سیستم‌های فازی و کاربردها
سال چهارم، شماره اول (بهار و تابستان ۱۴۰۰)
صص. ۱۲۵ تا ۱۴۳

شاپای چاپی: ۲۷۱۷-۴۴۰۹
شاپای الکترونیکی: ۲۷۱۷-۳۹۸۴
DOI: 10.22034/JFSA.2021.140195

بررسی تأثیر شاخص تنوع صادراتی و توسعه مالی بر مصرف برق در کسب و کارهای کشاورزی با ضرایب فازی

مریم ضیاآبادی و سلیمه قنبری

استادیار، گروه گردشگری و هتلداری، دانشکده گردشگری، مجتمع آموزش عالی بم، بم، ایران
مربی، گروه گردشگری و هتلداری، دانشکده گردشگری، مجتمع آموزش عالی بم، بم، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۴

چکیده

در دهه‌های اخیر موضوع تقاضای انرژی و عوامل مؤثر بر آن به موضوع بسیار بحث برانگیزی تبدیل شده است. بررسی مصرف انرژی در کسب و کارهای کشاورزی ایران نشان می‌دهد که طی سال‌های گذشته همراه با افزایش تولید و افزایش ضریب مکانیزاسیون، مصرف انواع حامل‌های انرژی از جمله برق افزایش یافته است. در مطالعات متعددی با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی عوامل مؤثر بر مصرف برق در بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. اما با توجه به محدودیت‌های روش‌های رگرسیون کلاسیک در این مطالعه از روش فازی برای بررسی اثر شاخص تنوع صادراتی و توسعه مالی بر مصرف برق کسب و کارهای کشاورزی طی دوره ۱۳۴۹-۱۳۹۸ استفاده شده است. کاربرد رگرسیون فازی به دلیل انعطاف‌پذیری این مدل و عدم وجود فروض محدود کننده روش‌های رگرسیون کلاسیک می‌باشد. نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن است که متغیر تولید بخش کشاورزی بیشترین تأثیر بر مصرف برق را داشته است. همچنین متغیرهای شاخص تنوع صادراتی و توسعه مالی تأثیر مثبت و معنادار بر افزایش مصرف برق در بخش کشاورزی داشتند. (ادامه دارد)

عبارات و کلمات کلیدی: رگرسیون فازی، انرژی برق، کسب و کارهای کشاورزی

Email(s): mziaabadi@bam.ac.ir, s.ghanbari@bam.ac.ir.

Mathematics Subject Classification (2010): 62A86

بنابراین شناسایی متغیرهای مؤثر بر تقاضای برق کشاورزی و بررسی میزان تأثیر آن‌ها بر مصرف برق، می‌تواند در جهت اتخاذ تصمیمات و سیاست‌های مناسب بهینه‌سازی مصرف انرژی با هدف توسعه اقتصادی و رشد تولید کسب و کارهای کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

۱ مقدمه

توسعه اقتصادی فرآیندی است که محور اصلی آن رشد تولید ناخالص داخلی است و هدف برنامه‌ریزی توسعه، رشد هر چه بیشتر تولید کالاها و خدمات مورد نیاز با استفاده از امکانات و منابع ملی می‌باشد. اما تلاش برای تولید بیشتر و بهتر ضمن اصلاحات اساسی در سازمان‌دهی عوامل تولید، با بهره‌گیری گسترده‌تر و فشرده‌تر از تمامی منابع انسانی، سرمایه فیزیکی و منابع طبیعی از جمله انرژی، امکان پذیر است [۱۰، ۱۵]. از دهه ۱۸۵۰ تقاضا برای انرژی حدود ۲٫۵ درصد سالانه در سطح جهانی افزایش یافته است [۲۷]. از طرفی همین افزایش مصرف انرژی عامل اصلی افزایش انتشار co_2 و تغییرات جهانی آب و هوا شده است. ایران به عنوان کشوری برخوردار از منابع انرژی غنی و گسترده و وجود مخازن بزرگ نفتی، معادن عظیم زیرزمینی و توان بالقوه انرژی یکی از مصداق‌های الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی به شمار می‌رود [۵، ۹].

اهمیت کسب و کارهای حوزه کشاورزی به عنوان یکی از بخش‌های مهم و مؤثر در رشد و توسعه اقتصادی، موضوعی غیرقابل انکار است. توسعه بخش کشاورزی، افزایش تولیدات در کسب وکارهای زراعی، دامی، شیلات و جنگل‌داری را در پی خواهد داشت [۱۲]. بنابراین، کشاورزی نه تنها عامل اصلی در تأمین امنیت غذایی و سلامت جامعه بوده، بلکه صادرات محصولات کشاورزی می‌تواند تأمین کننده ارز در جهت ثبات و توسعه اقتصادی کشورها باشد [۱۴]. یکی از مهمترین عوامل تولیدی که پس از وقوع انقلاب صنعتی به تابع تولید بخش‌های مهم اقتصادی از جمله بخش کشاورزی ورود پیدا کرد و سهم سایر عوامل را تا حدود زیادی کاهش داد، عامل انرژی است زیرا این عامل توانایی زیادی در جایگزینی با سایر نهاده‌ها (البته تا حد امکان)، را داراست و با پیشرفت فناوری در بخش کشاورزی و ورود انواع تجهیزات انرژی در فرآیند تولید این بخش، مصرف انرژی در این بخش نیز افزایش چشمگیری داشته است [۲۲].

برای تولید محصولات کشاورزی مقدار قابل توجهی انرژی از منابع مختلف تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر استفاده می‌شود [۱۹] که بخش قابل‌توجهی از انرژی بخش کشاورزی مربوط به کسب و کارهای حوزه زراعت است و حدود ۵ درصد از انرژی کشور در گلخانه‌ها، دامداری‌ها و مرغداری‌ها جهت گرم کردن به کار می‌رود [۳]. بنابراین وابستگی کسب و کارهای کشاورزی به انرژی جهت تأمین نیازهای غذایی و توجه به منابع محدود طبیعی، امری بسیار مهم در الگوهای مصرف انرژی می‌باشد [۱۲]. آمار منتشر شده توسط سازمان بهره‌وری انرژی ایران نشان داده است که بخش کشاورزی به عنوان سومین بخش پرمصرف انرژی کشور، بیش از ۱۶ درصد مصرف برق کشور را به خود اختصاص داده است [۴، ۱۶].

نظر به اهمیت مصرف انرژی در حوزه کشاورزی، مطالعات متعددی در زمینه مصرف انرژی کسب و کارهای کشاورزی با مدل‌سازی ریاضی و فازی انجام شده است. در زمینه استفاده بهتر از انرژی در سیستم‌های مدیریت مزارع گندم در ایران و کارآمد کردن مزارع، از مدل‌های خوشه‌بندی فازی استفاد شده است و مزارع گندم براساس نسبت انرژی و نسبت هزینه سود بررسی شدند. نتایج نشان داد، رویکرد خوشه‌بندی فازی برای استفاده بهتر انرژی در سیستم‌های زراعی، کاربردی و موفقیت‌آمیز بوده و می‌تواند منجر به بهبود عملکرد زیست محیطی و اقتصادی شود [۱۹]. نتایج مطالعه دیگری در خصوص بررسی کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی با استفاده از مدل تغییر رژیم مارکف نشان داد که سطح عمومی قیمت‌ها اثر منفی معنی‌دار و تولید سرانه بخش کشاورزی تأثیر مثبت معنی‌دار بر کارایی مصرف برق بخش کشاورزی دارد [۴].

در پژوهش دیگری پیامدهای مصرف انرژی در عملکرد اقتصادی و کارایی مزارع اروپا، از طریق تکنیک‌های اقتصادسنجی و مدل‌های مبتنی بر تحولات کالدور، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۲۰]. در مطالعه‌ای به بررسی عوامل، سهم بخش کشاورزی در اقتصاد، نرخ سرمایه به نیروی کار، شدت انرژی و قیمت انرژی بر مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران با روش فازی پرداخته شده است. نتایج نشان داد که سهم بخش کشاورزی در اقتصاد، نرخ سرمایه به نیروی کار تأثیر مثبتی بر مصرف انرژی و شدت انرژی تأثیر منفی بر مصرف انرژی داشته‌اند [۲۹]. در مطالعه‌ای با موضوع الگوریتم مسیریابی بهینه

انرژی برای شبکه‌های WSNs[1] با استفاده از قوانین فازی هوشمند در کشاورزی دقیق، یک پروتکل جدید مسیریابی هوشمند برای بهبود طول عمر شبکه و تأمین بهره‌وری انرژی در روند مسیریابی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم‌های موجود دارد [۲۳]. بررسی عوامل مؤثر بر مصرف برق در سه بخش‌های صنعت، خانگی و کشاورزی نشان داد که انرژی برق در هر سه بخش فاقد جانشین مؤثر و قوی است [۱۱]. برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش کشاورزی ایران نیز نشان داده که نهاده‌های برق، نفت گاز و سرمایه جایگزین‌اند و نفت گاز به تغییرات قیمت حساسیت بیشتری نشان داده است [۲]. در پژوهش‌های دیگر، تأثیر تنوع صادرات و توسعه مالی بر تقاضای انرژی در ایالات متحده بررسی و نشان داده شده که تنوع صادرات تأثیر منفی و توسعه مالی تأثیری مثبت بر تقاضای انرژی داشته‌اند [۱۷، ۲۵]. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع انرژی، هدف این مطالعه بررسی تأثیر شاخص تنوع صادراتی و توسعه مالی بر تقاضای انرژی برق در کسب و کارهای کشاورزی ایران برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۴۹ با استفاده از روش فازی است و دلیل استفاده از این روش انعطاف‌پذیری آن و عدم وجود فروض محدودکننده روش‌های رگرسیون کلاسیک می‌باشد.

۲ تشریح محاسبات مربوط به مدل رگرسیون خطی با ضرایب فازی

در ساختن مدل رگرسیونی کلاسیک فرض می‌شود که جملات خطا (ε_i) مستقل و دارای توزیع نرمال $N(۰, \sigma^۲)$اند ($\sigma^۲$ نامعلوم است). به عبارت دیگر رگرسیون کلاسیک فرضیاتی را در زمینه توزیع احتمالی خطاها در نظر می‌گیرد. اگرچه مدل رگرسیون کلاسیک کاربردهای بسیار دارد اما در بعضی مواقع ساختن مدل با مشکلاتی مواجه است که عبارتند از: تعداد کم یا نامناسب بودن مشاهدات، مشکلات تعریف تابع توزیع مناسب، ابهام در رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل، ابهام در وقوع یا درجه وقوع رویدادها، بی‌دقتی و خطا. برای حل این مسائل و مشکلات می‌توان از روش رگرسیون فازی استفاده کرد [۸].

[1] Wireless sensor networks

در رگرسیون خطی کلاسیک به ازای هر سری از متغیرهای ورودی، یک مقدار مشخص برای متغیر خروجی محاسبه می‌گردد، در حالی که رگرسیون فازی، بازه‌ای از مقادیر ممکن را برای متغیر خروجی تخمین می‌زند. توزیع این مقادیر به صورت تابع عضویت مشخص می‌شود. به‌طور کلی برای برازش یک معادله رگرسیون خطی فازی سه دسته مدل وجود دارد: مدل‌های رگرسیون امکانی فازی، مدل‌های رگرسیون کمترین مربعات و مدل‌های رگرسیون مبتنی بر تحلیل بازه‌ای. در مدل‌های رگرسیون امکانی فازی بهترین معادله رگرسیون با کمینه کردن میزان فازی بودن به‌دست می‌آید [۲۸] و این کار با کمینه کردن مجموع کل پهنای توابع عضویت ضرایب فازی معادله رگرسیون انجام می‌شود. یکی از مدل‌های رگرسیون فازی امکانی مدلی است که در آن ضرایب خروجی فازی است و ورودی و خروجی مشاهده‌ای غیرفازی است. در این مطالعه با توجه به ماهیت داده‌ها از مدل رگرسیون فازی امکانی استفاده شده است که به‌صورت معادله (۱) می‌باشد [۱، ۶، ۷].

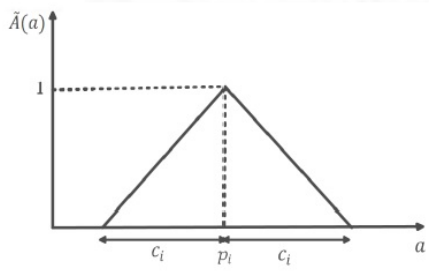
$$\widetilde{y} = \widetilde{A_۰} + \widetilde{A_۱}x_۱ + \widetilde{A_۲}x_۲ + \widetilde{A_۳}x_۳ + \cdots + \widetilde{A_n}x_n \qquad (۱)$$

ضرایب معادله فوق یعنی $\widetilde{A_۰}$، $\widetilde{A_۱}$، $\widetilde{A_۲}$، ...، $\widetilde{A_n}$ اعداد فازی و متغیرهای ورودی مشاهده‌ای یعنی $x_۱$، $x_۲$، ...، x_n اعداد معمولی هستند. برای هر n متغیر، یک عدد فازی مانند $\widetilde{y}$ به عنوان خروجی محاسبه‌ای به‌دست می‌آید.

فرض کنید مقدار m سطر داده مشاهده‌ای وجود دارد و در هر سطر n متغیر ورودی (X_{ij}) و یک متغیر خروجی می‌باشد. همچنین فرض کنید عدد فازی به‌صورت مثلثی متقارن مانند شکل (۱) باشد (c_i پهنای باند و P_i مرکز عدد فازی). در آن‌صورت می‌توان تابع عضویت را به‌صورت معادله (۲) نوشت.

$$\mu_{\widetilde{A}}(a_i) = \begin{cases} ۱ - \frac{|P_i - a_i|}{C_i} & P_i - C_i \le a_i \le P_i + C_i \\ ۰ & \end{cases} \qquad (۲)$$

عدد فازی $\widetilde{A}$ در شکل (۱) برای نشان دادن مقدار "تقریباً برابر P_i" می‌باشد و C_i



شکل ۱: *تابع عضویت ضرایب فازی*

نشان‌گر میزان فازی بودن آن است که این مفهوم را می‌توان به‌صورت $\widetilde{A_1} = (P_i, C_i)$ نمایش داد بنابراین معادله رگرسیون فازی به‌صورت معادله (۳) می‌باشد.

$$\widetilde{y} = (P_0, C_0) + (P_1, C_1)x_1 + (P_2, C_2)x_2 + \cdots + (P_n, C_n)x_n \qquad (۳)$$

تابع عضویت متغیر فازی خروجی یعنی $\widetilde{y}$ به‌صورت معادله (۴) ارائه می‌شود.

$$\mu_{\widetilde{y}}(y) = \begin{cases} \max\left(\min[\mu_{\widetilde{A}}(a_i)]\right) & \{a|y = f(x,a) \neq \emptyset\} \\ 0 \end{cases} \qquad (۴)$$

با جای‌گذاری معادله (۱) در معادله (۳) و با استفاده از معادله (۴)، معادله (۵) حاصل می‌شود:

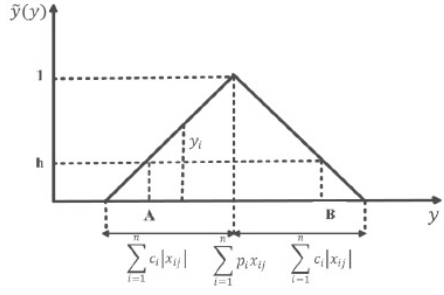
$$\mu_{\widetilde{y}}(y) = \begin{cases} 1 - \frac{y - P_0 - \sum_1^n P_i X_i}{C_0 - \sum_1^n C_i |X_i|} & X_i \neq 0 \\ 1 & X_i = 0, \quad y = 0 \\ 0 & X_i = 0, \quad y \neq 0 \end{cases} \qquad (۵)$$

برای حل مسئله رگرسیون خطی فازی، روش‌های مختلفی پیشنهاد گردیده است که یکی از آن‌ها تبدیل مسئله رگرسیون خطی فازی به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی است. هدف مدل رگرسیون فازی، تعیین مقادیر بهینه $\widetilde{A}$ می‌باشد به گونه‌ای که درجه عضویت متغیر خروجی فازی برای تمام داده‌ها از یک مقدار معینی مانند h که توسط کاربر تعیین می‌شود

بزرگتر باشد. به بیان دیگر برای m سطرداده $(j = ۱, ۲, ۳, ۴, \ldots, m)$، باید نامساوی زیر صادق باشد:

$$\mu_{\tilde{y}}(y) \geq h \qquad (۶)$$

با افزایش مقدار h میزان فازی بودن خروجی‌ها نیز افزایش می‌یابد [۷]. رابطه (۶) نشان می‌دهد که خروجی فازی باید بین دو مقدار A و B که در شکل (۲) مشخص شده‌اند، قرار بگیرد. با توجه به رابطه (۵) مرکز و پهنای تابع عضویت خروجی به ترتیب برابر با $P_۰ + \sum_۱^n P_i X_i$ و $c_۰ + \sum c_i X_(i)$ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲: *تابع عضویت خروجی فازی*

در روش رگرسیون فازی امکانی ضرایب به گونه‌ای تعیین می‌شوند که پهنای خروجی فازی برای تمام مجموعه‌های داده‌ها، حداقل گردد.

بنابراین برای حل یک مسئله رگرسیون خطی با ضرایب فازی و داده‌های غیرفازی کافی است که یک مدل برنامه‌ریزی خطی بر اساس روابط (۷)(۱۰) حل گردد. سپس دستگاه نامعادلات به‌دست آمده توسط نرم‌افزار Lingo حل شده و نهایتاً خروجی این برنامه

ضرایب P می‌باشند [۷].

$$\widetilde{y} = \widetilde{A_0} + \widetilde{A_1}x_1 + \widetilde{A_2}x_2 + \widetilde{A_3}x_3 + \cdots + \widetilde{A_n}x_n \quad (۷)$$

$$\text{Minimize} : mc_0 + \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} C_i|X_i| \quad (۸)$$

$$P_0 + \sum P_i X_{ij} - (1-h)[C_0 + \sum c_i X_{ij}] \leq y_j \quad (۹)$$

$$P_0 + \sum P_i X_{ij} + (1-h)[C_0 + \sum c_i X_{ij}] \geq y_j \quad (۱۰)$$

۳ تقاضای برق کسب و کارهای کشاورزی

عوامل متعدد و مختلفی بر تقاضای برق در بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله کسب و کارهای بخش کشاورزی مؤثرند. مدل تجربی تقاضای انرژی برق در این مطالعه با استفاده از تابع تولید کاب داگلاس و برای نهاده انرژی و سایر نهاده‌های تولید (J) به‌صورت رابطه (۱۱) نوشته می‌شود [۱۸، ۲۵، ۲۶].

$$Y = E^{\alpha} * J^{\beta} \quad (۱۱)$$

که در آن Y تولید، J سایر نهاده‌های تولید و E مصرف انرژی برق در بخش کشاورزی می‌باشند. α و β کشش تقاضای برق و سایر نهاده‌ها بوده $(\alpha + \beta = 1)$ و تقاضای مشروط برای انرژی به‌صورت رابطه (۱۲) است.

$$E = Y(\alpha P_J / \beta P_E)^{\beta} \quad (۱۲)$$

P_J و P_E به ترتیب قیمت عوامل و نهاده‌های تولید و انرژی هستند و رابطه (۱۲) با وجود متغیرهای بیشتر قابل گسترش می‌باشد. در مطالعه حاضر با توجه به مطالعات [۹، ۱۳، ۱۷، ۲۱، ۲۵] معادله نهایی تابع تقاضای انرژی برق در کسب و کارهای بخش

کشاورزی به‌صورت رابطه (۱۳) و به‌صورت فرم لگاریتم خطی در نظر گرفته شده است.

$$LE_t = \beta_1 LGDP_t + \beta_2 LP_t + \beta_3 LDX_t + \beta_4 LFD_t + \mu_t \qquad (۱۳)$$

که E انرژی برق مصرفی در کسب و کارهای کشاورزی، GDP تولید بخش کشاورزی، P قیمت برق در بخش کشاورزی، FD توسعه مالی (نسبت اعتبارات اعطایی دولت به بخش کشاورزی به تولید ناخالص داخلی) و DX شاخص تنوع صادارتی می‌باشند. برای برآورد رابطه (۱۳) از داده‌های سالانه ۱۳۴۹-۱۳۹۸ بخش کشاورزی ایران استفاده شده است. داده‌های مربوط به تولید کشاورزی، توسعه مالی از بانک جهانی و مرکز آمار ایران، داده‌های مصرف برق و قیمت آن در بخش کشاورزی از ترازنامه انرژی ایران و داده‌های تنوع صادراتی از صندوق بین‌المللی پول جمع آوری شده‌اند.

۴ الگوی خود رگرسیون با وقفه‌های توزیع شده

یکی از الگوهای پویای متناسب با رابطه ایستای بلندمدت، الگوی خود رگرسیون با وقفه‌های توزیع شده است (ARDL)[۲]، که برآوردهای نسبتاً ناارییبی از ضرایب بلندمدت ارائه می‌دهد. یک الگوی $ARDL(p, q_1, q_2, \ldots, q_k)$ در شکل ساده به‌صورت رابطه (۱۴) نشان داده می‌شود [۲۴]:

$$Q(L,P)Y_t = \sum_{i=1}^{k} b_i(L,q_i)X_i t + cw_t + u_t \qquad (۱۴)$$

که در آن:

$$Q(L,P) = 1 - Q_1 L - Q_2 L^2 - \ldots - Q_P L^P \qquad (۱۵)$$

$$b_i(L,q_i) = b_{i0} + b_{i1}L + \cdots + b_{iq}L^q, \quad i = 1, 2, \ldots, k \qquad (۱۶)$$

[2] Autoregressive Distributed Lag

در معادلات مذکور، Y متغیر وابسته، L عملگر وقفه، W برداری از متغیرهای ثابت مثل عرض از مبدأ، متغیرهای مجازی، روند زمانی و یا متغیرهای برون‌زا با وقفه ثابت است و ضرایب بلندمدت مربوط به متغیرهای توضیحی از رابطه (۱۷) به‌دست می‌آید.

$$\mu_i = \frac{\hat{b}_{i(1,q(i)}}{1 - \hat{Q}_{(1,p)}} = \frac{\hat{b}_{i0} + \hat{b}_{i1} + \cdots + \hat{b}_{iq}}{1 - \hat{Q}_1 - \ldots - \hat{Q}_p}, \quad i = 1, 2, \ldots, k \qquad (17)$$

که در آن μ_i ضریب متغیر توضیحی می‌باشد که این ضریب با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از رابطه (۱۵) و (۱۶) حاصل می‌شود و در روش خود رگرسیون با وقفه‌های توزیع شده فرضیه صفر بیانگر عدم وجود هم‌انباشتگی یا رابطه بلندمدت است. برای آن‌که رابطه پویای کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت گرایش یابد، باید مجموع ضرایب کم‌تر از یک باشد. برای انجام آزمون مورد نظر از رابطه (۱۸) استفاده می‌شود.

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{P} \hat{Q}_i - 1}{\sum_{i=1}^{P} S_{\hat{Q}_i}} \qquad (18)$$

اگر قدرمطلق t به‌دست آمده از قدر مطلق مقادیر بحرانی ارائه شده توسط بنرجی، دولادو مستر بزرگتر باشد فرضیه صفر رد شده و وجود رابطه بلندمدت پذیرفته می‌شود. از آن‌جایی که مدل اقتصادسنجی خود رگرسیون با وقفه‌های توزیع شده (ARDL) هر یک از ضرایب را به‌صورت یک عدد ثابت بیان می‌کند اما مدل‌های فازی قادر به برآورد یک فاصله اطمینان برای هر یک ضرایب متغیرها می‌باشند لذا در این مطالعه برای افزایش دقت نتایج، رابطه (۱۳) با استفاده از روش ARDL-FAZZY برآورد می‌شود.

۵ یافته‌های تحقیق

در ادبیات پایه اقتصادسنجی استفاده از روش‌های برآوردی معمولی مانند روش حداقل مربعات معمولی همواره از کارایی لازم برخوردار نیستند. این در صورتی است که متغیرهای مورد استفاده در الگو دارای ریشه واحد یا نامانا باشند. به عبارت دیگر استفاده از روش حداقل مربعات معمولی برآورد سازگاری از ضرایب الگو به‌دست نداده و دارای

اریب خواهند بود. به این منظور آزمون پایایی متغیرها برای تشخیص پایایی آن‌ها (آزمون دیکی فولر تعمیم یافته) مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۱: *نتایج ایستایی متغیرها با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته*

متغیر	ارزش بحرانی در سطح ۵%	تفاضل مرتبه اول	ارزش بحرانی در سطح ۵%	سطح	نتیجه
لگاریتم مصرف برق (LE)	−۲٫۹۳۳	−۴٫۹۷۱	−۳٫۵۹۲	−۳٫۹۰۵	$I(0)$
لگاریتم تولید و کسب و کارهای کشاورزی (LGDP)	−۲٫۹۳۳	−۷٫۲۵۹	−۲٫۹۳۱	−۱٫۷۸۳	$I(1)$
لگاریتم قیمت برق (LP)	−۲٫۹۳۳	−۴٫۹۳۰	−۲٫۹۳۱	−۲٫۱۸۷	$I(1)$
لگاریتم توسعه مالی (LFD)	−۲٫۹۳۸	−۷٫۹۹۶	−۲٫۹۳۱	−۰٫۹۱۷	$I(1)$
لگاریتم شاخص تنوع صادراتی (LDX)	−۲٫۹۳۳	−۷٫۱۸۴	−۲٫۹۳۱	−۳٫۴۷۰	$I(0)$

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که تعدادی از متغیرهای مورد استفاده در سطح، دارای ریشه واحد یا ناپایا هستند. بنابراین برای جلوگیری از رگرسیون کاذب و خطای تورش، از روش پویای خودتوضیح با وقفه‌های گسترده استفاده شده است. نتایج برآورد این مدل به شرح جدول شماره (۲) می‌باشد.

جدول ۲: *نتایج برآورد مدل* $ARDL(1,0,0,0,1)$

متغیر	ضریب	متغیر	ضریب
$LE(-1)$	۰٫۶۳۱۷***	LFD	۱٫۲۶۳۲**
$LGDP$	۲٫۳۲۴۳***	$LFD(-1)$	−۰٫۹۸۱۲
LP	−۰٫۰۹۸۱	C	−۲٫۰۷۳۴
LDX	۲٫۱۴۲۵*	$F = ۷۳٫۹۴۲$ $R^2 = ۰٫۹۷$	

***، ** و * به ترتیب سطح معناداری ۹۹%، ۹۵% و ۹۰%

از آن‌جا که متغیرهای مورد استفاده پایا از مرتبه یک و صفرند، امکان استفاده از الگوی خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) وجود خواهد داشت. براساس نتایج

برآورد شده، آزمون هم‌انباشتگی آماره t به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\hat{t} = \frac{\sum_i^p a_i - ۱}{\sum_i^p \widehat{s_{a_i}}} = -۴/۷۲$$

با توجه به این که کمیت بحرانی بنرجی دولادو مستر در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است پس فرضیه صفر مبنی بر نبود رابطه تعادلی رد و وجود رابطه تعادلی و رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرها تائید می‌شود. بنابراین با تائید وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها با استفاده از روش ARDL-FAZZY اقدام به برآورد ضرایب بلندمدت گردیده است که نتایج آن با در نظر گرفتن فاصله اطمینان ۷۰ درصد ($h = ۰/۳$) و ۹۰% درصد ($h = ۰/۱$) در جدول شماره (۳) گزارش شده است.

جدول ۳: *نتایج برآورد رابطه بلندمدت تابع تقاضای انرژی برق با روش ARDL-FAZZY*

متغیر	$h = ۰/۱$		$h = ۰/۳$	
	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا
$LGDP$	۰/۳۹۳***	۰/۴۵۶***	۰/۳۴۲***	۰/۴۵۶***
LP	۰/۰۰۰	۰/۰۹۱*	۰/۰۰۰	۰/۰۹۶*
LDX	۰/۰۲۷۷**	۰/۰۲۹۸**	۰/۰۲۲۱*	۰/۰۲۹۸**
LFD	۰/۰۲۸۹**	۰/۰۳۴۴**	۰/۰۲۸۹**	۰/۰۳۸۶**
C	−۰/۹۱۵**	−۱/۲۷۸**	−۱/۲۱۷**	−۱/۵۵۶**
$ECM = -۰/۱۶۳$				

*** ، ** و * به ترتیب سطح معناداری ۹۹%، ۹۵% و ۹۰%

۶ بحث و تحلیل

با توجه به رابطه بلندمدت، متغیر تولید بخش کشاورزی و کسب و کارهای کشاورزی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی در بخش کشاورزی داشته‌اند. یک درصد افزایش در تولید بخش کشاورزی، در کران بالا و پائین با فاصله اطمینان ۷۰ % و ۹۰ % به ترتیب باعث افزایش میزان مصرف انرژی به میزان ۰/۴۵۶ − ۰/۳۴۲ و ۰/۴۵۶ − ۰/۳۹۳ در مصرف انرژی این بخش شده است. تأثیر مثبت تولید بخش کشاورزی بر مصرف برق از این جهت است که در بخش کشاورزی جهت افزایش تولید، لازم است از انرژی

بیشتری استفاده شود. ماهیت فسادپذیری محصولات کشاورزی باعث شده که کشاورزان محدودیت زمانی در برداشت، فرآوری، انبارداری، حمل و نقل و رساندن محصولات به بازار فروش داشته باشند. بنابراین برای کاهش ضایعات محصولات، کشاورزان ناگزیرند این فرصت کم و فسادپذیری را تا حد زیادی با فشار بر مصرف انرژی در فرآوری و انبارداری، کنترل و جبران نمایند و علت اصلی این تأثیر مثبت عدم وجود جایگزینی مناسب برای نهاده انرژی برق در بخش کشاورزی است. به عبارت دیگر در بخش کشاورزی جایگزینی بین نهاده انرژی بویژه برق و سایر نهاده‌های تولید از جمله نیروی کار و سرمایه امکان‌پذیر نیست. همچنین اهمیت آب در تولید بخش کشاورزی نیز عامل مهم دیگری است که کشاورزان را مجبور می‌کند برای استحصال آب از انرژی برق استفاده نمایند. از طرفی، در دهه‌های اخیر به دلیل روند تغییر تکنولوژی و بکارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات انرژی‌بر در بسیاری از زیربخش‌های کشاورزی و افزایش سطح مکانیزاسیون، استفاده از نهاده انرژی به خصوص برق افزایش یافته است.

متغیر قیمت برق یکی از متغیرهای اصلی و مؤثر در تقاضای برق در همه بخش‌های اقتصادی کشورها است اما به دلیل پائین بودن قیمت برق در ایران و غیرواقعی بودن آن در سال‌های گذشته، ضریب این متغیر در این مطالعه مثبت و معنادار می‌باشد. بدین‌معنا که یک درصد افزایش در قیمت اسمی برق باعث افزایش مصرف برق در کران بالا و پائین (به ترتیب در سطح اطمینان ۹۰% و ۷۰ %) به اندازه ۰٫۰۹۱ – ۰ و ۰٫۰۹۶ – ۰ شده است. قیمت واقعی برق در ایران نسبت به سایر حامل‌های انرژی در سطح پائینی قرار دارد و از طرف دیگر به دلیل جانشینی ضعیف حامل‌های انرژی نسبت به انرژی الکتریکی، با افزایش قیمت برق مصرف آن کاهش نیافته و بلکه افزایش نیز داشته است. علت این امر در این است که رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی به علت تغییر قیمت‌ها و تورم، بیش از رشد قیمت اسمی برق بوده و به دلیل شکاف بین قیمت‌های اسمی و واقعی برق و ضرورت مصرف برق، علیرغم افزایش قیمت، افزایش مصرف برق در این بخش کاملا منطقی و توجیه‌پذیر است.

متغیر شاخص تنوع صادراتی نیز با ضریب ۰٫۰۲۹۸ – ۰٫۰۲۷۷ و ۰٫۰۲۹۸ – ۰٫۰۲۲۱ در کران بالا و پایین و سطح اطمینان ۹۰% و ۷۰% دارای تأثیر مثبت و معنادار بر مصرف برق در بخش کشاورزی ایران بوده است. رابطه بین تنوع صادرات و تقاضای

انرژی در کشورهای توسعه یافته منفی است. به عبارت دیگر این کشورها با تمرکز روی صادرات کالاهایی که انرژی کمتری نیاز دارند، توانسته‌اند مصرف انرژی را در کشورشان کاهش دهند، به عبارتی در صادرات به راندمان مصرف انرژی توجه داشته‌اند. اما در ایران تنوع صادرات پائین است و کاهش تنوع صادرات منجر به افزایش مصرف انرژی برق در بخش کشاورزی بدلیل وجود مزیت نسبی در تولید محصولات کشاورزی شده است.

یک درصد افزایش در توسعه مالی در سطح اطمینان ۹۰% و ۷۰% به ترتیب سبب افزایش مصرف برق به میزان ۰٫۰۳۴۴ – ۰٫۰۲۸۹ درصد و ۰٫۰۳۸۶ – ۰٫۰۲۸۹ درصد شده است. به عبارت دیگر تسهیلات دولت نتوانسته منجر به کاهش مصرف برق در بخش کشاورزی ایران شود. باید توجه داشت توسعه مالی می‌تواند دارای اثر مثبت و یا منفی بر مصرف انرژی برق در بخش کشاورزی باشد به عبارت دیگر از یک طرف می‌تواند با تأثیر بر رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی منجر به افزایش مصرف انرژی و از طرف دیگر با بهبود کارایی در مصرف انرژی سبب کاهش تقاضای انرژی شود. متأسفانه، اعتبارات تخصیص یافته به بخش کشاورزی ایران با توجه به سودآوری پائین محصولات کشاورزی اغلب در این بخش مصرف نشده است. این اعتبارات یا از بخش کشاورزی خارج شده و در سایر بخش‌های اقتصادی سرمایه‌گذاری شده‌اند و یا به سپرده‌های بانکی تبدیل شده‌اند و نتوانسته‌اند منجر به کاهش مصرف انرژی در کسب و کارهای کشاورزی شوند. همچنین توسعه مالی باعث استفاده و کاربرد تکنولوژی انرژی‌بر شده و با افزایش توسعه مالی در کسب و کارهای کوچک کشاورزی مصرف انرژی برق نیز افزایش یافته است. ضریب ECM یا ضریب تصحیح خطا در روش ARDL-FAZZY نیز نشان‌دهنده آن است که در هر دوره به میزان ۰٫۱۶۳– انحرافات کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت تعدیل می‌شود.

۷ نتیجه‌گیری

محدودیت منابع انرژی و پایان‌پذیری آن‌ها و همچنین آلودگی محیط زیست موجب شده که مصرف انرژی، بویژه برق برای همه کشورهای جهان با اهمیت باشد. با توجه به پیش‌بینی رشد جمعیت، تقاضای انرژی در آینده افزایش یافته و اهمیت انرژی مضاعف خواهد شد. بخش کشاورزی در مصرف نهایی انرژی سهم کمتری نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی دارد. اما طی سال‌های اخیر مصرف انرژی دراین بخش همواره افزایش یافته

است. در این مطالعه به بررسی اثر شاخص تنوع صادراتی و توسعه مالی بر مصرف انرژی برق طی دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۴۹ با استفاده از روش رگرسیون فازی پرداخته شد. مزیت روش رگرسیون فازی نسبت به رگرسیون کلاسیک در این است که یک بازه برای ضرایب در نظر گرفته می‌شود و به یک ضریب قطعی اتکا نداشته و در نتیجه خطای برازش را کاهش می‌دهد. نتایج مطالعه نشان‌دهنده آن است که متغیرهای تولید کشاورزی، تنوع صادراتی و توسعه مالی بخش کشاورزی در سال‌های اخیر سبب افزایش مصرف برق در این بخش شده‌اند. به‌ویژه این‌که انرژی برق در بخش کشاورزی نهاده‌ای ضروری بوده و جایگزین مناسبی ندارد به طوری که افزایش تولید کشاورزی توأم با افزایش مصرف این نهاده مهم بوده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود علاوه بر سیاست‌های قیمتی مناسب، از سیاست‌های غیرقیمتی مانند استفاده از تکنولوژی پیشرفته و ماشین‌آلات با راندمان بالای مصرف انرژی در راستای مدیریت و بهینه‌سازی مصرف برق استفاده شود. البته باید توجه داشت اعمال سیاست‌های نامناسب می‌تواند منجر به کاهش تولید این بخش شده و امنیت غذایی، اشتغال، صادرات و ارزآوری بخش کشاورزی را با مخاطره مواجه سازد.

مراجع

[۱] اشرف گنجویی، ر و اکبری فرد، ح (۱۳۹۸) کاربرد رگرسیون خطی با ضرایب فازی متقارن و نامتقارن در بررسی رفتار نرخ ارز واقعی در ایران، *سیستم های فازی و کاربردها*، سال دوم شماره دوم، صص ۲۳۳-۲۲۳.

[۲] بخشایش، م و یزدانی، س (۱۳۹۴) برآورد تابع تقاضای حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی ایران. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۶ (۲)، صص ۳۳۴-۳۲۷.

[۳] بدخشان، ز و جلائی اسفندآبادی، ع (۱۳۹۷) بررسی تأثیر اثر بازگشتی انرژی بر ارزش افزوده بخش کشاورزی در ایران. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۹(۴)، صص ۶۵۱-۶۵۹.

[۴] جهانگیری، خ.، حیدری، ح و حسینی ابراهیم‌آباد، س. ع (۱۳۹۶) بررسی کارایی مصرف برق و برآورد احتمالات انتقال میان رژیم‌های با کارایی بالا و پایین مصرف برق در بخش کشاورزی ایران. *اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۳۱(۴)، صص ۲۹۰–۲۹۸.

[۵] خادم، ف.، شهیکی تاش، م و رحیمی، غ (۱۳۹۳) برآورد تابع تقاضای حامل‌های انرژی در صنایع انرژی بر ایران. *فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۴۰(۱۰)، صص ۱۷۹–۱۴۹.

[۶] خاشعی، م و بیجاری، م (۱۳۸۹) به کارگیری مدل ترکیبی شبکه‌های عصبی مصنوعی با رگرسیون فازی با هدف پیش‌بینی قیمت طلا، *نشریه تخصصی مهندسی صنایع*، ۴۴ (۱)، صص ۳۹–۴۷.

[۷] ساداتی‌نژاد، س. ج.، حسن‌شاهی، ر.، شایان نژاد، م و عبدالهی، خ (۱۳۹۰) بررسی کارایی روش رگرسیون فازی در بازسازی داده‌های گمشده سالیانه بارش در حوزه آبریز کارون. *علوم محیطی سال هشتم*، ۳، صص ۱۰۹–۱۱۶.

[۸] شایان نژاد، م.، ساداتی‌نژاد، س. ج و فهمی، ه (۱۳۸۶) تعیین تبخیرتعرق بالقوه با استفاده از روش رگرسیون فازی، *تحقیقات منابع آب ایران*. ۳ (۳)،صص ۱۹–۹.

[۹] شعبان زاده، م.، طاهری ریکنده، ع و ریاحی درچه، ف (۱۳۹۶) بررسی ارتباط توسعه اقتصادی، تنوع فعالیت‌ها و آزادسازی تجاری با شدت انرژی در بخش کشاورزی. *فصل‌نامه علمی پژوهشی پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی*، ۷ (۲۷)، صص ۱۵۶–۱۴۳.

[۱۰] شکیبایی، ع و احمدلو، م (۱۳۹۰) بررسی رابطه بین مصرف حامل‌های انرژی و رشد زیر بخش‌های اقتصادی در ایران (۱۳۴۶۱۳۸۶): رهیافت تصحیح خطای برداری. *فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی*. سال هشتم، ۳۰، صص ۱۸۱–۲۰۳.

[۱۱] قره باغی، ص و امامی میبدی، ع (۱۳۹۶) برآورد و بررسی تابع تقاضای برق ایران در سه بخش صنعت، خانگی و کشاورزی. *مجله اقتصادی*، شماره‌های ۷و ۸، صص ۳۹–۲۳.

[۱۲] نقشبندی، م.، محنت فر، ی و راسخی، س (۱۳۹۹) بازنگری رابطه‌ی میان شدت انرژی و ارزش افزوده در بخش کشاورزی ایران؛ شواهدی جدید بر پایه رهیافت خودرگرسیون برداری پانلی. *فصل‌نامه علمی‌پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی*. ۱۴ (۲)، صص ۱–۲۳.

[13] BalsalobreLorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D., Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO2 emissions?, *Energy Policy*, **113**, 356–367.

[14] Bersani, C., Ouammi, A., Sacile, R., Zero, E. (2020). Model predictive control of smart greenhouses as the path towards near zero energy consumption. *Energies*, **13**(14), 36–47.

[15] Campbell, A. (2018). Price and income elasticities of electricity demand: Evidence from Jamaica. *Energy Economics*, **69**, 19–32.

[16] Farajian, L., Moghaddasi, R., Hosseini, S. (2018). Agricultural energy demand modeling in Iran: Approaching to a more sustainable situation. *Energy Reports*, **4**, 260–265.

[17] Farhani, S., Solarin, S. A. (2017). Financial development and energy demand in the United States: new evidence from combined cointegration and asymmetric causality tests. *Energy*, **134**, 1029–1037.

[18] Grossman, G. M., Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. w3914). *National Bureau of Economic Research*.

[19] Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., Shamshirband, S., Ab Hamid, S. H. (2015). Developing a fuzzy clustering model for better energy use in farm management systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **48**, 27–34.

[20] Martinho, V. J. P. D. (2016). Energy consumption across European Union farms: Efficiency in terms of farming output and utilized agricultural area. *Energy*, **103**, 543–556.

[21] Mulder, P., de Groot, H. L., Pfeiffer, B. (2014). Dynamics and determinants of energy intensity in the service sector: A crosscountry analysis, 1980-2005. *Ecological Economics*, **100**, 115.

[22] NabaviPelesaraei, A., Rafiee, S., HosseiniFashami, F., Chau, K. W. (2021). Artificial neural networks and adaptive neurofuzzy inference system in energy modeling of agricultural products. In *Predictive Modelling for Energy Management and Power Systems Engineering* (pp. 299-334). Elsevier.

[23] Pandiyaraju, V., Logambigai, R., Ganapathy, S., Kannan, A. (2020). An energy efficient routing algorithm for WSNs using intelligent fuzzy rules in precision agriculture. *Wireless Personal Communications*, 1-17.

[24] Pesaran, M. Hashem, Peasaran, Bahram (1997). Working with Microfit 4, Interactive Economic Analysis; Camfit Data Limited.

[25] Shahbaz, M., Gozgor, G., Hammoudeh, S. (2019). Human capital and export diversification as new determinants of energy demand in the United States. *Energy Economics*, **78**, 335–349.

[26] Shahbaz, M., Mallick, H., Mahalik, M. K., Sadorsky, P. (2016). The role of globalization on the recent evolution of energy demand in India: Implications for sustainable development. *Energy Economics*, **55**, 52–68.

[27] Sorrell, S. (2015). Reducing energy demand: A review of issues, challenges and approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **47**, 74–82.

[28] Tanaka, H., Ishibuchi, H. (1992). Possibility regression analysis based on linear programming, in: J. Kacprzyk, M. Fedrizzi (Eds). Fuzzy Regression Analysis, Omnitech press, Warsaw and PhysicaVerlag, Heidelberg, 47–60.

[29] Ziaabadi, M., Zare Mehrjerdi, M. (2019). Factors Affecting Energy Consumption in the Agricultural Sector of Iran: The Application of ARDLFUZZY. *International Journal of Agricultural Management and Development*, **9**(4), 293–305.