مدلسازی عملکرد شیر تولیدی بر پایه الگوی مصرف انرژی به کمک سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی چند لایه

پریا سفیدپری[۱]، شاهین رفیعی[*۲]، اسداله اکرم[۳]، مجید خانعلی[۴]

[۱] دانشجو دکتری گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.
[*۲] استاد گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.
shahinrafiee@ut.ac.ir
[۳] دانشیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.
[۴] استادیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

چکیده

در مطالعه حاضر، دو سامانه هوشمند شبکه عصبی مصنوعی و سامانه استنتاج عصبی-فازی تطبیقی چند لایه (انفیس) به منظور مدلسازی عملکرد شیر تولیدی در واحدهای پرورش گاو شیری براساس انرژی مصرفی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور برآورد الگوی انرژی مصرفی، اطلاعات مورد نیاز از تعداد ۵۰ واحد جمع آوری شد و معادل انرژی نهاده ها محاسبه گردید. سپس براساس اولویت سهم هریک از نهاده ها (سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته، نیروی انسانی، ماشین‌ها و تجهیزات و خوراک دام) در کل انرژی مصرفی واحدهای مورد مطالعه در طول یک سال (دوره شیردهی ۳۰۵ روزه و دوره خشکی ۶۰ روزه) خوشه بندی صورت گرفت، سامانه انفیس برنامه ریزی شد و مقادیر پیش بینی شده انفیس اول به عنوان ورودی برای اجرای انفیس دوم و به همین ترتیب برای انفیس سوم درنظر گرفته شد. درنهایت با اجرای روش انفیس به صورت چندلایه عملکرد شیر مدلسازی گردید و اعتبار مدل با استفاده از پارامترهای آماری نظیر ضریب همبستگی (۰/۸۸) و میانگین درصد خطای مطلق (۰/۰۸۵ درصد) مورد سنجش قرار گرفت و با روش شبکه عصبی مصنوعی مقایسه شد. نتایج نشان داد مدل سامانه استنتاج عصبی-فازی تطبیقی چند لایه نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی دارای عملکرد و دقت بهتری می‌باشد.

واژه های کلیدی: انرژی، سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی، شبکه عصبی مصنوعی، گاو شیری، مدلسازی.

مقدمه

امروزه پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب از جمله علل عمده نیاز بخش کشاورزی به مصرف انرژی محسوب می‌شود. بخش کشاورزی به منظور تأمین مایحتاج غذایی این جمعیت، به میزان بسیاری وابسته به مصرف انرژی می‌باشد. مقدار انرژی مصرفی در سیستم‌های مختلف تولیدی-کشاورزی نه تنها

به نوع محصول تولیدی بلکه به نوع نهاده‌های بکار گرفته شده در تولید آن محصول نیز بستگی دارد. تفاوت در نحوه رفتار سیستم‌های مختلف در بکارگیری نهاده‌ها و منابع انرژی، موجب بروز اختلاف در کارایی انرژی در هر سیستم تولیدی می‌شود، به نحوی که می‌تواند منجر به ناپایداری کشاورزی گردد. کشاورزی پایدار به تأمین نیازهای فعلی مصرف‌کنندگان بدون آنکه توانایی آیندگان در تأمین نیازهایشان دچار مشکل شود اطلاق می‌گردد (Bishop 1993, Dovers and Handmer 1993). به طوری‌که این موضوع در علوم دامی و مدیریت دامپروری‌ها در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است (Heitschmidt et al. 1996). در تولیدات دامی، پایداری به مفهوم توانایی تولید مقدار یکسانی گوشت یا شیر از اختصاص مقدار مشخصی زمین می‌باشد؛ به عبارت دیگر سطح محصول تولیدی (گوشت یا شیر) از مقدار بهره‌برداری از زمین اختصاص یافته جهت بهره‌برداری محصول در آینده نمی‌کاهد(Vavra 1996).دامپروری در بخش کشاورزی ایران به‌واسطه برخی ویژگی‌ها، دارای مرتبه با اهمیت‌تری در مقایسه با سایر زیربخش‌های زراعت، باغبانی و ... می‌باشد. در میان زیربخش‌های دامپروری، پرورش گاو شیری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

وجود مشکلات متعدد در بخش دامپروری از منظر انرژی مصرفی مسئله‌ای است که تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در خصوص آن انجام نگرفته است؛ در حالی‌که مصرف انرژی و عدم استفاده از الگوی بهینه مصرف آن منشأ بسیاری از این مشکلات می‌باشد که با بررسی وضعیت موجود و سپس تحلیل الگوی مصرف انرژی و ارائه راهکارهای لازم در مصرف بهینه انرژی می‌توان از اتلاف بیش از حد آن جلوگیری کرده و در انتها در جهت بهبود وضعیت در آینده گامی مؤثر برداشت.

از جمله پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه الگوی مصرف انرژی و بازدهی آن در کشاورزی و به خصوص دامپروری می‌توان به مواردی اشاره نمود.در مطالعه‌ای در خصوص بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری در کشور اتریش، مصرف انرژی الکتریسیته و سوخت به عنوان نهاده‌های انرژی مستقیم در کلیه مراحل تولید، از تولید علوفه تا تولید شیر در اندازه‌های مختلف گله مورد بررسی قرار گرفت(Moitzi et al. 2010).در مطالعه انجام شده در خصوص بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری در یکی از استان‌های کشور کانادا، مقدار انرژی گازوئیل مصرفی بیش از انرژی بنزین مصرفی و همچنین میزان الکتریسیته مصرفی بسیار بیشتر از سایر منابع انرژی گزارش گردید(Baileya et al. 2008).همچنین بررسی انرژی مصرفیدر واحدهای پرورش گاو شیری در استان فلاندری کشور بلژیک در بازه‌های زمانی متفاوت، نشان داد که مصرف انرژی مستقیم (شامل 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. در این مطالعه برایانرژی گازوئیل مصرفی سهم بیشتری گزارش شد(Meul et al. 2007). لازم به ذکر است تحقیقات مشابه دیگری به منظور بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری انجام شده است (Kaknaroglu2010, Kraatz and Berg2006, Kraatz et al. 2009, Ramirez et al. 2006).با توجه به اهمیت بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری، متأسفانه مقوله بررسی انرژی مصرفی در واحدهای دامپروری در ایران به طور جدی

مورد مطالعه قرار نگرفته است، لذا در این مطالعه سعی شده است که انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری مورد بررسی قرار گیرد.

روش شبکه عصبی مصنوعی[1] به منظور استخراج روابط غیرخطی یا مدل دینامیک غیرخطی حاکم میانمتغیرهای ورودی و خروجی یک فرایند یا سامانه استفاده می شود و در مقایسه با روش های مرسوم مدلسازی مانند رگرسیون، به تلاش محاسباتی اندک و ورودی‌های کمتر نیاز دارد(Kartalopoulos 1996).یکی از مزایای مدل شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های دیگر مدلسازی، توانایی آن در یادگیری فرایند حاکم بر فرایند یا سامانه مورد مطالعه می باشد که می‌تواند بدون هیچ دانش قبلی از ارتباطات موجود مدلسازی رفتار فرایند یا سامانه را انجام دهد. همچنین روش مذکور نسبت به روش های مدلسازی مرسوم دارای قابلیت اعتماد بیشتری می‌باشد(Ghobadian et al. 2009).

نظریه مجموعه‌های فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده، دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی امریکا ارائه گردید. با معرفی نظریه مجموعه‌های فازی، مقدمات مدلسازی اطلاعات نادقیق و استدلال تقریبی با معادله‌های ریاضی ایجاد شد که در نوع خود تحولی عظیم در ریاضیات و منطق کلاسیک می‌باشد. در سامانه‌های پیچیده‌ای که درک رفتار حاکم بر آن‌ها مشکل می‌باشد و یا مسائلی که وابسته به استدلال، تصمیم‌گیری و استنباط بشری هستند، منطق فازی به‌عنوان ابزاری مؤثر به‌شمار می‌رود. انتخاب یک روش و رویکرد مناسب برای مدلسازی یک سامانه، کاملاً بستگی به میزان پیچیدگی آن سامانه دارد و پیچیدگی هم ارتباط معکوس با میزان دانش و شناخت ما از آن سامانه دارد. همیشه تلاش انسان بر این بوده که سامانه را با بیشترین دقت ممکن مدلسازی کند، اما چنانچه دقت کافی نسبت به آن نداشته باشد، مجبور است دقت موردنظر از مدل را با میزان شناخت خود از سامانه منطبق نماید (دزفولی، ۱۳۸۴).

یکی دیگر از روش‌های نوین یافتن ارتباط بین متغیرها، استفاده از روش سامانه استنتاج عصبی–فازی تطبیقی[2] (انفیس) می‌باشد. ساختار این سامانه، ساختار شبکه‌ایشبیهروش شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد که متغیرهای ورودی را از طریق توابع عضویت ورودی و پارامترهای مربوطه و سپس از راه توابع عضویت خروجی و پارامترهای مربوطه به متغیرهایخروجی، مدل می‌کند. در میان روش‌های نوین مدلسازی، سامانه‌های فازی از جایگاه ویژه‌ای در زمینه‌های مختلف و به طور خاص در علوم کشاورزی برخوردار است (Basarir 2003, Grzesiak et al. 2006a, Pulido-Calvo and Gutie´rrez-Estrada 2009, Yang et al. 2003). توانایی پیاده‌سازی دانش بشری با استفاده از مفاهیم خاص زبانی و قواعد فازی، غیر خطی بودن و قابلیت غیرتطبیق‌پذیری این سامانه‌ها و دقت بهتر آن‌ها در مقایسه با سایر روش‌ها در شرایط محدودیت داده‌ها، مهم‌ترین ویژگی‌های این سامانه‌ها است (دزفولی، ۱۳۸۴).اساس یک سامانه فازی، سامانه‌ای منطبق بر قواعد اگر–آنگاه فازی با استفاده از دانش فرد خبره یا دانش حوزه مورد نظر است(Jamshidi 2003). از این‌روی استفاده از روشی که با استفاده از آن بتوان از اطلاعات عددی موجود برای ساخت

[1] Artificial Neural Network (ANN)
[2] Adaptive Nero Fuzzy Inference System (ANFIS)

قواعد منطقی فازی بهره گرفت، مفید خواهد بود. سامانه استنباط فازی با بهره‌گیری از قوانین فازی قادر است مفاهیم کیفی و فرایندهای استدلال را بدون آنالیز دقیق مسایل کیفی مدلسازی نماید. براساس توضیحات بیان شده در رابطه با سامانه فازی که بر قواعد منطقی استوار است و شبکه عصبی مصنوعی که امکان مدلسازی را با استفاده از اطلاعات موجود دارد، از ترکیب آن‌ها سامانه استنتاج فازی تطبیق‌پذیر مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعیبه‌وجود می‌آید که برای بررسی پدیده‌های با معادلات غیرخطی به‌کار می‌رود (کنارکوهی و همکاران، ۱۳۸۹).

تاکنون مطالعات گسترده‌ای در حوزه انرژی و کشاورزی با بکارگیری روش مذکور صورت گرفته است.روش شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی عملکرد شیر در واحدهای پرورش گاو شیری در کانادا مورد استفاده قرار گرفت(Grzesiak et al. 2006b).در همین سال، مدلسازی بوی تولید شده در گاوداری‌ها با استفاده از روش انفیسانجام شد و این روش نتیجه بهتری در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی نشان داد(Pan and Yang 2006).در سال ۲۰۰۹ نیز مطالعه‌ای بر روی پیش‌بینی میزان تقاضای انرژی در گلخانه‌ها به کمک روش شبکه عصبی مصنوعی صورت گرفت که در این مطالعه شبکه با ساختار ۱-۳-۴ به عنوان ساختار بهینه انتخاب شد (Trejo-Perea et al. 2009). در سال ۲۰۱۱، با ترکیبروش شبکه عصبی مصنوعی و روش های بهینه-سازی هوشمندمیزان مصرف انرژی الکتریسیته، در جهان پیش بینی شد (Assareh et al. 2011).حیدری و همکاران از روش شبکه عصبی مصنوعی به منظور مدلسازی نسبت هزینه به سود در واحدهای پرورش مرغ گوشتی در استان یزد استفاده کردند.ساختار بهینه در این مطالعه ۱-۲۰-۵ گزارش شد (Heidari et al. 2011). سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی در مقایسه با رگرسیون خطی در مدلسازی انرژی با در نظر گرفتن مصرف انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در واحدهای گاوداری شیری قابلیت بهتری از خود نشان داد (سفیدپری و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج مشابه در مطالعه عملکرد تخم مرغ تولیدی در استان البرز بدست آمد (سفیدپری و همکاران، ۱۳۹۱). در مطالعات جدیدتری، از شبکه های عصبی مصنوعی و سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی به منظور پیش بینی میزان تولید آلاینده ها در تولیدات مختلف زراعی استفاده شده است(Khoshnevisan B et al. 2013a, Khoshnevisan Benyamin et al. 2013b, Khoshnevisan Benyamin et al. 2013c, Khoshnevisan Benyamin et al. 2013d).

ندرلو و همکاران در رویکردی جدید بر بکارگیری روش استنتاج عصبی- فازی تطبیقی، عملکرد گندم آبی بر اساس مصرف انرژی نهاده ها را با استفاده از سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی چند لایه[3] پیش بینی نمودند(Naderloo et al. 2012). با روشی مشابه، خوشنویسان و همکاران میزان عملکرد سیب زمینی را براساس انرژی ورودی (نهاده های مصرفی) پیش بینی و مدلسازی نمودند(Khoshnevisan Benyamin et al. 2014). نتایج حاصل از این دو تحقیق حاکی از افزایش میزان دقت مدلسازی و کاهش چشمگیر زمان انجام محاسبات می‌باشد که نشان دهنده برتری روش MLANFIS نسبت به سایر روش های مرسوم مدلسازی می‌باشد.

[3]Multi Layer Adaptive Nero Fuzzy Inference System (MLANFIS)

در همین راستا در تحقیق حاضر نیز از روش سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی چند لایه (MLANFIS)به منظور پیش بینی عملکرد تولید شیر در واحدهای پرورش گاو شیری در استان تهران پرداخته شده است و نتایج آن با نتایج حاصل از روش شبکه عصبی مصنوعی مورد مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روش ها

جمع آوری اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه از واحدهای پرورش گاو شیری موجود در بزرگ‌ترین مجتمع دامپروری کشور (دام‌گستر فشافویه)به روش پرسشنامه حضوری جمع‌آوری گردید.این مجتمع دامپروری با ظرفیت ۱۲ هزار و ۶۰۰ رأس گاو شیری مولد در بخش حسن‌آباد شهرستان ری استان تهران واقع شده است. تعداد کل واحدهای دامپروری این مجتمع که دارای فعالیت پرورش گاو شیری می‌باشند، ۲۲۷ واحد است که در ۴ تیپ مختلف از نظر تعداد رأس گاو شیرده تقسیم‌بندی می‌شوند:۳۰ رأسی (با مساحت تقریبی ۵۰۰۰ مترمربع)، ۵۰ رأسی (با مساحت تقریبی ۹۰۰۰ مترمربع)، ۷۵ رأسی (با مساحت تقریبی ۱۲۶۰۰ مترمربع) و ۱۰۰ رأسی (با مساحت تقریبی ۲۰۰۰۰ مترمربع). از آنجایی که پرورش گاو شیری به ۴ دوره تقسیم می‌شود در این تحقیق تنها دوره‌ی شیری و خشکی گاو که به مدت تقریبی یک سال به طول می‌انجامد، در نظر گرفته شد.

محاسبه انرژی ورودی و خروجی

در این مطالعه، نیروی انسانی، ماشین‌ها و تجهیزات (تراکتور و تجهیزات خودگردان، تجهیزات ثابت، موتور الکتریکی و ...)، سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته و خوراک دام به عنوان نهاده‌های مورد استفاده و شیر تولید شده به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها، از مقادیر انرژی معادل آن نهاده یا ستانده بهره گرفته شد. مقادیر انرژی معادل برای نهاده‌ها و ستانده مورد نظر در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده‌اند. به منظور محاسبه انرژی ورودی و خروجی هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها، میزان مصرف هر یک از آن‌ها در انرژی معادل آن نهاده یا ستانده ضرب شد. لازم به ذکر است که انرژی نهاده‌ها و ستانده در واحد هر رأس گاو (مگاژول/رأس گاو) و در طول یک سال (دوره شیردهی ۳۰۵ روزه و دوره خشکی ۶۰ روزه) محاسبه شده است.

انرژی ورودی ماشین‌ها و تجهیزات مورد استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$M \qquad (۱)$$

که در این رابطه، MEانرژی ماشین و تجهیزات در واحد هر رأس گاو (مگاژول/رأس گاو)، G وزن ماشین و تجهیزات (کیلوگرم در عمر مفید)، tمجموع ساعات کار ماشینی به ازای هر رأس (ساعت)، T عمر اقتصادی ماشین (ساعت) و Mp انرژی معادل ماشین و تجهیزات در عمر اقتصادی (مگاژول/کیلوگرم.سال) می‌باشد.

جدول۱.انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده در پرورش گاو شیری

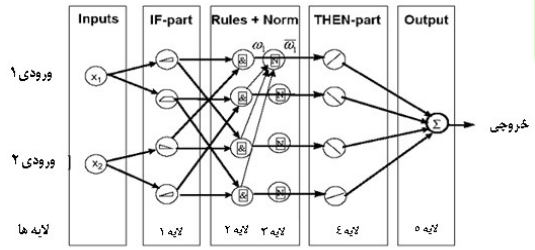
عنوان	واحد	محتوای انرژی (MJ/Unit)	مرجع
نهاده‌ها			
۱. نیروی انسانی	h	۱/۹۶	(Kitani 1999)
۲. ماشین‌ها و تجهیزات			
تراکتور و تجهیزات خودگردان	kg. a*	۹–۱۰	(Kitani 1999)
تجهیزات ثابت	kg. a	۸–۱۰	(Kitani 1999)
سایر ادوات و ماشین‌ها	kg. a	۶–۸	(Kitani 1999)
فولاد	kg	۶۲/۷	(Chauhan et al. 2006)
گالوانیزه	kg	۳۸	(Lawson 1996)
پلی اتیلن	kg	۴۶/۳	(Kittle 1993)
موتور الکتریکی	kg	۶۴/۸	(Chauhan et al. 2006)
۳. سوخت‌های فسیلی			
گازوییل	L	۴۷/۸	(Kitani 1999)
بنزین	L	۴۶/۳	(Kitani 1999)
نفت	L	۳۶/۷	(Kitani 1999)
گاز طبیعی	m^3	۴۹/۵	(Kitani 1999)
۴. الکتریسیته	kWh	۱۱/۹۳	(Ozkan et al. 2004)
۵. خوراک دام	kg		
کنسانتره		۶/۳	(Meul et al. 2007)
سیلو		۲/۲	(Wells D 2001)
یونجه		۱/۵	(Sainz 2003)
ستانده			
شیر	kg	۷/۱۴	(Coley et al. 1998)

[a]* :عمر اقتصادی ماشین (سال)

سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی

سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) از قدرت زبانی سامانه‌های فازی و آموزش شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌نماید. این سامانه‌ها، سامانه‌های استنتاج عصبی فازی تطبیقی نام گرفتند.همانطور که از نام سامانه‌های تطبیقی پیداست، این سامانه‌ها شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند که رفتار داده‌های ورودی و خروجی به‌وسیله مجموعه‌ای از پارامترهای تغییرپذیر تعیین می-شود.

تفاوت سامانه ANFISبا سامانه استنتاج فازی در آن است که سامانه ANFIS با کاربرد الگوریتم پس انتشار خطا به حداقل سازی خطا می‌پردازد. از آن‌جایی‌که در چنین مدل منطق فازی پیشرفته‌ای از شبکه عصبی استفاده شده است، با استفاده از یک الگوریتم یادگیری می‌توان پارامترها را تا دستیابی به جواب بهینه تغییر داد. در حقیقت در این روش، منطق فازی با استفاده از قابلیت‌های شبکه عصبی پارامترهای خود را تنظیم می‌نماید. بدیهی است که در شبکه عصبی مصنوعی با استخراج تفاوت بین خروجی حاصل از مدل و خروجی واقعی، عملکرد سامانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. آموزش ANFIS با استفاده از دو الگوریتم پس انتشار خطا و یا الگوریتم ترکیبی که مشتمل بر دو الگوریتم تخمین حداقل مربعات خطا و پس انتشار خطا می‌باشد، پارامترهای توابع عضویت را تخمین می‌زند(Jang et al. 1997). این مسأله به سامانه‌های فازی این امکان را می‌دهد که از داده‌های مدلسازی آموزش بیایند. ساختار سامانه استنتاج فازی، ساختار شبکه مانندی به مانند شبکه‌های عصبی می‌باشد که ورودی‌ها را از طریق توابع عضویت ورودی و پارامترهای مربوطه و سپس از راه توابع عضویت خروجی و پارامترهای مربوط به خروجی نگاشت می‌کند. گره-هایموجود در لایه اول و چهارم به‌ترتیب نشان‌دهنده متغیرهای کلامی ورودی و خروجی می‌باشند. گره‌های لایه‌های دوم متغیرهای کلامی هستند که به عنوان توابع عضویت متغیرهای ورودی عمل می‌کنند. فرایند استنباط فازی از پنج مرحله تشکیل شده است که عبارتند از: (۱) فازی‌سازی متغیرهای ورودی، (۲) به‌کار بردن عملگرهای (و ؛ یا) در بخش مقدمه، (۳) استنتاج از مقدمه به نتیجه، (۴) ترکیب نتایج قوانین، (۵) غیرفازی کردن (حسامی رستمی و همکاران، ۱۳۸۴). ساختار این فرایند در شکل ۱ نمایش داده شده است.

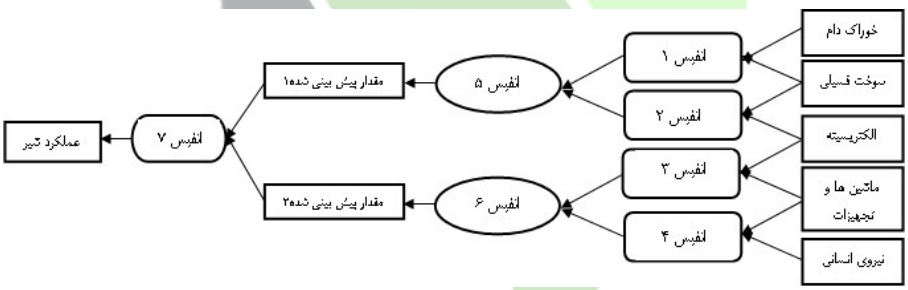


شکل ۱. فرایند مدلسازی و لایه های مختلف در یک سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی

لازم به توضیح است در این پژوهش ضمن محاسبه مقدار مصرف انرژی هر یک از نهاده‌ها در واحدهای پرورش گاو شیری، از روش سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی چندلایه جهت مدلسازی عملکرد شیر تولیدی بهره گرفته شده است. نرم‌افزار MATLAB (2012b) به منظور پیاده‌سازی مدل‌ها بکار رفته است. در شکل ۲، ساختار مدل سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، نهاده‌های مصرفی به عنوان متغیرهای ورودی و عملکرد شیر تولیدی به عنوان خروجی مدل در نظر گرفته شد.

با انجام مدلسازی اولیه، به دلیل آن که تعداد ورودی های مدل از پنج بیشتر است، زمان محاسبه و اجرای مدل و همچنین تعداد قوانین افزایش یافت و موجب شد که مدل ANFIS به درستی اجرا نشود. این مشکل با تعداد کمتر مشاهدات (کمتر از ۴۰ مشاهده) اهمیت بیشتری می یابد. برای حل این مشکل، با استفاده از روش خوشه بندی، نهاده ها به چندین ساختار(یک ساختاربر اساس سهم آن ها در کل انرژی مصرفی) تقسیم شدند. به این ترتیب چهار گروه از نهاده ها بوجود آمد (شکل ۲).لازم به ذکر است که به دلیل آنکه تعداد نهاده ها پنج بوده است جهت اجرای خوشه بندی لازم است نهاده هایی به صورت مشترک به عنوان ورودی به هر شبکه در لایه اول در نظر گرفته شوند. به این ترتیب سه لایه جهت مدلسازی بوجود آمد که نتایج لایه اول، متغیر های ورودی برای لایه دوم و مقادیر پیش بینی شده از این لایه، ورودی به لایه سوم را تشکیل دادند و در نهایت در لایه سوم عملکرد شیر تولیدی مورد پیش بینی و مدلسازی قرار گرفت. همچنین، ساختارهای دیگری نیز با استفاده از ترکیبات مختلف گروه بندی نهاده ها مورد بررسی قرار گرفت تا در نهایت ساختار برتر گروه بندی نهاده ها(شکل ۲) انتخاب گردید.

علی رغم پیچیدگی های موجود در نمودار فرایند مدلسازی (شکل ۱)، مدلسازی و برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB بسیار ساده بوده است که می توان آن را از مزایای این روش دانست. در اجرای این برنامه۴۰ تکرار برای هر لایه انتخاب شد و در طول اجرای تکرار ها اصلاحات لازم در برنامه مدلسازی صورت گرفت. همچنین برنامه از نظر توابع عضویت و تعداد آن ها، انواع توابع عضویت خروجی و روش بهینه سازی (ترکیبی[4] یا پس انتشار خطا[5]) اصلاح و بهینه شد. در این مطالعه برای هر ورودی سه متغیر کلامی وجود داشته است.



شکل۲.ساختار مدل سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی چندلایه

به منظور ارزیابی دقت مدل‌ها از برخی پارامترهای آماری نظیر ضریب همبستگی (r) و میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)مطابق روابط (۳-۲) استفاده شد:

$$r=\frac{n\sum xy-(\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2)-(\sum x)^2}\sqrt{n(\sum y^2)-(\sum y)^2}} \qquad (۲)$$

[4]Hybrid
[5]Back propagation

$$MAPE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{|P_i-A_i|}{A_i}\times 100\right) \quad (۳)$$

همچنین نتایج نهایی هر یک از این پارامترها با نتایج روش های شبکه عصبی مصنوعی مقایسه و قضاوت در خصوص برتری هر یک از روش‌ها انجام گرفت.

نتایج و بحث

محاسبه انرژی های ورودی و خروجی

نتایج حاصل از تحلیل مصرف انرژی برای نهاده و ستانده در واحدهای پرورش گاو شیری در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج حاصل خوراک دام، سوخت فسیلی، الکتریسیته، ماشین ها و تجهیزات و نیروی انسانی به ترتیب بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده اند. طبق نتایج این تحلیل، کل انرژی مورد نیاز برای پرورش یا نگهداری هر رأس گاو شیری در مدت یکسالبرابر ۵۳/۸۳ گیگاژول است. طبق نتایج به‌دست آمده، مجموع انرژی خروجی حاصل از شیر به ازای هر رأس گاو شیری در مدت یکسال برابر۵۷/۷۵گیگاژول می‌باشد.

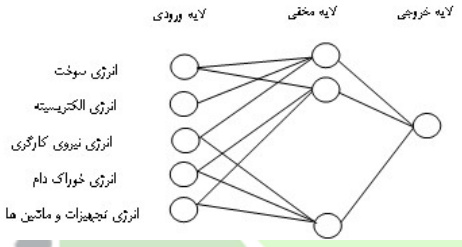
جدول۲.مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید محصولات شیر در یک دوره یکساله

عنوان	گاو شیری (مگاژول/ رأس گاو)	درصد (٪)
الف: انرژی نهاده‌ها		
۱. نیروی انسانی	۴۰۶/۹۴	۰/۷۷
۲. ماشین ها و تجهیزات	۵۲۴/۴۰	۰/۹۹
۳. سوخت های فسیلی		
گازوئیل	۷۱۷۳/۸۵	
بنزین	۹۶۱/۷۶	۱۶/۳
نفت	۲۴۰/۱۱	
گاز طبیعی	۲۸۰/۱۰	
۴. الکتریسیته	۱۶۹۹/۲۱	۳/۲
۵. خوراک دام	۴۱۵۴۸/۷۶	۷۸/۲۴
ب: انرژی ستانده		
شیر	۵۷۷۵۶/۳۳	–

نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی

نهاده‌های مورد استفاده به منظور پیش‌بینی عملکرد شیر تولید شده در واحدهای پرورش گاو شیری با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی شامل میزان انرژی نهاده نیروی انسانی، ماشین ها و تجهیزات، سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته و خوراک دام در

واحد رأس گاو در یک دوره یکساله بودند و میزان شیر تولیدی نیز به عنوان خروجی مدل در نظر گرفته شد. به منظور دستیابی به بهترین ساختار مدل، شبکه‌هاییبا ساختارهای مختلف دارای یک و دو لایه مخفی آموزش، ارزیابی و اعتبارسنجی شد. در این مطالعه ساختار شبکه با یک لایه مخفی نتایج بهتری را نشان داد. بنابراین می‌توان چنین ادعا نمود که ساختار با تعداد کمتری لایه مخفی، کمتر دچار مشکلات بیش برازش در مراحل سعی و خطا می‌شود. متغیرهای معنی‌دار برای مدل انتخابی شامل انرژی نهاده‌های سوخت فسیلی، الکتریسیته، نیروی کارگری و خوراک دام بود. از بین الگوریتم‌های آموزش مورد استفاده در این مطالعه، روش پس انتشار خطا (BP) انتخاب شد. براساس نتایج این مدلسازی، مدل با ساختار ۱-۱۶-۵با پنجمتغیر ورودی، یک لایه مخفی با ۱۶ نرون و یک لایه خروجی با یک متغیر خروجی به عنوان بهترین ساختار شبکه تعیین گردید (شکل ۳).



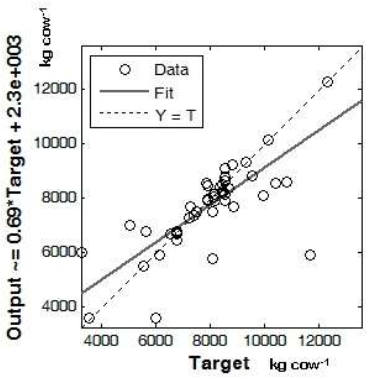
شکل۳. ساختار بهترین شبکه عصبی مصنوعی برازش شده (۱-۱۶-۵)

از آنجایی‌که عملکرد یک شبکه عصبی مصنوعی از دو مشخصه اصلی شامل تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌ها در لایه مخفی تأثیر می‌پذیرد، با انجام آزمون‌های متعدد سعی و خطا در خصوص ساختارهای مختلف شبکه، این نتیجه حاصل آمد که شبکه با یک لایه مخفی و ۱۶ نرون بهترین ساختار می‌باشد. با توجه به آن‌که تابع انتقال پیش‌فرض نرم‌افزار MATLAB، تابع سیگموئید است، از این تابع برای هر دو لایه مخفی و لایه خروجی استفاده شده است. مشخصات شبکه منتخب و اعتبارسنجی مدل در جدول ۳ نشان داده شده است. توزیع داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل در شکل ۴ ارائه شده است.

جدول۳. عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در مدلسازی عملکرد شیر

تابع فعالسازی	الگوریتم آموزش	NH_1[a]	MAPE (%)	r
Sigmoid	LM	۱۶	۶/۲۴	۰/۷۷

[a]تعداد نرون ها در لایه مخفی



شکل۴. مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی شده عملکرد شیر (کیلوگرم/رأس گاو) با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

در مطالعه‌ای بر روی پیش‌بینی میزان تقاضای انرژی در گلخانه‌ها به کمک روش شبکه عصبی مصنوعی، شبکه با ساختار ۱–۳–۴ به عنوان ساختار بهینه انتخاب شد که دارای پارامترهای آماری ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا(MSE) ومیانگین درصد خطای مطلق (MAPE) به ترتیبرابر ۰/۹۳، ۰/۱۸۷ و ۰/۰۵۸ درصدبوده است(Trejo-Perea et al. 2009).حیدری و همکاران در مدلسازی نسبت هزینه به سود در واحدهای پرورش مرغ گوشتی در استان یزد با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، ساختار بهینه ۱–۲۰–۵ را انتخاب کردند و شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) ومیانگین درصد خطای مطلق (MAPE) را به ترتیب برابر ۰/۹۷۸، ۰/۰۰۲، ۰/۰۳۷ و ۲/۶۹۵ درصد محاسبه کردند(Heidari et al. 2011)Heidari et al., 2011).

نتایج مدل سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی چندلایه

در جداول ۴، ۵ و ۶ مشخصات و نتایج ارزیابی مناسب‌ترین ساختارمدل سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقیبه ترتیب در لایه‌های اول، دوم و سوم سامانهارائه شده است.

جدول۴. مشخصات و نتایج ارزیابی مناسب‌ترین ساختار سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی در لایه اول

	نوع تابع عضویت		تعداد توابع عضویت		روش آموزش شبکه	MAPE (%)	r
	ورودی	خروجی	ورودی	epoch			
انفیس ۱	Trimf	Linear	۳	۴۰	الگوریتم ترکیبی	۰/۹۳	۰/۵۴
انفیس ۲	Trimf	Linear	۳	۴۰	الگوریتم ترکیبی	۰/۹۳	۰/۴۸
انفیس ۳	Trimf	Linear	۳	۴۰	الگوریتم ترکیبی	۰/۹۴	۰/۴۹
انفیس ۴	Trimf	Linear	۳	۴۰	الگوریتم ترکیبی	۰/۹۳	۰/۵۰

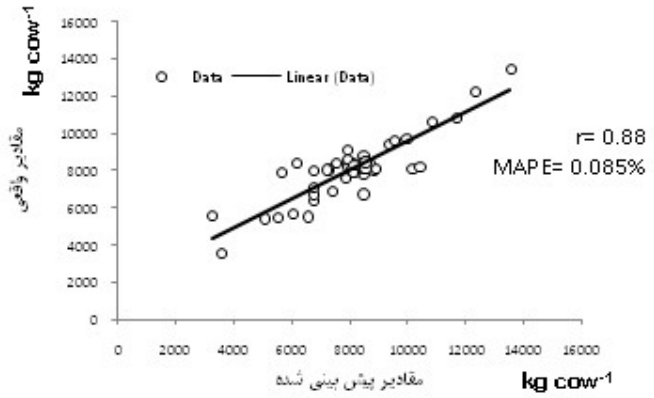
جدول۵.مشخصات و نتایج ارزیابی مناسب‌ترین ساختار سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی در لایه دوم

	نوع تابع عضویت		تعداد توابع عضویت		روش آموزش شبکه	MAPE (%)	r
	ورودی	خروجی	ورودی	epoch			
انفیس ۵	Trimf	Linear	۳	۴۰	الگوریتم ترکیبی	۰/۱۳	۰/۶۹
انفیس ۶	Trimf	Linear	۳	۴۰	الگوریتم ترکیبی	۰/۱۵	۰/۷۰

جدول۶.مشخصات و نتایج ارزیابی مناسب‌ترین ساختار سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی در لایه سوم

	نوع تابع عضویت		تعداد توابع عضویت		روش آموزش شبکه	MAPE (%)	r
	ورودی	خروجی	ورودی	epoch			
انفیس ۷	Trimf	Linear	۳	۴۰	الگوریتم ترکیبی	۰/۰۸۵	۰/۸۸

مطابق نتایج ارائه شده در جداول ۴، ۵ و ۶ لایه‌های انتهایی در مقایسه با لایه‌های ابتدایی دارای میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)کمتر و ضریب همبستگی (r)بیشتری می‌باشند که بیانگر دقت بیشتر و اعتبار بیشتر مدل در این حالت است.در شکل ۵، همبستگی مقادیر واقعی در برابر مقادیر پیش بینی شده توسط مدل سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقیبه نمایش گذاشته شده است. پرواضح است که بین این مقادیر همبستگی بالایی در پیش بینی عملکرد شیر بر اساس مصرف انرژی نهاده‌ها وجود دارد.



شکل۵. ابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده عملکرد شیر (کیلوگرم/رأس گاو) با استفاده از مدل سامانه استنتاج عصبی فازی تطبیقی در لایه سوم

مقایسه نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی چندلایه نشان داد که مدلسازی عملکرد شیر تولیدی با استفاده از مدل سامانه استنتاج عصبی-فازی تطبیقی در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی نتایج بهتر و دارای اعتبار بیشتری را ایجاد کرده است. در حقیقت مدل شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از داده های به صورت قطعی و صریح به مدلسازی عملکرد شیر تولیدی در واحدهای پرورش گاو شیری پرداخته است در حالی که سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی از داده های غیرقطعی و فازی بدین منظور استفاده کرده است.

نتایج مشابهی را با کاربرد روش سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی چندلایه در مقایسه با روش شبکه عصبی مصنوعی به منظور مدلسازی عملکرد سیب زمینی در ایران گزارش شد (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۴). براساس گزارش آن‌ها برترین ساختار سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی چندلایه دارای ضریب همبستگی و میانگین درصد خطای مطلق به ترتیب برابر ۰/۹۸ و ۰/۲ درصد بوده است که در مقایسه با بهترین ساختار مدل شبکه عصبی (به ترتیب برابر ۰/۹۲ و ۰/۵ درصد) دقت و عملکرد بهتری داشته است. ندرلو و همکاران (۲۰۱۲) نیز بکارگیری روش استنتاج عصبی- فازی تطبیقی چندلایه در پیش بینی عملکرد گندم آبی در شهر آبیک استان قزوین را دارای دقت و عملکرد مناسب گزارش کردند. طبق مطالعه آن‌ها، مدل مذکور میزان عملکرد گندم را با ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب برابر ۰/۹۹۶ و ۰/۰۱۳ پیش بینی کرده است. همچنین شبکه های موجود در لایه اول و دوم عملکرد بهتری را در چارچوب اهداف تحقیق آن‌ها نشان داد.

نتیجه گیری

در این پژوهش به مدلسازی عملکرد شیر تولیدی براساس انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاوشیری با استفاده از مدل سامانه استنتاج عصبی-فازی تطبیقی چندلایه و مدل شبکه عصبی مصنوعی پرداخته شده است. نتایج نشان داد که روش مورد بررسی به دلیل تعداد نهاده ها و همچنین کمتر شدن زمان انجام محاسبات به خوبی می‌تواند این مدلسازی را انجام دهد که البته می‌توان جهت مقایسه از سایر روش‌ها همچون الگوریتم ژنتیک و یا انواع روش های رگرسیون نیز بهره گرفت که در اینجا از پرداختن به آن‌ها صرف نظر شده است. از سوی دیگر فازی بودن ماهیت داده ها در کشاورزی و عدم وجود امکان اندازه گیری داده ها به صورت دقیق و صریح، استفاده از روش سامانه فازی در فازی کردن داده ها را توجیه می نماید. در این مطالعه انواع گوناگونی از ساختارهای شبکه ANNs و ANFIS مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت ساختار ۱-۱۶-۵با پنج ورودی، یک لایه مخفی و ۱۶ نرون و یک خروجی با ضریب همبستگی (۰/۷۷) و میانگین درصد خطای مطلق (۶/۲۴ درصد) به عنوان بهترین ساختار مشخص گردید. همچنین مدل سامانه استنتاج عصبی-فازی تطبیقی چندلایه نتایج قابل قبولی را نشان داد که پارامترهای آماری چون میانگین درصد خطای مطلق (۰/۰۸۵ درصد) و ضریب همبستگی (۰/۸۸) مبین این حقیقت بودند. براساس نتایج بدست آمده استفاده از سایر روش های مدلسازی نظیر انواع رگرسیون به منظور مقایسه با نتایج این تحقیق توصیه می گردد. همچنین پیشنهاد

می‌شود سایر عوامل مؤثر مانند سطح تکنولوژی، شرایط اقتصادی و اجتماعی، نژاد دام و... به عنوان متغیرهای ورودی به مدل در نظر گرفته شوند.

منابع

۱- دزفولی، ا. ۱۳۸۴. اصول تئوری مجموعه های فازی و کاربرد آن در مدلسازی مسایل مهندسی آب. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر.

۲- سفیدپری، پ.، رفیعی، ش, اکرم، ا. ۱۳۹۱. مدلسازی عملکرد تخم مرغ تولیدی با رویکردی بر مدیریت انرژی مصرفی در واحدهای مرغداری استان البرز با استفاده از سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی (ANFIS). اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست؛ ۲۰ اسفندماه ۱۳۹۱، تهران.

۳- سفیدپری، پ.، رفیعی، ش.، اکرم، ا. ۱۳۹۰. مدلسازی عملکرد انرژی خروجی حاصل از انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر با استفاده از سیستم استنتاج عصبی–فازی تطبیقی در گاوداری های شیری استان تهران. ششمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی؛ ۱۱–۹ اسفند۱۳۹۰, دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

۴- کنارکوهی، ع.،سلیمان جاهی، ح.، فلاحی، ش.، ریاحی مدوار، ح.، مشکات،ز. ۱۳۸۹. استفاده از سامانه جدید هوشمند استنتاج فازی–عصبی تطبیقی (ANFIS) برای پیش بینی قدرت سرطان زایی ویروس پاپیلومای انسانی. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک ۱۳: ۱۰۵–۱۹۵.

5- Assareh E, Behrang M, Assareh R, Hedayat N. 2011. Integration of Artificial Neural Network and Intelligent optimization techniques on world electricity consumption estimation. World Academy of Science, Engineering and Technology 73: 690-694.

6- Baileya J, Gordona R, Burtonb D, K.Yiridoe E. 2008. Energy conservation on Nova Scotia farms: Baseline energy data. Energy 33: 1144-1154.

7- Basarir A. 2003. Goals of Beef Cattle and Dairy Producers: A Comparison of the Fuzzy Pair -Wise Method and Simple Ranking Procedure. the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Mobile. Report no.

8- Bishop R. 1993. Economic efficiency, sustainability, and biodiversity. Ambio 22: 69-73.

9- Chauhan N, Mohapatra P, Pandey K. 2006. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking: an application of data envelopment analysis. Energy Conversion Management 47: 1063-1085.

10- Coley D, Goodliffe E, Macdiarmid J. 1998. The embodied energy of food: the role of diet. Energy Policy 26: 455-459.

11- Dovers R, Handmer J .1993 .Contradiction in sustainability. Environment Conservation 20: 217-221.

12- Ghobadian B, Rahimi H, Nikbakht A, Najafi G, Yusaf T. 2009. Diesel engine performance and exhaust emission analysis using waste cooking biodiesel fuel with an artificial neuralnetwork. Renewable Energy 34: 976-982.

13- Grzesiak W, Blaszczyk P, Lacroix R. 2006a. 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 54: 69-83.

14- Grzesiak W, Błaszczyk P, Lacroix R. 2006b. 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 54: 69-83.

15- Heidari M ,Omid M, Akram A. 2011. Application of Artificial Neural Network for Modeling Benefit to Cost Ratio of Broiler Farms in Tropical Regions of Iran. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3: 546-552.

16- Heitschmidt R, Short R, GringsE. 1996. Ecosystems, sustainability, and animal agriculture. Journal of Animal Science 74: 1395-1405.

17- Jamshidi M. 2003. Tools for intelligent control: Fuzzy controllers, neural networks and genetic algorithms. Philos Transact A Math Phys Eng Sci 361: 1781-1808.

18- Jang J, Sun C, Mizutani E. 1997. Neuro- fuzzy and soft computing. U.S.A: Practice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

19- Kaknaroglu H. 2010. Cultural energy analysis of dairy cattle receiving different concentrate levels. Energy conversion and management 51: 955-958.

20- Kartalopoulos S. 1996. Understanding neural networks and fuzzy logic, Basic concepts and applications: IEEE Press.

21- Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Yousefi M. 2013a. Prediction of environmental indices of Iran wheat production using artificialneural networks. International Journal of Energy & Environment Foundation 4: 339-348.

22- Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Mousazadeh H. 2014. Prediction of potato yield based on energy inputs using multi-layer adaptive neuro-fuzzy inference system. Measurement 47: 514-521.

23- Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Mousazadeh H, Clark S. 2013b. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. Journal of Cleaner Production. Article in press.

24- Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Yousefi M, Movahedi M. 2013c. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy 52: 333-338.

25- Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Mousazadeh H, Sefeedpari P. 2013d. Prognostication of environmental indices in potato production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production 52: 402-409.

26- Kitani O. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering. St Joseph: ASAE Publications.

27- Kittle A. 1993. Alternate daily cover materials and subtitle, the selection technique Rusmar: Incorporated West Chester, PA.

28- Kraatz S, Berg W. 2006. Determination of energy demand in dairy farming. Paper presented at International Scientific Conference; 07-09-2006, Rousse, Bulgaria.

29- Kraatz S, Berg W, Brunsch R. 2009. Factors influencing energy demand in dairy farming. South African Journal of Animal Science 39: 139-140.

30- Lawson W. 1996. Building materials energy and the environment - towards ecologically sustainable development: Sydney.

31- Meul M, Neven F, Reheul D, Hofman G. 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. Agriculture, Ecosystems and Environment 119: 135-144.

32- Moitzi G, Damm D, Weingartmann H, Boxberger J. 2010. Analysis of energy intensity in selected Austrian dairy farms with focus on concentrate level in feeding. Bulletin UASVM Agriculture 67: 194-197.

33- Naderloo L, Alimardani R, Omid M, Sarmadian F, JaJavadikiaP, Torabi MY, Alimardani F. 2012. Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. Measurement 45: 1406-1413.

34- Ozkan B, Kuklu A, Akcaoz H. 2004. An input- output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case studyfor Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy 26: 89-95.

35- Pan L, Yang S. 2006. Analyzing Livestock Farm Odour Using a Neuro-fuzzy Approach: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

36- Pulido-Calvo I, Gutie´rrez-Estrada J. 2009. Improved irrigation water demand forecasting using a soft- computing hybrid model. Biosystems Engineering 102: 202-218.

37- Ramirez CA, Patel MK, Blok K. 2006. From fluid milk to milk powder: Energy use and energy efficiency in the European dairy industry. Energy 31: 1984-2004.

38- Sainz RD. 2003.Livestock-environment initiative fossil fuels component: framework for calculation fossil fuel use in livestock systems. Report no.

39- Trejo-Perea M, Herrera-Ruiz G, Rios-Moreno J, Castaneda Miranda R, Rivasa Raiza E. 2009. Greenhouse Energy Consumption Prediction using Neural Networks Models. International Journal of Agricultural & Biology 11: 1-6.

40- Vavra M. 1996. Sustainability of animal production systems: an ecological perspective. Journal of Animal Science 74: 1418-1423.

41- Wells D. 2001. Technical paper, Total energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study. Wellington. Report no. 0-478-07968-0.

42- Yang C, Prasher S, Landry J, Ramaswamy H. 2003. Development of an herbicide application map using artificial neural networks and fuzzy logic. Agricultural Systems 76: 561-574.

Milk yield Modeling based on energy use pattern using a multi-layer adaptive neruo-fuzzy inference system

Paria Sefeedpari[1], Shahin Rafiee[2], Asadollah Akram[3], Majid Khanali[4]

1-Ph.D. Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.paria.sefeedpari@ut.ac.ir
2-Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.shahinrafiee@ut.ac.ir
3-Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.aakram@ut.ac.ir
4-Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.khanali@alumni.ut.ac.ir

Abstract

In the present study, two intelligent systems, artificial neural networks (ANNs) and multi-layer adaptive neruo-fuzzy inference system(MLANFIS) techniques were employed in order to model the produced milk of dairy farms on the basis of consuming energy. Data were collected from 50 dairy farmers for the purpose of investigating the energy use pattern. The energy equivalents of inputs were calculated as the next step. Then, inputs (fossil fuels, electricity, human labour, machinery and equipment and cows feed) were clustered based on their energy share in total energy input during a production year (305 days of lactation and 60 days of drying period) andANFIS program was written and developed. The predictedvalues of the first ANFIS network were considered as the input parameters to the second ANFIS network and so on for the ANFIS three. Finally, the milk yield was prophesied and the model validation was examine by statistical parameters, correlation coefficient (0.88) and mean absolute percentage error (0.085٪). The results indicated that MLANFIS approach in contrast with ANNs method has been valid and efficient in predicting and modeling the milk yield

Keywords: Energy, Adaptive neural-fuzzy inference system, artificial neural networks, milk, modeling.