت اما اثری بر میانگین مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل غذایی از ۲۲ تا ۴۲ و از ۱ تا ۴۲ روزگی دوره پرورش نداشت (۱۹). گیاه شاهدانه از دیرباز در دنیا به ویژه در ایران در تغذیه پرندگان زینتی مانند قناری بالاخص در زمان جفتگیری، برای بالا بردن میل جنسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۴). با توجه به سابقه مصـرف سنتی آن به نظر می‌رسـد می‌توان از دانه این گیاه در تغذیه صنعتی طیور نیز به خوبی استفاده کرد.

رشد به‌عنوان یک شاخص در سامانه‌های بیولوژی، شامل افزایش توده بدن در واحد زمان است. مدل‌های رشد سامانه‌های بیولوژی اهمیت ویژه‌ای داشته و بعنوان یک ابزار مهم برای تعیین شاخص‌های بیولوژی مانند وزن بدن در سن

1- Hemp seed

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]

خاص، بیشینه پاسخ رشد و نرخ رشد محسوب می‌شوند. استفاده از مدل‌های رشد از جمله راه‌های پیش‌بینی رشد در حیوانات مزرعه‌ای است. مدل‌های ریاضی رشد توابعی هستند که برای توصیف الگوی رشد وزن بدن به کار می‌روند (۱۱، ۱۲). امروزه از طریق تجزیه و رسم منحنی‌های رشد با استفاده از مدل‌های رشد در طیور این امکان وجود دارد تا به کمک این مدل‌ها، برنامه‌های مدیریتی و تغذیه‌ای را جهت بهبود انتخاب و پرورش ارائه داد (۱۷). رگرسیون غیرخطی مانند گمپرتز، ریچاردز و لجستیک از جمله مدل‌های مورد استفاده جهت پیش‌بینی رشد در طیور به شمار می‌روند (۱۶). برخی محققین بیان کرده‌اند که مدل غیرخطی گمپرتز مدل مناسبی جهت برازش رشد در طیور می‌باشد (۸،۲۹،۳۱). سنگول و کی راز (۲۷) جهت بررسی روند رشد بیولوژیکی از مدل‌های غیرخطی گمپرتز و لجستیک استفاده نمودند و در یک تحقیق نشان داده شد که بررسی‌های غیرخطی 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 ماکزیمم 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 (۳۲). در مطالعه‌ای مدل ریاضی گمپرتز برای تخمین پارامترهای رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف دانه خلر استفاده گردید و نتایج نشان داد که جوجه‌های تغذیه شده با خلرخام در سن بالاتری منحنی رشدشان تغییر نمود و در این زمان وزن بالاتری نسبت به جیره حاوی خلر حرارت داده شده به دست آمد (۳). سلیمانی رودی و همکاران (۲۸) 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 دانه ارزن مرواریدی و ترکیبات شیمیایی آن ارتباط قابلِ توجهی وجود دارد. همچنین ارزیابی آماری این تحقیق نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با رگرسیون خطی چندگانه دارای قدرت تخمین بیشتری برای برآورد میزان هر یک از اسیدهای آمینه ارزن مرواریدی می‌باشد. میردریکوندی و همکاران (۲۳) دو مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی را در رشد جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده عصاره کنگرفرنگی از طریق آب آشامیدنی با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج این تحقیق حاکی از عملکرد مطلوب شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی وزن نهایی جوجه‌های گوشتی در مقایسه با مدل گمپرتز بود. همچنین با مقایسه دو مدل گمپرتز و شبکهٔ عصبی مصنوعی در رشد جوجه‌های گوشتی بیان شد که مدل گمپرتز مقادیر وزن بدن را در مقایسه با مدل شبکهٔ عصبی کمتر تخمین زد (۲۵). غضنفری (۱۰) در مطالعه‌ای جهت مقایسه مدل خطی و شبکه عصبی مصنوعی در جوجه گوشتی بیان کرد که مدل شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل خطی برای پیش‌بینی عملکرد در جوجه‌های گوشتی کارآمدتر بود. نتایج مطالعه ابراهیمی و همکاران (۹) بیانگر توصیف متفاوت منحنی رشد ترکیبات ژنی مختلف آمیخته‌ها و فراسنجه‌های بهترین منحنی توصیف‌کننده رشد بود. برای ترکیبات دو سویه‌ای تابع گمپرتز بهترین پیش‌بینی را داشت، اما در ترکیبات چهار سویه‌ای تابع ویبول بهترین بود.

لذا در این مطالعه مقایسه دو مدل ریاضی گمپرتز و مدل شبکه عصبی در تخمین پارامترهای رشد در جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده سطوح مختلف جیره‌ای دانه شاهدانه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرنده، جیره و پرورش

تعداد ۱۹۲ قطعه جوجه جنس نر یک روزه (Ross 308) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار (۱۲ قطعه جوجه) استفاده شد. چهار تیمار جیره‌ای شامل جیره شاهد (فاقد شاهدانه)، و جیره‌های حاوی سطوح ۲/۵ درصد، ۵ درصد و ۷/۵ درصد دانه شاهدانه بود. جوجه‌ها در محل مرغداری تحقیقاتی گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در پردیس نازلو تحت شرایط استاندارد آزمایشگاهی به مدت ۴۲ روز پرورش یافتند. در طول دوره آزمایش جوجه‌ها به آب و خوراک دسترسی آزاد داشتند. جیره‌ها بر پایه ذرت- کنجاله سویا تنظیم گردیدند و از نظر انرژی و پروتئین یکسان بودند و بر اساس توصیه‌های راهنمای پرورش راس ۳۰۸ (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات تنظیم شدند. افزایش وزن به صورت هفتگی اندازه‌گیری و محاسبه گردید. جدول شماره ۱ ترکیب و آنالیز جیره‌های غذایی مورد استفاده در این آزمایش را نمایش می‌دهد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و آنالیز شیمیایی جیره‌های مورد آزمایش

Table 1. Food composition and chemical analysis of the experimental diets

تیمار	جیره آغازین (۱۴ - ۰ روزگی)				جیره رشد (۲۸ - ۱۴ روزگی)				جیره پایانی (۴۲ - ۲۸ روزگی)			
	کنترل	٪۲/۵	٪۵	٪۷/۵	کنترل	٪۲/۵	٪۵	٪۷/۵	کنترل	٪۲/۵	٪۵	٪۷/۵
مواد خوراکی (درصد)												
ذرت	۵۵/۶۰	۵۵/۰۰	۵۴/۷۰	۵۴/۴۰	۵۶/۲۰	۵۶/۰۰	۵۵/۴۰	۵۵/۴۰	۵۹/۹۰	۵۹/۴۰	۵۹/۲۰	۵۸/۸۰
کنجاله سویا	۳۵/۶۰	۳۴/۴۰	۳۳/۱۰	۳۱/۷۰	۳۳/۷۰	۳۲/۳۰	۳۱/۱۰	۲۹/۶۰	۳۱/۰۰	۲۹/۷۰	۲۸/۳۰	۲۷/۰۰
دانه شاهدانه	۰/۰۰	۲/۵۰	۵/۰۰	۷/۵۰	۰/۰۰	۲/۵۰	۵/۰۰	۷/۵۰	۰/۰۰	۲/۵۰	۵/۰۰	۷/۵۰
پودر ماهی	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
روغن سویا	۲/۹۰	۲/۲۰	۱/۴۰	۰/۶۰	۴/۸۰	۴/۰۰	۳/۳۰	۲/۴۰	۵/۴۰	۴/۷۰	۳/۹۰	۳/۱۰
دی‌کلسیم فسفات	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۱/۳۰	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۹۰
پوسته صدف	۱/۴۰	۱/۵۰	۱/۶۰	۱/۶۰	۱/۲۰	۱/۳۰	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۲۰	۱/۳۰	۱/۴۰	۱/۵۰
بی‌کربنات سدیم	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
نمک طعام	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
دی ال-متیونین	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
ال-لیزین	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
پرمیکس[۱]	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
آنالیز خوراک												
انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۰۲۵	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰
پروتئین خام (درصد)	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۲۱/۰۰	۲۱/۰۰	۲۱/۰۰	۲۱/۰۰	۱۹/۰۰	۱۹/۰۰	۱۹/۰۰	۱۹/۰۰
فیبرخام (درصد)	۳/۹۰	۴/۶۸	۵/۴۵	۶/۰۲	۳/۷۸	۴/۳۷	۴/۹۶	۵/۵۵	۳/۶۷	۴/۲۵	۴/۸۴	۵/۴۳
کلسیم (درصد)	۱/۰۴	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۶
فسفر در دسترس (درصد)	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۳
سدیم (درصد)	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
کلر (درصد)	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
متیونین (درصد)	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱
لیزین (درصد)	۱/۴۵	۱/۴۴	۱/۴۳	۱/۵۰	۱/۲۴	۱/۲۳	۱/۲۲	۱/۲۱	۱/۰۷	۱/۰۶	۱/۰۵	۱/۰۳
متیونین+ سیستین (درصد)	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۷
آرژنین (درصد)	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۵۰	۱/۳۳	۱/۳۶	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۲۰	۱/۲۲	۱/۲۵	۱/۲۹
تریپتوفان (درصد)	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۲

[۱] پرمیکس (در کیلوگرم جیره): ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D_3، ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۱ میلی‌گرم؛ ویتامین C، ۳۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K_3، ۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B_1، ۱۰ میلی‌گرم؛ ویتامین B_2، ۵/۷ میلی‌گرم؛ ویتامین B_6، ۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B_{12}، ۰/۰۲۴ میلی‌گرم؛ اسید پنتوتنیک، ۵۰ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۵ میلی‌گرم؛ اسید نیکوتینیک، ۲۸ میلی‌گرم؛ کولین، ۲۵۰ میلی‌گرم؛ کبالت، ۰/۵ میلی‌گرم؛ مس، ۵ میلی‌گرم؛ ید، ۰/۵ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ منیزیم، ۱۰۸ میلی‌گرم، روی، ۶۵ میلی‌گرم؛ آهن، ۴۲ میلی‌گرم؛ کلسیم، ۱۱ میلی‌گرم؛ سدیم، ۳۹۰ میلی‌گرم؛ کلر، ۶۷۱ میلی‌گرم؛ پتاسیم، ۷۸ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۲۲ میلی‌گرم.

برآورد فراسنجه‌های تابع گمپرتز

برای ارزیابی شاخص‌های رشد، وزن تجمعی بدن پرندگان با مدل گمپرتز برازش شد (۱۸). معادله مورد استفاده به صورت زیر (رابطه ۱) بود:

رابطه ۱: $W_t= W_0 \exp \{\{1 – \exp (-bt)\} \ln (W_f/W_0)\}$

که در آن W_t وزن مورد انتظار بدن (گرم) در زمان t، W_0 وزن اولیه بدن (گرم)، b ضریب رشد نسبی و یا شاخص بلوغ (مقادیر کوچکتر b نشان دهنده بلوغ زودرس می‌باشد)، t سن پرنده (روز) و W_f وزن زنده بلوغ (گرم) بود. فراسنجه‌های مدل با استفاده از PROC NLIN نرم‌افزار SAS (۲۶) تخمین زده شدند. فراسنجه‌های محاسبه شده سپس جهت تخمین نقطه عطف منحنی رشد (Ti؛ روز)، وزن بدن در زمان نقطه عطف منحنی رشد (Wi؛ گرم) و سرعت رشد (GR؛ گرم در روز) به صورت زیر محاسبه شد:

رابطه ۲: $Ti = 1/b \{\ln (\ln (Wf/W0)\}$

رابطه ۳: $Wi = 0.368\ Wf$

رابطه ۴: $GR = b\ W \ln (Wf/W)$

شبکه عصبی مصنوعی

طراحی شبکه‌های عصبی با استفاده از داده‌های موجود صورت گرفت. داده‌های مورد استفاده به طور تصادفی به سه دسته آموزش، آزمون و صحت‌سنجی به ترتیب ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد اختصاص داده شدند. برای ساخت شبکه‌های عصبی مصنوعی از الگوریتم پرسپترون چند لایه و توابع شعاعی با ۶ ورودی و یک خروجی استفاده شد. مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار 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 ضریب تعیین (R^2) و ریشه میانگین حداقل مربعات خطا (RMSE) انتخاب گردید.

مدل انتخابی از نوع الگوریتم پرسپترون چند لایه با ۶ ورودی، ۳ لایه مخفی و یک خروجی بود. این مدل دارای ضریب تعیین ۰/۹۹ و ریشه میانگین حداقل مربعات خطا ۲/۵۶ بود که در لایه‌های مخفی و لایه‌های خروجی آن از تابع Identity استفاده شد.

در مرحله ارزیابی و مقایسه مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل گمپرتز از شاخص‌های R^2، RMSE، میانگین انحراف مطلق (MAD)، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)، میانگین مربعات خطا (MSE) و اریبی (Bias) استفاده گردید. بهترین مقدار برای R^2 برابر ۱ و برای سایر معیارها صفر می‌باشد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]

میانگین انحراف مطلق (MAD) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

رابطه ۵:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n}|y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) از فرمول زیر محاسبه گردید.

رابطه ۶:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t}\right|}{n} \times 100\ (y_t \neq 0)$$

میانگین مربعات خطا (MSE) نیز از فرمول زیر محاسبه گردید.

رابطه ۷:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n}|y_t - \hat{y}_t|^2}{n}$$

اریبی (Bias) از فرمول زیر تعیین شد.

رابطه ۸:

$$Bias = \frac{\sum_{t=1}^{n} y_t - \hat{y}_t}{n}$$

ضریب تعیین (R^2) از فرمول زیر تعیین شد

رابطه ۹:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum \hat{y}_t^{\,2}}$$

در این فرمول‌ها، y_t مساوی است با میزان وزن زنده مشاهده شده در زمان t، $\hat{y}$ مساوی است با میزان وزن زنده تخمین زده شده در زمان t، و n مساوی با تعداد مشاهدات است.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های رشد برآورد شده توسط مدل غیرخطی گمپرتز در جدول ۲ نشان داده شده است. ثابت رشد، وزن نهایی، زمان رسیدن به نقطه عطف و وزن در نقطه عطف منحنی رشد تحت تأثیر تیمارهای جیره‌ای قرار نگرفت (p>۰/۰۵). بیشترین وزن زنده بلوغ مربوط به گروه ۲/۵ ٪ شاهدانه و کمترین وزن زنده بلوغ به تیمار حاوی ۷/۵ ٪ شاهدانه بود (جدول ۲).

وزن ۴۲ روزگی مشاهده شده در جوجه‌های دریافت‌کننده تیمارهای آزمایشی و وزن زنده ۴۲ روزگی تخمین زده شده توسط مدل گمپرتز و مدل شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۳ نشان داده شده است. به‌ترتیب، بیشترین، کمترین و میانگین وزن ۴۲ روزگی مشاهده شده در آزمایش ۲۳۳۳/۳۳، ۱۵۳۲/۲۷و ۱۹۵۴/۴۸ گرم بود. این مقادیر توسط مدل غیرخطی گمپرتز ۲۳۷۸/۹۴، ۱۵۴۷/۶۹ و ۱۹۴۸/۴۳ گرم و مدل شبکه عصبی مصنوعی ۲۲۱۰/۴۳، ۱۷۷۲/۸۳ و ۱۹۷۷/۲۰ گرم برآورد گردید. همچنین میانگین اختلاف بین داده‌های واقعی (مشاهده شده) و برآورد شده برای مدل گمپرتز ۶/۰۵ گرم و برای مدل شبکه عصبی مصنوعی ۲۲/۷۲- گرم می‌باشد. برای بررسی دقت مدل‌ها از ضریب تعیین (R^2) میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین انحراف مطلق (MAD)، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) و انحراف از مشاهده (Bias) استفاده گردید. این شاخص‌ها برای داده‌های آموزش، تست، صحت سنجی و کل مدل در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. مدل غیرخطی گمپرتز با داشتن ضریب تعیین (R^2)، ۰/۹۹۹۲ در مقایسه با ضریب تعیین (R^2)، ۰/۹۹۷۱ مدل شبکه عصبی مصنوعی برآورد نزدیکتری از وزن جوجه‌های گوشتی در پایان دوره پرورش داشت. مدل غیرخطی گمپرتز با داشتن میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین انحراف مطلق (MAD)، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) و انحراف از مشاهده (Bias) کمتری در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی برآورد بهتری از داده‌های آزمایشی را دارا بود. ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای مدل گمپرتز ۲۰/۲ در مقایسه با شبکه عصبی ۱۳۸/۴ بود. میانگین انحراف مطلق (MAD) برای مدل شبکه عصبی ۱۲۲/۹ و برای مدل گمپرتز ۱۹/۲ بود، انحراف از مشاهده (Bias) نیز با مقدار ۱۳/۱ نسبت به ۲۵/۴ مدل شبکه عصبی مصنوعی مقداری کمتری را دارا بود و همچنین میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) مدل گمپرتز نیز در حداقل مقدار در مقایسه با مدل شبکه عصبی بود. با توجه به اینکه بهترین مقدار برای R2 برابر یک و برای سایر معیارها صفر می‌باشد، مقایسه این شاخص‌ها برای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و مدل غیرخطی گمپرتز نشان داد که مدل غیرخطی گمپرتز وزن جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده شاهدانه در روز ۴۲ پرورش را با صحت بیشتر پیش‌بینی نموده است. منحنی رشد جوجه‌های گوشتی برآورد شده با مدل غیرخطی گمپرتز در شکل ۱ نشان داده شده است.

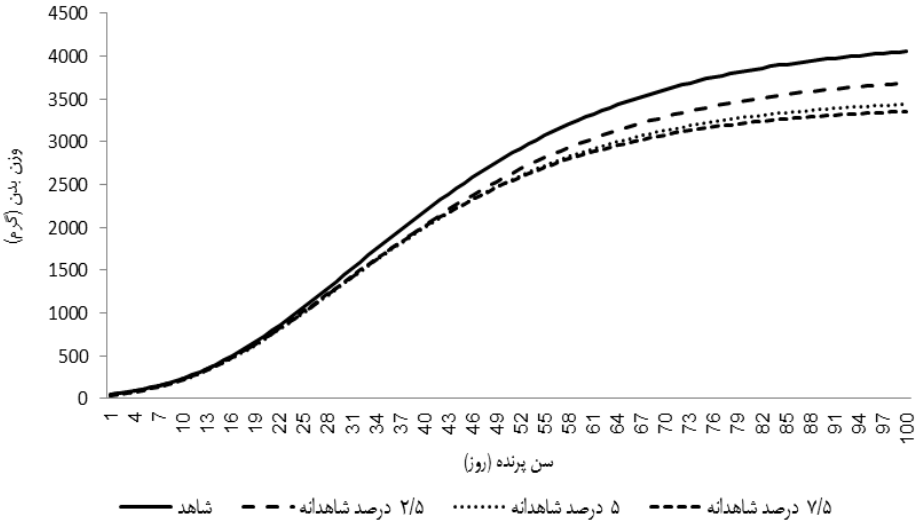
جدول ۲- اثر سطوح مختلف دانه شاهدانه بر برآورد شاخص‌های وزن نهایی (WF)، ضریب رشد نسبی (b)، زمان و وزن در نقطه عطف منحنی رشد جوجه‌های گوشتی

Table 2. The effect of different levels of hemp seed on estimating the parameters of final weight (WF), relative growth coefficient (b), time and weight at the turning point of the growth curve of broilers

	درصد دانه شاهدانه (HS) در جیره غذایی				SEM	سطح معنی داری
	کنترل (۰ ٪ HS)	HS ٪ ۲/۵	HS ٪ ۵	HS ٪ ۷/۵		تیمار
W_0	۳۰/۰۲	۳۷/۸۳	۳۶/۱۰	۳۰/۴۰	۱/۷۵	۰/۳۵
b	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۲۸
W_f	۴۹۳۵/۴۰	۶۲۰۷/۴۰	۶۱۶۵/۲۰	۴۸۳۹/۷۰	۳۳۲/۱۰	۰/۲۶
Ti	۳۸/۵۰	۴۶/۷۰	۴۵/۰۰	۳۸/۱۰	۱/۴۶	۰/۰۷
W_i	۱۸۱۶/۲۰	۲۲۸۴/۳۰	۲۲۶۸/۸۰	۱۷۸۱/۰۴	۱۲۲/۲۰	۰/۲۶

w0: وزن اولیه بدن (گرم)، b: ضریب رشد نسبی یا شاخص بلوغ، wf: وزن زنده در زمان بلوغ (گرم)، Ti: نقطه عطف منحنی رشد (روز)، wi: وزن بدن در زمان نقطه عطف منحنی رشد (گرم)، SEM: خطای استاندارد برای میانگین کل

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]



شکل ۱- منحنی رشد جوجه گوشتی تخمین زده شده با مدل گمپرتز
Figure 1. Broiler growth curve estimated by Gompertz model

جدول ۳- مقایسه داده‌های مشاهده شده وزن بدن در ۴۲ روزگی با داده‌های به دست آمده از مدل گمپرتز و مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی در جوجه گوشتی
Table 3. Comparison of observed body weight data at 42 days with data obtained from Gompertz model and artificial neural network model in broiler chicken

شماره نمونه	مقدار مشاهده شده	مدل گمپرتز		شبکه عصبی مصنوعی	
		مقدار پیش‌بینی شده	باقیمانده	مقدار پیش‌بینی شده	باقیمانده
۱	۲۰۹۴/۱۷	۲۰۸۵/۹۶	۸/۲۱	۲۰۱۹/۹۹	۷۴/۱۸
۲	۱۹۴۰/۴۲	۱۹۴۰/۶۵	-۰/۲۴	۲۰۶۰/۱۵	-۱۱۹/۷۴
۳	۱۷۰۳/۱۸	۱۶۹۹/۳۵	۳/۸۳	۱۷۷۲/۸۳	-۶۹/۶۵
۴	۱۵۳۲/۲۷	۱۵۴۷/۶۹	-۱۵/۴۱	۱۷۷۶/۳۱	-۲۴۴/۰۳
۵	۱۸۴۴/۵۰	۱۸۳۱/۸۲	۱۲/۶۸	۱۸۸۵/۳۵	-۴۰/۸۵
۶	۱۹۳۰/۴۵	۱۹۱۹/۱۶	۱۱/۳۰	۱۹۴۵/۴۹	-۱۵/۰۴
۷	۲۰۸۴/۲۹	۲۰۶۴/۲۶	۲۰/۰۳	۱۹۲۸/۲۰	۱۵۶/۰۸
۸	۲۰۱۶/۸۲	۱۹۸۴/۵۷	۳۲/۲۵	۲۰۷۰/۲۶	-۵۳/۴۴
۹	۱۹۵۸/۵۰	۱۹۴۶/۵۵	۱۱/۹۵	۱۹۰۹/۳۰	۴۹/۲۰
۱۰	۱۹۴۷/۵۰	۱۹۳۹/۳۹	۸/۱۱	۲۰۰۱/۶۸	-۵۴/۱۸
۱۱	۱۹۲۶/.۰	۱۹۲۰/۶۷	۵/۳۳	۱۹۶۶/۵۹	-۴۰/۵۹
۱۲	۱۹۳۲/۷۸	۱۹۲۰/۵۰	۱۲/۲۸	۱۹۵۸/۹۲	-۲۶/۱۴
۱۳	۱۸۲۶/۵۰	۱۸۲۳/۳۸	۳/۱۲	۱۹۷۴/۹۰	-۱۴۸/۴۰
۱۴	۲۰۲۰/۴۵	۲۰۰۴/۶۶	۱۵/۸۰	۲۰۳۶/۲۴	-۱۵/۷۹
۱۵	۲۳۳۳/۳۳	۲۳۷۸/۹۴	-۴۵/۶۱	۲۲۱۰/۴۳	۱۲۲/۹۰
۱۶	۲۱۸۰/۵۰	۲۱۶۷/۲۹	۱۳/۲۱	۲۱۱۸/۴۹	۶۲/۰۱
حداکثر	۲۳۳۳/۳۳	۲۳۷۸/۹۴	۳۲/۲۵	۲۲۱۰/۴۳	۱۵۶/۰۸
حداقل	۱۵۳۲/۲۷	۱۵۴۷/۶۹	-۴۵/۶۱	۱۷۷۲/۸۳	-۲۴۴/۰۳
میانگین	۱۹۵۴/۴۸	۱۹۴۸/۴۳	۶/۰۵	۱۹۷۷/۲۰	-۲۲/۷۲

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]

جدول ۴- برآورد شاخص‌های دقت پیش‌بینی وزن ۴۲ روزگی مدل گمپرتز و شاخص‌های دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی
Table 4. Estimation of 42-day weight prediction accuracy indices of Gompertz model and accuracy indices of artificial neural network model

	مدل گمپرتز				شبکه عصبی مصنوعی			
	کل	اعتبارسنجی	آزمون	آموزش	کل	اعتبارسنجی	آزمون	آموزش
R2	۰/۹۹۹۲۰	۰/۹۹۹۷۱	۰/۹۹۹۹۴	۰/۹۹۹۵۰	۰/۹۹۷۱۰	۰/۹۹۳۷۴	۰/۹۹۸۴۸	۰/۹۹۹۸۰
MAD	۱۹/۲	۱۷/۰	۱۳/۴	۱۴/۲	۱۲۲/۹	۱۵۰/۲	۶۸/۹	۸۶/۳
MSE	۴۱۱/۰	۳۷۱/۹	۲۲۵/۰	۳۱۱/۵	۱۹۱۶۰/۱	۴۲۴۰۲/۳	۵۹۳۳/۱	۱۱۱۰۴/۲
RMSE	۲۰/۲	۱۹/۲	۱۵/۰	۱۷/۶	۱۳۸/۴	۲۰۵/۹	۷۷/۰	۱۰۵/۳
Bias	۱۳/۱	۱۷/۰	۷/۴	۹/۰	۲۵/۴	۷۷/۰	۳۹/۶	۶/۰۱
MAPE	۰/۹	۰/۸	۰/۶	۰/۷	۶/۳	۶/۷	۳/۴۸	۴/۴۸

MAD، میانگین انحراف مطلق؛ MAPE، میانگین درصد خطای مطلق؛ MSE، میانگین مربعات خطا؛ Bias، اریبی؛ R2، ضریب تبیین

جدول ۵ اثر سطوح مختلف جیره‌ای دانه شاهدانه بر میزان رشد جوجه‌های گوشتی را در دوره‌های پرورش نشان می‌دهد. نرخ رشد در هفته‌های اول تا پنجم دوره پرورش جوجه‌های گوشتی به طور معنی‌داری تحت تأثیر افزودن جیره‌ای دانه شاهدانه قرار گرفت ($p<۰/۰۵$). اما سطوح مختلف جیره‌ای دانه شاهدانه بر نرخ رشد در هفته‌های ششم و هفتم پرورش اثر معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$). در هفته‌های اول و دوم دوره پرورش کمترین نرخ رشد جوجه‌های گوشتی به ترتیب با نرخ ۷/۹ و ۱۵/۹ مربوط به تیمار دریافت کننده ۲/۵ درصد شاهدانه بود و بیشترین نرخ رشد در این روزها به ترتیب با نرخ ۹/۳ و ۱۸/۸ به تیمار دریافت‌کننده ۷/۵ درصد دانه شاهدانه تعلق داشت. در هفته‌های سوم، چهارم و پنجم پرورش تیمار شاهد به‌ترتیب با ۳۵، ۵۱/۲ و ۶۷/۵ بیشترین نرخ رشد و تیمار دریافت‌کننده ۲/۵ درصد شاهدانه بترتیب با ۲۸/۷، ۴۲/۶ و ۵۸/۸ کمترین نرخ رشد را در این زمان پرورش به خود اختصاص دادند.

با افزایش سن پرنده، سرعت رشد افزایش می‌یابد ولی این افزایش محدود بوده و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود، به تدریج سرعت رشد کاهش یافته، موجب می‌شود منحنی رشد تغییر یابد. به نقطه‌ای که این تغییر در آن حاصل می‌شود، نقطه عطف و به سنی که در آن حداکثر رشد حاصل می‌شود، سن در نقطه عطف می‌گویند (۲۱). اگری (۱) نشان داد که جوجه‌های با وزن بلوغ بالاتر، از رشد سریع‌تری در طول دوره برخوردارند. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ با مقایسه مدل‌های گمپرتز، ریچاردز، لجستیک و برودی در پیش‌بینی وزن بلدرچین ژاپنی، بیان گردید که مدل رشد گمپرتز برآورد بهتری از وزن بدن نسبت به سایر مدل‌ها داشت (۲). با توجه به نتایج بدست آمده از داده‌های راش و همکاران (۲۴،۲۵) زنگ و بکر (۲۹) و ویلسون (۳۰) نشان دادند که مدل‌های غیرخطی قادرند رشد جوجه‌های گوشتی را نسبت به مدل‌های رایج دیگر با دقت بیشتر برازش کنند. ویسمن و لویز (۳۱) از مدل گمپرتز برای الگوی رشد وزن زنده، ترکیبات لاشه و مصرف خوراک استفاده کردند. این محققین بیان داشتند که مدل گمپرتز صحت و دقت بالایی (R^2=0.99) در پیش‌بینی وزن جوجه‌های گوشتی را دارا بود. همچنین نتایج تحقیق میردریکوندی و همکاران (۲۳) در مقایسه دو مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی را در رشد جوجه‌های گوشتی حاکی از عملکرد مطلوب شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی وزن نهایی جوجه‌های گوشتی در مقایسه با مدل گمپرتز بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح مختلف جیره‌ای دانه شاهدانه اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های رشد جوجه‌های گوشتی شامل ضریب رشد نسبی، وزن زنده در زمان بلوغ، نقطه عطف منحنی رشد و وزن بدن در زمان نقطه عطف منحنی رشد نداشت. نرخ رشد در هفته‌های اول تا پنجم دوره پرورش جوجه‌های گوشتی به طور معنی‌داری تحت تأثیر افزودن جیره‌ای دانه شاهدانه قرار گرفت. از طرفی نتایج این تحقیق حاکی از این بود که مدل گمپرتز توانست وزن ۴۲ روزگی جوجه‌های گوشتی را با دقت بیشتری در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی برآورد کند.

جدول ۵- اثرسطوح مختلف دانه شاهدانه بر نرخ رشد جوجه‌های گوشتی
Table 5. The effect of different levels of hemp seed on the growth rate of broilers

	درصد شاهدانه (HS) در خوراک				سطح معنی‌داری	
روز/گرم	کنترل (۰ ٪ HS)	HS ٪ ۲/۵	HS ٪ ۵	HS ٪ ۷/۵	SEM	تیمار
GR1	۹/۳۴^{a}	۷/۹۲^{b}	۸/۲۶^{ab}	۹/۳۹^{a}	۰/۲۱	۰/۰۲
GR2	۱۸/۶۴^{a}	۱۵/۹۲^{b}	۱۶/۷۰^{ab}	۱۸/۸۶^{a}	۰/۳۷	۰/۰۰۷
GR3	۳۵/۰۵^{a}	۲۸/۷۳^{b}	۳۰/۴۳^{ab}	۳۴/۵۵^{a}	۰/۷۴	۰/۰۰۲
GR4	۵۱/۲۴^{a}	۴۲/۶۳^{b}	۴۶/۴۸^{ab}	۵۰/۸۳^{a}	۰/۹۶	۰/۰۰۱
GR5	۶۷/۵۵^{a}	۵۸/۸۵^{b}	۶۵/۸۴^{ab}	۶۷/۳۶^{a}	۱/۲۹	۰/۰۳
GR6	۷۵/۵۲	۶۸/۵۹	۷۵/۳۵	۷۳/۰۳	۱/۷۴	۰/۴۴
GR7	۷۷/۴۲	۷۶/۴۵	۸۳/۶۸	۷۴/۵۱	۲/۴۴	۰/۶۵

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها GR: نرخ رشد

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]

منابع

1. Aggrey, S.E. 2002. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. Poultry Science, 81(12): 1782-1788.
2. Alkan, S., M. Mendes, K. Karaba and M. S. Balcıolu. 2009. Effect of short-term divergent selection for 5-week body weight on growth characteristics of Japanese quail. Arch Geflügelk, 1(73): 124-131.
3. Amirabadi, Z., H. Farhangfar, A. Riasi and H. Janmohammadi. 2011. Evaluation of growth parameters of ross broiler chickens fed with different levels of raw or heated grass pea using gompertz model. Journal of Animal Science Research, 21(1): 105-115. magiran.com/p904168
4. Avicenna. 1999. The canon of medicine. Book 3. Part 1. 65 pp.
5. Barinaga, M. 2001. How cannabinoids work in the brain. Journal of Science, 291(5513): 2530-1.
6. Callaway, J.C. and T.T. Laakkonen. 1996. Cultivation of cannabis oil seed varieties in Finland. Journal of the International Hemp Association, 3(1): 32-36.
7. Callaway, J.C. 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. Euphytica, 140(1-2): 65-72.
8. Darmani Kuhi, H., E. Kebreab, S. Lopez and J. France. 2003. An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight wit time [age] in meat and egg strains of chicken. Poultry Science, 82(10): 1536-1543.
9. Ebrahimi, KH., GH.R. Dashab, H. Faraji-Arough and M. Rokouei. 2018. Growth curves fitting in Japanese quail di-allele crosses and comparison of growth patterns of crossbreds. Research on Animal Production, 9(20): 110-122 (In Persian).
10. Ghazanfari, Sh. 2012. Application of linear model and artificial neural network to predict growth performance in broilers. Fifth Iranian Congress of Animal Sciences, Isfahan University of Technology, 1417-1421.
11. Goliomytis, M., E. Panopoulou and E. Rogdakis. 2003. Growth curves for body weight and major component parts, feed consumption, and mortality of male broiler chickens raised to maturity. Poultry Science, 82(7): 1061-1068.
12. Hashemirad, M., N. Farzin and A. Seraj. 2018. Genetic parameters of body weight and carcass characteristics in two strains of Japanese quail. Research on Animal Production, 8(17): 166-174 (In Persian).
13. House, J.D., J. Neufeld and G. Leson. 2010. Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(22): 11801-11807.
14. Kalmendal, R. 2008. Hemp seed cake fed to broilers. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Animal Nutrition and Management, 4-15 pp.
15. Karimi, I. and H. Hayatghaibi. 2006. Effect of *Cannabis Sativa L*. seed (hempseed) on serum lipid and protein profiles of rat. Pakistan Journal of Nutrition, 5(6): 585-588.
16. Knizetova, H., J. Hyanek, H. Hajkova, B. Knize and R.S. Iler. 1985. Growth curves of chickens with different type of performance. Journal of Animal Breeding and Genetics, 102(1-5): 256-270.
17. Knizetova, H., J. Hyanek, B. Knize and H. Prochazkova. 1991. Analysis of growth curves of fowl. II. Ducks. British Poultry Science, 32(5): 1039-1053.
18. Lopez, S. 2008. Non-linear functions in animal nutrition. Mathematical Modeling in Animal Nutrition, 1: 47-88.
19. Mahmoudi, M., P. Farhoomand and A. Azarfar. 2012. Effects of graded levels of hemp seed (*cannabis sativa l.*) on performance, organ weight and serum cholesterol levels on Broilers. Journal of Medicinal Plants, 11 (42): 121-129
20. Mahmoudi, M., P. Farhoomand and R. Nourmohammadi. 2015. Effects of different levels of hemp seed (Cannabis sativa L.) and dextran oligosaccharide on growth performance and antibody titer response of broiler chickens. Italian Journal of Animal Science, 14(1): 3473.
21. Marcato, S.M., N.K. Sakomura, D.P. Munari, J.B.K. Fernandes, I.M. Kawauchi and M.A. Bonato. 2008. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. Brazilian Journal of Poultry Science, 10(2): 117-123.
22. Mediavilla, V., P. Basseti and M. Leupin. 1999. Agronomic characteristics of some hemp genotypes. Journal of the International Hemp Association, 6(2): 45-53.
23. Mirderikvandi, M., A. Masoudi, A. Azarfar and A. Kiani. 2015. Comparison of Gompertz and artificial neutral network models of broiler growth received Artichoke extract in their drinking water. Iranian Journal of animal Science, 46(1): 9-16.
24. Roush, W.B. and S.L. Branton. 2005. A Comparison of fitting growth models with a genetic algorithm and nonlinear regression. Poultry Science, 84(3): 494-502.
25. Roush, W.B., W.A. Dozier and S.L. Branton. 2006. Comparison of Gompertz and neural network models of broiler growth. Poultry Science, 85(4): 794-797.
26. SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT User's Guide Version 9. SAS Institute Inc., Cary, NC.
27. Sengul, T. and S. Kiraz. 2005. Non-linear models for growth curves in large white turkeys. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29(2): 331-337.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]

28. Soleimani Roodi, P., A. Golian and M. Sedghi. 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(4): 363-368.
29. Tzeng, R.Y. and W.A. Becker. 1981. Growth patterns of body and abdominal fat weights in male broiler chickens. Poultry Science, 60(6): 1101-1106.
30. Wilson, B.J. 1977. Growth curves: Their analysis and use. Pages 89–115 in Growth and Poultry Meat Production.
31. Wiseman, J. and C.E. Lewis. 1998. Influence of dietary energy and nutrient concentration on the growth of body weight and of carcass components of broiler chickens. The Journal of Agricultural Science, 131(3): 361-371.
32. Zoons, J., J. Buyse and E. Decuypere. 1991. Mathematical models in broiler rising. World's Poultry Science Journal, 47(3): 243-255.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]

Evaluation of Growth Parameters of Broiler Chickens Fed with Different Dietary Levels of Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) using Gompertz Model Compare with Artificial Neural Network

Maryam Mirderikvandi[1], Mohammad Mahmoudi[2], Parviz Farhoomand[3], Abbas Masoudi[4] and Mohsen Omidi[5]

1- Department of Animal Sciences, Agriculture Faculty, Lorestan University, Iran
2- Department of Animal Sciences, Agriculture Faculty, Urmia University, Iran,
(Corresponding author: Mohammad.mahmoudi59@gmail.com)
3- Department of Animal Sciences, Agriculture Faculty, Lorestan University, Iran
4- Department of Animal Sciences, Agriculture Faculty, Lorestan University, Iran
5- Department of Animal Sciences, Agriculture Faculty, Lorestan University, Iran
Received: 20 February, 2021 Accepted: 13 November, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: This study was conducted to evaluate the effects of different dietary levels of Hemp seed (HS) (Cannabis sativa-L.) on growth parameters of broiler chickens was estimated using Gompertz and Artificial neural network models.

Material and Methods: In this study, 192 male broiler chicks (1 d old-Ross 308) were randomly assigned to a completely randomized design with 4 dietary treatments: control (without HS), 2.5, 5 and 7.5% HS in 4 replications (12 birds/pen). The chickens had freely accessed to drinking water and fed ad-libitum. To estimate growth parameters, cumulative body weight of birds was fitted to Gompertz model.

Results: The results showed that different dietary levels of Hemp seed had no significant effect on growth parameters of broiler chickens ($p>0.05$). But growth rate at first to fifth weeks affected by different dietary levels of Hemp Seed ($p<0.05$). Results of comparison of models showed that non-linear Gompertz model had higher R2, and lower MSE, MAD, MAPE and bias compared with artificial neural network, that had better estimate of weight of broiler chickens.

Conclusion: The results of this study showed that different levels of Hemp seed diets had a significant effect on growth parameters of broilers including relative growth rate, live weight at maturity, turning point of growth curve and body weight at turning point of growth curve. Growth rate in the first to fifth weeks of broiler breeding period was significantly affected by the addition of hemp seed diets. On the other hand, the results of this study showed that the Gampertz model was able to estimate the 42-day-old weight of broilers more accurately than the artificial neural network model.

Keywords: Artificial neural network, Broiler chicken, Gompertz model, Hemp seed

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1401.13.35.6.2]
[DOI: 10.52547/rap.13.35.19]