نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۲۹۸-۲۹۰

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, p. 290-298

بررسی کارایی مصرف برق و برآورد احتمالات انتقال میان رژیم‌های با کارایی بالا و پایین مصرف برق در بخش کشاورزی ایران

خلیل جهانگیری[1*]- حسن حیدری[2]- سیدعلی حسینی ابراهیم آباد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۷

چکیده

هدف اصلی این مطالعه بررسی کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی ایران در دوره زمانی ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۳ با استفاده از مدل تغییر رژیم مارکف است. نتایج حاصل از تخمین مدل تغییر رژیم مارکف برای کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی در دوره زمانی تحقیق حاکی از تداوم رژیم با کارایی پایین مصرف برق در این بخش نسبت به رژیم با کارایی بالای استفاده از انرژی برق می‌باشد. همچنین، گذار از وضعیت‌هایی که در آن‌ها کارایی استفاده از برق پایین می‌باشد به کندی و خروج از رژیم‌هایی که در آن‌ها کارایی استفاده از برق بالا می‌باشد به تندی صورت می‌گیرد. در نهایت، نتایج پژوهش نشان داد که سطح عمومی قیمت‌ها اثر منفی و معنی‌دار و تولید سرانه بخش کشاورزی تأثیر مثبت و معنی‌دار بر کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی دارند.

واژه‌های کلیدی: ایران، بخش کشاورزی، کارایی انرژی، مدل تغییر رژیم مارکف، مصرف برق

مقدمه

تأمین انرژی، امروزه از مهم‌ترین مباحث مطرح در روند توسعه تمام کشورهای جهان به شمار می‌رود. بین رشد و توسعه اقتصادی و مصرف انرژی رابطه تنگاتنگی وجود دارد. در کشاورزی سوخت‌های مختلفی به عنوان منبع انرژی استفاده می‌گردد که شامل بنزین، نفتگاز، نفت سفید، گاز طبیعی و برق می‌باشد. همچنین، با گذشت زمان تجهیزات برقی در بخش کشاورزی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای مثال، چاه‌های آب و تجهیزات مورد نیاز در طول زمان بیشتر شده و در نتیجه نیاز به استفاده از انرژی الکتریکی نیز افزایش یافته است.

براساس آمار منتشر شده توسط سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، بخش کشاورزی درحالی بیش از ۱۶ درصد از مصرف برق کشور را به خود اختصاص داده است که این بخش در تقسیم‌بندی‌ها سومین بخش پرمصرف کشور به حساب می‌آید. این بخش در سال ۱۳۹۳ بالغ بر ۳۵ بیلیون کیلووات ساعت برق مصرف کرد که نسبت به سال پیش از آن، ۲۲۵۰ میلیون کیلو وات ساعت افزایش نشان می‌دهد. با توجه به روند فزاینده مصرف انرژی به‌خصوص مصرف برق در سطح ملی و در بخش کشاورزی ایران، لازم است وضعیت مصرف انرژی برق در بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور این مطالعه برآن است تا با استفاده از مدل تغییر رژیم مارکف[4]، رفتار سری زمانی کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی را برای دوره ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۳ بررسی کند. رهیافت مذکور توانایی شناسایی دوره‌های با کارایی بالا و با کارایی پایین مصرف برق در بخش کشاورزی را فراهم می‌آورد. قابل ذکر است که کارایی مفهوم وسیعی داشته و سنجش آن نیز از طریق روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد. در این مطالعه با استناد به تعاریف ارائه شده در ترازنامه انرژی، منظور از کارآیی انرژی، معکوس شدت انرژی بوده که از تقسیم ارزش افزوده بر میزان برق مصرفی محاسبه می‌شود.

هاتینگتون[5] (۱۹۹۴) با الهام از تعریف کارایی در علم

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار، استاد و دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: (Email: kh.jahangiri@gmail.com
DOI: 10.22067/jead2.v31i4.63651

4- Markov Switching
5- Huntingtun

ترمودینامیک[۱] مفهوم اقتصادی کارایی انرژی نسبت یک متغیر پولی بر یک ورودی انرژی بیان کرد (۱۱). آدام[۲] (۲۰۱۵) معتقد است که یک اقتصاد زمانی در وضعیت کارای انرژی قرار دارد که بتوان با صرف انرژی کمتری، محصولات یا خدمات بیشتری را تولید نمود. هنگامی که یک اقتصاد در وضعیت کارای انرژی قرار گیرد، نرخ رشد شدت انرژی منفی خواهد بود.

باتاچاریا[۳] (۲۰۱۱) تعریف ساده کارایی انرژی را به‌صورت نسبت محصول مفید فرآیند به نهاده فرآیند بیان کرد. آدام (۲۰۱۵)، معتقد است که کاهش شدت انرژی به طور ضمنی، بر حفاظت از انرژی دلالت دارد. بنابراین مفهوم حفاظت از انرژی، کارایی از انرژی را منعکس کرده و شدت انرژی و کارایی انرژی در حقیقت دو روی یک سکه است. در واقع کاهش در شدت انرژی به معنی کاهش در انرژی مورد نیاز برای تولید یک واحد از تولید ملی است. عوامل بسیاری در تعیین شدت انرژی یک کشور مؤثر است. فیشر و همکاران[۴] (۲۰۰۴)، عواملی از قبیل قیمت نهاده سرمایه، قیمت عامل تولید نیروی کار، قیمت عوامل تولید انرژی، قیمت نهاده مواد اولیه، کشش عوامل تولید و فناوری را به عنوان برجسته‌ترین عوامل اثرگذار بر شدت انرژی معرفی کرده‌اند.

با توجه به اهمیت کارایی انرژی، مطالعات تجربی متعددی در این زمینه صورت گرفته که در ادامه جهت رعایت اختصار فقط برخی از آن‌ها مورد اشاره قرار گرفته است. عالم و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی جریان انرژی در بخش کشاورزی کشور بنگلادش در دوره ۱۹۸۰ ° ۲۰۰۰ پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که کارایی انرژی یعنی نسبت ستاده به انرژی از ۱۱/۲۸٪ به ۸/۱٪ گیگاژول کاهش یافته است که در نتیجه نهاده انرژی سریع‌تر از ستاده انرژی افزایش یافته و به تبع آن کارایی مصرف انرژی کاهش یافته است. کارکاسیر[۵] (۲۰۰۶) و همکاران به بررسی اثر انرژی روی بهره‌وری کشاورزی ترکیه طی سال‌های ۱۹۷۱-۲۰۰۳ با استفاده از تکنیک حداقل مربعات[۶] پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری روی بهره‌وری کشاورزی معنی‌دار و رابطه‌ای قوی بین مصرف انرژی و بهره‌وری کشاورزی برقرار است. همچنین کشش مصرف انرژی بزرگ‌تر از صفر نشان دهنده شدت تأثیر مصرف انرژی در بهره‌وری کشاورزی می‌باشد. جین[۷] (۲۰۱۰) و همکاران در مطالعه‌ای روند بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی چین در دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۰۴ را با استفاده از روش تابع مرزهای تصادفی بررسی کردند. ارزیابی‌های این پژوهش نشان داد رشد شاخص بهره‌وری کل، به‌طور متوسط سالانه ۲ درصد و رشد سالانه بخش باغبانی و علوم دامی، حدود ۳ الی ۵ درصد بوده است. همچنین، بیشترین رشد سالانه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید، ناشی از تغییرات تکنولوژی بوده و تغییرات محسوسی در کارایی بخش کشاورزی مشاهده نشده است.

آدام[۸] (۲۰۱۶) با استفاده از رویکرد تغییر رژیم مارکف کارایی انرژی بین سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۲ در کشور کامرون را مورد کنکاش قرار داد. وی دریافت که به‌دلیل عواملی مانند یارانه‌های سوخت، درآمد پایین، زیرساخت‌های ضعیف و بازارهای توسعه نیافته مدت دوام رژیم با کارایی پایین انرژی در حدود دو برابر مدت دوام رژیم با کارایی بالای انرژی است.

مهرابی بشرآبادی و اسمعیلی (۱۳۹۰)، در پژوهشی به بررسی وضعیت مصرف انرژی در بخش کشاورزی در کشور ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۰-۱۳۸۶ پرداختند. برای محسابه کارایی انرژی از نسبت خروجی به ورودی انرژی و برای محاسبه بهره‌وری از شاخص کندریک استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کارایی مصرف انرژی از ۲/۵۲ در سال ۱۳۵۰ به ۱/۳۲ در سال ۱۳۸۶ کاهش یافته است. همچنین بهره‌وری کل انرژی ورودی از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۳ روند نزولی داشته و از سال ۱۳۶۳ به بعد تقریباً یکنواخت بوده است. نیک‌زاد و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به تحلیل کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران طی دوره ۱۳۵۰ ° ۱۳۸۰ با استفاده از الگوی داده ° ستاده پرداختند. ایشان دریافتند که شاخص کارایی انرژی شامل نسبت داده ° ستاده انرژی و بهره‌وری انرژی در فاصله سال‌های میانی کاهش پیدا کرده که این امر نشان دهنده این است که روند مصرف نهاده‌ها در تولیدات کشاورزی ایران با تولیدات نهایی همراه نمی‌باشد و ناکارایی در مصرف انرژی می‌تواند برخی مسائل زیست‌محیطی مثل افزایش گرمای زمین را ایجاد کند. احمدی شادمهری و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی ایران طی سال‌های ۱۳۵۳ ° ۱۳۸۶ با استفاده از شاخص بهره‌وری متوسط تعمیم‌یافته (GAP)، پرداختند. نتایج نشان داد که متغیرهای نیروی کار به‌ازای هر واحد انرژی، موجودی سرمایه ماشین آلات به‌ازای هر واحد انرژی و روند زمانی، تأثیر مثبت و متغیر مجازی سال‌های جنگ تأثیر منفی بر بهره‌وری انرژی بخش کشاورزی دارند. در این میان متغیر نیروی کار به‌ازای هر واحد انرژی، بیش‌ترین تأثیر را داشته است و قیمت نسبی انرژی تأثیری در بهره‌وری انرژی نداشته است. این مطالعه در انتها به‌منظور افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی ازدیاد تعداد نیروی کار

۱- طبق علم ترمودینامیک، نسبت مقدار گرمایی خروجی به یک ورودی انرژی را کارایی انرژی می‌نامند.

4- Adom
3- Bhattacharyya
4- Fisher, et al.
5- Karkacier
6- Least square (LS)
7- Jin

8- Adom

بیشتر و ماهرتر، سرمایه‌گذاری بیش‌تر در بخش ماشین‌آلات کشاورزی و توجه به تکنولوژی‌های جدید متناسب با شرایط کشور را پیشنهاد داده است. قنبری و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از الگوی خودبازگشتی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) به بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی ایران طی دوره ۱۳۵۶-۱۳۸۶پرداختند. نتایج نشان داد که متوسط سرمایه به ازای هر واحد انرژی مصرفی، دستمزد واقعی نیروی کار، متوسط نیروی کار به ازای هر واحد انرژی، قیمت واقعی فرآورده‌های نفتی و نسبت برق از کل مصرف انرژی تأثیر مثبت بر بهره‌وری انرژی در کوتاه مدت دارد. همچنین در بلندمدت متغیر سهم مصرف برق از کل مصرف انرژی تأثیر مثبت و معنی داری بر بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی دارد. سالاریه و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی تأثیر پیشرفت تکنولوژی و تغییرات کارایی بر رشد بهره‌وری بخش کشاورزی ایران به تفکیک استان‌های کشور طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۲ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و مدل مالم کوئیست بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد تغییرات کارایی بر رشد بهره‌وری نقش غالب داشته و سهم تغییرات تکنولوژی اندک است. همچنین یافته‌ها نشان داد اثر تغییرات نیروی کار بر رشد بهره‌وری مثبت بوده و تغییرات سرمایه اثر اندک بر بهره‌وری عوامل تولید دارد. جهانگیری و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با استفاده از داده‌های سالیانه از سال ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۳ بهره‌وری مصرف برق در بخش صنعت و در سطح ملی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از برآورد مدل تغییر رژیم مارکف برای کارآیی مصرف برق در بخش صنعت نشان داد که رژیم با کارآیی پایین مصرف برق در این بخش نسبت به رژیم با کارآیی بالای استفاده از انرژی برق در این بخش دارای دوره دوام بیش‌تر و پایدارتر می‌باشد. همچنین متغیرهای سطح عمومی قیمت‌ها، اثر منفی و تولید سرانه اثر مثبت بر کارآیی مصرف برق در بخش صنعت و کل اقتصاد داشته است.

مواد و روش‌ها

از میان انواع نهاده‌هایی که در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نهاده برق به‌منظور راه‌اندازی ابزار آلات و تجهیزاتی مانند الکتروپمپ‌ها، ماشین آلات صنایع غذایی و دامپروری و گلخانه‌ها و تجهیزات مورد نیاز چاه‌های آب به‌کار می‌رود. به عبارت دیگر، بر این اساس که تجهیزات به‌کار رفته در این بخش نیازمند مصرف برق بالایی باشد، به همان میزان مصرف برق نسبت به سطح تولید افزایش می‌یابد و کارایی برق کاهش می‌یابد. با توجه به مطالب یاد شده این تحقیق در صدد آن است تا رژیم‌های با کارایی بالا و با کارایی پایین مصرف برق در بخش کشاورزی را در بازه زمانی ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۳ با استفاده از رویکرد تغییر رژیم مارکف و در محیط نرم‌افزار OxMetrics7 شناسایی کند. در این راستا متغیر کارایی برق در بخش کشاورزی به‌عنوان متغیر وابسته در مدل به‌کار گرفته شده است. همچنین با الهام از مطالعه فیشر و همکاران (۲۰۰۴) از متغیرهای کنترلی شامل شاخص قیمت مصرف کننده و تولید سرانه بخش کشاورزی به‌عنوان شاخصی از قیمت انرژی و سطح فناوری استفاده شده است. بر این اساس مدل کلی تحقیق برای شناسایی کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی به شرح معادله ۱ قابل بیان است:

$$LEI_t = c(s_t) + \sum_{i=1}^{p} a_i(s_t) LEI_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} b_j(s_t) lcpi_{t-j} + \sum_{k=1}^{m} d_k(s_t) rgdpci_{t-k} \quad (۱)$$

که در آن

LEI: لگاریتم کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی است. با استناد به تعاریف ارائه شده در ترازنامه انرژی، منظور از کارآیی انرژی، معکوس شدت انرژی بوده که از تقسیم ارزش افزوده بر میزان برق مصرفی محاسبه می‌شود. لذا در این مطالعه به‌منظور محاسبه کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی، ارزش افزوده در بخش کشاورزی بر میزان برق مصرفی در این بخش تقسیم شده است.

Lcpi: لگاریتم سطح عمومی قیمت‌ها (بر اساس شاخص قیمت مصرف کننده)

rGDPci: نرخ رشد تولید ناخالص داخلی بخش کشاورزی می‌باشد.

همچنین، p، q و m به‌ترتیب تعداد وقفه‌های متغیرهای کارایی مصرف برق، سطح عمومی قیمت‌ها و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی بخش کشاورزی هستند.

در این مطالعه جهت برآورد معادله فوق از مدل تغییر رژیم مارکف استفاده شده است. بر اساس تئوری‌های اقتصادی برخی از متغیرهای سری‌زمانی دارای رفتار غیرخطی هستند. از آن‌جا که مدل‌های استاندارد فرآیند خودرگرسیون میانگین متحرک[1] مبتنی بر معادلات تفاضلی خطی هستند، تصریح‌های پویای جدیدی برای مدل‌سازی رفتار غیرخطی متغیرها لازم می‌آید. مدل تغیر رژیم مارکف یکی از مشهورترین مدل‌های سری‌زمانی غیرخطی است که رفتار متغیرها را در رژیم‌های مختلف توضیح می‌دهد (۹). این مدل در سال ۱۹۸۹ توسط همیلتون[2] به منظور استخراج چرخه‌های تجاری معرفی شد. این مدل‌ها دسته‌ای خاص از رده مدل‌های رگرسیونی آستانه‌ای هستند که با تکیه بر ویژگی مارکفی فرآیندهای تصادفی، احتمال ایستایی و یا تغییر وضعیت اقتصادی را از یک رژیم به رژیم دیگر سنجش می‌نمایند. تخمین مدل تغییر رژیم مارکف از روش‌هایی نظیر

1- ARMA
2- Hamilton

تخمین حداکثر درست‌نمائی[1]، ماکزیمم حداکثر انتظار[2] و رویکرد نمونه‌برداری گیبس[3] انجام می‌گیرد. اصلی‌ترین ویژگی مدل‌های تغییر رژیم این است که کل یا برخی از پارامترهای مدل امکان جابه‌جایی بین رژیم‌های مختلف را بر اساس فرآیند مارکف دارند. برای توضیح بیشتر، یک مدل ساده خودرگرسیونی با دو رژیم را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$y_t = \emptyset_{0,S_t} + \emptyset_{1,S_t} y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (۲)$$

در رابطه‌ی فوق y_t متغیر وابسته، ε_t جزء اخلال دارای توزیع مستقل و مشخص با میانگین صفر و واریانس ثابت $\sigma(s_t)$ می‌باشد. S_t نیز متغیر وضعیت نام دارد و تغییر پارامترهای مدل (مانند عرض از مبداء یا ضریب خودرگرسیونی) توسط این متغیر کنترل می‌شود. در یک مدل با دو رژیم، به سادگی می‌توان فرض کرد که S_t، مقادیر ۱ و ۲ را اختیار می‌کند. حالت کلی مدل‌های تبدیل مارکف در بررسی ارتباط بین دو متغیر به‌صورت رابطه‌ی زیر قابل بیان است در اصطلاح به صورت مدل‌های MSIAX(k)-ARMA(p,q) بیان می‌شود و بیانگر این است که یک مدل تغییر رژیم مارکف (MS) با K رژیم که در آن عرض از مبداء (I)، ضرایب خودرگرسیونی و میانگین متحرک (A) و واریانس جزء اخلال (X) تابعی از رژیم بوده و عبارت‌های p و q نیز به ترتیب مرتبه مؤلفه خودرگرسیون و میانگین متحرک در معادله اصلی است.

$$Y_t = c(s_t) + \sum_i^p a_i(s_t) y_{t-i} + \sum_j^q b_j(s_t) x_{t-j} + \varepsilon_t(s_t) \quad (۳)$$

در رابطه‌ی فوق c عرض از مبدأ مدل بوده و c(st) بیانگر این است که عرض از مبداء به صورت تابعی از متغیر وضعیت بوده و مقادیر آن می‌تواند در هر رژیم متفاوت باشد. بر این اساس، تمامی پارامترها و جزء اخلال معادله ۳ تابعی از متغیر وضعیت S_t می‌باشند. S_t یک متغیر تصادفی گسسته و نهفته (غیر قابل مشاهده) است که در طول زمان بر اثر تغییرات نهادی و ساختاری تغییر می‌کند و می‌تواند k حالت به خود بگیرد. برای سادگی فرض می‌شود S_t یک فرآیند مارکف از درجه اول می‌باشد. این فرض، بیان‌گر این نکته است که S_t فقط به رژیم دوره‌ی قبل، یعنی S_{t-1} بستگی دارد. زنجیره‌ی مارکف در رابطه زیر بیان گردیده است. می‌توان فرآیند ایجاد داده[4] در مورد متغیر وضعیت را با پیگیری این زنجیره تکمیل نمود.

$$s_t \in \{1,2,\dots,k\}, p(s_t = j|s_{t-1} = i, \xi_{t-1}) = p(s_t = j|s_{t-i} = i) = p_{ij}, \sum_{j=1}^{k} p_{ij} = 1 \quad (۴)$$

می‌توان ماتریس احتمال انتقالات (P) را که یک ماتریس k*k می‌باشد را با کنار هم قرا دادن این احتمالات به‌دست آورد. ماتریس احتمال بدست آمده ماتریس احتمال انتقال مدل تغییر رژیم مارکف نامیده می‌شود. این ماتریس قابلیت تحلیل در مورد میزان ثبات و عدم ثبات پدیده‌های اقتصادی در رژیم‌های اقتصادی مختلف را به وجود می‌آورد. در این ماتریس هر عنصر آن (p_{ij}) احتمال انتقال از رژیم i به رژیم j را نشان می‌دهد.

$$\sum_{j=1}^{N} P_{ij} \; ; \; P_{ij} \leq 1 \leq 0P = \begin{bmatrix} P_{11} & \cdots & P_{N1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{1N} & \cdots & P_{NN} \end{bmatrix}$$

در زیر، با معرفی احتمالات انتقال از یک وضعیت به وضعیت دیگر، مدل کامل می‌گردد:

$P(s_t = 1|s_{t-1} = 1) = P_{11}$
$P(s_t = 2|s_{t-1} = 1) = P_{12}$
$P(s_t = 1|s_{t-1} = 2) = P_{21}$
$P(s_t = 2|s_{t-1} = 2) = P_{22}$

در روابط بالا، $P_{i,j}$ ها بیان‌گر احتمال حرکت زنجیره‌ی مارکف، از وضعیت i در زمان t -1 به وضعیت j در زمان t است. Pi,j ها باید غیر منفی بوده و هم‌چنین، شرط زیر برای آن‌ها برقرار باشد:

$P_{11} + P_{12} = 1$
$P_{21} + P_{22} = 1$

نتایج و بحث

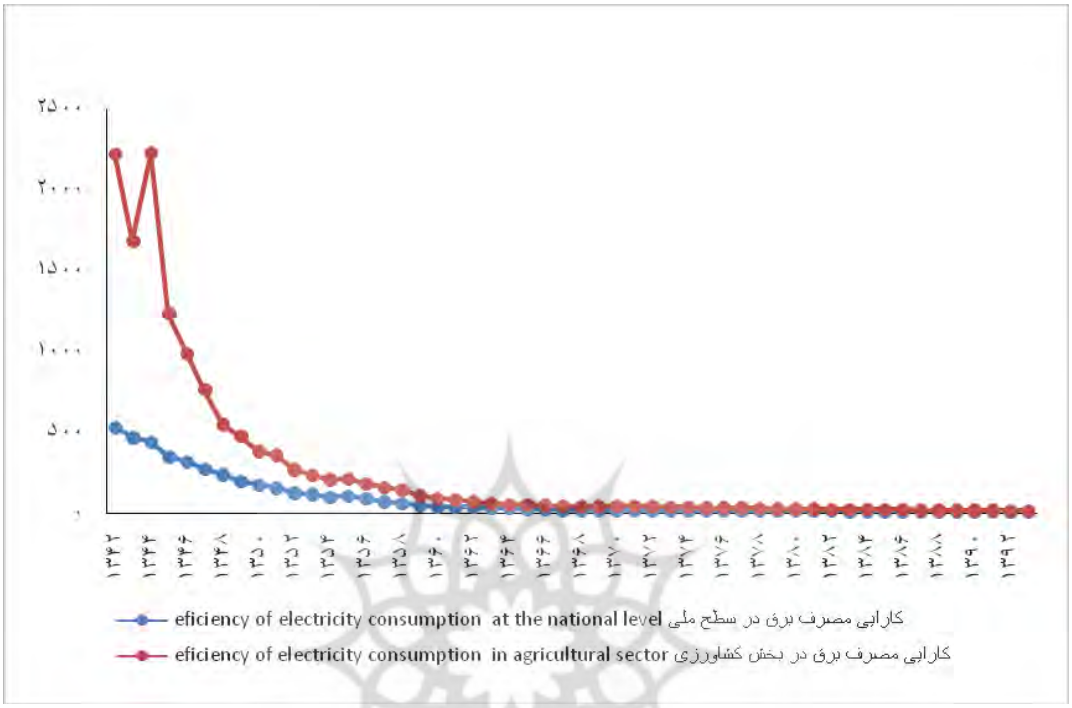
آمارهای مربوط به ترازنامه انرژی نشان می‌دهند که علی‌رغم کاهش نسبت مصرف انرژی در بخش کشاورزی به کل مصرف کشور، سهم مصرف برق در این بخش نسبت به کل کشور با افزایش مواجه بوده و از ۲/۳۹ درصد در سال ۱۳۵۳ به ۱۵/۸۹درصد (معادل ۲۰/۷ میلیون بشکه نفت خام) رسیده است. قابل توجه است که مصرف برق، بیش از ۴۱ درصداز کل انرژی مصرفی در بخش کشاورزی در سال ۱۳۹۳ را به خود اختصاص داده است.

با مراجعه به ترازنامه انرژی می‌توان در نمودار (۱) کارایی استفاده از برق در بخش کشاورزی و در سطح ملی را نشان داد.

همانطور که در نمودار (۱) نشان داده شده است کارایی مصرف برق در یک دهه اخیر روند نزولی به خود گرفته است. معمولاً سرانه مصرف انرژی در جوامع پیشرفته و توسعه یافته، به‌دلیل درآمد سرانه بالا و امکان برخورداری از دستگاه‌ها و تجهیزات انرژی‌بر، بیش‌تر می‌باشد. در عین حال در این کشورها افزایش بهره‌وری طی چند دهه اخیر منجر به تعدیل مصرف انرژی شده است. بنابر اعلام سازمان بهره‌وری مصرف انرژی ایران، بر اساس آمار آژانس بین‌المللی انرژی، مصرف انرژی برق در بخش کشاورزی ایران ۳/۳ برابر متوسط جهانی است. سابا یکی از عوامل مصرف بی‌رویه انرژی برق در بخش کشاورزی را پایین بودن تعرفه مصرف برق در این بخش می‌داند. آمارهای موجود در ترازنامه انرژی حاکی از آن است که مصرف برق هم در سطح ملی و هم در بخش کشاورزی طی ۵۳ سال اخیر روند صعودی داشته است اما طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۰ مصرف برق

1- Maximum Likelihood Estimation (MLE)
2- Expectation Maximization (EM)
3- Gibbs Sampling Approach
4- Data Generating Process

هم در سطح ملی و هم در بخش کشاورزی روند نزولی به خود گرفته است که می‌توان یکی از دلایل عمده این روند کاهشی را آغاز مرحله اول هدفمندی یارانه‌ها بیان کرد اما پس از این دوره مجددا مصرف برق روند صعودی خود را در پیش گرفته است. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل عمده روند نزولی کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی و در سطح ملی عدم دسترسی به فناوری‌های کارآمد و نوین است که با کم‌ترین میزان برق مصرفی بیش‌ترین کارایی را ایجاد می‌کنند. می‌توان تحریم‌های اقتصادی را یکی از موانع بزرگ بر سر راه انتقال تکنولوژی‌های روز دنیا به داخل کشور بیان نمود.



شکل ۱- کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی و در سطح ملی

Figure 1- Efficiency of electricity consumption in the agricultural sector and at the national level

با توجه به اهمیت بحث کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی، همان‌طور که از منظر گذشت، این مطالعه درصدد آن است تا با بهره‌گیری از یک مدل غیرخطی به بررسی عوامل مؤثر بر کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی ایران بپردازد.

پیش از تخمین مدل تغییر رژیم مارکف لازم است تا از ایستایی متغیرهای مدل اطمینان حاصل کرد. بدین منظور ابتدا آزمون‌های ایستایی روی متغیرهای مدل انجام گرفته است. در این قسمت، از آزمون‌های ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم‌یافته (ADF)، فیلیپس- پرون (PP) برای تمامی متغیرهای مدل استفاده شده و نتایج آن (در حالت وجود عرض از مبدأ و روند) به طور خلاصه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج آزمون ریشه واحد

Table 1- Results of unit root test

نام متغیر Variable name	ADF		PP	
	مقدار آماره آزمون Test statistic quant.	ارزش احتمال Probability value	مقدار آماره آزمون Test statistic quant.	ارزش احتمال Probability value
Lcpi	-4.23	0.008	-10.93	0.00
LEI	-2.97	0.043	-3.7	0.006
rgdpci	-3.92	0.01	-3.95	0.016

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

نتایج آزمون ایستایی دیکی–فولر تعمیم‌یافته (ADF) و فیلیپس پرون (PP) نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در هر سه متغیر مورد نظر در سطوح معنی‌داری متداول (۱، ۵ و ۱۰ درصد) رد شده است.

در ادامه نتایج حاصل از برآورد مدل تغییر رژیم مارکف در جدول (۲) گزارش شده است.

جدول ۲- نتایج برآورد مدل تغییر رژیم مارکف برای متغیر کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی

Table 2- Results of Markov regime switching estimation for electricity consumption efficiency variable in agricultural sector

	رژیم صفر Regime 0		رژیم یک Regime 1	
	ضریب Coefficient	مقدار آماره t t value	ضریب Coefficient	مقدار آماره t t value
Constant	4.13	21.3***	4.29	22.2***
AR-1	0.91	17.5***	0.99	18.3***
AR-2	-0.07	-1.62	-0.17	-3.16***
MA-1	0.09	1.61	-0.27	-10.4***
rGDPci	0.007	8.01***	---	---
Lcpi	-0.41	-13.6***	---	---
sigma	0.041	6.95***	0.05	5.29***
Linearity LR-test	Chi^2(4) 26.64 [0.0001]	ARCH test *F(1,33)*	2.45 [0.12]	
Normality test	Chi^2(2) 0.07 [0.96]	Portmanteau test	Chi^2(5) 8.15 [0.14]	
تعداد مشاهدات قرار گرفته در هر رژیم Number of observation in each regime	30سال(61.22%) 30 years		19سال(38.78%) 19 years	

*، **، *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد

*, **, *** Significant level at 10%, 5% and 1%, respectively

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

مطابق با استراتژی انتخاب مدل (احتمال‌های هموار شده، برازندگی[1] نمودارهای کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی، تصدیق فروض کلاسیک و معیار آکائیک)، برای متغیر کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی در ایران برای دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۴۳ تا ۱۳۹۳، مدل MSMAH(2,2,1) به‌عنوان مدل بهینه انتخاب شده است. این مدل بیانگر این است که مدل انتخابی دارای ۲ رژیم، ۲ ضریب خودرگرسیون و ۱ ضریب میانگین متحرک بوده و واریانس جزء اخلال نیز تابعی از متغیر وضعیت می‌باشد. این نکته نیز قابل تأمل است که نتایج آزمون خطی بودن (Linearity LR-test) بیانگر رد فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن مدل است.

با توجه به این که متغیر کارایی مصرف برق (یا همان معکوس شدت برق مصرفی) به عنوان متغیر وابسته در مدل تغییر رژیم مارکف در نظر گرفته شده است، لذا در مدل بهینه بر اساس مقادیر کارایی مصرف برق و تغییرات آن در طول زمان، دو رژیم شناسایی شده است. مطابق با رویکردی که همیلتون (۱۹۸۹) در شناسایی و تفسیر رژیم‌ها به کار برده است، در این مطالعه نیز عرض از مبداء مدل در هر رژیم به عنوان برآوردی از میانگین کارایی مصرف برق در آن رژیم در نظر گرفته شده و بر اساس آن رژیم با کارایی بالا و رژیم با کارایی پایین مصرف برق تفکیک شده است. بر اساس مقادیر عرض از مبداءهای برآورد شده در هر رژیم در جدول (۲) ملاحظه می‌شود که مقدار عرض از مبداء در رژیم صفر کوچکتر از مقدار عرض از مبداء در رژیم یک است. لذا رژیم صفر به عنوان رژیم با کارایی پایین مصرف برق و رژیم یک به عنوان رژیم با کارایی بالای مصرف برق قابل تفسیر خواهد بود (در شکل (۳) مشاهدات قرار گرفته در هر رژیم به تفکیک ارائه شده است).

همچنان‌که در جدول (۲) قابل مشاهده است، تمامی ضرایب برآورد شده به جز ضریب وقفه دوم کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی (AR-2) و ضریب وقفه اول میانگین متحرک (MA-1) در رژیم یک به لحاظ آماری معنی‌دار هستند. مقدار میانگین (ضریب عرض از مبدا) برای رژیم صفر برابر با ۴/۱۳ و برای رژیم ۱ برابر با ۴/۲۹ است.

1- Fitted

جدول ۳- ماتریس احتمالات انتقال
Table 3- Transition probability matrix

	Regime 0,t	Regime 1,t
Regime 0,t+1	0.62	0.58
Regime 1,t+1	0.37	0.41
متوسط دوره دوام هر رژیم Average duration of each regime	2.5	1.73

منبع: یافته‌های تحقیق
Source: Research findings

چون که در مدل انتخابی ضرایب متغیرهای کنترل تابعی از متغیر وضعیت نمی‌باشند، بنابراین ضرایب گزارش شده برای متغیرهای کنترل در هر دو رژیم (با کارایی پایین و با کارایی بالا) یکسان می‌باشد. ضریب رشد تولید سرانه بخش کشاورزی برابر با ۰/۰۰۷ می‌باشد. به عبارت دیگر، رشد تولید سرانه بخش کشاورزی (که به عنوان جانشینی[1] برای متغیر فناوری است) در وضعیت‌های مختلف (رژیم با کارایی پایین و رژیم با کارایی بالا)، تأثیر مثبت بر کارایی مصرف برق در بخش مذکور دارد. چون ضریب سطح عمومی قیمت‌ها با علامت منفی معنی‌دار شده است، بنابراین این برداشت حاصل می‌شود که شاخص قیمت‌ها اثر منفی بر شاخص کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی دارد. در واقع اگر یک درصد سطح عمومی قیمت‌ها افزایش یابد آن‌گاه کارایی مصرف برق در بخش مذکور به میزان ۰/۴۱ درصد کاهش می‌یابد.

در جدول (۲) هم‌چنین نتایج آزمون‌های مربوط به نرمال بودن، ناهمسانی واریانس و وجود خودهمبستگی جملات اخلال مدل تغییر رژیم انتخاب شده بیان شده است. جملات اخلال مدل تغییر رژیم مارکف باید نرمال بوده و عاری از خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس باشد. ماحصل آزمون‌های مذکور در جدول (۲) مهر تأییدی بر تصدیق شرایط بالا (نرمال بودن، همسانی واریانس و عدم وجود خودهمبستگی در جملات اخلال) است.

بر اساس نتایج برآورد شده از مدل MSMAH(2,2,1) مدت دوام در هر رژیم و ماتریس احتمالات انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر در جدول (۳) گزارش شده است.

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد، رژیم صفر (منظور رژیمی است که در آن کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی پایین می‌باشد) پایدارترین رژیم است. چرا که احتمال انتقال از رژیم صفر به رژیم صفر (یا همان احتمال ماندگاری در این رژیم) بالا بوده و حدود ۶۲ درصد می‌باشد. به عبارت دیگر، اگر بازار در دوره t در رژیم صفر باشد به احتمال تقریبی ۶۲ درصد در دوره t+1 نیز در این رژیم باقی خواهد ماند و ۳۷ درصد احتمال دارد که از رژیم صفر به رژیم یک انتقال یابد. از سوی دیگر احتمال انتقال از رژیم یک به رژیم صفر در حدود ۵۸ درصد می‌باشد. در خاتمه اینکه اگر در دوره t بازار در رژیم یک باشد به احتمال تقریبی ۴۱ درصد در دوره t+1 نیز در این رژیم خواهد بود. با توجه به دوره دوام هر رژیم نیز ملاحظه می‌شود که متوسط دوره دوام رژیم صفر برابر با ۲/۵ ماه است. یعنی به‌طور متوسط هر بار که متغیر کارایی مصرف برق در بخش صنعت در رژیم صفر قرار می‌گیرد، پیش‌بینی می‌شود که تا ۲/۵ ماه در این رژیم قرار داشته باشد. در مقابل متوسط دوره دوام رژیم ۱ که از پایداری کمتری در مقایسه با رژیم صفر برخوردار است، برابر با ۱/۷۳ ماه می‌باشد.

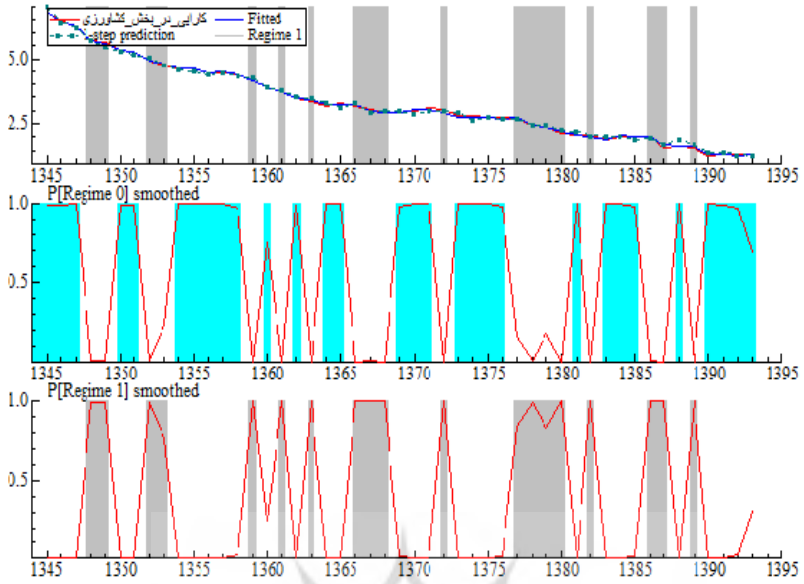
در شکل (۳) سری زمانی کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی (شکل اول) و نیز مشاهدات قرار گرفته در رژیم صفر (شکل وسط) و رژیم یک (شکل آخر) ارائه شده است. بر اساس این نمودار می‌توان ملاحظه نمود که مشاهدات سال‌های مختلف کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی در کدام رژیم قرار داشته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نقش و اهمیت انرژی در فرآیند رشد و توسعه در جوامع و بخش‌های مختلف اقتصادی، در این مطالعه به شناسایی رژیم‌های با کارایی بالا و با کارایی پایین مصرف برق در بخش کشاورزی پرداخته شد. بدین منظور به مدل‌سازی رفتار کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی و کل کشور با استفاده از مدل تغییر رژیم مارکف طی دوره زمانی ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۳ پرداخته شد. نتایج حاصل از برآورد مدل تبدیل مارکف برای کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی حاکی از آن است که رژیم با کارایی پایین مصرف برق در این بخش متداوم‌تر و پایدارتر نسبت به رژیم با کارایی بالای استفاده از انرژی برق در این بخش است. به نحوی که متوسط دوام رژیم کارایی پایین استفاده از برق در این بخش ۱/۴۴ برابر رژیم کارای مصرف برق می‌باشد. در واقع این عدد بیانگر این می‌باشد که گذار از وضعیت‌هایی که در آن‌ها کارایی استفاده از برق پایین می‌باشد به کندی و خروج از رژیم‌هایی که در آن‌ها کارایی استفاده از برق بالا می‌باشد به تندی صورت می‌گیرد. همچنین سطح عمومی قیمت‌ها در وضعیت‌های مختلف

1- proxy

کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی (با کارایی پایین و با کارایی بالا)، تأثیر منفی بر کارایی مصرف برق داشته است. هم‌چنین نرخ رشد تولید سرانه نیز تأثیر مثبت بر کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی دارد.



شکل ۲- مقادیر واقعی و برازش شده کارایی مصرف برق، احتمالات هموار شده و رژیم‌های شناسایی شده

Figure 2- Plot of actual and fitted values, smoothed regime probabilities and fitted regimes

روند نزولی کارایی برق در بخش کشاورزی و همچنین پایداری رژیم با کارایی پایین مصرف برق در بخش کشاورزی را می‌توان به‌عنوان شواهد نگران کننده‌ای از مصرف برق در بخش کشاورزی قلمداد کرد. در این راستا تلاش در جهت جذب فناوری‌های پیشرفته که عموماً دارای شاخصه‌های مصرف انرژی پایین‌تری هستند، به عنوان یکی از ضرورت‌های پیش روی بخش کشاورزی می‌تواند مطرح شود. به‌طور کلی به‌منظور افزایش کارایی در استفاده از انرژی به‌ویژه انرژی برق در بخش کشاورزی می‌توان از طرق زیر استفاده کرد:

- اصلاح ساختارهای تولید و استفاده از تکنولوژی‌های جدیدتر و کاراتر مانند جایگزینی کشاورزی دقیق و حفاظتی به‌جای کشاورزی سنتی
- در نظر گرفتن پاداش مشارکت برای کشاورزانی که ساعات آبیاری مزارع و باغات خود را به ساعت‌های کم باری شبکه توزیع برق انتقال می‌دهند.
- حمایت مالی و فراهم کردن تسهیلات بانکی برای اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف و عرضه انرژی
- اعطای منابع مالی به کشاورزان به‌منظور از رده خارج کردن پمپ‌های آب و ماشین‌های کشاورزی فرسوده و جایگزینی آن‌ها با دستگاه‌های جدید و با مصرف انرژی استاندارد و بهینه
- با توجه به این‌که نتایج تحقیق حاکی از آن است که تورم، به اخلال در روند رشد کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی ایران می‌انجامد، بنابراین تورم بالا را باید یکی از دلایل عدم رشد کارایی مصرف برق در بخش کشاورزی به‌شمار آورد. لذا سیاست‌های تثبیت قیمت می‌توانند تأثیری به‌سزا در افزایش رشد کارایی مصرف برق در بخش مذکور داشته باشند.

منابع

1- Ahmadi Shadmehri M.T., Fallahi M.A., and Niazi Mohseni M. 2014. Analysis of factors affecting Iran's energy efficiency in the agricultural sector. Journal of Agricultural Economics and Development, 21(84):1-21 (in Persian).
2- APO 1995. Comparative information Productivity levels and Changes in APO Member Countries, Asian productivity Organization. pp. 70.
3- Adom Philip Kofi. 2015. Asymmetric impacts of the determinants of energy intensity in Nigeria. Energy Economics, 49: 570-580.
4- Adom P. K. 2016. The transition between energy efficient and energy inefficient states in Cameroon. Energy

Economics, 54: 248-262.

5- Alam M. S., Alam M. R., and Islam K. K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Sciences, 1(3): 213-220.

6- Bhattacharyya S. C. 2011. Energy economics: concepts, issues, markets and governance. Springer Science & Business Media.

7- Energy balance sheet. 2014.

8- Fisher-Vanden K., Jefferson G. H., Liu H., and Tao Q. 2004. What is driving China s decline in energy intensity?. Resource and Energy Economics, 26(1): 77-97.

9- Ghanbari A., Khaksar Astaneh S., and Khaksar Astaneh H. 2016. Factors affecting the energy efficiency in the agricultural sector in Iran. Journal of Agricultural Economics Researches, 6(1):1-21 (in Persian).

10- Hamilton James D. 1989. A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 357-384.

11- Haghighat J., Ansari M.S., and Kiani P. 2015. Underground Coal Gasification as a Strategy to Improve Energy Economy of Iran. Journal of Iranian Energy Economics, 13(4): 89-116 (in Persian).

12- Jin S., Ma H., Huang J., Hu R., and Rozelle S. 2010. Productivity, efficiency and technical change: measuring the performance of China s transforming agriculture. Journal of Productivity Analysis, 33(3): 191-207.

13- Jahangiri KH., Heidari H., and Hoseini A. 2017. Examination of Electricity Consumption Efficiency in Iranian Industrial Sector and the Whole of Economy Application of Markov Regime Switching Model. Journal of Iranian Energy Economics, 21(6): 93-128 (in Persian).

14- Karkacier O., Goktolga Z. G., and Cicek A. 2006. A regression analysis of the effect of energy use in agriculture. Energy Policy, 34(18):3796-3800.

15- Mehrabi Boshrabadi H., and Ismaili A. 2011. Input-output analysis in agricultural sector in Iran. Journal of Economics and Agricultural Development, 19(74):1-28 (In Persian).

16- Nikzad M., Bastani M., and Mehrabi Boshrabadi H. 2013. The analysis of Energy consumption Efficiency and Productivity in the Agricultural sector of Iran: input-output pattern. P. 1-4. 3rd National Conference of Fuel, Energy & Environment, 17-18 Sep, Tehran.

17- Salarieh M., Mohammadi Nejad A., and Moghadasi R. 2016. The impact of advancing technology and its changes on the growth performance of the Iranian agriculture productivity. Quarterly Journal of Economic Modelling, 10(2): 131-148 (In Persian).

18- www.iea.org

19- www.saba.org

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی