

## بررسی تأثیر مصرف برق بر تولید کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر (رویکرد داده‌های تابلویی پویا)<sup>۱</sup>

موسی خوشکلام خسروشاهی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۷

### چکیده

تأمین انرژی بویژه انرژی الکتریکی یکی از مهم‌ترین نهادهای مورد نیاز کارگاه‌های صنعتی کشور جهت ایفای نقش آنها در رشد و توسعه صنعتی است. هدف مقاله حاضر بررسی رابطه بین مصرف برق و مقدار تولید کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر کشور طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۴ با استفاده از داده‌های تابلویی پویا (روش تخمین GMM) است. بدین منظور از آمارهای ۱۵ کارگاه صنعتی در کدهای دو رقمی ISIC/استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که اولاً، تأثیر تمامی متغیرها شامل تعداد شاغلان کارگاه‌های صنعتی، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص و مصرف برق بر مقدار تولید کارگاه‌های صنعتی مثبت و معنی‌دار است؛ ثانیاً، ضریب مربوط به تعداد شاغلان از ضرایب دو متغیر دیگر بیشتر بوده که نشان از کاربرد بودن صنایع دارد؛ ثالثاً، کشش کوتاه‌مدت و بلندمدت مربوط به مصرف برق به ترتیب برابر

۱. شناسه دیجیتال (DOI): 10.22051/edp.2018.17427.1118

۲. استادیار دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه الزهرا (س)؛ [m.khosroshahi@alzahra.ac.ir](mailto:m.khosroshahi@alzahra.ac.ir)

با ۰,۱۷ و ۰,۳۰ می‌باشد؛ به این معنی که افزایش ۱ درصدی مصرف برق در کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر باعث می‌شود تا در کوتاه‌مدت و بلندمدت تولید آنها به ترتیب معادل ۰,۱۷ و ۰,۳۰ درصد افزایش یابد.

**واژگان کلیدی:** مصرف برق، اقتصاد ایران، داده‌های تابلویی، کارگاه‌های صنعتی

طبقه‌بندی JEL: C01, C32, Q43

## ۱. مقدمه

توسعه صنعتی به عنوان یکی از نیروهای محرک هر اقتصادی برای گذار از وضعیت غیرصنعتی به وضعیت صنعتی مطرح است. برای نیل به این مقصود، عوامل مشخصی بایستی وجود داشته باشند که یکی از مهم‌ترین آنها عبارت از در دسترس بودن منابع انرژی و به اندازه کافی بودن این منابع برای تأمین تقاضای بخش صنعت است. در ایران نیز، انرژی یکی از مهم‌ترین نهاده‌هایی است که در کنار سایر عوامل در رشد و توسعه اقتصادی و صنعتی بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

انرژی به طور عام و انرژی الکتریسیته به طور خاص نقش مهمی در زنجیره عرضه<sup>۱</sup>، چه به عنوان کالای نهایی برای استفاده توسط مصرف‌کنندگان و چه، به عنوان نهاده واسطه‌ای برای به کارگیری توسط صنایع جهت تولید کالاها و خدمات دارد (صبری و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲). به کارگیری انرژی به صورت تجمیع‌شده<sup>۳</sup> نمی‌تواند میزان وابستگی تولید در صنایع مختلف را به نوع خاصی از انرژی نمایان سازد، درحالی‌که به کارگیری انرژی به صورت جزئی<sup>۴</sup> از این مزیت برخوردار است. رابطه بین مصرف انرژی و رشد تولید صنایع (و یا رشد اقتصادی) زمانی می‌تواند به طور مؤثرتری مورد ارزیابی قرار گیرد که انرژی به صورت جزئی (و نه به صورت تجمیع شده) همراه با سایر شاخص‌های اقتصادی از قبیل رشد اقتصادی و تولید صنایع مورد بررسی قرار گیرد (صبری و همکاران، ۲۰۱۲).

اقبال عمومی کشورهای مختلف جهان به سمت انرژی‌های باکیفیت‌تر (مانند برق) موجب رشد قابل توجهی در مصرف این‌گونه انرژی‌ها شده است؛ به طوری که بر اساس آمارهای ارائه شده توسط اداره اطلاعات انرژی آمریکا<sup>۵</sup>، رشد مصرف برق تا سال ۲۰۳۰ به طور متوسط سالیانه ۲/۷ درصد پیش‌بینی می‌شود. در ایران نیز آمارها نشان می‌دهند که مصرف برق در بخش‌های

- 
1. Supply Chain
  2. Sebri *et al.*
  3. Aggregated Energy
  4. Disaggregated Energy
  5. Energy information Administration (EIA)

مختلف بویژه بخش صنعت روندی صعودی داشته، به طوری که طبق آخرین آمارهای شرکت توانیر<sup>۱</sup>، رشد مصرف برق بخش صنعت در سال ۱۳۹۵ نسبت به ۱۳۹۴ برابر با ۶/۳ درصد بوده و در دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ نیز به طور متوسط سالیانه ۵/۴ درصد مصرف برق بخش صنعت رشد داشته است. با توجه به گرایش روزافزون صنایع به مصرف انرژی باکیفیت برق به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید، سؤال مطرح این است که مصرف برق در صنایع مختلف کشور چه تأثیری بر ستانده این صنایع دارد؟ بررسی چنین ارتباطی باعث می‌شود تا بتوان با به کارگیری سیاست‌های خاص هر نوع انرژی (برق)، تولید صنعتی و مشارکت آن در تولید کل اقتصاد را ارتقاء بخشید. از این رو با استفاده از مدل داده‌های تابلویی پویا<sup>۲</sup> برای دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۴<sup>۳</sup>، رابطه بین مصرف برق و ستانده کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر<sup>۴</sup> (بر حسب کدهای دو رقمی ISIC Rev 3<sup>۵</sup>) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به هدف تحقیق، ساختار ادامه مقاله به این ترتیب است که در بخش دوم مروری بر ادبیات نظری و تجربی، و در بخش سوم حقایق آشکار شده آورده شده است. در بخش بعد به تصریح مدل و برآورد آن پرداخته شده و بخش پنجم نیز مربوط به نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی است.

## ۲. مروری بر ادبیات

### ۲-۱. ادبیات نظری

رابطه بین مصرف انرژی و رشد تولید، موضوع بسیاری از مطالعات خارجی و داخلی بوده، به طوری که به لحاظ تئوریک چهار فرضیه در مورد رابطه بین این دو وجود دارد که عبارتند از:

**الف) فرضیه رشد:** این فرضیه بیان می‌کند که مصرف انرژی توضیح‌دهنده رشد تولیدات بوده و کشورهای وابسته به انرژی با کاهش آن، رشد تولیدات‌شان با کاهش مواجه می‌شود.

**ب) فرضیه صرفه‌جویی:** بر مبنای این فرضیه، سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی که برای کاهش مصرف انرژی و کاهش تلفات انرژی طراحی شده‌اند، تولید حقیقی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند. مطابق این فرضیه، علیت یکطرفه از رشد تولیدات به مصرف انرژی است.

---

۱. آمار صنعت برق، شرکت توانیر

2. Dynamic Panel Data

۳. قابل ذکر است که برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از "نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر" که توسط مرکز مرکز آمار ایران انجام می‌گیرد، بهره گرفته شده است. با توجه به اینکه در زمان نگارش این مقاله، آمار مربوط به طرح مذکور تا انتهای سال ۱۳۹۳ موجود است لذا دامنه آماری تا سال ۱۳۹۳ در نظر گرفته شده است.

۴. فهرست کارگاه‌ها در ادامه آورده شده است.

5. International Standard Industrial Classification (ISIC)

6. Growth hypothesis

ج) فرضیه بازخورد<sup>۲</sup>: این فرضیه بیان می‌کند که وابستگی متقابل بین مصرف انرژی و رشد تولیدات وجود دارد.

د) فرضیه خنثایی<sup>۳</sup>: این فرضیه بیان می‌کند که رابطه علیتی بین مصرف انرژی و رشد تولیدات وجود ندارد. بنابراین سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی تأثیری بر رشد تولیدات نداشته و رشد تولیدات نیز تأثیری بر مصرف انرژی ندارد (اصلان و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳). با توجه به همین دیدگاه‌های متفاوت است که نتایج مطالعات کاربردی در مورد رابطه بین مصرف انرژی و رشد تولید گاهی متفاوت از هم هستند.

در رابطه با مکانیزم اثرگذاری مصرف برق بر تولید (با توجه به اینکه برق به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع انرژی در مطالعه حاضر مورد توجه است)، باید اشاره کرد که بر مبنای قانون دوم ترمودینامیک، تغییر رفتار در هر سیستم نیازمند حداقلی از انرژی (از جمله برق) است و بنابراین محدودیت‌هایی در جانشینی سایر نهاده‌های تولیدی با انرژی وجود دارد. با توجه به اینکه همه روش‌های تولید با تبدیل نهاده‌ها به ستانده سروکار دارند، لذا به این معنی است که همه این انواع تبدیلات نیازمند انرژی و از جمله برق هستند. در همین زمینه، استرن و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۴) بیان می‌کنند که چون هر فرایند تولیدی نیازمند انواع حامل‌های انرژی از جمله برق است، لذا برق در کنار سایر حامل‌های انرژی عامل اساسی در فرایند تولید بوده و رشد آن یکی از مهم‌ترین عوامل رشد تولید است. از نظر آنها نیروی کار و سرمایه عوامل واسطه‌ای هستند که برای به کارگیری، به انرژی نیاز دارند و به کارگیری انرژی در کنار سایر عوامل تولید باعث افزایش بهره‌وری آنها و نهایتاً افزایش تولید می‌شود. اقتصاددانان اکولوژیست نیز معتقدند که انرژی یک عامل ضروری برای تولید است. مطالعه حاضر از تئوری رشد نئوکلاسیکی در فرم رایج آن (تابع تولید کاب-داگلاس) بهره می‌گیرد. لذا داریم:

$$Y = A.Lab^{\beta_1}.Cap^{\beta_2} \quad (1)$$

در رابطه (۱)،  $Y$  کل تولید،  $Lab$  نیروی کار،  $Cap$  سرمایه و  $A$  پیشرفت تکنولوژیکی است. با توجه به اینکه  $A$  به طور درونزا در مدل رشد تعیین می‌شود، لذا به نظر می‌رسد که به نوعی مرتبط با انرژی باشد. دلیل این امر آن است که حصول تکنولوژی به ازای هر واحد زمان نیازمند صرف انرژی است. در این زمینه، تکنولوژی مربوط به تأسیسات، ماشین‌آلات و تجهیزات بوده و بدون عرضه انرژی به مقدار کافی، چنین انباشت تکنولوژیکی میسر نخواهد شد. این نکته سازگار با قانون ترمودینامیک است که بر طبق آن هیچ تولیدی میسر نخواهد شد، مگر آنکه تبدیل انرژی صورت گیرد. بنابراین از زاویه رویکرد تئوریک مربوط به مدل رشد نئوکلاسیکی،

1. Conservation hypothesis
2. Feedback hypothesis
3. Neutrality hypothesis
4. Aslan *et al.*
5. Stern *et al.*

انرژی می‌تواند به عنوان یکی از عوامل تولید در معادله تولید وارد شود. بر این مبنا مدل مطالعه حاضر عبارت خواهد بود از:

$$Y = f(A, Lab, cap, E) \quad (2)$$

که در آن، E مصرف انرژی است. کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در ایران از انواع حامل‌های انرژی شامل نفت سفید، گازوئیل، گاز طبیعی، گاز مایع، بنزین، نفت سیاه و نفت کوره و برق در فرایند تولید ستانده استفاده می‌کنند که در بین انواع حامل‌های انرژی، برق بیشترین تنوع مصرفی را داشته و با کاهش هزینه در سرمایه‌گذاری صنایع، باعث رشد و توسعه صنعتی می‌شود. همچنین به دلیل کارایی طبیعی و پاکی و نقل و انتقال آسان، استفاده بیشتر از آن همواره مورد توجه بوده است. با توجه به اینکه هدف خاص این مقاله عبارت از بررسی رابطه بین مصرف برق و تولیدات کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر است، لذا مدل کاربردی به صورت زیر تعدیل می‌شود.

$$Out_{it} = A.(Lab_{it})^{\beta_1} .(Cap_{it})^{\beta_2} .(Elc_{it})^{\beta_3} \quad (3)$$

که در آن، اندیس i نماد هر کدام از کارگاه‌های صنعتی، t نماد سال و  $Out_{it}$  نشان‌دهنده ستانده کارگاه صنعتی  $t$ ام در سال  $t$ ام،  $Lab_{it}$  نشان‌دهنده نیروی کار شاغل در کارگاه صنعتی  $t$ ام در سال  $t$ ام،  $Cap_{it}$  نشان‌دهنده تشکیل سرمایه ثابت ناخالص در کارگاه صنعتی  $t$ ام در سال  $t$ ام و  $Elc_{it}$  نشان‌دهنده مصرف برق در کارگاه صنعتی  $t$ ام در سال  $t$ ام می‌باشد. با لگاریتمی خطی کردن رابطه (۳)، رابطه (۴) به دست می‌آید:

$$LOut_{it} = \beta_0 + \beta_1 LLab_{it} + \beta_2 LCap_{it} + \beta_3 LElc_{it} + u_{it} \quad (4)$$

در این رابطه، پارمترهای  $\beta$  باید برآورد شوند و  $u$  نیز جزء خطا است. با توجه به قانون ترمودینامیک که هیچ تولیدی بدون تبدیل انرژی امکان‌پذیر نیست، لذا انتظار بر این است که رابطه بین انرژی و تولیدات صنعتی مثبت باشد.

در این مطالعه بر مبنای مدل رشد نئوکلاسیکی و برای بررسی رابطه مصرف برق با تولیدات کارگاه‌های صنعتی کشور، از داده‌های سری زمانی برای ۱۵ کارگاه صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر (کدهای دو رقمی ISIC) طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۴ استفاده شده است. همه داده‌های مورد استفاده شامل ستانده کارگاه‌های صنعتی به قیمت ثابت، مصرف انرژی کارگاه‌های صنعتی، تعداد نیروی کار شاغل در کارگاه‌ها و تشکیل سرمایه ثابت ناخالص به قیمت ثابت از "نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر"<sup>۱</sup> که توسط

۱. از مهم‌ترین اهداف طرح مذکور که از سال ۱۳۵۱ اجرا می‌شود، تهیه زمینه اطلاعاتی مناسب از ویژگی‌های کارگاه‌های صنعتی، جهت برنامه‌ریزی توسعه صنعتی و اتخاذ سیاست‌های اقتصادی مناسب است. جامعه آماری این طرح شامل تمامی کارگاه‌های صنعتی واقع در نقاط شهری و روستایی کشور است. اطلاعات کارگاه‌های صنعتی ۱۰-۴۹ نفر کارکن بصورت نمونه‌گیری و اطلاعات کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارکن و بیشتر بصورت تمام‌شماری جمع‌آوری می‌شوند.

مرکز آمار ایران صورت می‌گیرد، گرفته شده‌اند. جدول (۱) نشان‌دهنده فهرست کارگاه‌های صنعتی می‌باشد که از آمارهای آنها در برآورد مدل استفاده شده است.

جدول ۱. فهرست کارگاه‌های صنعتی منتخب

ردیف	نام کارگاه	کد ISIC Rev 3
۱	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۱۵
۲	تولید منسوجات	۱۷
۳	تولید چوب و محصولات چوبی	۲۰
۴	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۲۱
۵	صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاه‌های نفت	۲۳
۶	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۲۴
۷	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۲۵
۸	تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	۲۶
۹	تولید فلزات اساسی	۲۷
۱۰	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین‌آلات و تجهیزات	۲۸
۱۱	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده	۲۹
۱۲	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق	۳۱
۱۳	تولید رادیو و تلویزیون، دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی	۳۲
۱۴	تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم‌تریلر	۳۴
۱۵	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده	۳۶

مأخذ: مرکز آمار ایران

برای برآورد مدل اقتصادسنجی پانل دیتای فوق‌الذکر از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. علت به کارگیری روش GMM این است که روش مذکور از جمله روش‌های مناسب اقتصادسنجی برای حل یا کاهش مشکل درونزا بودن متغیرهای کنترل و همبستگی بین متغیرهای کنترل با دیگر متغیرهای توضیحی است. ضمن اینکه، در معادلاتی که در تخمین آنها اثرات غیرقابل مشاهده خاص هر مقطع و وجود متغیر وابسته با وقفه در بین متغیرهای توضیحی می‌توانند مشکل‌ساز باشند، از تخمین زن GMM استفاده می‌شود.

به کارگیری روش GMM در برآورد مدل پانل دیتا برای نخستین بار توسط کاسلی و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۶) در تخمین مدل‌های رشد اقتصادی انجام گرفت. برای اینکه نتایج مربوط به تخمین GMM از نقطه نظر پایداری قابل اطمینان باشد، می‌باید تعداد مشاهدات به اندازه کافی بزرگ باشد، زیرا ممکن است با تعداد کم مشاهدات و به دلیل تورش زیاد، تفسیر نتایج

1. Generalized Method of Moment (GMM)

2. Caselli *et al.*

مشکل باشد. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر دوره زمانی ۲۰ سال می‌باشد، لذا انتظار بروز چنین مشکلی وجود ندارد.

## ۲-۲. ادبیات تجربی

بررسی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، موضوع بسیاری از مطالعات خارجی و داخلی بوده است. در مورد رابطه بین مصرف انرژی (به صورت تجمیع‌شده) و رشد بخش صنعت<sup>۱</sup> نیز مطالعات متعدد خارجی و مطالعات محدودی در داخل کشور انجام گرفته است، اما راجع به رابطه بین مصرف برق (انرژی تجمیع‌نشده) و تولید کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در اقتصاد ایران مطالعه‌ای صورت نگرفته و مقاله حاضر اولین مطالعه‌ای است که انجام شده است.

در مطالعات خارجی، بخت و هارون<sup>۲</sup> (۲۰۱۲) رابطه علیت بین مصرف انرژی و تولید صنعتی را برای دوره ۲۰۰۹-۱۹۷۸ در اقتصاد مالزی بررسی کردند و نشان دادند که علیت یک‌طرفه در بلندمدت از مصرف انرژی به تولید صنعتی وجود دارد؛ به‌طوری‌که انرژی نقش مهمی را در تولیدات صنعتی مالزی ایفا می‌کند.

قاضی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) با رویکرد VAR طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۷۲ نشان دادند که رابطه تعادلی بلندمدت بین دو متغیر مصرف انرژی و تولید صنعتی در پاکستان وجود دارد؛ به طوری که مصرف انرژی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید بخش صنعت دارد.

ابید و مریحی<sup>۴</sup> (۲۰۱۵) با روش علیت گرنجر برای دوره زمانی ۲۰۰۷-۱۹۸۰ در کشور تونس نشان دادند که در کوتاه‌مدت، رابطه علیت از تولید صنعت به مصرف انرژی وجود داشته، در حالی که هیچ رابطه علیتی بین مصرف انرژی و تولید صنعت در بلندمدت تأیید نمی‌شود.

برنارد و اولدار<sup>۵</sup> (۲۰۱۶) در مطالعه خود به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و ستانده بخش صنعت در کشور نیجریه پرداختند. نتایج این مطالعه که با روش ECM و برای دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۹۸۰ انجام شده است، نشان می‌دهد که در بلندمدت رابطه مثبت و معنی‌داری بین مصرف انرژی و ستانده بخش صنعت در اقتصاد نیجریه وجود دارد.

در مطالعات داخلی، فطرس و منصوری (۱۳۸۸) به بررسی رابطه بین مصرف حامل‌های انرژی و ارزش افزوده بخش صنعت ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۴۶ و با استفاده از روش علیت تودا-یاماموتو پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که رابطه علی دوطرفه بین مصرف انرژی و

---

۱. در مطالعات مختلف بخش صنعت بصورت کلی (حالت تجمیعی) مورد بررسی بوده و به تفکیک کارگاه‌های صنعتی بررسی نشده است.

2. Bekhet & Harun

3. Qazi *et al.*

4. Abid & Mraih

5. Bernard & Oludare

۵۰ / بررسی تأثیر مصرف برق بر تولید کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر (رویکرد داده‌های تابلویی پویا)

ارزش افزوده بخش صنعت و همچنین رابطه علی یک‌طرفه از ارزش افزوده بخش صنعت به مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی وجود دارد.

صادقی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه خود برای دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۴ نشان دادند که بین ارزش تولیدات صنعتی و انرژی مصرفی رابطه علی یک‌طرفه از سوی انرژی مصرفی به ارزش تولیدات صنعتی وجود دارد.

جعفری صمیمی و محمدی (۱۳۹۳) با استفاده از آزمون کرانه‌ای هم‌انباشتگی و برای دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۵۷ نشان دادند که رابطه علیت یک طرفه از سمت تولید ناخالص سرانه به مصرف انرژی سرانه و انتشار کربن سرانه وجود دارد.

نتایج مطالعه لطفعلی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) برای دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۰ نشان می‌دهند که بین مصرف انرژی، صادرات و رشد اقتصادی رابطه علیت کوتاه‌مدت و بلندمدت قوی دوطرفه وجود دارد.

با توجه به ادبیات تجربی ملاحظه گردید که اولاً، بسیاری از مطالعات خارجی و داخلی از روش‌هایی همچون علیت گرنجر، ECM، VECM، VAR و یا ARDL استفاده کرده‌اند؛ ثانیاً، مطالعات مختلف تمرکز خود را بر رابطه متقابل بین مصرف انرژی با رشد اقتصادی و یا رابطه متقابل بین مصرف انرژی و رشد بخش صنعت قرار داده و به تفکیک صنایع تولیدی مختلف مطالعه‌ای انجام نشده است. بنابراین مقاله حاضر در عین حال که به بررسی رابطه بین مصرف برق و ستانده کارگاه‌های صنعتی کشور می‌پردازد، از روش داده‌های تابلویی پویا استفاده می‌کند که قبلاً در مطالعات مرتبط با این حوزه به کار گرفته نشده است.

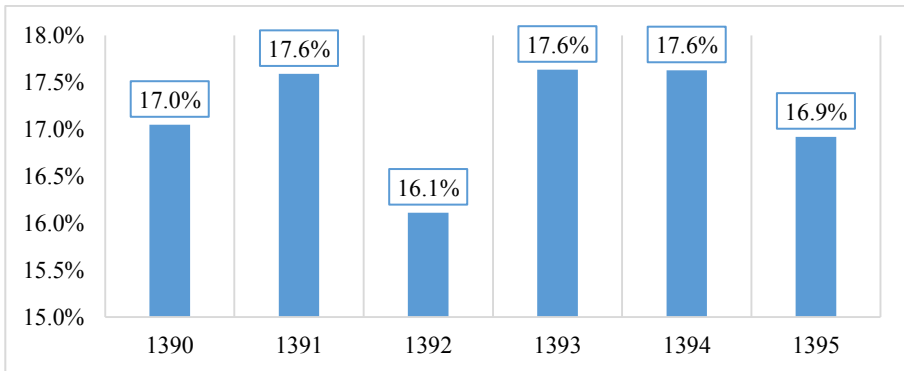
### ۳. حقایق آشکار شده

کارگاه‌های صنعتی و به تبع آنها بخش صنعت<sup>۱</sup>، اهمیتی بسیار زیاد در روند رشد و توسعه اقتصادی کشور دارند به طوری که صنعت به عنوان موتور رشد اقتصادی و انباشت سرمایه شناخته می‌شود (اژدری و حیدری، ۱۳۹۴). یکی از شاخص‌هایی که حاکی از اهمیت بخش صنعت می‌باشد، سهم این بخش از تولید ناخالص داخلی کشور است. نمودار (۱) نشان‌دهنده سهم ارزش افزوده بخش صنعت از کل ارزش افزوده کشور طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۹۰ است. ملاحظه می‌گردد که بخش صنعت همواره سهمی حدود ۱۷ درصد از کل تولید کشور را داشته و تنها در ۱۳۹۲ تا حدودی شاهد کاهش سهم این بخش هستیم که آن نیز ناشی از تحریم‌ها و رکود اقتصادی بوده است.

---

۱. منظور از صنعت، Manufacturing (ساخت) است.



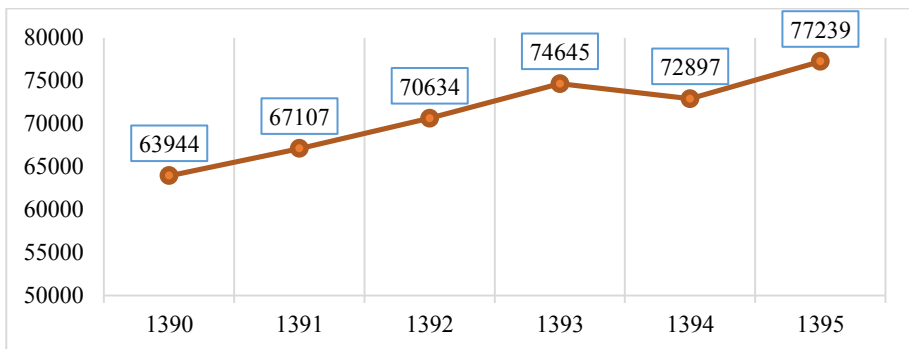


### نمودار ۱. سهم ارزش افزوده صنعت

از تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت (درصد)

مأخذ: حساب‌های ملی فصلی مرکز آمار ایران (۱۰۰=۱۳۹۰)

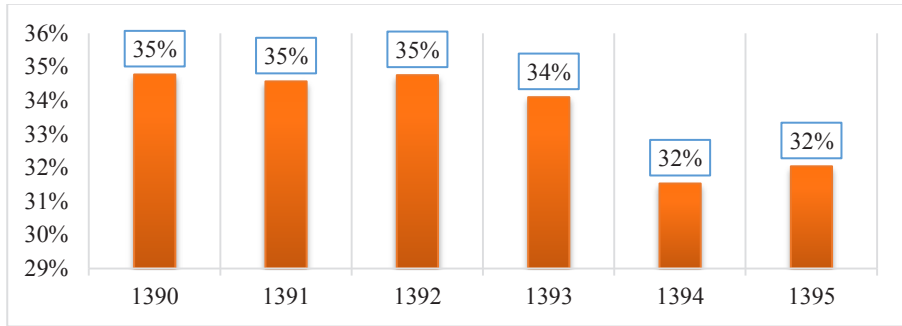
نمودار (۲) روند مصرف برق بخش صنعت را طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۹۰ به تصویر کشیده، به طوری که روند مذکور همواره صعودی بوده و تنها در سال ۱۳۹۴ اندکی کاهش یافته است. مصرف برق در بخش صنعت از ۶۳۹۴۴ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۹۰ به ۷۷۲۳۹ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است.



### نمودار ۲. روند مصرف برق در بخش صنعت (میلیون کیلووات ساعت)

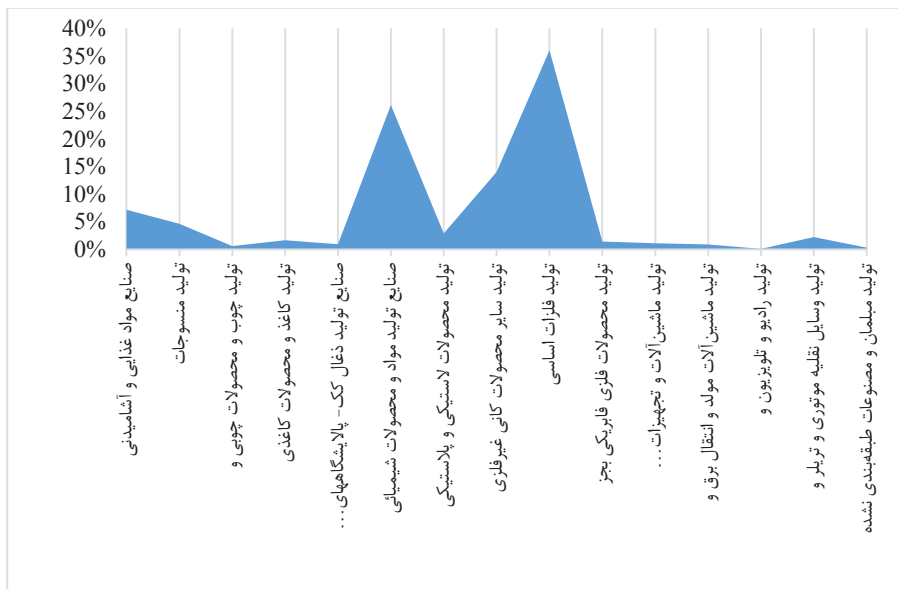
مأخذ: آمار صنعت برق (شرکت توانیر)

نمودار (۳) سهم بخش صنعت از کل مصرف برق در کشور را طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۹۰ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که بخش صنعت طی دوره مورد بررسی همواره سهمی بالغ بر ۳۰ درصد از کل مصرف برق کشور را داشته که نشان از اهمیت فراوان مصرف برق در بخش صنعت برای تولید انواع محصولات صنعتی است. بخش خانگی با سهمی حدود ۳۰ درصد از کل مصرف برق کشور، در کنار بخش صنعت قرار دارد.



نمودار ۳. سهم مصرف برق بخش صنعت از کل مصرف برق کشور (درصد)  
 مأخذ: آمار صنعت برق (شرکت توانیر)

نمودار (۴) نشان‌دهنده سهم مصرف برق کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر از کل مصرف برق در بخش صنعت کشور در سال ۱۳۹۳ است. با توجه به نمودار ملاحظه می‌گردد که در بین ۱۵ کارگاه‌های صنعتی آورده شده در نمودار، صنایع "تولید فلزات اساسی" با سهمی در حدود ۳۶ درصد در رتبه نخست قرار داشته و بعد از آن نیز صنایع "تولید مواد و محصولات شیمیایی" و صنایع "تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی" با سهم‌هایی به ترتیب برابر با ۲۶ و ۱۴ درصد در رده‌های دوم و سوم قرار دارند.



نمودار ۴. سهم مصرف برق کارگاه‌های صنعتی  
 از کل مصرف برق بخش صنعت در سال ۱۳۹۳ (درصد)  
 مأخذ: نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ کارکن و بیشتر در سال ۱۳۹۳

#### ۴. تصریح و برآورد مدل

همان‌طور که در ادبیات نظری بیان گردید، در مقاله حاضر برای بررسی تأثیر مصرف برق بر ستانده کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر از مدل زیر استفاده می‌شود:

$$LQ_{it} = \beta_0 + \beta_1 LLab_{it} + \beta_2 LCap_{it} + \beta_3 LElc_{it} + u_{it}$$

#### ۴-۱. مراحل برآورد مدل و آزمون‌های آماری

برای برآورد مدل مراحل ذیل به ترتیب انجام می‌گیرند که عبارتند از آزمون F لیمر، آزمون ریشه واحد برای تعیین مانایی متغیرها، آزمون هم‌انباشتگی بین متغیرها و برآورد مدل و انجام آزمون‌های سارگان و آرلانو-باند. در اولین گام برای بررسی اینکه آیا مدل از نوع Pooled (مدلی مقید با قید برابری عرض از مبدأهای مقاطع) یا Panel (مدلی غیرمقید با عرض از مبدأهای متفاوت مقاطع) است، از آزمون F لیمر استفاده می‌شود. آماره مربوط به این آزمون عبارت است از:

$$F = \frac{(R^2_{UR} - R^2_R)/(N-1)}{(1 - R^2_{UR})/(NT - N - K)} \quad (5)$$

که در آن، N تعداد مقاطع، T دوره زمانی، K تعداد متغیرهای توضیحی،  $R^2_{UR}$  مربوط به مدل نامقید و  $R^2_R$  مربوط به مدل مقید است. در ادامه، آزمون ریشه واحد مربوط به هر کدام از متغیرها انجام می‌گیرد که برای این منظور از آزمون ایم، پسران و شین (IPS)<sup>۱</sup> و همچنین آزمون لوین، لیم و چو (LLC)<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. در صورت تأیید وجود ریشه واحد در متغیرهای مورد بررسی، می‌باید آزمون هم‌انباشتگی پانل برای بررسی ارتباط بلندمدت بین متغیرها انجام گیرد. برای این منظور، از آزمون پدرونی<sup>۳</sup> استفاده می‌شود. آزمون پدرونی از هفت آماره برای انجام هفت آزمون استفاده می‌کند. چهار مورد از آنها بر مبنای آزمون‌های درون‌گروهی بوده و سه مورد دیگر بر مبنای آزمون‌های بین‌گروهی هستند. نهایتاً بعد از برآورد مدل، دو آزمون سارگان<sup>۴</sup> و آرلانو-باند<sup>۵</sup> نیز انجام می‌شود، به طوری که در آزمون سارگان عدم همبستگی متغیرهای ابزاری با پسماندها بررسی شده و در آزمون آرلانو-باند نیز همبستگی پسماندهای مرتبه اول و مرتبه دوم بررسی می‌شود.

#### ۴-۲. آزمون‌های آماری، برآورد مدل و تفسیر نتایج

در این بخش، ابتدا برای آزمون برابری عرض از مبدأ کارگاه‌های صنعتی از آزمون F لیمر استفاده

---

1. Im, Pesaran & Shin (IPS)  
 2. Levin, Linn & Chu(LLC)  
 3. Pedroni Test  
 4. Sargan Test  
 5. Arellano Bond Test

می‌گردد. نتایج این آزمون در جدول (۲) آورده شده است. ملاحظه می‌گردد که فرضیه صفر مبنی بر برابری عرض از مبدأ بین مقاطع مختلف رد شده و باید از مدل داده‌های تابلویی بهره گرفت.

جدول ۲. نتایج آزمون F لیمر

سطح احتمال	آماره	آزمون
۰/۰۰	۵/۸۴	آزمون F لیمر

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با استفاده از نرم‌افزار Eviews 9

قبل از اینکه مدل مورد برآورد قرار گیرد، می‌باید اطمینان حاصل شود که مدل مورد برآورد ساختگی نبوده و نتایج آن قابل اعتماد هستند. برای این منظور باید مانایی متغیرها مورد بررسی قرار گیرد که از دو آزمون ایم، پسران و شین و همچنین لوین، لیم و چو استفاده گردیده و وقفه‌های بهینه نیز با معیار شوارتز<sup>۱</sup> تعیین شده‌اند. هر دو آزمون مورد بررسی با عرض از مبدأ و بدون روند بوده‌اند. با توجه به نتایج جدول (۳) ملاحظه می‌گردد که بر مبنای آزمون IPS، متغیرهای Lout و LLab در سطح نامانا بوده و تفاضل مرتبه اول آنها مانا است در حالی که دو متغیر دیگر یعنی Lcap و Lelc در سطح مانا هستند. بر مبنای آزمون LLC نیز متغیرهای Lout، LLab و Lelc در سطح مانا بوده و تنها متغیر Lcap در سطح نامانا بوده و تفاضل مرتبه اول آن مانا است.

بعد از انجام آزمون ریشه واحد، ملاحظه می‌گردد که برخی از متغیرها در سطح و برخی نیز در تفاضل مرتبه اول مانا هستند، لذا می‌باید بررسی کرد که آیا جمله اخلاص مدل دارای ریشه واحد است یا نه؟ به عبارت دیگر، رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل وجود دارد یا نه؟ در صورتی که جمله اخلاص مدل مانا بوده و دارای ریشه واحد نباشد، رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل تأیید شده و بدون نگرانی از رگرسیون کاذب می‌توان مدل را برآورد کرد (اندرس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳).

جدول (۴) نتایج آزمون هم‌انباشتگی پدرونی<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) با وجود عرض از مبدأ بین متغیرهای مدل را نشان می‌دهد. در آزمون پدرونی، فرضیه صفر عبارت از عدم هم‌انباشتگی (عدم وجود رابطه تعادلی بلندمدت) بین متغیرها است. همان‌طور که در جدول (۴) ملاحظه می‌گردد، فرضیه صفر مبنی بر عدم هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل رد شده و رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها در دو آماره پانل PP و پانل ADF و دو آماره گروهی PP و ADF در سطح اطمینان ۹۹ درصد پذیرفته شده است.

1. Schwarz  
2. Enders  
3. Pedroni

جدول ۳. نتایج آزمون ریشه واحد

متغیرها	آماره آزمون IPS در سطح	آماره آزمون IPS با تفاضل مرتبه اول	درجه مانایی
Lout	-۰/۴۶ (۰/۳۲)	-۹/۷۹ (۰/۰۰)	I (1)
LLab	-۰/۲۳ (۰/۴۱)	-۱۲/۷ (۰/۰۰)	I (1)
LCap	-۲/۵۶ (۰/۰۰)	-	I (0)
LElc	-۲/۶۰ (۰/۰۰)	-	I (0)

متغیرها	آماره آزمون LLC در سطح	آماره آزمون LLC با تفاضل مرتبه اول	درجه مانایی
Lout	-۳/۰۲ (۰/۰۰)	-	I (0)
LLab	-۴/۵۳ (۰/۰۰)	-	I (0)
LCap	۱/۶۸ (۰/۹۵)	-۵/۵۰ (۰/۰۰)	I (1)
LElc	-۲/۲۷ (۰/۰۱)	-	I (0)

مأخذ: یافته‌های تحقیق اعداد داخل پرانتز بیانگر سطح احتمال

جدول ۴. نتایج آزمون هم‌انباشتگی پانل

آزمون Pedroni (۲۰۰۴)		
وزنی	-	آماره
آماره‌های درون گروهی		
(۰/۳۰) ۰/۵۰	(۰/۱۹) ۰/۴۲	Panel v-Statistic
(۰/۲۳) ۰/۵۹	(۰/۲۹) -۰/۵۴	Panel rho-Statistic
(۰/۰۳) -۱/۷۵	(۰/۰۰) -۹/۰۰	Panel PP-Statistic
(۰/۰۱) -۲/۲۴	(۰/۰۰) -۷/۸۲	Panel ADF-Statistic
آماره‌های بین گروهی		
-	(۰/۹۶) ۱/۷۸	Group rho-Statistic
-	(۰/۰۰) -۳/۲۵	Group PP-Statistic
-	(۰/۰۰) -۲/۶۸	Group ADF-Statistic

مأخذ: محاسبات تحقیق

\* اعداد داخل پرانتز، سطح احتمال

با توجه به نتایج جدول (۴) و وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها، مدل برآورد شده و جدول (۵) حاوی نتایج مربوط به تخمین مدل به روش GMM است.

**جدول ۵. نتایج برآورد مدل (روش GMM)**

متغیر	ضریب	آماره	احتمال
Lout(-1)	۰/۴۳	۱۶/۸۴	۰/۰۰۰۰
LLab	۰/۸۲	۱۶/۲۸	۰/۰۰۰۰
LCap	۰/۰۴	۴/۰۳	۰/۰۰۰۱
LElc	۰/۱۷	۸/۱۱	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق با استفاده از نرم‌افزار 9 Eviews

با توجه به نتایج جدول (۵) ملاحظه می‌گردد که تمامی ضرایب مدل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار هستند. با توجه به لگاریتمی بودن متغیرها، ضرایب نشان‌دهنده کشش کوتاه‌مدت هستند. ضریب ۰/۴۳ برای متغیر Lout(-1) به این معنی است که ۱ درصد افزایش در ستانده کارگاه‌های صنعتی در هر سال باعث می‌شود تا ستانده آنها در سال بعد معادل ۰/۴۳ درصد افزایش یابد. همچنین ضرایب ۰/۸۲ و ۰/۰۴ برای متغیرهای LLab و LCap نشان می‌دهند که ۱ درصد افزایش در جمعیت شاغل و حجم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص در کارگاه‌های صنعتی باعث می‌شود تا ستانده آنها در کوتاه‌مدت به ترتیب، معادل ۰/۸۲ و ۰/۰۴ درصد افزایش یابد. ضریب مربوط به متغیر مصرف برق که هدف مقاله نیز بررسی تأثیر آن بر تولید کارگاه‌های صنعتی در اقتصاد ایران می‌باشد، برابر با ۰/۱۷ درصد است. این ضریب به این معنی است که ۱ درصد افزایش در مصرف برق کارگاه‌های صنعتی کشور باعث می‌شود تا تولید آنها در کوتاه‌مدت معادل ۰,۱۷ درصد افزایش یابد.

در صورتی که ضریب مربوط به متغیر Lout(-1) در معادله برآورده شده را با نماد  $\eta$  نشان دهیم، آنگاه با توجه به معادله (۴)، کشش بلندمدت مربوط به مصرف برق به صورت  $\frac{\beta_3}{1-\eta}$  محاسبه شده و برابر با ۰/۳۰ خواهد بود. عدد ۰/۳۰ به این معنی است که ۱ درصد افزایش در مصرف برق کارگاه‌های صنعتی کشور باعث می‌شود تا در بلندمدت تولید آنها معادل ۰/۳۰ درصد افزایش یابد.

**۳-۴. عارضه‌یابی مدل**

برای عارضه‌یابی مدل نیاز است تا از دو آزمون سارگان و آرانو-باند بهره گرفته شود؛ به طوری که در آزمون سارگان عدم همبستگی متغیرهای ابزاری با پسماندها بررسی شده و در آزمون آرانو-باند همبستگی پسماندهای مرتبه اول و مرتبه دوم (اعتبار متغیرهای ابزاری) بررسی می‌شود. سازگاری تخمین‌زننده GMM بستگی به معتبر بودن ابزارهای به‌کار گرفته شده دارد. برای بررسی این موضوع، از آزمون سارگان استفاده می‌شود که در آن، فرضیه صفر عبارت از همبسته نبودن متغیرهای ابزاری با پسماندها است. بر اساس نتایج این آزمون که در جدول (۶)

آورده شده است، فرضیه صفر رد نشده و هیچگونه ارتباطی بین اجزاء خطا و ابزارهای به کار گرفته شده وجود ندارد.

جدول ۶. نتایج آزمون سارگان

احتمال	آماره	مرتبه
۰/۲۸	۱۴/۲۱	آزمون سارگان

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۷) نتایج مربوط به آزمون آرلانو- باند را نشان می‌دهد که مربوط به آزمون همبستگی پسماندهای مرتبه اول و مرتبه دوم است. نتایج نشان می‌دهند که فرض صفر مربوط به خودهمبستگی مرتبه اول رد شده و فرض مربوط به خودهمبستگی مرتبه دوم رد نمی‌شود.

جدول ۷. نتایج آزمون آرلانو-باند

احتمال	مرتبه
۰/۰۰	AR(1)
۰/۳۸	AR(2)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

## ۵. خلاصه، نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

با توجه به اهمیت بخش صنایع کارخانه‌ای در اقتصاد ایران و همچنین اهمیت تأمین منابع انرژی از جمله انرژی الکتریسیته برای این صنایع که نقش بسیار مهمی در رشد و توسعه اقتصادی کشور دارند، در مقاله حاضر به بررسی رابطه بین مصرف برق و تولید کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر (۱۵ کارگاه صنعتی بر حسب کدهای دو رقمی ISIC Rev 3) طی دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۹۳ پرداخته شد. برای انجام تحقیق از مدل داده‌های تابلویی پویا با روش تخمین GMM استفاده گردید.

ضرایب برآورد شده نشان می‌دهند که تمامی متغیرها شامل نیروی کار شاغل در کارگاه‌های صنعتی، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص و مصرف برق آنها دارای تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید کارگاه‌های صنعتی منتخب ده نفر کارکن و بیشتر هستند، به طوری که بیشترین مقدار مربوط به نیروی کار شاغل با ضریب برابر با ۰/۸۲ و کمترین مقدار مربوط به تشکیل سرمایه ثابت ناخالص با ضریب برابر با ۰/۰۴ می‌باشد. با توجه به اینکه متغیرها به صورت لگاریتمی وارد مدل شده‌اند، لذا ضرایب مذکور نشان‌دهنده کشش کوتاه‌مدت هستند. مقایسه ضریب ۰/۸۲ با ۰/۰۴ نشان از آن دارد که صنایع کارخانه‌ای ایران کاربر هستند. ۰/۸۲ به این معنی است که

۵۸ / بررسی تأثیر مصرف برق بر تولید کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر (رویکرد داده‌های تابلویی پویا)

افزایش ۱ درصدی شاغلان کارگاه‌های صنعتی باعث می‌شود تا در کوتاه‌مدت، تولید آنها معادل ۰/۸۲ درصد افزایش یابد.

ضریب مربوط به مصرف برق در مدل برآورد شده برابر با ۰/۱۷ است که نشان از آن دارد که: اولاً، بعد از نیروی کار، مصرف برق بیشترین نقش را در تولید کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر دارد؛ ثانیاً، افزایش ۱ درصدی مصرف برق کارگاه‌های صنعتی باعث می‌شود تا در کوتاه‌مدت تولید آنها معادل ۰/۱۷ درصد افزایش یابد. کشش بلندمدت مربوط به مصرف برق نیز برابر با ۰/۳۰ محاسبه شد.

به عنوان نتیجه‌گیری کلی باید بیان کرد که با توجه به نقش مهم و مؤثر مصرف برق در تولید کارگاه‌های صنعتی کشور، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت پیشنهاد می‌شود تا در سیاست‌های مرتبط با حوزه انرژی (بویژه انرژی الکتریسیته) که در دسترس بودن این نهاد مهم را برای صنایع با مشکل مواجه نماید، احتیاط صورت گیرد؛ زیرا وقوع چنین مشکلی می‌تواند توان تولید کارگاه‌های صنعتی کشور را تحت تأثیر منفی قرار دهد.

## منابع

- آمار صنعت برق، شرکت توانیر.
- اندرس، والتر. (۲۰۰۳). اقتصادسنجی سری زمانی با رویکردی کاربردی. ترجمه مهدی صادقی و سعید شوال‌پور؛ تهران: انتشارات دانشگاه امام صادق (ع).
- اژدری، علی‌اصغر و حیدری، حسن. (۱۳۹۴). دورنمای رشد صنعتی در اقتصاد ایران. مرکز پژوهش‌های مجلس، شماره مسلسل ۱۴۶۰۱.
- جعفری صمیمی، احمد و محمدی، محسن. (۱۳۹۳). رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی: شواهدی جدید در ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، سال چهاردهم، شماره ۲، صص ۲۰-۱.
- صادقی، کمال؛ صنوبر، ناصر؛ بهبودی، داود و دهقانی، علی. (۱۳۹۱). رابطه بین مصرف انرژی و تولید در بخش صنعت ایران. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، سال ششم، شماره ۱، صص ۱۱۰-۹۱.
- فطرس، محمدحسن و منصوری، حامد. (۱۳۸۸). بررسی رابطه علی بین مصرف حامل‌های انرژی و ارزش افزوده در بخش صنعت ایران طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۴۶، *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۶، شماره ۳، صص ۵۳-۲۷.
- لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ مهدوی‌عادلی، محمدحسین و رضایی، حسن. (۱۳۹۵). بررسی رابطه میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و صادرات در بخش صنعت ایران، *فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، سال ششم، شماره ۲۴، صص ۳۴-۱۳.
- نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، سال‌های مختلف، مرکز آمار ایران.



- Abid, M., & Mraih, R. (2015). Energy consumption and industrial production: evidence from Tunisia at both aggregated and disaggregated Levels. *Journal of the Knowledge Economy*, 6(4), 1123-1137.
- Aslan, A., Kum, H., Ocal, O., & Gozbasl, O. (2013). Energy consumption and economic growth: evidence from micro data. *ASBBS Proceedings*, 20(1), 280.
- Bekhet, H. A., & Harun, N. H. B. (2012). Energy essential in the industrial manufacturing in Malaysia. *International Journal of Economics and Finance*, 4(1), 129.
- Bernard, O. A., & Oludare, A. (2016), Is energy consumption relevant to industrial output in Nigeria?, *European Journal of Research in Social Sciences*, Vol. 4, No. 4.
- Caselli, F., Esquivel, G., & Lefort, F. (1996). Reopening the convergence debate: a new look at cross-country growth empirics. *Journal of Economic Growth*, 1(3), 363-389.
- Qazi, A. Q., Ahmed, K., & Mudassar, M. (2012). *Disaggregate energy consumption and industrial output in Pakistan: An empirical analysis* (No. 2012-29). Economics Discussion Papers.
- Seabri, M., & Abid, M. (2012). Energy use for economic growth: Co-integration and causality analysis from the agriculture sector of Tunisia, *Energy Policy*, 48, 711-716.
- Stern, D., & Cleveland, C. (2004). Energy and economic growth. Working Papers in Economics, Rensselaer.
- www.EIA.gov