



مدل‌سازی راندمان انرژی در تولید مرغ گوشتی به کمک رویکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون (مطالعه موردی: استان اردبیل)

سماء عمید^{۱*}، ترحم مصری گندشمین^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۵)

چکیده

سامانه‌های تولیدی در صنایع زیستی بر مدیریت منابع و تبدیل صور مختلف انرژی استوار است. این پژوهش به بررسی و مدل‌سازی غیرپارامتریک انرژی تولید مرغ گوشتی پرداخته است. نمونه‌های مورد بررسی، مشتمل بر ۷۰ تولیدکننده مرغ گوشتی استان اردبیل بود که به‌طور تصادفی از جامعه آماری منطقه انتخاب شدند. در این مطالعه، معادل انرژی مصرفی در صنعت مذکور برآورد شد و سپس شاخص‌های انرژی محاسبه شد. سپس با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی میزان معادل انرژی ستانده و عملکرد سیستم، مدل‌سازی و برآورد شد. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش، میزان کل انرژی معادل نهاده و ستانده در تولید مرغ گوشتی به ترتیب در حدود ۱۵۳/۷۹ و ۲۷/۴۵ گیگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه مرغ محاسبه شد. بیشترین انرژی نهاده مصرفی در تولید مرغ گوشتی منطقه متعلق به سوخت فسیلی با ۶۱/۴۸ درصد از کل معادل انرژی بود. بر اساس نتایج شبکه عصبی مصنوعی بهترین ساختار برای مدل‌سازی انرژی مصرفی تولید مرغ گوشتی ساختار ۲-۱۴-۵ با ۵ ورودی، یک لایه مخفی با ۱۴ نرون و یک لایه خروجی با دو پارامتر خروجی تخمین زده شد. ضرایب تبیین مناسب‌ترین ترکیب وزن برای تخمین معادل انرژی تولید گوشت مرغ و کود بستر به ترتیب ۹۳ و ۹۱ درصد برای داده‌های آزمون و ۹۸ و ۹۵ درصد برای داده‌های اعتبارسنجی به‌دست آمد. در ارزیابی تاثیرپذیری خروجی از نهاده‌های ورودی، سوخت فسیلی بالاترین حساسیت را در بین نهاده‌های تولیدی از خود نشان داد که لزوم بازنگری در منابع انرژی را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل‌سازی، مرغ گوشتی

مقدمه

داده‌ها و تعدد ورودی سامانه از دیگر مزایای این الگو است (مصری گندشمین، ۱۳۸۸). از آنجایی که سامانه‌ها و فناوری‌های کشاورزی مبتنی بر فرآیندهای پیچیده و مبهم هستند، شبکه‌های عصبی مصنوعی، فضای لازم برای ابراز توانمندی حل مسائل موجود را دارد. مقایسه بین مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه برای پیش‌بینی تولید شیر در گاوهای شیری (مطالعه موردی کانادا) نشان داد که نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبتاً بهتر از مدل رگرسیون خطی بودند (Grzesiak *et al.*, 2006). در مطالعه دیگری، از شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی نسبت هزینه به سود در واحدهای مرغداری گوشتی در مناطق گرمسیری ایران استفاده شد (Heidari *et al.*, 2011b). در مطالعه‌های دیگر، یک مدل شبکه عصبی مصنوعی با سه متغیر ورودی شامل انرژی‌های سوخت، الکتریسیته و خوراک را به منظور پیش‌بینی مصرف انرژی طیور برای تولید تخم مرغ بکار گرفته شد (Sefeedpari *et al.*, 2012).

صنعت طیور از بزرگ‌ترین و توسعه یافته‌ترین صنایع موجود در بخش کشاورزی کشور است. گسترش و توسعه صنعت مرغداری با افزایش روز افزون جمعیت، افزایش سطح درآمد و رفاه مردم و به دنبال آن افزایش تقاضا برای گوشت سفید، جهت تأمین نیازهای پروتئینی امری ضروری به نظر می‌رسد. واحدهای مرغداری یکی از انواع مزارع دامی محسوب می‌شوند که فعالیت آن‌ها طی سال‌های اخیر روند رو به افزایشی داشته است (دشتی و همکاران، ۱۳۹۰؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۱). توجه به اهمیت مبحث انرژی به عنوان مقوله‌ای مؤثر در یک مرغداری و بررسی میزان مصرف آن در این بخش و مشکلات موجود در سطح تولید، توزیع و مصرف انرژی سامانه تماماً ناشی از ضعف مدیریت انرژی است. در سال ۱۳۹۱ تعداد ۱۸ هزار و ۵۰۲ واحد مرغداری گوشتی در ایران موجود بود که از این تعداد ۱۴ هزار و ۵۵۶ واحد مرغداری فعال بوده و استان‌های مازندران، اصفهان و خراسان رضوی بیشترین تعداد مرغداری‌ها را در بین سایر استان‌ها به خود اختصاص داده‌اند (بی‌نام، ۱۳۹۱). استان اردبیل دارای ۳۴۷ واحد مرغداری در سال ۱۳۹۲ بوده است که از این تعداد ۳۳۸ واحد فعال گزارش شدند. ظرفیت کل مرغداری‌های استان اردبیل برابر ۵ میلیون و

وابستگی بیش از حد به منابع انرژی در صنایع زیستی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه منجر به بروز مشکلات عدیده زیست‌محیطی، تجاری، فنی و حتی اجتماعی شده است که کاهش اثرات منفی آن نیاز به بررسی عمیق دارد (Safa and Samarasinghe, 2011). حیات جوامع سنتی روستایی نیز، وابسته به منابع انرژی است با این تفاوت که حجم فعالیت‌های تولیدی معیشتی، قابل مقایسه با صنایع زیستی نیست. اهمیت امنیت غذایی و لاجرم بودن تولید انبوه، بررسی الگوهای چرخه انرژی و بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی و صنایع زیستی را پررنگ‌تر نموده است (Hatirli *et al.*, 2005; Bekhet and Abdullah, 2010). افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی در پاسخ به افزایش جمعیت، افزایش استاندارد زندگی و محدودیت آب و زمین‌های قابل کشت است. تمامی سامانه‌های تولیدی به منظور حداکثرسازی عملکرد و به حداقل رساندن فشار بر نیروی کارگری، به رویکرد افزایش ورودی‌های انرژی تشویق شده‌اند (Esengun *et al.*, 2007). بهبود بهره‌وری چرخه انرژی در صنایع کشاورزی یکی از اقدامات کلیدی برای بهبود مصرف انرژی است که صرفه‌جویی مالی، حفاظت از منابع فسیلی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی را به دنبال دارد (Pahlavan *et al.*, 2012). به طور کلی مطالعات متعددی به منظور بررسی چرخه انرژی در تولید محصولات کشاورزی از جمله سویا (Mandal *et al.*, 2002)، سبزیجات (Hatirli *et al.*, 2005; Esengun *et al.*, 2007)، چغندر قند (Erdal *et al.*, 2007)، سیب‌زمینی (Zangeneh *et al.*, 2010; Rajabi-Hamedani *et al.*, 2010)، مرغ گوشتی (Amid *et al.*, 2015) و غیره در سطح جهان صورت گرفته است.

تبیین روابط بین نهاده‌ها و ستانده‌ها در سامانه‌های تولید به کمک روابط ریاضی و پارامتریک، نیازمند تعریف دقیق روابط حاکم بر فرآیندهای سامانه است. روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) به عنوان روشی در انجام محاسبات نرم با قابلیت یادگیری می‌باشد. از مزایای روش هوشمند در مدل‌سازی، به حداقل رسیدن پیش‌فرض‌های پارامتریک در مدل‌های غیرآماري است، فرآیند موازی

این روش، ۷۰ مرغدار به طور تصادفی از جامعه آماری انتخاب شدند.

در مطالعه انجام شده، نهاده‌های مورد استفاده در تولید مرغ گوشتی شامل نیروی کارگری، ماشین‌ها و تأسیسات مرغداری (آسیاب، آبخوری، دانخوری، کولر، دستگاه گرم‌کننده و ...)، سوخت، الکتریسیته و دان مصرفی است. ستانده سامانه تولیدی، گوشت مرغ و کود بستر در نظر گرفته شد. هم‌ارز انرژی، نهاده‌ها و ستانده‌های سامانه تولیدی بر اساس ضرایب و هم‌ارزهایی که در منابع ذکر شده است در نظر گرفته شدند و بر این اساس با ضرب مقدار کمی مصرف نهاده‌ها و ستانده‌ها در این ضرایب، انرژی مصرفی در عملیات مختلف محاسبه شد. ضرایب نهاده‌ها و ستانده‌ها در جدول ۱ به‌طور خلاصه ارائه شده است.

۵۰۲ هزار و ۲۱۰ قطعه مرغ و مقدار گوشت تولیدی این استان در سال ۱۳۹۲ برابر با ۹ میلیون و ۵۳۹ هزار و ۷۵۵ تن گزارش شده است (بی‌نام، ۱۳۹۲). هدف اصلی از مطالعه حاضر، بکارگیری مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی انرژی و میزان ستانده‌های تولید مرغ گوشتی بر اساس نهاده‌های انرژی در استان اردبیل است.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق از واحدهای پرورش مرغ گوشتی در استان اردبیل جمع‌آوری شد. زمان جمع‌آوری داده‌ها برای این مطالعه از اواسط شهریور ماه سال ۱۳۹۲ شروع و تا اواخر آذرماه همان سال (یک دوره رشد) ادامه یافت. حجم نمونه با استفاده از روش کوکران تعیین شد (Rafiee *et al.*, 2010; Ozkan *et al.*, 2004). بر اساس

جدول ۱- ضرایب انرژی نهاده‌های مصرف شده و ستانده‌های تولید شده در تولید مرغ گوشتی

Table 1. Energy coefficients of input and output variables in broiler production

Items	Units	Energy equivalent (MJ unit ⁻¹)	Reference
Inputs:			
Human labor	hr	1.96	(Pishgar-komleh <i>et al.</i> , 2011)
Machinery			
Polyethylene	kg	46.3	(Kittle, 1993)
Galvanized iron	kg	38	(Sefeedpari <i>et al.</i> , 2012)
Steel	kg	62.7	(Chauhan <i>et al.</i> , 2006)
Electric motor	kg	64.8	(Chauhan <i>et al.</i> , 2006)
Fuel	L	47.8	(Kitani, 1999)
Feed			
Maize	kg	7.9	(Atilgan and Koknaroglu, 2006)
Soybean meal	kg	12.06	(Atilgan and Koknaroglu, 2006)
Di-calcium phosphate	kg	10	(Alrwis and Francis, 2003)
Minerals and vitamins	kg	1.59	Saniz, 2003)
Fatty acid	kg	9	(Heidari <i>et al.</i> , 2011a)
Electricity	kWh	11.93	(Ozkan <i>et al.</i> , 2004)
Outputs:			
Broiler	kg	10.33	(Heidari <i>et al.</i> , 2011a)
Manure	kg	0.3	(Grzesiak <i>et al.</i> , 2009)

به کمک روابطی که در منابع مختلف ارائه شده است محاسبه شدند (Hatirli *et al.*, 2006; Rafiee *et al.*, 2010):

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (1)$$

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (2)$$

کارایی انرژی ستانده و نهاده، به کمک شاخص‌هایی مشتمل بر نسبت انرژی (ER^۱)، بهره‌وری انرژی (EP^۲)، انرژی ویژه (SE^۳) و افزوده خالص انرژی (NE^۴) تعیین می‌شود که این شاخص‌ها

1. Energy Ratio
2. Energy Productivity
3. Specific Energy
4. Net Energy

مصنوعی متشکل از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی، به طور گسترده در مدل‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چیدمان پیشخور، یک شبکه با اتصالات کامل را تشکیل می‌دهد که در آن خروجی هر لایه به ورودی لایه بعدی متصل است (عمید، ۱۳۹۳). همه اتصالات بین لایه‌های ورودی و لایه‌های پنهان تشکیل ماتریس وزن ورودی و تمام اتصالات بین لایه‌های پنهان و لایه خروجی، تشکیل ماتریس وزن خروجی را می‌دهند. وزن (w) که مقادیر انتشار (x) و خروجی (O) را از هر گره کنترل می‌کند، با استفاده از مقدار لایه قبلی، مطابق با رابطه (δ) تعیین می‌شود که در آن T حد آستانه ویژه برای هر گره می‌باشد و f یک تابع غیرخطی سیگموئیدی است (Zhao et al., 2009):

$$O = f\left(T + \sum w_i x_i\right) \quad (5)$$

در این تحقیق از الگوریتم‌های آموزش لوبنبرگ-مارکواریت (LM) که سرعت آموزش و همگرایی بالایی دارد، برای بهنگام‌سازی وزن‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. ارزیابی کارایی مدل به کمک معیارهای دیگری از جمله ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) انجام شد (Mesri-Gundoshmian et al., 2010).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K (d_q^k - z_q^k)^2}{\sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K z_q^k{}^2} \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{KQ} \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K (d_q^k - z_q^k)^2} \quad (7)$$

$$MAE = \frac{1}{KQ} \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K \left| d_q^k - z_q^k \right| \quad (8)$$

که در آن d_q^k مؤلفه k ام از الگوی q ام خروجی شبکه بوده و z_q^k مؤلفه k ام مقدار واقعی از الگوی q ام و Q تعداد الگوها در مجموعه داده‌های آزمون و K تعداد متغیرهای خروجی است.

$$SE = \frac{E_{in}}{Y} \quad (3)$$

$$NE = E_{out} - E_{in} \quad (4)$$

که در آن، E_{out} انرژی خروجی (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه مرغ)، E_{in} انرژی ورودی (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه مرغ) و Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر ۱۰۰۰ قطعه مرغ) است. تقاضای انرژی در صنایع کشاورزی به شکل انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم، انرژی تجدیدپذیر و انرژی تجدیدناپذیر تعریف می‌شود. منابع انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی، سوخت دیزل و الکتریسیته است، در حالی که انرژی غیرمستقیم انرژی صرف شده در تجهیزات و خوراک مصرفی برای تولید مرغ گوشتی را پوشش می‌دهد. در تقسیم‌بندی دیگر، انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی و خوراک مصرفی است، در حالی که منابع انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت دیزل، تجهیزات الکتریسیته است.

شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی سامانه‌های پیچیده حتی در مواردی که داده‌های تجربی محدود در دسترس باشد، توانمندی بسیار بالایی دارد (مصری گندشمین، ۱۳۸۸). در مطالعه حاضر نهاده‌های نیروی انسانی، تجهیزات، سوخت، دان مصرفی و الکتریسیته به عنوان متغیرهای ورودی و انرژی گوشت مرغ و کود بستر به عنوان متغیرهای خروجی در سیستم شبکه عصبی در نظر گرفته شدند. در طراحی مدل شبکه عصبی مصنوعی، پیش از شروع شبیه‌سازی، داده‌ها به دو دسته داده‌های آموزش و داده‌های آزمون مدل تقسیم شدند. ۷۰ درصد از داده‌های تحقیق به عنوان داده‌های آموزشی و ۱۵ درصد از داده‌ها نیز جهت آزمون و ۱۵ درصد جهت اعتبارسنجی مدل مشخص شدند. برای دستیابی به بهترین پیش‌بینی به وسیله شبکه، چندین ساختار با استفاده از داده‌های تجربی مورد ارزیابی و آموزش قرار گرفتند. تعداد نرون‌ها برای لایه‌های ورودی و خروجی، بر اساس تعداد نهاده‌ها و ستانده‌های تولید مرغ گوشتی، تعیین شدند. همچنین یک دو لایه مخفی برای مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی به منظور دستیابی به بهترین نتیجه ارزیابی شدند و مناسب‌ترین ساختار برای مدل‌سازی انتخاب شد. شبکه پرسپترون چندلایه (MLP)^۱، ساختاری از شبکه عصبی

2. Levenberg-Marquardt
3. Root Mean Square Error
4. Mean Absolute Error

1. Multi Layer Perception

دلیل بالا بودن مصرف این نوع از منبع انرژی، ارزانی و عدم مدیریت کارآمد منابع آن است. مصرف بالای سوخت فسیلی در واحدهای مرغداری منطقه به دلیل برودت هوا بخصوص در فصل‌های سرد سال و استفاده از گرم‌کننده‌های با بازدهی پایین و عدم عایق‌بندی مناسب سالن‌های پرورش است. خوراک دام دومین نهاده پرمصرف انرژی بعد از سوخت می‌باشد که ۳۴/۹۸ درصد از کل انرژی مصرفی را شامل شده است. انرژی الکتریسیته با ۳/۰۵ درصد در جایگاه سوم قرار گرفته است. کمترین انرژی مصرفی مربوط به نیروی کارگری با سهم انرژی ۰/۱۰ درصد می‌باشد. پیش از این در یک مطالعه روی مصرف انرژی در پرورش مرغ گوشتی نشان دادند که در میان تمام نهاده‌های مصرفی، سوخت و خوراک دام بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند (Heidari et al., 2011a). همچنین، نتایج تحلیل مصرف انرژی برای تولید مرغ گوشتی در استان گیلان نشان داد که سوخت دیزل با ۵۳/۸۶ درصد و دان مصرفی با ۲۳/۴۴ درصد از جمله پرمصرف‌ترین نهاده‌ها برای تولید مرغ گوشتی در این منطقه بودند (Nabavi-Pelesaraei et al., 2013). با توجه به مقایسه مطالعات پیشین و مطالعه انجام شده تفاوتی در نوع پرمصرف‌ترین نهاده مصرفی وجود ندارد و تنها تفاوت آن در مقدار عددی و نسبت توزیع انرژی در مناطق مختلف است که حاکی از متفاوت بودن شرایط محیطی و تفاوت در سامانه‌های تولید واحدهای مرغداری است.

مقادیر شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی برای پرورش مرغ گوشتی در جدول ۳ نشان داده شده است. نسبت انرژی تولید مرغ گوشتی در منطقه برابر با ۰/۱۸ به دست آمد که بر اساس مطالعات انجام شده، نسبت انرژی برای تولید مرغ گوشتی برابر ۰/۱۵ (Heidari et al., 2011a) و ۰/۲۶ برای مزارع لبنی (Sefeedpari, 2012) گزارش شده‌اند که بیانگر کارایی پایین چرخه انرژی تولید مرغ گوشتی در منطقه است. بهبود این شاخص از راه بالا بردن عملکرد و یا کاهش انرژی ورودی یا هر دو مورد امکان‌پذیر است. بهره‌وری انرژی سیستم ۰/۰۳ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد که معادل مصرف یک مگاژول انرژی به ازای تولید حدود ۰/۰۳ کیلوگرم مرغ زنده است.

تجزیه و تحلیل، رتبه‌بندی و انتخاب متغیرهای ورودی از راه آنالیز حساسیت و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (SAANN) انجام شد. آنالیز حساسیت (SA) عبارتست از مشتق جزئی تابع شبکه عصبی تولید شده نسبت به متغیرهای ورودی، وزن‌ها و متغیرهای خروجی، که بر این اساس این رابطه قادر به محاسبه حساسیت شبکه تولید شده نسبت به متغیرهای ورودی خواهد بود. فرمول‌های محاسباتی آنالیز حساسیت انجام شده (S) بر اساس مشتقات جزئی، به شرح زیر است (Sung, 1998):

$$S = \frac{\partial O}{\partial I} = O' \left(\sum_{j=1}^l w_{ij}^1 H' w_{ij}^2 \right) \quad (9)$$

$$S = \frac{\partial f(O)}{\partial X} \sum_{j=1}^l \left(w_{ij}^1 \frac{\partial f(H)}{\partial X} w_{ij}^2 \right) \quad (10)$$

که در آن O لایه خروجی و H یک گره پنهان بوده که متمایز شده است، w_{ij}^1 و w_{ij}^2 به ترتیب وزن‌های مربوط به اتصال قبل و بعد از لایه پنهان در شبکه عصبی هستند. اتصال اول برای ورودی و لایه مخفی و اتصال دوم برای گره پنهان و لایه خروجی است (Sung, 1998).

در این تحقیق اطلاعات اولیه در تولید انرژی ورودی و شاخص‌های انرژی در تولید مرغ گوشتی با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ و SPSS نسخه ۲۰ مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت و به منظور پیش‌بینی جریان مصرف انرژی از نرم‌افزار MATLAB R2013a بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

چرخه انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها و درصد توزیع آن‌ها به ازای تولید ۱۰۰۰ قطعه مرغ گوشتی در جدول ۲ نمایش داده شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که به طور متوسط برای پرورش ۱۰۰۰ قطعه مرغ گوشتی ۱۵۳۷۹۳/۱۸ مگاژول انرژی از منابع مختلف مصرف می‌شود. در مقابل، متوسط انرژی ستانده شامل گوشت مرغ و کود بستر برای تولید مرغ گوشتی ۲۷۴۴۷/۲۶ مگاژول برآورد شده است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، سوخت فسیلی با ۶۱/۴۸ درصد بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است که

جدول ۲- معادل‌های انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید مرغ گوشتی

Table 2. Energy equivalents of input and output variables in broiler production

Items (unit)	Quantity per unit (1000 bird)	Total energy equivalent MJ (1000 bird) ⁻¹
Inputs:		
Human labor	76.59	150.12
Machinery	5.75	304.22
Fuel	1984.35	94851.69
Feed	6674.19	53793.98
Electricity	393.39	4693.17
The total energy input		153793.18
Outputs:		
Broiler	2590.54	26760.23
Manure	2290.10	687.03
The total energy output		27447.26

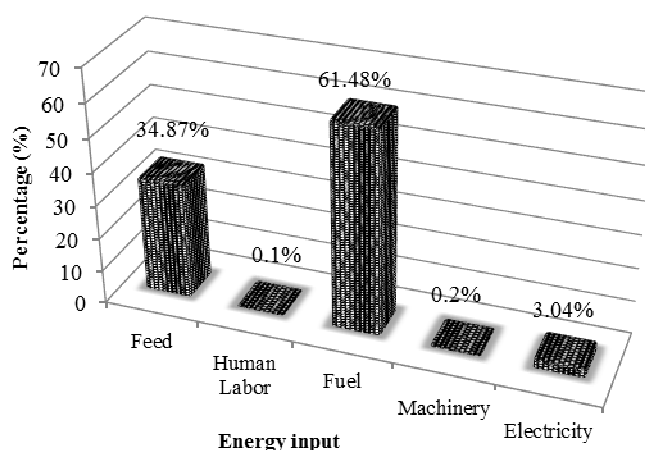


Fig.1. The contribution of various inputs of total energy in the broiler production

شکل ۱- سهم نهاده‌های مختلف از کل انرژی ورودی در تولید مرغ گوشتی

بیشتر بودن انرژی نهاده نسبت به انرژی ستانده در تولید مرغ گوشتی است. نجفی اناری و همکاران (۱۳۸۷) گزارش دادند که در تولید مرغ گوشتی در شمال اهواز افزوده خالص انرژی منفی است. همچنین نقیب‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) برای یک مرغداری در شمال استان خوزستان شاخص افزوده خالص انرژی را $494258/73 -$ مگاژول به ازای ۱۰۰۰ قطعه مرغ اعلام کردند که نشان از عدم کارایی انرژی در پرورش مرغ گوشتی در مرغداری‌های این استان‌ها دارد.

شدت انرژی در این مطالعه $59/36$ مگاژول بر کیلوگرم بدست آمد که نشان می‌دهد به ازای تولید هر یک کیلوگرم مرغ، $59/36$ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. بهره‌وری انرژی و شدت انرژی برای تولید مرغ گوشتی به ترتیب برابر $0/014$ کیلوگرم بر مگاژول و $71/95$ مگاژول بر کیلوگرم در استان یزد و $0/01$ کیلوگرم بر مگاژول و $83/53$ مگاژول بر کیلوگرم در استان گیلان گزارش شده‌اند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۱؛ Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2013). نتایج این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که شاخص افزوده خالص انرژی منفی است که بیانگر

جدول ۳- میزان شاخص‌های انرژی و سهم هر یک از اشکال انرژی در تولید مرغ گوشتی

Table 3. The amount of energy indexes and the contribution of each forms of energy in broiler production

Items	Unit	Value
Energy use efficiency	-	0.18
Energy productivity	kg MJ ⁻¹	0.03
Specific energy	MJ kg ⁻¹	59.36
Net energy	MJ(1000 bird) ⁻¹	-126291.92
Direct energy	MJ (1000 bird) ⁻¹	99694.21 (64.82%)
Indirect energy	MJ (1000 bird) ⁻¹	54098.87 (35.18%)
Renewable energy	MJ (1000 bird) ⁻¹	53944.10 (35.07%)
Non-renewable energy	MJ (1000 bird) ⁻¹	99849.08 (64.93%)

۲۰ در لایه مخفی مورد آموزش، آزمون و اعتبارسنجی قرار گرفتند. بعد از اتمام فرایند آموزش و ثابت کردن مدل شبکه عصبی، توانمندی مدل در تخمین عملکرد تولید مرغ گوشتی با توجه به انرژی مصرفی نهاده‌های مختلف ارزیابی شد. توانایی تعمیم شبکه از عوامل متعددی از جمله انتخاب ساختار مناسب، تعداد نرون‌ها و توابع فعال‌سازی مناسب ناشی می‌شود.

از مجموعه داده‌های مورد استفاده در این تخمین ۴۸ نمونه برای آموزش شبکه، ۱۱ نمونه برای اعتبارسنجی و ۱۱ نمونه برای آزمون به طور تصادفی در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج این مدل‌سازی، ساختار ۲-۱۴-۵ با ورودی، یک لایه مخفی با ۱۴ نرون و یک لایه خروجی با دو پارامتر خروجی به عنوان بهترین ساختار برای مدل انتخاب شد (شکل ۲). بهترین عملکرد بدست آمده از شبکه در مراحل آموزش، آزمون و اعتبارسنجی در جدول ۴ نشان داده شده است.

مقادیر و درصد انواع مختلف انرژی برای تولید گوشت شامل انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در جدول ۳ ارائه شده است. در تولید مرغ گوشتی به سبب مصرف بالای سوخت و الکتریسیته که جزء انرژی‌های مستقیم هستند، درصد انرژی‌های مستقیم به مراتب بیشتر از انرژی‌های غیرمستقیم است. همچنین سوخت فسیلی و الکتریسیته که عمده نهاده‌های مصرفی در پرورش مرغ گوشتی هستند، جزء انرژی‌های تجدیدناپذیر محسوب می‌شوند و به این دلیل حجم مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بیش از انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است. بنابراین با توجه به بحران انرژی و مشکلات افزایش آلودگی در حال حاضر این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است و با توجه به شرایط منطقه، امکان استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر توصیه می‌شود. به‌منظور دستیابی به بهترین ساختار شبکه، تعداد مختلفی از ساختارها با یک و دو لایه و با تعداد نرون‌های یک تا

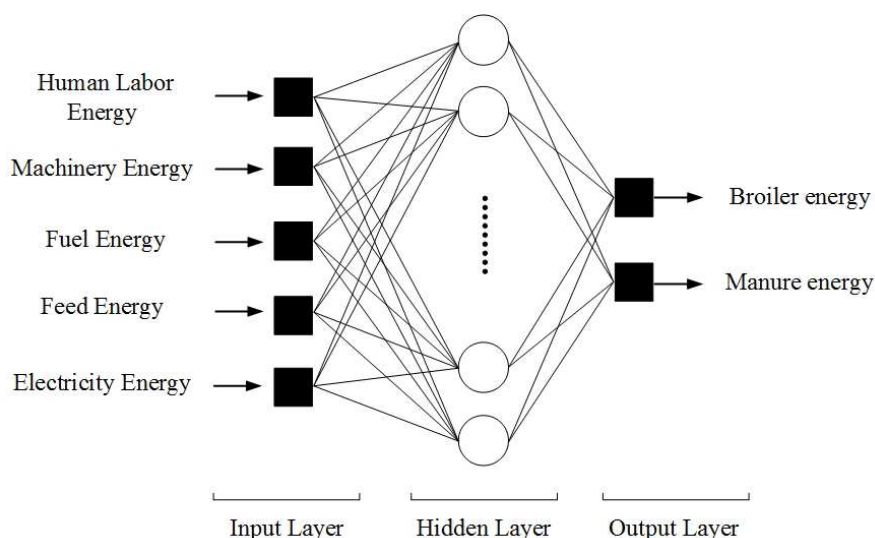


Fig.2. Schematic diagram of ANN model with 5-14-2 structure

شکل ۲- نمودار شمایک مدل ANN با ساختار ۲-۱۴-۵

جدول ۴- عملکرد شبکه عصبی برای مدل‌سازی راندمان استفاده از انرژی مصرفی در تولید مرغ گوشتی

Table 4. Statistical performance of neural network for modeling energy efficiency in broiler production

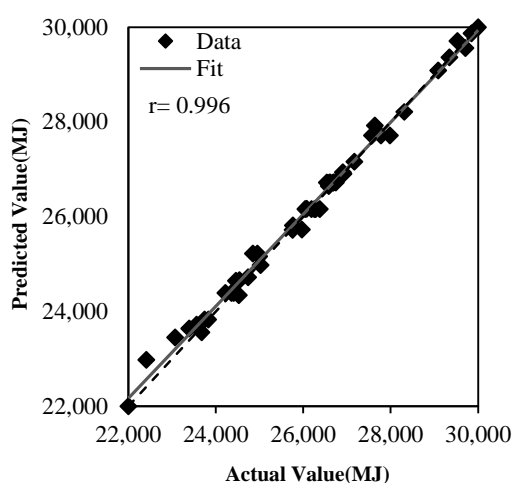
Items	Train			Test			Validation		
	R ²	*RMSE	**MAE	R ²	RMSE	MAE	R ²	RMSE	MAE
Broiler energy	0.994	0.016	0.537	0.929	0.051	0.686	0.982	0.035	0.046
Manure energy	0.876	0.066	0.556	0.908	0.073	0.721	0.951	0.060	0.051

* Root Mean Square Error

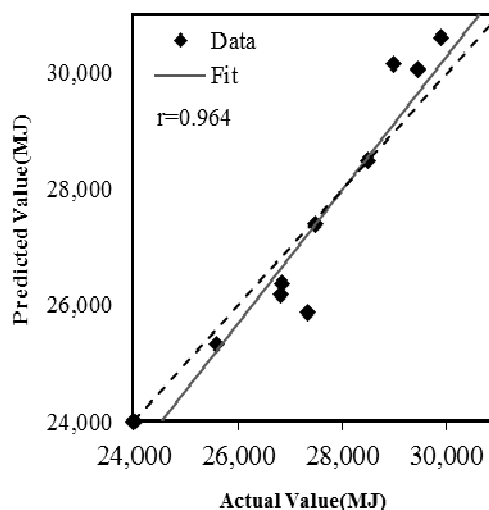
** Mean Absolute Error

برآورد شدند. مشخصات شاخص‌های آماری این شبکه وضعیت مطلوبی را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده توان بالای آن در مدل‌سازی این شاخص می‌باشد. توزیع داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده به وسیله مدل در شکل ۳ برای گوشت مرغ و در شکل ۴ برای کود بستر در مجموعه داده‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی ارائه شده است.

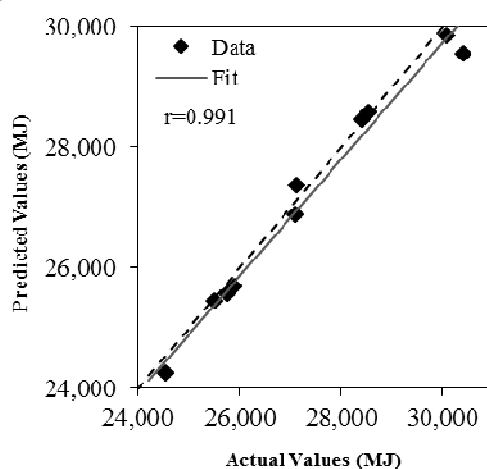
مطابق با جدول ۴ مقادیر ضریب تبیین مدل‌های انرژی خروجی گوشت مرغ و انرژی کود بستر برای داده‌های آموزش به ترتیب ۰/۹۹۴ و ۰/۸۷۶، برای داده‌های آزمون به ترتیب ۰/۹۲۹ و ۰/۹۰۸ و برای داده‌های اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۹۸۲ و ۰/۹۵۱ محاسبه شدند. همچنین مقادیر RMSE داده‌های آموزش به ترتیب ۰/۰۱۶ و ۰/۰۶۶ و مقادیر MAE نیز به ترتیب ۰/۵۳۷ و ۰/۵۵۶



a) Train



b) Test



c) Validation

Fig. 3. Scatter diagram of the predicted and actual values of broiler equivalent energy

شکل ۳- نمودار پراکندگی مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی انرژی معادل گوشت مرغ

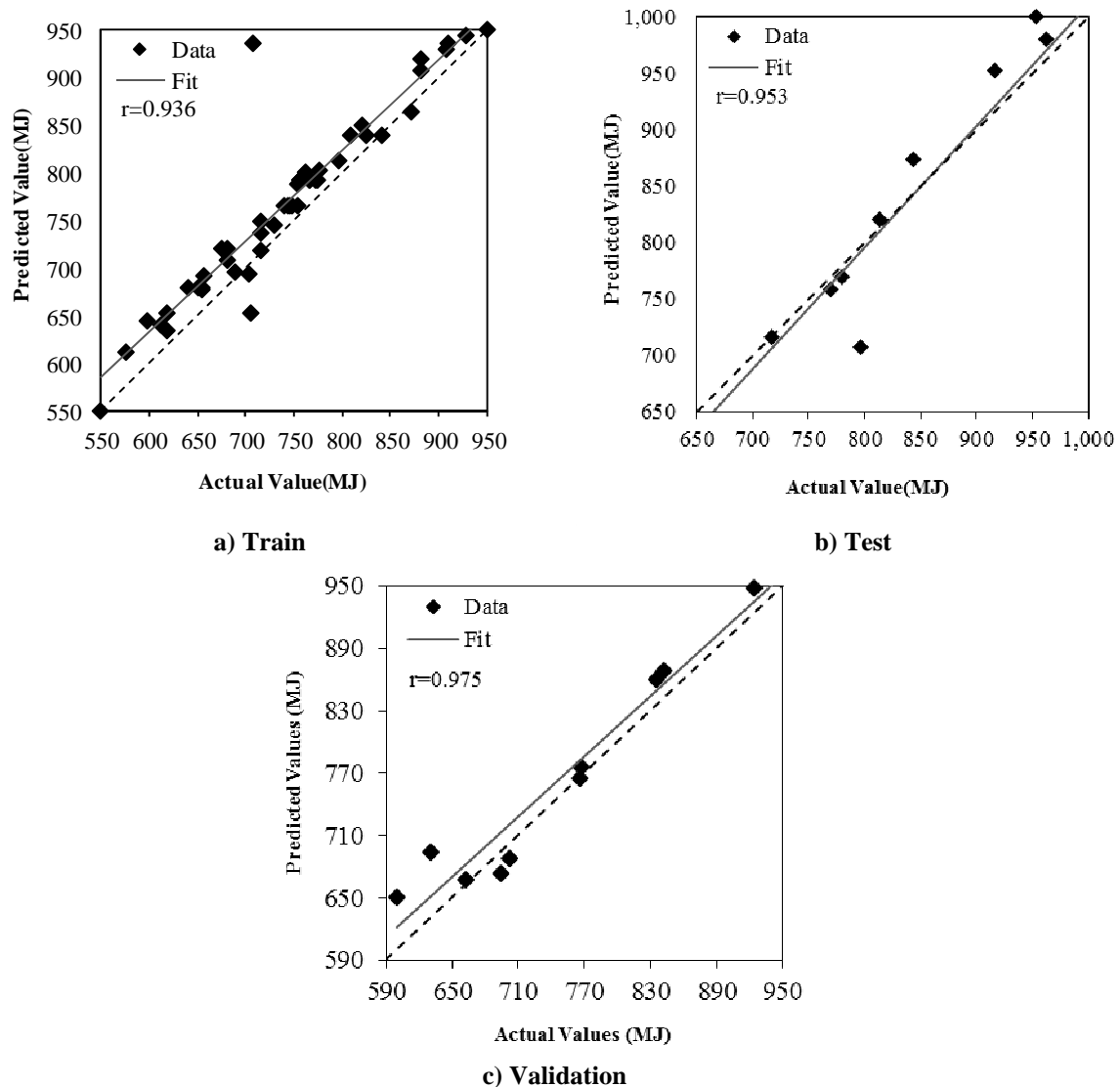


Fig. 4. Scatter diagram of the predicted and actual values of manure equivalent energy

شکل ۴- نمودار پراکندگی مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی انرژی معادل کود مرغ

دیگری، یک مدل بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور پیش‌بینی انرژی خروجی در طیور برای تولید تخم‌مرغ توسعه داده شد. نتایج مطالعه نشان داد که بهترین مدل از یک لایه ورودی با سه متغیر، یک لایه پنهان با سیزده نرون و یک لایه خروجی با یک متغیر خروجی تشکیل شده است (انرژی سوخت، خوراک دام و الکتریسته به عنوان متغیرهای ورودی و انرژی خروجی تخم‌مرغ به عنوان متغیر خروجی). نتایج اعتبارسنجی، عملکرد شبکه را با ضریب تبیین بالا برابر با ۰/۹۹۲، حداقل میانگین خطای نسبی برابر با ۰/۰۱۷ و متوسط درصد خطای مطلق برابر با ۱/۲۴ درصد نشان داد (Sefeedpari et al., 2012).

در مطالعه‌ای پیرامون مدل‌سازی نسبت هزینه به سود در واحدهای مرغدای گوشتی در استان یزد با استفاده از شبکه عصبی، ساختار بهینه ۱-۲۰-۵ (۵ ورودی، یک لایه مخفی با ۲۰ نرون و یک لایه خروجی با یک پارامتر خروجی) را به عنوان بهترین مدل معرفی نمودند که در آن پارامترهای ورودی شامل هزینه جوجه یک روزه، هزینه نیروی انسانی، هزینه خوراک، هزینه سوخت و هزینه الکتریسته و پارامتر خروجی شامل نسبت سود به هزینه بود. همچنین در این پژوهش مقادیر ضریب تبیین (R^2)، MSE^۱ و MAPE^۲ به ترتیب ۰/۹۷۸، ۰/۰۰۲ و ۲/۵۶۹ گزارش شدند (Heidari et al., 2011b). در مطالعه

1. Mean Squared Error
2. Mean Absolute Percentage Error

حساسیت نزدیک به یک) و کمترین معنی‌داری (با حساسیت نزدیک به صفر) است، وجود دارد. بر اساس نتایج، سوخت دیزل بالاترین حساسیت را در میان ورودی‌ها با ۰/۰۵۱ و ۰/۱۰۴ به ترتیب برای ستانده‌های انرژی‌های گوشت مرغ و کود بستر داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که با استفاده از یک مگاژول انرژی اضافی برای انرژی سوخت دیزل، ۰/۰۵۱ و ۰/۱۰۴ مگاژول افزایش در انرژی‌های خروجی به ترتیب در انرژی‌های گوشت مرغ و کود بستر نتیجه می‌شود. به دنبال سوخت دیزل، تجهیزات و دان مصرفی بالاترین حساسیت را به خود اختصاص دادند. حساسیت الکتریسیته و نیروی انسانی نسبتاً کم بود.

نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت برای متغیرهای نهاده‌های انرژی در جدول ۵ نشان داده شده است. توان مدل با بررسی و مقایسه خروجی تولید شده طی مرحله اعتبارسنجی با مقادیر محاسبه شده مشخص شد. خروج تک به تک هر کدام از پارامترهای ورودی در حالی که تغییری در پارامترهای مربوط به الگوهای دیگر وجود ندارد، باعث آموزش مدل MLP می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده در جدول ۵، سهم هر یک از پارامترهای ورودی از مدل MLP برآزش شده در خروجی‌های مورد نظر (گوشت مرغ و کود بستر) به وضوح مشاهده می‌شود. با این نوع تحلیل، امکان قضاوت این‌که طی تولید شبکه MLP مطلوب، کدام پارامتر دارای بیشترین معنی‌داری (با

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت برای متغیرهای نهاده‌های انرژی

Table 5. Sensitivity analysis results for input energy variables

Items	Broiler yield	Manure yield
Human labor	0.013	0.027
Machinery	0.047	0.095
Diesel fuel	0.051	0.104
Feed	0.022	0.044
Electricity	0.013	0.026

تبیین و کمترین مقادیر RMSE و MAE برای انرژی‌های گوشت مرغ و کود بستر در مجموعه داده‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی نشان داد که انرژی پیش‌بینی شده گوشت مرغ به وسیله شبکه عصبی، تمایل به دنبال کردن مقادیر واقعی متناظر به صورت کاملاً نزدیک دارد. با توجه به تجزیه و تحلیل حساسیت، انرژی‌های سوخت فسیلی و تجهیزات بالاترین حساسیت و الکتریسیته و نیروی انسانی کمترین حساسیت را در فرآیند چرخه انرژی تولید گوشت مرغ و کود بستر به خود اختصاص دادند. بنابراین، این مدل به عنوان یک ابزار مناسب برای برآورد انرژی‌های ستانده بر اساس انرژی‌های نهاده در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر به منظور بررسی چرخه انرژی سامانه تولید مرغ گوشتی و پیش‌بینی کارآمدی چرخه به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق متوسط کل انرژی نهاده و ستانده پرورش مرغ گوشتی به ترتیب برابر با ۱۵۳۷۹۳ و ۲۷۴۴۷ مگاژول به ازای ۱۰۰۰ قطعه مرغ محاسبه شد. انرژی‌های سوخت دیزل، دان مصرفی و الکتریسیته مؤثرترین پارامترها در مصرف انرژی بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که انرژی‌های مستقیم و تجدیدناپذیر سهم بیشتری را نسبت به انرژی غیرمستقیم و تجدیدپذیر به خود اختصاص دادند. بهترین ساختار شبکه با بالاترین ضریب

فهرست منابع

- بی‌نام، ۱۳۹۱. چکیده نتایج سرشماری از مرغداری‌های پرورش مرغ گوشتی. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مرکز آمار ایران. www.amar.org.ir.
- بی‌نام، ۱۳۹۲. آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل. واحد تولیدات دامی.
- حیدری م. د.، امید م. و اکرم الف. ۱۳۹۱. بررسی انرژی مصرفی و اثرات تعداد جوجه و نوع سیستم تهویه بر بازده مصرف انرژی واحدهای مرغ گوشتی استان یزد. مجله فناوری ماشین‌های کشاورزی، ۱(۱): ۳۳-۳۹.
- دشتی ق.، یآوری س.، پیش‌بهار الف و حیاتی ب. ۱۳۹۰. عوامل مؤثر بر کارایی تکنیکی واحدهای مرغداری گوشتی شهرستان سقز و کلیایی. نشریه پژوهش‌های علوم دامی، ۲۱(۳): ۸۳-۹۵.
- عمید س. ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی مصرف انرژی در واحدهای تولید مرغ گوشتی به کمک روش‌های فازی، مطالعه موردی: استان اردبیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.
- مصری‌گندشمین ت. ۱۳۸۸. بهینه‌سازی افت کمباین با استفاده از سیستم‌های هوشمند. رساله دکتری دانشگاه تبریز.
- نجفی‌اناری س.، خادم‌الحسینی ن.، جزایری ک.، میرزاده خ. ۱۳۸۷. بررسی کارایی انرژی در پرورش گوشت مرغی منطقه اهواز. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۶ و ۷ شهریور، مشهد، ایران.
- نقیب‌زاده ش.، جوادی الف.، رحمتی م. و مهران‌زاده م. ۱۳۸۹. بررسی چگونگی سیر مصرف انرژی برای پرورش مرغ گوشتی در منطقه شمال خوزستان. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۲۴ و ۲۵ شهریور، کرج، ایران.
- Alrwis K. N. and Francis E. 2003. Technical efficiency of broiler farms in the central region of Saudi Arabia. *Research Bulletin*, 116: 5-34.
- Amid S., Mesri-Gundoshmian T., Rafiee S. and Shahgoli G. H. 2015. Energy and economic analysis of broiler production under different farm sizes. *Elixir Agriculture*, 78: 29688-29693.
- Atilgan A. and Koknaroglu H. 2006. Cultural energy analysis on broilers reared in different capacity poultry houses. *Italian Journal of Animal Science*, 5: 393-400.
- Bekhet A. H. and Abdullah A. 2010. Energy use in agriculture sector: Input-Output analysis. *International Business Research*, 3(3): 111-121.
- Chauhan N. S., Mohapatra P. K. J. and Pandey K. P. 2006. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking: an application of data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management*, 47: 1063-1085.
- Esengun K., Erdal G., Gunduz O. and Erdal H. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. *Renewable Energy*, 32: 1873-1881.
- Erdal G., Esengun K., Erdal H. and Gunduz O. 2007. Energy use and economic analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32: 35-41.
- Grzesiak W., Błaszczuk P. and 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*, 54: 69-83.
- Hatirli S. A., Ozkan B. and Fert C. 2005. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9: 608-623.
- Hatirli S. A., Ozkan B. and Fert C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy*, 31: 427-438.
- Heidari M. D., Omid M. and Akram A. 2011a. Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. *Energy*, 36: 6536-6541.
- Heidari M. D., Omid M. and Akram A. 2011b. Application of artificial neural network for modeling benefit to cost ratio of broiler farms in tropical regions of Iran. *Research Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 3(6): 546-552.
- Kitani O. 1999. Energy and biomass engineering. In: *CIGR handbook of agricultural engineering*, vol. V. St. Joseph, MI: ASAE publication. pp. 330.
- Kittle A. P. 1993. Alternate daily cover materials and subtitle, the selection technique Rusmar, Incorporated West Chester, PA. pp. 26.
- Mandal K. G., Saha K. P., Ghosh P. K., Hati K. M. and Bandyopadhy K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy*, 23(5): 337-345.

- Mesri-Gundoshmian T., Ghassemzadeh H. R., Abdollahpour S. and Navid H. 2010. Application of artificial neural network in prediction of the combine harvester performance. *Food, Agriculture and Environment*, 8(2): 721-724.
- Nabavi-Pelesaraei A., Fallah A. and Hematian A. 2013. Relation between energy inputs and yield of broiler production in Guilan province of Iran. In: *The Second International Conference on Agriculture and Natural Resources*, 25-26 Dec. Kermanshah, Iran, pp. 109-117.
- Ozkan B., Akcaoz H. and Fert C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29: 39-51.
- Ozkan B., Akcaoz H. and Karadeniz F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45: 1821-1830.
- Pahlavan R., Omid M. and Akram A. 2012. Energy input-output analysis and application of artificial neural networks for predicting greenhouse basil production. *Energy*, 37: 171-176.
- Pishgar-Komleh S. H., Keyhani A., Rafiee S. and Sefeedpari P. 2011. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy*, 36: 3335-3341.
- Rafiee S., Mousavi-Avval H. and Mohammadi A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, 35: 3301-3306.
- Rajabi-Hamedani S., Shabani Z. and Rafiee S. 2011. Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. *Energy*, 36: 2367-2371.
- Safa M. and Samarasinghe S. 2011. Determination and modelling of energy consumption in wheat production using neural networks: A case study in Canterbury province, Newzealand. *Energy*, 36: 5140-5147.
- Saniz R. D. 2003. Livestock-environment initiative fossil fuels component: Framework for calculating fossil fuel use in livestock systems. Available from: www.fao.org.
- Sefeedpari P. 2012. Assessment and optimization of energy consumption in dairy farm: Energy efficiency. *Iranica Journal of Energy and Environment*, 3(3): 213-224.
- Sefeedpari P., Rafiee S. and Akram A. 2012. Modeling of energy output in poultry for egg production farms using Artificial Neural networks. *Journal of Animal Production Advances*, 2(5): 247-253.
- Sung A. H. 1998. Ranking importance of input parameters of neural networks. *Expert Systems with Applications*, 15: 405-411.
- Zangeneh M., Omid M. and Akram A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy*, 35: 2927-2933.
- Zhao Z., Chow T. L., Rees H. W., Yang Q., Xing Z. and Meng F. R. 2009. Predict soil texture distributions using an artificial neural network model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 65(1): 36-48.



Modelling energy efficiency in broiler production using multi layer perception artificial neural network approach (Case study: Ardabil province)

S. Amid^{1*}, T. Mesri Gundoshmian²

1. MS.c Graduated Student, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2. Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(Received: 12-9-2015 – Accepted: 4-5-2016)

Abstract

Production systems in bio-Industries rest on resources management and conversion of various forms of energy. This research is investigated and modelled the energy of broiler production in a non-parametric form. The studied samples consist of 70 broiler productions in Ardabil province which were randomly selected from statistical society of the region. In this study, the equivalent energy consumption was estimated in the mentioned industry and the energy indices were calculated, then the equivalent amount of output energy and performance of system were modelled and estimated, using the artificial neural network models. Based on the obtained results, the total equivalent energy of input and output in broiler production were calculated as 153.79 and 27.45 GJ per 1000 birds, respectively. The most consumable input energy in the broiler production of region belongs to the fossil fuel with 61.48% of the total equivalent energy. Based on the results of artificial neural network, the best structure for modelling of energy consumption of broiler production was estimated 5-14-2 structure with five inputs, one hidden layer with 14 neurons and one output layer with two output parameters. The determination coefficient of the best weight combination for estimating the equivalent energy of broiler and manure production for testing data were obtained 93% and 91%, respectively and for validation data were obtained 98% and 95%. In assessing the effectiveness of inputs on the outputs, the fossil fuel showed the highest sensitivity among the production inputs that reveals the needs for revision of the energy resources more than ever.

Keywords: Energy, Artificial Neural Networks, Modelling, Broiler