اقتصادکشاورزی و توسعه، سال بیستم، شماره ۸۰ ، زمستان ۱۳۹۱

براورد تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی با رهیافت ARDL و الگوریتم ژنتیک

مطالعه موردی استان اصفهان

دکتر محمدرضا زارع مهرجردی*، رضوان فرامرزی فیل‌آبادی**، فاطمه درگه***

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۳

چکیده

نظر به اهمیتی که انرژی برق در پیشرفت و توسعه جوامع بشری دارد و به دلیل نقش تقاضای برق در سیاستگذاریها و تصمیمات مربوط به تولید، توزیع و عرضه این حامل انرژی و همچنین با توجه به اهمیت انرژی الکتریکی به‌عنوان یک عامل مؤثر در تولیدات کشاورزی، مطالعه و بررسی بازار انرژی برق و به‌خصوص تقاضای آن، ضرورت دارد. در مطالعه حاضر نیز تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی استان اصفهان با دو رهیافت الگوی خود توضیح با

* استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسئول)
e-mail: zare@mail.uk.ac.ir
** دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
e-mail: Rezvan. faramarzi@gmail.com
*** دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی برق دانشگاه شهید باهنر کرمان
e-mail: f.darakeh@graduate.uk.ac.ir

وقفه‌های گسترده (ARDL)[1] و الگوریتم ژنتیک براورد شد و عوامل مؤثر بر آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیک ابزار قدرتمندتری برای براورد تقاضای برق است. همچنین نتایج در هر دو رهیافت نشان می‌دهد که اعمال سیاستهای قیمتی اثر چندانی بر مصرف ندارد و مهمترین عامل مؤثر بر تقاضای برق در بخش کشاورزی، تعداد مشترکان است.

طبقه‌بندی JEL: C۱۳، C۵۲، L۲۳، L۷

کلیدواژه‌ها:

تقاضای برق کشاورزی، الگوریتم ژنتیک، ARDL، استان اصفهان

مقدمه

"امروزه بحث مدیریت انرژی از اهمیت خاصی برخوردار است چرا که انرژی به‌عنوان زیربنا و کلید توسعه هر کشور مطرح می‌باشد. لذا به‌منظور کنترل مصرف انرژی می‌بایست عوامل مؤثر بر میزان تقاضای انرژی و میزان تأثیر هر یک از آنها را مشخص نمود. در میان حامل های انرژی، انرژی الکتریسیته یکی از کالاهای ضروری جامعه است که تمام فعالیت‌های کشور به طور مستقیم و غیرمستقیم به آن مرتبط است و تجزیه و تحلیل تقاضای آن همواره مورد توجه سیاستگذاران بوده است" (اسماعیلی و طرازکار، ۱۳۸۴).

"عوامل متعددی از جمله رشد سریع جمعیت، توسعه شهرنشینی، افزایش سطح زندگی و رفاه، واقعی نبودن تعرفه‌ها، تغیرات آب و هوایی و توسعه صنعتی و تجاری موجب گردید که دامنه مصرف انرژی در ایران گسترش یابد. این افزایش بی‌رویه مصرف و وجود محدودیت‌های متعدد در توسعه منابع تولید، موجب گردیده که راهکارهای کاهش مصرف انرژی به طریقی مورد توجه قرار گیرند، که به روند توسعه و رشد کشور لطمه‌ای وارد ننماید" (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۵، ۲۸۸).

1. Auto Regressive Distributed Lag (ARDL)

"آمار نشان می‌دهد که مصرف انرژی الکتریکی در ایران از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۵، ۸/۷ برابر شده است. در طول این مدت قدرت تولید، ظرفیت تولیدی، ظرفیت تبدیل و خطوط طولی به ترتیب افزایشی در حدود ۹/۴، ۵/۳، ۶/۹ و ۷/۸ برابر داشته‌اند. همچنین در طول این مدت، تعداد مصرف‌کنندگان و جمعیت کلی به ترتیب ۵/۵ و ۲/۱ برابر شده‌اند" (Amjadi et al., 2010)

قسمت اعظم مصرف برق در بخش کشاورزی شامل برق مصرفی برای پمپاژ آب کشاورزی و پرورش آبزیان در آبهای داخلی می‌باشد. در سال ۱۳۸۶ بخش کشاورزی با مصرف ۱۷۷۴۵ میلیون کیلووات ساعت، در حدود ۱۱/۶ درصد از کل برق مصرفی را به خود اختصاص داده است. تا پایان سال ۱۳۸۶ بیش از ۱۴۷۳۶۶ حلقه چاه کشاورزی به پمپهای برقی مجهز گردیده‌اند که در این میان استان اصفهان با ۲۰۸۰۳ حلقه چاه برق‌دار شده تا پایان سال ۱۳۸۶، رتبه دوم را در میزان مصرف برق در بخش کشاورزی دارا می‌باشد (ترازنامه انرژی،۱۳۸۶، ۱۵۶). از آنجا که استان اصفهان رتبه دوم را در میزان مصرف برق در بخش کشاورزی در کشور دارا می‌باشد، لذا براورد دقیق میزان تقاضای برق با استفاده از روشهای نوین و کارامدتر به‌منظور تنظیم و ارائه بهتر خدمات در این بخش برای تأمین بموقع، مطمئن و ارزان انرژی الکتریکی موردنیاز این بخش، می‌تواند باعث افزایش تولیدات کشاورزی، افزایش صادرات غیر نفتی و درنهایت تسریع نرخ رشد اقتصادی کشور گردد.

با توجه به اهمیت موضوع، مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آنها اشاره شده است.

امجدی و همکاران (۲۰۱۰) به براورد تقاضای برق ایران با استفاده از دو الگوریتم ژنتیک و بهینه‌یابی انبوه ذرات پرداخته‌اند. در این مطالعه از دو مدل خطی و غیرخطی برای براورد تقاضای برق ایران استفاده شده و توانایی هر الگوریتم برای تطبیق و پیش‌بینی مقادیر تقاضا با کمترین میزان خطا در آینده ارائه گردیده است. در این مطالعه از دو الگوریتم ژنتیک و انبوه‌سازی ذرات برای براورد مدل استفاده شده است که نتایج نشان داد الگوریتم انبوه‌سازی ذرات توانایی تطبیق و پیش‌بینی مقادیر تقاضا را با مقادیر خطای کمتر دارا می‌باشد.

سیلان و ازترک (Ceylan and Ozturk, 2004) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تقاضای برق در ترکیه را بر پایه شاخصهای اقتصادی مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه از دو مدل خطی و نمایی برای براورد تابع استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که براورد انجام شده خطای کمتری نسبت به دیگر مطالعات صورت پذیرفته در این زمینه دارد، لذا به پیش‌بینی تقاضا تا سال ۲۰۲۵ پرداخته شده است.

سیلک و جوت (Silk and Jout, 1997) تقاضای برق خانگی در ایالات متحده امریکا را برای دوره ۱۹۴۹ تا ۱۹۹۳ با استفاده از روش همجمعی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که کششهای قیمتی، درآمدی و متقاطع کوتاه‌مدت به مراتب کمتر از بلندمدت می‌باشد.

اسماعیلی و طرازکار (۱۳۸۴) به براورد تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی در استان فارس طی دوره ۱۳۵۷ تا ۱۳۸۱ پرداخته‌اند. در این مطالعه عوامل مؤثر بر تقاضای برق در دوره کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

عباسی‌نژاد و صادقی (۱۳۷۸) تابع تقاضای برق خانگی را بررسی و براورد کرده‌اند. نتایج مطالعه حاکی از پایین بودن کشش قیمتی تقاضاست. همچنین براورد کشش درآمدی برق نشان می‌دهد که برق کالایی ضروری در سبد کالاهای مصرفی خانوار است.

با توجه به مطالعات انجام گرفته و اهمیت موضوع، براورد تابع تقاضای برق با استفاده از روشهای نوین و در سطح خرد ضروری به نظر می‌رسد که مطالعهٔ حاضر نیز به‌دنبال یافتن روشهای برتر در این زمینه می‌باشد.

بنابراین، هدف اصلی این مطالعه، مقایسه و براورد تقاضای برق استان اصفهان با استفاده از دو رهیافت ARDL و الگویتم ژنتیک می‌باشد که در چارچوبهای زیر دنبال می‌شود:

۱. تدوین مدلی مناسب به‌منظور براورد کششهای قیمتی و درآمدی،

۲. براورد تابع تقاضای برق با دو رهیافت ARDL و الگوریتم ژنتیک،

۳. اندازه‌گیری اعتبار مدل در هر دو رهیافت و مقایسه نتایج در هر دو مدل.

روش تحقیق

بازار انواع حاملهای انرژی در ایران دارای ویژگی خاصی می‌باشد، چرا که در کشور ما بخش عرضه انرژی در انحصار دولت است و لذا عرضه انرژی و قیمت آن به‌صورت برونزا عمل می‌کند و می‌توان تقاضای انرژی را بدون نیاز به در نظر گرفتن همزمانی عرضه و تقاضا، بر اساس یک معادله براورد نمود (عباسی‌نژاد و صادقی، ۱۳۷۸، ۳۵).

از آنجا که در مطالعاتی مانند اسماعیلی و طرازکار (۱۳۸۴)، سیلک و جوت (۱۹۹۷) و امجدی و همکاران (۲۰۱۰) متغیرهایی نظیر قیمت برق و درآمد به‌عنوان متغیرهای کلیدی در براورد تقاضای برق در نظر گرفته شده‌اند، لذا در مطالعه حاضر نیز از این متغیرها برای براورد تقاضای برق استفاده شد. علاوه بر متغیرهای فوق، متغیرهای دیگری نظیر تعداد مشترکان و شاخصهای آب و هوایی نیز لحاظ شده‌اند. برای بررسی تأثیر متغیرهای مختلف بر مصرف برق در بخش کشاورزی استان اصفهان از معادله تقاضا به‌صورت نمایی استفاده شده است. رابطه تقاضای برق به‌صورت زیر است:

$$Ln\ E = w_0 + w_1 lnIPE + w_2 lnNCE + w_3 lnAIN + w_4 lnTEM \qquad (1)$$

در این رابطه ln لگاریتم طبیعی، E مقدار برق مصرفی در بخش کشاورزی استان اصفهان (برحسب میلیون کیلووات ساعت)، IPE شاخص قیمت خرده فروشی برق در بخش کشاورزی، NCE تعداد مشترکان بخش کشاورزی در استان اصفهان، AIN متوسط درآمد خانوارهای روستایی استان اصفهان (برحسب ریال)، TEM میانگین درجه حرارت در استان اصفهان (برحسب سانتی‌گراد) می‌باشد. باید گفت از آنجا که مطالعاتی نظیر سیلک و جوت (۱۹۹۷)، اسماعیلی و طرازکار (۱۳۸۴) و عباسی نژاد و صادقی (۱۳۷۸)، استفاده از تابع لگاریتمی را بهتر از سایر توابع دانسته اند، در این مطالعه نیز از شکل تابعی لگاریتمی استفاده شد.

برای براورد مدل از دو رهیافت الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده و الگوریتم ژنتیک استفاده شده که در زیر توضیح مختصری در رابطه با دو رهیافت ارائه گردیده است.

۱. رهیافت الگوی خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL)

"به‌منظور بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرها، می‌توان از روشهای همجمعی از جمله رهیافت ARDL استفاده نمود. یکی از مزایای استفاده از رهیافت ARDL که موجب برتری آن نسبت به سایر روشهای همجمعی شده است، عدم نیاز به یکسان بودن درجه همجمعی متغیرها در این روش می‌باشد. همچنین در این روش می‌توان الگوهای کوتاه‌مدت و بلندمدت را به طور همزمان تخمین زد" (Siddiki, 2000).

مدل ARDL تعمیم یافته را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$\alpha(L,p)y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{k}\beta_i(L,qi)x_{it} + u_t, i = 1,2,\dots,k \quad (۲)$$

که در آن α_0 عرض از مبدأ، y_t متغیر وابسته و L عامل وقفه می‌باشد. بر این اساس مدل پویای ARDL برای تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی به‌صورت رابطه ۳ می‌باشد:

$$lnE_t = w_0 + \sum_{i=1}^{m}\beta_i lnE_{t-i} + \sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i lnIPE_{t-i} + \sum_{i=1}^{k}\gamma_i lnNCE_{t-i} + \sum_{i=1}^{f}\mu_i lnAIN_{t-i} + \sum_{i=1}^{g}\delta_i lnTEM_{t-i} + \varepsilon_0 lnIPE_t + \gamma_0 lnNCE_t + \mu_0 lnAIN_t + \delta_0 lnTEM_t + u_{1t} \quad (۳)$$

که در آن m، n، K، f و g به ترتیب بیانگر تعداد وقفه‌های بهینه برای متغیرهای lnE_t، $lnIPE_t$، $lnNCE_t$، $lnAIN_t$ و $lnTEM_t$ می‌باشد.

رابطه بلندمدت بخش کشاورزی را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

$$lnE_t = w_0 + w_1 lnIPE_t + w_2 lnNCE_t + w_3 lnAIN_t + w_4 lnTEM_t + u_{2t} \quad (۴)$$

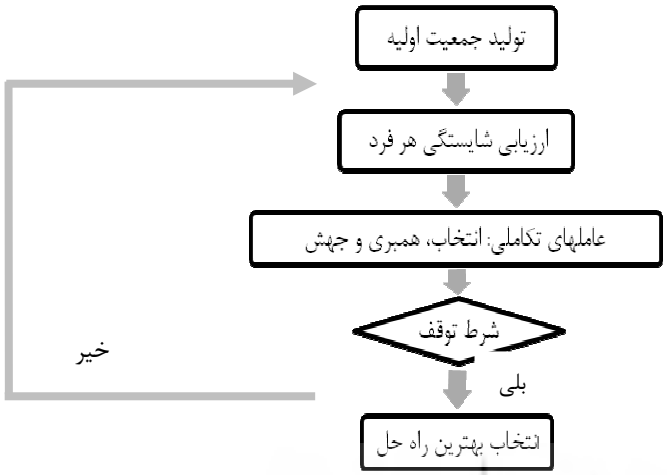
برای استفاده از رهیافت ARDL می‌توان از روش دو مرحله‌ای استفاده نمود: در مرحله اول وجود ارتباط درازمدت بین متغیرهای تحت بررسی و به عبارت دیگر، همجمعی بین متغیرها با استفاده از آماره F مورد بررسی قرار می‌گیرد و در صورتی‌که وجود رابطه پایدار

بلندمدت بین متغیرهای مدل اثبات شد، مرحله دوم، یعنی تخمین و تجزیه و تحلیل ضرایب درازمدت و استنتاج ارزش آنها، صورت می‌گیرد (Pesaran and Pesaran, 1997).

۲. رهیافت الگوریتم ژنتیک (GA)[1]

الگوریتم ژنتیک تکنیک جستجویی در علم رایانه برای یافتن راه‌حل تقریبی جهت بهینه‌سازی و مسائل جستجوست. الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتمهای تکامل است که از تکنیکهای زیست‌شناختی فراگشتی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند. در واقع GA از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کند و گزینه مناسبی برای تکنیکهای پیش‌بینی برمبنای رگرسیون می‌باشد. به عبارتی، الگوریتم ژنتیک تلاش می‌کند بهترین حل را برای مسائلی مانند بیشینه و یا کمینه کردن یک تابع بیابد. این کار با تولید یک مجموعه جمعیت اولیه تصادفی از کروموزمها برای مسئله انجام می‌گیرد، سپس حلهای موجود با استفاده از عملگرهای وراثتی (جهش و همبری) دستکاری می‌شوند تا حلهای بهتری خارج از مجموعه جاری از کروموزومهای موجود به وجود آید. در الگوریتم وراثتی، به هر حل، یک مقدار شایستگی نسبت داده می‌شود که براورد عددی از تواناییهای آن برای حل کردن مسئله است. هدف اصلی، انتخاب حلهایی با شایستگی بالاتر است به طوری که نسل جدید به سمت جواب بهینه سیر کند. در حل مسائل بهینه‌سازی توسط الگوریتم وراثتی، انتخاب صحیح تابع شایستگی نقش مهمی در همگرایی و عملکرد الگوریتم دارد. تابع شایستگی به هر کروموزوم مفروض، عددی متناسب با توانایی و قابلیت این کروموزوم نسبت می‌دهد. این تابع مستقیماً از تابع هدف مسئله به‌دست می‌آید. برای هر یک از کروموزومها، مقدار تابع برازندگی محاسبه شده که معیار ارزیابی و بهینگی هر کروموزوم می‌باشد. الگوریتم وراثتی برای یافتن مقدار بیشینه مناسب است و لذا در این مطالعه که هدف کمینه‌سازی می‌باشد، تمهیداتی به‌کار گرفته شده است که فرم کمینه به بیشینه تبدیل شود (نظام‌آبادی‌پور، ۱۳۸۹). روند الگوریتم ژنتیک در شکل ۱ آمده است:

1. Genetic Algorithm (GA)



شکل ۱. روند الگوریتم ژنتیک

به‌منظور براورد تقاضا با استفاده از الگوریتم ژنتیک، رابطه ۱ به‌صورت زیر بیان شده است:

$$Ln\,E_{est} = w_0 + w_1 lnIPE + w_2 lnNCE + w_3 lnAIN + w_4 lnTEM$$

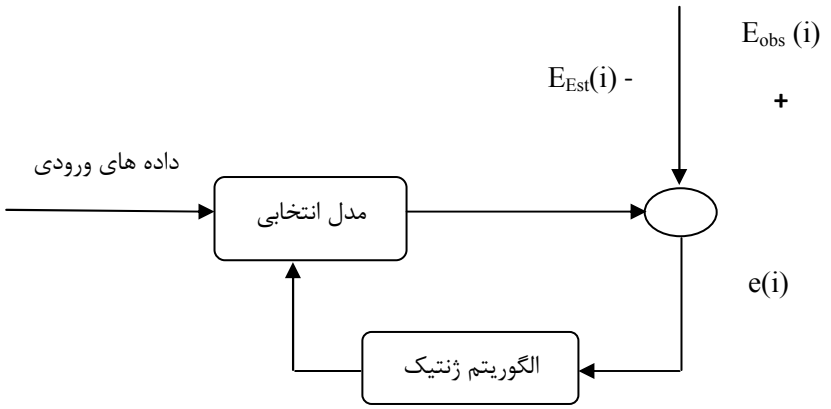
$$-10 \leq w_i \leq 10, \quad i = 1,2,\ldots,4$$

W_iها عاملهای وزنی هستند که به وسیله GA تصمیم‌گیری شده و با تابع هدف و شایستگی بهینه‌سازی می‌شوند. تابع شایستگی در رابطه ۵ بیان شده است:

(۵)

$$obj = {}^{1}/_{MSE} = \left(\frac{1}{m}\sum_i^m \left(E_{obs}(i) - E_{est}(i)\right)^2\right)^{-1} = \left(\frac{1}{m}\sum_i^m e^2(i)\right)^{-1}, \; i = 1,2,\ldots, m$$

در این رابطه MES میانگین مجذور خطاها، E_{obs} تقاضای برق مشاهده شده، E_{est} تقاضای برق تخمین زده شده و m تعداد مشاهدات می‌باشد ((Amjadi et al., 2010).



شکل ۲. فرایند تخمین تابع تقاضا با الگوریتم ژنتیک

داده‌های مورد نیاز مطالعه از منابع مختلف از جمله سازمان آمار استان اصفهان و مرکز آمار طی دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۶ گردآوری شد. به‌منظور تخمین مدلها و آزمونهای مربوط، از بسته‌های نرم‌افزاری Microfit4.1 و Matlab R2007a استفاده شد.

نتایج و بحث

۱. رهیافت ARDL

به‌کارگیری روشهای سنتی در اقتصادسنجی، مبتنی بر فرض مانایی متغیرها می‌باشد. بنابراین ضروری است تا از مانایی متغیرها اطمینان حاصل گردد. به این منظور از دو آزمون ریشه واحد دیکی فولر و دیکی فولر تعمیم یافته استفاده شد. همچنین آزمون شکست ساختاری انجام گرفت که حاکی از نبود شکست ساختاری می‌باشد. نتایج آزمون مانایی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. نتایج آزمون مانایی متغیرها

متغیر	درجه پایایی
lnE: لگاریتم برق مصرفی بخش کشاورزی استان اصفهان	I(۰)
lnIP: لگاریتم شاخص قیمت خرده فروشی برق در بخش کشاورزی	I(۱)
lnNCE: لگاریتم درآمد خانوارهای روستایی استان اصفهان	I(۱)
lnAIN: لگاریتم تعداد مشترکان بخش کشاورزی در استان اصفهان	I(۰)
lnTEM: لگاریتم میانگین درجه حرارت در استان اصفهان	I(۰)

مأخذ:یافته‌های تحقیق

فرضیه صفر مبنی بر نبود رابطه بلندمدت با استفاده از آزمون F مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه F محاسباتی بیش از F پیشنهادی پسران و پسران می‌باشد، لذا یک رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل برقرار است. نتایج براورد رابطه بلندمدت در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. نتایج حاصل از براورد رابطه بلندمدت تقاضای برق ARDL (۲،۱،۲،۲،۲)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t
.w: عرض از مبدأ	-۲/۸۵**	۱/۲۲	-۲/۳۴
lnIPE: لگاریتم شاخص قیمت خرده فروشی برق در بخش کشاورزی	-۰/۱۷***	۰/۰۵	-۳/۱۷
lnNCE: لگاریتم تعداد مشترکان بخش کشاورزی در استان اصفهان	۰/۶۹***	۰/۰۲	۲۸/۷۸
lnAIN: لگاریتم درآمد خانوارهای روستایی استان اصفهان	۰/۱۵***	۰/۰۲	۶/۱۷
lnTEM: لگاریتم میانگین درجه حرارت در استان اصفهان	۰/۵۹*	۰/۳۹	۱/۵۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق *،**،***: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵، ۱درصد

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بین شاخص قیمت و تقاضای برق رابطه‌ای غیرمستقیم وجود دارد و متغیر تعداد مشترکان در سطح معنی‌داری ۱درصد، بیشترین اثر را در تقاضای برق استان اصفهان دارا می‌باشد.

۲. الگوریتم ژنتیک

اولین مرحله حل یک مسئله با الگوریتم ژنتیک، رمزگذاری متغیرهاست که این متغیرها با رشته‌هایی از ۰ و ۱ ارائه می‌شوند که مجموعه این رشته‌ها جمعیت را می‌سازد. در این باره هدف، یافتن بهترین عاملهای وزنی است که برای مدل مذکور با ۵ پارامتر بهینه‌یابی می‌شوند به‌طوری که در این مدل ۵ ژن داریم و تعداد کروموزومها مجموعه‌ای ۱۰۰ تایی است. برای حل هر مسئله بهینه‌سازی باید یک تابع شایستگی طراحی شود. تابع شایستگی برای هر کروموزوم (مجموعه‌ای از متغیرهای ورودی) یک عدد غیرمنفی برمی‌گرداند که نشاندهنده کارایی یا توانایی آن کروموزوم در حل مسئله است. در حل بسیاری از مسائل به‌خصوص بهینه‌سازی توابع، تابع شایستگی مقدار آن تابع را به ازای متغیرهای ورودی بر می‌گرداند؛ به‌عبارت دیگر، تابع شایستگی تابع هدف است. کروموزومها از طریق تکرارهای متوالی تولید شده و در هر تولید با معیارهای شایستگی ارزیابی می‌شوند که این معیار با تابع objective تعریف شده در رابطه ۵، محاسبه می‌شود. انتخاب بر پایه چرخ گردان از مقدارهای به‌دست آمده از تابع شایستگی جمعیت حاضر ساخته می‌شود. برای ساختن جمعیت جدید، کروموزومهای جدید با عملگر جهش و همبری تشکیل می‌شوند. در این مطالعه احتمال جهش p_m=۰/۰۴ و نرخ همبری p_c =۰/۷ می‌باشد و تعداد تکرار تا رسیدن به شرط توقف ۲۰۰۰ می‌باشد.

نتایج حاصل از براورد ضرایب مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. نتایج براورد ضرایب مدل با الگوریتم ژنتیک

متغیر	w.	lnIPE	lnNCE	lnAIN	lnTEM
ضریب	-۳/۳۳۹	-۰/۱۰۳	۰/۴۹۲	۰/۲۶۳	۰/۷۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدولهای ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، کشش قیمتی در هر دو روش الگوریتم ژنتیک و رهیافت ARDL کوچک و معنی‌دار می‌باشد که نشان می‌دهد در بلندمدت اعمال سیاستهای قیمتی تأثیر کمی در مصرف و تقاضای برق خواهد داشت. کشش درآمدی برق در هر دو رهیافت کمتر از واحد است و نمایان می‌سازد که انرژی برق در سبد مصرف‌کنندگان، یک کالای ضروری می‌باشد. ضریب تعداد مشترکان در دو رهیافت ARDL و GA به ترتیب برابر ۰/۶۹۶ و ۰/۴۹۲ می‌باشد که بیانگر آن است با فرض ثابت بودن سایر عوامل مؤثر بر مصرف برق، افزایش ۱ درصدی در تعداد مشترکان بخش کشاورزی، باعث افزایش در مصرف به‌اندازه ۰/۶۹۶ و ۰/۴۹۲ درصد می‌گردد. مهمترین عامل مؤثر بر تقاضای برق استان اصفهان، تعداد مشترکان می‌باشد، چرا که رابطه دقیق بین تعداد مشترکان با تقاضای برق وجود دارد.

در این مطالعه به‌منظور مقایسهٔ بهتر نتایج، از اعتبار مدل به‌صورت محاسبه خطای بین مقادیر مشاهده شده و تخمین استفاده گردیده است. به‌منظور اعتبار مدل با توجه به ضرایب براوردی در هر دو رهیافت، مقادیر خطا برای سالهای ۱۳۸۱-۱۳۸۶ براورد گردید که نتایج در جدول ۴ آمده است.

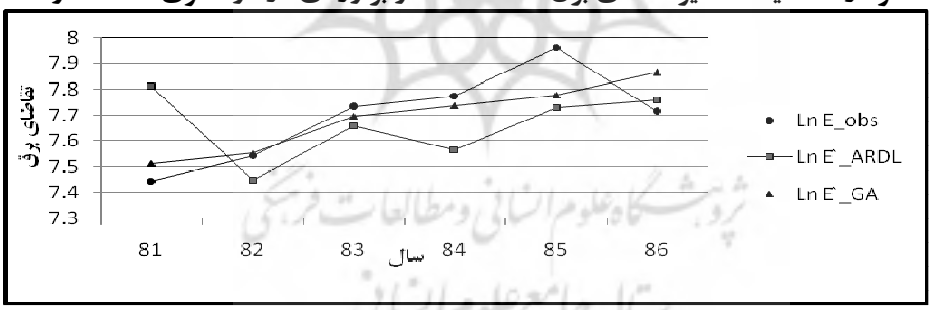
همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، میانگین درصد خطا در الگوریتم ژنتیک و رهیافت ARDL به‌ترتیب برابر ۰/۰۳۷ و ۱/۴۷۲ می‌باشد که بیانگر برتری الگوریتم ژنتیک در براورد تابع تقاضای برق در استان اصفهان است. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، الگوریتم ژنتیک توانایی تطبیق بیشتری را با مقادیر مشاهده شده دارد. گفتنی است در این نمودار، اعتبارسنجی رهیافتها طی ۶ سال نمایش داده شده است.

جدول ۴. لگاریتم مقادیر تقاضای برق مشاهده شده و براوردی و درصد خطا در دو الگوی GA و ARDL

سال	Ln E_{obs}	Ln $\ddot{E}_{GA}$	درصد خطا در GA	Ln $\hat{E}_{ARDL}$	درصد خطا در ARDL
۱۳۸۱	۷/۴۴۴	۷/۵۱۱	-۰/۸۹۲	۷/۳۱۸	۱/۶۹۶
۱۳۸۲	۷/۵۴۱	۷/۵۵۲	-۰/۱۵۲	۷/۴۴۷	۱/۲۴۵
۱۳۸۳	۷/۷۳۱	۷/۶۹۵	۰/۴۷۰	۷/۶۶۰	۰/۹۲۰
۱۳۸۴	۷/۷۷۵	۷/۷۳۷	۰/۴۹۶	۷/۵۶۴	۲/۷۱۳
۱۳۸۵	۷/۹۵۷	۷/۷۷۸	۲/۲۴۹	۷/۷۳۱	۲/۸۴۰
۱۳۸۶	۷/۷۱۳	۷/۸۶۳	-۱/۹۴۹	۷/۷۵۹	-۰/۵۸۳
میانگین درصد خطا	-	-	۰/۰۳۷	-	۱/۴۷۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار ۱. مقایسه مقادیر تقاضای برق مشاهده شده و براوردی در دو الگوی ARDL و GA



نتیجه‌گیری و پیشنهاد

استفاده از روشهای نوین و کارامد به‌منظور براورد دقیق توابع در اقتصادسنجی دارای اهمیت بالایی می‌باشد. در این مطالعه نیز روشی نوین در براورد توابع با روشهای معمول در اقتصادسنجی مقایسه گردید و اعتبارسنجی مدلها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ضرایب براوردی در هر دو رهیافت در جدولهای ۲ و ۳، به‌منظور مقایسهٔ بهتر نتایج، اعتبار مدل

به‌صورت محاسبه خطای بین مقادیر مشاهده شده و تخمین، استفاده شده است. با توجه به جدول ۴، میانگین درصد خطا برای رهیافت الگوریتم ژنتیک کمتر از رهیافت ARDL بوده و همان‌طور که مشاهده شد، الگوریتم ژنتیک توانایی تطبیق بیشتر با مقادیر مشاهده شده را داشته و روشی کاراتر و دقیقتر برای براورد تقاضای برق می‌باشد. همچنین سرعت بالای پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک و نیاز به داده‌های کمتر و دقت بالاتر نسبت به روشهای اقتصادسنجی، از دیگر مزایای الگوریتم ژنتیک می‌باشد که این رهیافت را از الگوهای اقتصادسنجی متمایز می‌نماید. بدین منظور استفاده از رهیافت الگوریتم ژنتیک در براورد توابع مختلف اقتصادی به‌منظور ارائه دقیقتر نتایج پیشنهاد می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از دو رهیافت، کشش قیمتی در هر دو روش الگوریتم ژنتیک و رهیافت ARDL کوچک و معنی‌دار می‌باشد که نشان می‌دهد در بلندمدت اعمال سیاستهای قیمتی تأثیر کمی در مصرف و تقاضای برق خواهد داشت. کشش درآمدی برق در هر دو رهیافت کمتر از واحد است و نشان می‌دهد که انرژی برق در سبد مصرف‌کنندگان یک کالای ضروری می‌باشد؛ لذا پیشنهاد می‌شود که سیاستهای حمایتی دولت از کشاورزان با جایگزینی‌پمپهای‌برقی‌به‌جای پمپهای گازوئیل‌سوز در چاه‌های کشاورزی مورد بازنگری قرار گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. اسماعیلی، عبدالکریم و محمدحسن طرازکار (۱۳۸۴)، براورد تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی: مطالعه موردی استان فارس، پنجمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران.

۲. امامی میبدی، علی(۱۳۷۸)، روش قیمت‌گذاری برق بر مبنای ساختار صنعت برق کشور، *مجله برنامه و بودجه*، ۳۷: ۳۷ - ۵۶.

۳. ترازنامه انرژی، وزارت نیرو، سالهای مختلف.

۴. صادقی، حسین، مهدی ذوالفقاری و محمد حیدری زاده (۱۳۸۸)، تخمین تابع تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل با استفاده از الگوریتم ژنتیک، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۶ (۲۱): ۱ – ۲۷.

۵. عباسی نژاد، حسین و حسین صادقی (۱۳۷۸)، پایداری رابطه تقاضای انرژی با قیمت‌های انرژی و سطح فعالیت‌های اقتصاد ایران، *مجله تحقیقات اقتصادی*، ۴۵: ۳۲ – ۵۱.

۶. عسگری، علی (۱۳۸۲)، تخمین تقاضای برق خانگی، *مجله برنامه و بودجه*، ۶۲ و ۶۳: ۱۰۳ – ۱۱۹.

۷. نظام‌آبادی‌پور، حسین (۱۳۸۹)، الگوریتم وراثتی (مفاهیم پایه و مباحث پیشرفته)، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۸. نوفرستی، محمد (۱۳۸۷)، ریشه واحد و همجمعی در اقتصادسنجی، مؤسسه خدمات فرهنگی رسا، چاپ دوم، تهران.

9. Amjadi, M.H., H. Nezamabadi-pour and M.M. Farsangi (2010), Estimation of electricity demand of Iran using two heuristic algorithms, *Energy Conversion and Management*, 51: 493-497.

10. Ceylan, H. and H.K. Ozturk (2004), Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach, *Energy Conversion and Management*, 45: 2525-2537.

11. Geen, Z.W. and W.E. Roper (2009), Energy demand estimation of South Korea using artificial neural network, *Energy Policy*, 37: 4049-4054.

12. Pesaran, H.M. and B. Pesaran (1997), Working with microfit 4.0: an introduction to econometrics, Oxford University Press, Oxford.

13. Siddiki, J.U. (2000), Demand for money in Bangladesh: a cointegration analysis, *Applied Economics*, 32: 1977-1984.

14. Silk, J. and F. Jout (1997), Short and long-run elasticites in US residential electricity demand: a cointegration approch, *Energy Economics*, 19: 121-131.

15. Torsari, M.D. (2007), Ant colony optimization approach to estimate energy demand of Turkey, *Energy Policy*, 35: 3984-3990.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی