نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۰۳، تابستان ۱۳۹۳
ص‌ص: ۱۹۵~۲۰۴

پیش بینی میزان پروفیل اسیدهای آمینه در دانه ذرت و گندم با استفاده از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیونی خطی چند گانه

● **فاطمه سارانی** (نویسنده مسئول)
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل
●**حمیدرضا میرزایی**
دانشیار ، دانشگاه زابل
●**مصطفی یوسف الهی**
استادیار، دانشگاه زابل
●**کاوه اکبرزاده**
مربی، دانشگاه امام رضا
●**محمد صالحی دیندارلو**
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد
تاریخ دریافت: ۳۰ اسفند ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۲
شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۸۹۶۶۸۵۴

چکیده:

تعیین مقدار اسیدهای آمینه مواد خوراکی بعلت آنالیزهای شیمیایی و صرف زمان در آزمایشگاه گران و وقت گیر است. در روش‌های آزمایشگاهی کنونی روش هضمی[1] NIRS به طور گسترده‌ای برای این هدف استفاده می‌شود. ولی این روش دارای محدودیت‌های تکنیکی است. بنابراین یافتن روشی مناسب برای تخمین میزان اسیدهای آمینه دارای اهمیت می‌باشد. شبکه عصبی مصنوعی (ANN) می‌تواند انعکاس بهتر و دقیق‌تری را از رابطه میان ترکیبات تجزیه تقریبی خوراک و مقدار یک ماده مغذی خاص در آن خوراک ارائه کند. از اینرو مطالعه‌ای جهت تخمین میزان اسیدهای آمینه دانه ذرت و گندم با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه (MLR) انجام شد. در مدل‌عصبی بکار رفته در این تحقیق، متغیرهای ورودی شامل میزان پروتئین خام، چربی خام، الیاف خام، فسفر و خاکستر و متغیر خروجی شامل پروفیل اسیدهای آمینه مربوط به ترکیب این دو نوع ماده خوراکی بود. نتایج نشان داد که بین اسیدهای آمینه در ذرت و گندم و ترکیبات شیمیایی آن ارتباط قابل توجهی وجود دارد. همچنین ارزیابی آماری نشان داد که مدل ANN در مقایسه با MLR دارای قدرت تخمین بیشتری برای برآورد میزان هریک از اسیدهای آمینه ضروری بود. با استفاده از نتایج این تحقیق توصیه می‌شود که شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان به عنوان روش محاسباتی با دقت و صحت کافی برای مدل سازی، پیش بینی و برآورد مواد مغذی ترکیب مواد خوراکی مورد استفاده در طیور به کار برد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آمینه، ذرت، رگرسیون خطی، شبکه عصبی مصنوعی، گندم

[1] - Near- Infrared Reflectance Spectroscopy

Animal Sciences Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 103 pp: 195-204

Prediction of amino acids contents in corn and wheat by using artificial neural network model and multiple linear regression

sarani, fatemeh. Mirzaei, hamidreza.yousefelahei, mostafa. Akbarzadeh, kaveh. Salehi, mohammad.(Tel: +989158966854). E.mail: f.sarani452@gmail.com

Received: March 2013 Accepted: May 2013

To determine the amount of food amino acid and to spend time in the laboratories are expensive & time-consuming due to a chemical analysis. In the current laboratories, digestion NIRS method is widely used for this purpose. But this method has technical limitation. Therefor is important find appropriate method for estimate amount of amino acids. Artificial Neural Network (ANN) can provide a better reflection of the relationship between approximation feed composition and particular nutrient amount in that feed. Therefore, this study was performed to estimate amino acids corn and wheat by using artificial neural networks and multiple linear regression (MLR). In neural models used in the study, input variables include crude protein, crude fat, crude fibre, phosphorus and ash, and output variables includ profiles of amino acids relevant to combination of these two types of feed. The Results showed that there is a significant relationship Between amino acids in corn and wheat and its chemical composition. Also The statistical evaluation showed that the ANN model compared with MLR was a stronger estimation for prediction the amount of each amino acids. Hence the artificial neural network as a powerful tool for modelling, forecasting and estimating the nutrient composition of foods used poultry. Using the results of this study, it is recommended that artificial neural network can be used as a computational method with sufficient accuracy for modelling, prediction and estimation of the nutrient composition of foods used in poultry.

Keywords: amino acids, artificial neural network, corn, linear regression,wheat

مقدمه

معمولاً تراکم مواد مغذی موجود در دانه بیش از مواد مغذی ذخیره شده در سایر اندام‌های گیاهی می‌باشد و بنابراین دانه‌ها ارزش بیشتری در تغذیه دام دارند (Hashemi, 2000). خوراکهای دام و طیور از نظر مقدار و کیفیت مواد مغذی ناهمگن‌ترین محصولات کشاورزی محسوب می‌گردند. گستردگی و تنوع در این منابع خوراکی بر این ناهمگنی می افزاید. قدر مسلم چنین تغییرات وسیعی در کیفیت و ترکیبات مغذی خوراکها، شناسائی و ارزشیابی آنها را مشکل تر و پیچیده‌تر می‌سازد. از طرفی بدلیل تأثیر شدید عوامل محیطی، اقلیمی و مدیریتی بر مقدار، کیفیت و ارزش غذایی و قیمت مواد خوراکی، اهمیت شناسائی منابع محلی خوراک دام و تعیین ارزش غذایی آنها به منظور استفاده بهینه در تغذیه دام امری ضروری می‌باشد (Tabatabai, 2000., Bashtiny & Tavakoli, 2002). در بین تمام مواد مغذی، احتمالاً کمبود پروتئین (ازت یا اسیدهای آمینه) متداولترین نوع کمبود می‌باشد. فقدان هر یک از اسیدهای آمینه نظیر متیونین، لایزین، ترئونین و یا دیگر اسید های آمینه ضروری می‌تواند باعث محدود شدن رشد حیوانات مزرعه‌ای گردد (Johannes et al., 2002). با توجه به آنچه ذکر شد می‌توان به این موضوع پی برد که ترکیب متوازن و مناسب اسیدهای آمینه تا چه اندازه می‌تواند ما را درجهت ایجاد یک جیره مناسب یاری دهد و این مقدور نیست مگر اینکه ما اطلاعات کافی از میزان مواد مغذی موجود در مواد خوراکی داشته باشیم. تعیین مقدار اسیدهای آمینه مواد خوراکی بعلت آنالیزهای شیمیایی و صرف زمان در آزمایشگاه گران و وقت گیر است. و انجام مراحل آزمایشگاهی آن نیاز به مهارت و دقت بالایی دارد بطوریکه هر گونه خطایی در حین آزمایش تأثیر زیادی بر نتایج نهایی دارد. صرف هزینه در زمان و پول محققین را به جستجوی راه حلی مناسبتر برای تخمین میزان اسیدهای آمینه موجود در اجزاء خوراک وادار کرد. از دیر باز مدل های رگرسیونی خطی چندگانه (MLR) برای تخمین میزان اسیدهای آمینه برخی مواد خوراکی با استفاده از پروتئین و یا تجزیه تقریبی مورد استفاده قرار گرفته اند (NRC, 1994). اما ضریب تبیین (R^2) بدست آمده از این مدلها متغیر و گاهی پایین می‌باشد. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) برای تخمین دقیق تر میزان اسیدهای آمینه مواد خوراکی با استفاده از ترکیبات شیمیایی می‌تواند نتایج بهتری را به همراه داشته باشد. توانایی شبکه

عصبی مصنوعی برای تخمین میزان اسیدهای آمینه موجود در مواد خوراکی مورد آزمایش قرار گرفته است(Cravener and Roush 1999; 2001., Roush and Cravener, 1997). Sedghi et al, 2011 از مدل‌های MLR و ANN جهت تخمین میزان TMEn دانه سورگوم با استفاده از ترکیبات شیمیایی (ترکیبات فنلی، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام و خاکستر) استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که TMEn سورگوم توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی با صحت و دقت بیشتری نسبت به مدل‌های رگرسیونی قابل تخمین می‌باشد. از آنجائیکه الگوی اسیدهای آمینه دانه‌ها تابعی از خصوصیات ژنتیکی آنهاست، انتظار می‌رود با اعمال تجزیه تقریبی بتوان راه حلی برای برآورد مقدار و الگوی اسیدهای آمینه غلات پیدا نمود. یک تخمین درست و دقیق از ترکیبات خوراک با توجه به تعریف صحیح از نیاز مندیهای حیوان می‌تواند هزینه فرمولاسیون جیره را کاهش دهد. با توجه به مطالب گفته شده در جستجوی راه حلی برای تخمین میزان اسیدهای آمینه مواد خوراکی در مدت زمان کوتاه تر همراه با هزینه‌های پایین تر هستیم. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی امکان استفاده از مدل‌های ANN و MLR و مقایسه این دو مدل، جهت تخمین سطح اسیدهای آمینه موجود در ذرت و گندم از روی ترکیبات شیمیایی (پروتئین خام، چربی خام، الیاف خام، فسفر و خاکستر) می باشد.

مواد و روشها

به منظور پیش بینی میزان اسیدهای آمینه ضروری با استفاده از روش مدلسازی به کمک شبکه عصبی مصنوعی، میزان پروتئین خام، چربی خام، الیاف خام، فسفر و خاکستر در بیست تکرار برای نه رقم زراعی گندم شامل گندم پیشگام، فلات، پیشتاز، بهار، توس، گاسکوژن، سیوند، کراس بولانی، سپاهان و هفت رقم زراعی ذرت شامل ذرت فجر، ذرت شیراز، ذرت دهقان، ذرت۷۰۶، ذرت۷، ذرت ۷۰۰، ذرت ۷۰۴ اندازه گیری شد. نمونه‌های خشک شده با آسیاب برقی (Foss) مدل ۱۰۹۰، ساخت کشور سوئد آسیاب شدند (قطر یک میلیمتری). درصد ماده خشک، خاکستر، چربی خام (سوکسله) و پروتئین خام (کجلدال) طبق روشهای استاندارد محاسبه شد (AOAC, 1990). برای تعیین فیبر خام از دستگاه فایبرتیک سیستم مدل Heat Extractor1010 ساخت کشور سوئد استفاده شد (AOAC, 1990). فسفر به روش اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد (AOAC, 1990). برای تجزیه الگوی اسیدهای آمینه با روش NIRS نمونه‌های آسیاب شده به شرکت دگوسای تهران ارسال شد.

اشعه مادون قرمز نزدیک (NIRS)

طیف سنجی اشعه مادون قرمز نزدیک، یک روش فیزیکی و غیر مخرب است. در واقع باید گفت که طیف نمایی NIR، انقلابی در آنالیز مواد غذایی علوفه‌ها به بار آورده است. با وجود سابقه مطالعاتی نسبتاً زیاد (بیش از دو دهه) در برخی کشورها، روش‌های طیفی از جمله NIR در ایران جدید و ناشناخته‌اند و هنوز مطالعه‌ای جدی و جامع در این زمینه صورت نگرفته است و فن آوری آن نیز به تازگی وارد کشور شده است(Charesaz, 2009).

شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی مصنوعی پدیده‌ای است که در همه علوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده بهم پیوسته به نام نرون تشکیل شده که برای حل مسأله بصورت هماهنگ عمل می‌کنند. مجموعه‌ای از این نرون‌ها که توسط رشته‌های باریکی به هم وصل می شود، عمل یادگیری را در انسان به عهده دارد. از این رو آن را در علم بیولوژیکی شبکه عصبی، و در رشته هوش مصنوعی، شبکه‌های عصبی مصنوعی نامیده‌اند (Mehrjo, 2007). از آنجائیکه اساس استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، به وجود اطلاعات صحیح و کافی استوار است، به منظور تحقق اهداف این تحقیق مراحل سه گانه‌ای صورت گرفته است. در مرحله اول، یک مجموعه اطلاعات کامل از ورودی‌ها جمع آوری که این اطلاعات شامل آنالیز مواد مغذی می‌باشد. در مرحله دوم با استفاده معقول از اطلاعات به دست آمده در مرحله اول، سعی گردیده که قابلیتهای روش شبکه عصبی مصنوعی در زمینه تخمین میزان اسیدهای آمینه ضروری مشخص گردد. بدین منظور از شبکه عصبی پرسپترون سه لایه Three Layer MLP net work استفاده شد. در مرحله سوم نتایج حاصل از این روشها مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در شبکه عصبی پرسپترون سه لایه از الگوریتم پس انتشار خطا، به عنوان الگوریتم یادگیری شبکه، و از تابع فعالسازی tansig به عنوان تابع محرک نرون‌های میانی، استفاده شد. و در آخر برای اثبات این ادعا که شبکه‌های عصبی نسبت به معادلات خطی از ضرایب بهتری برای برآورد ضریب تبیین اسیدهای آمینه برخوردارند و همچنین برای تعیین مناسبترین مدل به روش رگرسیونی چندگانه (Multiple Linear Regression (MLR) معیارهای ضریب تبیین (R^2)[2]، واریانس خطا (MSE)[3]، و همچنین ریشه نرمالیز شده واریانس خطا (NRMSE)[4] برای هر کدام از اسیدهای آمینه با استفاده از نرم افزار مطلب برآورد شد. در رگرسیون خطی چندگانه تأثیر همزمان و خطی دو یا چند متغیر مستقل را روی متغیر وابسته‌ای اندازه می‌گیریم. این ضریب نشان می‌دهد که شدت رابطه متغیرهای مستقل به طور کلی با متغیر وابسته به چه میزان است.

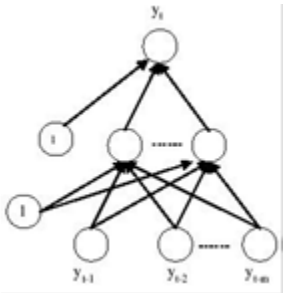
طراحی و آموزش کلی شبکه‌های عصبی چند لایه

معمولترین الگوریتم یادگیری برای کاهش خطا، روش پس انتشار خطا

[2] -R- square
[3] - Mean Square Error (MSE)
[4] - Normalize Root MSE (NRMSE)

است که در ۹۵٪ کاربردهای امروزی شبکه عصبی، روش مورد استفاده به همراه توپولوژی جلورونده است (Saemi and Gilani, 2006). در این روش، پس از محاسبه خطا، وزن های سیناپسی از آخرین لایه به سوی نخستین لایه، به تدریج طوری تغییر می‌کنند که خطای محاسباتی کاهش یابد. در واقع پس انتشار، سرشکن کردن خطا بر روی سلول های یک لایه و نیز لایه های بعدی است. شبکه های عصبی با توجه به تعداد واحد های پردازشگر یا نرون ها در لایه میانی، تعداد لایه های میانی، ضرایب یادگیری شامل نرخ آموزش و ضریب مومنتوم، دارای قابلیت پیشگویی و کارائی های مختلفی هستند. در طی دوره آموزش شبکه عصبی، این پارامترها مرتباً به روش آزمون و خطا تغییر می کنند. در این تحقیق نیز در شبکه عصبی پرسپترون سه لایه این کار تا جایی که شبکه بهینه جهت پیش بینی مناسب اسید های آمینه ضروری به دست آمد ادامه یافت. توپولوژی و ساختار شبکه عصبی، نقش مؤثری در میزان تغییرات نرخ یادگیری و سرعت آموزش شبکه دارد. از اینرو تعیین بهینه تعداد لایه ها و تعداد نرون های موجود در لایه مخفی، جزء مهم ترین پارامتر های طراحی شبکه به شمار می روند. افزایش نرون ها و تعدادلایه ها موجب پیچیدگی شبکه و در نتیجه افزایش زمان یادگیری و کاهش کارایی آن می گردد. از طرفی با کاهش تعداد نرون ها در لایه مخفی (کمتر از تعداد بهینه)، خطای ایجاد شده روند صعودی داشته و شبکه مورد نظر واگرا می گردد (Smith, 1993). در این مطالعه، ضریب تبیین به عنوان معیار سنجش کارایی شبکه بهینه استفاده شده است. با توجه به اینکه متغیر های تأثیر گذار و مستقل برای برآورد اسید های آمینه در این تحقیق پنج ماده مغذی بودند، بنابراین الگوی ورودی مسأله بستگی به این داشت که از چند نوع ماده مغذی در برآورد اسید آمینه استفاده شده است. لایه خروجی نیز همانند متغیر وابسته عمل کرده و تعداد نرون های آن بستگی به تعداد متغیروابسته (اسید آمینه) دارد. برای تعیین تعداد نرون های 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. 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 شد. پانزده در صد از داده‌های 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 شد که در فرآیند یادگیری شرکت نداشتند. این داده های جدید که از نوع داده های آموزشی هستند، اصطلاحاً داده های آزمایشی نام دارند.

در تمام مراحل این محاسبات از بسته نرم افزاری شبکه عصبی در نرم افزار ریاضی(ver, 10 MATLAB) استفاده شد.



شکل۱- شبکه عصبی پرسپترون سه لایه (SHakibai and Koochekzadeh, 2009)

نتایج

ضریب تبیین اسید های آمینه در ذرت و گندم با ورودی همزمان پروتئین خام و فسفر، توسط عملکرد شبکه عصبی پرسپترون سه لایه به ترتیب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. همچنین واریانس خطا، ریشه نرمالیز شده واریانس خطا نیز محاسبه شد. جدول ۳ و ۴ ضریب تبیین برآورد شده را با استفاده از مواد مغذی نشان می دهد.

همانطور که مشاهده می‌کنیم گندم نسبت به ذرت با استفاده از ورودی پروتئین خام و ترکیبات شیمیایی (پروتئین خام، چربی خام، الیاف خام، فسفر و خاکستر) از ضریب تبیین بالاتری برخوردار است. جدول ۵ و ۶ ضریب تبیین برآورد شده به روش رگرسیون خطی چندگانه را جهت پیش بینی اسید های آمینه ضروری در ذرت و گندم نشان می دهد. مطابق جدول ۱ کمترین میزان ضریب تبیین را شبکه عصبی پرسپترون سه لایه با ورودی پروتئین خام + فسفر برای ترئونین ۰/۷۸ و واریانس خطای۴-۱۰× ۲/۵۸ برآورد کرد. و بالاترین میزان برای والین ۰/۹۸ و واریانس خطای ۵-۱۰×۷/۵۰ درصد محاسبه شد. با استفاده از ترکیبات شیمیایی به روش رگرسیونی خطی چندگانه (جدول ۵) بیشترین ضریب تبیین برای آرژنین و فنیل آلانین ۰/۶۱، و کمترین میزان برای متیونین ۰/۴۵ به دست آمد.

جداول ۷ و ۸ معادله خطی برآورد شده را جهت پیش بینی میزان اسید های آمینه در ذرت و گندم نشان می دهند.

طبق جدول ۲ در گندم کمترین میزان ضریب تبیین را شبکه عصبی پرسپترون سه لایه با ورودی پروتئین خام + فسفر برای ترئونین ۰/۶۸ و واریانس خطای ۵-۱۰× ۴/۵۵ برآورد کرد. و بالاترین میزان برای سیستئین ۰/۹۸ با واریانس خطای ۵-۱۰× ۳/۶۹ به دست آمد.

به روش خطی (جدول ۶) بیشترین میزان ضریب تبیین برای سیستئین، هیستیدین ، فنیل آلانین و والین ۰/۶۴، و کمترین میزان برای تریپتوفان و لایزین به ترتیب ۰/۵۶و ۰/۵۵ به دست آمد.

جدول۱- نتایج حاصل از عملکرد مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین مقادیر اسیدهای آمینه در ذرت بر اساس درصد پروتئین خام و فسفر

ذرت	آموزش			اعتبارسنجی			آزمون		
	MSE	NRMSE	R^2	MSE	NRMSE	R^2	MSE	NRMSE	R^2
آرژنین	$۱/۳۲\times۱۰^{-۴}$	۰/۲۱	$۴/۹۹\times۱۰^{-۱}$	۰/۰۰۰۵	۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۰۰۰۱	۰/۲۷	۰/۸۵
سیستئین	$۶/۴۲\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۰	$۵/۲۷\times۱۰^{-۱}$	$۲/۳۶\times۱۰^{-۵}$	۰/۴۹	۰/۰۴	$۹/۵۷\times۱۰^{-۵}$	۰/۳۲	۰/۹۵
هیستدین	$۶/۰۱\times۱۰^{-۵}$	۰/۱۶	۰/۶۸	$۲/۲۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۵	۰/۵۹	$۱/۱۸\times۱۰^{-۴}$	۰/۲۴	۰/۹۰
ایزولوسین	۰/۰۰۰۳	۰/۲۲	۰/۴۹	$۲/۵۴\times۱۰^{-۴}$	۰/۵۵	۰/۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۵۳	۰/۸۹
لوسین	$۵/۹۷\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۶	$۱/۸۸\times۱۰^{-۱}$	۰/۰۲۸۹	۱/۳۵	۰/۹۷	۰/۰۰۴۰	۰/۳۲	۰/۸۰
لایزین	$۱/۱۴\times۱۰^{-۴}$	۰/۲۸	$۱/۱۵\times۱۰^{-۱}$	$۲/۸۷\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۷	۰/۶۸	$۹/۹۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۴۵	۰/۹۴
متیونین	$۵/۱۴\times۱۰^{-۵}$	۰/۱۹	۰/۵۳	$۶/۷۶\times۱۰^{-۵}$	۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۰۰۰۲	۰/۴۴	۰/۹۱
متیونین + سیستئین	۰/۰۰۰۴	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۰۰۰۳	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۰۰۶۷	۱/۱۲	۰/۹۵
فنیل آلانین	$۱/۸۴\times۱۰^{-۳}$	۰/۴۶	$۳/۳۷\times۱۰^{-۱}$	$۱/۳۴\times۱۰^{-۳}$	۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۰۰۱۴	۰/۴۶	۰/۹۳
ترئونین	$۸/۶۸\times۱۰^{-۴}$	۰/۵۳	$۲/۷۶\times۱۰^{-۱}$	۰/۰۰۰۲	۰/۴۵	۰/۰۲	$۲/۵۸\times۱۰^{-۴}$	۰/۳۳	۰/۷۸
تریپتوفان	$۱/۱۹\times۱۰^{-۵}$	۰/۴۹	۰/۲۱	$۶/۱۸\times۱۰^{-۶}$	۰/۴۱	۰/۶۲	$۵/۱۲\times۱۰^{-۶}$	۰/۳۸	۰/۹۳
والین	۰/۰۰۱۰	۰/۳۸	۰/۰۴	۰/۰۰۰۶	۰/۳۶	۰/۲۴	$۷/۵۰\times۱۰^{-۵}$	۰/۱۲	۰/۹۸

جدول۲- نتایج حاصل از عملکرد مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین مقادیر اسیدهای آمینه در گندم بر اساس درصد پروتئین خام و فسفر

ذرت	آموزش			اعتبارسنجی			آزمون		
	MSE	NRMSE	R^2	MSE	NRMSE	R^2	MSE	NRMSE	R^2
آرژنین	$۲/۴۸\times۱۰^{-۴}$	۰/۱۷	$۵/۴۱\times۱۰^{-۱}$	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶	۰/۸۲	۰/۰۰۰۴	۰/۲۲	۰/۸۲
سیستئین	$۱/۲۷\times۱۰^{-۴}$	۰/۳۰	$۲/۹۹\times۱۰^{-۵}$	$۱/۲۹\times۱۰^{-۴}$	۰/۲۹	۰/۳۵	$۳/۶۹\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۳	۰/۹۸
هیستدین	$۱/۱۲\times۱۰^{-۴}$	۰/۲۰	۰/۴۸	$۶/۸۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۳۰	۰/۶۳	$۱/۸۴\times۱۰^{-۵}$	۰/۱۰	۰/۹۴
ایزولوسین	$۴/۸۰\times۱۰^{-۴}$	۰/۲۸	۰/۰۳	$۳/۳۵\times۱۰^{-۴}$	۰/۲۷	۰/۹۵	$۵/۵۱\times۱۰^{-۵}$	۰/۱۶	۰/۸۳
لوسین	$۱/۶۱\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۷	$۱/۸۶\times۱۰^{-۱}$	۰/۰۰۰۲	۰/۱۱	۰/۹۳	۰/۰۰۰۲	۰/۳۹	۰/۹۴
لایزین	$۹/۴۹\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۴	$۳/۹۶\times۱۰^{-۱}$	$۲/۴۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۳۳	۰/۴۳	$۱/۱۲\times۱۰^{-۴}$	۰/۵۰	۰/۸۷
متیونین	$۳/۰۶\times۱۰^{-۵}$	۰/۱۸	۰/۶۳	$۳/۴۳\times۱۰^{-۵}$	۰/۵۹	۰/۲۰	$۱/۴۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۳۸	۰/۹۰
متیونین + سیستئین	۰/۰۰۰۲	۰/۲۱	۰/۵۳	$۲/۸۷\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۱	۰/۶۹	$۸/۰۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۳۹	۰/۹۷
فنیل آلانین	$۱/۴۴\times۱۰^{-۳}$	۰/۳۱	$۱/۸۲\times۱۰^{-۱}$	۰/۰۰۱۵	۰/۳۷	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۵۳	۰/۸۵
ترئونین	$۳/۴۱\times۱۰^{-۴}$	۰/۳۴	$۱/۵۶\times۱۰^{-۱}$	$۱/۹۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۰۹	۰/۹۳	$۴/۵۵\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۳	۰/۶۸
تریپتوفان	$۶/۶۱\times۱۰^{-۵}$	۰/۴۸	۰/۰۳	$۳/۰۳\times۱۰^{-۵}$	۰/۳۲	۰/۲۲	$۹/۳۴\times۱۰^{-۶}$	۰/۴۴	۰/۸۴
والین	۰/۰۰۰۴	۰/۲۳	۰/۴۵	$۴/۶۸\times۱۰^{-۵}$	۰/۱۵	۰/۸۴	$۶/۹۰\times۱۰^{-۵}$	۰/۲۵	۰/۸۳

جدول ۳- برآورد ضریب تبیین اسیدهای آمینه با استفاده از درصد مواد مغذی و روش شبکه عصبی مصنوعی در ذرت

	R^2					
	پروتئین خام	فیبرخام	چربی خام	فسفر	خاکستر	ترکیبات شیمیایی
آرژنین	۰/۷۱	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۱۴
سیستئن	۰/۶۲	۰/۳۹	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۴۸	۰/۵۰
هیستیدین	۰/۶۱	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۵۲	۰/۷۳	۰/۲۷
ایزولوسین	۰/۶۲	۰/۱۵	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۳۱	۰/۱۷
لوسین	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۱۸	۰/۴۹	۰/۸۰	۰/۳۱
لایزین	۰/۸۰	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۳۳
متیونین	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۱۳	۰/۳۲	۰/۷۷	۰/۴۸
متیونین+سیستئین	۰/۴۹	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۲۰	۰/۶۳	۰/۲۴
فنیل آلانین	۰/۴۷	۰/۳۵	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۶۷	۰/۶۰
ترئونین	۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۲۲	۰/۳۸	۰/۵۶	۰/۱۸
تریپتوفان	۰/۷۸	۰/۰۸	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۵۳	۰/۳۰
والین	۰/۳۱	۰/۴۰	۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۸۷	۰/۱۹

جدول ٤- برآورد ضریب تبیین اسیدهای آمینه با استفاده از درصد مواد مغذی و روش شبکه عصبی مصنوعی در گندم

	R^2					
	پروتئین خام	فیبرخام	چربی خام	فسفر	خاکستر	ترکیبات شیمیایی
آرژنین	۰/۸۵	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۵۲	۰/۲۳	۰/۸۵
سیستئن	۰/۸۳	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۸۲
هیستیدین	۰/۹۳	۰/۰۶	۰/۴۰	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۸۳
ایزولوسین	۰/۸۹	۰/۰۶	۰/۶۲	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۸۴
لوسین	۰/۸۲	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۶۷	۰/۷۵
لایزین	۰/۶۵	۰/۱۱	۰/۷۳	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۴۲
متیونین	۰/۸۹	۰/۳۶	۰/۱۳	۰/۳۳	۰/۱۸	۰/۹۴
متیونین+سیستئین	۰/۷۳	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۷۳
فنیل آلانین	۰/۸۶	۰/۰۲	۰/۶۲	۰/۵۳	۰/۱۱	۰/۷۸
ترئونین	۰/۷۵	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۱۵	۰/۸۶
تریپتوفان	۰/۶۷	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۸۵
والین	۰/۸۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۴۱	۰/۷۱

جدول ۵- شاخص‌های آماری درون یابی خطی جهت پیش بینی میزان اسیدهای آمینه در ذرت با استفاده از ترکیبات شیمیایی

	R^2	MSE	NRMSE	MAPE
آرژنین	۰/۶۱	۰/۰۰۰۱	۰/۱۶	۰/۰۲۲
سیستئین	۰/۴۹	$۶/۴۸ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۹۶۴	۰/۰۳۶
هیستیدین	۰/۵۵	$۸/۰۷ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۷۲۷	۰/۰۳۰
ایزولوسین	۰/۵۹	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۹۷	۰/۰۳۸
لوسین	۰/۵۹	۰/۰۰۲۹	۰/۱۵۴۸	۰/۰۴۱
لایزین	۰/۴۹	$۵/۳۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۹۳۳	۰/۰۲۴
متیونین	۰/۴۵	$۶/۱۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۲۱۲۶	۰/۰۴۰
متیونین + سیستئین	۰/۴۸	۰/۰۰۰۳	۰/۲۰۱۷	۰/۰۳۹
فنیل آلانین	۰/۶۱	۰/۰۰۰۳	۰/۱۵۳۳	۰/۰۳۵
ترئونین	۰/۶۰	۰/۰۰۰۱	۰/۱۶۸۲	۰/۰۲۹
تریپتوفان	۰/۵۴	$۲/۴۳ \times ۱۰^{-۶}$	۰/۱۹۴۹	۰/۰۱۹
والین	۰/۵۹	۰/۰۰۰۳	۰/۱۷۲۸	۰/۰۳۳

جدول٦- شاخص‌های آماری درون یابی خطی جهت پیش بینی میزان اسیدهای آمینه در گندم با استفاده از ترکیبات شیمیایی

	R^2	MSE	NRMSE	MAPE
آرژنین	۰/۶۱	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۸۱	۰/۰۱۷
سیستئین	۰/۶۴	$۴/۰۳ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۸۱	۰/۰۱۵
هیستیدین	۰/۶۴	$۶/۹۵ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۰۳	۰/۰۱۸
ایزولوسین	۰/۶۳	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۳۵	۰/۰۱۹
لوسین	۰/۶۲	۰/۰۰۰۶	۰/۱۵۹۳	۰/۰۱۸
لایزین	۰/۵۵	$۵/۱۶ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۷۵۲	۰/۰۱۴
متیونین	۰/۶۰	$۲/۶۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۷۴	۰/۰۱۷
متیونین + سیستئین	۰/۶۲	۰/۰۰۰۱	۰/۱۶۹۰	۰/۰۱۵
فنیل آلانین	۰/۶۴	۰/۰۰۰۴	۰/۱۶۱۳	۰/۰۲۲
ترئونین	۰/۶۱	$۸/۶۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۹۵	۰/۰۱۶
تریپتوفان	۰/۵۶	$۹/۹۲ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۹۳	۰/۰۱۴
والین	۰/۶۴	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۵۹	۰/۰۱۶

جدول۷- برآورد فراسنجه‌ها و معیارهای تعیین صحت مدل خطی در ذرت

ذرت	a0	a1	a2	a3	a4	a5	R^2	MSE	NRMSE
آرژنین	۰/۱۵۷۸	۰/۰۲۱۸	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۷۶۹	۰/۰۱۱۶	۰/۶۰۷۵	۰/۰۰۰۱	۰/۱۶۱۶
سیستئین	۰/۰۸۹۳	۰/۰۱۱۴	−۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۳۵	−۰/۲۲۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۴۹۱۹	$۶/۴۸ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۹۶۴
هیستیدین	۰/۱۰۸۳	۰/۰۱۴۶	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۱۴	−۰/۱۵۱۲	۰/۰۰۱۶	۰/۵۵۱۷	$۸/۰۷ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۷۲۷
ایزولوسین	۰/۰۸۳۰	۰/۰۲۲۳	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۱۸	−۰/۲۳۹۱	۰/۰۰۱۰	۰/۵۸۷۴	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۹۷
لوسین	۰/۲۳۴۳	۰/۰۸۷۴	۰/۰۳۰۲	−۰/۰۰۲۱	−۰/۸۰۴۶	۰/۰۰۶۹	۰/۵۸۹۷	۰/۰۰۲۹	۰/۱۵۴۸
لایزین	۰/۱۳۰۲	۰/۰۱۱۷	−۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۹۱۵	۰/۰۰۷۷	۰/۴۹۰۶	$۵/۳۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۹۳۳
متیونین	۰/۰۷۶۰	۰/۰۱۰۷	−۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۳	−۰/۱۶۵۴	۰/۰۰۱۴	۰/۴۵۴۱	$۶/۱۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۲۱۲۶
متیونین+ سیستئین	۰/۱۵۴۵	۰/۰۲۳۰	−۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۵۳	−۰/۳۷۶۱	۰/۰۰۰۸	۰/۴۸۲۵	۰/۰۰۰۳	۰/۲۰۱۷
فنیل آلانین	۰/۱۱۵۲	۰/۰۳۲۰	۰/۰۱۰۵	−۰/۰۰۰۵	−۰/۲۳۸۹	۰/۰۰۴۰	۰/۶۰۹۸	۰/۰۰۰۳	۰/۱۵۳۳
ترئونین	۰/۱۲۲۴	۰/۰۱۹۴	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۱۵	−۰/۱۶۹۲	۰/۰۰۲۹	۰/۵۹۹۰	۰/۰۰۰۱	۰/۱۶۸۲
تریپتوفان	۰/۰۳۲۹	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۶۱	۰/۰۰۱۷	۰/۵۴۲۴	$۲/۴۳ \times ۱۰^{-۶}$	۰/۱۹۴۹
والین	۰/۱۳۲۸	۰/۰۲۸۰	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۲۹	−۰/۲۸۰۱	۰/۰۰۱۵	۰/۵۹۱۲	۰/۰۰۰۳	۰/۱۷۲۷

معاله خطی برآورد شده جهت پیش بینی میزان اسیدهای آمینه در ذرت a0+ a1*CP + a2*CF + a3*EE + a4*P + a5*ASH
در این معادله ai ضریب رگرسیون می‌باشد.

جدول۸- برآورد فراسنجه‌ها و معیارهای تعیین صحت مدل خطی در گندم

گندم	a0	a1	a2	a3	a4	a5	R^2	MSE	NRMSE
	۰/۱۹۹۳	۰/۰۲۸۴	۰/۰۰۵۵	−۰/۰۰۱۷	−۰/۰۴۴۴	۰/۰۲۱۷	۰/۶۰۸۵	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۸۱
سیستئین	۰/۰۹۹۳	۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۶	−۰/۰۲۵۲	۰/۰۰۹۲	۰/۶۴۰۰	$۴/۰۳ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۸۱
هیستیدین	۰/۰۶۶۹	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۴۵	−۰/۰۰۰۱	−۰/۰۶۰۹	۰/۰۱۲۲	۰/۶۳۷۰	$۶/۹۵ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۰۳
ایزولوسین	۰/۰۸۱۰	۰/۰۲۴۵	۰/۰۰۶۲	$-۱/۸ \times ۱۰^{-۵}$	−۰/۰۸۵۸	۰/۰۱۸۵	۰/۶۳۳۶	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۳۵
	۰/۱۷۳۴	۰/۰۴۷۷	۰/۰۱۳۳	−۰/۰۰۲۸	−۰/۱۵۰۱	۰/۰۳۵۰	۰/۶۲۲۳	۰/۰۰۰۶	۰/۱۵۹۳
	۰/۱۸۰۴	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۱۵	−۰/۰۰۱۷	۰/۰۲۳۲	۰/۰۰۸۱	۰/۵۴۹۹	$۵/۱۶ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۷۵۲
	۰/۰۵۹۲	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۲۴	−۰/۰۰۱۰	−۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۶۷	۰/۵۹۸۳	$۲/۶۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۷۴
متیونین + سیستئین	۰/۱۶۰۴	۰/۰۲۳۰	۰/۰۰۵۹	−۰/۰۰۰۹	−۰/۰۲۱۶	۰/۰۱۶۰	۰/۶۱۴۸	۰/۰۰۰۱	۰/۱۶۹۰
فنیل آلانین	۰/۰۳۶۷	۰/۰۳۸۶	۰/۰۱۱۷	$۵/۴۴ \times ۱۰^{-۵}$	−۰/۱۹۶۰	۰/۰۲۹۶	۰/۶۴۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۱۶۱۳
	۰/۱۱۷۸	۰/۰۱۷۷	۰/۰۰۳۲	−۰/۰۰۲۱	−۰/۰۰۷۴	۰/۰۱۳۰	۰/۶۰۵۲	$۸/۶۹ \times ۱۰^{-۵}$	۰/۱۶۹۵

معادله خطی برآورد شده جهت پیش بینی میزان اسیدهای آمینه در گندم. a0+ a1*CP + a2*CF + a3*EE + a4*P + a5*ASH

بحث

مقایسه بین مقادیر R^2 و پارامترهای خطا در مدل‌های رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند بیان کننده دقت این مدل‌ها جهت برآورد مقادیر خروجی باشد به طوری که مدل دارای بیشترین R^2 و کمترین خطا، از دقت بیشتری برخوردار است. صحت عملکرد مدل‌های ANN نسبت به MLR جهت تخمین مقادیر TMEn پودر گوشت و استخوان گزارش شده است (Perai et al, 2010).

پیش بینی عملکرد گندم در ارتباط با مصرف کود ازته با استفاده از دو روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره نشان داد که استفاده از شبکه‌های مصنوعی روش جایگزینی مناسبی برای تجزیه و تحلیل رگرسیونی می‌باشد (Wu and Yen, 1992).

تعیین غلظت اسیدهای آمینه متیونین، سیستئین و تریپتوفان در مواد غذایی و مواد هضمی دارای اهمیت خاصی است، زیرا در اغلب موارد این اسیدهای آمینه مهمترین اسیدهای آمینه محدود کننده هستند (Mesgaran et al, 1999).

با توجه به نتایج حاصل می‌توان اینگونه نتیجه گیری کرد که شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به مدلهای رگرسیونی می‌توانند ارتباطات بین ورودی و خروجی را در مورد این اسیدهای آمینه بهتر بیان کنند و قدرت تخمین مقادیر خروجی را بهبود بخشند. نتایج بدست آمده در این آزمایش موافق با نتایج گزارشات قبلی بود (Cravener and Roush, 1999; 2001., Roush and Cravener, 1997).

همچنین بررسی مدل‌های خطی نشان داد که بین تجزیه تقریبی و میزان اسیدآمینه موجود در ذرت و گندم رابطه خطی وجود دارد گرچه این روابط گاهی ضعیف بود. دقت معادلات رگرسیونی گزارش شده در NRC سال ۱۹۹۴ جهت تخمین میزان اسیدهای آمینه مواد خوراکی، متغیر و در برخی موارد پایین می‌باشد (R^2 کمتر از ۰/۵).

NRC (۱۹۹۴) برای تخمین میزان اسیدهای آمینه (Y) برخی از اجزای خوراک با استفاده از پروتئین خام ازمدل رگرسیونی مقابل استفاده کرده است. $Y=a+bx$ در این معادله x پروتئین خام نمونه‌های خوراکی، a، عرض از مبدا و b، ضریب رگرسیون می‌باشد. همچنین برای تخمین اسیدآمینه با استفاده از تجزیه تقریبی (پروتئین خام، چربی، فیبر خام و خاکستر)، مدل زیر پیشنهاد شده است:

$$Y=a + b_1 (\text{درصد پروتئین}) + b_2 (\text{درصد رطوبت}) + b_3 (\text{درصد چربی}) + b_4 (\text{درصد فیبر}) + b_5 (\text{درصد خاکستر}).$$

در این معادله b_i ضریب رگرسیون می‌باشد.

با توجه با آنچه گفته شد مدل ANN در مقایسه با MLR جهت برآورد میزان هر یک از اسیدهای آمینه ذرت و گندم بر اساس ترکیبات شیمیایی (پروتئین خام، چربی خام، الیاف خام، فسفر و خاکستر) دارای قدرت تخمین بیشتری می‌باشد. در این تحقیق استفاده همزمان دو ماده مغذی پروتئین خام و فسفر گزینه‌های خوبی برای برآورد ضریب تبیین اسید-های آمینه هستند. .به نظر می‌رسد که اگر برای هر سویه شبکه جداگانه-ای آموزش داده شود، نتیجه بهتری حاصل شود. می‌توان برای بهبود کار روی بهینه کردن شبکه عصبی تمرکز کرد که در حال حاضر بهتری گزینه بهینه سازی ضرایب شبکه عصبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک است.

منابع

1- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th edition. Association of official analytical chemists. Arlington, U. S. A.

2- Bashtiny, J. and Tavakoli, H. (2002). Nutritional value of five species of plants halophyt of desert regions of Khorasan province. *Journal of Research*. No. 55, pp: 5-2

3- Chareh saz, N. (2009). Study of NIR performance in compared with conventional laboratory methods for determining of range some species forage quality. Msc. Thesis, 110 P.

4- Cravener, T.L. and Roush, W.B. (1999). Improving neural network prediction of amino acid levels in feed ingredients. *Poultry Science*, 78: 983-991.

5- Cravener, T.L. and Roush, W.B. (2001). Prediction of amino acid profiles in feed ingreedients: genetic algorithm calibration of artificial neural networks. *Animal Feed Science and Technology*, Vol, 90, pp: 131-141.

6- Hashemi, M. (2000). Food Culture. Tehran: dictionary, Vol, 1, pp: 5-34.

7- Johannes, F., Barbara, S. and Jutta, H. (2002). Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) Enables the Fast and Accurate Prediction of Essential Amino Acid Contents.2. Results for Wheat, Barley, Corn, Triticale, Wheat Bran/Middlings, Rice Bran, and Sorghum. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol, 50,pp:3902-3911.

8- Mehrjo, A. (2007). *Artificial Neural Networks*. Islamic Azad university, Eslamshahr Branch. 198 P.

9- Mesgaran, M., Moini, M., Turki, M., Dastar, B., Khajeali, F., Bojarpour, M. and Tabatabaie, F. (1999). *Amino Acids in Animal Nutrition* (translated). Mashhad Publication, 444 P.

10- National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements for Poultry*. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC. USA.

11- Perai, A.H., Nassiri Moghaddam, H., Asadpour, S., Bahrampour, J. and Mansoori, GH. (2010). A comparison of artificial neural networks with other statistical approaches for the prediction of true metabolizable energy of meat and bone meal. *Poultry Science*, Vol, 89, pp: 1562-1568.

12- 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.

13- Saemi, M and Gilani, A. (2006). Determine optimum special spending in working fire operation using artificial neural networks. *Journal of Mining Engineering*. Vol, 1, No, 1. pp: 49-55.

14- Sedghi, M., Ebadi, M.R., Golian, A. and Ahmadi, H.(2011). Estimation and modelling true metabolisable energy of sorghum grain for poultry. *Poultry Science*, 90: 1138-1143.

15- SHakibai, A and Koochekzadeh, S. (2009). Modelling and Predicting Agricultural Energy Consumption in Iran. *American- Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, Vol, 5, No. 3, pp: 308-312.

16- Smith, M. (1993). *Neural Networks for Statistical Modeling*. New York. Van Nostrand Reinhold, USA.

17- Tabatabai, A. (2000). The solvent meat is fattening Publications Center Animal cooperation, Vol, 1, 276P.

18- Wittwer, S.H. (1977). Alternatives Available for Improving Plant and Animal Resources. Proceeding of the World Food Conference of 1976. Ames, Iowa: The Iowa State University Press. pp: 429-448.

19- Wu, F.Y. and Yen, K.K. (1992). Application of neural network in regression analysis. Computers and Industrial Engineering, Vol, 23, pp: 93-95.