مجله مهندسی مکانیک مدرس، شهریور 1394، دوره 15، شماره 6، ص‌ص 16-22

ماهنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

مدل‌سازی و پیش‌بینی میزان انرژی مصرفی در صنایع غذایی و فراوری کشور به روش شبکه‌های عصبی مصنوعی

بهرام حسین زاده سامانی[1*]، حامد حوری جعفری[2]

1- استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
2- استادیار، مرکز مطالعات بین الملل انرژی، تهران
* شهرکرد، صندوق پستی 115، b.hosseinzadehsamani@agr.sku.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل
دریافت: 05 بهمن 1393
پذیرش: 10 اسفند 1393
ارائه در سایت: 29 فروردین 1394

کلید واژگان:
مدل‌سازی انرژی
انرژی مصرفی
صنایع غذایی و فراوری
شبکه عصبی

چکیده

در تمامی جوامع و کشورها به منظور برنامه‌ریزی برای تأمین انرژی بخش‌های مختلف، نیاز به پیش‌بینی صحیح برای تعیین میزان تقاضا، نوع حامل‌های انرژی و چگونگی تأمین آن وجود دارد. با توجه به اهمیت صنایع غذایی در هر کشور، در این پژوهش مدل‌سازی میزان انرژی مصرفی این بخش از صنعت مورد مطالعه قرار گرفت. در این مقاله مدل‌سازی انرژی با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام پذیرفت. در اولین گام با توجه به آمارنامه‌ها، ترازنامه‌ها و روش پیشنهادی در این مقاله داده‌های ورودی مدل محاسبه شد. دو روش شبکه عصبی چندگانه و شبکه عصبی تکی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد شبکه عصبی چندگانه دقت بالاتری دارد. برای هرکدام از حامل-های انرژی (گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، بنزین و گاز مایع) با میانگین‌گیری از 20 بار اجرای برنامه برای هر مشخصه شبکه، بهترین شبکه عصبی انتخاب شد. در انتها با محیط سیمولینک متلب هفت شبکه اجرا شده در قالب مدل نهایی تهیه شد. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد روز به روز در این صنعت مصرف گاز طبیعی روبه افزایش است ولی میزان مصرف نفت کوره و گاز مایع رو به کاهش است.

Modeling and forecasting of energy consumption in food and processing industry using artificial neural networks

Bahram Hosseinzadeh Samani[1*], Hamed Hourijafari[2]

1- Department of Mechanics of Biosystem, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2- International Studies of Energy Institute, Tehran, Iran
* P.O. B. 115 Shahrekord, Iran, hosseinzadehsamani@agr.sku.ac.ir

ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper
Received 25 January 2015
Accepted 01 March 2015
Available Online 18 April 2015

Keywords:
Modeling, Energy Consumption
Food and Processing Industry
Artificial Neural Networks

ABSTRACT

In all societies and countries, in order to plan to provide the required energy for various sectors, it is necessary to accurately predict the demand, type of energy carriers and energy supply method. Considering the importance of food industries in each country, in this study, modeling of required energy for food industries sector was investigated. Modeling of energy consumption was performed using artificial neural networks. In the first step, the input data to the model was calculated according to statistics, balance sheets and input method proposed in this paper. Two methods, namely multiple neural network and single neural network were tested and the results showed that multiple neural network has a higher accuracy. For each of the energy carriers (gasoline, kerosene, fuel oil, natural gas, electricity, gasoline and LPG) the best neural network was selected by taking the average of 20 times per program for each network characteristic. Finally, the network was implemented in the form of final model using Simulink environment of MATLAB 7.0 software. Data analysis showed that daily consumption of natural gas in the industry is increasing, while the consumption of fuel oil and LPG is going to be decreased.

1- مقدمه

در تمامی جوامع و کشورها به منظور برنامه‌ریزی برای تأمین انرژی بخش‌های مختلف، نیاز به پیش‌بینی صحیح برای تعیین میزان تقاضا و نوع حامل‌های انرژی و چگونگی تأمین آن وجود دارد. مبحثی که امروزه از اهمیت فراوانی برخوردار شده است، موضوع امنیت انرژی است. امنیت انرژی معمولاً به صورت عرضه کافی و قابل اطمینان انرژی در قیمت‌های قابل قبول تعریف می‌شود. برای دهه‌ها، امنیت انرژی یکی از اهداف مهم سیاست عمومی بوده که گاهی اوقات همراه اهداف مهم دیگری مانند توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط زیست و گاهی به عنوان رقیب این اهداف مطرح می‌شود. این مقوله از اهمیت بیشتری نسبت به اقتصاد جهانی برخوردار می‌باشد، زیرا انرژی یکی از ورودی‌های کلیدی برای همه فرایندهای اقتصادی است.

توسعه مدل‌های پیش‌بینی انرژی و همچنین ساختار مناسب تعرفه یکی از مراحل مهم در برنامه‌ریزی‌های کلان برای تأمین پایدار انرژی در راستای توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی است. امروزه علاوه بر نگاه سنتی اقتصادی به بخش انرژی، ملاحظات اجتماعی، سیاسی و امنیتی و زیست محیطی اهمیت مطالعات این بخش را بیش از گذشته مطرح کرده است. مطالعه تقاضای

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:
B. Hosseinzadeh Samani, H. Hourijafari, Modeling and forecasting of energy consumption in food and processing industry using artificial neural networks, *Modares Mechanical Engineering,* Vol. 15, No. 6, pp. 16-22, 2015 (In Persian)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.6.26.2]

انرژی و تقاضای حامل‌های انرژی بر اساس مدل‌های متنوعی صورت می‌گیرد. این مدل‌ها را می‌توان با در نظر گرفتن معیارهایی از قبیل اهداف، فروض، درجه توجه به تغییرات فنآوری و درجه درونزایی و دامنه توصیف اجرای بخش‌های غیر انرژی اقتصاد تقسیم‌بندی کرد. با توجه به اهمیتی که مدل‌ها برای پیش‌بینی و بررسی میزان تقاضای انرژی در کشورها و بخش‌های مختلف دارند و همچنین اهمیتی که در برآورد این مقادیر در توسعه اقتصادی و بهینه توزیع انرژی در زیر بخش‌های گوناگون دارند، ارائه مدل‌های متفاوت و بر گزیدن بهترین روش مدل‌سازی از ضروریات هر سیستم مدیریتی است.

انرژی یکی از مهمترین نهاده تولیدی در هر کشوری به حساب می‌آید و امروزه در تعاملات اقتصادی جهان نقش ویژه و تعیین‌کننده‌ای دارد. به همین علت بسیاری از مؤسسات بین‌المللی سعی می‌کنند که به مدل‌سازی سیستم عرضه و تقاضای انرژی و همچنین پیش‌بینی آنها برای سال‌های آتی بپردازند.

با توجه به اینکه مدل ابزاری برای پاسخ دادن به سوالات مرتبط با یک سیستم واقعی بدون انجام آزمایش بر روی آن سیستم واقعی می‌باشد، یک مدل، نمایش ساده یک سیستم واقعی است که هنوز به طور کامل مشخص نشده است. در یک مدل با استفاده از روش‌های ریاضی روابط بین متغیرها خروجی و پارامترهای ورودی به دست می‌آید.

استفاده در مدل‌سازی در تجزیه و تحلیل سیستمی دارای مزایایی است که استفاده از آن را رایج کرده است. معمولاً در شرایط زیر از مدل‌سازی استفاده می شود:

- امکان انجام آزمایش روی سیستم واقعی وجود نداشته باشد.
- انجام آزمایش روی سیستم واقعی هزینه زیادی داشته باشد.
- بررسی رفتار سیستم جهت شناسایی و درک بیشتر آن.
- اندازه گیری برخی پارامترها که بطور مستقیم در دسترس نیستند.
- پیش بینی حوادث (رفتار یک سیستم در آینده).
- آموزش سیستم واقعی با استفاده از مدل.
- تصمیم گیری‌های مدیریتی.

براین اساس مدل‌ها را می‌توان با توجه به معیارهای گوناگونی طبقه‌بندی کرد. انواع مختلف مدل‌ها با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی آنها به شرح ذیل می‌باشند:

- مدل‌های بهینه‌یابی
- مدل‌های شبیه‌سازی
- مدل‌های حسابداری
- مدل‌های ترکیبی

همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل‌های جهانی بر اساس الگوریتم‌های متفاوتی توسعه داده شده‌اند. در الگوی بهینه‌یابی مدل‌سازی که از آن به عنوان نوعی الگوی تجویزی نام برده می‌شود، در حقیقت سیستم کلی انرژی را در موقعییت کمینه هزینه‌بری با برآورده کردن شرایط متفاوتی مانند محدودیت‌های سرمایه‌گذاری، و انتشار آلایندگی پیشنهاد می‌دهد. مدل‌های زیادی در حال حاضر از این الگو استفاده می‌کنند که مدل مسیج[1] و مارکال[2] و افرم[3] و واسپ[4] از نمونه‌های آن هستند. در الگوی شبیه‌سازی انرژی، رفتار تولیدکنندگان و مصرف کنندگان مختلف تحت حالت‌ها و شرایط مختلف شبیه‌سازی می‌شود. به این ترتیب که فاکتورهای تأثیرگذار، سیستم انرژی کلی که تولیدکنندگان انرژی و خدمات و مصرف کنندگان را شامل می شود، را مدل می‌کند همچنین می‌توان این شبیه‌سازی را تحت فاکتورهای خارجی همچون شرایطی که می‌توان به سیستم تحمیل کرد انجام داد. از جمله مدل‌هایی که از الگوی مدل‌سازی استفاده می‌کنند می‌توان ان پی ای پی[5] و انرژی 2020 و مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی[6] را نام برد.

بر خلاف مدل‌های شبیه سازی که تصمیمات تولید و مصرف کنندگان انرژی را پیش‌بینی و شبیه‌سازی می‌کند در الگوی حسابداری، مدل‌ساز به طور خاص برآمدهای حاصل از تصمیمات را محاسبه می‌کند. مثلاً به جای اینکه بر حسب قیمت‌ها و دیگر متغیرها سهم بازار شبیه‌سازی شود، چارچوب حسابداری لوازم سناریویی که به سهم بازار مشخصی منجر می‌شود را به طور خاص محاسبه و مشخص می‌کند. از جمله مدل‌هایی که از الگوی حسابداری استفاده می‌کند لیپ[7] و مساپ[8] را نام برد.

لذا باعنایت به ماهیت اطلاعات مورد نظر برای برآورد میزان تقاضای انرژی در بخش صنعت و اینکه در این مقاله بیشتر در نظر بوده است که تأثیر اطلاعات تارخی مصرف در بخش صنعت به بخوبی لحاظ شود، بنابراین از الگوهای شبیه‌سازی استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه در نظر بود تا تأثیر وقایع تاریخی به خوبی در مدل دیده شود و داده‌های تاریخی مناسبی نیز در این حوزه در کشور توسط مرکز آمار ایران، وزارت صنعت و معدن و تجارت و سایر نهادها وجود داشت، لذا روش استفاده از شبکه عصبی انتخاب شد.

لازم به توضیح است که استفاه از ابزارهای با الگوی حسابداری که بیشتر برنامه‌های توسعه‌ای را لحاظ می‌کنند به دلیل عدم قطعیت‌های اجرایی در کشورها، خیلی مناسب نیستند.

نخستین نسخه از مدل انرژی جهانی اوپک حدود 21 سال پیش در سال 1981 تحویل دبیرخانه اوپک گردید. این مدل در دانشگاه کالیفرنیای جنوبی ساخته شد. پیچیدگی‌های اولیه موجود در این مدل مشکلاتی را در بررسی‌های علمی و تهیه و تدارک آمار و ارقام مورد نیاز آن ایجاد کرده بود و این موضوع سبب شد تا این مدل در سال 1984 از سوی دبیرخانه اوپک مورد بازسازی مجدد قرار بگیرد [1].

مدل مسیج مدل آلترناتیوهای سیستم‌های عرضه انرژی و اثرات کلی زیست‌محیطی آن‌ها، یک مدل بهینه‌یابی است که برای برنامه‌ریزی‌های میان مدت و بلند مدت انرژی، تحلیل سیاست‌های انرژی و توسعه سناریوها به کار می‌رود. ریشه‌های توسعه آن به برنامه سیستم‌های انرژی در دهه 70 برمی‌گردد. مسیج جریان بهینه انرژی را از منابع اولیه تا تقاضاهای نهایی انرژی که از نظر ریاضی و مهندسی منطقی باشند پیداکرده و ترکیبی از گزینه‌های عرضه ممکن با کمترین هزینه را ارائه می‌دهد که قادر به برآورده کردن تقاضای انرژی باشند. امکان‌سنجی تحقق گزینه‌ها از نظر مهندسی از طریق هماهنگ کردن جریان انرژی با محدودیت‌های مدل در رابطه با استخراج انرژی اولیه، تبدیل انرژی و حمل و نقل و همین‌طور تکنولوژی‌های مصارف نهایی تضمین می‌شود. این جریان‌های انرژی نیز خود به واسطه محدودیت‌هایی که بر روی ایجاد تدریجی ظرفیت‌های جدید، جایگزینی اشکال انرژی، ترمیم منابع، پتانسیل انرژی‌های تجدیدشدنی و غیره وجود دارد، برای هر منطقه جغرافیایی تعیین می‌شوند [3،2].

1- MESSAGE
2- MARKAL
3- EFOM
4- WASP

5- NPEP
6- Artificial Neural Networks
7- LEAP
8- MESAP

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.6.26.2]

محاسبات نرم روشی ابتکاری در راستای ایجاد سیستم‌های هوشمند است که امروزه به شدت مورد توجه مجامع علمی قرار گرفته است. در واقع حل مسایل پیچیده دنیای واقعی نیازمند بکارگیری سیستم‌های هوشمند است. این دسته از سیستم‌ها ترکیبی از دانش، تکنیک و روش شناسی مختلف می‌باشند. انتظار از این سیستم‌ها این است که دارای توانایی مناسبی جهت کسب یک تخصص خاص در دامنه‌ی مشخصی بوده، خودشان را با محیط تطبیق داده و یاد بگیرند چطور با تغییرات محیط سازگار شوند و در نهایت در تقابل با محیط اطراف تصمیم خاصی را اتخاذ کرده و عمل مشخصی را انجام دهند. شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از مهمترین این شیوه‌ها می‌باشد [4].

بررسی منابع نشان داد از شبکه عصبی برای در زمینه‌های مختلفی مانند پزشکی [5]، ریاضی [6] و مهندسی [4] استفاده شده است.

از شبکه عصبی در زمینه‌های پیش‌بینی و تخمین مصرف انرژی و شاخص‌های انرژی برای زیر بخش‌های عرضه و تقاضا نیز مطالعات بسیاری صورت گرفته است،که می‌توان به پژوهش‌های پیش‌بینی انرژی مورد تقاضا در حمل و نقل [7]، انرژی الکتریکی مصرفی [8]، انرژی مصرفی صنایع [9]، مصرف انرژی الکتریکی [10]، بنزین مصرفی [11]، شاخص‌های اقتصادی انرژی[12]، پتانسیل انرژی خورشیدی [13]، انرژی مورد تقاضا در کره [14]، انرژی مصرفی در ترکیه [15]، انرژی مورد تقاضای بخش حمل نقل کره [16]، انرژی حمل و نقل در تایلند [17] اشاره کرد.

بررسی منابع نشان می‌دهد که مطالعه مصرف انرژی بخش صنایع غذایی و آشامیدنی و مدل‌سازی آن برای حامل‌های انرژی در سطح محدودی درون کشور صورت گرفته است. لازم به ذکر است بیشترین تحقیقات روی صنایع انرزی بر بوده و صنایع کم انرژی بر مانند صنایع غذایی مورد مطالعات بسیار محدودی بوده و خلاء مطالعات انجام شده در این بخش از صنعت که از مهمترین صنایع کشور می‌باشد بسیار به چشم می‌خورد، در این پژوهش هدف آن است ابتدا توسط داده‌ها، جداول و آمار نامه‌های موجود میزان مصرف حامل های انرژی در این بخش از صنعت محاسبه شود و سپس آن را با روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (که روش ساده نسبت به سایر روش‌های مدل‌سازی نامبرده شده در بخش بررسی منابع می‌باشد) به تفکیک حامل‌های انرژی مدل‌سازی کرد. روش تلفیق چندین آمارنامه با یکدیگر در تخمین میزان مصرف هر حامل در بخش صنایع غذایی و نحوه اجرای شبکه‌های عصبی چندگانه و استفاده از سیمولینک مت‌لب در مدل‌سازی انرژی از جنبه‌های نوآوری این تحقیق بوده است.

2- مواد روش‌ها

2-1- منابع مورد مطالعه

- اولین گام برای مدل‌سازی نیاز به محاسبه یا جمع‌آوری داده‌های ورودی مدل است. برای این امر از 6 منبع زیر استفاده شد:
- ترازنامه هیدروکربوری وزارت نفت (1389)؛
- ترازنامه انرژی وزارت نیرو (1389)؛
- سامانه آمارهای اقتصادی و حساب‌های ملی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران؛
- جدول داده و ستانده 1380 تهیه شده توسط مرکز آمار ایران؛
- جدول داده و ستانده 1385 با محوریت انرژی تهیه شده توسط معاونت برق و انرژی وزارت نیرو (1388)؛
- گزارش نتایج آمارگیری ازکارگاه‌های صنعتی 10 نفر کارکن و بیشتر تهیه شده توسط مرکز آمار ایران (1388).

برای بدست آوردن سهم مصرف هر زیر بخش به تفکیک حامل از قسمت جدول مصرف اقتصاد ایران به تفکیک تولیدکنندگان بازاری و غیربازاری به قیمت خریدار از زیر مجموعه‌های جدول داده و ستانده استفاده شد. داده‌های مورد نظر از جدول استخراج و با توجه به روابط (1) و (2) سهم هر فعالیت محاسبه شد.

$$\alpha_j = \frac{a_{ij}}{A_i} \quad (1)$$

$$A_i = \sum_{j=1} a_{ij} \quad (2)$$

در این روابط α_i سهم هر بخش از حامل انرژی، a_{ij} قیمت خریدار هر بخش از حامل انرژی مورد نظر، A_i مجموع قیمت‌های خریدار هر بخش از حامل انرژی مورد نظر و i,j به ترتیب مربوط به شماره ستون بخش مصرفی انرژی و ردیف محصول مورد نظر در جدول داده و ستانده هستند.

منبع دیگر مورد گزارش نتایج آمارگیری ازکارگاه‌های صنعتی 10 نفر کارکن و بیشتر تهیه شده توسط مرکز آمار ایران بوده است. باتوجه به آنکه میزان انرژی مصرفی کل گزارش شده صنعت در این آمارگیری با میزان انرژی مصرفی صنعت در ترازنامه هیدروکربوری انطباق ندارد، مبنای استفاده از این گزارش فقط سهم هر بخش از فعالیت‌های صنعتی از مصرف کل صنعت در نظر گرفته شد.

در انتها سهم بدست آمده هر فعالیت صنعت از عمل میانگیری بین 3 عدد (گزارش نتایج آمارگیری ازکارگاه‌های صنعتی 10 نفر کارکن و بیشتر ، جداول داده ستانده سال 80 و 85) حاصل بدست آمد. این عمل موجب می‌شود، عدد حاصل از هر سه داده برای تخمین سهم نهایی هر فعالیت از حامل‌های مختلف انرژی استفاده کرده باشد. در برخی از حامل‌ها دامنه تغییرات داده‌ها گسترده بوده است که این امر موجب می‌گردد عمل میانگین‌گیری به تنهایی مناسب نبوده و نیاز به شرط دیگری برای پایش داده‌ها باشد. برای رفع این امر، انحراف معیار هر سه داده محاسبه شد. سپس اختلاف هر سه عدد بطور جداگانه از میانگین بدست آمد. با مقایسه اختلاف‌ها با انحراف از معیار، می‌توان داده‌هایی را که اختلافشان از انحراف معیار بزرگتر بوده است را به عنوان داده پرت محسوب کرد و از جدول حذف کرد.

در نهایت سهم مصرف صنایع غذایی، فراوری و آشامیدنی از حامل‌های انرژی تعیین شد. سپس با توجه به ترازنامه هیدروکربوری وزارت نفت و سهم مصرف صنایع مزبور از حامل‌ها، میزان انرژی مصرفی هر فعالیت تعیین گردید. لازم به ذکر است با توجه به اینکه 3 منبع مورد استفاده برای تخمین سهم انرژی، در 3 زمان متفاوت بوده‌اند و میزان سهم برای حامل‌ها در هر 3 منبع دارای اختلاف ناچیزی بود، این امر بیانگر تصدیق فرض این روش مبنی بر ثابت بودن سهم مصرف انرژی صنایع در طول زمان می‌باشد. در نتیجه در این تحقیق با فرض ثابت بودن سهم صنایع مزبور در طی این سال‌ها، سری زمانی مصرف انرژی تخمین زده شد.

2-2- شبکه عصبی

در این پژوهش از شبکه‌های چند لایه پرسپترون[1] که در آن تمامی نرون‌ها به یکدیگر وصل شده‌اند استفاده شد. این مدل، به علت سادگی و در عین حال دقت بالا، کاربرد زیادی در مدل‌سازی غیرخطی دارد [18].

1- Multi-Layer Perceptron

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.6.26.2]

این شبکه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. برای آموزش این شبکه، معمولاً از الگوریتم پس انتشار[1] استفاده می‌شود. در طی آموزش شبکه چند لایه به کمک الگوریتم یادگیری، ابتدا محاسبات از ورودی شبکه به سوی خروجی شبکه انجام می شود و سپس مقادیر خطای محاسبه شده به لایه‌های قبل انتشار می‌یابد. در ابتدا، محاسبه خروجی به صورت لایه به لایه انجام می‌شود و خروجی هر لایه، ورودی لایه بعدی خواهد بود. در حالت پس انتشار، ابتدا لایه‌های خروجی تعدیل می‌شود، زیرا برای هر یک از نرون‌های لایه خروجی، مقدار مطلوبی وجود دارد و می‌توان به کمک آنها و قاعده‌های بهنگام سازی، وزن‌ها را تعدیل کرد. با وجود اینکه الگوریتم پس انتشار خطا نتایج بسیار خوبی در حل مسائل ارائه داده است، در حل برخی از مسائل ضعیف عمل می‌کند که می‌تواند به دلیل طولانی بودن یا مشخص نبودن زمان یادگیری، انتخاب نامناسب ضریب یادگیری و یا توزیع تصادفی وزن‌های اولیه باشد. در برخی موارد نیز به دلیل وجود کمینه موضعی، فرایند یادگیری مختل می‌شود که به دلیل قرار گرفتن جواب در قسمت‌های هموار توابع آستانه دچار وقفه می‌شود. مراحل آموزش به کمک این الگوریتم عبارتند از: الف) اختصاص ماتریس وزن تصادفی به هریک از اتصالات ب) انتخاب بردار ورودی و خروجی متناسب با آن پ) محاسبه خروجی نرون در هر لایه و در نتیجه محاسبه خروجی نرون ها در لایه خروجی ت) به‌هنگام‌سازی وزن‌ها به روش انتشار خطای شبکه به لایه های قبل که خطای یاد شده ناشی از اختلاف بین خروجی واقعی و خروجی محاسبه شده است. ث) ارزیابی عملکرد شبکه آموزش دیده به کمک برخی شاخص های تعریف شده مانند میانگین مربعات خطا و سرانجام برگشت به قسمت (پ) یا پایان آموزش.

از الگوریتم‌های آموزش الگوریتم لونبرگ- مارکوارت[2] برای بهنگام سازی وزن های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد که یکی از الگوریتم‌های پرکاربرد است، چون آموزش شبکه را بسیار سریع انجام داده و سطح خطای موجود را حداقل می سازد. در واقع این الگوریتم برای افزایش سرعت یادگیری شبکه طراحی شده که بر مبنای ماتریس هیسن است.

لازم به ذکر است از توابع آستانه مختلفی چون سیگموئیدی، لگاریتمی و خطی و الگوریتم‌های آموزش همراه با نظارت، شبکه‌های پس‌انتشار روبه جلو[3] مانند الگوریتم لونبرگ-مارکوارت و چند نوع الگوریتم آموزش دیگر استفاده شد و نتایج آن‌ها مقایسه شد.

برای مدل‌سازی داده‌ها توسط شبکه عصبی از دو روش استفاده شد. در روش اول فقط از یک شبکه عصبی برای پیش‌بینی مصرف حامل‌های انرژی استفاده شد که در این روش شبکه دارای 1 ورودی و 7 خروجی بود. در روش دوم برای مدل‌سازی از چند شبکه عصبی استفاده شد. در روش ذکر شده برای هر حامل شبکه عصبی مجزایی انخاب شد و در انتها شبکه‌های عصبی برگزیده توسط محیط سیمولینک[4] متلب به‌هم مرتبط شدند.

برای بدست آوردن مدل در هر روش ابتدا داده‌های ورودی شبکه نرمال-سازی شده و سپس به صورت تصادفی به سه گروه آموزش (70%)، ارزیابی (15%) و تست (15%) تقسیم‌بندی شدند. همچنین نرخ آموزش برای تمامی حالت‌ها 0/2 و میزان مومنتم 0/1 در نظر گرفته شد. کد مورد نیاز برای شبیه‌سازی شبکه عصبی با استفاده از نرم‌افزار متلب (2013) توسعه داده شد، بهترین توپولوژی شبکه عصبی بر اساس دو معیار ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا مشخص گردید. بهترین برازشی که می‌تواند میزان انرژی مصرفی صنایع غذایی، فراوری و آشامیدنی را تخمین بزند، توپولوژی است که دارای بیشترین ضریب تبیین[5] و کمترین میانگین مربعات خطا[6] باشد. نحوه محاسبه ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا در روابط (3) و (4) نشان داده شده است [18].

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(a_i - p_i)^2 \quad (3)$$

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i - p_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(\bar{a}_i - p_i)^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

در این روابط a_i داده‌های واقعی iام بدست آمده از محاسبات، p_i داده‌های پیش‌بینی شده iام توسط شبکه و N تعداد مشاهدات است.

در این پژوهش مدل‌سازی روی 7 حامل گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، گاز مایع و بنزین بطور جداگانه و یک شبکه‌ای توسط شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. ورودی مدل سال مورد نظر بوده و خروجی مدل میزان مصرف انرژی بر حسب میلیون بشکه نفت خام است. داده‌های مدل بین سال‌های 1377 تا 1389 می‌باشد و به دلیل کمی داده‌های آموزش مدل، مدل 20 مرتبه اجرا شد و میانگین ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا این دفعات گزارش شد. لازم به ذکر است در مدل‌سازی از روش سری زمانی شبکه‌های عصبی مصنوعی با تأخیر 2 سال استفاده شد. بدین معنی که ورودی شبکه دارای 3 عدد بوده است که این اعداد شامل سال مورد نظر و 2 سال ماقبل آن می‌باشد. 8 عدد از داده‌ها برای آموزش شبکه و 4 عدد برای قسمت اعتبارسنجی و آزمون مورد استفاده قرار گرفت. از منابع تغییر در بهینه کردن شبکه، تعداد نرون‌های لایه مخفی و توابع انتقال را می‌توان نام برد.

3- نتایج و بحث

شبکه‌های انتخابی با توجه به روش سعی و خطا و آزمون تعداد مختلف نرون، توابع انتقال و الگوریتم‌های آموزش گوناگون برای هر یک از حامل‌ها بدست آمد. هر حالتی که بیشترین ضریب تبیین کمترین میانگین مربع خطا را داشت، به عنوان شبکه برگزیده انتخاب شد. برای مدل تک شبکه‌ای دولایه با توابع انتقال سیگموئیدی در لایه اول و لگاریتمی در لایه دوم بهترین دقت را داشت. در این شبکه در لایه اول 11 نرون قرار گرفت. برای هر 7 حامل شبکه دولایه با توابع انتفال سیگموئیدی در لایه اول خطی در لایه دوم ترسیم گردید. تعداد نرون‌های انتخابی در لایه اول به ترتیب برای حامل‌های گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، بنزین و گاز مایع برابر 5، 5، 10،7، 8، 6 و 8 نرون بدست آمدند. لازم به ذکر است توابع انتقال و تعداد نرون‌ها در هر لایه از بین 135 اجرای شبکه برای هر کدام از حامل‌ها به طور جداگانه انتخاب شده‌اند.

میزان ضریب تبیین و خطای استاندارد میانگین حاصل از شبکه‌های عصبی مصنوعی تکی و چنگانه برای حامل‌های مختلف در جداول 1 و 2 قابل مشاهده می‌باشند. همان‌طور که مشاهده می‌شود بالاترین دقت در مدل‌های تک و چند شبکه‌ای مربوط به نفت کوره با ضریب تبیین به ترتیب 91% و 95% می‌باشد. در تمامی حامل‌ها مدل چند شبکه‌ای دارای ضریب تبیین بالاتر و میانگین مربعات خطا کمتری نسبت به مدل تک شبکه‌ای دارد (جدول‌های 1و 2).

در تحقیقات دیگر نیز شبکه عصبی توانسته با دقت مناسب میزان انرژی

1- Back propagation
2- Levenberg–Marquardt Technique
3- Feed Forward Back Propagation
4- Simulink

5- Determination Coefficient
6- Mean Square Error

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.6.26.2]

جدول 1 میزان ضریب تبیین و خطای استاندارد شبکه‌های عصبی تکی برای حامل‌های انرژی

حامل	ضریب تبیین	میانگین مربعات خطا
گازوئیل	%88	0/212
نفت سفید	%87	0/265
نفت کوره	%91	0/136
گاز طبیعی	%86	0/157
برق	%90	0/165
بنزین	%89	0/209
گاز مایع	%85	0/303

جدول 2 میزان ضریب تبیین و خطای استاندارد شبکه‌های عصبی چندگانه برای حامل‌های انرژی

حامل	ضریب تبیین	میانگین مربعات خطا
گازوئیل	%94	0/025
نفت سفید	%92	0/037
نفت کوره	%95	0/012
گاز طبیعی	%94	0/024
برق	%93	0/047
بنزین	%90	0/038
گاز مایع	%91	0/042

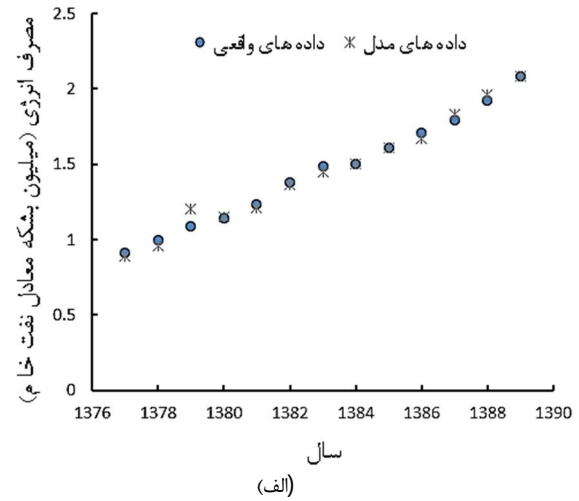
مصرفی بخش صنعت و زیر بخش‌های آن را پیش‌بینی نماید [11،13-15]. در تحقیقی از شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان انرژی مورد تقاضای بخش حمل و نقل در کشور کره جنوبی استفاده شد و مدل شبکه عصبی به دست آمده دقت قابل قبولی در تخمین میزان انرژی داشته است. نتایج مدل نشان داد در سال 2025 میزان انرژی مورد تقاضای این بخش 37 میلیون تن معادل نفت خام خواهد بود [14].

با توجه به دقت بالاتر شبکه‌های عصبی چندگانه نسبت به شبکه‌های عصبی تکی، در ادامه روش شبکه چندگانه برای پیش‌بینی و تخمین میزان انرژی مصرفی انتخاب شد. در شکل 1 روند تخمین و پیش‌بینی شبکه‌های عصبی مصنوعی برای میزان انرژی مصرفی در هر حامل قابل ملاحظه می‌باشد. دقت مدل و میزان خطا در تمامی نقاط ورودی در شکل 1 دیده می‌شود.

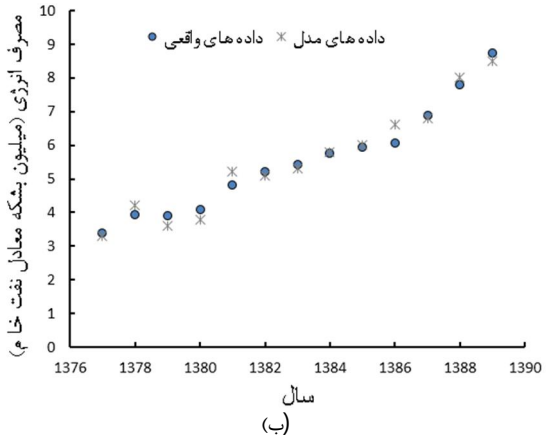
در انتها با تلفیق مدل‌های شبکه عصبی به روش سیمولینک با یکدیگر مدل نهایی حاصل گردیده شد (شکل 2).

در جدول 3 مقادیر مصرف انرژی در صنعت صنایع غذایی، فراوری و آشامیدنی توسط شبکه عصبی مشاهده می‌شود. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد روز به روز در این صنعت مصرف گاز طبیعی و برق روبه افزایش است ولی میزان مصرف نفت کوره، گاز مایع، گازوئیل و نفت سفید رو به کاهش است. دلیل این امر ذخیره بسیار زیاد گاز طبیعی در کشور است و سیاست‌های دولت برای استفاده بیشتر از این حامل و کاهش سایر حامل‌ها بوده است. با توجه به ورود قابل توجه الکترونیک و دستگاه‌های برقی در صنعت روز کشور مخصوصاً صنایع غذایی و همچنین ارزانی این حامل در سال‌های مورد بررسی موجب شده است که مصرف این حامل رو به افزایش باشد، ولی پیش‌بینی می‌شود در سال‌های بعد به دلیل اجرای طرح هدف‌مندی یارانه‌ها این روند دست‌خوش تغییرات شود.

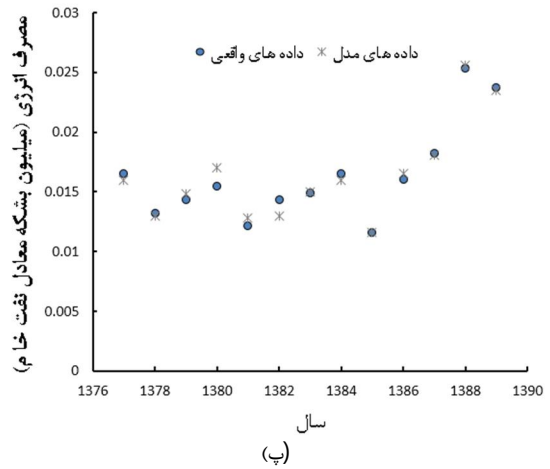
میزان مصرف حامل‌های مختلف انرژی در یک دوره 13 ساله در صنایع غذایی و آشامیدنی نشان می‌دهد که بیشترین مصرف انرژی را در این صنعت، گاز طبیعی داشته است. افزایش استفاده از گاز طبیعی در سال‌های 1385 به بعد را می‌توان به دلیل سیاست‌های دولت به افزایش جایگزینی مصرف گاز طبیعی به جای سایر حامل‌های انرژی مانند بنزین و گازوئیل دانست. مدل پیش بینی می‌کند که در سال 1404 مصرف گاز طبیعی نسبت به سال 1377، 3/64 برابر خواهد شد. همچنین نتایج مستخرج از مدل نشان می‌دهد مصرف گازوئیل در سال‌های اخیر روبه کاهش بوده و تا سال 1404 میزان مصرف گازوئیل نسبت به سال 1389 فقط 3 درصد افزایش خواهد داشت.



(الف)



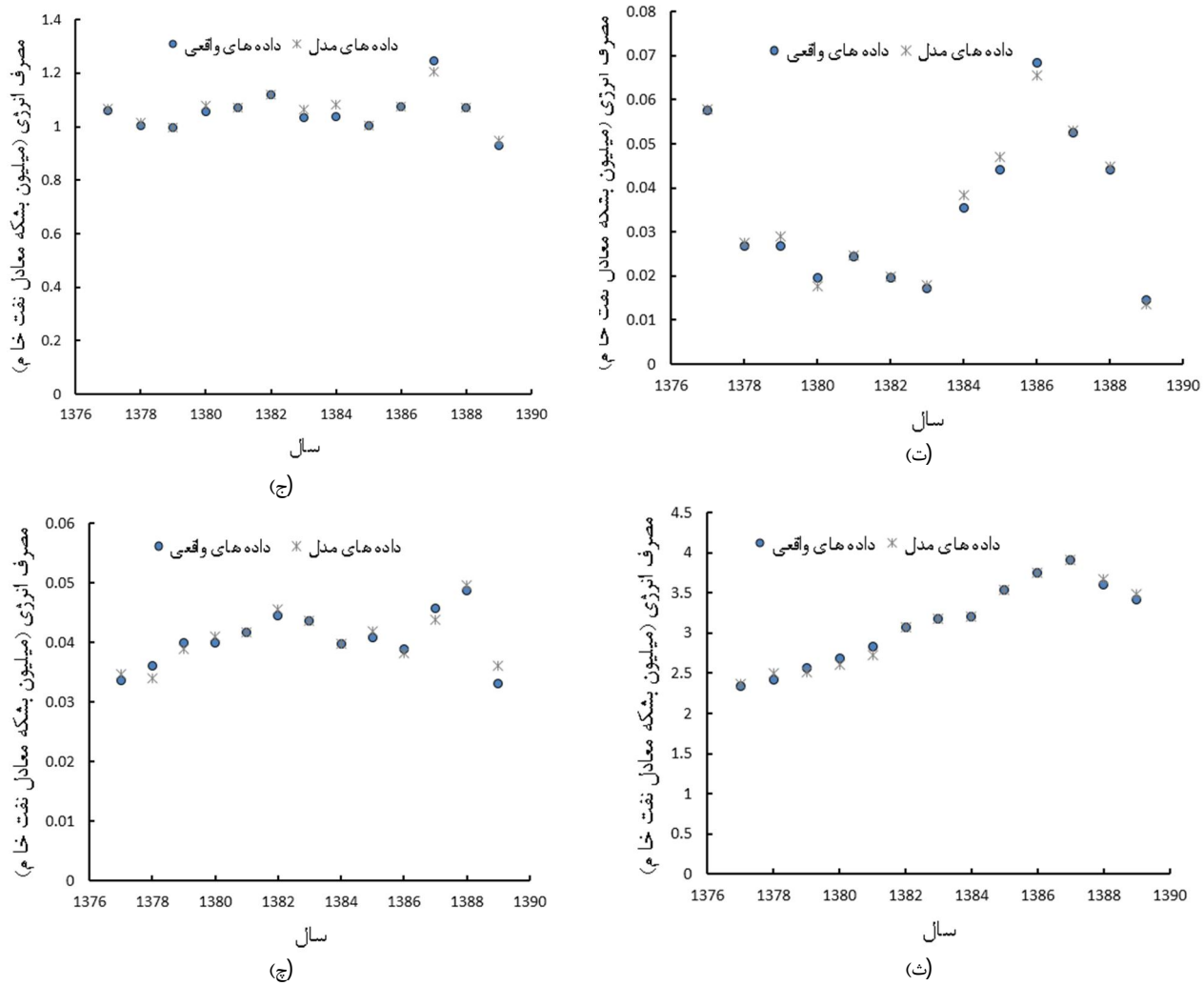
(ب)



(پ)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.6.26.2]



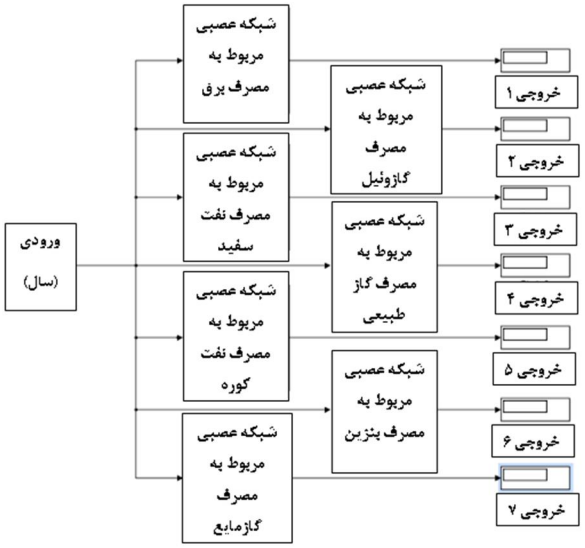
شکل 1 روند پیش‌بینی و تخمین انرژی برای حامل‌های الف) برق، ب) گاز طبیعی، پ) بنزین، ت) نفت سفید، ث) گازوئیل، ج) نفت کوره و چ) گاز مایع

جدول 3 مقادیرمصرف انرژی در صنعت صنایع غذایی، فراوری و آشامیدنی توسط شبکه عصبی

	سال	برق	گاز طبیعی	بنزین	نفت سفید	گازوئیل	نفت کوره	گاز مایع
مقادیر تخمینی در تراز انرژی	1377	0/9085	3/4024	0/0166	0/0575	2/3423	1/058	0/0336
	1378	0/9927	3/9528	0/0132	0/0269	2/4199	1/0053	0/036
	1379	1/088	3/9137	0/0144	0/0269	2/5676	1/9946	0/039
	1380	1/1241	4/0884	0/0155	0/0196	2/6831	1/0571	0/0399
	1381	1/2338	4/8242	0/0121	0/0245	2/827	1/0702	0/0416
	1382	1/3796	5/2159	0/0144	0/0196	3/077	1/12	0/0445
	1383	1/4862	5/4306	0/0149	0/0171	3/1735	1/0328	0/0435
	1384	1/503	5/7674	0/0166	0/0355	3/1981	1/0354	0/0397
	1385	1/6096	5/9516	0/0116	0/044	3/5371	1/0043	0/0409
	1386	1/7115	6/0639	0/016	0/0685	3/7435	1/0748	0/0389
	1387	1/7924	6/8724	0/0182	0/0526	3/9139	1/2454	0/0457
	1388	1/9237	7/8009	0/0254	0/044	3/609	1/0699	0/0486
	1389	2/0807	8/73.8	0/0237	0/0147	3/4197	0/929	0/0331
مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی	1395	2/291	12/273	0/0213	0/0101	3/455	0/8768	0/0318
	1400	2/297	12/334	0/0191	0/0073	3/467	0/8181	0/0305
	1404	2/341	12/382	0/0187	0/0051	3/4995	0/7923	0/0293

نفت سفید و نفت کوره به دلیل تغییر تکنولوژی صنایع غذایی روند مصرفی نزولی دارند، بطوری که از سال 1377 تا 1389 مصرفشان به ترتیب

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-21]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.6.26.2]



شکل 2 مدل نهایی حاصل شده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

3/91 و 1/13 برابر کاهش یافته‌اند. همچنین مدل پیش بینی می‌کند که این روند در سال 1404 به ترتیب به 11/27 و 1/3 برابر کاهش خواهند یافت.

در بین سال‌های 1377 تا 1389 میزان انرژی مصرفی در صنایع غذایی و آشامیدنی بطور خطی افزایش پیدا کرده است. بطوری که در طی 13 سال میزان انرژی مصرفی 1/9 برابر شده است. این افزایش مصرف انرژی را می‌توان این‌گونه بیان کرد که در طی این 13 سال تعداد کارخانه‌های این صنعت افزایش پیدا کرده و با توجه به رشد جمعیت و در نتیجه افزایش نیازهای جامعه تولید در این صنعت نیز افزایش پیدا کرده است. از طرف دیگر کارخانه‌های قدیمی‌تر مستهلک شده و این امر در حدودی بر رشد انرژی مصرفی تأثیر گذار می‌باشد.

4- نتیجه‌گیری

شبکه عصبی توانست پیش‌بینی قابل قبولی در تخمین و پیش‌بینی میزان انرژی مصرفی در صنایع غذایی، فراوری و آشامیدنی داشته باشد. روش چند شبکه‌ای بهتر از تک شبکه‌ای عمل پیشی بینی را انجام می‌داد. برای هر 7 حامل شبکه دولایه با توابع انتقال سیگموئیدی در لایه اول و خطی در لایه دوم ترسیم گردید. تعداد نرون‌های انتخابی در لایه اول به ترتیب برای حامل‌های گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، بنزین و گاز مایع برابر 5، 5، 10،7، 8، 6 و 8 نرون بدست آمدند. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد روز به روز در این صنعت مصرف گاز طبیعی و برق روبه افزایش است ولی میزان مصرف نفت کوره، گاز مایع، گازوئیل و نفت سفید رو به کاهش است.

5- مراجع

[1] J. Barnett, The worst of friends: OPEC and G-77 in the climate regime, *Global Environmental Politics,* Vol. 8, No. 4, pp. 1-8, 2008 .

[2] L. Ekonomou, Greek long-term energy consumption prediction using artificial neural networks, *Energy*, Vol. 35, No ,۲ .pp. 512-517, 2010 .

[3] S. Messner, L. Schrattenholzer, MESSAGE–MACRO: linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively, *Energy*, Vol. 25, No. 3, pp. 267-282, 2000 .

[4] S. Pierre, H. Said, W. G. Probst, An artificial neural network approach for routing in distributed computer networks, *Engineering Applications of Artificial Intelligence,* Vol. 14, No. 1, pp. 51-60, 2001 .

[5] P. J. Lisboa, A. F. Taktak, The use of artificial neural networks in decision support in cancer: a systematic review, *Neural networks,* Vol. 19, No. 4, pp. 408-415, 2006 .

[6] G. Hernandez, L. Salinas, Large scale simulations of a neural network model for the graph bisection problem on geometrically connected graphs, *Electronic Notes in Discrete Mathematics,* Vol. 18, pp. 151-156, 2004 .

[7] Y. S. Murat, H. Ceylan, Use of artificial neural networks for transport energy demand modeling, *Energy policy*, Vol. 34, No. 17, pp. 3165-3172, 2006 .

[8] A. Azadeh, S. Ghaderi, S. Sohrabkhani, Forecasting electrical consumption by integration of neural network, time series and ANOVA, *Applied Mathematics and Computation,* Vol. 186, No. 2, pp. 1753-1761, 2007 .

[9] A. Azadeh, S. Ghaderi, S. Sohrabkhani, Annual electricity consumption forecasting by neural network in high energy consuming industrial sectors, *Energy Conversion and Management*, Vol. 49, No. 8, pp. 2272-2278, 2008 .

[10] S. Javeed Nizami, A. Z. Al-Garni, Forecasting electric energy consumption using neural networks, *Energy policy*, Vol. 23, No. 12, pp ,۱۱۰۴-۱۰۹۷ . .۱۹۹۵

[11] G. Nasr, E. Badr, C. Joun, Backpropagation neural networks for modeling gasoline consumption, *Energy Conversion and Management*, Vol. 44, No. 6, pp. 893-905, 2003 .

[12] A. Sözen, E. Arcaklioglu, Prediction of net energy consumption based on economic indicators (GNP and GDP) in Turkey, *Energy policy*, Vol. 35, No. 10, pp. 4981-4992, 2007 .

[13] D. Fadare, Modelling of solar energy potential in Nigeria using an artificial neural network model, *Applied energy*, Vol. 86, No. 9, pp. 1410-.۲۰۰۹ ,۱۴۲۲

[14] Z. W. Geem, W. E. Roper, Energy demand estimation of South Korea using artificial neural network, *Energy policy*, Vol. 37, No. 10, pp. 4049-4054, 2009 .

[15] A. Sözen, Future projection of the energy dependency of Turkey using artificial neural network, *Energy policy*, Vol. 37, No. 11, pp. 4827-4833, 2009 .

[16] Z. W. Geem, Transport energy demand modeling of South Korea using artificial neural network, *Energy policy*, Vol. 39, No. 8, pp. 4644-4650, 2011 .

[17] T. Limanond, S. Jomnonkwao, A .Srikaew, Projection of future transport energy demand of Thailand, *Energy policy*, Vol. 39, No. 5, pp. 2754-2763, 2011 .

[18] R. L. Harvey, *Neural network principles*: Prentice-Hall, Inc., 1994 .

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-09-21]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.6.26.2]