

تخمین انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری گندم و ذرت در طیور گوشتی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی بر اساس ترکیبات مواد مغذی و اسیدهای آمینه ضروری

• حمیدرضا میرزایی (نویسنده مسئول)

دانشیار، دانشگاه پیام نور، مشهد، ایران.

• محمد صالحی دیندارلو

دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم دامی، دانشگاه زابل.

تاریخ دریافت: تیر ۹۲ تاریخ پذیرش: اسفند ۹۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۱۱۱۶۲۲

Email: h.mirzaei9@gmail.com

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی عملکرد سه مدل شبکه عصبی رگرسیون عمومی، تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی پرسپترون سه لایه دربرآورد اپانرژی قابل سوخت و ساز ظاهری ۱۵ واریته گندم و ذرت با استفاده از ترکیب مواد مغذی موجود در آنان انجام گردید. متغیرهای ورودی شامل میزان انرژی خام، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، فسفر، خاکستر و همچنین الگوی اسیدهای آمینه ضروری (متیونین، سیستئین، متیونین + سیستئین، لوسین، ایزولوسین، فنیل آلانین، تریپتوفان، والین، آرژنین، لایزین، هیستیدین و ترئونین)، و متغیر خروجی شامل انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری گندم و ذرت بود. نتایج نشان داد که برای برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری گندم و ذرت، با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون سه لایه ضریب تبیین (R^2) به مراتب بالاتر از دو شبکه دیگر بود و ذرت با ورودی انرژی خام ($R^2=0/97$) و گندم با ورودی پروتئین خام ($R^2=0/89$) بهترین برآورد را داشتند. در مورد گندم، در همه ورودی ها به جز ورودی اسیدهای آمینه، تابع پایه شعاعی برآورد بهتری از شبکه عصبی رگرسیون عمومی داشت. در مورد ذرت، شبکه عصبی رگرسیون عمومی به جز ورودی انرژی خام، برآورد پایین تری از دو شبکه دیگر داشت و تابع پایه شعاعی تنها با ورودی انرژی خام ضعیف عمل کرد. بطور کلی بر اساس نتایج این تحقیق توصیه می شود که شبکه عصبی مصنوعی رامی توان به عنوان ابزاری با کارایی بیشتر نسبت به رگرسیون خطی برای مدل سازی، پیش بینی و برآورد انرژی قابل سوخت و ساز مواد خوراکی طیور به کار برد.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 106 pp: 209-218

Predicting apparent metabolizable energy of wheat and corn based on the nutrient components and essential amino acids in broilers, using artificial neural networkBy: ^{1*} Hamid Reza Mirzaei, ² Mohammad Salehi Dindarloo¹ Payam-e Noor University² Zabol University, Department of animal science

*Correspondent of author Email: h.mirzaei9@gmail.com, tel: +989151111622

Received: July 2013**Accepted: March 2014**

Three Artificial Neural Networks (ANN) models; General Regression Neural Network (GRNN), Radial Basis Function (RBF) and Three Layer Multiple Perceptron Network were carried out to evaluate the prediction of the apparent metabolizable energy (AME) of wheat and corn from its chemical composition in broiler. Input variables included: gross energy (GE), crude protein (CP), crude fiber (CF), ether extract (EE), ash and phosphorous as well as essential amino acids profiles (Arg, Cys, His, Ile, Leu, Lys, Met, Met+Cys, Phe, Thr and Trp). Output variable was AME of wheat or corn feedstuffs. The results showed that R^2 of Three Layers Perceptron Neural Network is higher than other two models in both wheat and corn. The best estimation for wheat and corn resulted from the CP ($R^2=0/89$) and GE ($R^2=0/97$) inputs, respectively. In wheat, RBF model had better estimation than GRNN model in all inputs except for the amino acids input. The RBF model was poorly estimated only with gross energy input. In corn, GRNN model has lower estimation than two other networks except gross energy input. Thus it was concluded that the artificial neural networks can be a powerful tool for predicating metabolizable energy from its chemical composition than multiple linear regression in broilers.

Key words: Artificial Neural Networks, Apparent Metabolizable Energy, Wheat, Corn, Broiler.**مقدمه**

Ahmadi و Golian (۲۰۱۱). کاربرد مؤثرتر مدل شبکه عصبی در طبقه بندی، تخمین و پیش بینی، ناشی از توانایی آن در تشخیص الگوهای مرتبط بین متغیرهای ورودی و خروجی متناظر با خود در سیستم‌های پیچیده بیولوژیکی است. در روش شبکه عصبی مصنوعی با وارد کردن ورودی که در تحقیق حاضر شامل: میزان انرژی خام، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، فسفر، خاکستر و همچنین الگوی اسیدهای آمینه ضروری است و نیز خروجی که مقادیر انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری می‌باشد، می‌توان شبکه‌ای را آموزش داد که به کمک آن بتوان برآوردی از خروجی و فراسنجه مورد نظر با مجموعه داده جدید انجام داد (sedghi و همکاران ۲۰۱۱).

چنانچه قبلاً گفته شد، انرژی از اهمیت ویژه در تغذیه طیور برخوردار است. علیرغم اینکه مطالعات فراوانی پیرامون ترکیبات مواد مغذی و ارزش غذایی گندم و ذرت بعنوان دو ماده خوراکی

در پرورش طیور، بیشترین هزینه را تغذیه و بین مواد مغذی مورد نیاز، انرژی و اسیدهای آمینه بیشترین سهم از هزینه را به خود اختصاص می‌دهند. از آنجا که عملکرد جوجه‌های گوستی بطور عمده تحت تأثیر انرژی قابل سوخت و ساز و اسیدهای آمینه مورد نیاز جیره قرار دارد، متخصصان تغذیه علاقمند به استفاده از مدل‌هایی هستند که با دقت و صرفه جویی در زمان و هزینه، انرژی قابل سوخت و ساز غلات را برآورد کنند. یکی از جدیدترین روش‌های کاربردی در جهت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز خوراک، شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network; ANN) می‌باشد (Ahmadi, Golian, Mottaghtalab و Nariman-Zadeh, ۲۰۰۸). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که برای برآورد انرژی قابل سوخت و ساز مواد خوراکی، مدل شبکه عصبی نسبت به رگرسیون خطی با کارایی مؤثرتری استفاده شده است (Ebadi, Sedghi).

رابطه (۱)

$$AME (kca/g) = \frac{(FI \times GE_f) - (E \times GE_e)}{FI}$$

AME: انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری (کیلوکالری در گرم)،
FI: مقدار خوراک مصرفی (گرم)، E: مقدار مدفوع (گرم)، GE_f:
انرژی خام خوراک (کیلوکالری در گرم) و GE_e: انرژی خام
مدفوع (کیلوکالری در گرم) است.

به منظور تعیین انرژی دفعی اندوژنوس، تعدادی خروس نیز به
عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. مدفوع تیمارهای شاهد نیز پس از
۴۸ ساعت همانند سایر تیمارها جمع آوری گردید. نمونه های
مدفوع شماره گذاری شده به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای
۶۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و پس از خروج، نمونه ها توزین
شدند و با کسر تفاوت وزن نمونه ظرف قبل و بعد از آون، مقدار
مدفوع هر پرنده مشخص شد. سپس از مدفوع ۴ پرنده ای که یک
نمونه غذایی دریافت کرده بودند یک نمونه کلی تهیه شد. این
نمونه برای ماده خشک، ازت با منشا داخلی و انرژی خام مورد
آزمایش قرار گرفت (AOAC، ۱۹۹۰).

شبکه های عصبی مصنوعی

در این تحقیق برای برآورد میزان انرژی قابل سوخت و ساز
ظاهری با استفاده از مواد مغذی موجود در گندم و ذرت، از سه
شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد: شبکه عصبی رگرسیون
عمومی، تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی پرسپترون سه لایه.
همچنین، از الگوریتم پس انتشار خطا، به عنوان الگوریتم یادگیری
شبکه، و از تابع فعال سازی tansig به عنوان تابع محرک نرون-
های میانی، در مدل پرسپترون چند لایه استفاده شده است
(Menhaj، ۲۰۰۰). بعد از انجام آزمایشهای متعدد و به منظور
طراحی شبکه عصبی بهینه، ۷۵٪ داده های موجود برای یادگیری و
مابقی برای تست شبکه در نظر گرفته شدند.

پانزده در صد از داده های تست برای جلوگیری از خصوصی شدن
(Over Fitting) شبکه به بخش اعتبار سنجی تعلق گرفت.
توانایی پیشگویی و قدرت تعمیم پذیری شبکه عصبی آموزش
دیده، با استفاده از داده هایی ارزیابی می شود که در فرآیند

کلیدی در جیره های کاربردی طیور وجود دارد (Roush و
Cravener، ۱۹۹۹) ولی در رابطه با برآورد انرژی قابل سوخت
و ساز آن ها اطلاعات بسیار ناچیز است. از این رو، تحقیق حاضر به
منظور استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی میزان
انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری گندم و ذرت بر اساس ترکیبات
۶ ماده مغذی و ۱۱ اسید آمینه ضروری آنها در طیور گوشتی
انجام شد.

مواد و روش ها

برای انجام این آزمایش، هشت واریته گندم شامل: گندم پیشگام،
فلات، پیشتاز، بهار، گاسکوژن، سیوند، کراس بولانی، سپاهان و
هفت واریته ذرت شامل ذرت فجر، شیراز، دهقان، ذرت ۷،
ذرت ۷۰۰، ذرت ۷۰۴، ذرت ۷۰۶ استفاده گردید. حدود سی گرم
از هر واریته در چهار تکرار جهت محاسبه ماده خشک، انرژی
خام، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر و فسفر
(AOAC، ۱۹۹۰) خوراک بکار رفت. مقادیر اسیدهای آمینه با
روش اسپکتروفتومتری مادون قرمز توسط شرکت دگوسای تهران
تعیین شد.

به منظور انجام روش تغذیه اجباری سیبالد، خروس ها جهت
عادت پذیری دو هفته قبل از انجام آزمایش درون قفس های
انفرادی قرار گرفتند. در این آزمایش از ۱۵ تیمار (با ۴ تکرار)
استفاده شد. در هر دوره آزمایش، ۲۴ ساعت گرسنگی برای
خروس ها در نظر گرفته شد. با استفاده از قیف پلاستیکی، تغذیه
اجباری (مقدار ۳۰ گرم خوراک مورد آزمایش) انجام شد. سپس
خروس ها به قفس های شماره گذاری شده دوران آزمایش منتقل
شدند و سینی های جمع آوری مدفوع در زیر هر قفس قرار
گرفت. در پایان دوره آزمایش (۴۸ ساعت پس از شروع
آزمایش) کل مدفوع جمع آوری شد.

رابطه ۱ نحوه محاسبه انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری
(Apparent Metabolized Energy; AME) را نشان
می دهد (Sibald، ۱۹۸۹).

با تغییرات نرم‌تر و هر چه کمتر باشد تابع با تغییرات سریعتری را خواهیم داشت. اگر در تخمین تابعی از توابع شعاعی با عرض کمتر استفاده شده باشد مسلم است که تابع نتیجه تغییرات سریعتری را خواهد داشت و برعکس. شبکه عصبی رگرسیون عمومی در واقع همان شبکه تابع پایه شعاعیست که برای به دست آوردن ضرایب بهتر بهینه شده است و بر خلاف پس انتشار نیاز به تکرارهای متعدد ندارد و به سرعت همگرا می‌شود. این شبکه‌ها از لحاظ ساختار و الگوریتم آموزش بسیار شبیه شبکه‌های عصبی احتمالی می‌باشند و تفاوت چندانی هم به جز در روند آموزش با شبکه عصبی تابع پایه ندارند. در تمام مراحل این محاسبات از بسته نرم افزاری شبکه عصبی در نرم افزار ریاضی، MATLAB (ver, 10) استفاده شد.

نتایج و بحث

ضریب تبیین و شاخص‌های دقت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با ورودی مواد مغذی مختلف و روش‌های گوناگون شبکه عصبی مصنوعی در گندم در جدول ۱ ارائه گردیده است.

پیش بینی انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری هشت واریته گندم

انرژی خام: برای برآورد میزان انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با ورودی انرژی خام، بیشترین ضریب تبیین (۰/۵۵) و خطای آزمایش (۱۶۸۲۱۱۸) با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون سه لایه به دست آمد. شبکه عصبی رگرسیون عمومی عملکرد خوبی نداشت. برای تابع پایه شعاعی نیز ضریب تبیین ۰/۴۶ با واریانس خطا ۱۴۱۰۳۲ برآورد شد (جدول ۱).

پروتئین خام: برای برآورد میزان انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با ورودی پروتئین خام، بیشترین ضریب تبیین (۰/۸۹) و خطای آزمایش (۲/۳۱) با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون سه لایه به دست آمد. با ورودی پروتئین خام عملکرد شبکه عصبی رگرسیون عمومی، تابع پایه شعاعی به ترتیب ضریب تبیین ۰/۲۷ و

یادگیری شرکت نداشته‌اند. این داده‌های جدید که از نوع داده‌های آموزشی هستند، اصطلاحاً داده‌های آزمایشی نام دارند (Koochekzadeh و Shakibai, ۲۰۰۹).

در مرحله بعدی، برای اثبات این ادعا که شبکه‌های عصبی نسبت به معادلات خطی از ضرایب بهتری برای برآورد ضریب تبیین انرژی قابل سوخت و ساز برخوردارند و همچنین برای تعیین مناسب ترین مدل به روش رگرسیونی چندگانه معیارهای ضریب تبیین، واریانس خطا، میانگین درصد خطای مطلق و همچنین ریشه استاندارد شده واریانس خطا برای هر کدام از فرانسجه‌ها برآورد شد. R^2 بین ۰ و ۱ استاندارد شده و به عنوان معیار سنجش کارایی شبکه بهینه استفاده شده است.

در این تحقیق از الگوریتم پس انتشار خطا، به عنوان الگوریتم یادگیری شبکه استفاده شده است. شبکه‌های عصبی با توجه به تعداد واحدهای پردازشگر یا نرون‌ها در لایه میانی، تعداد لایه‌های میانی، ضرایب یادگیری شامل نرخ آموزش و ضریب مومنتوم، دارای قابلیت پیشگویی و کارایی‌های مختلفی هستند. در طی دوره آموزش شبکه عصبی، این پارامترها مرتباً به روش آزمون و خطا تغییر می‌کنند. در این تحقیق نیز این کار تا جایی که شبکه بهینه جهت پیش بینی به دست آمد ادامه یافت. با توجه به اینکه متغیر-های تاثیر گذار و مستقل برای برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری در این تحقیق شش ماده مغذی شامل میزان انرژی خام، پروتئین خام، فیبر خام، چربی خام، فسفر و خاکستر بودند، بنابراین، الگوی ورودی مسئله بستگی به این داشت که از چند نوع ماده مغذی در برآورد انرژی استفاده شده است. لایه خروجی نیز همانند متغیر وابسته عمل کرده و تعداد نرون‌های آن بستگی به تعداد متغیر وابسته (انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری) دارد. برای تعیین تعداد نرون‌های لایه میانی در شبکه عصبی پرسپترون سه لایه از روش آزمون و خطا استفاده شد و بهترین برآورد با ۷ نرون در لایه میانی به دست آمد. شبکه‌های تابع پایه شعاعی از کاربردی-ترین شبکه‌ها در علوم برای نگاشت غیر خطی هستند. یکی از فرانسجه‌های قابل انتخاب توابع شعاعی عرض آنها است که Spread نامیده می‌شود. هر چه عرض یک تابع بیشتر باشد تابع

شبکه عصبی مصنوعی قدرت تخمین بالاتری نسبت به PLS و MLR دارد.

در تحقیق حاضر فراسنجه ها و معیارهای تعیین صحت مدل رگرسیون خطی برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با متغیر های مستقل ترکیب مواد مغذی گندم ($R^2=0/31$) به صورت معادله زیر برآورد گردید:

$$\begin{aligned} \text{انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)} = & 2533/31 + \\ & (\% \text{ پروتئین خام} \times 93/55) + (\% \text{ فیبر خام} \times 52/53) + (\% \text{ چربی خام} \times 18) \\ & + (\% \text{ فسفر} \times 2662/54) + (\% \text{ خاکستر} \times 36/61) + [\text{انرژی خام} \\ & (\text{کیلوکالری بر کیلوگرم}) \times 1/66] \end{aligned}$$

اسیدهای آمینه:

برای تخمین میزان انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با ورودی اسیدهای آمینه، بیشترین ضریب تبیین (0/88) را شبکه عصبی پرسپترون سه لایه با خطای آزمایش 1/16 نشان داد (جدول 1). همچنین، تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی رگرسیون عمومی به ترتیب ضریب تبیین 0/44 و 0/52 را با واریانس خطای 244074 و 66483 برآورد کردند.

در تحقیق حاضر، فراسنجه ها و معیارهای تعیین صحت مدل رگرسیون خطی برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با متغیر های مستقل اسیدهای آمینه گندم ($R^2=0/35$) به صورت معادله زیر برآورد گردید:

$$\begin{aligned} \text{انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)} = & 2428/23 + \\ & (\% \text{ آرژنین} \times 30976) + (\% \text{ نیسیستین} \times 72518) + \\ & (\% \text{ هیستیدین} \times 160793) + (\% \text{ ایزولوسین} \times 194845) + \\ & (\% \text{ لوسین} \times 52870) + (\% \text{ لیزین} \times 98567) + (\% \text{ متیونین} \times 15527) + \\ & (\% \text{ نیسیستین} + \text{متیونین} \times 24765) + (\% \text{ فنیل آلانین} \times 17328) + \\ & (\% \text{ ترونین} \times 145414) + (\% \text{ تریپتوفان} \times 73218) + (\% \text{ والین} \times 96104) \end{aligned}$$

0/46 با واریانس خطا 62248 و 3514696 برآورد گردید (جدول 1). نتایج مطالعه Soleimani Rodi و همکاران (1391) با 36 خط داده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با یک ورودی (پروتئین خام)، یک خروجی (اسید آمینه) نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش رگرسیون خطی می تواند به طور موثرتری جهت تخمین اسیدهای آمینه قابل هضم از روی پروتئین خام به کار رود (Sedghi و Golian, Soleimani Rodi, Cravener و Roush (1997) با استفاده از شبکه عصبی رگرسیون عمومی با ورودی پروتئین خام ضریب تبیین را 0/72 گزارش کردند.

مواد مغذی:

شبکه عصبی پرسپترون سه لایه با ضریب تبیین 0/85 و خطای آزمایش 788157 جهت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری، عملکرد بهتری را با ورودی مواد مغذی (پروتئین خام، فیبر خام، چربی خام، فسفر، خاکستر) نشان داد. دو ساختار تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی رگرسیون عمومی به ترتیب ضریب تبیین 0/55 و 0/40 با واریانس خطا 79449 و 187239 را نشان دادند (جدول 1). Roush و Cravener (1997) با استفاده از شبکه عصبی رگرسیون عمومی و ورودی های مربوط به تجزیه تقریبی، ضریب تبیین 0/91 را گزارش نموده و در ادامه نیز Roush و Cravener (1999) با استفاده از شبکه عصبی رگرسیون عمومی و ورودی های مربوط به تجزیه تقریبی گندم، ضریب تبیین را 0/96 گزارش کردند. Soleimani Rodi و همکاران (1391) با استفاده از ورودی ماده خشک، خاکستر و پروتئین به منظور برآورد انرژی قابل سوخت و ساز گندم با استفاده از سه مدل شبکه عصبی مصنوعی، PLS و MLR به ترتیب ضریب تبیین 0/89، 0/39 و 0/45 را به دست آوردند و به این نتیجه رسیدند که مدل

جدول ۱- ضریب تبیین و شاخص‌های دقت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با ورودی مواد مغذی مختلف با روش‌های گوناگون شبکه عصبی مصنوعی در گندم

ورودی	شبکه عصبی	واریانس خطا (آموزش)	ضریب تبیین	واریانس خطا (آزمون)	ریشه نرمالیز شده واریانس خطا	میانگین درصد خطای مطلق
انرژی خام						
رگرسیون عمومی	۲۲۸۸۵۶	۰/۰۴	۶۸۱۵۶	۰/۲۷	۰/۲	
تابع پایه شعاعی	۷/۸	۰/۴۶	۱۴۱۰۳۲	۰/۳۹	۰/۱۱	
پرسپترون سه لایه	۱/۶۷	۰/۵۵	۱۶۸۲۱۱۸	۲	۰/۴۹	
پروتئین خام						
رگرسیون عمومی	۳۸۴۳۱	۰/۲۷	۶۲۲۴۸	۰/۲۶	۰/۰۱	
تابع پایه شعاعی	۴۲۷۶	۰/۴۶	۳۵۱۴۶۹۶	۱/۵۴	۰/۴۳	
پرسپترون سه لایه	۳/۳۵	۰/۸۹	۲/۳۱	۱/۳۵	۰/۱۹	
مواد مغذی						
رگرسیون عمومی	۱۲/۵۲	۰/۴۰	۱۸۷۲۳۹	۰/۴۵	۰/۰۰	
تابع پایه شعاعی	۳/۱۸	۰/۵۵	۷۹۴۴۹	۰/۲۹	۰/۰۰	
پرسپترون سه لایه	۴/۲۴	۰/۸۵	۷۸۸۱۵۷	۲/۴۲	۰/۳۶	
اسیدهای آمینه						
رگرسیون عمومی	۴۰۱۸۰	۰/۵۲	۶۶۴۸۳	۰/۲۷	۰/۰۲	
تابع پایه شعاعی	۶۸۳۲	۰/۴۴	۲۴۴۰۷۴	۰/۵۲	۰/۱۴	
پرسپترون سه لایه	۵/۶۸	۰/۸۸	۱/۱۶	۰/۴۳	۰/۰۷	

پیش بینی انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری هفت وارپته ذرت انرژی خام: همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، ضرایب به دست آمده توسط شبکه عصبی پرسپترون سه لایه با ورودی انرژی خام به مراتب بهتر از برآوردی است که توسط دو شبکه دیگر صورت گرفته است. ضریب تبیین با این ورودی در بخش آزمون شبکه، ۰/۹۷ با واریانس خطا ۲۶۵۳۸۵ برآورد شد. تابع پایه شعاعی از ضریب تبیین پایین ۰/۰۶ با واریانس خطا ۱۵۲۶۱۸ و شبکه عصبی رگرسیون عمومی از ضریب تبیین ۰/۷۸ با واریانس خطا ۳۱۲۸۶ برخوردار شدند (جدول ۲). Zhao و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با هدف پیش بینی میزان انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری ذرت با استفاده از رگرسیون خطی و با ورودی ترکیبات شیمیایی در اردک به این نتیجه رسیدند که انرژی قابل

سوخت و ساز با انرژی خام ($R = -0/55$) ارتباط متوسط دارند. Silva و همکاران (۲۰۱۰) ضریب تبیین ۰/۸۵ را برای انرژی خام جهت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز با استفاده از روش رگرسیون خطی به دست آوردند.

پروتئین خام: با ورودی پروتئین خام ضریب تبیین شبکه عصبی رگرسیون عمومی، تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی پرسپترون سه لایه به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۷۵، ۰/۸۸ با واریانس خطا ۵۹۳۵۱، ۳۵۱۱۴۶، ۱۳۷۵۴۰۹ برآورد گردید (جدول ۲). Sarani (۱۳۹۰)، بهترین برآورد را با ورودی پروتئین، مربوط به شبکه عصبی پرسپترون سه لایه بدست آوردند. Roush و Cravener (۱۹۹۷) بیشترین ضریب تبیین را جهت تخمین آرژنین در ذرت با

نمودند که برای برآورد ارزش غذایی خوراک طیور با استفاده از ترکیب شیمیایی، شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل رگرسیون بهره وری بالاتری را نشان می دهد. در تحقیق حاضر، فراسنجه ها و معیارهای تعیین صحت مدل رگرسیون خطی برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با متغیرهای مستقل ترکیب مواد مغذی ذرت ($R^2=0/66$) به صورت معادله زیر برآورد گردید:

$$2289/85 = \text{انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)} + (0/79 \times \text{فیبر خام}) + (0/28 \times \text{پروتئین خام}) + (0/11 \times \text{خاکستر}) + (0/97 \times \text{خام}) + (0/20 \times \text{انرژی خام (کیلوکالری بر کیلوگرم)})$$

اسیدهای آمینه: جهت تخمین میزان انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با ورودی ۱۱ اسیدهای آمینه ضروری، بیشترین ضریب تبیین را شبکه عصبی پرسپترون سه لایه (۰/۸۵) با خطای آزمایش ۱/۴۴ نشان داد (جدول ۲). همچنین، تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی رگرسیون عمومی با ورودی های مربوط به اسیدهای آمینه به ترتیب ضریب تبیین ۰/۴۸ و ۰/۰۴ را با واریانس خطای ۱۰۲۷۳۱ و ۶۹۸۲۰ برآورد کردند.

در تحقیق حاضر فراسنجه ها و معیارهای تعیین صحت مدل رگرسیون خطی برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با متغیرهای مستقل اسیدهای آمینه ذرت ($R^2=0/70$) به صورت معادله زیر برآورد گردید:

$$8513/26 = \text{انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)} + (0/82 \times \text{تئین}) + (0/4 \times \text{هیستیدین}) + (0/8 \times \text{ایزولوسین}) + (0/34 \times \text{لوسین}) + (0/34 \times \text{لوسین}) + (0/55 \times \text{متیونین}) + (0/1 \times \text{متیونین}) + (0/94 \times \text{آلانین}) + (0/26 \times \text{ترئونین}) + (0/58 \times \text{تریپتوفان}) + (0/75 \times \text{آلانین})$$

ورودی پروتئین با شبکه عصبی پرسپترون سه لایه، گزارش کرد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر با ورودی پروتئین خام، کمترین ضریب تبیین مربوط به شبکه عصبی رگرسیون عمومی می باشد. طبق گزارشات راش و کراونر (۱۹۹۷) با استفاده از شبکه عصبی رگرسیون عمومی بر اساس ورودی پروتئین خام ضریب تبیین درکنجاله سویا، پودر گوشت- استخوان و پودر ماهی به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۷۴ و ۰/۷۷ به دست آمد.

مواد مغذی: شبکه عصبی پرسپترون سه لایه با ضریب تبیین ۰/۷۴ و خطای آزمایش ۴۷۸۶۱۶۱ جهت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری، عملکرد بهتری را با ورودی مواد مغذی (پروتئین خام، فیبر خام، چربی خام، فسفر و خاکستر) نشان داد. در جدول ۲، با استفاده از دو ساختار تابع پایه شعاعی و شبکه عصبی رگرسیون عمومی به ترتیب ضریب تبیین ۰/۵۷ و ۰/۵۶ با واریانس خطا ۴۰۸۹۴۸ و ۴۹۵۷۴ برآورد شد. Sedghi و همکاران (۲۰۱۱)، جهت پیش بینی میزان انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی سورگوم با استفاده از ترکیبات مواد مغذی (پروتئین خام، فیبر خام، چربی خام، خاکستر و فنل کل) از دو روش شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چندگانه خطی استفاده کردند. ضریب تبیین و واریانس خطا برای مدل شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب ۰/۹۴، ۰/۶۳ و برای روش رگرسیون به ترتیب ۴/۳۷، ۲۶/۸۱ به دست آمد. این محققین نشان دادند که بین ارزش انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی دانه سورگوم و ترکیب شیمیایی آن، رابطه قوی وجود دارد. بررسی آنان نشان داد که پیش بینی انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل رگرسیونی دقیق ترمی باشد. Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸)، برای پیش بینی انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی محصولات فرعی طیور با استفاده از ۳ متغیر پروتئین خام، چربی خام و خاکستر، مدل شبکه عصبی مصنوعی را پیشنهاد کردند (Golian, Ahmadi, Mottaghtalab و Nariman-Zadeh, ۲۰۰۸). آنها گزارش

جدول ۲- ضریب تبیین و شاخص‌های دقت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری با ورودی مواد مغذی مختلف با روش‌های گوناگون شبکه عصبی مصنوعی در ذرت

ورودی	شبکه عصبی	واریانس خطا (آموزش)	ضریب تبیین	واریانس خطا (آزمون)	ریشه نرمالیز شده واریانس خطا	میانگین درصد خطای مطلق
انرژی خام						
	رگرسیون عمومی	۱۲۰۵۲/۰۳	۰/۷۸	۳۱۲۸۶	۰/۱۹	۰/۰۶
	تابع پایه شعاعی	۵/۰۵	۰/۰۶۱	۱۵۲۶۱۸	۰/۴۲	۰/۱۵
	پرسپترون سه لایه	۴/۵۸	۰/۹۷	۲۶۵۳۸۵	۰/۸۵	۰/۰۵
پروتئین خام						
	رگرسیون عمومی	۳۴۷۵۵	۰/۵۷	۵۹۳۵۱	۰/۲۶	۰/۰۸
	تابع پایه شعاعی	۲۳۱۲۷	۰/۷۵	۳۵۱۱۴۶	۰/۶۴	۰/۰۶
	پرسپترون سه لایه	۱/۵۰	۰/۸۸	۱۳۷۵۴۰۹	۳/۳	۰/۴
مواد مغذی						
	رگرسیون عمومی	۳۸۰۹۵	۰/۵۶	۴۹۵۷۴	۰/۲۴	۰/۰۶
	تابع پایه شعاعی	۱۱۵۷۱	۰/۵۷	۴۰۸۹۴۸	۰/۶۹	۰/۱۵
	پرسپترون سه لایه	۴/۴۲	۰/۷۴	۴۷۸۶۱۶۱	۳/۱۴	۰/۸۴
اسیدهای آمینه						
	رگرسیون عمومی	۸۷۳۰۲	۰/۰۴	۶۹۸۲۰	۰/۲۸	۰/۰۴
	تابع پایه شعاعی	۱۱۵۷۱	۰/۴۸	۱۰۲۷۳۱	۰/۳۵	۰/۰۰۱
	پرسپترون سه لایه	۱/۰۳	۰/۸۵	۱/۴۴	۱/۷۵	۰/۳۵

نتیجه گیری

همچنین به نظر می‌رسد که اگر برای هر سویه شبکه جداگانه ای آموزش داده شود، نتیجه بهتری حاصل شود. در پایان، به نظر می‌رسد با افزایش نمونه‌ها می‌توان برای بهبود کار روی بهینه کردن شبکه عصبی تمرکز کرد. در حال حاضر نیز یکی از گزینه‌های بهینه سازی ضرایب شبکه عصبی استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌گردد به منظور جامعیت برآوردهای میزان انرژی قابل سوخت و ساز از داده‌های مربوط به سایر نژادها نیز استفاده شود.

نتایج این تحقیق نشان داد شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یکی از ابزارهای رایج داده کاوی از کارایی بهتری نسبت به رگرسیون خطی در پیش بینی انرژی قابل سوخت و ساز غلاتی از قبیل گندم و ذرت برخوردار است.

بطور کلی با استناد به نتایج تحقیق می‌توان نشان داد که هر چه تعداد عامل‌های وارد شده به مدل افزایش یابد، دقت مدل در پیش بینی انرژی قابل سوخت و ساز نیز افزایش می‌یابد. در این آزمایش علت اصلی بالا بودن واریانس خطا می‌تواند تعداد کم داده‌های ورودی باشد.

- Ahmadi, H., Golian, A., Mottaghtalab, 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*, Vol, 87, pp:1909–1912.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th edn. Association of official analytical chemists. Arlington, U. S. A.
- Dale, N. (1994). Relationship between bushel weight, metabolizable energy and protein content of corn from an adverse growing season. *The Journal of Applied Poultry Research*, Vol, 3, pp:83–86.
- Lessire, M., Hallouis, J.M., Barrier-Guillot, B., Champion, M. and Femenias, N. (2003). Prediction of the metabolisable energy value of maize in adult cockerel. *British Poultry Science*, Vol, 44, pp:813–814.
- Lesson, S., Caston, L. and Summers, J.D. (1996). Broiler response to energy or energy and protein dilution in the finisher diet. *Poultry Science*, Vol, 75, pp: 529-535.
- Menhaj, M. (2000). *Principles of Artificial Neural Networks*. Amir-Kabir University press.
- Mollah, Y. and Annison, E.F. (1981). Prediction of metabolizable energy of wheat, maize and sorghum in poultry diets from chemical composition. *Proc. Nutr. Soc. Aust*, Vol, 6, P.137.
- Roush, W.B. and Cravener, T.L. (1997). Artificial Neural Network Prediction of Amino Acid Levels In Feed Ingredients. *Poultry Science*, Vol, 76, pp: 721–727.
- Roush, W.B. and Cravener, T.L. (1999). Metabolism and Nutrition Improving Neural Prediction Of Amino Acid Levels In Feed Ingredients. *Poultry Science*, Vol, 78, pp: 983-991.
- Sarani, F. (1390). Prediction of the amount of essential amino acids in 2 cereal samples using Artificial Neural Network. Master's thesis of Zabol university.
- Sedghi, M., Ebadi, M.R., Golian, A. and Ahmadi, H. (2011). Estimation and modeling true metabolizable energy of sorghom grain for poultry. *Poultry Science*, Vol, 90, pp: 1138-1143.
- Shakibai, A. and Koochekzadeh, S. (2009). Modeling and Predicting Agricultural Energy Consumption in Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, Vol, 5(3), pp: 308-312.
- Sibbald, I.R. (1989). Metabolizable energy evaluation of poultry diets. In: *Recent Development in Poultry Nutrition*. Edit. Cole, D. J. A., W. Haresign Butterworths. London.
- Silva, E.P.D., Rabello, C.B., Albino, L.F.T., Ludke, J.V., Lima, M.B. and Junior, W.M.D. (2010). Prediction of metabolizable energy values in poultry offal meal for broiler Chickens. *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, ISSN, 1806-9290.

