

ارائه مدلی برای انرژی ستانده در دامداری‌ها با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی (مطالعه موردی: واحدهای پرورش گاو شیری و گوساله)

رسول لقمانپور زرینی*، حسن نبی‌پور افروزی، روح‌اله عابدی فیروزجایی

دانشکده کشاورزی پسران ساری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران (rloghmanpour@yahoo.com)

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی دو سامانه هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و سامانه استنتاج عصبی-فازی تطبیقی چند لایه، برای مدل‌سازی انرژی خروجی در واحدهای پرورش گاو شیری است. با استفاده از معادل انرژی نهاده‌ها، میانگین انرژی ورودی و خروجی در واحدهای پرورش گوساله به ترتیب ۱۱۵۲۳/۳۵ و ۳۴۴۹/۸۵ مگاژول برای هر راس گوساله و برای واحدهای پرورش گاو شیری به ترتیب ۵۶۵۶۳/۴۶ و ۵۸۲۷۷/۰۳ مگاژول برای هر راس گاو محاسبه شد و با استفاده از آن‌ها مدل‌سازی میزان انرژی خروجی به ازای انرژی ورودی با استفاده از دو روش فوق انجام گرفت. نتایج نشان داد مدل سامانه استنتاج عصبی-فازی تطبیقی چند لایه با ضریب تشخیص ۰/۹۸۹۹ برای واحدهای پرورش گوساله و ۰/۹۹۳۳ برای واحدهای پرورش گاو شیری نسبت به مدل ساخته شده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تشخیص ۰/۸۱۱۸ و ساختار (۱-۱۶-۶) برای واحدهای پرورش گوساله و ضریب تشخیص ۰/۹۸۳۷ و ساختار (۱-۱۲-۵) دارای عملکرد و دقت بهتری می‌باشد.

واژگان کلیدی: انرژی، هوش مصنوعی، فازی، دامداری، مدل‌سازی

۱- مقدمه

اهمیت مصرف پروتئین حیوانی به دلیل وجود درصد قابل توجهی از اسیدهای آمینه ضروری و مورد نیاز انسان است که نقش مهمی در شکل‌گیری ساختمان بافت‌ها و ترمیم آن‌ها دارد. با توجه به این مهم و همچنین افزایش گسترده شهرنشینی، تقاضای جهانی برای مصرف شیر و گوشت بالا رفته و این روند در دهه‌های پیش‌رو افزایش بیش‌تری هم خواهد داشت. با توجه به میزان بالای تقاضا و عدم جوابگویی سیستم سنتی دامپروری، واحدهای سنتی به واحدهای صنعتی تبدیل شده‌اند. جهت افزایش میزان عملکرد در این واحدها نیاز به استفاده از تجهیزات صنعتی است، طبیعی است که استفاده از تجهیزات، باعث مصرف بیش‌تر انرژی سوخت‌های فسیلی و الکتریسته خواهد شد اما به دلیل بالا بودن قیمت انرژی از یک سو و روبه پایان بودن منابع انرژی از سوی دیگر، لزوم توجه به انرژی مصرفی در تولید ضروری است. بنابراین استفاده موثر و کارآمد انرژی در واحدهای دامپروری بایستی مورد توجه قرار گیرد. با آگاهی از میزان تاثیر هر نهاده بر عملکرد می‌توان تا حد امکان از مصرف غیر ضروری نهاده‌ها خودداری نمود. بنابراین علاوه بر استفاده بهینه و کارآمد از منابع انرژی، یافتن بهترین و کارآمدترین مدل برای پیش‌بینی انرژی خروجی نیز بایستی مورد توجه و بررسی قرار گیرد زیرا مدل اطلاعات مفیدی از تاثیر هر یک از نهاده‌ها بر عملکرد محصول در اختیار قرار خواهد داد.

هرچند مدل‌سازی با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیونی در گذشته نه چندان دور بسیار مورد توجه محققان بوده است اما امروزه استفاده از روش‌های هوش مصنوعی، برای حل مسائل پیچیده و به عنوان جایگزین روش‌های سنتی، مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. به دلیل کاربرد ساده‌تر این روش‌ها و انعطاف‌پذیری بیش‌تر آن‌ها در مقایسه با روش‌های قدیمی و کاربرد گسترده آن‌ها در علوم مختلف امروزه مدل‌سازی با این روش‌ها در تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است.

برای انجام مدل‌سازی انرژی در مرحله اول نیاز به بررسی میزان انرژی ورودی و خروجی می‌باشد، در این رابطه تحقیقات گوناگونی در واحدهای دامپروری صورت گرفته است از جمله در مطالعه‌ای در کشور اتریش، در خصوص بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری، الکتریسیته و سوخت به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی مستقیم در کلیه مراحل تولید، از تولید علوفه تا تولید شیر در اندازه‌های مختلف گله شناخته و مورد بررسی قرار گرفته است (میوتزی و همکاران، ۲۰۱۰). در بررسی دیگری در خصوص انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری در کانادا، میزان الکتریسیته مصرفی بسیار بیش‌تر از سایر نهاده‌های انرژی ورودی گزارش شده است (باساری، ۲۰۰۳). بررسی واحدهای پرورش گاو شیری در استان فلاندری کشور بلژیک در بازه‌های زمانی متفاوت، نشان داده است که مصرف انرژی مستقیم (گازوئیل، انواع روغن‌ها و الکتریسیته) در مقابل انرژی غیر مستقیم (ماشین‌ها و تجهیزات، خوراک دام و نهاده‌های لازم جهت تولید علوفه) بسیار قابل توجه می‌باشد چنانچه گازوئیل مصرفی بیش‌ترین سهم را در انرژی ورودی داشته است (میول و همکاران، ۲۰۰۷). بررسی‌ها در ایران نیز نشان داده است که از بین انرژی‌های ورودی، انرژی خوراک مصرفی با میانگین ۴۱۵۴۹ مگاژول برای هر راس دام بیش‌ترین میزان انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲).

در رابطه با مدل‌سازی تولید و مصرف انرژی در دامداری‌ها، بررسی‌هایی صورت گرفته که از جمله این بررسی‌ها می‌توان به استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی عملکرد شیر در واحدهای پرورش گاو شیری کانادا اشاره نمود (گرزیسیک و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین محققان در تحقیقی با استفاده از مدل انفیس و همچنین رگرسیون خطی انرژی مصرفی سوخت فسیلی و الکتریسیته مصرفی دامداری‌ها را مدل‌سازی نموده و به این نتیجه رسیدند که روش انفیس با ضریب تشخیص ۰/۷ و بالاتر نسبت به ضریب تشخیص روش رگرسیون خطی، به عنوان مدلی سودمند برای تعیین مصرف انرژی و همچنین برای مدیریت مصرف انرژی می‌تواند استفاده گردد (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به افزایش مصرف انرژی در واحدهای دامپروری صنعتی، در این تحقیق به تعیین و آنالیز انرژی دامپروری‌های شیری و گوشتی و همچنین مدل‌سازی چرخه تولید و مصرف انرژی در دامپروری‌های صنعتی و نیمه صنعتی پرورش گاو شیری و گوساله پروری استان مازندران پرداخته شده است.

۲- مواد و روش

استان مازندران در شمال کشور و با آب و هوای معتدل دارای منابع طبیعی وسیعی برای کشاورزی و دامداری می‌باشد. طبق اعلام رسمی در سال ۲۰۱۴ میلادی ظرفیت دامداری‌های پرواری با دوره‌های مختلف زمانی پرواربندی این استان ۱۵۳۱۴ راس دام و ظرفیت دامداری‌های شیری ۸۸۴۴ راس برآورد شده است که نقش قابل توجهی را در تولید شیر و گوشت قرمز در منطقه دارا بوده‌اند (بی‌نام، ۱۳۹۲). طبق اعلام رسمی در سال ۱۳۹۲ ظرفیت دامداری‌های پرواری با دوره‌های مختلف زمانی پرواربندی استان مورد مطالعه ۱۵۳۱۴ راس دام و ظرفیت دامداری‌های شیری ۸۸۴۴ راس برآورد شده است که نقش قابل توجهی را در تولید شیر و گوشت قرمز در منطقه دارا بوده‌اند (بی‌نام، ۱۳۹۲). داده‌های مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از مصاحبه مستقیم با دامپروران به دست آمد. حجم نمونه برای به دست آوردن اطلاعات با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی (فرمول ۱) محاسبه و تعیین گردید (کوکران، ۱۹۹۷).

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad (1)$$

که در آن 'N' حجم جامعه آماری، 'n' حجم نمونه، 't' ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می‌آید، 'S2' برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، 'd' دقت احتمالی مطلوب است (نبوی پله سرایی و همکاران، ۲۰۱۴). محاسبه حجم نمونه در سطح ۰/۰۵ و با خطای ۵٪ صورت گرفته است.

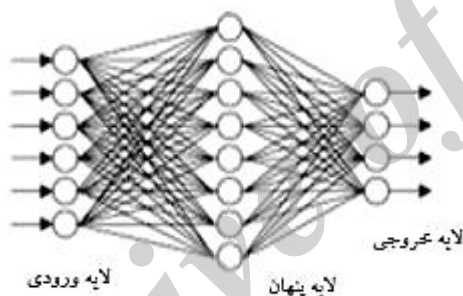
طبق آمار اعلام شده تعداد واحدهای پرواربندی، ۱۱۰ واحد گزارش شده است (بی‌نام، ۱۳۹۲) که با توجه به نمونه‌گیری تصادفی، اطلاعات ۵۰ واحد مورد بررسی قرار گرفت. ولی به دلیل تفاوت‌های زیاد در روش و مدت دوره پرواربندی، ۳۰ واحد از دامداری‌هایی که از نظر طول دوره پروار و روش‌های نگهداری شباهت بیش‌تری با یکدیگر داشتند انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. واحدهای انتخاب شده مربوط به پرورش گوساله پرواری با دوره پرواری ۶ ماهه بودند. همچنین از ۱۱۱ واحد پرورش گاو شیری (بی‌نام، ۱۳۹۲)، ۵ واحد انتخاب گردید که اطلاعات ۴۷ واحد مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت (اطلاعات ۳ واحد ناقص بوده و حذف گردید). برای تبدیل نهاده‌های ورودی و حامل‌های انرژی مورد استفاده

در واحدهای پروار بندی گوساله به انرژی معادل مصرفی از ضرایب معادل تبدیل انرژی استفاده شده است که مقدار این ضرایب در جدول شماره ۱ آورده شده است. برای برآورد انرژی ماشین‌ها و تجهیزات از فرمول ۲ استفاده شده است (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲)

$$ME = \frac{G \times M_p \times t}{T} \quad (2)$$

که در آن 'ME' انرژی معادل ماشین‌ها و تجهیزات، 'MP' معادل انرژی فرایند تولید ماشین‌ها، 't' ساعت کار ماشین در هر دوره، 'G' وزن ماشین و 'T' ساعت عمر مفید ماشین است.

در این تحقیق از بین روش‌های نوین مدل‌سازی، روش شبکه عصبی مصنوعی و روش سیستم استنتاج فازی- تطبیقی، جهت مدل‌سازی انرژی خروجی به ازای مصرف انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری و گوساله انتخاب شده‌اند. شبکه‌های عصبی مصنوعی در حقیقت مدل‌های محاسباتی هستند که با دریافت مثال‌هایی آموزش دیده و پس از یادگیری می‌تواند پارامترهای خروجی را متناسب با پارامترهای ورودی پیش بینی نماید. در این مطالعه از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه بر پایه الگوریتم پس انتشار که از چندین لایه از عناصر پردازنده ساده به نام نرون تشکیل یافته شده و شامل یک لایه از سلول‌های عصبی ورودی، یک لایه از سلول‌های عصبی خروجی و یک یا چند لایه پنهان است، استفاده شده است. نحوه و شکل اتصال نرون‌ها در لایه‌های مختلف باعث ایجاد ساختارهای مختلفی در شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌شود. در این شبکه‌ها سیگنال ورودی در خلال شبکه و در مسیری رو به جلو به صورت لایه به لایه منتشر می‌شود. در شکل ۱ ساختار پرسپترون چند لایه نشان داده شده است.



شکل ۱- ساختار یک شبکه پرسپترون با یک لایه پنهان

برای ایجاد شبکه عصبی مصنوعی در واحدهای پرورش گوساله، سوخت، ماشین‌ها، نیروی کارگری، گوساله لاغر، الکتریسته و خوراک به عنوان پارامترهای ورودی و گوساله پروار شده پارامتر خروجی در نظر گرفته شده است و در واحدهای پرورش گاو شیری، پارامترهای ورودی شامل سوخت، ماشین‌ها، نیروی کارگری، الکتریسته و خوراک و پارامتر خروجی شیر تولیدی است. برای آموزش شبکه، اطلاعات به صورت تصادفی به 3 قسمت که ۸۰ درصد داده‌ها را به آموزش، ۱۵ درصد به آزمون و ۵ درصد برای اعتبار سنجی اختصاص داده بود، تقسیم شدند. تعداد نرون‌های لایه پنهان از ۱ تا ۲۰ و تعداد لایه‌های پنهان از ۱ تا ۲ لایه تغییر داشته و برای هر یک چندین تکرار در نظر گرفته شده است. علاوه بر مدل‌سازی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌سازی با استفاده از سیستم استنتاجی فازی- تطبیقی (انفیس) نیز انجام شد. مزیت استفاده از مدل انفیس حل مسائل بیش از حد پیچیده بدون هیچ راه حل الگوریتمی و یا مسائلی با اطلاعات ورودی ناقص و یا نامشخص است (هوسوز و همکاران، ۲۰۱۳). محدودیت اصلی مدل‌سازی با انفیس نسبت به مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی، محدودیت در تعداد ورودی‌هاست. اگر تعداد ورودی‌ها از ۵ متغیر، بیش‌تر شود، زمان محاسبه و تعداد قوانین افزایش یافته در نتیجه انفیس قادر به مدل‌سازی نخواهد بود. برای حل این مشکل از روش خوشه بندی استفاده شد. بدین ترتیب که ورودی‌ها با یکدیگر ترکیب شده و به دو گروه انرژی تجدیدپذیر (نیروی کارگری، خوراک و گوساله) و تجدیدناپذیر (الکتریسته، سوخت و ماشین‌ها و ادوات) تقسیم و ساختار انفیس براساس آن تشکیل شد.

جدول ۱- محتوی انرژی نهاده های ورودی و خروجی در واحدهای پرورش گاو شیری و گوشتی

منبع	محتوی انرژی MJ/Unit	نهاده ها و استانداردها
(کیتانی، ۱۹۹۹)	۹-۱۰	تراکتور (kg a*)
(کیتانی، ۱۹۹۹)	۶-۸	تجهیزات و ماشین های دامپروری (kg a)
(کیتانی، ۱۹۹۹)	۴۷/۸	گازوئیل (l)
(کیتانی، ۱۹۹۹)	۴۶/۳	بنزین (l)
(کیتانی، ۱۹۹۹)	۳۶/۷	نفت (l)
(کیتانی، ۱۹۹۹)	۴۹/۵	گاز طبیعی (m3)
(ازکان و همکاران، ۲۰۰۴)	۱۱/۹۳	الکتریسته (Kwh)
(کیتانی، ۱۹۹۹)	۱/۹۶	نیروی کارگری (h)
(فروریپ و همکاران، ۲۰۱۲)	۶/۵	گوساله (kg)
(میول و همکاران، ۲۰۰۷)	۶/۳	کنسانتره (kg)
(ویلز، ۲۰۰۱)	۲/۲	سیلوی ذرت (kg)
(ساینز، ۲۰۰۳)	۱/۵	یونجه (kg)
(فروریپ و همکاران، ۲۰۱۲)	۳/۸۱	جو (kg)
(فروریپ و همکاران، ۲۰۱۲)	۲/۷۷	کاه (kg)
(کولی، ۱۹۹۸)	۷/۱۴	شیر (kg)
(سینگ و میتال، ۱۹۹۲)	۹/۲۲	گوساله پروار شده (kg)
(سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۲)	۰/۳	کود گاوی (kg)

a* = عمر اقتصادی ماشین

در این تحقیق مدل سازی با شبکه عصبی مصنوعی و همچنین انجیس با استفاده از نرم افزار متلب صورت گرفته است. همچنین برای انتخاب مدل ایده آل از شاخص های آماری مختلف از قبیل RMSE (ریشه دوم MSE) و R2 استفاده شده است. روابط مربوط به این شاخصه های آماری در زیر ارائه شده است (صفا و سمرسینگ، ۲۰۱۱).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)}{n} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{ave})(P_i - P_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{ave}) \sum_{i=1}^n (P_i - P_{ave})}} \quad (4)$$

که در این روابط: 'O_i' داده اندازه گیری شده، 'P_i' داده پیش بینی شده، 'O_{ave}' میانگین داده های اندازه گیری شده، 'P_{ave}' میانگین داده های پیش بینی شده و 'n' تعداد داده ها است.

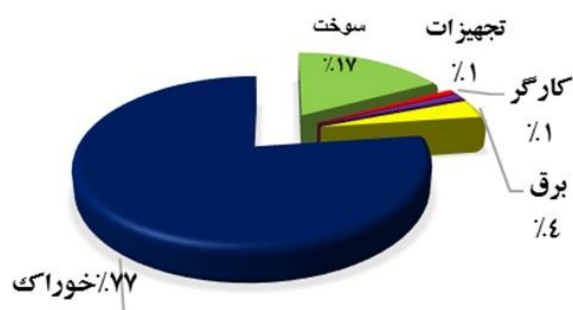
۳- نتایج و بحث

به منظور تجزیه و تحلیل انرژی ورودی و خروجی و همچنین مدل‌سازی چرخه انرژی در واحدهای پرواربندی گوساله و واحدهای پرورش گاو شیری میزان انرژی ورودی و خروجی برای هر راس دام محاسبه گردید که نتایج حاصل از این محاسبه در جدول ۲ آورده شده است. میزان انرژی ورودی برای پرورش و تولید گوساله به ازای هر راس گوساله ۱۱۵۲۳/۳۵ مگاژول برآورد شد، که خوراک مصرفی دام با میانگین انرژی ۵۴۷۱/۴۵ مگاژول برای هر راس گوساله و ۴۸ درصد از کل انرژی مصرفی، بیش‌ترین میزان انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. میزان انرژی خروجی نیز ۳۴۴۹/۸۵ مگاژول به ازای هر راس دام محاسبه شد، که مربوط به گوشت و کود تولیدی دام در یک دوره پروار بندی ۶ ماهه است. با توجه به تحلیل نتایج، برای تولید هر کیلو گوشت گوساله، نیاز به مصرف ۳۲/۸۸ مگاژول انرژی می‌باشد این نسبت برای واحدهای تولیدکننده گوشت مرغ ۷۱/۹۵ مگاژول بر هر کیلو گرم گوشت مرغ به دست آمده است (حیدری و همکاران، ۲۰۱۱) که نشان از بهره‌وری بیش‌تر انرژی در واحدهای تولید گوشت گوساله نسبت به گوشت مرغ است.

در دامداری‌های شیری نیز میزان انرژی ورودی برای پرورش گاو و تولید شیر به ازای هر راس دام ۵۶۵۶۳/۴۶ مگاژول، برآورد شد که خوراک مصرفی دام با میانگین انرژی ۴۳۶۱۱/۹۷ مگاژول برای هر راس دام و ۷۷ درصد از کل انرژی مصرفی، بیش‌ترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. میزان انرژی خروجی نیز ۵۸۲۷۷/۰۳ مگاژول به ازای هر راس دام محاسبه شده است که مربوط به شیر، گوشت و کود تولیدی دام در یک دوره شیردهی است. در تحقیقی مشابه، در دامداری‌های شیری استان تهران میزان انرژی ورودی به ازای هر راس گاو ۵۳۱۰۲ مگاژول بوده و میزان انرژی خروجی نیز ۵۸۲۱۵ مگاژول برای هر راس گاو محاسبه شده است (سفیدپری و همکاران، ۲۰۱۴). این مقادیر برای دامداری‌های شیری استان گیلان به ترتیب ۵۲۵۹۱ و ۲۴۸۴۹ مگاژول برای هر راس محاسبه شده است (سلطانعلی و همکاران، ۱۳۹۳) که نشان دهنده مصرف بیش‌تر انرژی ورودی در گاو‌داری‌های منطقه مورد مطالعه است. در نمودار ۱ و ۲ درصد نهاده‌های مصرفی در تولید شیر و گوشت گوساله آورده شده است.



نمودار ۱- درصد هریک از انرژی‌های ورودی واحدهای پرورش گوساله



نمودار ۲- درصد هریک از انرژی‌های ورودی واحدهای پرورش گاو شیری

برای پیدا کردن بهترین مدل، چندین شبکه با تکرار و تغییر و با استفاده از آزمون و خطا مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات شامل تغییر در تعداد لایه پنهان، تعداد نرون‌ها، پارامترهای یادگیری و معماری شبکه بوده و نهایتاً برای میزان انرژی خروجی واحدهای پرورش گوساله شبکه عصبی مصنوعی با یک لایه ورودی با ۶ نرون، یک لایه پنهان با ۱۶ نرون و یک لایه خروجی با یک نرون (۱-۱۶-۶) به عنوان مناسب‌ترین شبکه انتخاب گردید. نتایج نشان داد، ساختار با یک لایه مخفی و تعداد کم‌تر نرون نتایج بهتری را نشان می‌دهد و می‌توان ادعا نمود لایه مخفی و تعداد نرون کم‌تر، مشکلات کم‌تری در پیش‌برازش و در مرحله سعی و خطا ایجاد می‌کند. مناسب‌ترین شبکه عصبی ساخته شده برای واحدهای پرورش گاو شیری نیز دارای ساختار (۱-۱۲-۵) بود. میزان حساسیت مدل نسبت به متغیرهای ورودی آن، با استفاده از روش استات سافت انجام گرفت. در این روش مقادیر ضریب حساسیت متغیرهای ورودی از تقسیم نمودن خطای کل شبکه در غیاب یک متغیر بر خطای کل شبکه در حضور تمامی متغیرهای ورودی، به دست می‌آید (استات سافت، ۲۰۰۴) طبق نتایج به دست آمده در واحدهای پروراری، خوراک و در واحدهای شیری، الکتریسته ضریب حساسیت بیش‌تری را به خود اختصاص دادند.

Archive of SID

جدول ۲- میزان انرژی ورودی و خروجی در واحدهای پرورش گاوشیری و گوساله پرواری

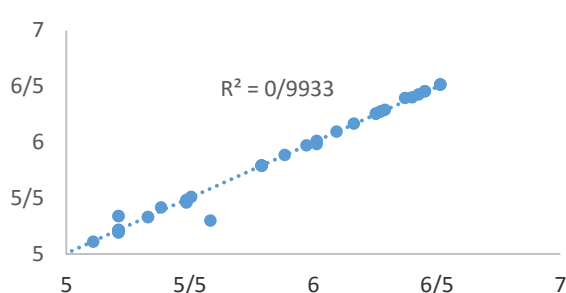
انحراف معیار	میزان انرژی (MJ.cow-1)	انحراف معیار	میانگین انرژی (MJ.steer-1)	نهاده ها و ستانده ها
۲۶۳/۴۷	۶۵۰/۰۲	۲۳۸/۰۴	۴۷۰/۹۰	تراکتور، تجهیزات و ماشین‌های دامپروری
۳۹۸۴/۸۱	۹۶۵۷/۹۴	۱۲۳۹/۵۴	۳۸۲۳/۲۴	سوخت‌های فسیلی
۶۹۹/۶۱	۲۰۹۶/۳۳	۲۲۹/۴۸	۷۰۶/۹۷	الکتریسته
۱۵۲/۴۹	۴۸۹/۵۳	۴۰/۹۶	۱۳۱/۵۷	نیروی کارگری
-	-	۱۶۵/۰۹	۹۱۹/۲۰	گوساله
۵۰۸۷/۴۷	۴۳۶۱۱/۹۷	۲۴۲۴/۳۹	۵۴۷۱/۴۵	خوراک
۳۹۰۷/۲۲	۲۶۴۹۶/۹	۱۹۱۶/۱۶	۲۴۸۸/۵۴	کنسانتره
۱۶۸۵/۵۸	۱۳۶۲۴/۰۰	۸۷۸/۹۹	۱۰۳۶/۳۳	سیلوی ذرت
۵۳۷/۶۱	۳۴۷۶/۲۶	۲۶۳/۵۷	۷۳۷/۱۰	یونجه
-	-	۸۲۲/۳۳	۶۴۵/۲۲	جو
-	-	۶۴۵/۱۳	۵۶۴/۲۴	کاه
۷۰۱۱/۸۹	۵۶۳۵۶/۵۵	-	-	شیر
۱۸۰/۶۶	۱۲۷۲/۵۳	۱۰۴/۱۱	۳۲۳۶/۲۲	گوساله پرور شده
۱۷۳/۵۴	۶۴۷/۹۴	۲۸/۶۶	۲۱۳/۶۳	کود گاوی

در رابطه با مدل ساخته شده با انفیس، مدل ایده‌آل پس از بارگذاری و پارتیشن بندی شبکه و با تغییر نوع و تعداد توابع عضویت، کم‌ترین مقدار خطا و همچنین بیش‌ترین مقدار ضریب همبستگی به دست آمد. در ساختار منتخب برای مدل‌سازی انرژی خروجی واحدهای پرورش گوساله، توابع عضویت برای هر ورودی ۳ در نظر گرفته شد همچنین انواع مختلف توابع موجود در انفیس مورد استفاده قرار گرفت و از این میان ساختار ساخته شده براساس تابع گاوسی نوع ۲، و تابع عضویت خروجی براساس تابع خطی انتخاب گردید. برای واحدهای پرورش گاو شیری ساختار ایجاد شده، براساس تابع گاوسی نوع ۲ دارای ۴ تابع عضویت برای هر ورودی و تابع خروجی نوع خطی به عنوان بهترین ساختار انتخاب گردید. ساختارهای منتخب دارای بیش‌ترین ضریب تشخیص و کم‌ترین میزان خطا نسبت به سایر ساختارهای ایجاد شده بودند. با توجه به ارقام مندرج در جدول ۳، مدل‌سازی با هر دو روش، با توجه به ضریب تشخیص بالا، دارای دقت و عملکرد خوبی است. همچنین نتایج نشان داده است که در هر دو گروه دامداری‌ها، مدل ساخته شده با انفیس به دلیل ضریب تشخیص بالاتر، دارای عملکرد بهتری است که دلیل این امر فازی بودن داده‌ها در دامداری‌ها است.

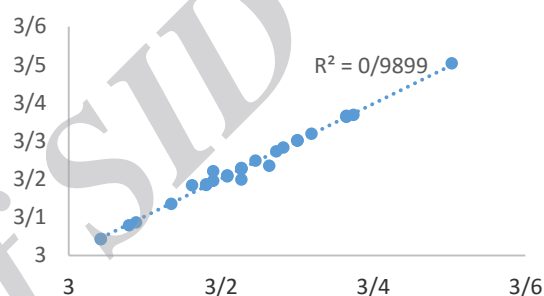
جدول ۳- شاخصه های آماری محاسبه شده برای مدل سازی

مدل	RMSE	R2
مدل شبکه عصبی واحدهای پرواری	۰/۰۴۲۵	۰/۸۱۱۸
مدل انفیس واحدهای پرواری	۰/۰۱۰۶	۰/۹۸۹۹
مدل شبکه عصبی واحدهای شیری	۰/۱۳۲۵	۰/۹۸۳۷
مدل انفیس واحدهای شیری	۰/۰۵۴۰۱	۰/۹۹۳۳

در نمودار ۳ و ۴ رابطه بین مقادیر اصلی و پیش بینی شده را با استفاده از مدل برگزیده انفیس نشان داده شده است.



نمودار ۴- ارتباط بین مقادیر پیش بینی شده و واقعی انرژی خروجی واحدهای پرورش گاو شیری



نمودار ۳- ارتباط بین مقادیر پیش بینی شده و واقعی انرژی خروجی واحدهای پرورش گوساله

نتیجه گیری

استفاده از روش های هوش مصنوعی جهت مدل سازی انرژی، به دلیل سادگی و کم تر شدن زمان انجام محاسبات به خوبی می توانند مدل سازی را با وجود تعدد نهاده ها انجام دهند. از سوی دیگر فازی بودن ماهیت داده ها در کشاورزی و دامداری و عدم وجود امکان اندازه گیری داده ها به صورت دقیق و صریح، استفاده از روش سامانه فازی را توجیه می نماید. در این مطالعه نیز مدل ساخته شده بوسیله سامانه استنتاج عصبی - فازی تطبیقی چندلایه، با توجه به ضریب تشخیص بالاتر، مزیت استفاده از این نوع مدل سازی را به خوبی توجیه کرده است. در پایان، مدل سازی با روش های دیگر از جمله روش رگرسیون و الگوریتم ژنتیک، برای مقایسه با نتایج این تحقیق توصیه می گردد.

مراجع

- بی نام: چکیده نتایج آمارگیری از گاوداری صنعتی کشور، مرکز آمار ایران، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۲.
- سلطانعلی، ح. عمادی، ب. روحانی، ع. خجسته پور، م. ۱۳۹۳. مدل سازی روند انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه ای در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری مطالعه موردی: استان گیلان. نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان. دوره ۲(۴). ۱۷۵-۱۹۳.
- Basarir, A. Goals of Beef Cattle and Dairy Producers: A Comparison of the Fuzzy Pair -Wise Method and Simple Ranking Procedure, Annual Meeting Mobile. Agricultural Economics Association, 2003.
- Cochran WG (1977). Sampling techniques. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Coley, D. A., Goodliffe, E., & Macdiarmid, J. (1998). The embodied energy of food: the role of diet. Energy policy, vol 26(6), 455-46.
- Frorip, J., Kokin, E., Praks, J., Poikalainen, V., Ruus, A., Veermäe, I. & Ahokas, J. (2012). Energy consumption in animal production-case farm study. Agronomy research Biosystem engineering. Special, (1), 39-48.

7. Grzesiak, W., Błaszczyk, P., & Lacroix, R. (2006). Methods of predicting milk yield in dairy cows—Predictive capabilities of Wood's lactation curve and artificial neural networks (ANNs). *Computers and electronics in agriculture*, vol 54(2), 69-83.
8. Heidari, M. D., Omid, M., & Akram, A. (2011). Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. *Energy*, vol 36(11), 6536-6541.
9. Hosoz, M., Ertunc, H. M., Karabektas, M., & Ergen, G. (2013). ANFIS modelling of the performance and emissions of a diesel engine using diesel fuel and biodiesel blends. *Applied Thermal Engineering*, vol 60(1), 24-32.
10. Kitani, O (1999). *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Energy and Biomass Engineering*. Vol. 5. ASAE publication, St Joseph.
11. Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., & Hofman, G. (2007). Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol 119(1), 135-144.
12. Moitzi, G., Daniela, D. A. M. M., Weingartmann, H., & BOXBERGER, J. (2010). Analysis of energy intensity in selected Austrian dairy farms with focus on concentrate level in feeding. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, vol 67(1).
13. Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., & Rafiee, S. (2014). Neural network modeling of energy use and greenhouse gas emissions of watermelon production systems. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
14. Ozkan, B., Akcaoz, H., & Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable energy*, vol 29(1), 39-5.
15. Safa, M., & Samarasinghe, S. (2011). Determination and modelling of energy consumption in wheat production using neural networks: "A case study in Canterbury province, New Zealand". *Energy*, 36(8), vol 5140-5147.
16. Sainz, RD. (2003). Livestock-environment initiative fossil fuels component: framework for calculation fossil fuel use in livestock systems. <http://www.fao.org>.
17. Sefeedpari, P., Rafiee, S. H., Akram, A., & Mousavi-Avval, S. H. (2012). Application of Fuzzy Data Envelopment Analysis for Ranking Dairy Farms in the View of Energy Efficiency. *Journal of Animal Production Advances*, vol 2(6), 284-296.
18. Sefeedpari, P., Rafiee, S., Akram, A., & Komleh, S. H. P. (2014). Modeling output energy based on fossil fuels and electricity energy consumption on dairy farms of Iran: Application of adaptive neural-fuzzy inference system technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol 109, 80-85.
19. Singh S, Mittal JP (1992). *Energy in production agriculture*. Mittal pub. New Delhi.
20. Stat Soft Inc. *Electronic Statistics Textbook* (Tulsa, OK), 2004.
21. Wells D (2001). *Total energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study*. Technical paper. Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington. ISBN: 0-478-07968-0, <http://www.maf.govt.nz>.