نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، ص. ۳۶۸-۳۶۳

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 3, No. 4, Winter 2012, p. 363-368

مقایسه مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی اسیدهای آمینه ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum*) با استفاده از تجزیه تقریبی

پریسا سلیمانی رودی[۱]- ابولقاسم گلیان[۲]- محمد صدقی[۳*]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش:۹۰/۶/۲۹

چکیده

ارزن مرواریدی گیاهی مقاوم در شرایط خشکی است که پروتئین و سطح انرژی قابل متابولیسم دانه آن با ذرت مساوی و بیشتر از سورگوم است و به همین جهت در تغذیه طیور مورد توجه قرار گرفته است. تعیین اسیدهای آمینه مواد خوراکی با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی نیاز به صرف زمان و هزینه بالایی دارد. از این رو یافتن روش‌هایی برای تخمین میزان اسیدهای آمینه دارای اهمیت می‌باشد. از دیر باز مدل‌های رگرسیونی خطی چندگانه (MLR) برای تخمین اسیدهای آمینه برخی مواد خوراکی با استفاده از پروتئین و یا تجزیه تقریبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) برای تخمین دقیق‌تر میزان اسیدهای آمینه مواد خوارکی با استفاده از ترکیبات شیمیایی می‌تواند نتایج بهتری را به همراه داشته باشد. بنابراین مطالعه‌ای با هدف تخمین سطح اسیدهای آمینه دانه ارزن مرواریدی با استفاده از شبکه عصبی و رگرسیون خطی چندگانه انجام شد. به این منظور از یکی از منابع که تعداد ۵۲ نمونه ارزن مرواریدی را از نظر تجزیه تقریبی و سطح اسیدهای آمینه مورد بررسی قرار داده بود، استفاده شد. در این مدل‌ها، ماده خشک، پروتئین خام، چربی، خاکستر و فیبر خام به عنوان متغیر پیشگو و هر یک از اسیدهای آمینه به عنوان متغیر پاسخ استفاده شدند. نتایج بدست آمده حاکی از این است که بین اسیدهای آمینه دانه‌ی ارزن مرواریدی و ترکیبات شیمیایی آن ارتباط قابل توجهی وجود دارد. ارزیابی آماری نشان داد که مدل ANN در مقایسه با MLR دارای قدرت تخمین بیشتری برای برآورد میزان هر یک از اسیدهای آمینه ارزن مرواریدی با استفاده از روش تجزیه تقریبی می‌باشد.

واژه های کلیدی: ارزن مرواریدی، اسید آمینه، شبکه عصبی مصنوعی

مقدمه

ارزن مرواریدی با نام علمی *pennisetum glaucum* از دیر باز در بسیاری از کشورهای گرمسیر جهان کشت شده است (۱۹). تحمل این گیاه به خشکی آنقدر بالا است که حتی در مناطقی که بارندگی آن برای کشت سورگوم نامساعد است، می‌توان این گیاه را کشت کرد (۲۰). کشور ایران، پیوسته دچار کم آبی و خشکسالی‌های مداوم است. به همین جهت کشت ارزن مرواریدی به عنوان محصول زراعی که در تغذیه طیور نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد از اهمیت زیادی برخوردار است.

نتایج حاصل از آزمایشات تغذیه طیور با استفاده از ارزن مرواریدی در مقابل سورگوم و ذرت، بیان‌گر این است که ارزن مرواریدی از لحاظ کیفیت و مقدار پروتئین، مقدار بازدهی نسبی پروتئین (PER) و سطح انرژی متابولیسمی (ME) با ذرت مساوی و از سورگوم بالاتر است (۱۱، ۱۴ و ۲۲). سورگوم دارای پلی‌فنل‌هایی مانند تانن می‌باشد که در تغذیه طیور منجر به کاهش قابلیت هضم مواد مغذی می‌شوند، این در حالی است که ارزن مرواریدی فاقد چنین ترکیباتی می‌باشد (۲۰).

پروتئین خام ارزن مرواریدی از سورگوم بیشتر است اما همچنان میزان اسیدهای آمینه ضروری آن کم می‌باشد. گرچه لیزین آن ۳۵درصد بیشتر از سورگوم است (۱۴ و ۱۹).

تعیین اسیدهای آمینه با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی به دلیل تجزیه شیمیایی در آزمایشگاه وتخریب اسیدهای آمینه در حین تجزیه، نیاز به صرف زمان و هزینه بالایی دارد (۱۵). به همین جهت پژوهشگران به دنبال راه‌های ساده‌تر برای تعیین اسیدهای آمینه در

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشجوی دکتری گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mohamad_sedghi1@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

اجزاء خوراک می‌باشند. رگرسیون‌های خطی چند گانه (MLR) برای تخمین اسیدهای آمینه برخی مواد خوراکی با استفاده از پروتئین و یا تجزیه تقریبی به عنوان متغیر پیشگو، در NRC (۱۹۹۴) ارائه شده اند (۱۲). ضریب تعیین (R^2) بدست آمده از این مدل‌ها، متغیر و گاهی پایین می‌باشند (R^2 کمتر از ۰/۵). شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) با دقت و صحت بیشتری می‌توانند رابطه‌ی بین متغیرها را شبیه سازی کنند (۷)، از این رو ممکن است برای تخمین اسیدهای آمینه با استفاده از تجزیه تقریبی موثرتر واقع شوند. سودمندی استفاده از ANN در تخمین اسیدهای آمینه مواد خوراکی با استفاده از مدل-های MLR و ANN در چندین مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است (۷، ۸ و ۱۵). راش و کراونر (۱۵)، شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی را برای تخمین سطح اسیدهای آمینه برخی مواد خوراکی طیور براساس پروتئین خام و یا تجزیه تقریبی مورد استفاده قرار دادند. با استفاده از دستگاه NIR تخمین سطح اسیدهای آمینه مواد خوراکی امکان‌پذیر است (۲۳). ولی استفاده از این دستگاه نیازمند وجود داده‌های زیادی می‌باشد که با توجه به عدم وجود داده برای کالیبراسیون، با کاربرد این دستگاه نمی‌توان به دقت سطح اسیدهای آمینه ارزن مرواریدی را تخمین زد (۲۳). تاکنون اندازه‌گیری سطح اسیدهای آمینه در ارزن مرواریدی فقط از طریق استفاده از روش‌های آزمایشگاهی صورت گرفته است. بنابراین هدف این مطالعه، بررسی امکان استفاده از مدل‌های MLR و ANN و مقایسه این دو مدل، جهت تخمین سطح اسیدهای آمینه موجود در ارزن مرواریدی از روی ترکیبات شیمیایی دانه (ماده خشک، پروتئین خام، چربی، خاکستر و فیبر خام) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌ها

جهت انجام این آزمایش از داده‌های مربوط به ۵۲ نمونه دانه ارزن مرواریدی موجود در گزارش دنی ساینق (۲۰)، استفاده شد. میزان ماده خشک، پروتئین خام، چربی، خاکستر، فیبر خام و ۱۸ اسید آمینه مربوط به ۵۲ نمونه مختلف ارزن مرواریدی برای مدل‌سازی با رگرسیون خطی چندگانه، شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه این دو روش، استفاده شد.

رگرسیون خطی چندگانه (MLR)

با این روش می‌توان همزمان به تحلیل و بررسی چندین متغیر مختلف پرداخت. برای بدست آوردن نتایج مطلوب‌تر از طریق MLR، نمونه‌ها باید زیاد و دقیق باشند. زیرا این روش در مقابل اطلاعات نادرست، حساسیت بالایی دارد و ورود چنین داده‌هایی ممکن است منجر به بروز خطاهای بزرگی در نتایج بدست آمده شود (۵). علاوه بر این، برای استفاده از این روش، متغیرها باید توزیع نرمال داشته باشند و تغییر آنها از یک رابطه خطی پیروی کند.

رگرسیون چندگانه در حقیقت، ارتباط بین یک سری از متغیرهای پیشگو را با متغیر پاسخ مورد نظر بیان می‌کند (۵). در صورت وجود متغیرهای مستقل $x_1, x_2, \ldots, x_n$ اگر بخواهیم ارتباط خطی بین آنها و متغیر y که وابسته به آنهاست ایجاد کنیم، رابطه زیر باید بین آنها برقرار باشد:

$$Y=a_0 +a_1x_1+ a_2x_2+ \ldots+ a_nx_n +e$$

که در این رابطه، از مقادیر $a_1, a_2, \ldots, a_n$ با عنوان ضرایب رگرسیون یاد می‌شود. این ضرایب، ضرایب نامشخصی هستند که در حقیقت، مسئول برآورد پارامتر پاسخ هستند (۵).

شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)

یک شبکه عصبی مصنوعی، شامل مجموعه‌ای از نرون‌های به هم متصل می‌باشد که به هر مجموعه از این نرون‌ها یک لایه گفته می‌شود. نقش نرون‌ها در شبکه‌های عصبی، پردازش اطلاعات است. این امر، در شبکه‌های عصبی مصنوعی به وسیله پردازشگر ریاضی که همان تابع فعال سازی است، انجام می‌شود. یک تابع فعال‌سازی، براساس نیاز خاص مسئله‌ای که قرار است به وسیله شبکه عصبی حل شود، از سوی طراح انتخاب می‌شود. ساده‌ترین شکل شبکه، فقط دو لایه دارد. لایه ورودی و خروجی شبکه شبیه یک سیستم ورودی و خروجی عمل می‌کند و ارزش نرون‌های ورودی را برای محاسبه ارزش نرون خروجی مورد استفاده قرار می‌دهد. شبکه‌های عصبی با لایه‌های پنهان، دارای توانایی‌های بیشتری نسبت به شبکه‌های عصبی دو لایه هستند (۳).

با توجه به اهداف تحقیق، انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. پرسپترون چند لایه در بین شبکه-های عصبی بیشترین کاربرد را دارد که در این تحقیق نیز از این شبکه استفاده شده است. پرسپترون چند لایه دارای لایه ورودی، خروجی و لایه یا لایه‌های پنهان می‌باشد که خروجی لایه اول، بردار ورودی لایه دوم به حساب می‌آید. به همین ترتیب خروجی لایه دوم، بردار ورودی لایه سوم را تشکیل می‌دهد (۶). این روند ادامه می‌یابد تا اینکه یک پاسخ در لایه خروجی ایجاد شود. سپس آن پاسخ با پاسخ مطلوب مقایسه می‌گردد (این مقدار برای مسائل پیش‌بینی، مقداری پیوسته می‌باشد). وزن‌های شبکه، سپس برای تصحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح می‌شوند و الگوی کاربردی نمایان می‌شود. اصلاح وزن‌ها به طور پیوسته در این روال ادامه می‌یابد تا زمانی که کل خطاها از سطح از پیش تعیین شده کمتر شود تا بتوانیم به مدلی مطلوب برای پیش‌بینی با حداقل خطا برسیم (۱). نحوه عمل پرسپترون چند لایه بدین صورت است که الگویی به شبکه عرضه می‌شود و خروجی آن محاسبه می‌گردد. مقایسه خروجی واقعی و

Archive of SID

www.SID.ir

خروجی مطلوب، باعث می‌شود که ضریب وزنی شبکه تغییر یابد به طوری‌که در دفعات بعد خروجی درست‌تری حاصل می‌شود (۲).

طراحی روند آموزش برای شبکه‌های عصبی مصنوعی

به منظور پردازش داده‌ها، از شبکه‌ی پرسپترون چند لایه با ۵ ورودی (پروتئین خام، خاکستر، چربی، ماده خشک و فیبر خام)، یک خروجی (اسید آمینه) و تابع فعال‌سازی تانژانت هایپربولیک استفاده شد. تعداد نرون مورد استفاده در لایه پنهان برای هر اسید آمینه در جدول ۳ آورده شده است. مدل سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار شبکه‌های عصبی استاتیستیکا ۸ انجام شد (۲۱).

به منظور بررسی و ارزیابی شبکه‌های مختلف، داده‌ها به طور تصادفی به دو قسمت آموزش (۷۰درصد) و ارزیابی (۳۰درصد) تقسیم شدند. برای پیداکردن بهترین پیش‌بینی‌ها، شبکه‌های مختلفی بر داده‌های مذکور اعمال شدند. در مرحله ارزیابی، مدل‌های شبکه‌های عصبی آموزش دیده به وسیله مجموعه داده‌های ارزیابی که مستقل از داده‌های آموزش بودند، مورد آزمون قرار گرفتند (۱۰).

تخمین اسیدهای آمینه با استفاده از روش MLR

نتایج رگرسیون خطی با استفاده از تجزیه تقریبی (پروتئین خام، خاکستر، چربی، ماده خشک و فیبر خام)، به عنوان متغیرهای پیشگو و هر یک از اسیدهای آمینه به عنوان متغیر پاسخ بدست آمدند. مدل سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد (۱۷). جهت تخمین اسیدهای آمینه با استفاده از MLR، از همان ۷۰درصد داده‌های استفاده شده در آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. همچنین جهت مقایسه‌ی داده‌های ارزیابی دو مدل با یکدیگر، داده‌های ارزیابی استفاده شده در ANN نیز در مدل رگرسیونی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ارزیابی آماری مدل‌ها

برای ارزیابی و مقایسه دقت مدل‌ها می‌توان از ضریب تعیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (۱۶) و روش اریبی (۱۶) استفاده کرد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ مدل‌های رگرسیونی بدست آمده در رابطه با داده‌های آموزش برای تخمین هر اسید آمینه با استفاده از تجزیه تقریبی نشان داده شده است. بررسی این مدل‌ها نشان داد که بین تجزیه تقریبی و میزان اسید آمینه موجود در ارزن مرواریدی، یک رابطه خطی وجود دارد. گرچه گاهی این روابط به صورتی نه چندان قوی مشاهده شد.

تاکنون گزارشات متعددی مبنی بر تاثیر ترکیبات شیمیایی دانه بر میزان اسید آمینه آن گزارش شده است (۹ و۱۲). برای تخمین اسیدهای آمینه هم می‌توان از پروتئین به تنهایی به عنوان ورودی استفاده کرد (۹) و هم می‌توان تجزیه تقریبی را مورد استفاده قرار داد (۱۲). در NRC (۱۹۹۴) برای تخمین سطوح اسید آمینه ($\hat{y}$) برخی اجزای خوراک با استفاده از پروتئین خام از مدل رگرسیونی زیر استفاده شده است:

$$\hat{y} = a + bx$$

در این معادله، x، پروتئین خام نمونه‌های خوراکی، a، عرض از مبدا و b، ضریب رگرسیون می باشد. همچنین برای تخمین اسید آمینه با استفاده از تجزیه تقریبی (پروتئین خام، رطوبت، چربی، فیبر خام و خاکستر)، مدل زیر پیشنهاد شده است:

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

که در این معادله، b_i، ضریب رگرسیون می‌باشد. دقت معادلات رگرسیونی گزارش شده در NRC سال ۱۹۹۴ جهت تخمین میزان اسیدهای آمینه مواد خوراکی، متغیر و در برخی موارد پایین می‌باشد (R2 کمتر از ۰/۵).

مقادیر R^2، جذر میانگین مربعات خطا و میزان اریبی برای داده‌های آموزش و ارزیابی به منظور تخمین میزان اسیدهای آمینه با استفاده از تجزیه تقریبی برای مدل‌های MLR و ANN به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. 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 طوری‌که مدل دارای بیشترین R^2 و کمترین میزان خطا، از دقت بیشتری برخوردار است. همچنین مقادیر مثبت اریبی نشان دهنده‌ی این است که مدل ارائه شده، داده‌ها را بیشتر از مقادیر واقعی تخمین زده است و مقادیر منفی اریبی نشان دهنده‌ی این است که داده‌های تخمین زده شده توسط مدل نسبت به داده‌های واقعی کوچکتر می‌باشند. در مقایسه عملکرد بین مدل‌های رگرسیونی و شبکه‌های عصبی، بررسی R^2 و معیارهای خطا بین داده‌های ارزیابی نسبت به داده‌های آموزش حاصل از دو مدل از اهمیت بیشتری برخوردار است. زیرا مقایسه بین داده‌های ارزیابی در مدل‌های استفاده شده نشان می‌دهد که کدام یک از این مدل‌ها نسبت به تغییرات داده‌ها یا به عبارتی معرفی داده‌های جدید انعطاف پذیری بیشتری نشان می‌دهند.

ارزیابی آماری مدل MLR نشان داد که بین متغیرهای پیشگو و متغیر پاسخ در هر دو گروه آموزش و ارزیابی ارتباط خطی وجود دارد، هر چند برای برخی از اسیدهای آمینه این ارتباط ضعیف به نظر می‌رسد (لیزین، متیونین، ترئونین، تریپتوفان، سیستئین، گلایسین). بررسی و مقایسه دقت تخمین بین مدل‌های MLR و ANN برای این اسیدهای آمینه نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی مصنوعی

Archive of SID

www.SID.ir

می‌توانند ارتباطات بین ورودی و خروجی را در مورد این اسیدهای آمینه بهتر بیان نموده و قابلیت و دقت تخمین مقادیر خروجی را بهبود بخشند (جدول ۳). نتایج بدست آمده در این آزمایش موافق با نتایج گزارشات قبلی بود که نشان دادند تخمین اسیدهای آمینه کنجاله سویا، ذرت، پودر گوشت و استخوان و گندم (۸،۷ و ۱۵)، با استفاده از ANN دارای دقت بالاتری نسبت به MLR می‌باشند. راش و کراونر (۱۵)، قدرت تخمین مدل‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی را جهت تخمین سطح اسیدهای آمینه گندم، کنجاله سویا، پودر گوشت و استخوان و پودر ماهی بر اساس پروتئین خام و یا تجزیه تقریبی (به عنوان متغیرهای پیشگو) مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی می‌توانند به عنوان یک روش جایگزین نسبت به مدل‌های رگرسیونی جهت تخمین مواد مغذی اقلام خوراکی به کار روند. قابلیت مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی جهت تخمین میزان اسیدهای آمینه مواد خوراکی توسط کراونر و راش (۸)، نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایش این محققین نیز نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند جهت برآورد دقیق‌تر میزان اسیدهای آمینه اقلام خوراکی استفاده شوند.

احمدی و همکاران (۴)، نشان دادند که ANN نسبت به مدل-های MLR می‌تواند TME_n پودر پر و ضایعات کشتارگاهی طیور را براساس ترکیبات شیمیایی، با دقت بیشتری پیش‌بینی کند. همچنین پیرای و همکاران (۱۳)، صحت عملکرد مدل‌های ANN نسبت به MLR را جهت تخمین مقادیر TME_n پودرگوشت و استخوان گزارش کردند. صدقی و همکارن (۱۸)، از مدل‌های MLR و ANN جهت تخمین میزان TME_n دانه سورگوم با استفاده از ترکیبات شیمیایی (ترکیبات فنلی، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام و خاکستر) استفاده کردند. نتایج این محققین نیز نشان داد که TME_n سورگوم توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی با صحت و دقت بیشتری نسبت به مدل‌های رگرسیونی قابل تخمین می‌باشد.

با توجه به نتایج حاصل، می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که میزان اسیدهای آمینه دانه‌ی ارزن مرواریدی می‌تواند با استفاده از ترکیبات شیمیایی آن تخمین زده شود. بعلاوه نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مدل ANN در مقایسه با MLR جهت برآورد میزان هر یک از اسیدهای آمینه ارزن مرواریدی بر اساس ترکیبات شیمیایی (ماده خشک، پروتئین خام، چربی، خاکستر و فیبر خام) دارای قدرت تخمین بیشتری می‌باشد.

جدول ۱- مدل‌های رگرسیونی بدست آمده با داده‌های آموزش، برای تخمین هر اسید آمینه با استفاده از آنالیز تقریبی[1]

آرژنین = −۲۴/۴ +۰/۲۵۸DM+ ۰/۴۵۲Ash-۰/۲۱۱CF+ ۰/۳۹۶fat+۰/۴۴۷CP
لیزین = −۴۶/۳ +۰/۵۵۶DM+ ۰/۳۰۷Ash-۰/۰۴۲CF+ ۰/۳۲fat-۰/۶۹CP
هیستیدین = −۱/۷۲۳ +۰/۰۲DM+ ۰/۰۱۵Ash-۰/۰۱۸CF+ ۰/۰۱۲fat/۰۱۶+۰CP
ایزولوسین = −۱/۴۱۷ +۰/۰۱۷DM+ ۰/۰۰۲Ash-۰/۰۴۵CF+ ۰/۰۰۷fat+۰/۰۳۵CP
لوسین = −۳/۶۹۸ +۰/۰۴۵DM− ۰/۰۱۲Ash-۰/۱CF+ ۰/۰۰۸fat+۰/۰۸۲CP
والین = −۳/۹ +۰/۰۴۶DM+ ۰/۰۱۶Ash-۰/۰۴۹CF+ ۰/۰۰۱fat+۰/۰۴CP
متیونین = −۱/۵۹۸ +۰/۰۴DM+ ۰/۰۰۶Ash-۰/۰۷CF+ ۰/۳۵fat+۰/۲۵CP
ترئونین = −۴/۳۰۴ +۰/۰۴۲DM+ ۰/۰۰۶Ash-۰/۰۷۱CF+ ۰/۳۵fat+۰/۲۵۵CP
تریپتوفان = −۰/۹۲۴ +۰/۰۱۱DM+ ۰/۰۳۳Ash-۰/۰۲۱CF− ۰/۰۰۹fat+۰/۰۱۵CP
فنیل‌آلانین = −۱/۷۳۴ +۰/۰۲DM+ ۰/۰۰۳Ash-۰/۰۵۹CF+ ۰/۰۱fat+۰/۰۴۷CP
سیستئین = −۰/۲۸۹ −۰/۰۰۳DM− ۰/۰۰۴Ash+ ۰/۰۲۶CF+ ۰/۰۰۷fat+۰/۰۱۶CP
گلیسین = ۰/۰۴ −۲/۵DM− ۰/۰۱Ash-۰/۰۳۶CF+ ۰/۳۵fat+۰/۲۲CP
سرین = −۳/۳۷۲ +۰/۰۴DM− ۰/۰۱۲Ash-۰/۰۲۵CF+ ۰/۰۱۱fat+۰/۰۳۷CP
گلوتامین = −۲۳/۳۶ +۰/۲۸۳DM+ ۰/۰۱Ash-۰/۰۴۲CF- ۰/۱۵۵fat+۰/۰۷۸CP
آلانین = −۶/۸۸ +۰/۰۸۴DM− ۰/۰۱۲Ash-۰/۰۳۶CF+ ۰/۰۳fat+۰/۴۵۷CP
آسپارتات = −۱۰۷ +۱/۲۵۳DM+ ۰/۴۰۸Ash+۰/۹۶۳CF− ۰/۲۸۴fat+۰/۱۸۴CP
پرولین = −۳/۸۳۲ +۰/۰۴۶DM− ۰/۰۰۱Ash-۰/۰۵CF+ ۰/۰۰۹fat+۰/۰۴۹CP
تیروزین = −۰/۱۸۷ +۰/۰۰۳DM+ ۰/۰۰۲Ash-۰/۰۳۶CF+ ۰/۰۱۱fat+۰/۰۲۳CP

۱- مقادیر ترکیبات شیمیایی و اسیدهای آمینه بر اساس درصد ماده خشک بیان شده اند.

DM = ماده خشک، Ash = خاکستر، CF = فیبر خام، Fat = چربی و CP = پروتئین خام

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج حاصل از عملکرد رگرسیون برای تخمین مقادیر اسیدهای آمینه دانه ارزن مرواریدی بر اساس ترکیبات شیمیایی

	R^2		RMSE		بایاس	
اسید آمینه	مجموعه آموزش	مجموعه ارزیابی	مجموعه آموزش	مجموعه ارزیابی	مجموعه آموزش	مجموعه ارزیابی
آرژنین	۰/۷۰	۰/۷۳	۰/۸۵۷۸	۰/۷۳۹۳	۰/۰۰۰	-۰/۰۳۶
لیزین	۰/۵۴	۰/۱۵	۰/۲۷۴۴	۰/۴۸۱۶	۰/۰۰۰	۰/۲۲۶
هیستیدین	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۰۲۴۸	۰/۰۲۸۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷
ایزولوسین	۰/۸۰	۰/۸۸	۰/۰۴۷۷	۰/۲۹۷۸	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۶
لوسین	۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۱۰۴۹	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۴
والین	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۰۵۴۷	۰/۰۴۵۶	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۵
متیونین	۰/۵۱	۰/۳۱	۰/۰۴۴۴	۰/۰۶۸۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳
ترئونین	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۴۹۵۴	۰/۰۴۵۵	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۶
تریپتوفان	۰/۵۹	۰/۸۰	۰/۰۳۰۵	۰/۰۲۱۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
فنیل‌آلانین	۰/۷۸	۰/۸۶	۰/۰۶۸۴	۰/۰۳۶۵	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۹
سیستئین	۰/۴۶	۰/۵۶	۰/۰۳۵۶	۰/۳۰۲۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۸
گلایسین	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۰۴۷۶	۰/۰۳۵۵	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱
سرین	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۰۴۰۱	۰/۰۴۸۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸
گلوتامین	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۱۲۰۹	۰/۲۳۵۱	۰/۰۰۰	۰/۱۴۴
آلانین	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۰۵۷۷	۰/۰۵۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۳۷
آسپارتات	۰/۵۷	۰/۷۷	۰/۷۷۷۸	۰/۹۱۴۰	۰/۰۰۰	۰/۹۰۵
پرولین	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۰۵۳۹	۰/۰۳۳۳	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۴
تیروزین	۰/۷۰	۰/۸۷	۰/۰۳۷۷	۰/۰۲۹۶	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۸

جدول ۳- نتایج حاصل از عملکرد مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تخمین مقادیر اسید های آمینه ارزن مرواریدی بر اساس ترکیبات شیمیایی

		R^2		RMSE		بایاس	
اسید آمینه	تعداد نرون	مجموعه آموزش	مجموعه ارزیابی	مجموعه آموزش	مجموعه ارزیابی	مجموعه آموزش	مجموعه ارزیابی
آرژنین	۴	۰/۸۱۷	۰/۸۴۱	۰/۰۶۰۹	۰/۰۵۶۷	۰/۰۰۳	-۰/۰۲۷
لیزین	۴	۰/۸۵۵	۰/۸۲۴	۰/۰۱۴۰	۰/۰۲۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰
هیستیدین	۴	۰/۹۶۳	۰/۹۰۵	۰/۰۰۸۷	۰/۰۲۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷
ایزولوسین	۴	۰/۹۰۷	۰/۹۴۱	۰/۰۳۰۰	۰/۰۲۱۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۴
لوسین	۴	۰/۹۳۰	۰/۹۵۳	۰/۰۵۹۵۱	۰/۰۴۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵
والین	۴	۰/۸۳۸	۰/۸۳۸	۰/۰۴۷۲	۰/۳۹۴۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۱۰
متیونین	۴	۰/۷۹۷	۰/۸۲۶	۰/۰۲۶۱	۰/۳۵۳۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
ترئونین	۴	۰/۸۸۵	۰/۸۸۶	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۴۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸
تریپتوفان	۵	۰/۷۹۸	۰/۸۲۵	۰/۰۱۹۵	۰/۰۲۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶
فنیل آلانین	۵	۰/۹۳۰	۰/۹۱۴	۰/۰۳۵۳	۰/۰۲۹۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۹
سیستئین	۶	۰/۹۲۰	۰/۸۰۰	۰/۰۱۲۵	۰/۰۲۵۵	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۹
گلایسین	۴	۰/۷۴۳	۰/۸۲۸	۰/۰۳۸۱	۰/۰۸۸۴	۰/۰۰۰	۰/۰۱۲
سرین	۴	۰/۹۵۶	۰/۹۱۵	۰/۰۲۰۲	۰/۰۳۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲
گلوتامین	۵	۰/۹۰۲	۰/۸۶۸	۰/۰۷۸۲	۰/۲۱۶۷	۰/۰۰۵	۰/۱۵۴
آلانین	۴	۰/۸۴۵	۰/۸۶۹	۰/۰۴۹۱	۰/۰۷۲۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۲
آسپارتات	۴	۰/۸۰۲	۰/۸۲۴	۰/۰۴۱۲	۰/۱۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۸۰
پرولین	۴	۰/۸۷۳	۰/۹۲۳	۰/۰۴۶۴	۰/۰۳۳۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۶
تیروزین	۴	۰/۹۴۵	۰/۹۵۷	۰/۰۱۴۸	۰/۰۱۹۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- جورابیان، م. و ط. زارع. ۱۳۸۴. شبکه‌های عصبی مصنوعی. اهواز. مرکز نشر دانشگاه شهید چمران.

۲- رحیمی، ا. و م. صدر موسوی. ۱۳۸۸. مقایسه نتایج شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه با رگرسیون چندگانه در پیش‌بینی غلظت ازن در شهر تبریز. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۱: ۷۲-۶۵.

۳- منهاج، م. ب. ۱۳۷۷. هوش محاسباتی، مبانی شبکه‌های عصبی. تهران. مرکز نشر پرفسور حسابی.

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

5- Balan, B., S. Mohaghegh, and S. Ameri. 1995. State- of- Art- in permeability determination from well log data: Part 1- A comparative study, Model development. SPE. 30978:17-25.

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

7- Cravener, T. L., and W. B. Roush. 1999. Improving neural network prediction of amino acid levels in feed ingredients. Poult. Sci. 78:983–991.

8- Cravener, T. L., and W. B. Roush. 2001. Prediction of amino acid profile in feed ingredients: Genetic algorithm calibration of artificial neural networks. Anim. Feed Sci. and Tech. 90:131-141.

9- Degussa Corporation. 1990. The Amino Acid Composition of Feedstuffs, Degussa Corp., Allendale, NJ.

10- Demuth, H., and M. Beale. 2003. Neural Network Toolbox for Matlab- Users Guide Version 4.1. The Mathworks Inc. Natrick. USA.

11- Hoseney, R. C., D. J. Andrews, and H. Clark. 1987. Sorghum and pearl millet. In "Nutritional Quality of Cereal Grains: Genetic and gronomic mprovement. Agron. Monogr. 28:397-456.

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

13- Perai A. H., H. Nassiri Moghaddam, S. Asadpour, J. Bahrampour, and Gh. Mansoori. 2010. A comparison of artificial neural networks with other statistical approaches for the prediction of true metabolizable energy of meat and bone meal. Poult. Sci. 89:1562–1568.

14- Rooney, L. W., and C. M. McDonough. 1987. Food quality and consumer acceptance in pearl millet. Proceedings, In ternational Pearl Millet Workshop. edited by Witcombe R. S., and J. R. Beckerman, pp.43-61. ICRISAT, Patancheru, India.

15- Roush, W. B., and T. Cravener. 1997. Artificial neural network prediction of amino acid levels in feed ingredients. Poult. Sci. 76:721–727.

16- Roush, W. B., W. A. Dozier III, and S. L. Branton. 2006. Comparision of Gompertz and neural networks models of broiler growth. Poult. Sci. 85:794–797.

17- SAS Institute. 2003. SAS/STAT software version 9. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

18- Sedghi, M., M. R. Ebadi, A. Golian, and H. Ahmadi. 2011. Estimation and modeling true metabolisable energy of sorghum grain for poultry. Poult. Sci. 90:1138–1143.

19- Singh, D. N., R. Perez-Maldonado, P. F. Mannion, and D. Robinson. 2000. Pearl millet (*Pennistum americanum*) an alternative feed grain for layers. Proceedings 2000 Australian Poultry Science Symposium pp. 133-136.

20- Singh, D. 2004. Evaluation of new millet varieities as a poultry feed ingredient. Rural Industries res. dev. Corp. Australia, ISBN 1 74151 082 1.

21- StatSoft. 2009. Statistica. Data Analysis Software System. Version 8.0. StatSoft Inc., Tulsa, OK.

22- Sullivan, T. W., J. H. Douglas, D. J. Andrews, P. L, Bond, J. D. Hancock, P. J. Bramel-Cox, W. D. Stegmeier, and J. R. Brethour. 1990. Nutritional value of pearl millet for food and feed. Proceedings International Conference in Sorghum Nutritional Quality. pp. 83-94. Purdue University, Lafayette, Indiana.USA.

23- Xiccato, G., Trocino, A., De Boever, J. L., Maertens, L., Carabano, R., Pascual, J.J., et al. 2003. Prediction of chemical composition, nutritive value and ingredient composition of European compound feeds for rabbits by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). Anim. Feed Sci. Tech. 104:153–168.

Archive of SID

www.SID.ir