

مقایسه مدل ریاضی گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی جهت تخمین فراسنجه‌های رشد جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده عصاره کنگرفرنگی از طریق آب آشامیدنی

مریم میردریکوندی^۱، عباس مسعودی^۱، آرش آذرفر^{۳*} و علی کیانی^۴
 ۱، ۲، ۳ و ۴. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشجوی دکتری تغذیه دام، دانشیار و استادیار،
 گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
 (تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۱/۶)

چکیده

این آزمایش به منظور تعیین اثر مصرف سطوح مختلف عصاره کنگرفرنگی از طریق آب آشامیدنی بر فراسنجه‌های رشد جوجه‌های گوشتی برآوردشده توسط مدل ریاضی گمپرتز و مقایسه توان پیش‌بینی آن با شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفت. به این منظور از ۲۵۰ قطعه جوجه گوشتی سویه رأس ۳۰۸ استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد (آب فاقد عصاره کنگرفرنگی) و تیمارهای حاوی ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم عصاره کنگرفرنگی در هر لیتر آب آشامیدنی بود. در روزهای ۱، ۲، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳، ۳۵ و ۴۲ پرورش، جوجه‌ها بعد از ۳ ساعت گرسنگی وزن‌کشی شدند. بیشترین وزن زنده بلوغ به گروه شاهد مربوط بود و کمترین آن در جوجه‌هایی مشاهده شد که آب آشامیدنی آن‌ها حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم عصاره کنگرفرنگی (آرتیشو) در هر لیتر بود. ضریب رشد نسبی در جوجه‌های دریافت‌کننده ۲۰۰ میلی‌گرم عصاره آرتیشو به‌طور معناداری بیشتر از جوجه‌های گروه شاهد و جوجه‌های دریافت‌کننده ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره آرتیشو بود ($P < 0/05$). نتایج مقایسه شاخص‌های توان پیش‌بینی مدل‌ها نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی با داشتن ضریب تبیین ۰/۹۹۹۸ در مقایسه با ضریب تبیین ۰/۹۹۷۷ مدل غیرخطی گمپرتز، برآورد نزدیک‌تری از وزن جوجه‌های گوشتی در پایان دوره پرورش داشت. شبکه عصبی مصنوعی با داشتن میانگین مربعات خطا، میانگین انحراف مطلق، میانگین درصد خطای مطلق و اریبی کمتر در مقایسه با مدل غیرخطی گمپرتز، برآورد بهتری از وزن جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی ارائه کرد.

واژه‌های کلیدی: جوجه گوشتی، شبکه عصبی مصنوعی، عصاره کنگرفرنگی، مدل گمپرتز، منحنی رشد.

مقدمه

عصاره‌ها با نام فیتوبیوتیک‌ها به عنوان افزودنی‌های خوراک طیور، برای افزایش عملکرد از طریق بهبود مصرف خوراک، حفظ سلامت بدن و کاهش اثر تنش‌های محیطی و نیز پیشگیری از عفونت دستگاه تنفس و تحریک سامانه ایمنی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌شوند (Rahimi et al., 2011). کنگرفرنگی، ارده‌شاهی یا آرتیشو (*Cynara scolymus*) نوعی گیاه

استفاده از گیاهان دارویی از قدیم در سلامت انسان، دام و طیور اهمیت فراوان داشته است (Windisch et al., 2008). آثار جانبی کمتر در مقایسه با داروهای شیمیایی، ارزان و در دسترس بودن از جمله ویژگی‌های مطلوب این دسته از محصولات کشاورزی است. ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی شامل اسانس‌ها و

چربی محوطه بطنی و کل چربی لاشه بود. شبکه عصبی مصنوعی از دیگر روش‌های پیش‌بینی رشد و نرخ آن در موجودات زنده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی جایگزینی مناسب برای آنالیز تابعیت برای تخمین فراسنجه‌های رشد در حیوانات هستند (Roush *et al.*, 2006). شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل ساده‌شده‌ای از سامانه‌های عصبی مرکزی زیستی هستند و همانند مغز با پردازش داده‌های تجربی، قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند (Ebrahimpour *et al.*, 2011). در ارتباط با مدل‌سازی رشد تفاوت بین شبکه‌های عصبی مصنوعی و آنالیز رگرسیون در این است که در شبکه‌های عصبی مصنوعی معادله‌ای فرض نمی‌شود، برازش بهتر داده‌ها امکان‌پذیر است و امکان کار با داده‌های شلوغ^۱ وجود دارد (Roush *et al.*, 2006). با توجه به ترکیب دقت و صحت در روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، عمدتاً این شیوه در برازش داده‌های رشد حیوانات به آنالیز رگرسیون برتری دارد (Yee *et al.*, 1993). هدف از این مطالعه، استفاده از مدل گمپرتز جهت تخمین فراسنجه‌های رشد در جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده عصاره کنگر فرنگی از طریق آب آشامیدنی و مقایسه آن با مدل شبکه عصبی مصنوعی بود.

مواد و روش‌ها

پرنده، جیره و پرورش

این تحقیق با استفاده از ۲۵۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ و یک طرح بلوک کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۵ تکرار (هر تکرار شامل ۱۰ قطعه پرنده از دو جنس نر و ماده به تعداد مساوی) انجام گرفت. همه پرندگان با جیره‌های یکسانی تغذیه شدند. ترکیب جیره‌ها و مشخصات آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم عصاره کنگر فرنگی در هر لیتر آب آشامیدنی بود که به صورت عصاره خشک از شرکت گیاهان دارویی بارچ‌اسانس کاشان تهیه شد و به شکل مخلوط در آب در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. برای هر یک از تیمارهای

بومی جنوب اروپا و کناره مدیترانه و شمال آفریقا و جزایر قناری است. پزشکان باستان از کنگر فرنگی به عنوان دارویی مدر، پایین‌آورنده کلسترول، محرک کبدی و برطرف‌کننده مشکلات کبدی و گوارشی استفاده می‌کردند (Ziai *et al.*, 2003). آرتیشو دارای ترکیباتی از قبیل ساپونین، اینولین، سینارین، سیناروپکتین، انواع قندها، انواع آنزیم‌ها، اسید کافئیک و ترکیبات فنولی از قبیل مونو و دی‌کافئیل کینیک اسید و فلاونوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی (از قبیل ویتامین C و فلاونوئیدها) است (Rahimi *et al.*, 2011). این ترکیبات علاوه بر استعداد جایگزینی به‌جای آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره طیور، به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی نیز می‌توانند اهمیت داشته باشند (Fritsche & Beindorff, 2002). نتایج تحقیقات Abdo *et al.* (2007) نشان داد که افزودن گیاه کنگر فرنگی به جیره آغازین و رشد جوجه‌های گوشتی ۴ درصد به بهبود استفاده از منابع چربی منجر شد. علاوه بر این، افزودن ۸ درصد برگ گیاه کنگر فرنگی در جیره، سبب بهبود تولید و رشد بیشتر در مرغان تخم‌گذار می‌شود (Abdo *et al.*, 2007).

رشد به عنوان یک شاخص در سامانه زیستی، عبارت از افزایش توده بدن حیوان در واحد زمان است (Goliomytis *et al.*, 2003). پیش‌بینی نرخ رشد در مراحل مختلف پرورش، شناخت مواد مغذی مورد نیاز حیوان را ممکن ساخته و سبب ارائه اقتصادی‌ترین برنامه مدیریت تغذیه می‌شود. از جمله راه‌های پیش‌بینی رشد استفاده از مدل‌های رشد است (Nikkhah *et al.*, 2008). معادلات رشد بسیاری برای توصیف و برازش ارتباط سیگموئیدی و غیرخطی بین رشد و زمان ارائه شده است (Roush & Branton, 2005). مدل گمپرتز بیشترین استفاده را در توصیف پدیده رشد در جوجه‌های گوشتی داشته است (Darmani *et al.*, 2013). Wilson (1977) نشان داد که از این مدل می‌توان برای توصیف رشد در پرندگان استفاده کرد. Tzeng & Becker (1981) نیز داده‌های رشد جوجه‌های گوشتی را با این مدل برازش کردند و نشان دادند که داده‌های رشد به‌خوبی با این مدل تخمین زده شد. هدف این محققان یافتن ارتباط میان منحنی رشد

با دقت میلی گرم اندازه گیری شد و اعداد آن ثبت گردید. از اختلاف داده های آب ریخته شده در آبخوری ها و آب باقیمانده پس از ۲۴ ساعت، مقدار تقریبی آب مصرفی روزانه جوجه ها محاسبه شد.

در روزهای ۱، ۲، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳، ۳۵ و ۴۲ پرورش، جوجه ها در ساعت ۸ صبح و بعد از ۳ ساعت گرسنگی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰ گرم وزن کشی شدند.

آزمایشی یک ظرف آب اختصاص داده شد. عصاره مورد نیاز با ترازوی دیجیتال با دقت ۱ میلی گرم وزن گردید. سپس به هر یک از سطل های آب، مقدار عصاره مورد نظر اضافه شد. مقدار آب مصرفی در هر واحد آزمایشی (پن) روزانه اندازه گیری شد. ابتدا با استفاده از یک ظرف مدرج مقدار مشخصی از آب آشامیدنی حاوی هر یک از تیمارهای آزمایشی به ظروف آبخوری منتقل شد و بعد از ۲۴ ساعت آب باقیمانده در آبخوری ها با ظروف مدرج

جدول ۱. ارقام خوراکی و تجزیه تقریبی جیره ها در ۱-۴۲ روزگی

اقلام خوراکی (درصد)	جیره سوپر استارتر	جیره استارتر	جیره رشد	جیره پایانی
ذرت	۴۵/۳	۴۷/۹	۴۶/۷	۴۷/۸
سویا	۳۴/۸	۳۳/۹	۲۶/۹	۲۳/۶
گندم	۷	۱۲	۲۰	۲۲
گلوتن ذرت	۶	-	-	-
کنسانتره ^۱	۶/۹	۶/۲	۶/۴	۶/۶
ترکیب مواد مغذی (تجزیه شده)				
انرژی قابل سوخت و ساز ^۲	۲۹۶۲	۲۸۸۰	۲۹۵۲	۲۹۹۳
پروتئین خام (درصد)	۲۴/۲۸	۲۱/۱۵	۱۸/۸۲	۱۷/۶۳
کلسیم (درصد)	۱/۱۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
فسفر (درصد)	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
سدیم (درصد)	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۸
لایزین (درصد)	۱/۲۹	۱/۰۹	۰/۹۵	۰/۸۸
متیونین (درصد)	۰/۵۹	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴۳
متیونین + سیستین (درصد)	۰/۹۳	۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۶۸
لینولئیک اسید (درصد)	۱/۲۷	۱/۳۰	۱/۲۹	۱/۳۰
تریپتوفان (درصد)	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸

۱. هر کیلوگرم کنسانتره حاوی ۱۷۴/۰۶ گرم کربنات کلسیم، ۳۱۳/۶۳ گرم دی کلسیم فسفات، ۴۹/۲۶ گرم دی-ال-متیونین، ۲۱/۳۵ گرم ال-لایزین، ۴۱/۰۵ گرم مکمل ویتامینی، ۴۱/۰۵ گرم مکمل معدنی، ۵۷/۴۷ گرم نمک، ۵۶ گرم پودر سویا، ۴۱/۰۵ گرم آنتی آکسیدان و ۲۰/۵۳ گرم کولین کلراید است.

۲. کیلوکالری در هر کیلوگرم

برآورد فراسنجه های تابع گمپرتز

برای ارزیابی فراسنجه های رشد، وزن پرندگان با مدل گمپرتز برازش شد (Lopez, 2008). معادله مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$W_t = W_0 \exp \left\{ \left[1 - \exp(-bt) \right] \ln \left(\frac{W_f}{W_0} \right) \right\} \quad (1)$$

که در آن W_t وزن مورد انتظار بدن (گرم) در زمان t ، W_0 وزن اولیه بدن (گرم)، b ضریب رشد نسبی یا شاخص بلوغ (مقادیر کوچک تر b نشان دهنده بلوغ زودرس است)، t سن پرنده (روز) و W_f وزن زنده بلوغ

(گرم) بود. فراسنجه های مدل با استفاده از PROC NLIN نرم افزار SAS (2003) تخمین زده شدند. فراسنجه های محاسبه شده سپس جهت تخمین نقطه عطف منحنی رشد (T_i ؛ روز)، وزن بدن در زمان نقطه عطف منحنی رشد (W_i ؛ گرم) و سرعت رشد (GR؛ گرم در روز) به صورت زیر محاسبه شد (Lopez, 2008):

$$T_i = 1/b \{ \ln(\ln(W_f/W_0)) \} \quad (2)$$

$$W_i = 0.368 W_f \quad (3)$$

$$GR = b W_0 \ln(W_f/W_0) \quad (4)$$

فراسنجه های حاصل در قالب طرح کاملاً تصادفی با

میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) از فرمول زیر محاسبه شد (Roush et al., 2006):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|}{n} \times 100 \quad (y_t \neq 0) \quad (6)$$

میانگین مربعات خطا (MSE) نیز از فرمول زیر محاسبه گردید (Roush et al., 2006):

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|^2}{n} \quad (7)$$

اریبی (Bias) از فرمول زیر تعیین شد (Roush et al., 2006):

$$Bias = \frac{\sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t}{n} \quad (8)$$

ضریب تبیین (R^2) از فرمول زیر تعیین شد (Roush et al., 2006):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (9)$$

در این فرمول‌ها، y_t مقدار وزن زنده مشاهده شده در زمان t ، \bar{y} میانگین وزن زنده مشاهده شده، \hat{y}_t وزن زنده تخمین زده شده در زمان t و n تعداد مشاهده‌هاست.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های رشد برآورد شده توسط مدل گمپرتز در جدول ۲ ارائه شده است. ضریب رشد نسبی، وزن زنده بلوغ، نقطه عطف منحنی رشد، وزن بدن در زمان نقطه عطف منحنی رشد و وزن در نقطه عطف به‌طور معناداری تحت تأثیر عصاره مصرفی قرار گرفت ($P < 0.05$). بیشترین وزن زنده بلوغ به گروه شاهد مربوط بود و کمترین وزن زنده بلوغ در جوجه‌هایی مشاهده شد که آب آشامیدنی آن‌ها حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم عصاره آرتیشو در هر لیتر بود (جدول ۲). ضریب رشد نسبی در جوجه‌های دریافت‌کننده ۲۰۰ میلی‌گرم عصاره آرتیشو به‌طور معناداری بیشتر از جوجه‌های گروه شاهد و جوجه‌های دریافت‌کننده ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره آرتیشو بود ($P < 0.05$). تیمار شاهد بیشترین وزن در نقطه عطف را به خود اختصاص داد که به‌طور معناداری از جوجه‌هایی که آب آشامیدنی آن‌ها حاوی ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم عصاره کنگر فرنگی بود، بیشتر بود (جدول ۲).

رویه GLM نرم‌افزار SAS 9.2 (2003) آنالیز شد. مدل استفاده شده در این طرح به صورت زیر بود:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk}$$

که در آن Y_{ijk} مشاهده k ام از تیمار i ام و بلوک j ام، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار i ام، B_j اثر بلوک j ام و e_{ijk} اثر خطای مرتبط با مشاهده ijk بود. مقایسه چنددانه‌های میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام پذیرفت. برای تمامی مقایسه‌ها، معناداری در سطح $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

شبکه عصبی مصنوعی

طراحی شبکه‌های عصبی با ۲۵ سری از داده‌های موجود اجرا شد. داده‌ها به‌طور تصادفی به سه دسته آموزش، آزمون و صحت‌سنجی به ترتیب ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد اختصاص داده شدند. برای ساخت شبکه‌های عصبی مصنوعی از الگوریتم‌های پرسپترون چندلایه و توابع شعاعی با ۱۰ ورودی و یک خروجی استفاده شد. مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار STATISTICA (version 10; StatSoft 2010) انجام گرفت. ۲۰۰ ترکیب متفاوت (مدل) با لایه میانی و تعداد نرون مختلف توسط نرم‌افزار ساخته شد. سپس بهترین مدل به لحاظ شاخص‌های ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین حداقل مربعات خطا (RMSE) انتخاب شد. مدل انتخابی از نوع الگوریتم پرسپترون چندلایه با ۱۰ ورودی، ۱۲ لایه مخفی و یک خروجی بود. این مدل دارای ضریب تبیین 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 اریب (Bias) استفاده شد (Roush et al., 2006). بهترین مقدار برای R^2 برابر یک و برای سایر معیارها صفر است.

میانگین انحراف مطلق (MAD) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Roush et al., 2006):

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (5)$$

جدول ۲. اثر سطوح مختلف عصاره کنگرفرنگی (میلی گرم در هر لیتر آب آشامیدنی) پارامترهای وزن نهایی (W_f)، ضریب رشد نسبی (b)، زمان و وزن در نقطه عطف منحنی رشد جوجه‌ها

سطح معناداری	SEM	میلی گرم عصاره کنگرفرنگی در هر لیتر آب آشامیدنی						شاهد (°)	
		۵۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	بلوک تیمار			
۰/۱۸۸	۰/۰۰۷	۳/۷	۶۴/۶	۶۷/۸	۶۱/۴	۶۷/۱	۶۷/۴	W_0	
۰/۱۶۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۳۰ ^a	۰/۰۲۸ ^b	۰/۰۳۱ ^a	۰/۰۲۹ ^{ab}	۰/۰۲۸ ^b	b	
۰/۱۶۲	۰/۰۰۲	۸۱۹/۴	۷۶۳۰ ^c	۹۳۲۹ ^{ab}	۷۶۰۵ ^c	۸۵۰۹ ^{bc}	۹۶۸۴ ^a	W_f	
۰/۱۶۱	۰/۰۰۳	۲/۸	۵۰/۵ ^b	۵۵/۹ ^a	۵۰/۳ ^b	۵۳/۷ ^{ab}	۵۷/۳ ^a	T	
۰/۱۶۲	۰/۰۰۲	۳۰۱/۵	۲۸۰۷/۹ ^c	۳۴۳۳/۱ ^{ab}	۲۷۹۸/۹ ^c	۳۱۳۱/۳ ^{bc}	۳۵۶۳/۸ ^a	W_i	

a-c میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ردیف اختلاف معنادار با یکدیگر دارند.

W_0 ، وزن اولیه بدن (گرم)؛ b، ضریب رشد نسبی یا شاخص بلوغ؛ W_f ، وزن زنده در زمان بلوغ (گرم)؛ T، نقطه عطف منحنی رشد (روز)؛ W_i ، وزن بدن در زمان نقطه عطف منحنی رشد (گرم) و SEM، خطای استاندارد برای میانگین کل است.

جدول ۳. مقایسه داده‌های مشاهده شده وزن بدن در ۴۲ روزگی با داده‌های به دست آمده از مدل گمپرتز و مدل شبکه عصبی مصنوعی

شماره نمونه	مقدار مشاهده شده	شبکه عصبی مصنوعی		مدل گمپرتز	
		باقیمانده	مقدار بیش‌بینی شده	باقیمانده	مقدار پیش‌بینی شده
۱	۲۲۰۲/۲۰	۲۷/۵۵	۲۱۷۴/۶۴	۱۰۲/۱۰	۲۱۰۰/۰۹
۲	۲۲۰۲/۲۶	۲۵/۸۱	۲۱۷۶/۴۴	۱۰۳/۴۶	۲۰۹۸/۷۹
۳	۲۱۹۰/۵۵	۱۴/۲۷	۲۱۷۶/۲۸	۱۰۲/۴۲	۲۰۸۸/۱۳
۴	۲۱۶۶/۹۰	-۸/۵۹	۲۱۷۵/۴۹	۹۶/۲۷	۲۰۷۰/۶۲
۵	۲۱۹۰/۳۰	۱۴/۴۸	۲۱۷۵/۸۲	۱۰۱/۵۷	۲۰۸۸/۷۳
۶	۲۱۸۱/۸۲	۵/۷۴	۲۱۷۶/۰۷	۱۰۳/۴۸	۲۰۷۸/۳۳
۷	۲۱۱۸/۴۰	-۵۷/۹۱	۲۱۷۶/۳۱	۹۱/۱۹	۲۰۲۷/۳۱
۸	۲۱۸۱/۸۲	۵/۹۷	۲۱۷۵/۸۴	۱۰۰/۵۳	۲۰۸۱/۲۹
۹	۲۱۰۱/۲۰	-۷۴/۱۸	۲۱۷۵/۳۸	۸۱/۷۳	۲۰۱۹/۴۶
۱۰	۲۱۹۰/۵۰	۱۵/۴۶	۲۱۷۵/۰۳	۹۹/۲۸	۲۰۹۱/۲۱
۱۱	۲۱۶۷/۳۵	-۸/۳۳	۲۱۷۵/۶۸	۹۳/۵۴	۲۰۷۳/۸۰
۱۲	۲۱۶۷/۳۵	-۷/۷۶	۲۱۷۵/۱۱	۹۵/۶۸	۲۰۷۱/۶۶
۱۳	۲۲۱۲/۱۰	۳۶/۶۲	۲۱۷۵/۴۷	۱۰۲/۹۹	۲۱۰۹/۱۰
۱۴	۲۲۱۵/۰۰	۳۷/۹۸	۲۱۷۱/۰۱	۱۰۳/۵۲	۲۱۱۱/۴۷
۱۵	۲۱۹۴/۵۰	۱۹/۷۳	۲۱۷۴/۷۶	۱۰۱/۸۸	۲۰۹۲/۶۱
۱۶	۲۲۰۴/۹۰	۲۹/۳۱	۲۱۷۵/۵۸	۱۰۴/۱۶	۲۱۰۰/۷۳
۱۷	۲۱۳۹/۲۰	-۳۶/۳۱	۲۱۷۵/۵۱	۹۱/۸۲	۲۰۴۷/۳۷
۱۸	۲۱۴۰/۲۰	-۳۴/۵۹	۲۱۷۴/۷۹	۹۴/۰۵	۲۰۴۶/۱۴
۱۹	۲۱۷۰/۱۰	-۴/۷۶	۲۱۷۴/۸۶	۹۴/۳۲	۲۰۷۵/۷۷
۲۰	۲۱۹۰/۵۵	۱۳/۹۳	۲۱۷۶/۶۱	۱۰۲/۸۴	۲۰۸۷/۷۰
۲۱	۲۲۰۴/۹۰	۲۹/۹۸	۲۱۷۴/۹۲	۱۰۳/۴۱	۲۱۰۱/۴۸
۲۲	۲۱۷۰/۱۰	-۴/۸۷	۲۱۷۴/۹۷	۹۸/۲۵	۲۰۷۱/۸۵
۲۳	۲۱۹۰/۶۰	۱۳/۷۴	۲۱۷۶/۸۵	۱۰۱/۲۶	۲۰۸۹/۳۴
۲۴	۲۱۷۷/۴۰	۲/۲۴	۲۱۷۵/۱۵	۹۷/۵۵	۲۰۷۹/۸۴
۲۵	۲۱۸۵/۶۰	۹/۴۰	۲۱۷۶/۱۹	۱۰۲/۲۱	۲۰۸۳/۳۸
حداکثر	۲۲۱۵/۰۰	۳۷/۹۸	۲۱۷۷/۰۱	۱۰۴/۱۶	۲۱۱۱/۴۷
حداقل	۲۱۰۱/۲۰	-۷۴/۱۸	۲۱۷۴/۶۴	۸۱/۷۳	۲۰۱۹/۴۶
میانگین	۲۱۷۸/۲۳	۲/۵۹	۲۱۷۵/۶۳	۹۸/۷۸	۲۰۷۹/۴۴

پایان دوره پرورش داشت. شبکه عصبی مصنوعی با داشتن میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین انحراف مطلق (MAD)، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) و اریبی (Bias) کمتر در مقایسه با مدل غیرخطی گمپرتز، برآورد بهتری از وزن جوجه‌های تحت آزمایش در پایان دوره پرورش داشت. ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای شبکه عصبی ۲۷/۷ و برای مدل گمپرتز ۹۸/۹ بود. میانگین انحراف مطلق (MAD) در مدل شبکه عصبی ۲۱/۶ و در مدل گمپرتز ۹۸/۸ بود، اریبی (Bias) مدل شبکه عصبی نیز با مقدار ۲/۶ در مقایسه با مدل گمپرتز با مقدار ۹۸/۸، کمتر بود. همچنین میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) برای مدل شبکه عصبی در حداقل مقدار در مقایسه با مدل گمپرتز است. با توجه به اینکه بهترین مقدار برای R^2 برابر ۱ و برای سایر معیارها صفر است، مقایسه این شاخص‌ها برای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و مدل غیرخطی گمپرتز نشان داد که مدل شبکه عصبی می‌تواند وزن جوجه‌های گوشتی را در سن ۴۲ روزگی دوره پرورش با دقت بیشتری پیش‌بینی کند (جدول ۴).

در جدول ۳، وزن ۴۲ روزگی مشاهده شده در جوجه‌های دریافت‌کننده تیمارهای آزمایشی و وزن زنده ۴۲ روزگی تخمین زده شده توسط مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی نشان داده شده است. بیشترین، کمترین و میانگین وزن ۴۲ روزگی مشاهده شده به ترتیب ۲۲۱۵، ۲۱۰۱ و ۲۱۸۷ گرم بود. این مقادیر را مدل غیرخطی گمپرتز ۲۱۱۱، ۲۰۱۹ و ۲۰۷۹ گرم و مدل شبکه عصبی مصنوعی ۲۱۷۷، ۲۱۷۴ و ۲۱۷۵ گرم برآورد کرد. در این بین میانگین اختلاف بین داده‌های واقعی (مشاهده شده) و برآورد شده برای مدل گمپرتز ۹۸/۷۸ گرم و برای مدل شبکه عصبی مصنوعی ۲/۵۹ گرم بود. برای بررسی دقت مدل‌ها از ضریب تبیین، میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین انحراف مطلق (MAD)، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE) و اریب (Bias) استفاده شد. این شاخص‌ها برای داده‌های آموزش، تست، صحت‌سنجی و کل مدل محاسبه شد (جدول ۳). مدل شبکه عصبی مصنوعی با داشتن ضریب تعیین (R^2)، ۰/۹۹۹۸ در مقایسه با ضریب تعیین (R^2)، ۰/۹۹۷۷ مدل غیرخطی گمپرتز برآورد دقیق‌تری از وزن جوجه‌های گوشتی در

جدول ۴. برآورد شاخص‌های دقت پیش‌بینی وزن ۴۲ روزگی مدل گمپرتز و شاخص‌های دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی

	شبکه عصبی مصنوعی				مدل گمپرتز			
	آموزش	آزمون	اعتبارسنجی	کل	آموزش	آزمون	اعتبارسنجی	کل
R^2	۰/۹۹۹۸۰	۰/۹۹۹۹۲	۰/۹۹۹۹۸	۰/۹۹۹۸۴	۰/۹۹۷۷۶	۰/۹۹۷۶۳	۰/۹۹۷۶۸	۰/۹۹۷۷۳
MAD	۲۴/۵	۱۶/۳	۸/۵	۲۱/۶	۹۸/۱	۱۰۱/۵	۱۰۰/۳	۹۸/۸
MSE	۹۳۵/۸	۳۷۲/۲	۹۴/۰	۷۶۷/۱	۹۶۵۸/۷	۱۰۳۰۷/۷	۱۰۰۷۳/۳	۹۷۸۶/۳
RMSE	۳۰/۶	۱۹/۳	۹/۷	۲۷/۷	۹۸/۳	۱۰۱/۵	۱۰۰/۴	۹۸/۹
Bias	۰/۰۳	۱۳/۰	۸/۵	۲/۶	۹۸/۱	۱۰۱/۵	۱۰۰/۳	۹۸/۸
MAPE	-۰/۰۲	۰/۶۰	۰/۴	۰/۱	۴/۵	۴/۶	۴/۶	۴/۵

MAD، میانگین انحراف مطلق؛ MAPE، میانگین درصد خطای مطلق؛ MSE، میانگین مربعات خطا؛ Bias، اریبی و R^2 ، ضریب تبیین است.

یکدیگر مقایسه کردند. آن‌ها مشاهده کردند که مدل گمپرتز مقادیر وزن بدن را در مقایسه با مدل شبکه عصبی کمتر تخمین خواهد زد. در مقابل *Yee et al.* (1993) فراسنجه‌های رشد را در موش با استفاده از مدل تابعیت و مدل شبکه عصبی محاسبه و بیان کردند که گرچه هر دو مدل وزن بدن را به خوبی توصیف می‌کنند، ولی مدل شبکه عصبی مصنوعی از لحاظ

مدل غیرخطی گمپرتز از مدل‌های مهم غیرخطی جهت برآورد فراسنجه‌های رشد است که ابزاری مهم برای تعیین شاخص‌های بیولوژی مانند وزن بدن در یک سن خاص، حداکثر پاسخ رشد و نرخ رشد جوجه‌های گوشتی به شمار می‌رود (Roush *et al.*, 2006). Roush *et al.* (2006) دو مدل گمپرتز و شبکه عصبی مصنوعی را در رشد جوجه‌های گوشتی با

در مقایسه با تابعیت چند متغیره تخمین بزند (Amiri et al., 2014).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف عصاره کنگرفرنگی تأثیر معناداری 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 دارد. از طرفی نتایج این تحقیق حاکی از عملکرد مطلوب شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی وزن نهایی جوجه‌های گوشتی در مقایسه با مدل گمپرتز بود. در این تحقیق شبکه‌های عصبی مصنوعی توانستند وزن جوجه‌های گوشتی را در پایان دوره پرورش با دقت بیشتری در مقایسه با مدل گمپرتز برآورد کنند.

دقت و صحت بر روش تابعیت برتری داشته که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. (Nikkhah et al., 2008) نیز گزارش کردند که مدل‌های رشد هایپربولیستیک با دقت بیشتر و خطای کمتری در مقایسه با توابع رشد کلاسیک (گمپرتز و ریچاردز) می‌توانند رشد جوجه‌های گوشتی را توصیف کنند. در پژوهشی دیگر نشان داده شد که مدل شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل‌های غیرخطی کلاسیک (ریچارد، گمپرتز و لجستیک) با دقت بیشتری وزن بدن را در بلدرچین ژاپنی تخمین خواهد زد (Rezvanejad & Amozegar, 2014). در تحقیق انجام گرفته در خصوص مقایسه روش‌های تابعیت چندمتغیره و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی وزن ماهی قزل‌آلا با استفاده از داده‌های مورفومتریک نیز نشان داده شده است که شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند با دقت و صحت بیشتری وزن بدن را

REFERENCES

1. Abdo, Z. M. A., Radwan, N.L. & NessrinSelim, A. (2007). The Effect of Artichoke leaves meal on the utilization of dietary energy for broiler chicks. *Journal of Poultry Science*, 6 (12), 973-982.
2. Amiri, S., Montazer Torbati, M. B., Khasheai Siuky, A. & Arshi, E. (2014). Comparison of multivariable regression and artificial neural network in predicting weight trout using morphometric data. In: 6th Iranian National Iranian Congress on Animal Science, 27-28 Aug. Tabriz University, Tabriz, Iran, pp.476.
3. Darmani, K.H., Kebreab, E., Lopez, S. & 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. *Journal of Poultry Science*, 82(10), 1536-1543.
4. Ebrahimpour, R., Nikoo, H., Masoudnia, S., Yousefi, M.R. & Ghaemi, M.S. (2011). Mixture of MLP-experts for trend forecasting of time series: A case study of the Tehran stock exchange. *International Journal of Forecasting*, 27(3), 804-816.
5. Fritsche, J. & Beindorff, C.M. (2002). Isolation, characterization and determination of minor Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf extract compounds. *European Journal of Food Research and Technology*, 215, 149-157.
6. Goliomytis, M., Panopoulou, E. & Rogdakias, E. (2003). Growth Curves for Body Weight and Major Component Parts, Feed Consumption, and Mortality of Male Broiler Chickens Raised to Maturity. *Journal of Poultry Science*, 81, 932-938.
7. Lopez, S. (2008). Non-linear functions in animal nutrition. In France J, Kebreab E (eds) *Mathematical modelling in animal nutrition*, CABI, USA. pp. 47-88.
8. Nikkhah, M., Motaghtalab, M. & Zavare, M. (2008). Comparison of Hyperbolastic Models with classic models for describing broiler chicken growth curves. *Iranian Animal Science Journal*, 40(4), 71-78. (In Farsi)
9. Rahimi, S., Teymorizadeh, Z., Torshizi, K., Omidbaigi, R. & Rokni, H. (2011). Effect of three herbal extract on growth, performance, immune system, blood factors and intestinal selected bacterial population in broiler chickens. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 537-539.
10. Rezvanejad, A. & Amozegar, M. (2014). Comparison non-linear regression models with artificial neural networks to determine the growth curve in Japanese quail. In: 6th Iranian National Iranian Congress on Animal Science, 27-28 Aug. Tabriz University, Tabriz, Iran, pp.463.
11. Roush, W.B. & Branton, S.L. (2005). A Comparison of fitting growth models with a genetic algorithm and nonlinear regression. *Journal of Poultry Science*, 84, 494-502.
12. 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.

13. SAS Institute Inc. (2003). SAS/STAT User's Guide Version 9. SAS Institute Inc., Cary, NC.
14. Tzeng, R.Y. & Becker, W.A. (1981). Growth patterns of body and abdominal fat weights in male broiler chickens. *Poultry Science*, 60, 1101-1106.
15. Wilson, B.J. (1977). Growth curves: Their analysis and use. Pages 89–115 in Growth and Poultry Meat Production. K. N. Boorman and B. J. Wilson, ed. *British Poultry Science Ltd*. Edinburgh.
16. Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C. & Kroismayr, A. (2008). Use of photogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86, 140-146.
17. Yee, D., Prior, M.G. & Florence, L.Z. (1993). Development of predictive models of laboratory animal growth using artificial neural networks. *Computer Applications in the Biosciences*, 9, 517-522.
18. Ziai, S.A., Dastpak, A., NaghdiBadi, H., Poorhoseini, L., Hemati, A.R. & GharaviNaene, M. (2003). Review on *Cynara scolymus* L. *Journal of Medicinal Plants*, 4 (13), 1-13. (In Farsi)