کاربردی از ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی مصنوعی برای بر آورد مصرف گاز طبیعی در ایران

محمد رضا عصاری[۱]
استادیاردانشگاه آزاد اسلامی واحددزفول
Mr_assari@yahoo.com

احسان اله عصاره[۲]
کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحددزفول
Ehsanolah.assareh@gmail.com

محمد علی بهرنگ[۳]
کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحددزفول
Mohammadali.behrang@gmail.com

افشین قنبرزاده[۴]
استادیاردانشگاه شهیدچمران اهواز
Ghanbarzadeh.a@scu.ac.ir

چکیده:

هدف اصلی این تحقیق، بررسی تقاضای گاز طبیعی در ایران با استفاده از ساختار صنعت و شرایط اقتصادید ایران می باشد.. مدل ها به دو شکل (نمایی و خطی) ارائه شده اند و برای برآورد تقاضای گاز طبیعی در ایران مورد استفاده قرار می گیرند. این مدل ها برای برآورد میزان تقاضای گاز طبیعی در آینده براساس شاخص های جمعیت، تولید ناخالص داخلی و ارقام وارداتی و صادراتی گسترش یافته اند. مصرف گاز طبیعی در ایران از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۵ به عنوان موضوع این بررسی مورد توجه قرار می گیرد. داده های موجود تا حدودی برای یافتن مقادیر مطلوب یا تقریبا مطلوب پارامترهای مهم (۱۹۸۱-۱۹۹۹) و تا حدودی نیز برای بررسی مدل ها (۲۰۰۵-۲۰۰۰) مورد استفاده قرار می گیرد. برای بهترین نتایج ، میانگین خطای نسبی برای $GA_{exponential}$ و GA_{linear} به ترتیب ۳/۸۹ و ۴/۱۳ درصد بودند. جهت تخمین هر چه دقیق تر تقاضای گاز طبیعی، سناریو های متفاوتی (چند جمله ای های برازش یافته- شبکه های عصبی مصنوعی) به منظور تخمین هر یک از پارامترهای ورودی مسئله (جمعیت، تولید ناخالص داخلی، واردات و صادرات)، در بازه تخمین، طراحی شده اند. تقاضای گاز طبیعی برای ایران تا سال ۲۰۳۰ پیش بینی شده است.

واژه های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، گاز طبیعی، تخمین، تقاضا برای انرژی

۱. مقدمه

کشور ایران در خاورمیانه واقع شده و از غرب با عراق و ترکیه، از شمال با ارمنستان، آذربایجان، فدراسیون روسیه و ترکمنستان و از شرق با افغانستان و پاکستان هم مرز می باشد. ایران با خط ساحلی طولانی حدود ۲۴۴۰ کیلومتر با خلیج فارس و دریای عمان هم مرز است. با مساحتی حدود $1648000 km^2$، از نظر مساحت شانزدهمین کشور جهان می باشد. جمعیت ایران در سال ۲۰۰۵ شصت و هشت میلیون نفر بود [۱].

جمعیت شهری ۶۶/۳ درصد کل جمعیت ایران را به خود اختصاص می دهد. اقتصاد ایران اقتصادی مختلط است که در آن نفت و سایر موسسات بزرگ تحت نظارت دولت بوده و کشاورزی، تجارت خصوصی (در مقیاس کوچک) و فعالیت های خدماتی عمدتا توسط بخش خصوصی اداره می شوند. اقتصاد ایران علیرغم تنوع هنوز نیز تا حد زیادی به درآمدهای حاصل از صادرات نفتی وابسته است.

در حال حاضر، صادرات نفتی ۸۰ درصد کل درآمدهای صادراتی (تقریبا ۵۰ درصد در آمد بودجه دولت) و ۲۳ درصد تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص داده است [۲]. تداوم شرایط مطلوب در بازار نفت جهان منتهی به پیشرفت قابل توجه شرایط مالی خارجی شده است [۳]. منابع اولیه انرژی در ایران عبارتند از نفت، گاز طبیعی، برق (سه چهارم یا بیشتر آن گازی و بقیه آن یا برق آبی و یا گازی می باشد)، خورشید، چوب و فضولات حیوانی یا گیاهی. نفت و گاز طبیعی منابع اولیه عمده انرژی در ایران می باشند. در آغاز سال ۲۰۰۶، کل ذخایر نفتی ایران حدود ۱۳۲ میلیارد بشکه تخمین زده شد. عمر کلی ذخایر نفتی ایران در نرخ مصرف ۲۰۰۵ حدود ۳۰ سال می باشد. اصلی ترین منطقه نفتی ایران در جنوب غرب و خلیج فارس واقع است [۱]و[۴]. کل ذخایر گاز کشور حدود ۲۹/۷۴۱tcm (تریلیون متر مکعب) می باشد که ۱۴/۷۱tcm آن متلعق به ذخایر زمینی و ۱۵/۰۳tcm آن متعلق به ذخایر دریایی می باشد. عمر ذخایر گاز ایران حدود ۳۳۰ سال است [۳]. کل ذخایر قابل بازیافت گاز طبیعی در ایران حدود ۲۶/۵۷tcm می باشند. حدود ۶۲ درصد ذخایر گاز

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.1.3.2]

طبیعی ایران در مناطق غیر مرتبطی قرار دارد که هنوز توسعه نیافته اند. بنابراین، ایران دارای پتانسیل عظیم برای توسعه صنعت گاز می باشد [۵]. در سال ۲۰۰۴، تولید گاز در ایران به ۴۰۷/۵mcm/d (میلیون متر مکعب در روز) رسید که در مقایسه با سال ۲۰۰۳ از نرخ رشد ۷/۸ درصدی برخوردار بود و طی هشت سال اخیر به طور متوسط از نرخ رشد سالانه ۷/۲ درصد برخوردار شده است.

علاوه بر این، در سال ۲۰۰۴، نرخ تولید متوسط مایعات و میعانات گازی به ۳۱۱/۵ هزار بشکه در روز رسید که در مقایسه با سال ۲۰۰۳ از نرخ رشد ۱۶/۸ درصدی برخوردار بود. به عبارت دیگر، نرخ رشد متوسط سالانه آن طی هشت سال اخیر به ۹/۵ درصد رسیده است [۴].

یکی از موانع اصلی کاربرد گسترده تر گاز طبیعی در بخش های مختلف نبود سیستم خط لوله گسترده برای انتقال و توزیع آن در شهرهای کوچک و شهرستان ها می باشد. گسترش سیستم توزیع گاز طبیعی و شبکه های انتقال، یکی از سیاست های اصلی بخش انرژی می باشد. در حال حاضر، گاز طبیعی تقریبا جوابگوی نیمی از کل مصرف انرژی در ایران می باشد و دولت برای افزایش این سهم در سال های آینده میلیاردها دلار سرمایه گذاری کرده است. و در نهایت برای جایگزینی محصولات نفتی با گاز طبیعی در بخش های صنعتی و خانگی برنامه ریزی هایی صورت گرفته است. در تجارت بین المللی گاز طبیعی، ترکیه، اوکراین، اروپا، هندوستان، پاکستان، آمریکا، آذربایجان، تایوان، کره جنوبی و چین بازارهای بالقوه ای برای صادرات گاز طبیعی ایران می باشند [۵].

به منظور مطرح کردن مدل هایی برای مدیریت سیاست تقاضای انرژی چندین بررسی ارائه می شود. گیلاند در زمینه تقاضای جهانی انرژی در سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ پیش بینی هایی را انجام داد [۶]. گانگور و آریکان برای مقایسه گاز طبیعی، ذغال سنگ وارداتی و نیروگاه های هسته ای از نظر صرفه تولید دراز مدت روشی را مطرح نمودند [۷]. دمیربس در زمینه تحولات آینده و سرمایه گذاری های انرژی در ترکیه تحقیقاتی را انجام داد [۸]. ایزبک بررسی را مطرح نموده است که وضعیت تامین و تقاضای انرژی را در ترکیه نشان داده و شرایط ان را مورد بررسی قرار می دهد [۹]. ادیگر و کمدالی به منظور تحلیل انرژی و اکسرژی در ترکیه، بررسی های تاریخی را از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۴ انجام دادند[۱۰]. دال و مک دانلد برای پیش بینی براساس حساسیت های خاص کشور مدلی را بسط داده و برای ۲۸ کشور در سطح جهان تحلیلی را انجام دادند [۱۱]. ادیگر و تاتلی دیل روشی را مطرح کردند که در آن از تحلیل الگوهای چرخه ای در منحنی های تاریخی برای پیش بینی تقاضای اولیه انرژی در ترکیه استفاده می شود [۱۲]. سیلان و اوزترک مدل تقاضای انرژی الگوریتم ژنتیکی را برای بررسی تقاضای انرژی براساس شاخص های اقتصادی ترکیه بسط دادند [۱۳]. یومورتاسی و آسماز برای محاسبه میزان مصرف انرژی ترکیه در آینده بین سال های ۱۹۸۰ و ۲۰۵۰ روشی را براساس جمعیت و نرخ افزایش مصرف انرژی سرانه مطرح کردند [۱۴]. اوزترک با استفاده از الگوریتم های ژنتیک دو مدل تخمین غیرخطی متفاوت را برای پیش بینی نیاز ترکیه به برق در آینده مطرح کرد[۱۵]. هابز از شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی انرژی کوتاه مدت استفاده کرد.[۱۶] سوزن نیز از شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی مصرف انرژی خالص استفاده کرد. سیلان برای برآورد تولید و مصرف انرژی و اکسرژی در آینده ترکیه تحلیلی را انجام داد [۱۷]. هالدنبیلن و سیلان به منظور افزایش قابلیت برآورد تقاضای انرژی حمل و نقل برای پیش بین های آینده سه شکل از معادلات تقاضای انرژی را براساس مفهوم GA بسط دادند [۱۸]،.[۱۹]. توکساری مدل برآورد تقاضای انرژی را با روش کلونی مورچه ها برای ترکیه مطرح کرد [۲۰]. ادیگر و آکار برای برآورد تقاضای اولیه انرژی در ترکیه از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ از دو روش میانگین حرکت یکپارچه خود برگشتی فصلی بهره گرفتند [۲۱]. آکای و آتک با استفاده از پیش بینی گرِی با مکانیسم غلتان روشی را برای پیش بینی مصرف کلی و صنعتی برق در ترکیه مطرح کردند [۲۲]. سوزن و آرکاکلیوگلو معادلات برآورد منابع انرژی را برای برآورد پیش بینی های آینده بسط داده و با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی بررسی های دقیقی را در ترکیه انجام دادند [۲۳].

۲. الگوریتم ژنتیک (GA):

استفاده از الگوریتم ژنتیک برای یک روند بهینه یابی برای اولین بار در سال ۱۹۶۷ میلادی توسط جان هالند مطرح شد. بعدها این روش با تلاش های گلدبرگ و دژانگ در سال ۱۹۸۹ تکمیل گردید. ابداع این الگوریتم به عنوان یک الگوریتم بهینه سازی، اصولا براساس شبیه سازی تکامل طبیعی بوده است و این الگوریتم برمبنای یک تئوری قوی ریاضی پایه

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.1.3.2]

گذاری شده است. چون در این روش برخلاف روشهای تک مسیری، فضای جواب به طور همه جانبه جستجو می شود، امکان کمتری برای همگرایی به یک نقطه بهینه محلی وجود خواهد داشت. امتیاز دیگری که این الگوریتم دارد این است که هیچ محدودیتی برای تابع بهینه شونده، مثل مشتق پذیری و پیوستگی و غیره ندارد. در روند جستجوی خود، تنها به تعیین مقدار تابع هدف در نقاط مختلف نیاز دارد و اطلاعات کمکی دیگری مثل مشتق تابع هدف را استفاده نمی کند. لذا می تواند در مسائل مختلف اعم از خطی، غیرخطی، پیوسته و گسسته استفاده شود و به سهولت با مسائل مختلف قابل تطبیق است.

در الگوریتم ژنتیک هر کروموزوم شامل چند ژن است که در حقیقت داخل این ژنها مقادیری برای متغیرهای تابع هدف قرار دارد. هر کروموزوم معرف یک نقطه در فضای جواب است و به آن یک مقدار تابع هدف نسبت داده می شود. از طرفی احتمال انتخاب هر کروموزوم در مکانیزم انتخاب به عدد برازندگی آن وابسته است. عدد برازندگی بیشتر برای یک کروموزوم به معنی احتمال بیشتر برای بقای آن در نسلهای مختلف و شرکت در تولید کروموزوم های جدید می باشد. لذا همگرایی الگوریتم در جهت رشد کروموزوم هایی با عدد برازندگی بیشتر است. براساس این احتمال انتخاب، مجموعه ای از کروموزمها، انتخاب شده و با اعمال عملکردهای ژنتیکی روی آنها کروموزوم های جدید تولید می شوند. این کروموزوم ها جایگزین کروموزوم هایی از نسل قبل می شوند. بدین ترتیب تعداد کروموزمها در هر تکرار ثابت می ماند. مکانیزمهای تصادفی که روی انتخاب کروموزوم ها عمل می کنند به گونه ای هستند که کروموزم هایی که عدد برازندگی بیشتری دارند شانس بیشتری برای تولید نسل بعد خواهند داشت.

در اجرای این آلگوریتم نیاز به سه پارامتر زیر می باشد:

۱- جمعیت دنباله ها

۲- نرخ ترکیب

۳- نرخ جهش

بنابراین فرآیندهای ژنتیکی شامل دو عمل ترکیب و جهش می باشند. نرخ ترکیب معمولاً بین۰/۶ تا ۰/۹۵ در نظر گرفته می شود. در هر دور محاسباتی تعدادی کروموزوم جهت ترکیب انتخاب می شوند. عملگر ترکیب روی یک زوج دنباله (والدین) عمل کرده و یک زوج دنباله دیگر (فرزند) تولید می کند. معمولاً عمل جهش در طبیعت به ندرت اتفاق می افتد بنابراین احتمال جهش را بیشتر اوقات کمتر از ۰/۰۱در نظر می گیرند. جهش از همگرایی الگوریتم به یک نقطه بهینه محلی جلوگیری می کند. عملگر جهش روی یک کروموزوم عمل کرده و مقدار یکی از ژنهای آنرا به طور اتفاقی به یکی از کاراکترهای ژنها تغییر می دهد.

مرسوم ترین روش های ترکیب عبارتند از:

الف) ترکیب یک نقطه ای

ب) ترکیب دو نقطه ای

ج) ترکیب یکنواخت

نحوه عملکرد ترکیب یک نقطه ای بدین صورت است که در طول دو کروموزم یک نقطه مشترک، به صورت اتفاقی تعیین شده و جای ژنهای دو کروموزوم، از آن به بعد تعویض می شود. در ترکیب دو نقطه ای، چنانچه از اسم آن نیز پیداست، دو نقطه در طول دو کروموزم والد انتخاب شده و جای ژنهای بین این دو نقطه در دو کروموزم تعویض می شود .

در انجام ترکیب یکنواخت به تعداد ژنهای هر کروموزم عدد اتفاقی تولید شده و با شرط خاصی (مثلاً اگر عدد اتفاقی زوج بود) جای دو ژن مربوطه در دو کروموزم تعویض می شود، در غیراینصورت آن دو ژن در جای خود باقی می مانند [۳۵-۲۴].

۳. شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)

شبکه های عصبی یکی از مباحث هوش مصنوعی است که از عملکرد مغز در شناسایی پدیده ها الهام گرفته شده است. اولین سلول عصبی مصنوعی همانطور که گفته شد در سال ۱۹۴۳ توسط مک کولوچ و والتر پیتز ساخته شد. اما محدودیتهای تکنولوژی در آن زمان اجازه کار بیشتر به آنها نداد .

مغز انسان از یکسری سلول های عصبی تشکیل شده است که هر کدام سیگنال هایی را برای یکدیگر ارسال می کنند. هر سلول به تنهایی کار ساده ای را انجام می دهد ولی تعداد بسیار زیاد این سلول ها باعث می¬شوند که مغز قادر به انجام کارهای بسیار پیچیده گردد. لازم به ذکر است که مغز انسان ۱۰[۱۱] سلول عصبی دارد.

هر سلول عصبی تعدادی اکسون دارد که مانند بخش خروجی عمل نموده و نیز تعدادی دندریت دارد که به عنوان بخش ورودی عمل می کنند. نورون ها جهت فعال شدن به مقدار مشخصی قدرت سیگنال نیاز دارند و پس از فعال شدن، سیگنال الکتریکی را برای سایر نورونها ارسال می

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.1.3.2]

نمایند. واضح است که هر چه تعداد نورون ها بیشتر باشد ارتباط بین آنها نیز قویتر خواهد بود.

در یک شبکه عصبی مصنوعی نورون ها در لایه های مختلفی قرار می گیرند. لایه اول را لایه ورودی گویند که اطلاعات ورودی را دریافت نموده و بر حسب قدرت ارتباط اش با نورون لایه دیگر، سیگنال ورودی را به لایه بعدی انتقال می دهد. قدرت ارتباط هر نورون با نورون دیگر را وزن نورون گویند. تعداد نورون ها در هر لایه به وزن و مقدار نورون های لایه قبلی بستگی دارد. علاوه بر لایه ورودی، شبکه های عصبی متشکل از لایه های میانی و لایه خارجی نیز می باشد.لازم به ذکر است که تعداد لایه های میانی و نیز تعداد نورون های هر لایه می تواند به هر مقداری باشد ولی باید توجه داشت که اضافه نمودن هر نورون به لایه میانی با آنکه خطا را کاهش می دهد ولی باعث افزایش زمان محاسبات خواهد گشت. بنابراین باید به یک تناسب منطقی در انتخاب تعداد نورون ها دست یافت.

در حالت کلی یک شبکه مصنوعی همانند یک تابع عمل نموده و به تعداد نورون های لایه ورودی، متغیر ورودی دریافت و به تعداد نورون های لایه خارجی، خروجی می دهد. به عنوان مثال شبکه عصبی شکل زیر می تواند طرح مناسبی برای تابع کلی f(x1,x2,x3,x4,x5)=y1,y2 باشد.

پس از پیاده سازی طرح اولیه شبکه عصبی مصنوعی، عملیات بازپخشانی انجام می شود.

بازپخشانی عملیاتی است که طی آن وزن نورون ها را طوری تغییر می دهند که جواب های شبکه عصبی به جواب های مورد انتظار نزدیکتر شوند. به عبارت دیگر با طراحی شبکه عصبی تابعی در نظر گرفته می شود که ضابطه و عملکرد دقیق آن در دسترس نبوده و اطلاعات این تابع در قالب مثال هایی برای شبکه عصبی مصنوعی ارائه می گردند. شبکه مذکور جواب مسئله نهایی را با بررسی مثال های داده شده به آن ارائه می دهد.به روند ارائه مثال به شبکه عصبی و عملیات بازپخشانی، روند تعلیم گویند. بنابراین مطابق با توضیحات فوق، در ابتدای امر شبکه عصبی طراحی گردید که وزن هر نورون آن تصادفی است سپس این شبکه در قالب مثال هایی تعلیم دیده و نهایتا در قالب یک مسئله از آن انتظار جواب برای ورودی خاص می رود [۳۶].

۳- تعریف مسأله

هدف اصلی این تحقیق، بررسی تقاضای گاز طبیعی در ایران با استفاده از ساختار صنعت و شرایط اقتصادی ایران می باشد. تحقیق حاضر طرحی را برای بررسی مصرف گاز طبیعی بسط داده و براساس ترکیب روش های الگوریتم ژنتیک و پیش بینی هایی را برای آینده انجام می دهد. مدل ها به دو شکل (نمایی و خطی) ارائه شده و برای برآورد تقاضای گاز طبیعی در ایران مورد استفاده قرار می گیرند. مدل های تخمین تقاضای گاز طبیعی در ادامه آورده شده اند:

فرم خطی معادلات تخمین تقاضا بصورت زیر است:

$$Y_{linear} = w_1X_1 + w_2X_2 + w_3X_3 + w_4X_4 + w_5 \qquad (۱)$$

فرم نمایی معادلات تخمین تقاضا نیز بصورت زیر می باشد:

$$Y_{exponential} = w_1X_1^{w2} + w_3X_2^{w4} + w_5X_3^{w6} + w_7X_4^{w8} + w_9 \qquad (۲)$$

در معادلات بالا w_i ها فاکتورهای وزنی مربوطه (ضرایب مجهول معادلات) و X_1، X_2، X_3 و X_4، به ترتیب جمعیت، تولید ناخالص داخلی، واردات و صادرات می باشند.

تابع برازندگی، $F(x)$ به شکل زیر در نشر گرفته می شود:

$$F(x) = Min \sum_{j=1}^{k} ABS\left(\frac{E_{actual} - E_{predicted}}{E_{actual}}\right) \qquad (۳)$$

در معادله بالا E_{actual} و $E_{predicted}$ به ترتیب مقادیر حقیقی و پیش بینی شده مصرف گاز طبیعی و k تعداد مشاهدات می باشد. مقادیر پارامترهای مرتبط (جمعیت، تولید ناخالص داخلی، واردات، صادرات و مصرف گاز طبیعی) از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۵ مورد استفاده قرار گرفتند (این مقادیر از [۳۷] استخراج شده اند). از این میان، مقادیر مربوط به سال های ۱۹۸۱-۱۹۹۹، جهت یافتن مقادیر مطلوب یا تقریبا مطلوب ضرایب معادلات، مقادیر مربوط به سال های ۲۰۰۰- ۲۰۰۵، جهت بررسی اعتبار مدل ها بکار رفته اند.

۴- نتایج

در این پژوهش، برای الگوریتم ژنتیک از جعبه ابزار نرم افزار مطلب- نسخه ۲۰۰۶ (MATLAB 2007, GA-Toolbox)- استفاده شده است. به منظور همگرایی سریعتر و معرفی هر چه دقیق تر قیود مسئله، متغییرهای ورودی و خروجی بر اساس معادله ی زیر بی بعد می شوند:

$$X_N = (X_R - X_{min})/(X_{max} - X_{min}) \qquad (۴)$$

که در آن:

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.1.3.2]

X_N : مقدار بی بعد شده.

X_R : مقداری که باید بی بعد شود.

X_{min} : کمترین مقدار از میان مقادیر موجود برای متغییر مربوطه.

X_{max} : بیشترین مقدار از میان مقادیر موجود برای متغییر مربوطه.

می باشند. مقادیر X_{min} و X_{max} برای هر متغییر از میان مقادیر موجود برای آن متغییر بین سال های ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۹ میلادی انتخاب شده اند. این مقادیر در جدول ۱، آورده شده اند.

الگوریتم، بارها برای حالات مختلفی از پارامترهای اختصاصی خود، اجرا شده است و در هر اجرا میزان همگرایی الگوریتم، بعد از رسیدن به

جدول ۱. مقادیر متغییرها جهت بی بعد سازی.

	X_{min}	X_{max}
Population (Thousand persons)	40825.6	62736
GDP (billion Iranian rials)	170281.2	304941
Import (Mboe)	21.4	72.9
Export (Mboe)	339.8	1058.6
Natural gas consumption (Mboe)	15.9	210.1

ملاک توقف، ثبت گردید. نهایتا بهترین نتایج (مقادیر مطلوب یا تقریبا مطلوب فاکتورهای وزنی)، بر اساس بیشترین همگرایی انتخاب شدند. بهترین نتایج، با استفاده از پارامترهای اختصاصی که در ادامه آمده اند، حاصل شده اند:

جمعیت: ۲۰

تابع تولید: (یکنواخت)

انتقال: (تابع انتقال: پراکنده)

جهش: (تابع تغییر: گوسین، مقیاس ۱/۰)

معیار توقف: (تولید: ۱۰۰)

معادلات تخمین تقاضای گاز طبیعی بصورت زیر بیان می شوند:

$$Y_{linear} = 0.5651X_1 + 0.7161X_2 + 0.0253X_3 - 0.1224X_4 - 0.2157 \quad (۵)$$

$$Y_{exponential} = 0.5015X_1^{2.0236} + 0.53645X_2^{1.0673} + 0.0508X_3^{0.134} - 0.0804X_4^{0.671} - 0.0448 \quad (۶)$$

بهترین نتایج (مقادیر مطلوب یا تقریبا مطلوب فاکتورهای وزنی) بر اساس بیشترین همگرایی (کمترین خطای نسبی برای دوره ی اعتباریابی مدل ها (سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵))، انتخاب شدند. بهترین مدل برای تخمین تقاضای گاز طبیعی، مدل $GA_{exponential}$ با خطای نسبی ۳/۸۹٪ میباشد. در جدول ۲، مقایسه ی بین مقادیر حدس زده شده و واقعی برای مصرف گاز طبیعی بر پایه الگوریتم مذکور بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵، آورده شده است.

جدول ۲. مقایسه ی بین مقادیر حدس زده شده و واقعی برای مصرف گاز طبیعی بر پایه ی الگوریتم ژنتیک بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵.

Years	Observed data (Mboe)[a]	$GA_{exponential}$	Relative error %	GA_{linear}	Relative error %
2000	223.400	224.317	0.410	224.453	0.471
2001	230.800	242.786	5.193	242.551	5.091
2002	263.300	273.970	4.052	274.050	4.083
2003	288.100	307.790	6.834	303.487	5.341
2004	341.900	328.076	-4.043	324.528	-5.081
2005	367.800	357.549	-2.787	351.277	-4.492
Average	--	--	3.89	--	4.13

جهت استفاده از معادلات بدست آمده (۵و ۶)، به منظور تخمین تقاضای مصرف گاز طبیعی ، در بازه ی تخمین (تا ۲۰۳۰ میلادی)، باید تخمین مناسبی را برای هر یک از پارامترهای ورودی مسئله (جمعیت، تولید ناخالص داخلی، واردات و صادرات) انجام داد. بدین منظور سناریو های زیر جهت تخمین هر یک از پارامترهای ورودی مسئله در بازه ی تخمین طراحی شده است:

سناریوی ۱: تخمین هر یک از پارامترهای ورودی مسئله از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۳۰، توسط بهترین چند جمله ای برازش یافته بر مقادیر موجود (از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۵) با بالاترین ضریب همبستگی انجام شد. در شکل ۱، تخمین هر یک از پارامترهای ورودی مسئله در بازه ی تخمین (تا ۲۰۳۰ میلادی)، نشان داده شده است.

سناریوی ۲: تخمین هر یک از پارامترهای ورودی مسئله از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۳۰، توسط بهترین شبکه عصبی مصنوعی آموزش یافته برای آن پارامتر صورت گرفت. در این شبکه های عصبی، شماره سال به عنوان ورودی شبکه و پارامتر موردنظر(جمعیت- تولید ناخالص داخلی- واردات- صادرات)، به عنوان خروجی، در نظر گرفته شده است. مقادیر مربوط به هر پارامتر ورودی مسئله از سال ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۹ به منظور آموزش شبکه عصبی مربوط به پارامتر مورد نظر، و مقادیر مربوط به سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ به منظور اعتبار یابی شبکه عصبی مذکور، مورد استفاده قرار گرفتند. برای هر پارامتر، ساختارهای مختلف شبکه (از نظر تعداد لایه های میانی و تعداد نورون در هر لایه)، توابع انتقال گوناگون و الگوریتم های آموزشی مختلف، مورد آزمایش قرار گرفت. نهایتا، تابع انتقال سیگموند و الگوریتم های آموزشی ال- ام، مناسب ارزیابی گردیدند. ساختارهای

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.1.3.2]

برگزیده برای هر یک از از پارامترهای مورد نظر (جمعیت- تولید ناخالص داخلی- واردات- صادرات) در جدول ۳ آورده شده است. در همین جدول، ضریب همبستگی برای هر یک از پارامتر ها در دوره ی آموزش (سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵) آورده شده است. شکل (۲)، تخمین تقاضای گاز طبیعی تا سال ۲۰۳۰ را بر اساس تخمین هر یک از پارامترهای ورودی مسئله بر اساس سناریوی ۱ نشان می دهد در حالیکه شکل (۳) تخمین تقاضای گاز طبیعی را بر اساس

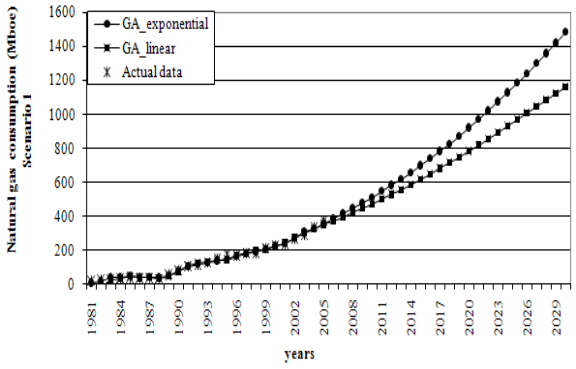
جدول ۳. ساختارهای برگزیده برای هر یک از از پارامترهای مورد نظر، ضریب همبستگی در دوره ی آموزش و خطا ی دوره ی اعتبار یابی شبکه عصبی برای هر یک از پارامتر ها.

Parameter	Number of neurons in first hidden layer	Number of neurons in second hidden layer	Error for train	Error for test
			R^2 (%)	R^2 (%)
Population	6	-	99.99	99.98
GDP	8	-	99.99	99.71
Import	4	3	98.51	94.83
Export	4	2	99.83	99.42

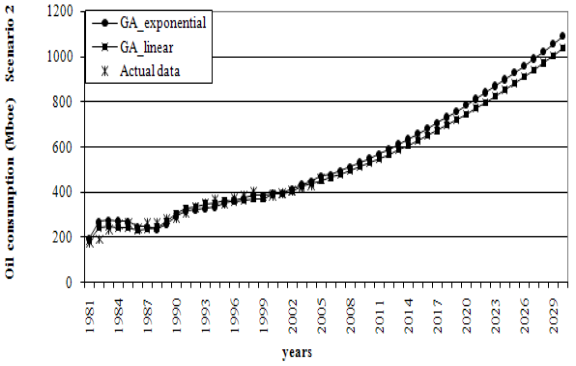
تخمین هر یک از پارامترهای ورودی مسئله بر اساس سناریوی ۲ نشان می دهد.

۵- نتیجه گیری

رابطه میان توسعه اقتصادی یک کشور و تقاضای آن برای گاز طبیعی موضوع مهمی است که تحلیل های اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژی فراوانی را می طلبد. در این تحقیق، پیش بینی تقاضای گاز طبیعی در ایران، براساس پارامترهای تولید ناخالص داخلی ، جمعیت، واردات و صادرات مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از داده های یک دوره ۲۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۸۱) دو شکل خطی و نمایی معادلات، بر پایه ی الگوریتم ژنتیک بسط داده شده اند. پیش بینی تقاضای گاز طبیعی تا سال ۲۰۳۰ میلادی انجام شده است. نتایج تحقیق حاضر به عنوان ابزاری بالقوه در اجرای تحقیقات برنامه ریزی انرژی و تعیین راهبردهای انرژی به دانشمندان و سیاست گذاران جهت می دهد. اعتبار یابی مدل ها نشان می دهد که تمامی مدل های مطرح شده با مقادیر واقعی مطابقت دارند.



شکل۲. مقایسه مدل های GA linear و $GA_{exponential}$ بر اساس سناریوی ۱.



شکل۳. مقایسه مدل های GA linear و $GA_{exponential}$ بر اساس سناریوی ۲.

منابع:

[1] Iran Statistical Yearbook. Urban and rural populations. Management & Planning Organization: Statistical Centre of Iran, Tehran, 2006.

[2] National Accounts Annual Reports: Economic Indicators. Central Bank of Iran: Quarterly Reports (Economic Indicators), Tehran, 2006.

[3] A.R. Karbassi, "Sustainability of energy production and use in Iran," *Energy Policy*, vol.35, 2007, pp.5171–5180.

[4] Iranian petroleum industry annual reports, 2004-2005.Available: http://www.nioc.com.

[5] F.A. Hessari, "Sectoral energy consumption in Iran," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.9 ,2005,pp.203–214.

[6] B. Gilland, " Population, economic growth, and energy demand, 1985–2020," *Population and Development Review*,vol. 14 (2), 1988, pp.233–244.

[7] Z. Gungor, F.Arikan, " A fuzzy outranking method in energy policy planning," *Fuzzy Sets and Systems*, vol.114 (1), 2000,pp.115–122.

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.1.3.2]

[8] A.Demirbas, “Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey,” *Energy Conversion and Management*, vol.42 (10), 2001, pp.1239–1258.
[9] Y.Isik, Turkey’s energy prospects in the EU–Turkey context, EU–Turkey Working Papers, no. 9, Center for European Policy Studies, 2004.
[10] V.S.Ediger and U.Camdali, “Energy and exergy efficiencies in Turkish transportation sector 1988–2004,” *Energy Policy*, vol.35, 2007, pp.1238–1244.
[11] C.A.Dahl and L.Mcdonald, “Forecasting energy demand in the developing world,” *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, vol.20 (9), 1998, pp.875–889.
[12] V.S.Ediger and H.Tatlidil, “Forecasting the primary energy demand in Turkey and analysis of cyclic patterns,” *Energy Conversion and Management* ,vol.43, 2002, pp. 473–487.
[13] H.Ceylan and H.K.Ozturk , “Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach,” *Energy Conversion and Management* ,vol.45 (15–16), 2004, pp.2525–2537.
[14] Z.Yumurtaci and E.Asmaz, “Electric energy demand of Turkey for the year 2050,” *Energy Sources*, vol.26, 2004, pp.1157–1164.
[15] H.K.Ozturk, H.Ceylan, O.E.Canyurt and A.Hepbasli, “Electricity estimation using genetic algorithm approach: a case study of Turkey,” *Energy*, vol.30, 2005, pp.1003–1012.
[16] B.F.Hobbs, U.Helman, S.Jitprapaikulsarn, S.Konda, and D.Maratukulam, “Artificial neural networks for short-term energy forecasting: accuracy and economic value,” *Neurocomputing*, vol.23 (1-3), 1998, pp.71–84.
[17] A.Sozen, E.Arcaklioglu and M.Ozkaymak, “ Modeling of the Turkey’s net energy consumption using artificial neural network,” *International Journal of Computer Applications in Technology* ,vol.22 (2/3), 2005, pp.130–136.
[18] H.Ceylan, H.K.Ozturk, A.Hepbasli and Z.Utlu , “Estimating energy and exergy production and consumption values using three different genetic algorithm approaches. Part 2: Application and scenarios,” *Energy Sources*, vol.27, 2005, pp.629–639.
[19] S.Haldenbilen and H.Ceylan, “Genetic algorithm approach to estimate transport energy demand in Turkey,” *Energy Policy* ,vol.33, 2005, pp.89–98.
[20] M.D.Toksari, “Ant colony optimization approach to estimate energy demand in Turkey,” *Energy Policy* vol.35, 2007,pp.3984–3990 .
[21] V.S.Ediger and S.Akar, “ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey,” *Energy Policy* vol.35 (3), 2007, pp.1701–1708.
[22] D.Akay and M.Atak, “Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey,” *Energy*, vol.32 (9), 2007, pp.1670–1675.
[23] A.Sozen and E.Arcaklioglu, “Prospects for future projections of the basic energy sources in Turkey,” *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, vol.2 (2), 2007, pp.183–201.
[24] J.H.Holland, “Adaptations in Natural Artificial Systems,”. Michigan : University of Michigan Press,1975.
[25] D.E.Goldberg, “Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning,” Massachusetts: Addison-Wiley, 1989.
[26] J.J.Grefenstette, “Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms,” Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, vol.16 (1), 1986, pp. 122-128.
[27] Z.Michalewicz, “Genetic algorithms + data structures = evolution programs,” 3rd rev. and extended ed. Berlin: Springer-Verlag, 1999.
[28] Handbook of genetic algorithms. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
[29] G.Syswerda, “Reproduction in generational and steady state Genetic Algorithm,” In: Ratlines, G. ed. Foundations of Genetic Algorithms. Los Altos,CA: Morgan Kaufmann, 1991, pp.94-101.
[30] J.E.Baker, “Adaptive selection methods for genetic algorithms,” in *Proc .Int. Conf. Genetic Algorithms and Their Applications*, 1985 ; pp.101-111.
[31] D.E.Goldberg and K.Deb, “A comparison of selection schemes used in genetic algorithms,” In: Rawlins, G.J. ed. *Foundations of Genetic Algorithms* (FOGA 1), 1991, pp.69-93.
[32] J.J.Grefenstette and J.E.Baker, “How genetic algorithms work: A critical look at implicit parallelism,” in *Proc 3rd Int. Conf. Genetic Algorithms*, 1989; pp.20-27.
[33] J.D.Schaffer ,R.A.Caruana , L.J.Eshelman and R.Das , “A study of control parameters affecting online performance of genetic algorithms for function optimization,” in *Proc 3rd int conf. Genetic algorithms*: Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 1989, pp.51-60.
[34] R.Hinterding , Z.Michalewicz , A.E.Eiben, “ Adaptation in evolutionary computation: a survey,” in *Proc IEEE Int Conf. Evolutionary Computation*, 1997 .pp.65-69.
[35] T.Bäck, “optimal mutation rates in genetic search,” *in Proc 5rd Int. Conf. on Genetic Algorithm*, San Mateo: Morgan Kaufmann, 1993; pp.2-9.
[36] D.T. Pham, X. Liu, Neural Networks for identification, prediction and control, *Springer verlag*, london,1995.
[37] Energy Balance. Ministry of Energy: Energy Balance Annual Report, Tehran, 2005.

[DOR: 20.1001.1.20089813.1389.1.1.3.2]