

## مدل سازی انرژی ستانده واحدهای پرورش مرغ گوشتی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: استان مازندران)

- رسول لقمانپور زرینی (نویسنده مسئول)  
عضو هیات علمی، گروه ماشین های کشاورزی، آموزشکده کشاورزی ساری، دانشگاه فنی و حرفه ای، مازندران، ایران
- حسن نبی پور افروزی  
عضو هیات علمی، گروه علوم دامی، آموزشکده کشاورزی ساری، دانشگاه فنی و حرفه ای، مازندران، ایران
- پیروز شاکری  
دانشیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۳۸۰۹۹۹۲۹۳

Email: R\_loghmanpour@Tvu.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.123153.1762

### چکیده

صنعت مرغداری به لحاظ تأمین بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی و پروتئینی کشور از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این تحقیق به بررسی مدل سازی مصرف انرژی تولید مرغ گوشتی پرداخته شده است. به این منظور اطلاعات مورد بررسی از ۴۵ تولیدکننده مرغ گوشتی به طور تصادفی در استان مازندران جمع آوری گردید. ابتدا میزان انرژی مصرفی و شاخص های انرژی محاسبه و سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به مدل سازی انرژی ستانده به عنوان عملکرد پرداخته شده است. نتایج نشان داد که میزان کل انرژی نهاده و ستانده در تولید مرغ گوشتی به ترتیب در حدود ۱۵۳/۷۹ و ۲۷/۴۵ گیگاژول به ازای ۱۰۰۰ قطعه مرغ می باشد. نهاده سوخت با میزان ۶۱/۴۸ درصد بیشترین سهم مصرف انرژی در بین نهاده های تولید مرغ گوشتی را دارد و شاخص نسبت انرژی در تولید این محصول ۰/۱۸ محاسبه شد. نتایج این مطالعه نشان داد مدل ساخته شده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تشخیص ۰/۹۹ و با ساختار ۱-۱۲-۵ دارای بیشترین دقت و بهترین عملکرد می باشد. بنابراین، این مدل به عنوان بهترین روش برای برآورد انرژی ستانده بر اساس انرژی های ورودی در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می گردد. در ارزیابی تاثیر پذیری خروجی از نهاده های ورودی، سوخت فسیلی بالاترین حساسیت را در بین نهاده های تولیدی از خود نشان داد که لزوم بازنگری در منابع انرژی را بیش از پیش آشکار می سازد.

واژه های کلیدی: هوش مصنوعی، مرغ گوشتی، بهره‌وری انرژی، نهاده، ستانده

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 124 pp: 183-196

### Output Energy Modelling of Broiler Chicken Breeding Units by Artificial Neural Network (Case Study: Mazandaran Province)

By: Rasoul Loghmanpour zarini<sup>1\*</sup>, Hassan Nabipour afrouzi<sup>2</sup>, Pirouz Shakeri<sup>3</sup>

1- Department of Agricultural Machinery, Agricultural College of Sari, Technical and Vocational University, Mazandaran, Iran

2- Department of Animal Sciences, Agricultural College of Sari, Technical and Vocational University, Mazandaran, Iran

3- Associate Professor of Animal Science Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran.

Received: September 2018

Accepted: December 2018

The poultry industry is very important in terms of supplying a significant portion of the country's food and protein needs. In this research, the energy consumption of broiler chickens has been evaluated. For this purpose, information was collected from 45 broiler chicken producers randomly collected in Mazandaran province. In this study, energy consumption and energy indices were calculated first and then, using artificial neural network, output energy modeling was considered as a function. The results of this study showed that total input and output energy in broiler chicken meat production was 153.79 and 27.45 GJ per 1000, respectively. In broiler chickens, the highest inputs were consumed with 61.48%. The energy ratio in the production of this product was also calculated to be 0.18. The artificial neural network results showed that the best structure for estimating the energy consumption of broiler chicken meat was estimated to be 5-12-1. The coefficient of explanation for the best structure for broiler chicken production was 0.99 for training data. Therefore, this model was selected as the best method for estimating the output energy based on input energy in the study area. 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.

**Key words:** Artificial Intelligence, Broiler Chicken, Energy Productivity, Input, Output.

#### مقدمه

سوخت‌های فسیلی و سایر منابع انرژی است (Hatirli و همکاران، ۲۰۰۵). مصرف انرژی در بخش کشاورزی در پاسخ به افزایش جمعیت، عرضه محدود از زمین‌های زراعی و میل به افزایش استاندارد زندگی توسعه یافته است. در تمام جوامع، افزایش ورودی‌های انرژی به منظور حداکثرسازی عملکرد، به حداقل رساندن شیوه‌های کارگری فشرده، یا هر دو تشویق شده است (Esengun و همکاران، ۲۰۰۷). بهبود بهره‌وری منابع انرژی سیستم‌های کشاورزی یکی از اقدامات کلیدی برای بهبود مصرف انرژی می‌باشد، زیرا صرفه‌جویی مالی، حفاظت از منابع

بهره‌گیری بیش از حد از انرژی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مشکلات متعدد زیست‌محیطی، تجاری، فنی و حتی اجتماعی را ایجاد می‌کند و این امر نیاز به بررسی همه جانبه برای کاهش اثرات منفی آن دارد (Samarasinghe و Safa، ۲۰۱۱). وابستگی بیش از حد به منابع انرژی در صنایع زیستی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه منجر به بروز مشکلات عدیده‌ی زیست محیطی، تجاری، فنی و حتی اجتماعی شده است که کاهش اثرات منفی آن نیاز به بررسی عمیق دارد. مدیریت انرژی یکی از مناسب‌ترین راه‌ها برای بهره‌برداری بیشتر از

یک لایه خروجی تشکیل یافته است. در این ساختار، تمام نرون‌های یک لایه به تمام نرون‌های لایه بعد متصلند. هر لایه ممکن است از چندین عصب تشکیل شود و هر شبکه عصبی مصنوعی نیز شامل یک یا چندین لایه متصل بهم خواهد بود (Mesri-Gundoshmian و همکاران، ۲۰۱۰). 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.

مقایسه بین مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه برای پیش‌بینی تولید شیر در گاوهای شیری در کانادا نشان داد که نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبتاً بهتر از مدل رگرسیون خطی بودند (Grzesiak و همکاران، ۲۰۰۶). در مطالعه دیگری، از شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی نسبت هزینه به سود در واحدهای مرغداری گوشتی در مناطق گرمسیری ایران استفاده کردند (Heidari و همکاران، ۲۰۱۲). کاربردی از شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور برآورد مزارع تولید تخم‌مرغ در ایران توسط سفیدپری و همکاران گزارش شده است (Sefeedpari, ۲۰۱۲). نتایج حاصله در پژوهشی با هدف محاسبه انرژی مصرفی در بخش‌های مختلف مرغداری در دو فصل تابستان و زمستان نشان داد که نهاده‌های الکتریسته، سوخت و نیروی انسانی در زمستان به ترتیب برابر ۲۳۹۵/۷، ۳۸۵۶۳/۸۸ و ۹۴/۸۵ مگاژول و در تابستان به ترتیب برابر ۳۳۵۹/۵، ۶۶/۱۲۴ و ۹۴/۵۸ مگاژول بوده است (صداقت حسینی و همکاران، ۱۳۸۷). نقیب‌زاده و همکاران به منظور بررسی میزان مصرف انرژی در یک مرغداری ۳۰ هزار قطعه‌ای، انرژی ورودی را برابر ۱۱۵۱۹۷۸/۳ مگاژول و انرژی خروجی را برابر ۱۶۴۶۲۳۷/۰۳ مگاژول برآورد کردند. جیره غذایی با مصرف انرژی ۱۳۰۵۵۷۰/۰۴ مگاژول از کل انرژی ورودی، بیشترین سهم را در

فسیلی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی را فراهم می‌کند (Pahlavan و همکاران، ۲۰۱۲).

در گذشته برای پیدا کردن روابط نهاده‌ها و ستانده‌ها در فرایندهای تولید، مدل‌های ریاضی مورد استفاده قرار می‌گرفت. ولی این روش منطقی کلاسیک، به تعریف دقیق از روابط مدل‌های ریاضی برای توصیف پدیده‌ها نیاز داشت. شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از روش‌های محاسباتی مؤثر بوده که به جای تکنیک‌های محاسباتی و سایر روش‌های آماری و ریاضی، استفاده می‌شود (Naderloo و همکاران، ۲۰۱۲). مزیت اصلی شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های استاتیکی این است که، نیاز به هیچ پیش فرضی در مورد تابع مناسب ندارد و به جای آن شبکه عصبی توسط داده‌های تجربی برای یافتن روابط، آموزش داده می‌شود. پس شبکه عصبی به عنوان ابزار مناسب برای پیش‌بینی تبدیل شده و زمان‌گیر بودن آن در سیستم‌های مدل‌سازی پیچیده، نسبت به سایر مدل‌های ریاضی مثل رگرسیون، کمتر می‌باشد (Pahlavan و همکاران، ۲۰۱۲). شبکه‌های عصبی مصنوعی در حقیقت مدل‌های محاسباتی هستند که با دریافت بخشی از داده‌های ورودی به عنوان مثال‌هایی آموزش دیده و پس از یادگیری می‌تواند پارامترهای خروجی را متناسب با پارامترهای ورودی پیش‌بینی نماید. از آنجایی که سیستم‌ها و فناوری‌های کشاورزی کاملاً پیچیده و نامشخص هستند، شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان بطور گسترده‌ای برای مدل‌سازی مؤلفه‌های مختلف در این بخش بکار گرفت. شبکه عصبی مصنوعی به طور گسترده‌ای به منظور پیش‌بینی مصرف انرژی، تقاضای انرژی، مشکلات زیست‌محیطی و غیره به کار گرفته شده‌اند. پرسپترون چندلایه (Multi Layer Perception)، ساختاری از شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. MLP از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و

اطلاعات با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی (رابطه ۱) محاسبه و تعیین گردید (Cochran, ۱۹۷۷).

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱): 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، s انحراف معیار صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب است (لقمانپور زرنی و اکرم، ۱۳۹۶). محاسبه حجم نمونه در سطح ۹۵ درصد و با خطای ۵ درصد صورت گرفته است. با توجه به حجم جامعه آماری واحدهای پرورش مرغ گوشتی در استان مازندران و روش نمونه‌گیری تصادفی، اطلاعات ۴۵ واحد جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت.

نهاده‌های مورد استفاده در تولید مرغ گوشتی در منطقه مورد نظر شامل نیروی کارگری، ماشین‌ها و تأسیسات مرغداری، سوخت، الکتریسیته و دان مصرفی می‌باشد. ستانده سامانه تولید مورد مطالعه، گوشت مرغ و کود بستر در نظر گرفته شد. هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده‌های سیستم تولیدی براساس ضرائب و هم‌ارزهایی که در منابع ذکر شده است در نظر گرفته شد و بر این اساس، انرژی مصرفی در عملیات مختلف محاسبه گردید. ضرائب نهاده‌ها و ستانده‌ها، در جدول ۱ به‌طور خلاصه آمده است.

بین نهاده‌ها داشت (نقیب‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به اهمیت موضوع انرژی در بخش صنعت و کشاورزی، تحقیق حاضر به دنبال پیش‌بینی میزان انرژی ستانده در واحدهای پرورش مرغ گوشتی در استان مازندران با استفاده از الگوهای شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق، از پنج شهرستان استان مازندران شامل ساری، بابل، آمل، نور و چالوس طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. از دلایل انتخاب این شهرستان‌ها، تراکم بیشتر واحدهای پرورش مرغ گوشتی در استان مازندران و همچنین پراکنده بودن نمونه‌های مورد مطالعه در سطح استان بوده است. استان مازندران در شمال کشور واقع شده و به علت وضعیت آب و هوایی مناسب دارای پتانسیل بسیار قوی برای توسعه بخش‌های کشاورزی و دامی می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از طریق تکمیل پرسشنامه‌های که از قبل طراحی شده بود بدست آمد. پرسشنامه‌های مورد استفاده در این مطالعه حاوی اطلاعاتی در مورد نهاده‌های مصرفی، نوع تأسیسات و تجهیزات، میزان مرغ زنده و کد بستر تولیدی و ... بود. حجم نمونه برای به دست آوردن

## جدول ۱- ضرائب انرژی نهاده‌های مصرف شده و ستانده‌های تولید شده در پرورش مرغ گوشتی

عنوان	واحد	معادل انرژی (MJ)	مرجع
الف) نهاده‌ها:			
نیروی انسانی	ساعت (h)	۱/۹۶	(لقمانپور زرینی و نبی‌پور افروزی، ۱۳۹۵)
پلی اتیلن	کیلوگرم (kg)	۴۶/۳	(Kittle, ۱۹۹۳)
گالوانیزه	کیلوگرم (kg)	۳۸	(Sefeedpari, ۲۰۱۲)
فولاد	کیلوگرم (kg)	۶۲/۷	(Sefeedpari, ۲۰۱۲)
موتور الکتریکی	کیلوگرم (kg)	۶۴/۸	(Sefeedpari, ۲۰۱۲)
سوخت	لیتر (L)	۴۷/۸	(لقمانپور زرینی و نبی‌پور افروزی، ۱۳۹۵)
ذرت	کیلوگرم (kg)	۷/۹	(Sefeedpari, ۲۰۱۲)
سویا	کیلوگرم (kg)	۱۲/۰۶	(Sefeedpari, ۲۰۱۲)
دی کلسیم فسفات	کیلوگرم (kg)	۱۰	(Sefeedpari, ۲۰۱۲)
ویتامین و ماده معدنی	کیلوگرم (kg)	۱/۵۹	(Sefeedpari, ۲۰۱۲)
اسید چرب	کیلوگرم (kg)	۹	(Heidari و همکاران، ۲۰۱۱)
الکتریسیته	کیلووات ساعت (kWh)	۱۱/۹۳	(لقمانپور زرینی و نبی‌پور افروزی، ۱۳۹۵)
ب) ستانده‌ها:			
گوشت مرغ	کیلوگرم (kg)	۱۰/۳۳	(Heidari و همکاران، ۲۰۱۱)
کود بستر	کیلوگرم (kg)	۰/۳	(Kizilaslan, ۲۰۰۹)

انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی می‌باشد. از روابط ۲ تا ۵ به منظور محاسبه این شاخص‌ها استفاده می‌گردد (Loghmanpour zarini و همکاران، ۲۰۱۳):

جهت تعیین روابط بین انرژی ستانده و نهاده برای محصولات کشاورزی، شاخص‌هایی تعریف و بکار برده می‌شود. شاخص‌های مهم انرژی که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را برای ما مهیا می‌سازند، شامل نسبت انرژی، بهره‌وری

$$\text{رابطه (۲)} = \frac{\text{انرژی ستانده (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)}}{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)}} = \text{نسبت انرژی}$$

$$\text{رابطه (۳)} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم بر ۱۰۰۰ قطعه)}}{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)}} = \text{بهره‌وری انرژی}$$

$$\text{رابطه (۴)} = \frac{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم بر ۱۰۰۰ قطعه)}} = \text{انرژی ویژه}$$

$$\text{رابطه (۵)} = \text{انرژی نهاده} - \text{انرژی ستانده} = \text{افزوده خالص انرژی}$$

معادل انرژی محاسبه می‌شود. انرژی معادل کارگر از رابطه (۹) محاسبه می‌گردد.

$$E_{la} = n_{la} \times n_d \times h \times ec_{la} \quad \text{رابطه (۹)}$$

که در این رابطه،  $E_{la}$  انرژی معادل کارگر بر حسب مگاژول،  $n_{la}$  تعداد کارگر،  $n_d$  تعداد روزهای دوره جوجه‌ریزی،  $h$  ساعت کاری کارگرها در روز و  $ec_{la}$  محتوای انرژی کار کارگری بر حسب مگاژول بر ساعت می‌باشد. شیفت کاری کارگرهای مرغداری دوازده ساعته است اما به دلیل آنکه کارگرها در تمام طول مدت شیفت مشغول به کار نمی‌باشند، برای هر کارگر هشت ساعت کار در شبانه‌روز در نظر گرفته می‌شود.

انرژی مصرفی تجهیزات که شامل انرژی معادل سیستم دانخوری اتوماتیک بوده است، از طریق رابطه (۱۰) محاسبه شد. بر حسب اطلاعات سازنده‌های داخلی این سیستم، وزن آن برابر ۱۳۵ کیلوگرم در نظر گرفته شد.

رابطه (۱۰)

$$E_{fe \text{ machine}} = W_m \times ec_m + (W_{chain} + W_{chute} + W_h) \times ec_s$$

که در این رابطه،  $E_{fe \text{ machine}}$  انرژی معادل سیستم دانخوری اتوماتیک بر حسب مگاژول،  $W_m$  وزن موتور الکتریکی بر حسب کیلوگرم،  $ec_m$  محتوای انرژی موتور الکتریکی بر حسب مگاژول بر کیلوگرم،  $W_{chain}$  وزن زنجیرها بر حسب کیلوگرم،  $W_{chute}$  وزن ناودانی بر حسب کیلوگرم،  $W_h$  وزن هاپر بر حسب کیلوگرم و  $ec_s$  محتوای انرژی فولاد بر حسب مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد. از آنجاییکه عمر مفید تجهیزات ده سال در نظر گرفته شد و هر مرغداری در طول سال بطور میانگین چهار دوره جوجه‌ریزی انجام می‌دهد، بنابراین برای محاسبه انرژی معادل تجهیزات برای یک دوره جوجه‌ریزی، انرژی معادل دانخوری که از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود، بر عدد ۴۰ تقسیم و عدد حاصل به عنوان انرژی معادل تجهیزات در مرغداری برای یک دوره جوجه‌ریزی در نظر گرفته می‌شود.

مرغداران با توجه به سن گله از سه رژیم غذایی استفاده می‌کنند که این رژیم‌ها با نام‌های پیش‌دان، میان‌دان و پس‌دان معروف است. مطابق استاندارد موجود و توصیه کارخانه دان آماده، هر

برای محاسبه انرژی مربوط به نهاده جوجه یک‌روزه گوشتی، روش یا استاندارد خاصی وجود ندارد، لذا در این قسمت ابتدا میانگین وزنی جوجه‌ها تعیین می‌گردد، سپس با اعمال ضریب انرژی موجود در هر جوجه یک‌روزه در میانگین وزنی جوجه‌ها این پارامتر اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از رابطه (۶) میزان انرژی معادل جوجه‌ها محاسبه می‌شود ( Heidari et al., 2011).

$$E_{ch} = n_{ch} \times W_{ch} \times ec_{ch} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در رابطه ۶،  $E_{ch}$  انرژی معادل جوجه بر حسب مگاژول،  $W_{ch}$  وزن هر جوجه بر حسب کیلوگرم،  $n_{ch}$  تعداد جوجه و  $ec_{ch}$  محتوای انرژی جوجه بر حسب مگاژول بر هر قطعه جوجه می‌باشد. برای محاسبه انرژی مصرفی نهاده سوخت از رابطه (۷) استفاده می‌گردد.

$$E_{fuel} = F_{consumption} \times ec_{fuel} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در این رابطه،  $E_{fuel}$  برابر انرژی معادل سوخت مصرفی بر حسب مگاژول،  $F_{consumption}$  میزان سوخت مصرفی بر حسب لیتر و  $ec_{fuel}$  برابر محتوای انرژی سوخت دیزل بر حسب مگاژول بر لیتر می‌باشد.

در مرغداری‌های گوشتی نهاده الکتریسیته برای انتقال آب، به حرکت در آوردن تهویه‌ها و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای محاسبه انرژی معادل الکتریسیته هر مرغداری از رابطه (۸) استفاده می‌شود.

$$E_{el} = el_{consumption} \times ec_{el} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در این رابطه،  $E_{el}$  انرژی معادل الکتریسیته مصرفی بر حسب مگاژول،  $el_{consumption}$  میزان الکتریسیته مصرفی بر حسب کیلووات ساعت و  $ec_{el}$  محتوای انرژی الکتریسیته بر حسب مگاژول بر کیلووات ساعت می‌باشد.

در برخی عملیات مانند تهیه دان، حمل دان، تقسیم دان در دانخوری‌ها و ... از نیروی انسانی استفاده می‌شود. لذا با مشخص بودن میزان نفر ساعت در هر عملیات و معین بودن میزان انرژی مصرفی هر نفر ساعت که معادل ۱/۹۶ مگاژول می‌باشد، میزان انرژی این نهاده از ضرب کردن ساعات کارکرد نیروی انسانی در

در طراحی مدل شبکه عصبی مصنوعی، پیش از شروع شبیه‌سازی داده‌ها به دو دسته‌ی داده‌های آموزشی و داده‌های آزمون مدل تقسیم شدند. ۷۰ درصد از داده‌های تحقیق به عنوان داده‌های آموزشی و ۳۰ درصد از داده‌ها نیز جهت آزمون مدل مشخص شدند. برای دستیابی به بهترین پیش‌بینی توسط 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 و دولایه مخفی برای مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی به منظور دستیابی به بهترین نتیجه اعمال شدند و یکی از آن‌ها برای مدل‌سازی انتخاب گردید.

در این مطالعه از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) 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 مسیری رو به جلو به صورت لایه به لایه منتشر می‌شود. در شکل ۱ ساختار پرسپترون چند لایه نشان داده شده است.

جوجه با فرض مصرف ۵ کیلوگرم دان در طول دوره باید ۰/۹۴ کیلوگرم پیش‌دان، ۱/۴۱ کیلوگرم میان‌دان و ۲/۶۵ کیلوگرم پس‌دان مصرف کند. البته این میزان مصرف در مورد پس‌دان بر خلاف پیش‌دان و میان‌دان با توجه به تصمیمات مرگذاران در زمان پرورش متغیر است.

انرژی ستانده یا خروجی شامل انرژی ذخیره شده در بافت مرغ‌های گوشتی و انرژی حاصل از بستر مرگذاری‌ها می‌باشد. برای محاسبه این پارامتر از روش وزنی استفاده می‌شود. با محاسبه وزن زنده مرغ هنگام فروش ۷۰ درصد وزن آنها به عنوان وزن لاشه در نظر گرفته می‌شود. انرژی مرغ تولید شده با استفاده از رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

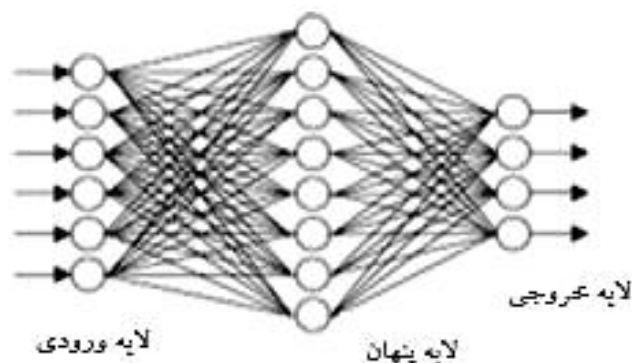
$$E_{ou} = w_{ou} \times ec_{ou} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

که در این رابطه،  $E_{ou}$  انرژی معادل گوشت مرغ تولید شده بر حسب مگاژول،  $w_{ou}$  وزن گوشت مرغ تولید شده بر حسب کیلوگرم و  $ec_{ou}$  محتوای انرژی گوشت مرغ بر حسب مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد.

همچنین انرژی کود بستر تولید شده با استفاده از رابطه (۱۲) محاسبه می‌گردد.

$$E_{mn} = w_{mn} \times ec_{mn} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

که در این رابطه،  $E_{mn}$  انرژی معادل بستر تولید شده بر حسب مگاژول،  $w_{mn}$  وزن بستر تولید شده بر حسب کیلوگرم و  $ec_{mn}$  محتوای انرژی بستر بر حسب مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد.



شکل ۱- نمودار شماتیک مدل شبکه عصبی مصنوعی با ساختار ۶-۸-۴

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 گردیده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سوخت با ۶۱/۴۸ درصد بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. مصرف بالای سوخت در واحدهای مرغداری منطقه به دلیل برودت هوا بخصوص در فصل‌های سرد سال و استفاده از هیت‌هایی با بازدهی پایین و عدم عایق‌بندی مناسب سالن‌های پرورش می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه جوجه‌ها در یک دوره کوتاه پرورش (بین ۴۵ تا ۶۰ روز) از وزن تقریبی ۴۷/۵ گرم به وزن تقریبی ۳-۲/۵ کیلوگرم می‌رسند، نیاز زیادی به اکسیژن برای رشد دارند. به همین دلیل سالن مرغداری باید دایما تهویه شود. از طرفی با تهویه سالن، هوای سرد خارج وارد سالن می‌شود. بنابراین تاسیسات گرمایشی دایما در حال گرم کردن سالن بوده و میزان زیادی از انرژی آنها به خارج از سالن انتقال پیدا می‌کند. البته در سال‌های اخیر سیستم‌های گرمایشی تابشی IR ابداع شده است که این مشکل را تا میزان زیادی حل کرده است. اما مرغداری‌های منطقه مورد مطالعه هنوز به این سیستم مجهز نشده‌اند که دلیل آن هزینه اولیه زیاد این سیستم‌ها می‌باشد. دلیل دیگر بالا بودن مصرف انرژی سوخت، ارزان بودن قیمت سوخت و همچنین مدیریت نادرست استفاده از آن می‌باشد.

دومین نهاده پرمصرف انرژی، خوراک دام 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 بود. نتایج نبوی پله‌سرای و همکاران، در تحلیل مصرف انرژی برای تولید مرغ گوشتی در استان گیلان نشان داد که سوخت دیزل و دان مصرفی از جمله پرمصرف‌ترین نهاده‌ها برای تولید مرغ گوشتی در این منطقه بودند (Nabavi-Pelesaraei و همکاران، ۲۰۱۳).

وزن ( $w$ ) که مقادیر انتشار ( $x$ ) و خروجی ( $O$ ) را از هر گره کنترل می‌کند، با استفاده از مقدار لایه قبلی، مطابق با رابطه (۱۳) تغییر یافته است که در آن  $T$  حد آستانه ویژه برای هر گره می‌باشد و  $f$  یک تابع غیرخطی سیگموئیدی بوده که به طور یکنواخت افزایش می‌یابد (Zhao و همکاران، ۲۰۰۹):

$$O = f\left(T + \sum w_i x_i\right) \quad (13)$$

برای دستیابی به شبکه‌ای با ساختار مناسب به کمک الگوریتم‌های آموزش لونیبرگ-مارکواریت (LM)، از معیارهای ضریب تبیین ( $R^2$ )، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) استفاده شده است. 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 می‌باشند (Mesri-Gundoshmian و همکاران، ۲۰۱۰).

$$R^2 = 1 - \left( \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K (d_q^k - z_q^k)^2}{\sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K z_q^k{}^2} \right) \quad (14)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{KQ} \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K (d_q^k - z_q^k)^2} \quad (15)$$

$$MAE = \frac{1}{KQ} \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K (|d_q^k - z_q^k|) \quad (16)$$

در این تحقیق به منظور محاسبه شاخص‌های مصرف و بهره‌وری انرژی و پیش‌بینی جریان مصرف انرژی برای تولید مرغ گوشتی از نرم‌افزار MATLAB R2013a استفاده شد.

## نتایج و بحث

دوره پرورش مرغ گوشتی معمولاً بین ۴۵ تا ۶۰ روز است. البته در بعضی شرایط مرغدار با توجه به بازاریابی که انجام می‌دهد بیش از ۶۰ روز مرغ را در سالن پرور نگه می‌دارد. میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها و درصد توزیع آن‌ها به ازای پرورش ۱۰۰۰



جدول ۲- مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در پرورش مرغ گوشتی

بخش	میزان انرژی مصرفی برای ۱۰۰۰ قطعه مرغ (مگاژول)	انرژی مصرفی (درصد)
انرژی نهاده‌ها:		
نیروی انسانی	۱۵۰/۱۲	۰/۱۰
تجهیزات	۳۰۴/۲۲	۰/۲۰
سوخت	۹۴۸۵۱/۶۹	۶۱/۴۸
دان مصرفی	۵۳۷۹۳/۹۸	۳۴/۹۸
الکتربسته	۴۶۹۳/۱۷	۳/۰۵
کل انرژی نهاده	۱۵۳۷۹۳/۱۸	۱۰۰
انرژی ستانده‌ها:		
گوشت مرغ	۲۶۷۶۰/۲۳	۹۷/۵۰
کود مرغ	۶۸۷/۰۳	۲/۵۰
کل انرژی ستانده	۲۷۴۴۷/۲۶	۱۰۰

شده، نسبت انرژی برای تولید مرغ گوشتی برابر ۰/۱۵ گزارش شده که ناکارآمدی استفاده از انرژی برای تولید مرغ گوشتی در منطقه را نشان می‌دهد (Heidari و همکاران، ۲۰۱۱). بهره‌وری انرژی ۰/۰۳ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد که نشان می‌دهد به ازای هر یک مگاژول انرژی حدود ۰/۰۳ کیلوگرم مرغ زنده تولید شده است. شدت انرژی در این مطالعه ۵۹/۳۶ مگاژول بر کیلوگرم بدست آمد که نشان می‌دهد به ازای تولید هر یک کیلوگرم مرغ، ۵۹/۳۶ مگاژول انرژی مصرف می‌گردد. نتایج این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که شاخص افزوده خالص انرژی مقدار منفی بدست آمده است که بیان می‌کند در تولید مرغ گوشتی انرژی نهاده بیشتر از انرژی ستانده است.

هدف از محاسبات انرژی، محاسبه شاخص‌های انرژی می‌باشد و با استفاده از این شاخص‌ها امکان مطالعه و مقایسه سیستم‌های تولید محصولات در نقاط مختل یا محصولات مختلف یک منطقه با یکدیگر امکان‌پذیر می‌باشد. مقادیر شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی برای پرورش مرغ گوشتی محاسبه و نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. در تولید مرغ گوشتی شاخص نسبت انرژی که به عنوان فاکتوری برای بررسی کارایی انرژی در تولید محصولات به کار می‌رود، برابر ۰/۱۸ محاسبه گردید. این شاخص مشخص می‌کند که به ازای هر یک مگاژول انرژی، ۰/۱۸ مگاژول انرژی تولید شده است. برای بهبود این شاخص می‌توان عملکرد را بالا برد یا انرژی ورودی را کاهش داد یا هر دو مورد. بر اساس مطالعات انجام

جدول ۳- میزان شاخص‌های انرژی در پرورش مرغ گوشتی

بخش	واحد	میانگین
نسبت انرژی	-	۰/۱۸
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۰۳
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۵۹/۳۶
افزوده خالص انرژی	مگاژول برای ۱۰۰۰ قطعه مرغ	-۱۲۶۲۹۱

پنجره ورود هوا در یک سر سالن و هواکش‌ها در سر دیگر سالن قرار دارند. در این سیستم تعداد هواکش‌ها کمتر است ولی اندازه آنها بزرگتر می‌باشد. در حالی که سیستم تهویه عرضی طرحی از سالن‌های مرغداری است که هوادهی در عرض سالن صورت می‌گیرد. تعداد پنجره‌ها بیشتر از سیستم تونلی بوده و اندازه پنجره‌ها کوچکتر است. هواکش‌ها در یک طرف طول سالن و پنجره‌ها در طرف دیگر طول سالن قرار می‌گیرند. همانطور که مشاهده می‌شود مرغداری‌های گروه اول بیشترین نسبت انرژی را به خود اختصاص داده‌اند.

در این مطالعه تاثیر فاکتور نوع سیستم تهویه بر میزان مصرف انرژی و شاخص‌های انرژی در پرورش مرغ گوشتی بررسی شد. در این راستا از تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک کامل تصادفی استفاده شده است. مزارع از نظر نوع سیستم تهویه به دو گروه تقسیم شدند. میزان انرژی مصرفی برای نهاده‌های مختلف در دو گروه مزارع محاسبه و نتایج آن در جدول (۴) آورده شده است. در ۶۱ درصد مرغداری‌های مورد مطالعه از سیستم تهویه طولی استفاده می‌شود و ۳۹ درصد از تهویه عرضی استفاده کردند. سیستم تهویه طولی طرحی از سالن‌های مرغداری است که هوادهی در طول سالن مرغداری انجام می‌ود، بدین شکل که

جدول ۴- نسبت انرژی ورودی به خروجی در دو نوع سیستم تهویه

نوع سیستم تهویه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
طولی	۲۷	۰/۱۳۴	۰/۰۲۱	۰/۱۱	۰/۲۰۱
عرضی	۱۸	۰/۱۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۸۸	۰/۱۴۲

جدول ۵- تجزیه واریانس تاثیر نوع سیستم تهویه بر بازده مصرف انرژی

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
سیستم تهویه	۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۱۲/۸۶۶**
خطا	۴۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	
کل	۴۵	۰/۷۱۴		

\*\* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

یک تا ۲۰ در لایه مخفی آموزش داده شده و آزمون اعتبارسنجی شده‌اند بر اساس نتایج این مدل‌سازی ساختار ۱-۱۲-۵ با ۵ ورودی، یک لایه مخفی با ۱۲ نرون و یک لایه خروجی با یک پارامتر خروجی به عنوان بهترین ساختار برای مدل‌سازی با شبکه عصبی بوده است. عملکرد بهترین شبکه آموزش داده شده برای مدل‌سازی بر اساس نتایج به دست آمده در مراحل آموزش و آزمون شبکه در این پژوهش در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس اثر نوع سیستم تهویه بر بازده انرژی در جدول (۵) آمده است. سیستم تهویه طولی با احتمال ۹۹٪ از سیستم تهویه عرضی بازده بیشتری دارد.

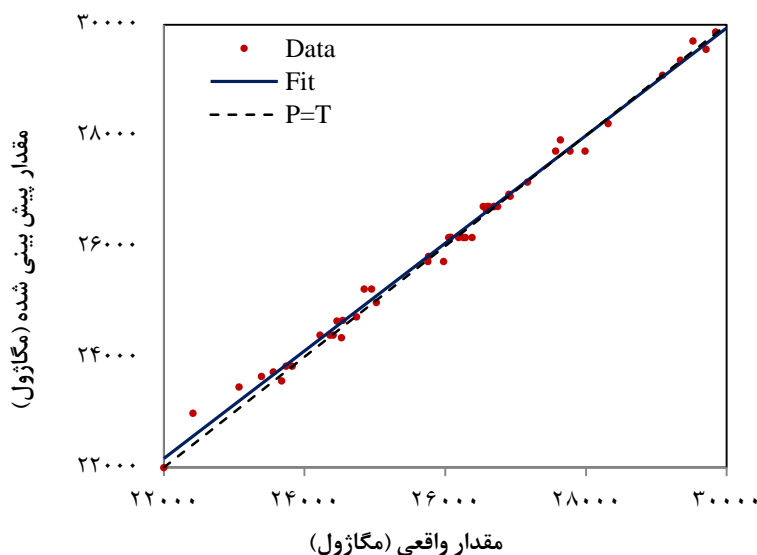
به منظور پیش‌بینی میزان عملکرد تولید مرغ گوشتی با توجه به انرژی مصرفی نهاده‌های مختلف از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. به منظور دستیابی به بهترین ساختار شبکه، تعداد مختلفی از ساختارها با یک و دو لایه و با تعداد نرون‌های

جدول ۶- عملکرد شبکه عصبی برای مدل‌سازی انرژی مصرفی در پرورش مرغ گوشتی

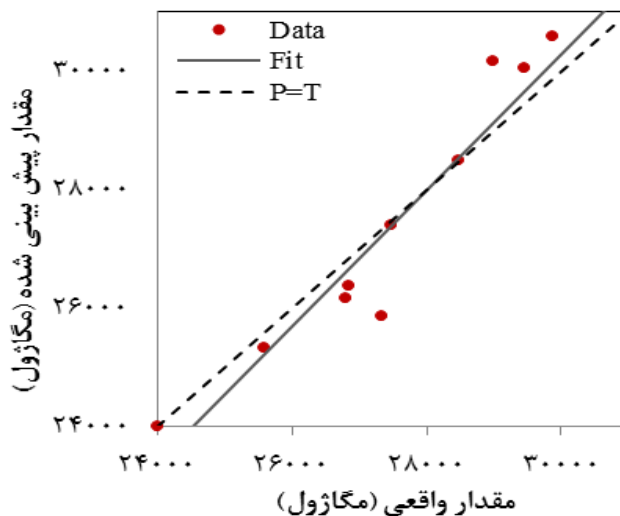
آزمون			آموزش			عنوان
MAE	RMSE	R2	MAE	RMSE	R2	
۰/۶۸۶	۰/۰۵۱	۰/۹۲۹	۰/۵۳۷	۰/۰۱۶	۰/۹۹۴	گوشت مرغ

این شبکه وضعیت مطلوبی را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده توان بالای آن در مدل‌سازی این شاخص می‌باشد. توزیع داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل در شکل ۲ و ۳ برای گوشت مرغ در مجموعه داده‌های آموزش و آزمون ارائه شده است.

مطابق با جدول ۴ مقادیر ضریب تبیین مدل‌های انرژی خروجی گوشت مرغ برای داده‌های آموزش و آزمون به ترتیب ۰/۹۹۴ و ۰/۹۲۹ محاسبه شد. همچنین مقادیر RMSE ۰/۰۱۶ و ۰/۰۵۱ و مقادیر MAE نیز ۰/۵۳۷ و ۰/۶۸۶ به ترتیب برای داده‌های آموزش و آزمون برآورد شدند. مشخصات شاخص‌های آماری



شکل ۲) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی انرژی خروجی گوشت مرغ برای مجموعه داده‌های آموزش



شکل ۳) ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی انرژی خروجی گوشت مرغ برای مجموعه داده‌های آزمون

### سپاسگزاری

نویسنده از همکاری صمیمانه مدیران واحدهای پرورش مرغ گوشتی و حمایت آموزشکده کشاورزی ساری و دانشگاه فنی و حرفه‌ای که برای تکمیل و دستیابی به اهداف این تحقیق کمک‌های شایانی نمودند، تقدیر و تشکر می‌نماید.

### منابع

صداقت حسینی، م.، الماسی، م.، مینایی، س.، برقی، م. (۱۳۸۷). طراحی سیستم بازیافت انرژی در مجتمع صنعتی تولید تخم مرغ. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

لقمانپور زرینی، ر. و اکرم، ا. (۱۳۹۶). بررسی بهره‌وری انرژی در فرآیند تولید خیار گلخانه‌ای (مطالعه موردی: استان مازندران). کنفرانس ملی تولیدات زراعی و باغی. دانشگاه گنبد کاووس.

لقمانپور زرینی، ر. و نبی‌پور افروزی، ح. (۱۳۹۵). محاسبه و ارزیابی شاخص‌های انرژی و اقتصادی تولید کنگد در ایران (مطالعه موردی: استان مازندران). نشریه انرژی ایران. جلد ۱۹، شماره ۲، ۱۰۲-۹۳.

نقیب زاده، س.، جوادی، ا.، رحمتی، م.، مهران‌زاده، م. (۱۳۸۹). بررسی چگونگی سیر مصرف انرژی برای پرورش مرغ گوشتی در منطقه شمال خوزستان. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج).

Cochran, W. (1977). Sampling techniques. 3<sup>rd</sup> ed. New York: John Wiley and Sons.

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 را به عنوان بهترین مدل معرفی نمودند، که ضریب تبیین (R<sup>2</sup>)، MSE و MAPE به ترتیب ۰/۹۷۸، ۰/۰۰۲ و ۲/۵۶۹ گزارش شدند (Heidari و همکاران، ۲۰۱۱).

### نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که گازوییل بیشترین میزان مصرف انرژی را داراست. برای هر ۱۰۰۰ عدد مرغ میزان ۱۹۸۴ لیتر گازوییل مصرف شده که حاوی ۹۴۸۵۱/۶۹ مگاژول بوده است. مصرف بالای گازوییل به دلیل استفاده از تجهیزات گرمایشی با بازدهی پایین می‌باشد. اثر نوع سیستم تهویه بر بازده مصرف انرژی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید و سیستم هوادهی طولی که در ۶۱٪ واحدها استفاده می‌شود، دارای نسبت انرژی بالاتری می‌باشد. بهترین ساختار، برای مدل‌سازی انرژی مصرفی برای پرورش مرغ گوشتی در منطقه مورد مطالعه ۱-۱۲-۵ می‌باشد. بر این اساس، بهترین ساختار شبکه با بالاترین ضریب تبیین و کمترین مقادیر RMSE و MAE برای انرژی گوشت مرغ در هر دو مجموعه داده‌های آموزش و آزمون نشان می‌دهد که انرژی پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی، تمایل به دنبال کردن مقادیر واقعی متناظر به صورت کاملاً نزدیک دارد. بنابراین، این مدل به عنوان بهترین راه‌حل برای برآورد انرژی‌های ستانده بر اساس انرژی‌های نهاده در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. با توجه به کارایی اندک سوخت و عدم مدیریت صحیح مصرف سوخت، پیشنهاد می‌گردد مرغداران از سیستم‌های نوین گرمایشی و سرمایشی بهره‌مند گردند. همچنین با گازرسانی به مرغداری‌های منطقه مورد مطالعه، هزینه تولید کاهش و کارایی انرژی افزایش می‌یابد.

- 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.
- Grzesiak, W. Błaszczyk, 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.
- Heidari, M. D. Omid, M. and Akram, A. (2011). Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. *Energy*. 36: 6536–6541.
- Kittle, A. P. (1993). Alternate Daily Cover Materials and Subtitle-the Selection Technique. Rusmar Incorporated West Chester, PA.
- Kizilaslan, H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Applied Energy*. 86: 1354–1358.
- Loghmanpour zarini, R., Yaghoubi, H. and Akram, A. (2013). Energy use in citrus production of Mazandaran Province in Iran, *African Crop Science Journal*. 21(1): 61-65.
- Mesri-Gundoshmian, T. Ghassemzadeh, H. R. Abdollahpour, S. and Navid, H. (2010). Application of artificial neural network in prediction of the combine harvester performance. *Journal of Food, Agriculture & 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. The Second International Conference on Agriculture and Natural Resources. Kermanshah, Iran, 109–117.
- Naderloo, L. Alimardani, R. Omid, M. Sarmadian, F. Jvadikia, P. Torabi, M. Y. and Alimardani, F. (2012). Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. *Measurement*. 45: 1406–1413.
- 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.
- 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.
- Sefeedpari, P. (2012). Assessment and optimization of energy consumption in Dairy farm: Energy efficiency. *Iranica Journal of Energy & Environment*. 3(3): 213–224.
- 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.

