



مدل سازی و پیش بینی میزان انرژی مصرفی در صنایع غذایی و فراوری کشور به روش شبکه های عصبی مصنوعی

بهرام حسین زاده سامانی^{1*}، حامد حوری جعفری²

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:

مدل سازی انرژی

انرژی مصرفی

صنایع غذایی و فراوری

شبکه عصبی

چکیده

در تمامی جوامع و کشورها به منظور برنامه ریزی برای تأمین انرژی بخش های مختلف، نیاز به پیش بینی صحیح برای تعیین میزان تقاضا، نوع حامل های انرژی و چگونگی تأمین آن وجود دارد. با توجه به اهمیت صنایع غذایی در هر کشور، در این پژوهش مدل سازی میزان انرژی مصرفی این بخش از صنعت مورد مطالعه قرار گرفت. در این مقاله مدل سازی انرژی با روش شبکه های عصبی مصنوعی انجام پذیرفت. در اولین گام با توجه به آمارنامه ها، ترازنامه ها و روش پیشنهادی در این مقاله داده های 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 هر کدام از حامل های انرژی (گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، بنزین و گاز مایع) با میانگین گیری 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 داده ها نشان می دهد 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 Hourijafari²

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

محیط زیست و گاهی به عنوان رقیب این اهداف مطرح می شود. این مقوله از اهمیت بیشتری نسبت به اقتصاد جهانی برخوردار می باشد، زیرا انرژی یکی از ورودی های کلیدی برای همه فرایندهای اقتصادی است. توسعه مدل های پیش بینی انرژی و همچنین ساختار مناسب تعرفه یکی از مراحل مهم در برنامه ریزی های 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

در تمامی جوامع و کشورها به منظور برنامه ریزی برای تأمین انرژی بخش های مختلف، نیاز به پیش بینی صحیح برای تعیین میزان تقاضا و نوع حامل های انرژی و چگونگی تأمین آن وجود دارد. محثی که امروزه از اهمیت فراوانی برخوردار شده است، موضوع امنیت انرژی است. امنیت انرژی معمولاً به صورت عرضه کافی و قابل اطمینان انرژی در قیمت های قابل قبول تعریف می شود. برای دهه ها، امنیت انرژی یکی از اهداف مهم سیاست عمومی بوده که گاهی اوقات همراه اهداف مهم دیگری مانند توسعه اقتصادی و حفاظت از

کلی که تولیدکنندگان انرژی و خدمات و مصرف کنندگان را شامل می شود، را مدل می کند همچنین می توان این شبیه سازی را تحت فاکتورهای خارجی همچون شرایطی که می توان به سیستم تحمیل کرد انجام داد. از جمله مدل هایی که از الگوی مدل سازی استفاده می کنند می توان ان پی ای پی⁵ و انرژی 2020 و مدل های شبکه های عصبی مصنوعی⁶ را نام برد.

بر خلاف مدل های شبیه سازی که تصمیمات تولید و مصرف کنندگان انرژی را پیش بینی و شبیه سازی می کند در الگوی حسابداری، مدل ساز به طور خاص برآمدهای حاصل از تصمیمات را محاسبه می کند. مثلاً به جای اینکه بر حسب قیمت ها و دیگر متغیرها سهم بازار شبیه سازی شود، چارچوب حسابداری لوازم سناریویی که به سهم بازار مشخصی منجر می شود را به طور خاص محاسبه و مشخص می کند. از جمله مدل هایی که از الگوی حسابداری استفاده می کند لپ⁷ و مساپ⁸ 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 تاریخی مصرف در بخش صنعت به بخوبی لحاظ شود، بنابراین از الگوهای شبیه سازی استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه در نظر بود تا تأثیر وقایع تاریخی به خوبی در مدل دیده شود و داده های 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 استفاده از ابزارهای با الگوی حسابداری که بیشتر برنامه های توسعه ای را لحاظ می کنند به دلیل عدم قطعیت های 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 کالیفرنیا جنوبی ساخته شد. پیچیدگی های اولیه موجود در این مدل مشکلاتی را در بررسی های 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 سیستم های عرضه انرژی و اثرات کلی زیست محیطی آن ها، یک مدل بهینه یابی است که برای برنامه ریزی های میان مدت و بلند مدت انرژی، تحلیل سیاست های انرژی و توسعه سناریوها به کار می رود. ریشه های توسعه آن به برنامه سیستم های انرژی در دهه 70 برمی گردد. مسیج جریان بهینه انرژی را از منابع اولیه تا تقاضاهای نهایی انرژی که از نظر ریاضی و مهندسی منطقی باشند پیدا کرده و ترکیبی از گزینه های عرضه ممکن با کمترین هزینه را ارائه می دهد که قادر به برآورده کردن تقاضای انرژی باشند. امکان سنجی تحقق گزینه ها از نظر مهندسی از طریق هماهنگ کردن جریان انرژی با محدودیت های مدل در رابطه با استخراج انرژی اولیه، تبدیل انرژی و حمل و نقل و همین طور تکنولوژی های مصارف نهایی تضمین می شود. این جریان های انرژی نیز خود به واسطه محدودیت هایی که بر روی ایجاد تدریجی ظرفیت های جدید، جایگزینی اشکال انرژی، ترمیم منابع، پتانسیل انرژی های تجدیدشدنی و غیره وجود دارد، برای هر منطقه جغرافیایی تعیین می شوند [2,3].

انرژی و تقاضای حامل های انرژی بر اساس مدل های متنوعی صورت می گیرد. این مدل ها را می توان با در نظر گرفتن معیارهایی از قبیل اهداف، فروض، درجه توجه به تغییرات فناوری و درجه درونزایی و دامنه توصیف اجرای بخش های غیر انرژی اقتصاد تقسیم بندی کرد. با توجه به اهمیتی که مدل ها برای پیش بینی و بررسی میزان تقاضای انرژی در کشورها و بخش های مختلف دارند و همچنین اهمیتی که در برآورد این مقادیر در توسعه اقتصادی و بهینه توزیع انرژی در زیر بخش های گوناگون دارند، ارائه مدل های متفاوت و برگزیدن بهترین روش مدل سازی از ضروریات هر سیستم مدیریتی است.

انرژی یکی از مهمترین نهاده تولیدی در هر کشوری به حساب می آید و امروزه در تعاملات اقتصادی جهان نقش ویژه و تعیین کننده ای دارد. به همین علت بسیاری از مؤسسات بین المللی سعی می کنند که به مدل سازی سیستم عرضه و تقاضای انرژی و همچنین پیش بینی آنها برای سال های 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 می باشد، یک مدل، نمایش ساده یک سیستم واقعی است که هنوز به طور کامل مشخص نشده است. در یک مدل با استفاده از روش های ریاضی روابط بین متغیرها خروجی و پارامترهای ورودی به دست می آید.

استفاده در مدل سازی در تجزیه و تحلیل سیستمی دارای مزایایی است که استفاده از آن را رایج کرده است. معمولاً در شرایط زیر از مدل سازی 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 (فشار یک سیستم در آینده).
- آموزش سیستم واقعی با استفاده از مدل.
- تصمیم گیری های مدیریتی.

براین اساس مدل ها را می توان با توجه به معیارهای گوناگونی طبقه بندی کرد. انواع مختلف مدل ها با استفاده از روش های مختلف طبقه بندی آنها به شرح ذیل می باشند:

- مدل های بهینه یابی
- مدل های شبیه سازی
- مدل های حسابداری
- مدل های ترکیبی

همان طور که مشاهده می شود مدل های جهانی بر اساس الگوریتم های متفاوتی توسعه داده شده اند. در الگوی بهینه یابی مدل سازی که از آن به عنوان نوعی الگوی تجویزی نام برده می شود، در حقیقت سیستم کلی انرژی را در موقعیت کمینه هزینه بری با برآورده کردن شرایط متفاوتی مانند محدودیت های سرمایه گذاری، و انتشار آلایندهی پیشنهاد می دهد. مدل های زیادی در حال حاضر از این الگو استفاده می کنند که مدل مسیج¹ و مارکال² و افرم³ و واسپ⁴ از نمونه های آن هستند. در الگوی شبیه سازی انرژی، رفتار تولیدکنندگان و مصرف کنندگان مختلف تحت حالت ها و شرایط مختلف شبیه سازی می شود. به این ترتیب که فاکتورهای تأثیرگذار، سیستم انرژی

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

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

- گزارش نتایج آمارگیری از کارگاه های 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 مجموعه های جدول داده و ستانده استفاده شد. داده های 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 قیمت های 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 از کارگاه های صنعتی 10 نفر کارکن و بیشتر تهیه شده توسط مرکز آمار ایران بوده است. با توجه 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 فعالیت های 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 از کارگاه های صنعتی 10 نفر کارکن و بیشتر، جداول داده ستانده سال 80 و 85) حاصل بدست آمد. این عمل موجب می شود، عدد حاصل از هر سه داده برای تخمین سهم نهایی هر فعالیت از حامل های مختلف انرژی استفاده کرده باشد. در برخی از حامل ها دامنه تغییرات داده ها گسترده بوده است که این امر موجب می گردد عمل میانگیری به تنهایی مناسب نبوده و نیاز به شرط دیگری برای پایش داده ها 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 اختلاف ها با انحراف از معیار، می توان داده هایی 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 حامل های انرژی تعیین شد. سپس با توجه به ترازنامه هیدروکربوری وزارت نفت و سهم مصرف صنایع مزبور از حامل ها، 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 بوده اند و میزان سهم برای حامل ها 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 می باشد. در نتیجه در این تحقیق با فرض ثابت بودن سهم صنایع مزبور در طی این سال ها، سری زمانی مصرف انرژی تخمین زده شد.

2-2- شبکه عصبی

در این پژوهش از شبکه های چند لایه پرسپترون¹ که در آن تمامی نرون ها به یکدیگر وصل شده اند استفاده شد. این مدل، به علت سادگی و در عین حال دقت بالا، کاربرد زیادی در مدل سازی غیرخطی دارد [18].

محاسبات نرم روشی ابتکاری در راستای ایجاد سیستم های هوشمند است که امروزه به شدت مورد توجه مجامع علمی قرار گرفته است. در واقع حل مسایل پیچیده دنیای واقعی نیازمند بکارگیری سیستم های هوشمند است. این دسته از سیستم ها ترکیبی از دانش، تکنیک و روش شناسی مختلف می باشند. انتظار از این سیستم ها این است که دارای توانایی مناسبی جهت کسب یک تخصص خاص در دامنه ی 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. شبکه های عصبی مصنوعی یکی از مهمترین این شیوه ها می باشد [4].

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

از شبکه عصبی در زمینه های پیش بینی و تخمین مصرف انرژی و شاخص های انرژی برای زیر بخش های عرضه و تقاضا نیز مطالعات بسیاری صورت گرفته است، که می توان به پژوهش های پیش بینی انرژی مورد تقاضا در حمل و نقل [7]، انرژی الکتریکی مصرفی [8]، انرژی مصرفی صنایع [9]، مصرف انرژی الکتریکی [10]، بنزین مصرفی [11]، شاخص های 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 می دهد که مطالعه مصرف انرژی بخش صنایع غذایی و آشامیدنی و مدل سازی آن برای حامل های انرژی در سطح محدودی درون کشور صورت گرفته است. لازم به ذکر است بیشترین تحقیقات روی صنایع انرژی 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 می باشد بسیار به چشم می خورد، در این پژوهش هدف آن است ابتدا توسط داده ها، جداول و آمار نامه های موجود میزان مصرف حامل های انرژی در این بخش از صنعت محاسبه شود و سپس آن را با روش شبکه های عصبی مصنوعی (که روش ساده نسبت به سایر روش های مدل سازی نامبرده شده در بخش بررسی منابع می باشد) به تفکیک حامل های انرژی مدل سازی کرد. روش تلفیق چندین آمارنامه با یکدیگر در تخمین میزان مصرف هر حامل در بخش صنایع غذایی و نحوه اجرای شبکه های عصبی چندگانه و استفاده از سیمولینک متلب در مدل سازی انرژی از جنبه های نوآوری این تحقیق بوده است.

2- مواد روش ها

2-1- منابع مورد مطالعه

- اولین گام برای مدل سازی نیاز به محاسبه یا جمع آوری داده های 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 حساب های 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)؛

میانگین مربعات خطا مشخص گردید. بهترین برازشی که می تواند میزان انرژی مصرفی صنایع غذایی، فراوری و آشامیدنی را تخمین بزند، توپولوژی است که دارای بیشترین ضریب تبیین⁵ و کمترین میانگین مربعات خطا⁶ باشد. نحوه محاسبه ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا در روابط (3) و (4) نشان داده شده است [18].

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

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

در این روابط a_i داده های واقعی \bar{a}_i ام بدست آمده از محاسبات، p_i داده های پیش بینی شده \bar{p}_i ام توسط شبکه و N تعداد مشاهدات است.

در این پژوهش مدل سازی روی 7 حامل گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، گاز مایع و بنزین بطور جداگانه و یک شبکه های 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. داده های مدل بین سال های 1377 تا 1389 می باشد و به دلیل کمی داده های آموزش مدل، مدل 20 مرتبه اجرا شد و میانگین ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا این دفعات گزارش شد. لازم به ذکر است در مدل سازی از روش سری زمانی شبکه های 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 می باشد. 8 عدد از داده ها برای آموزش شبکه و 4 عدد برای قسمت اعتبارسنجی و آزمون مورد استفاده قرار گرفت. از منابع تغییر در بهینه کردن شبکه، تعداد نرون های لایه مخفی و توابع انتقال را می توان نام برد.

3- نتایج و بحث

شبکه های انتخابی با توجه به روش سعی و خطا و آزمون تعداد مختلف نرون، توابع انتقال و الگوریتم های آموزش گوناگون برای هر یک از حامل ها بدست آمد. هر حالتی که بیشترین ضریب تبیین کمترین میانگین مربع خطا را داشت، به عنوان شبکه برگزیده انتخاب شد. برای مدل تک شبکه ای 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 انتقال سیگموئیدی در لایه اول خطی در لایه دوم ترسیم گردید. تعداد نرون های انتخابی در لایه اول به ترتیب برای حامل های گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، بنزین و گاز مایع برابر 5، 5، 10، 7، 6 و 8 نرون بدست آمدند. لازم به ذکر است توابع انتقال و تعداد نرون ها در هر لایه از بین 135 اجرای شبکه برای هر کدام از حامل ها به طور جداگانه انتخاب شده اند.

میزان ضریب تبیین و خطای استاندارد میانگین حاصل از شبکه های عصبی مصنوعی تکی و چنگانه برای حامل های مختلف در جداول 1 و 2 قابل مشاهده می باشند. همان طور که مشاهده می شود بالاترین دقت در مدل های تک و چند شبکه ای مربوط به نفت کوره با ضریب تبیین به ترتیب 91% و 95% می باشد. در تمامی حامل ها مدل چند شبکه ای دارای ضریب تبیین بالاتر و میانگین مربعات خطا کمتری نسبت به مدل تک شبکه ای دارد (جدول های 1 و 2).

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

این شبکه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. برای آموزش این شبکه، معمولاً از الگوریتم پس انتشار¹ استفاده می شود. 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 لایه های قبل انتشار می یابد. در ابتدا، محاسبه خروجی به صورت لایه به لایه انجام می شود و خروجی هر لایه، ورودی لایه بعدی خواهد بود. در حالت پس انتشار، ابتدا لایه های خروجی تعدیل می شود، زیرا برای هر یک از نرون های لایه خروجی، مقدار مطلوبی وجود دارد و می توان به کمک آنها و قاعده های بهنگام سازی، وزن ها 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 می کند که می تواند به دلیل طولانی بودن یا مشخص نبودن زمان یادگیری، انتخاب نامناسب ضریب یادگیری و یا توزیع تصادفی وزن های اولیه باشد. در برخی موارد نیز به دلیل وجود کمینه موضعی، فرایند یادگیری مختل می شود که به دلیل قرار گرفتن جواب در قسمت های هموار توابع آستانه دچار وقفه می شود. 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) بهنگام سازی وزن ها 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 الگوریتم های آموزش الگوریتم لونبرگ - مارکوارت² برای بهنگام سازی وزن های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد که یکی از الگوریتم های 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 هیس است.

لازم به ذکر است از توابع آستانه مختلفی چون سیگموئیدی، لگاریتمی و خطی و الگوریتم های آموزش همراه با نظارت، شبکه های پس انتشار روبه جلو³ مانند الگوریتم لونبرگ - مارکوارت و چند نوع الگوریتم آموزش دیگر استفاده شد و نتایج آن ها مقایسه شد.

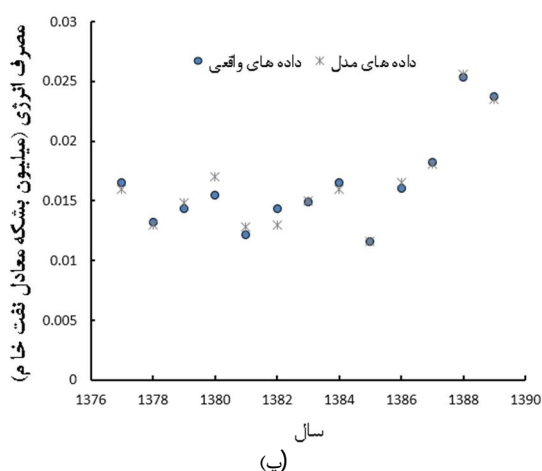
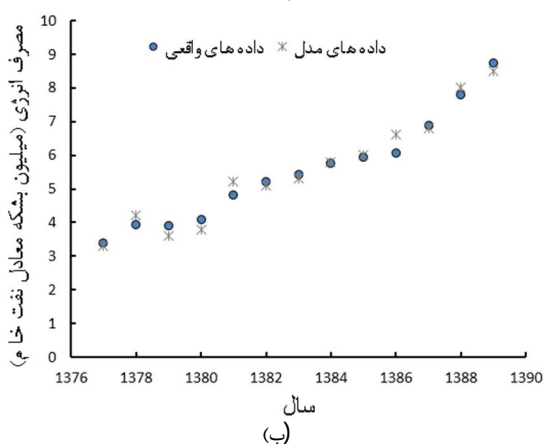
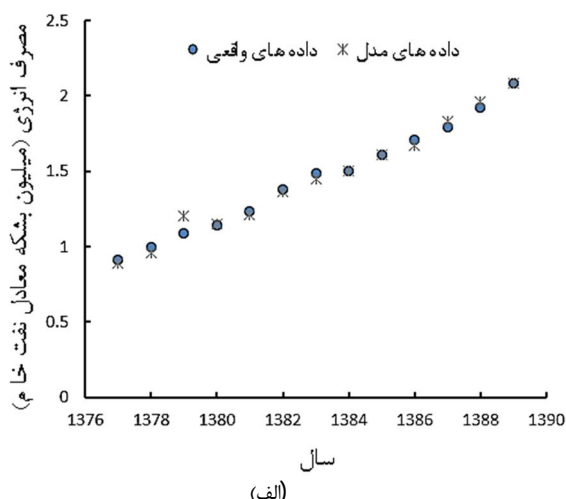
برای مدل سازی داده ها توسط شبکه عصبی از دو روش استفاده شد. در روش اول فقط از یک شبکه عصبی برای پیش بینی مصرف حامل های انرژی استفاده شد که در این روش شبکه دارای 1 ورودی و 7 خروجی بود. در روش دوم برای مدل سازی از چند شبکه عصبی استفاده شد. در روش ذکر شده برای هر حامل شبکه عصبی مجزایی انتخاب شد و در انتها شبکه های عصبی برگزیده توسط محیط سیمولینک⁴ متلب به هم مرتبط شدند.

برای بدست آوردن مدل در هر روش ابتدا داده های ورودی شبکه نرمال سازی شده و سپس به صورت تصادفی به سه گروه آموزش (70%)، ارزیابی (15%) و تست (15%) تقسیم بندی شدند. همچنین نرخ آموزش برای تمامی حالت ها 0/2 و میزان مومنتم 0/1 در نظر گرفته شد. کد مورد نیاز برای شبیه سازی شبکه عصبی با استفاده از نرم افزار متلب (2013) توسعه داده شد، بهترین توپولوژی شبکه عصبی بر اساس دو معیار ضریب تبیین و

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

5- Determination Coefficient
6- Mean Square Error

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



جدول 1 میزان ضریب تبیین و خطای استاندارد شبکه های عصبی تکی برای

حامل های 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 شبکه های عصبی چندگانه برای

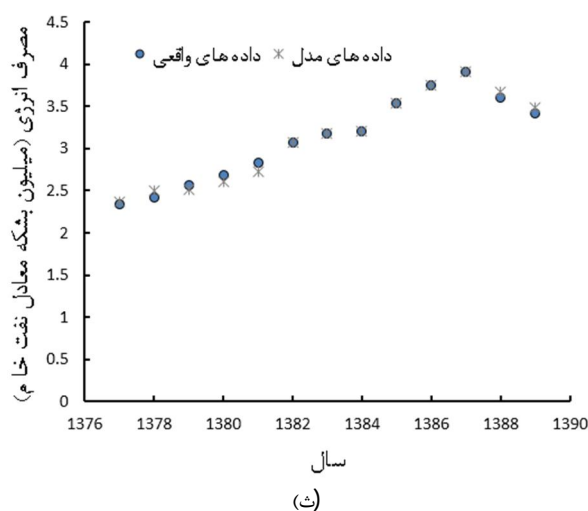
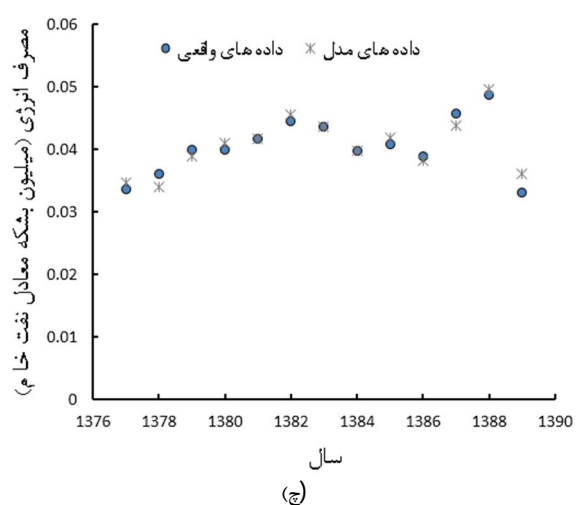
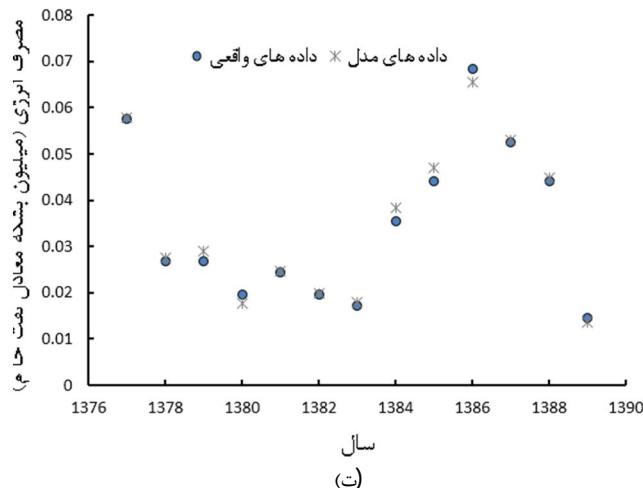
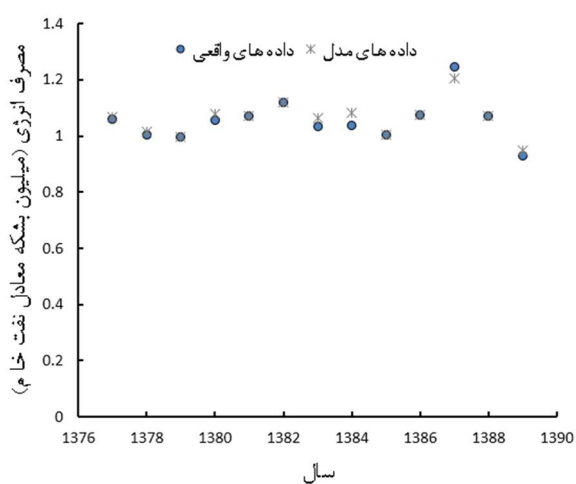
حامل های انرژی		
حامل	ضریب تبیین	میانگین مربعات خطا
گازوئیل	94%	0/025
نفت سفید	92%	0/037
نفت کوره	95%	0/012
گاز طبیعی	94%	0/024
برق	93%	0/047
بنزین	90%	0/038
گاز مایع	91%	0/042

مصرفی بخش صنعت و زیر بخش های آن را پیش بینی نماید [15-13,11]. در تحقیقی از شبکه عصبی برای پیش بینی 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 شبکه های عصبی چندگانه نسبت به شبکه های عصبی تکی، در ادامه روش شبکه چندگانه برای پیش بینی و تخمین میزان انرژی مصرفی انتخاب شد. در شکل 1 روند تخمین و پیش بینی شبکه های عصبی مصنوعی برای میزان انرژی مصرفی در هر حامل قابل ملاحظه می باشد. دقت مدل و میزان خطا در تمامی نقاط ورودی در شکل 1 دیده می شود.

در انتها با تلفیق مدل های 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 می شود. تحلیل داده ها نشان می دهد 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 سیاست های دولت برای استفاده بیشتر از این حامل و کاهش سایر حامل ها بوده است. با توجه به ورود قابل توجه الکترونیک و دستگاه های برقی در صنعت روز کشور مخصوصاً صنایع غذایی و همچنین ارزانی این حامل در سال های مورد بررسی موجب شده است که مصرف این حامل رو به افزایش باشد، ولی پیش بینی می شود در سال های بعد به دلیل اجرای طرح هدفمندی یارانه ها این روند دستخوش تغییرات شود.



شکل 1 روند پیش بینی و تخمین انرژی برای حامل های الف (برق، ب) گاز طبیعی، پ) بنزین، ت) نفت سفید، ث) گازوئیل، ج) نفت کوره و چ) گاز مایع

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

سال	برق	گاز طبیعی	بنزین	نفت سفید	گازوئیل	نفت کوره	گاز مایع
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
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

مقادیر تخمینی
در تراز انرژی

مقادیر پیش بینی شده
توسط شبکه عصبی

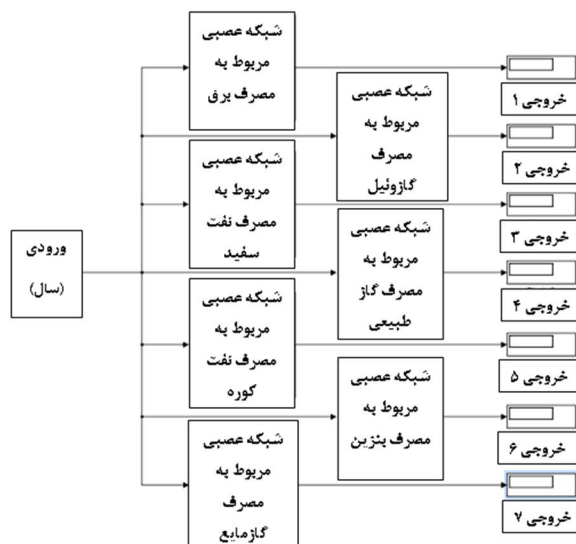
مصرفی نزولی دارند، بطوری که از سال 1377 تا 1389 مصرفشان به ترتیب

نفت سفید و نفت کوره به دلیل تغییر تکنولوژی صنایع غذایی روند

برابر 5، 5، 10، 7، 8 و 6 نرون بدست آمدند. تحلیل داده ها نشان می دهد 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. 2, 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. 1104-1109, 1995 .
- [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. 1410-1422, 2009 .
- [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. Jomnonkwa, 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 .



شکل 2 مدل نهایی حاصل شده از شبکه های عصبی مصنوعی

3/91 و 1/13 برابر کاهش یافته اند. همچنین مدل پیش بینی می کند که این روند در سال 1404 به ترتیب به 11/27 و 1/3 برابر کاهش خواهند یافت. در بین سال های 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 می توان این گونه بیان کرد که در طی این 13 سال تعداد کارخانه های 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 کارخانه های قدیمی تر مستهلک شده و این امر در حدودی بر رشد انرژی مصرفی تأثیر گذار می باشد.

4- نتیجه گیری

شبکه عصبی توانست پیش بینی قابل قبولی در تخمین و پیش بینی میزان انرژی مصرفی در صنایع غذایی، فراوری و آشامیدنی داشته باشد. روش چند شبکه ای بهتر از تک شبکه ای عمل پیشی بینی را انجام می داد. برای هر 7 حامل شبکه دولایه با توابع انتقال سیگموئیدی در لایه اول و خطی در لایه دوم ترسیم گردید. تعداد نرون های انتخابی در لایه اول به ترتیب برای حامل های گازوئیل، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی، برق، بنزین و گاز مایع