

## بررسی رابطه بین تکنولوژی کشاورزی و تقاضای انرژی در ایران

حامد دهقانپور\*<sup>۱</sup>، عبدالکریم اسماعیلی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۹

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی رابطه علی بین عوامل تکنولوژی کشاورزی و تقاضای انرژی در ایران در طی یک دوره ۳۱ ساله (۱۳۹۰-۱۳۵۹) است. برای این منظور رابطه بین تکنولوژی کشاورزی به عنوان تابعی از مصرف انرژی از یک طرف و از طرف دیگر تکنولوژی کشاورزی به عنوان تابعی از مصرف برق سرانه بررسی شد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بین تقاضای انرژی و تکنولوژی‌های کشاورزی یک رابطه بسیار قوی وجود دارد. نتایج حاکی از آن است که بین مصرف انرژی و تولید غلات، سطح زیر کشت آبی و ارزش افزوده بخش کشاورزی رابطه مثبت وجود دارد. با این حال، این رابطه کشش‌پذیر نیست. از سوی دیگر بین مصرف انرژی و تعداد ماشین‌آلات کشاورزی مصرفی رابطه مثبت و کشش‌پذیری است. بین مصرف برق سرانه و تعداد ماشین‌آلات کشاورزی، تولید غلات، مقدار دام تولیدی و ارزش افزوده بخش کشاورزی رابطه مثبت و بسیار کشش‌پذیری وجود دارد. به علاوه بین مصرف برق سرانه و ارزش افزوده بخش صنعت رابطه مثبت و کشش‌ناپذیری است. همچنین نتایج رابطه علیت دو طرفه بین عامل تکنولوژی کشاورزی کود شیمیایی و مصرف انرژی را تایید می‌کند.

طبقه‌بندی *JEL*: N70, O13, P28, P48

واژه‌های کلیدی: تقاضای انرژی، تکنولوژی کشاورزی، هم‌انباشتگی، آزمون علیت گرنجری.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز.

۲- استاد اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز.

\* نویسنده‌ی مسئول مقاله، dehghanpur@gmail.com

### پیشگفتار

انرژی در زنجیره تولید مواد غذایی از ویژگی‌های اساسی توسعه کشاورزی و عامل اصلی در کمک به دستیابی به امنیت غذایی است. کشورهای در حال توسعه با وقفه پشت سر کشورهای صنعتی در حال نوسازی نهاده‌های انرژی خود به کشاورزی هستند (FAO, ۲۰۰۰). مصرف انرژی در بخش کشاورزی بستگی به اندازه جمعیت شاغل در بخش کشاورزی، مقدار زمین‌های زراعی و سطح مکانیزاسیون دارد (چانگ و همکاران، ۲۰۰۳). سند چشم‌انداز به‌کارگیری تکنولوژی پیشرفته در سیاست فناوری‌های عمومی نقش مهمی داشته و اغلب از طریق تکنولوژی‌های جدید ترویج می‌شوند (یورگنسن و یورگنسن، ۲۰۰۹). تغییرات سریع فناوری که منجر به افزایش بهره‌وری بازار می‌شود، مشخص شده است که به وضوح در بخش‌هایی از کشورهای در حال توسعه در نیم قرن گذشته رخ داده و در طول دوران انقلاب سبز با افزایش کارایی کود و واریته‌های جدید گندم و برنج در آسیا آشکار شد (DFID, ۲۰۰۴). در سراسر کشورهای در حال توسعه، عملکرد غلات بین سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۸۲ به طور متوسط ۲/۷ درصد در سال افزایش داشته است (IFAD, ۲۰۰۱) و به‌ویژه عملکرد در جنوب آسیا قابل توجه بوده است. بین اواسط دهه ۱۹۶۰ و در اواسط دهه ۱۹۸۰، عملکرد گندم ۲۴٪ و عملکرد برنج ۱۶٪ افزایش یافته است (کر و کلاوالی، ۱۹۹۹). با توجه به گزارش IFAD (۲۰۰۱)، تولید غلات در کشورهای در حال توسعه به طور متوسط ۱۷٪ از اواسط دهه ۱۹۸۰ کاهش یافته است. برخی از تحلیلگران (اندرسن و همکاران، ۱۹۹۷) کاهش در کمک‌های خارجی برای توسعه کشاورزی کشورهای در حال توسعه را به‌عنوان یک علت ریشه‌ای افت بهره‌وری در مراحل اولیه انقلاب سبز می‌دانند. گسترش تکنولوژی‌های جدید به‌ویژه بهبود بذرها گونه‌های جدید (MVS) قابل توجه بوده است. در سال ۱۹۹۰، ۷۴٪ از تولید برنج، ۷۰٪ از گندم و ۵۷٪ از ذرت تولیدی در کشورهای در حال توسعه از واریته‌های جدید برآورد شده است (بیرلی، ۱۹۹۴). اگرچه این آمار منعکس شده در بسته‌های از انقلاب سبز شامل بذرها، کود و روش آبیاری، افزایش یافته است (بیرلی و همکاران، ۱۹۹۴). حمایت از توسعه و اشاعه نوآوری‌های پایدار به موضوعی غالب در دستور کار سیاسی بسیاری از کشورها تبدیل شده است (هیلمن و همکاران، ۲۰۰۸). استراتژی همکاری به‌عنوان یک ابزار قوی در سیاست فناوری برای پیشرفت در توسعه و تحقیقات (R & D) در کشورهای در حال توسعه در نظر گرفته شده است (لین، ۲۰۰۹).

در این مقاله ارتباط بین تکنولوژی کشاورزی و تقاضای انرژی در ایران با استفاده از داده‌های ۱۳۵۹-۱۳۹۰ تجزیه و تحلیل شده است. مطالعه حاضر با استفاده از متغیرهای مختلف تکنولوژی کشاورزی شامل ماشین‌آلات کشاورزی (تراکتور)، مصرف کود، تولید غلات، سطح زیرکشت آبی،

تولید دام، ارزش افزوده بخش کشاورزی، ارزش افزوده بخش صنعت و دو عامل از تقاضای انرژی، مصرف انرژی (ENCPC) و مصرف برق سرانه (ELCPC) در ایران استفاده شده است.

### پیشینه تحقیق

پیوند بین تکنولوژی کشاورزی و تقاضای انرژی به یک مساله عمده در مطالعات اخیر در مورد توسعه پایدار، تبدیل شده است. تعداد زیادی از مطالعات نشان می‌دهند که چگونه تکنولوژی، تقاضای انرژی و تقاضای انرژی، تکنولوژی کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با این حال، بررسی جهت علیت در این رابطه بحث انگیز هنوز باقی مانده است (عقیل، ۲۰۰۱).

براون (۱۹۸۸) اثرات تغییرات تکنولوژیک در تولید و درآمد بخش کشاورزی و اثرات مصرفی و تغذیه‌ای آن در غرب آفریقا (گامبیا) را بررسی کرد. نتایج نشان داد که اثرات تغییرات تکنولوژیک از طریق درآمد و با واسطه منجر به افزایش مصرف مواد غذایی (کالری) در سطح خانوار می‌شود. قوی و زیبا (۱۹۹۳) روند شدت مصرف انرژی در بخش کشاورزی فرانسه بین سال‌های ۱۹۵۹ تا ۱۹۸۹ را برای محصول گندم، تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که بخش کشاورزی در استفاده از انرژی در تولید گندم کارآمدتر شده است.

بررسی جریان انرژی برای کل تولیدات کشاورزی دانمارک از سال ۱۹۳۶ تا ۱۹۹۰ نشان می‌دهد که نسبت خروجی انرژی به ورودی انرژی محاسبه شده در طول دوره، عمدتاً به دلیل افزایش زیاد در استفاده از کود، سوخت و برق، کاهش داشته است (اسکرال، ۱۹۹۴).

اوزکان و همکاران (۲۰۰۴) استفاده از انرژی در بخش کشاورزی ترکیه برای دوره ۱۹۷۵-۲۰۰۰ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نسبت خروجی به ورودی به ۲/۲۳ در سال ۱۹۷۵ و ۱/۱۸ در سال ۲۰۰۰ رسیده است. این نتیجه نشان می‌دهد که کاهش در نسبت انرژی خروجی ورودی وجود دارد.

بررسی تغییر محاسبه در بهره‌وری کشاورزی در ۱۰ کشور در جنوب صحرای آفریقا بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۹۹ نشان می‌دهد که به‌طور متوسط بهره‌وری کل عوامل در آن دوره ۰/۲٪ در سال کاهش داشته است. در حالی که بازده ثابت بوده است و حاکی از این است که تغییرات تکنولوژیک عامل اصلی شکست افزایش بهره‌وری کل عوامل بوده است (کاملو و همکاران، ۲۰۰۳).

آلتر و سید (۲۰۱۱) به بررسی پویایی بلندمدت و کوتاه‌مدت بین تقاضای برق و عوامل موثر بر آن در پاکستان در طی دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که برق به‌عنوان یک کالای ضرورت در کوتاه مدت و کالایی لوکس در دراز مدت عمل می‌کند.

خان و احمد (۲۰۱۱) تقاضا برای انرژی برق و زغال سنگ برای پاکستان در طول دوره ۱۹۷۲-۲۰۰۷ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مصرف برق و زغال سنگ پاسخ مثبت به تغییر در درآمد واقعی سرانه و پاسخ منفی به تغییرات در سطح قیمت‌های داخلی نشان می‌دهند.

مشتاق و عباس (۲۰۰۸) به بررسی رابطه بین تقاضای انرژی و رشد اقتصادی در بخش کشاورزی پاکستان پرداختند. نتیجه نشان می‌دهد که گاز مصرف شده علیت دو طرفه با رشد کشاورزی دارد. با این حال، هیچ رابطه علت و معلولی برای نفت و برق با رشد کشاورزی یافت نشده است.

بهمنی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات به شبیه‌سازی تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی برای دوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۵۷ در قالب معادلات خطی و نمایی پرداختند. تابع تقاضای برق در بخش کشاورزی تابعی از قیمت واقعی برق در بخش، ارزش افزوده‌ی بخش، تعداد مشترکین برق در بخش و مصرف دوره‌ی قبل می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تقاضای برق در بخش کشاورزی با قیمت واقعی برق، رابطه‌ی غیر مستقیم و با ارزش افزوده بخش، تعداد مشترکین و مصرف دوره‌ی قبل رابطه‌ی مستقیم دارد.

از این رو نیاز مبرم به ارزیابی و تجزیه و تحلیل رابطه بین تکنولوژی کشاورزی و مصرف انرژی و پیدا کردن ارتباط بین آنها وجود دارد. در ادامه تلاش شده است تا روابط علی بین تکنولوژی کشاورزی و تقاضای انرژی در ایران مشخص گردد.

### سوال‌های تحقیق

- آیا ارتباط آماری بین عوامل تکنولوژی و تقاضای انرژی (کل مصرف انرژی اولیه و برق مصرف سرانه) در ایران وجود دارد؟
- آیا تقاضای انرژی، عوامل تکنولوژی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و علت تغییر آن است؟
- آیا عوامل تکنولوژی، تقاضای انرژی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و علت تغییر آن است؟

### مبانی نظری و روش تحقیق

داده‌های این مطالعه از شاخص‌های توسعه جهانی منتشر شده توسط بانک جهانی (۲۰۱۳) برای دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۱ (۱۳۵۹-۱۳۹۰) به دست آمده است. جهت بررسی تاثیر عوامل تکنولوژی بر تقاضای انرژی، از یک مدل غیر خطی ساده استفاده شده است که به شرح زیر می‌باشد:

مدل ۱: مجموع مصرف اولیه انرژی (ENCPC) و عوامل تکنولوژی کشاورزی

$$\begin{aligned}\log(\text{TRACTORS}) &= \alpha_1 + \alpha_2 \log(\text{ENCPC}) + \mu \\ \log(\text{FERTILIZER}) &= \beta_1 + \beta_2 \log(\text{ENCPC}) + \mu \\ \log(\text{CERALS}) &= \gamma_1 + \gamma_2 \log(\text{ENCPC}) + \mu \\ \log(\text{ALAND}) &= \chi_1 + \chi_2 \log(\text{ENCPC}) + \mu \\ \log(\text{LSTOCK}) &= \kappa_1 + \kappa_2 \log(\text{ENCPC}) + \mu \\ \log(\text{AVADDED}) &= \lambda_1 + \lambda_2 \log(\text{ENCPC}) + \mu \\ \log(\text{IVADDED}) &= \nu_1 + \nu_2 \log(\text{ENCPC}) + \mu\end{aligned}$$

مدل ۲: سرانه مصرف برق (ELCPC) و عوامل تکنولوژی کشاورزی

$$\begin{aligned}\log(\text{TRACTORS}) &= \alpha_1 + \alpha_2 \log(\text{ELCPC}) + \mu \\ \log(\text{FERTILIZER}) &= \beta_1 + \beta_2 \log(\text{ELCPC}) + \mu \\ \log(\text{CERALS}) &= \gamma_1 + \gamma_2 \log(\text{ELCPC}) + \mu \\ \log(\text{ALAND}) &= \chi_1 + \chi_2 \log(\text{ELCPC}) + \mu \\ \log(\text{LSTOCK}) &= \kappa_1 + \kappa_2 \log(\text{ELCPC}) + \mu \\ \log(\text{AVADDED}) &= \lambda_1 + \lambda_2 \log(\text{ELCPC}) + \mu \\ \log(\text{IVADDED}) &= \nu_1 + \nu_2 \log(\text{ELCPC}) + \mu\end{aligned}$$

که در آن:

ENCPC: نشان دهنده مصرف انرژی اولیه کل (میلیون BTU به ازای فرد).

ELCPC: نشان دهنده مصرف برق سرانه (کیلووات ساعت به ازای هر فرد).

TRACTORS: نشان دهنده ماشین آلات کشاورزی، تراکتور در هر ۱۰۰ کیلومتر مربع از زمین های زراعی.

FERTILIZER: نشان دهنده مصرف کود (درصد از تولید کود).

CEREALS: نشان دهنده زمین های زیر تولید غلات (هکتار).

ALAND: نشان دهنده زمین های آبیاری کشاورزی (درصد مجموع زمین های کشاورزی).

LSTOCK: نشان دهنده تولید دام.

AVADDED: نشان دهنده ارزش افزوده بخش کشاورزی (درصد از GDP).

IVADDED: نشان دهنده ارزش افزوده بخش صنعت (% از GDP).

تاثیر مصرف انرژی اولیه (ENCPC) از عوامل تکنولوژی کشاورزی و مصرف برق سرانه (ELCPC) به عوامل تکنولوژی کشاورزی به طور جداگانه به صورت زیر مورد بررسی قرار گرفت.

- ابتدا جهت بررسی ایستایی سری زمانی، آزمون ریشه واحد تعمیم یافته دیکی- فولر (ADF) استفاده شده است.
- سپس برای پیدا کردن رابطه بلندمدت میان متغیرها، از آزمون انگل و گرنجر هم‌انباشتگی استفاده شده است.
- هنگامی که همبستگی بین متغیرها یافته شد، به منظور بررسی پویایی کوتاه‌مدت از مدل تصحیح خطا (ECM) استفاده شد.

مفهوم هم‌انباشتگی برای اولین بار توسط گرنجر (۱۹۸۱) معرفی شد و سپس توسط انگل و گرنجر (۱۹۸۷)، فیلیپس و اولیروز (۱۹۹۰) و جوهانسن (۱۹۹۱) به تفصیل شرح داده شده است. آزمون هم‌انباشتگی انگل و گرنجر مستلزم آن است که سری‌های زمانی، مثل  $Y_T$  و  $X_T$  در اولین تفاضل ایستا باشند؛ یعنی  $I(1)$  "Y<sub>T</sub>" و  $I(1)$  "X<sub>T</sub>". اولین قدم برای آزمون هم‌انباشتگی این است که آیا هر یک از متغیرها ایستا هستند یا نه؟

اگر هر دو سری ایستا از مرتبه یک باشند، آنگاه برای بررسی رابطه بلندمدت به مرحله بعد می‌رویم. در مرحله بعد بررسی می‌کنیم که آیا یک ترکیب خطی بین این دو سری وجود دارد که در سطح ایستا است. به عنوان مثال  $(= Y_t - \hat{\alpha} - \hat{\beta}X_t) \sim I(0)$  برای بررسی رابطه بلندمدت (سری‌های  $I(1)$ ،  $X_T$  و  $Y_T$ ) اگر سری جملات پسماند، ایستا در سطح،  $I(0)$  باشند، هم‌انباشته گفته می‌شوند.

## نتایج و بحث

در ابتدا با استفاده از انجام آزمون ایستایی مرتبه ایستایی متغیرها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته نشان می‌دهد که تمام متغیرهای مورد بررسی در سطح ایستا نیستند. ولی تفاضل مرتبه اول آنها ایستا است (جدول ۱).

بنابراین امکان وجود رابطه هم‌جمعی از مرتبه یک بین متغیرها وجود دارد. برای یافتن رابطه هم‌انباشتگی بین عوامل تقاضای انرژی و عوامل تکنولوژی تخمین متغیرها را به طور جداگانه انجام شده است (جدول ۲). نتایج حاصل از مدل (۱) که ارتباط بین عوامل تکنولوژی کشاورزی و مصرف انرژی است، نشان می‌دهد با ۱٪ افزایش در مصرف انرژی اولیه (ENCPC)، مصرف ماشین آلات کشاورزی (تراکتور)، ۱۷۰٪ در هر ۱۰۰ کیلومتر مربع از زمین‌های زراعی افزایش می‌یابد، همچنین موجب افزایش سطح زیر کشت غلات به میزان ۰/۱۰۶٪ در هکتار و افزایش زمین

زیرکشت آبی ۰/۱۱۲٪ از مجموع کل زمین های زیرکشت شده است، همچنین موجب کاهش تولید دام به میزان ۱/۰۴۹٪ شده است که ناشی از عدم استفاده مناسب از انرژی در این بخش از تولیدات کشاورزی است. از سوی دیگر یک رابطه مثبت بین کل مصرف اولیه انرژی (ENCPC) و ارزش افزوده بخش کشاورزی وجود دارد که می تواند حاکی از توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی ایران باشد.

نتایج حاصل از مدل (۲) ارتباط بین عوامل تکنولوژی کشاورزی و مصرف برق سرانه گزارش می دهد، نتایج نشان می دهد که با ۱٪ افزایش در مصرف برق سرانه (EICPC)، مصرف ماشین آلات کشاورزی، (تراکتور) ۰/۲۲۲٪ در هر ۱۰۰ کیلومتر مربع از زمین های زراعی افزایش می یابد و موجب افزایش سطح زیر کشت غلات به میزان ۱/۳۱۸٪ در هکتار و افزایش زمین زیرکشت آبی ۰/۷۲۲٪ از مجموع کل زمین های زیرکشت شده است. همچنین موجب کاهش تولید دام به میزان ۱/۱۳۲٪ شده است که ناشی از عدم استفاده مناسب از انرژی در این بخش از تولیدات کشاورزی است. از سوی دیگر یک رابطه منفی بین کل مصرف برق سرانه (EICPC) و ارزش افزوده بخش کشاورزی وجود دارد که می تواند حاکی از عدم توسعه تکنولوژی با مصرف برق در بخش کشاورزی ایران باشد.

جهت بررسی رابطه کوتاه مدت زمانی که دو متغیر هم جمع از درجه یک وجود داشت، بایستی از روش انگل-گرانجر استفاده می گردید. در این شرایط اگر این دو متغیر بر روی هم با استفاده از روش OLS برآورد شده و جمله پسماند آن معادله محاسبه می گردید، با انجام آزمون ایستایی برای جمله پسماند اگر جمله پسماند ایستا باشد، این نتیجه حاصل می شد که ترکیب خطی بین دو متغیر ایستا هستند. بنابراین آزمون ایستایی برای جمله پسماند معادلات مدل (۱) و (۲) را انجام داده، نتایج حاصل از انجام این آزمون در جدول (۳) گزارش شده است.

با توجه به نتایج جدول (۳) چون جملات پسماند ایستا هستند، بنابراین دو سری زمانی هم جمع هستند. از این رو در ادامه مدل تصحیح خطا برآورد گردید (جدول (۴)).

نتایج حاصل از برآورد مدل کوتاه مدت نشان دهنده تاثیر منفی و معنی دار عوامل تکنولوژی و مصرف انرژی و مصرف برق سرانه در ایران است. ضریب ECM منفی و معنی دار است و این مساله بیانگر پویایی مدل از کوتاه مدت به بلندمدت می باشد.

نتایج نشان می دهد که تغییرات کوتاه مدت در مصرف انرژی تاثیر مثبت بر عوامل تکنولوژی ماشین آلات، تولید غلات، دام و اثرات منفی بر ارزش افزوده بخش کشاورزی و صنعت دارد. علاوه بر این برای مدل (۱) ضرایب تعدیل کوتاه مدت معنی دار شده که نشان می دهند هر سال ۰/۴۰۰ انحراف از مصرف ماشین آلات کشاورزی (تراکتور)، ۰/۱۸۲ مصرف کود، ۰/۳۹۴ تولید غلات، ۰/۸۹۲ سطح

زیرکشت آبی، ۰/۰۰۷/تولید دام، ۰/۲۲۵/ارزش افزوده بخش کشاورزی، ۰/۰۸۵/ارزش افزوده بخش صنعت از سطح تعادل بلند مدت تعدیل می‌شوند.

همچنین برای مدل (۲) ضرایب تعدیل کوتاه‌مدت معنی‌دار شده‌اند و نشان می‌دهند که روند تصحیح خطا از کوتاه‌مدت به بلندمدت با سرعتی معادل ۰/۰۳۰ برای ماشین‌آلات کشاورزی (تراکتور)، ۰/۰۰۷/ مصرف کود، ۱/۲۸۸ تولید غلات، ۰/۸۶۶/سطح زیرکشت آبی، ۰/۰۰۳/ تولید دام، ۰/۰۱۴/ارزش افزوده بخش کشاورزی، ۰/۱۹۱/ارزش افزوده بخش صنعت است.

جهت اطمینان از وجود رابطه بین متغیرهای موجود در مدل معرفی شده و بررسی درستی یا نادرستی فرضیه‌های تحقیق، از آزمون علیت گرنجر استفاده شد. نتایج حاصل از این آزمون در جدول (۵) گزارش شده است.

نتایج بررسی رابطه علیت بین عوامل تکنولوژی در بخش کشاورزی و مصرف انرژی سوخت نشان می‌دهد که یک رابطه علی یک سویه از سوی مصرف ماشین‌آلات کشاورزی و تولید دام به سمت مصرف انرژی سوخت وجود دارد. همچنین یک رابطه علی یک سویه از سوی مصرف انرژی سوخت به سمت تولید غلات، ارزش افزوده بخش کشاورزی وجود دارد. نتایج یک رابطه علی دو سویه بین مصرف انرژی سوخت و تولید کود را نشان می‌دهد. از سوی دیگر آزمون علیت گرنجر برای مصرف سرانه برق نشان می‌دهد که یک رابطه علی یک سویه از سوی مصرف ماشین‌آلات کشاورزی، تولید غلات و تولید دام به سمت مصرف سرانه برق وجود دارد. همچنین یک رابطه علی یک سویه از سوی مصرف سرانه برق به سمت مصرف کود و ارزش افزوده بخش صنعت وجود دارد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف از این مطالعه یافتن رابطه علی بین عوامل تکنولوژی کشاورزی و تقاضای انرژی در ایران در طی یک دوره ۳۱ ساله (۱۳۹۰-۱۳۵۹) بود. بدین منظور تکنولوژی کشاورزی به‌عنوان تابعی از مصرف انرژی از یک طرف و از طرف دیگر تکنولوژی کشاورزی به‌عنوان تابعی از مصرف سرانه برق بررسی شده است. نتایج حاصل از بررسی نشان می‌دهد که بین تقاضای انرژی و تکنولوژی‌های کشاورزی یک رابطه بسیار قوی وجود دارد. نتیجه مدل اول نشان می‌دهد که بین مصرف انرژی و عوامل تکنولوژی کشاورزی، مانند تولید غلات، سطح زیر کشت آبی و ارزش افزوده بخش کشاورزی رابطه مثبت وجود دارد. با این حال، این رابطه کشش‌پذیر نیست. از سوی دیگر بین مصرف انرژی و عامل تکنولوژیکی تعداد ماشین‌آلات کشاورزی رابطه مثبت و کشش‌پذیری است. در مقابل یک رابطه منفی بین کل مصرف اولیه انرژی و مقدار دام تولیدی وجود دارد. نتایج مدل دوم نیز نشان می‌دهد که بین مصرف سرانه برق و عوامل تکنولوژی کشاورزی، مانند تعداد ماشین‌آلات کشاورزی،



تولید غلات، مقدار دام تولیدی و ارزش افزوده بخش کشاورزی رابطه مثبت و بسیار کشش‌پذیری وجود دارد. از سوی دیگر بین مصرف سرانه برق و ارزش افزوده بخش صنعت رابطه مثبت و کشش‌ناپذیری است. همچنین نتایج رابطه علیت دو طرفه بین عامل تکنولوژی کشاورزی کود شیمیایی و مصرف انرژی را تایید می‌کند. بنابراین سیاست‌های حمایتی مانند پرداخت یارانه به مقدار سوخت مصرفی در هکتار، ممکن است سیاست خوبی برای افزایش استفاده از انرژی در بخش کشاورزی باشد. همچنین ترکیبی از استفاده از تکنولوژی‌های با کارایی انرژی بالا و منابع انرژی متنوع جهت بهبود توسعه اقتصادی توصیه می‌گردد.



**فهرست منابع:**

۱. بهمنی، م.، امین قاسمی نژاد، علی اکبر کریمیان و حکیمه آرامش، شبیه سازی تابع تقاضای برق بخش کشاورزی با استفاده از الگوریتم انبوه ذرات (PSO)، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، دوره ۶، شماره ۲۲، تابستان ۱۳۹۳، صفحه ۱-۱۱.
2. Aqeel, A., 2001. The relationship between energy consumption and economic growth in Pakistan. *Asia-Pacific Development Journal* 8 (2), 101° 110.
3. Alter, N., Syed, S.H., 2011. An empirical analysis of electricity demand in Pakistan. *International Journal of Energy Economics and Policy* 1 (4), 116° 139.
4. Bonny, S., 1993. Is agriculture using more and more energy? A French case study. *Agricultural Systems* 43 (1), 51° 66.
5. Braun, J.V., 1988. Effects of technological change in agriculture on food consumption and nutrition: rice in a West African setting. *World Development* 16 (9), 1083° 1098.
6. Byerlee, D., Lopez-Pereira, M., 1994. Technical change in maize production: a global perspective. CIMMYT Economics Working Paper 94-02. Mexico DF, Mexico: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
7. Chang, J., Leung, D.Y.C., Wu, C.A., Yuan, Z.H., 2003. A review on the energy production, consumption, and prospect of renewable energy in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 7 (2003), 453° 468. Doi: 10.1016/S1364-0321(03)00065-0.
8. DFID, 2004. Department for International Development, Technology and Its Contribution to Pro-Poor Agricultural Development, retrieved at 12 July, 2011 from
9. /http://dif.-agriculture-consultation.nri.org/summaries/difdwp4.pdfS.
10. Engle, R.F., Granger, C.W.J., 1987. Cointegration and error correction representation, estimation and testing. *Econometrica* 55, 251° 276.
11. FAO, 2000. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Natural Resource and Environment Department, Environment and Natural Resources Working Papers. Retrieved online at 10 July, 2011 from /http://www.fao.org/docrep/003/X8054E/x8054e05.htmS.

12. Granger, C.W.J., 1981. Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of Econometrics* 16, 121° 130.
13. Hillman, K.M., Suurs, R.A.A., Hekkert, M.P., Sanden, B.J., 2008. Cumulative causation in biofuels development: a critical comparison of the Netherlands and Sweden. *Technology Analysis & Strategic Management* 20 (5), 593° 612.
14. IFAD, 2001. *Rural Poverty Report, 2001*. Oxford University Press, Oxford, UK. Ilyas, S.Z., 2006. Biogas support program is a reason for its success in Pakistan. *American Eurasian Journal of Scientific Research* 181° 67851 (1), 42° 45.
15. Johansen, S., 1991. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrics* 59, 1551° 1580.
16. Jorgensen, M.S., Jorgensen, U., 2009. Green technology foresight of high technology: a social shaping of technology approach to the analysis of hopes and hypes. *Technology Analysis & Strategic Management* 21 (3), 363° 379.
17. Karkacier, O., Goktolga, Z.G., Cicek, A., 2006. A regression analysis of the effect of energy use in agriculture. *Energy Policy* 34 (2006), 3796° 3800.
18. Khan, M.A., Ahmed, U., 2011S. Energy demand in Pakistan: a disaggregate analysis. PSDE Conference, Pakistan Institute of Development Economics. Online available at: <http://www.pide.org.pk/psde24/pdf/02.pdf> (Accessed on 11 January, 2012).
19. Lin, H., 2009. How technology policy facilitates technology diffusion and improves firm capability: a dynamic survey from a network perspective. *Technology Analysis & Strategic Management* 21 (7), 899° 914.
20. Mushtaq, K., Abbas, F., 2008. Energy use for economic growth: cointegration and causality analysis from the agricultural sector of Pakistan. The 23rd Annual General Meeting and Conference, Pakistan Institute of Development Economics, Islamabad, Pakistan. Online available at: <http://www.pide.org.pk/psde23/pdf/Khalid%20Mushtaq.pdf> (Accessed on 11 January, 2012).
21. Nkamleu, G., Gokowski, J., Kazianger, H., 2003. Explaining the failure of agricultural production in sub-Saharan Africa. Paper

- Presented at the 25th International Conference of Agricultural Economists, August 16° 22, 2003, Durban, South Africa.
22. Ozkan, B., Akcaoz, H., Fert, C., 2004. Energy input° output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* 29(2004), 39° 51. Doi: 10.1016/S09601481(03)00135-6.
  23. Philips, P.C.B., Ouliaris, S., 1990. Asymptotic properties of residual based tests for cointegration. *Econometrica* 58, 165° 193.
  24. Pinstrup-Andersen, P., Pandya-Lorch, R., Rosengrant, M., 1997. *The World Food Situation: Recent Developments, Emerging Issues, and Long-Term Prospects*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington DC, USA.
  25. Schroll, H., 1994. Energy-lfow and ecological sustainability in Danish agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment* 51 (3), 301° 310.



## پیوست‌ها

جدول ۱- آزمون ایستایی با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته

| ADF                 |              | Form             | سطح ایستایی | متغیر                   |
|---------------------|--------------|------------------|-------------|-------------------------|
| Intercept and trend | Intercept    |                  |             |                         |
| -6.840088***        | -1.386844    | First difference | I(1)***     | ماشین‌آلات کشاورزی      |
| -5.221392***        | -5.221751*** | First difference | I(1)***     | مصرف کود                |
| -3.509141**         | -3.533223*** | First difference | I(1)**      | تولید غلات              |
| -5.459740***        | -1.872614    | First difference | I(1)***     | سطح زیرکشت آبی          |
| -7.230444***        | -6.298217*** | First difference | I(1)***     | تولید دام               |
| -38.82424           | -58.78788*** | First difference | I(1)***     | ارزش افزوده بخش کشاورزی |
| -5.898803***        | -5.958643*** | First difference | I(1)***     | ارزش افزوده بخش صنعت    |
| -7.251533***        | -7.141355*** | First difference | I(1)***     | مصرف انرژی              |
| -6.948051***        | -6.965431*** | First difference | I(1)***     | مصرف برق سرانه          |

جدول ۲- نتایج تخمین مدل (۱) مصرف انرژی سوختو مدل (۲) مصرف برق سرانه

| Log (Ivadded) | Log (Avadded) | Log (Istock) | Log (Aland) | Log (Cereal) | Log (Fertilizer) | Log (Tractors) | متغیر      | مدل ۱-<br>مصرف انرژی سوخت |
|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|------------------|----------------|------------|---------------------------|
| * ۱/۳۸۷       | *** ۱/۱۶۲     | *** ۲/۰۶۸    | *** ۱/۱۶۵   | *** ۶/۹۲۵    | *** ۲/۲۲۹        | *** ۲/۱۰۷      | constant   |                           |
| -۰/۰۶۹        | * ۰/۰۲۳       | *** -۱/۰۴۹   | * ۰/۱۱۲     | * ۰/۱۰۶      | -۰/۳۶۵           | ** ۱/۱۷۰       | Log(ENCP)  |                           |
| *** ۰/۹۹۹     | *** ۰/۸۸۱     | * -۰/۳۵۷     | *** ۰/۶۱۵   | ** ۰/۴۰۰     | *** ۰/۷۱۳        | *** ۰/۶۸۵      | AR(1)      |                           |
| Log (Ivadded) | Log (Avadded) | Log (Istock) | Log (Aland) | Log (Cereal) | Log (Fertilizer) | Log (Tractors) | متغیر      | مدل ۲-<br>مصرف برق سرانه  |
| *** ۰/۹۳۸     | *** ۱/۹۱۶     | *** ۲/۷۷۱    | -۰/۵۸۲      | *** ۷/۱۹۳    | -۱/۷۱۳           | *** ۲/۸۹۶      | constant   |                           |
| *** ۰/۱۸۱     | *** -۰/۲۶۳    | ** -۰/۱۳۲    | * ۰/۷۲۲     | * -۰/۱۰۳     | ** ۱/۳۱۸         | ** -۰/۲۲۲      | Log(EICPC) |                           |
| *** ۰/۴۷۶     | *** ۰/۸۷۰     | *** ۰/۹۶۷    | *** ۰/۸۹۷   | ** ۰/۵۰۴     | *** ۰/۸۹۴        | *** ۰/۹۱۱      | AR(1)      |                           |

جدول ۳- نتایج آزمون ایستایی برای جملات پسماند مدل (۱) مصرف انرژی سوخت و مدل (۲) مصرف

## برق سرانه

| مدل ۱- مصرف انرژی سوخت |                         | مدل ۲- مصرف برق سرانه |                         |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| سطح ایستایی            | جمله پسماند متغیر       | سطح ایستایی           | جمله پسماند متغیر       |
| I(۰)***                | ماشین آلات کشاورزی      | I(۰)***               | ماشین آلات کشاورزی      |
| I(۰)***                | مصرف کود                | I(۰)***               | مصرف کود                |
| I(۰)***                | تولید غلات              | I(۰)***               | تولید غلات              |
| I(۰)***                | سطح زیرکشت آبی          | I(۰)***               | سطح زیرکشت آبی          |
| I(۰)***                | تولید دام               | I(۰)***               | تولید دام               |
| I(۰)***                | ارزش افزوده بخش کشاورزی | I(۰)***               | ارزش افزوده بخش کشاورزی |
| I(۰)***                | ارزش افزوده بخش صنعت    | I(۰)***               | ارزش افزوده بخش صنعت    |

جدول ۴- نتایج مدل تصحیح خطا برای مدل (۱) مصرف انرژی سوخت و مدل (۲) مصرف برق سرانه

| مدل                    | متغیر          | Log (Tractors) | Log (Fertilizer) | Log (Cereal)   | Log (Aland) | Log (Istock) | Log (Avadded) | Log (Ivadded) |
|------------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| مدل ۱- مصرف انرژی سوخت | constant       | ** -۱/۸۶۰      | *** -۰/۷۰۲       | * -۱/۱۶۰       | *** -۲/۲۸۷  | * ۰/۰۰۴      | ** -۱/۹۴۲     | * ۰/۹۳۵       |
|                        | Log(ENCPC)     | * ۰/۵۵۹        | ۰/۵۹۱            | * ۰/۰۲۲        | -۰/۰۶       | ۱/۰          | -۰/۱۷۳        | ** -۰/۲۳۲     |
|                        | (residual(-1)) | ** -۰/۴۰۰      | *** -۰/۱۸۲       | * -۰/۳۹۴       | *** -۰/۸۹۲  | * -۰/۰۰۷     | ** -۰/۲۲۵     | * ۰/۰۸۵       |
|                        | AR(1)          | -۰/۳۴۰         | * -۰/۰۴۶         | * -۰/۲۵۷       | * ۰/۰۶      | ۰/۰۰۲        | -۰/۰۵۱        | ** -۰/۴۵۳     |
| مدل ۲- مصرف برق سرانه  | متغیر          | Log (Tractors) | Log (Fertilizer) | Log (Cereal)   | Log (Aland) | Log (Istock) | Log (Avadded) | Log (Ivadded) |
|                        | constant       | *** -۰/۷۵۳     | *** -۰/۲۰۷       | -۱۸/۳۱۸<br>*** | *** -۴/۵۰۳  | *** -۰/۲۵۵   | ** -۰/۱۱۹     | * -۰/۲۱۷      |
|                        | Log(EICPC)     | ** -۰/۱۸۳      | *** ۱/۵۳۳        | *** -۰/۹۸۶     | ** -۰/۲۴۳   | ** -۰/۱۳۳    | ** -۰/۲۶۸     | * -۰/۱۷۰      |
|                        | (residual(-1)) | *** -۰/۰۳۰     | * -۰/۰۰۷         | *** -۱/۲۸۸     | *** -۰/۸۶۶  | *** -۰/۰۰۳   | *** -۰/۰۱۴    | * -۰/۱۹۱      |
| AR(1)                  | -۰/۳۰۰         | ۰/۱۰۶          | *** ۰/۴۹۱        | -۰/۷۱۰         | -۰/۲۶۹      | -۰/۰۸۹       | -۰/۰۹۷        |               |

جدول ۵- نتایج آزمون نعلیت گرنجر مدل (۱) مصرف انرژی سوخت و مدل (۲) مصرف برق سرانه

| مدل ۱- مصرف انرژی سوخت | فرض صفر  | مدل ۲- مصرف برق سرانه | فرض صفر   |
|------------------------|--|-----------------------|---|
| رد می‌شود              | مصرف ماشین آلات کشاورزی علت مصرف انرژی سوخت نیست | رد می‌شود             | مصرف ماشین آلات کشاورزی علت مصرف برق سرانه نیست |
| رد نمی‌شود             | مصرف انرژی سوخت علت مصرف ماشین آلات کشاورزی نیست | رد نمی‌شود            | مصرف برق سرانه علت مصرف ماشین آلات کشاورزی نیست |
| رد می‌شود              | مصرف کود علت مصرف انرژی سوخت نیست                | رد نمی‌شود            | مصرف کود علت مصرف برق سرانه نیست                |
| رد می‌شود              | مصرف انرژی سوخت علت مصرف کود نیست                | رد می‌شود             | مصرف برق سرانه علت مصرف کود نیست                |
| رد نمی‌شود             | تولید غلات علت مصرف انرژی سوخت نیست              | رد می‌شود             | تولید غلات علت مصرف برق سرانه نیست              |
| رد می‌شود              | مصرف انرژی سوخت علت تولید غلات نیست              | رد نمی‌شود            | مصرف برق سرانه علت تولید غلات نیست              |
| رد نمی‌شود             | سطح زیرکشت آبی علت مصرف انرژی سوخت نیست          | رد نمی‌شود            | سطح زیرکشت آبی علت مصرف برق سرانه نیست          |
| رد نمی‌شود             | مصرف انرژی سوخت علت سطح زیرکشت آبی نیست          | رد نمی‌شود            | مصرف برق سرانه علت سطح زیرکشت آبی نیست          |
| رد می‌شود              | تولید دام علت مصرف انرژی سوخت نیست               | رد می‌شود             | تولید دام علت مصرف برق سرانه نیست               |
| رد نمی‌شود             | مصرف انرژی سوخت علت تولید دام نیست               | رد نمی‌شود            | مصرف برق سرانه علت تولید دام نیست               |
| رد نمی‌شود             | ارزش افزوده بخش کشاورزی علت مصرف انرژی سوخت نیست | رد می‌شود             | ارزش افزوده بخش کشاورزی علت مصرف برق سرانه نیست |
| رد می‌شود              | مصرف انرژی سوخت علت ارزش افزوده بخش کشاورزی نیست | رد نمی‌شود            | مصرف برق سرانه علت ارزش افزوده بخش کشاورزی نیست |
| رد نمی‌شود             | ارزش افزوده بخش صنعت علت مصرف انرژی سوخت نیست    | رد نمی‌شود            | ارزش افزوده بخش صنعت علت مصرف برق سرانه نیست    |
| رد نمی‌شود             | مصرف انرژی سوخت علت ارزش افزوده بخش صنعت نیست    | رد می‌شود             | مصرف برق سرانه علت ارزش افزوده بخش صنعت نیست    |

