

بررسی عوامل موثر بر تقاضای برق بخش خدمات با استفاده از الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم فاخته

سید علی رضوی*

دکتر محمد طاهر احمدی شادمهری**

تاریخ پذیرش
۹۴/۶/۹

تاریخ دریافت
۹۴/۵/۱۸

چکیده

یکی از نهاده‌های مهمی که نادیده گرفتن آن در تابع تولید هر بخش می‌تواند یک تورش جدی در برآورد تولید آن بخش ایجاد کند، نهاده انرژی است. امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی در بخش خدمات و تنوع تولید در این بخش، انرژی‌های با کیفیت بالا مانند الکترونیسته، جایگزین سوخت‌های با کیفیت پایین شده‌اند. تحلیل تقاضای انرژی در بخش خدمات، یکی از موضوعات مهم در کشورهای در حال توسعه است. بنابراین، به کارگیری روش‌های تحلیلی برای شناخت و درک بیشتر از تقاضای انرژی اهمیت می‌یابد. در این مقاله ابتدا تابع تقاضای برق بخش خدمات با دو الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم فاخته طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۷ برآورد شده و در ادامه براساس معیارهای ارزیابی عملکرد، مدل برآورد شده با الگوریتم کرم شب تاب برای بررسی عوامل موثر بر تقاضای برق در این بخش انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهند که متغیر تعداد مشترکین با میزان تقاضا رابطه مستقیم دارد، کشش متقاطع قیمتی ۰/۴ برآورد شده حاکی از جایگزینی نسبتاً پایین برق با گاز می‌باشد همچنین رابطه مستقیم بین ارزش افزوده بخش خدمات و مصرف برق بیانگر ضروری بودن نهاده انرژی برق در بخش خدمات است. با توجه به پایین بودن کشش قیمتی برآورد شده (۰.۲۱-)، نمی‌توان انتظار داشت که با افزایش قیمت

برق، میزان مصرف برق در این بخش به سرعت کاهش یابد. متغیر تعداد مشترکین برق با مصرف برق رابطه مستقیم دارد.

کلید واژه ها: الگوریتم کرم شب تاب، الگوریتم فاخته، بهینه سازی، تقاضای برق

طبقه بندی *JEL*: Q11, Q1, C61, C53, C1

۱- مقدمه

سادگی تبدیل انرژی الکتریکی به سایر انرژی‌ها و انتقال سریع آن به نقاط مختلف، اهمیت استفاده از آن را در زندگی بشر افزایش داده است، به طوری که در زندگی امروزی، برق به عنوان یکی از مهمترین منابع تامین انرژی محسوب می‌شود. مصرف برق یکی از معیارهای اساسی بهبود رفاه و سطح زندگی ملل به شمار می‌آید. این مزیت‌ها به همراه عوامل دیگر از جمله رشد سریع جمعیت، توسعه شهرنشینی، افزایش سطح زندگی و رفاه، توسعه صنعتی و تجاری موجب گردیده که دامنه مصرف انرژی برق در ایران گسترش یابد. امروزه نهاده انرژی یک عامل کلیدی در تمام بخش‌های اقتصادی محسوب می‌شود. در کشورهای در حال توسعه تقاضای انرژی به منظور رسیدن به تکنولوژی مدرن به سرعت در حال رشد است و دسترسی به انرژی مناسب و مطلوب برای مصرف کنندگان و تولید کنندگان اهمیت بالایی دارد، برق به عنوان یک منبع تأمین انرژی مورد نیاز بخش‌های مختلف اقتصادی از یک سو و به عنوان یک شاخص رفاه از سوی دیگر، یکی از اهرم‌های توسعه محسوب شده و از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. شیوه زندگی مردم با پیشرفت‌های فنی، اختراع و نوآوری دست خوش تحول شده است. در سال‌های گذشته، با پیشرفت تکنولوژی جایگزینی نیروی مکانیکی با نیروی کار صورت گرفته و رشد اقتصادی، رشد بهره‌وری و بهبود استانداردهای زندگی و رفاه را در پی داشته است. کمبود انرژی در تأمین نیاز فعالیت‌های اقتصادی، منجر به کند شدن یا توقف رشد اقتصادی و همچنین کاهش استاندارد زندگی می‌شود. وابسته بودن شیوه و سطح زندگی به انرژی سبب شده که دیگر نتوان زندگی را بدون تجهیزات و ماشین آلات تصور کرد. به

نظر مدلاک^۱ (۲۰۰۹) یکی از مهمترین عوامل عقب ماندگی کشورهای کمتر توسعه یافته محدودیت دسترسی به خدمات پیشرفته و مدرن انرژی است. تحلیل تقاضای انرژی در بخش خدمات، یکی از موضوعات مهم در کشورهای در حال توسعه است. بنابراین، به کارگیری روش های تحلیلی برای شناخت و درک بیشتر از تقاضای انرژی اهمیت می یابد. تحلیل و تفسیر تاریخی تحولات تقاضای انرژی، بخش مهمی از تحلیل تقاضای انرژی است. چنین تحلیل هایی امکان شناسایی عوامل مهم تأثیرگذار بر تقاضای انرژی را فراهم می کند. در برنامه ریزی و سیاست گذاری انرژی، لازم است تحلیل عوامل مؤثر و میزان اثر آن بر تقاضای انرژی در سطح کلان، بخش و به تفکیک حامل های انرژی صورت پذیرد. داشتن برآوردهایی از کشش های قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی به ویژه برای هریک از حامل های انرژی، امکان سیاست گذاری به ویژه از طریق ابزار قیمتی را فراهم می آورد. با به کارگیری ابزار و روش های مختلف از جمله اقتصادسنجی و الگوریتم های جستجوی ابتکاری می توان تقاضای انرژی را تخمین زد و سپس با تحلیل عوامل تأثیرگذار به سیاست گذاری انرژی کمک کرد. برای این هدف لازم است کلیه عوامل مؤثر بر تقاضا یعنی عوامل اقتصادی که معمولاً قابل مشاهده هستند و همچنین عوامل برون زای غیراقتصادی که عمدتاً غیرقابل مشاهده هستند را در تبیین مدل تقاضای انرژی لحاظ کرد. در این راستا چارچوب مقاله به این صورت است که پس از مقدمه، در بخش دوم به پیشینه تحقیق اشاره می شود. سپس در بخش سوم مبانی نظری، بخش چهارم برآورد مدل و در پایان نیز نتیجه گیری مقاله ارائه شده است.

۲- پیشینه تحقیق

تلاش های بسیاری از سوی اقتصاددانان انرژی برای تصریح مناسب ترین توابع تقاضای انرژی و توسعه روش های مختلف برای تخمین ضرایب آن ها صورت گرفته است. استفاده از سری های زمانی تلاشی برای درک گذشته و حال و ارائه تصویری از آینده است. معمولاً این مطالعات بر پایه تخمین های اقتصادسنجی و الگوریتم های جستجوی ابتکاری از

کشش‌ها و ضرایب متغیرهای اصلی است و لذا تصریح مدل مناسب و به کارگیری روش‌های تخمین اهمیت می‌یابد. در زمینه تقاضای انرژی مطالعات متعددی در داخل و خارج صورت گرفته است، که از جمله می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد. عسگری (۱۳۸۱) در پژوهشی ضمن تفکیک تقاضای برق به بخش‌های مختلف مصرفی به تخمین تقاضای برق و تبیین کشش‌های قیمتی و درآمدی کوتاه‌مدت و بلندمدت، در هر یک از این بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات با استفاده متغیرهای (مصرف برق، و طی دوره زمانی (۱۳۵۳-۱۳۷۸)، و تکنیک حداقل مربعات معمولی و مدل تصحیح خطا پرداخت. در این پژوهش نتایج حاصل از تخمین تقاضای برق نشان داد که در بخش صنعت کشش‌های قیمتی و درآمدی در کوتاه مدت پایین و کمتر از واحد، و در بلندمدت بزرگتر از واحد هستند. در بخش کشاورزی، کشش قیمتی در کوتاه‌مدت و بلندمدت کمتر از واحد، در حالی که کشش درآمدی در کوتاه‌مدت و بلندمدت در این بخش، بزرگتر از واحد است. در بخش خدمات نیز کشش‌های قیمتی و درآمدی در کوتاه مدت کمتر از واحد، و در بلندمدت، کشش‌های قیمتی و درآمدی در مدل تصحیح خطا بیش از واحد است. همچنین، با توجه به متغیر فرض شدن کشش قیمتی تقاضا در این سه بخش و براساس یافته‌های تخمین در هر بخش، این کشش در طول زمان با نوسان‌های نسبتاً زیادی مواجه بوده، به طوری که مقدار این کشش در همه بخش‌ها در پایان دوره مورد بررسی نسبت به ابتدای دوره، کاهش یافت. حیدری (۱۳۸۳) در مقاله‌ای تحت عنوان پیش‌بینی تقاضای انرژی در اقتصاد ایران، میزان مصرف نهایی حامل‌های سه‌گانه انرژی در بخش‌های تولیدی اقتصاد ایران شامل بخش صنعت، کشاورزی، خدمات و حمل و نقل را با روش تجزیه و برای یک دوره ۱۵ ساله در قالب (نرخ رشد تولید بالا، پایین و روند) پیش‌بینی کرده است. الگوی تجزیه با تفکیک اجزا و عناصر تغییر در مصرف انرژی و استخراج اثرات هر کدام، روند آتی تقاضا را پیش‌بینی می‌کند. زارع مهرجردی و مریم ضیاآبادی (۱۳۸۷) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی اهمیت عوامل موثر بر مصرف انرژی در بخش کشاورزی را محاسبه کردند و سپس با استفاده از الگوی خود توضیح برداری (VAR) مصرف انرژی در بخش کشاورزی را پیش‌بینی کردند و نتایج

تحقیقاتشان نشان می‌دهد که در هر دو روش شبکه عصبی و اقتصادسنجی متغیرهای شدت مصرف انرژی سهم بخش کشاورزی در اقتصاد و تولید ناخالص داخلی بر مصرف انرژی در این بخش تاثیر مثبت زیادی دارد. در این مقاله از داده‌های سری زمانی ۱۳۵۳-۸۵ استفاده شده است. شکیبایی و کوچک زاده (۱۳۸۸)، میزان مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران را با استفاده از روش سری زمانی و شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی نمودند. نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی قدرت پیش‌بینی بالاتری نسبت به مدل‌های سری زمانی دارند. منهاج و همکاران (۱۳۸۸) به مطالعه پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل و نقل کشور در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۰ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. مقایسه نتایج حاصل از پیش‌بینی روش شبکه عصبی با رگرسیون چند متغیره بیانگر آن است که پیش‌بینی با روش شبکه عصبی دارای خطای کمتری است. موسوی و همکاران (۱۳۸۹) به پیش‌بینی مصرف حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی با استفاده از الگوی ARIMA- ARCH پرداختند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که الگوی ARIMA از قدرت پیش‌بینی بهتری برخوردار است. ابراهیمی (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش کشاورزی می‌پردازد و برای رسیدن به این هدف از روش‌های سری زمانی خود توضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA) و شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌کند. و برای بررسی بیشتر از داده‌های سالانه دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۳ برای برآورد و آموزش مدل‌ها و از داده‌های دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ به منظور بررسی قدرت پیش‌بینی مدل‌های مختلف استفاده کرده است. مهرابی بشر ابادی و نقوی (۱۳۹۰) با استفاده از الگوی تصحیح خطای برداری توابع تقاضای گازوییل و برق در بخش کشاورزی را در طی دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۵۳ و ۱۳۸۶-۱۳۶۵ برآورد کردند و عوامل موثر بر تقاضای آنها رامورد تجزیه تحلیل قرار دادند و تاثیر این عوامل موثر بر تقاضای گازوییل و برق را در کوتاه مدت و بلندمدت با استفاده از الگوی تصحیح خطای برداری با هم مقایسه کردند. در سطح بین‌المللی نیز مطالعات متعددی در زمینه انرژی صورت گرفته است. هو تاکر

و همکاران^۱ (۱۹۷۴) تحت عنوان تجزیه و تحلیل تقاضای پویای بنزین و برق خانگی، تابع تقاضای برق خانگی که تابعی از قیمت واقعی برق خانگی، درآمد و مصرف با وقفه برق است را برای ۴۸ منطقه ایالات متحده آمریکا طی سالهای ۱۹۷۱-۱۹۶۰ برآورد کرده‌اند. فیشر و کیسن^۲ (۱۹۶۲) به برآورد تقاضای برق خانگی در آمریکا پرداختند. مهمترین نتیجه‌ای که گرفتند این بود که هر چه اقتصاد یک ناحیه پیشرفته‌تر شود، در کوتاه مدت کشش پذیری تقاضا در مقابل تغییرات قیمت کمتر می‌شود. آنان برای اولین بار تقاضای کوتاه مدت و بلندمدت را به طور جداگانه برآورد کردند و نشان دادند که تغییرات در تعداد وسایل مصرف کننده انرژی، ارتباطی با قیمت انرژی ندارد و بیشتر تحت تأثیر درآمد، تغییرات جمعیت و تعداد خانوارهایی که مشترک برق هستند می‌باشد، در نتیجه قیمت انرژی تأثیری بر روی میزان مصرف ندارد. اندرسن^۳ (۱۹۷۳) تابع تقاضای برق را برای ۵۰ ایالت آمریکا به دست آورد. وی میزان مصرف برق را تابعی از قیمت واقعی برق، درجه حرارت، قیمت گاز، بعد خانوار، درآمد واقعی شخصی و تعداد مشترکین می‌داند. وی با روش OLS نشان داد که میزان مصرف برق نسبت به تغییرات قیمت کم کشش و نسبت به تغییرات درآمد با کشش است.

انگ، گوه لیو^۴ (۱۹۹۲) تقاضای برق خانگی در سنگاپور را طی سالی ۱۹۹۰-۱۹۷۲ برآورد کردند. در این برآورد، متوسط مصرف سرانه برق در بخش خانگی، تابعی از محصول ناخالص داخلی سرانه، قیمت واقعی برق برای مصرف کنندگان خانگی، متوسط حداکثر درجه حرارت روزانه یا متوسط میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه، مصرف سرانه برق با وقفه یک ساله و متغیرهای مجازی در نظر گرفته شده است.

فارلا و همکاران^۵ (۱۹۹۸)، ضمن ارائه یک روش خاص مجزاسازی اثرات تغییر در کل شدت انرژی، آن را برای اقتصاد هلند به کار گرفته و نشان داده‌اند که در طول دوره مطالعه

-
1. Houthakker et al.
 2. Fisher and kaysen
 3. Kent D. Anderson.
 4. Ang goh and Liu
 5. Farla et al

(۱۹۹۰-۱۹۸۰) اثر شدت خالص، عمده تغییرات شدن انرژی را تغییر می‌دهد. لازم به توضیح است که در طول دوره مذکور تغییر در شدت انرژی تماما منفی بوده است. داربلی و سلاما^۱ (۲۰۰۰) طی یک مطالعه میزان مصرف کوتاه مدت برق در جمهوری چک را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و روش ARIMA پیش‌بینی نموده‌اند و نتایج نشان داد که در مدل‌های تک متغیره تفاوت معنی‌داری بین متغیرهای خطی و غیر خطی وجود ندارد. با این حال در مدل‌های چند متغیره، روش شبکه عصبی مصنوعی برتر از مدل خطی عمل می‌کند. مورات و سیلان^۲ (۲۰۰۶)، با استفاده از شبکه عصبی پیش‌خور، میزان تقاضای انرژی بخش حمل و نقل را پیش‌بینی نموده‌اند. متغیرهای ورودی شامل متغیرهای اقتصادی - اجتماعی از جمله تولید ناخالص ملی، مسافت طی شده و متغیر میزان مصرف انرژی در بخش حمل و نقل می‌باشد. داده‌های مورد استفاده مطالعه شامل دوره ۲۰۰۱-۱۹۷۰ می‌باشد، در نهایت مقایسه نتایج پیش‌بینی‌های شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های واقعی مربوط به داده‌های آزمایشی نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی روشی مناسب برای پیش‌بینی میزان مصرف انرژی در بخش حمل و نقل می‌باشند. کاواکلی اقلو و همکاران^۳ (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای میزان مصرف انرژی الکتریکی را در کشور ترکیه مدل‌سازی نموده‌اند. در این مطالعه از شبکه عصبی چند لایه پرسپترون استفاده نموده و نتایج مطالعه نشان داد که با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، می‌توان میزان مصرف برق را مدل‌سازی و پیش‌بینی نمود.

سلیمان سعد^۴ (۲۰۱۱) تخمین توابع تقاضای انرژی برای کره جنوبی و اندونزی در سطح کلان (تجمیع شده) و بخش خانگی را با استفاده از رویکرد سری‌های زمانی ساختاری انجام داد. وی با استفاده از این رویکرد اقدام به برآورد روند ضمنی تقاضای انرژی که نه تنها پیشرفت فنی بلکه سلیقه و ساختار اقتصاد را نشان می‌دهد نمود. دلاور

-
1. Darbelly and Slama
 2. Murat and, Ceylan
 3. Kaaklioglu et al.
 4. Suleiman Sa'ad

و هانت^(۲۰۱۱) با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی ساختاری رابطه کل مصرف برق با ارزش

افزوده و قیمت در سطح کلان و بخش صنعت را بررسی کرده و تقاضای آتی برق ترکیه را برآورد نمودند.

در چند دهه گذشته کاربرد تکنیک‌های هوش مصنوعی و ابزارهای مدل‌سازی مانند شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم PSO، الگوریتم مورچگان و منطق فازی از موضوعاتی بوده‌اند که توجه بسیاری از دانشگایان هیان و محققان را به خود جلب کرده است. در حوزه مطالعات داخلی، الگوریتم‌های ابتکاری به صورت محدود در زمینه موضوعات مرتبط با اقتصاد مورد استفاده قرار گرفته است. صادقی و دیگران (۱۳۸۸) در بررسی عوامل موثر بر تقاضای بنزین با استفاده از تکنیک الگوریتم ژنتیک، به تخمین تابع تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل برای دوره ۸۵-۱۳۵۳ در قالب معادلات خطی، درجه دو و نمایی پرداخته و با انتخاب بهترین مدل تخمین براساس معیارهای مرسوم، تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل تحت سناریوهای مختلف تا سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی نموده‌اند. قنبری و دیگران (۱۳۸۷) با استفاده از روند متغیرهای تاثیر گذار بر تقاضای انرژی بخش حمل و نقل زمینی ایران با استفاده از الگوریتم ژنتیک، دو فرم از معادلات تقاضای انرژی غیر خطی بنزین و نفت گاز بخش حمل و نقل زمینی ایران شبیه‌سازی و بر اساس آن اقدام به پیش‌بینی نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که فرم دو درجه دوم تابع تقاضای بنزین بخش حمل و نقل زمینی و فرم نمایی تابع تقاضای نفت گاز بخش حمل و نقل زمینی، با معیارهای کارایی شبیه‌سازی بهتر، نتایج بهتری را در پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل و نقل زمینی ایران فراهم می‌کند و می‌تواند در پروژه‌های بخش انرژی ایران به کار برده شوند. عصار و دیگران (۱۳۸۹) به بررسی تقاضای گاز طبیعی در ایران با استفاده از ساختار صنعت و شرایط اقتصادی ایران با استفاده از الگوریتم ژنتیک به دو شکل (نمایی و خطی) پرداخته‌اند و تقاضای گاز طبیعی برای ایران تا سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شده است. همچنین بخشی دستجردی و خاکی نجف‌آبادی (۱۳۹۰) تاثیر جمعیت بر رشد اقتصادی ایران در

چارچوب الگوی رشد بهینه را با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار داده‌اند. امامی میبدی و دیگران (۱۳۸۸) اشاره نمود که با استفاده از خط سیر شاخص‌های کلان اقتصادی، دو فرم از معادلات تقاضای انرژی غیر خطی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ذرات شبیه‌سازی و بر اساس آن اقدام به پیش‌بینی نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد، فرم درجه دوم نتایج بهتری را در مشاهده داده‌ها فراهم می‌کند و با یک ضریب همبستگی بالاتر، می‌تواند در پروژه‌های بخش انرژی ایران به کار برده شود.

امروزه توجه به کاربرد تکنیک‌های هوش مصنوعی و ابزارهای مدلسازی (به دلیل سرعت همگرایی و قدرت بهینه‌یابی بالا) در حوزه علوم انسانی به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. در چند دهه گذشته عناوین شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم انبوه ذرات و منطق فازی از موضوعاتی بوده‌اند که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. بخش خدمات نیز یکی از مهمترین ارکان اقتصادی کشور محسوب می‌شود و از آنجا که مطالعات معدودی در زمینه انرژی در مورد این بخش انجام گرفته است لذا در این مطالعه به بررسی تابع تقاضای برق در این بخش با استفاده از الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری پرداخته شده است.

۳- مبانی نظری

۳-۱- تئوری تابع تقاضا

بر اساس نظریه اقتصاد خرد تولید تابعی از نهاده‌های سرمایه، کار، انرژی و مجموعه‌ای از عوامل دیگر مانند تغییرات تکنولوژی است. و یک بنگاه اقتصادی حداکثر کننده سود ترکیب نهاده‌های لازم را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که بنگاه حداقل هزینه ممکن را برای تولید مقدار مشخصی از محصول صرف نماید. با حداقل کردن تابع هزینه بنگاه و با فرض مقدار مشخصی تولید و قیمت عوامل تولید داده شده، تابع تقاضا برای عوامل تولید به دست خواهد آمد.

با توجه به مطالعه عسگری (۱۳۸۱) یک بنگاه اقتصادی، برق و دیگر عوامل تولید را مصرف می‌کند. بنابراین تابع تولید یک بنگاه را به صورت زیر قابل تعریف می‌باشد.

$$Q = Q(J, N) \quad (۱)$$

$$N(E, S) \quad (۲)$$

که در آن N بیان کننده مقدار انرژی مصرفی که شامل انرژی (E) و انرژی جایگزین دیگر (S) است و J سایر عوامل تولید است.

تابع هزینه بنگاه را نیز به صورت زیر است.

$$C = P_j J + P_S S + P_e E \quad (۳)$$

مسئله بهینه سازی تولید کننده، مستلزم حداقل کردن تابع هزینه در سطح معینی از تولید است. بنابراین با استفاده از تابع لاگرانژ خواهیم داشت

$$MinL = P_j J + P_S S + P_e E + \mu(\bar{Q} - Q(J, N(E, S))) \quad (۴)$$

که در اینجا P_e خدمات انرژی برق، P_S قیمت خدمات انرژی های جایگزینی و P_j قیمت سایر نهاده های تولید و μ ضریب تابع لاگرانژ است.

بر اساس شرط مرتبه اول و مشتق گیری از تابع مورد نظر رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$\frac{(\frac{\partial Q}{\partial J})}{P_j} = \frac{[(\frac{\partial Q}{\partial N}) \times (\frac{\partial N}{\partial S})]}{P_S} \quad (۵)$$

$$\frac{(\frac{\partial N}{\partial S})}{(\frac{\partial N}{\partial E})} = \frac{P_S}{P_e} \quad (۶)$$

حال فرض می شود تابع تولید به صورت کاب داگلاس همانند زیر در نظر گرفته شود:

$$Q = J^{f_1} N^{f_2} \quad (۷)$$

به طوری که:

$$N = e^{g_1} S^{g_2} E^{g_3} \quad (۸)$$

فرض می شود $f_1, f_2, f_3, g_1, g_2, g_3$ پارامترهای تعیین کننده در تابع تولید باشند. f_1 ، درصد

تغییر تولید نسبت به درصد تغییر کالاهای غیر انرژی و f_2 کشش تولید نسبت به انرژی مصرفی است.

بنابراین با توجه به:

$$MinC = P_j J + P_S S + P_e E \quad (9)$$

$$ST : Q = J^{f_1} N^{f_2}$$

$$N = e^{S^{g_1} E^{g_2}}$$

حال تابع لاگرانژ به صورت زیر برای حداقل سازی هزینه بنگاه مجدداً بازنویسی می شود:

$$MinL = P_j J + P_S S + P_e E + \mu(\bar{Q} - Q(J, N(E, S))) \quad (10)$$

$$= P_j J + P_S S + P_e E + \mu(\bar{Q} - J^{f_1} e^{f_2 S^{g_1} E^{g_2}})$$

با مشتق گیری از رابطه بالا بر حسب مقادیر J ، S و E و پارامتر μ و با به دست آوردن

مقادیر J ، S و E و برقراری شرایط بهینه سازی در نهایت تابع تقاضای برق به صورت زیر

بدست خواهد آمد:

$$E = K P_e^{\gamma_1} P_S^{\gamma_2} P_j J^{\gamma_3} \quad (11)$$

که در آن

$$K = \left(\frac{f_1 + f_2}{f_1} \right) \left(\frac{f_1 g_2}{f_2 g_1} \right)^{\frac{1}{g_1 + g_2 - 1}} \quad (12)$$

در رابطه (۱۱) $P_j J = V$ است که V بیانگر ارزش افزوده بخش خدمات خواهد بود. لذا تابع

تقاضای برق در بخش خدمات به صورت زیر خواهد شد:

$$X = P_S^{\gamma_1} P_X^{\gamma_2} V^{\gamma_3} \quad (13)$$

X تقاضای واقعی برق در بخش خدمات، P_S قیمت واقعی گاز طبیعی، P_X قیمت واقعی

برق V_i ارزش افزوده بخش خدمات γ_1 ، γ_2 و γ_3 کشش های قیمتی و متقاطع و درآمدی

می باشد.

۲-۳ الگوریتم های جستجوی ابتکاری

امروزه روش های نوینی برای مدل سازی و پیش بینی پدیده های مختلف ابداع گشته است که

الگوریتم‌های تکاملی^۱ در میان این روش‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. در بسیاری از سیستم‌های پیچیده و خصوصاً غیرخطی که مدل‌سازی و به دنبال آن پیش‌بینی و کنترل آنها از طریق روشهای کلاسیک و تحلیلی امری بسیار دشوار و حتی بعضاً غیرممکن می‌نماید، از این الگوریتم‌ها که از ویژگی‌هایی همچون هوشمندی مبتنی بر معرفت و خبرگی برخوردار هستند، استفاده می‌شود. الگوریتم‌های تکاملی با الهام از طبیعت یک ساختار جمعیتی ایجاد کرده و بر اساس قوانینی آنها را نمو می‌دهند. در این روش، به هر فرد در جمعیت بر اساس تابع شایستگی و بر اساس موقعیت آن در محیط یک مقدار شایستگی نسبت داده می‌شود و سپس براساس قوانین معین، عملگرهای مختلف بر روی هر فرد برای ارتقا و بهبود نتیجه اعمال می‌گردد. اگرچه این روش از دیدگاه زیستی بسیار ساده‌انگارانه به نظر می‌رسد، اما یک سازوکار جستجوی انطباقی بسیار قدرتمند و کارا ایجاد می‌کند که قادر به یافتن پاسخ بهینه در بسیاری از مسائل پیچیده می‌باشد. مزیت استفاده از این الگوریتمها نسبت به روشهای کلاسیک این است که اولاً با کدینگی از مجموعه جوابها کار می‌کنند نه با خود آنها و به جای جستجوی یک جواب منفرد، دسته‌ای از جوابها را جستجو می‌کنند. ثانیاً از اطلاعات تابع هدف استفاده می‌کنند و نه مشتق یا اطلاعات کمی و ثالثاً از قواعد انتقال احتمالی استفاده می‌کنند و نه از قواعد قطعی. در این مطالعه از بین الگوریتم‌های تکاملی الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم فاخته برای شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در اینجا به مبانی نظری آنها اشاره می‌گردد.

۳-۳ الگوریتم کرم شب تاب^۲

الگوریتم کرم شتاب برای نخستین توسط یانگ^۳ در سال ۲۰۰۸ ارائه شد. الگوریتم کرم شتاب یک الگوریتم فرا ابتکاری می‌باشد که با الهام از رفتار ساطع کردن نور کرم‌های شب تاب به دست آمده است. هدف اولیه کرم شب تاب از ساطع کردن نور به مانند یک سیستم علامت دهی برای جذب کرم‌های شب تاب دیگر است. در سال ۲۰۰۹ مقایسه این

1. Evolutionary Algorithms
2. Firefly Algorithm (FA)
3. Yong

الگوریتم با الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات^۱ و الگوریتم ژنتیک مشخص کرد که این الگوریتم برای پیدا کردن نقطه بهینه عمومی^۲ در برخی کاربردهای مورد آزمون قرار گرفته، از کارایی بهتری برخوردار است. پدید آورنده الگوریتم کرم شب‌تاب در سال ۲۰۱۰ نتایج آزمون‌های انجام پذیرفته دیگری بر روی این الگوریتم را منتشر و علاوه بر اعتبار بخشیدن به این الگوریتم سرعت رسیدن به جواب آن را نیز مورد بررسی قرار داد که در آزمون‌های انجام شده سرعت الگوریتم بالاتر از سایر الگوریتم‌ها ارزیابی شد. در این الگوریتم تابع هدف به سادگی می‌تواند با مقدار روشنایی کرم‌های شب‌تاب متناسب شود. از طرف دیگر روشنایی کرم‌های شب‌تاب می‌تواند توسط یک راه حل ساده با قابلیت کارایی در الگوریتم‌های ژنتیک یا الگوریتم بهینه‌سازی باکتری^۳ تعریف شود. فرایند بهینه‌سازی این الگوریتم از تغییرات شدت نور و جذابیت استفاده می‌نماید. جذابیت یک کرم شب‌تاب براساس درخشندگی یا شدت نور تعیین می‌شود که از تابع هدف به دست آمده است. در ساده‌ترین حالت برای مسائل بهینه‌سازی که در آن مقدار بیشینه تابع هدف به دست می‌آید، بیشینه روشنایی "I" یک کرم شب‌تاب در مکان منحصر به فرد X می‌تواند مقدار روشنایی با تابع هدف متناسب شود $(I(x) \propto f(x))$.

با این حال جذابیت، " β " کاملاً نسبی است و باید در چشمان ناظر دیده شود و یا توسط کرم‌های شب‌تاب دیگر قضاوت شود. بنابراین، جذابیت با مسافت r_{ij} بین کرم شب‌تاب i و کرم شب‌تاب j تغییر می‌کند. شدت نور با افزایش فاصله از منبع‌اش کاهش می‌یابد و نور در محیط نیز جذب می‌شود، بنابراین باید اجازه داده شود جذابیت با درجه جذب تغییر کند. در ساده‌ترین حالت شدت نور $I(r)$ با مسافت r به طور پیوسته و نمایی تغییر می‌کند. بیان ریاضی تغییرات شدت در رابطه (۱۴) آمده است (یانگ، ۲۰۰۸)

$$I = I_0 e^{-\gamma r} \quad (14)$$

I_0 شدت نور اولیه و γ ضریب جذب نور می‌باشد.

-
1. Particle Swarm Optimization (Pso)
 2. Global Optimum
 3. Bacterial Foraging Algorithm

میزان جذب کرم شب تاب با شدت نوری که از کرم های شب تاب به اطراف ساطع می شود، متناسب است. اکنون می توان مقدار جذابیت یک کرم شب تاب β را طبق رابطه (۱۵) تعریف کرد.

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (15)$$

β_0 مقدار جذابیت در مسافت صفر است.

فاصله بین هر دو کرم شب تاب i ، j در X_i و X_j را می توان از مختصات کارتزین طبق رابطه (۱۶) به دست آورد.

$$r_{ij} = \| X_i - X_j \| = \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{i,k} - X_{j,k})^2} \quad (16)$$

$X_{i,k}$ جز k از کرم شب تاب i است.

در این الگوریتم کرم های شب تاب به سمت کرم های با جذابیت بیشتر حرکت می کنند. در هر مرحله میزان جابجایی کرم جذب شده i به سوی کرم شب تاب جذاب تر (روشن تر) j ، توسط رابطه (۱۷) تعیین می شود.

$$x_i = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha \epsilon_i \quad (17)$$

قسمت دوم رابطه با جذب در ارتباط است، در حالی که قسمت سوم تصادفی است که با بردار تصادفی تغییر می کند که از توزیع نرمال تبعیت می کند. در بیشتر کاربردها می توان مقادیر $\gamma = 1$ ، $\beta_0 = 1$ و $\alpha \in [0, 1]$ را در نظر گرفت. علاوه بر این، اگر تفاوت در مقادیر اندازه ها در ابعاد مختلف وجود داشته باشد، به عنوان مثال اگر تغییرات در یک بعد از 10^{-5} تا 10^5 و در دیگر ابعاد از 10^{-3} تا 10^3 باشد یک ایده مناسب جایگزینی α با αS_k است که S_k بردار مقیاس دهی برای اجزای پارامترهای ورودی به الگوریتم است. در مقاله حاضر نرمال کردن کلیه پارامترهای ورودی در بازه $[-1, 1]$ باعث شده تا علاوه بر افزایش سرعت آموزش و کاهش خطا در شبکه عصبی، همسان سازی داده به وجود آمده در اثر نرمال سازی، باعث شده تغییرات در ابعاد مختلف، همسان شود. پارامتر γ تغییر جذابیت را مشخص می کند و مقدار آن مشخص کننده تعیین سرعت همگرایی و چگونگی رفتار الگوریتم کرم شب تاب است. در تئوری $\gamma \in [0, \infty)$ اما در عمل $\gamma = 0$ یا $\gamma = 1$

توسط سیستمی که باید بهینه شود، تعیین می‌شود. در نهایت زمانی که $\gamma = 0$ ، جذابیت ثابت است $\beta = \beta_0$ در واقع مانند این است گفته شود که شدت نور در یک فضای ایده‌آل کاهش نمی‌یابد. بنابراین یک کرم شب‌تاب روشن می‌تواند در هر جایی از ناحیه دامنه دیده شود. بنابراین یک نقطه بهینه (معمولاً بهینه عمومی) می‌تواند به راحتی قابل دسترس شود که مطابق با یک حالت خاص الگوریتم پرواز پرندگان است. همچنین این امکان وجود دارد که با تنظیم γ بتوان چندین نقطه بهینه مختلف را (در صورت وجود چندین نقطه بهینه) در طی تکرارهای مشابه پیدا کرد. در حقیقت با افزایش پارامتر γ جذابیت کم-رنگ‌تر شده، لذا کرم‌ها به سمت بهینه‌های محلی جذب نمی‌شود.

در صورت چندین نقطه بهینه در فضایی که کرم‌ها را می‌شوند در صورتی که تعداد کرم‌ها به شکل قابل توجهی از نقاط بهینه بیشتر باشد هیچ نقطه بهینه‌ای از چشم کرم‌ها دور نخواهد ماند.

۳-۴ الگوریتم فاخته^۱

الگوریتم فاخته یکی از جدیدترین و قویترین روش‌های بهینه‌سازی تکاملی می‌باشد که تاکنون معرفی شده است. این الگوریتم که با الهام از روش زندگی پرندۀ ای بنام فاخته طراحی شده است در سال ۲۰۰۹ توسط شین شین اویانگ و دب ساوش^۲ توسعه یافته است این الگوریتم توسط پرواز Levy به جای پیاده‌روی ایزوتروپیک تصادفی ساده توسعه یافته است از بین ۹۰۰۰ پرندۀ موجود در دنیا برخی از آن‌ها خود را از دردسر هرگونه لانه‌سازی و وظایف والدین رها کرده و پرورش جوجه‌های خود را به دیگران واگذار می‌کنند. این پرندگان در اصطلاح پارازیت اولادی نامیده می‌شوند. فاخته مشهورترین پارازیت اولادی می‌باشد. استراتژی این پرندۀ شامل خفیه کاری، شگفت زده کردن و سرعت عمل است. فاخته مادری یکی از تخم‌های پرندۀ مادر میزبان را از بین می‌برد و تخم‌گذاری خود را لابه-لای تخم‌های موجود در لانه میزبان قرار می‌دهد. با این عمل، نگه‌داری از تخم را بر عهده

1. Cuckoo algorithm
2. S. Yang, S. Deb

پرنده ماده میزبان می گذارد. در این بین پرندگانی هستند که تخم‌های فاخته را در لانه‌های خود تشخیص می‌دهند و حتی بعضی‌ها تخم‌های فاخته را از لانه بیرون می‌اندازند برخی هم لانه لو رفته را ترک کرده و لانه جدید بر پا می‌کنند. (یانگ و دب ۲۰۰۹)

برای حل مسئله بهینه‌سازی لازم است تا مقادیر متغیرهای مسئله به فرم یک آرایه شکل گیرند، در این الگوریتم این آرایه محل سکونت^۱ نام دارد. در یک مسئله بهینه‌سازی، N_{var} بعدی یک آشیانه (لانه)^۲ یک آرایه $1 * N_{var}$ خواهد بود که موقعیت فعلی زندگی فاخته را نشان می‌دهد. این آرایه به صورت رابطه (۱۸) تعریف می‌شود.

$$\text{habitat} = [x_1, x_2, \dots, x_{N_{var}}] \quad (18)$$

که در آن x_1 متغیر اول مسئله، $x_{N_{var}}$ متغیر N ام مسئله می‌باشد.

مقدار سود در آشیانه فعلی برابر با ارزیابی تابع سود (f_p) در آشیانه می‌باشد.

$$\text{profit} = f_p(x_1, x_2, \dots, x_{N_{var}}) \quad (19)$$

برای شروع یک ماتریس آشیانه به اندازه $N_{var} * N_{pop}$ تولید می‌شود که N_{pop} تعداد فاخته‌ها (فاخته)، N_{var} تعداد متغیرهاست. سپس برای هر کدام از این آشیانه‌ها تعدادی تصادفی تخم تخصیص داده می‌شود. به‌طور طبیعی هر فاخته بین ۵ تا ۲۰ تخم می‌گذارد. هر فاخته در یک دامنه مشخص تخم‌گذاری می‌نماید که به آن حداکثر دامنه تخم‌گذاری (ELR) گفته می‌شود. می‌توان حداکثر دامنه تخم‌گذاری را به صورت رابطه (۲۰) تعریف کرد:

$$\text{ELR} = \beta \times (\text{Var}_{hi} - \text{Var}_{lo}) \quad (3)$$

تعداد تخم‌گذاری فاخته در هر مرحله / مجموع تخم‌گذاری هر فاخته \times Var_{hi} حد بالای متغیر، Var_{lo} حد پایین متغیر و β متغیری که توسط آن حداکثر دامنه تخم‌گذاری تنظیم می‌شود. هر فاخته به صورت تصادفی تخم‌گذاری را در لانه‌گذاری پرنده میزبان که در حداکثر دامنه تخم‌گذاری خود قرار دارد، می‌گذارد. بنابراین تخم‌هایی که شباهت بیشتری به تخم پرنده میزبان دارد شانس بیشتری برای بقا دارند این جوجه‌ها در لانه‌ها میزبان تغذیه شده و رشد می‌کنند در ضمن، فقط یک تخم در هر لانه امکان رشد

1. habitat
2. habitat

دارد. وقتی جوجه فاخته‌ها رشد کردند و بالغ شدند مدتی در گروه خود زندگی می‌کنند ولی هنگامی که وقت تخم‌گذاری فرارسد باید به آشیانه‌های بهتر که در آنجا شانس بقا بیشتر است مهاجرت کنند. از بین گروه‌هایی که که فاخته‌ها تشکیل داده‌اند گروهی که دارای بهترین موقعیت است به عنوان نقطه هدف برای سایر فاخته‌ها جهت مهاجرت انتخاب می‌شود. تشخیص این که هر فاخته به کدام گروه تعلق دارد کار چندان ساده‌ای نیست لذا برای حل این مشکل، گروه‌بندی این فاخته‌ها توسط روش کلاس‌بندی انجام می‌شود. حال که گروه‌های فاخته تشکیل شدند سود میانگین گروه را محاسبه کرده تا بهینه‌نسبی محل زیست آن گروه به دست آید سپس گروهی که دارای بیشترین مقدار متوسط سود می‌باشد، به عنوان گروه هدف انتخاب شده و گروه‌های دیگر به سمت آن مهاجرت می‌کنند. در نهایت با توجه به تعادلی که بین جمعیت پرندگان در طبیعت وجود دارد عددی مثل N حداکثر تعداد فاخته‌هایی را که می‌توانند در یک محیط زندگی کنند کنترل و محدود می‌کند.

۴- برآورد مدل

در این مطالعه به منظور بررسی تاثیر متغیرهای مختلف بر مصرف برق در بخش خدمات از معادله‌ی تقاضای برق به صورت کاب داگلاس استفاده می‌شود. چون در این نوع تابع ضرایب تخمینی همان کشش‌های قیمتی خودی، متقاطع و درآمدی تقاضا می‌باشند. لذا با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان تابع تقاضای برق در بخش خدمات را به صورت زیر بیان نمود:

$$C_{elec} = A_0 \cdot (P_{elec})^{\alpha_1} (Va)^{\alpha_2} (N)^{\alpha_3} (P_{NG})^{\alpha_4} \quad (21)$$

که متغیرهای مورد استفاده در این مدل:

A_0 مقدار ثابت، C_{elec} : مقدار برق مصرفی بخش خدمات (برحسب مگاوات ساعت)،
 P_{elec} : قیمت برق مصرفی بخش خدمات (برحسب ریال)، Va : ارزش افزوده بخش خدمات به قیمت ثابت (برحسب میلیارد ریال)، N : تعداد مشترکین برق بخش خدمات و
 P_{NG} : قیمت واقعی گاز طبیعی مصرفی در بخش خدمات (برحسب ریال) می‌باشد.

لازم به ذکر است که داده‌های مورد استفاده از بانک مرکزی و تراز نامه انرژی ایران بدست آمده است. برای برآورد این مدل با دو الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم فاخته از نرم افزار متلب^۱ ۲۰۱۱ به منظور برنامه نویسی دو الگوریتم استفاده شده است.

مدل برآورد شده با روش الگوریتم کرم شب تاب به صورت زیر است:

$$C_{elec} = 2.001(P_{elec})^{-0.2104} (Va)^{0.206} (N)^{2.012} (P_{NG})^{0.4579} \quad (22)$$

مدل برآورد شده با استفاده از الگوریتم فاخته به شکل زیر می‌باشد:

$$C_{elec} = 1.027(P_{elec})^{-0.4300} (Va)^{0.5248} (N)^{0.6957} (P_{NG})^{0.4397} \quad (23)$$

هر دو مدل برآورد شده نشان می‌دهند که میان ارزش افزوده، تعداد مشترکین برق و قیمت گاز طبیعی با تقاضای برق در بخش خدمات رابطه مثبتی وجود دارد و همچنین هر دو مدل رابطه غیر مستقیم بین قیمت و مصرف برق در بخش خدمات را تایید می‌کنند.

برای ارزیابی عملکرد دو مدل برآورد شده از طریق دو الگوریتم از چهار معیار میانگین مجذور خطا^۲، جذر میانگین مجذور خطا^۳، میانگین درصد خطای مطلق^۴ و میانگین خطای مطلق^۵ انجام گردیده است. این معیارها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i^{observed} - E_i^{simulated})^2}{n} \quad (24)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{E_i^{observed} - E_i^{simulated}}{E_i^{observed}} \right|}{n} \quad (25)$$

1. MATLAB 2011
2. Mean Square Error
3. Root of Mean Square Error
4. Mean Absolute Percent Error
5. Mean Absolute Error

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |E_i^{observed} - E_i^{simulated}|}{n} \quad (26)$$

در روابط فوق n نشانگر تعداد مشاهدات است.

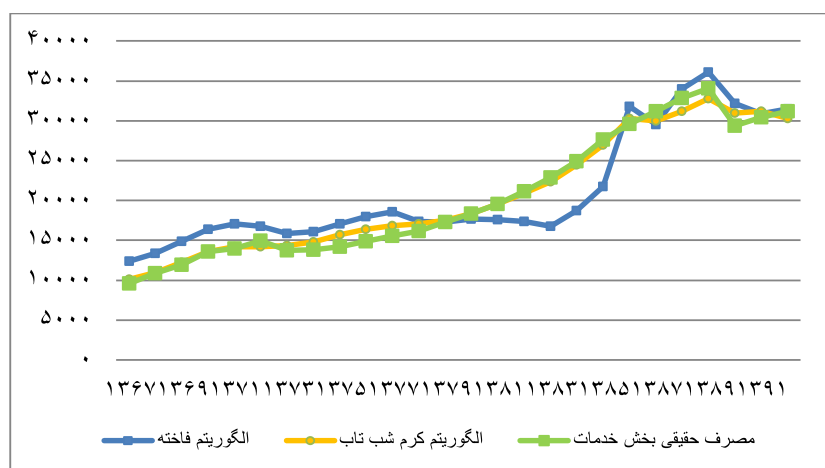
با بررسی و مقایسه نتایج به دست آمده از برآورد مدل فوق توسط الگوریتم کرم شب تاب و الگوریتم فاخته نتایج زیر به دست آمد:

جدول (۱): مقایسه عملکرد مدل‌های برآورد شده

الگوریتم	الگوریتم فاخته				الگوریتم کرم شب تاب			
	MSE	RMSE	MAPE	MAE	MSE	RMSE	MAPE	MAE
نتایج	۲۳/۱۰۱۹	۴/۸۰۶۴	۰/۱۸۶۱	۳/۸۵۱۹	۴/۹۳۲۵	۲/۲۲۰۹	۰/۰۸۴۳	۱/۷۴۳۲

ماخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول ۱ نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که خطای برآورد مدل همواره در الگوریتم کرم شب تاب کمتر از الگوریتم فاخته بوده است. نمودار زیر نشان دهنده دقت مدل غیرخطی شبیه‌سازی شده توسط الگوریتم کرم شب تاب در مقابل الگوریتم فاخته است.



شکل ۱- بررسی دقت پیش‌بینی الگوریتم‌های کرم شب تاب و فاخته

۵- نتیجه‌گیری

تحلیل تقاضای انرژی در بخش خدمات یکی از موضوعات مهم در کشورهای در حال توسعه است. بنابراین، به کارگیری روش‌های تحلیلی برای شناخت و درک بیشتر از تقاضای انرژی، اهمیت می‌یابد. در برنامه ریزی و سیاست‌گذاری انرژی لازم است تحلیل عوامل مؤثر و میزان اثر آن بر تقاضای انرژی در سطح کلان، بخش و به تفکیک حامل‌های انرژی صورت پذیرد. بنابراین، با داشتن برآوردهایی از کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی به ویژه برای هریک از حامل‌های انرژی و همچنین اثر عوامل مؤثر برونزای غیر اقتصادی، امکان سیاست‌گذاری به ویژه از طریق ابزار قیمتی فراهم می‌آید.

در این مقاله ابتدا با استفاده از دو الگوریتم بهینه‌سازی کرم شب تاب و الگوریتم فاخته تابع تقاضای برق در بخش خدمات ایران برآورد گردید که با توجه به معیارهای ارزیابی مدل برآورد شده با روش الگوریتم بهینه‌سازی کرم شب تاب مدل برتر انتخاب شد. نتایج برآورد نشان می‌دهد که بین قیمت برق و مصرف آن در بخش خدمات رابطه غیر مستقیم وجود دارد، به عبارتی دیگر کشش قیمتی خودی برق (-۰.۲۱) در بخش خدمات ناچیز است. عسگری (۱۳۸۱) نیز در مطالعه خود به پایین بودن کشش قیمتی بخش خدمات اشاره کرده است. رابطه مستقیم بین ارزش افزوده بخش خدمات و مصرف برق قابل توجه است زیرا با افزایش درآمد و همچنین ورود و پیشرفت فناوری در این بخش، باعث مصرف بیشتر برق خواهد شد، این موضوع بیانگر ضروری بودن نهاده انرژی برق در بخش خدمات است. سعید شعوری (۱۳۹۰) نیز در مطالعه خود نشان داد که ارزش افزوده بخش خدمات تأثیر مثبت و معناداری بر روی تقاضای برق این بخش دارد و کشش درآمدی کوچکتر از یک این بخش، ضروری بودن کالای برق را تایید میکند.

متغیر تعداد مشترکین برق با مصرف برق رابطه مستقیم دارد که این نشان دهنده این است که هر چه تعداد مشترکین در بخش خدمات افزایش یابد مصرف برق نیز در این

بخش با شدت بیشتری افزایش می‌یابد، که بطور نسبی نشان‌دهنده برق‌بر بودن این بخش است و برنامه‌ریزان صنعت برق باید با توسعه بخش خدمات با نسبت بیشتری ظرفیت برق را توسعه دهند. کشش متقاطع قیمتی ۰/۴ برآورد شده حاکی از جایگزینی نسبتاً پایین برق با گاز می‌باشد.

با توجه به پایین بودن کشش قیمتی برآورد شده، نمی‌توان انتظار داشت که با افزایش و واقعی شدن قیمت برق میزان مصرف برق در این بخش به سرعت کاهش یابد مگر آن که از یک سو در ساختار بخش خدمات تغییرات اساسی ایجاد شود و از سوی دیگر زیر بخش‌ها ملزم به رعایت ضوابط و استانداردهای کارایی تجهیزات برقی شوند و دولت نیز اجرا و نظارت آن را به خوبی انجام دهد. با توجه به ساختار فعلی بخش خدمات، سیاست هدفمند کردن یارانه‌ها به تنهایی نمی‌تواند منجر به کاهش مصرف برق در این بخش شود. لذا، لازم است دولت با توجه به سیاست‌های غیرقیمتی در این بخش، استانداردهای مربوط به کارایی انرژی دستگاه‌ها و تجهیزات را تدوین نموده، سپس اجرا نظارت آن را به یک نهاد مستقل واگذار کند. از سوی دیگر دولت می‌تواند با اتخاذ یک سیاست قیمتی مناسب، انگیزه لازم را برای اقدامات صرفه جویی برق توسط زیر بخش‌های خدمات در بلندمدت ایجاد کند.

منابع

- ۱- ابراهیمی، مهرزاد. (۱۳۹۱) "استفاده از رهیافت‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و سری زمانی در پیش‌بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش کشاورزی". *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، جلد (۴): ۲۷-۴۲.
- ۲- امامی میبدی، علی. خضری، محسن. اعظمی، آرش. (۱۳۸۸) "شبیه‌سازی تابع تقاضای انرژی در ایران با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (psa)". *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، (۶): ۱۴۱-۱۵۹.
- ۳- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی، اداره حسابهای اقتصادی، سالهای مختلف.

- ۴- حیدری، ابراهیم. (۱۳۸۳) "پیش‌بینی تقاضای انرژی در اقتصاد ایران بر اساس روش تجزیه". مجله تحقیقات اقتصادی، (۶۹): ۴۷-۵۶.
- ۵- زارع مهرجردی، محمد رضا. ضیاء آبادی، مریم. (۱۳۸۹) "بررسی عوامل موثر بر مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران". مجله توسعه و سرمایه (۳): ۱۳۳-۱۵۳.
- ۶- شعوری، سعید (۱۳۹۰) "مطالعه تأثیر ارزش افزوده بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات بر تقاضای برق این بخش‌ها و پیش‌بینی تقاضای برق در هر یک از آنها". پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم اداری و اقتصادی گروه اقتصاد. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۷- عسگری، علی (۱۳۸۰) تخمین تقاضای برق در بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات و برآورد کسش‌های قیمتی و درآمدی آن. مجله برنامه و بودجه، (۶): ۴۷-۷۵.
- ۸- عصارى، محمدرضا. اله عصاره، احسان. بهرننگ، محمد علی. (۱۳۸۹) "کاربرد از ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی برای برآورد مصرف گاز طبیعی در ایران". نشریه تبدیل انرژی، (۱): ۲۵-۳۱.
- ۹- قنبری، علی. خضری، محسن. اعظمی، آرش. (۱۳۸۷) شبیه‌سازی تابع تقاضای بنزین و نفت گاز در حمل و نقل زمینی ایران، با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک". فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، (۵): ۱۷۷-۱۵۷.
- ۱۰- منهای، محمد باقر. کاظمی، عالیه. شکوری گنجوی، حامد. تقی زاده، محمدرضا (۱۳۸۸) "پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش حمل و نقل با استفاده از شبکه‌های عصبی: مطالعه موردی در ایران". پژوهش‌های مدیریت در ایران، ((۲(پیاپی ۶۶): ۲۲۰-۲۰۳
- ۱۱- موسوی، نعمت ا...، مختاری، زیتب. فرج زاده، ذکریا. (۱۳۸۹) "پیش‌بینی مصرف حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی ایران با الگوهای ARIMA & ARCH". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، (۷): ۱۸۱-۱۹۵.
- ۱۲- مهرابی بشرآبادی، حسین. نقوی، سمیه. (۱۳۹۰) "برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش کشاورزی ایران". تحقیقات اقتصاد کشاورزی، (۳): ۱۴۷-۱۶۲
- ۱۳- نجارزاده، رضا، عباس محسن، اعظم. (۱۳۸۳) "رابطه بین مصرف حامل‌های انرژی و

- رشد بخش های اقتصادی در ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، (۱): ۶۱-۸۱
- ۱۴- هژبر کیانی، کامبیز. واردی، شایسته. (۱۳۷۹) "بررسی ضریب اهمیت انرژی در تولید بخش کشاورزی ایران". *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، (۸): ۴۱-۷.
- ۱۵- وزارت نیرو. ۴۷ سال آمار تفصیلی صنعت برق ایران در آینه آمار ۱۳۹۲-۱۳۴۶.
- 16- Ang B.W. (1998), "Decomposition of industrial energy consumption", *Energy Economics*, 16(3):163-174.
- 17- Ang B.W. Goh T.N. Liu X.Q. (1992). "Residential Electricity Demand in Singapore". *Energy* 17(1):37-46.
- 18- Arimah, B.C. (1993). "Electricity consumption in Nigeria". *OPEC Review*. vol. 17:63-82. *International Journal of Forecasting*, 16: 71-83.
- 19- Behrang M.A. Assareh E., Ghalambaz M. Assari M.R., Noghrehabadi A.R., (2011). Forecasting future oil demand in Iran using GSA (Gravitational Search Algorithm) *Energy*, Volume 36, Issue 9, September Pages 5649-5654.
- 20- Darbelly G. S. Slama M. (2000). "Forecasting the short-term demand for electricity, do neural networks stand a better chance?", *International Journal of Forecasting*, 16: 71-83.
- 21- Dilaver, Zafer and Lester C. Hunt (2011), "Turkish Aggregate Electricity Demand: An Outlook to 2020" *Energy Economics*, 36, pp. 6686-6696.
- 22- Farla J. Cuelenaere R. Blok K. (1998), "Energy efficiency and structural change in the nether land
- 23- Fisher, Franklin M. and Kaysen, Carl (1962), *The Demand for Electricity in the United States*, Amsterdam, North-Holland Pub Co.
- 24- Kavaklioglu K., Ceylan H., Ozturk H.K., Canyurt, O.E (. (2009). "Modeling and prediction of Turkey's electricity consumption using Artificial Neural Networks", *Energy Conversion and Management*, 50: 2719-2727.
- 25- Kennedy, J. and Eberhat, R. C. (1955) "Particle Swarm Optimization", in proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Piscataway: IEEE, pp. 1942-1948.
- 26- Kent D. Anderson (1973), "Residential Demand for Electricity", *Econometric Estimates for California and the United States*, *Journal of the Royal Statistical Society*, PP: 536-552.
- 27- Medlock, KB. (2009), "Energy Demand Theory" in *International Handbook on the Economics of Energy*, Evans, J. and Hunt LC (Edt), Edward Elgar Publishing, UK.
- 28- Murat YS. Ceylon H. (2005) "use of artificial neural networks for transport energy demand modeling", *Energy policy*, vol.34
- 29- Murat YS, Ceylon H. (2006). "Use of artificial neural networks for transport energy demand modeling". *Energy Policy*, 34: 3165-72.
- 30- Rashedi, Esmat, Nezamabadi-pour, Hossein, Saryazdi, Saeid, (2009), "GSA: A Gravitational Search Algorithm", *Information Sciences* 179, 2232-2248.
- 31- Sa'ad, Suleiman (2011), "Underlying Energy Demand Trends in South Korean and Indonesian Aggregate Whole Economy and Residential Sectors", *Energy Policy*, 39, pp. 40-46.

- 32- Sun J.W. (2001), "Energy demand in fifteen European Union countries by 2010- A Forecasting model based on decomposition approach ", ENERGY ,26: 549-500
- 33- Yang ,X.S., Deb, S.(2009), "Cuckoo search via Levy flights", In Proceeing of World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing, India, pp. 210-214
- 34- Yang, X-S., (2008), Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms.Second Edition, Luniver Press.