University of Sistan and Baluchestan

Stable Economy

Online ISSN: 2783 - 1426

Iranian Scientific Social Welfare Association

The Study of Economics-Energy-Environment (3 E) Efficiency in Iranian Industries

Maysam Nasrindoost[1], Mahtab Mehrjouirani[2], Mohammad Ali Falahi [3]

1. Ph.D. Candidate, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: m.nasrindoost@gmail.com
2. Ph.D. Candidate, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: mehr.ir.mahtab@gmail.com
3. Corresponding Author, Professor, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: falahi@um.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:27 October 2021
Revised in revised form: 14 February 2022
Accepted: 8 February 2022
Published online:8February 2022

Keywords:
Sustainable Development,
Energy Consumption,
Pollution Emission,
Climate Change,
Ecological Economics.

ABSTRACT

From any amount of energy input to each system is returned to the environment as waste. For this reason, for processes to be sustainable, it is important to focus on the mechanism that assigns the system input (s) to the output (s). This mechanism is economics, in the definition of sustainable development. What is the trend of changes in energy and environment efficiencies in Iran's economy industries? The answer to this question, as a question of present paper, is Necessary to conclusions that can guide policy recommendations. For this purpose, the energy consumption data from different types of carriers and pollutions (by types of pollution) along with the output value, will be used for 23 industries (two-digit ISIC codes) during the period 2009 to 2016 This information was used to calculate the Malmquist Productivity Index (MI).The results of the MI index show that the overall performance improvement has slowed down in recent years. Although there has been little improvement, it has been due to structural changes in the industry, not to an increase in their technical efficiency. However, the textile industry is a good example where overall performance improvements have occurred due to advances in technical efficiency. Also, from the six major industries, two major industries ("food" and "base metals") have seen almost no overall improvement of any kind. Therefore, it is recommended that policymakers focus on improving the efficiency of two mentioned industries. It is also suggested that policymakers focus from technical improvements to structural changes.

Cite this article: Nasrindoost, M., Mehrjouirani, M, & Falahi, M. A. (2021). The Study of Economics-Energy-Environment (3 E) Efficiency in Iranian Industries. *Stable Economy*, 2(4), 87-118. DOI: 10.22111/SEDJ.2022.40379.1138

© The Author(s).
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/SEDJ.2022.40379.1138

اقتصاد باثبات
شاپا الکترونیکی: ۱٤۲٦ - ۲۷۸۳
دانشگاه سیستان و بلوچستان
انجمن علمی رفاه اجتماعی ایران

بررسی کارایی اقتصاد–انرژی–محیط زیست(3E) در صنایع ایران

میثم نسرین دوست[۱]، مهتاب مهرجو ایرانی[۲]، محمدعلی فلاحی[۳]

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: m.nasrindoost@gmail.com
۲. دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: mehr.ir.mahtab@gmail.com
۳. نویسنده مسئول، استاد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: falahi@um.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۵
تاریخ ویرایش:۱۴۰۰/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۱۱/۱۹
تاریخ انتشار:۱۴۰۰/۱۱/۱۹

واژه‌های کلیدی:
توسعه پایدار،
مصرف انرژی،
انتشار آلودگی،
تغییرات اقلیمی،
اقتصاد بوم شناسی.

چکیده

از مقدار انرژی ورودی به هر سیستمی، بخشی به عنوان پسماند به محیط برگردانده می‌شود. به همین دلیل برای پایدار بودن فرآیندها، تمرکز بر ساز و کاری که ورودی(های) سیستم را به خروجی(ها) نسبت می‌دهد، اهمیت دارد. در تعریف توسعه پایدار این سازوکار، اقتصاد است. سوال تحقیق حاضر این است که روند تغییرات کارایی مصرف انرژی و محیطزیست در صنایع اقتصاد ایران چگونه است؟ ضرورت پاسخ به این سوال، اخذ نتایجی است که بتواند راهنمای سیاستگذاری و ارایه توصیه های سیاستی باشد. برای این منظور، اطلاعات مصرف انواع مختلف حامل های انرژی و پسماندهای تولید (به تفکیک انواع آلودگی) به همراه ارزش ستانده، برای۲۳ صنعت (کدهای آیسیک دو رقمی) طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ مورد استفاده واقع خواهد شد. این اطلاعات، برای محاسبه شاخص بهره وری مالم کوئیست (MI) به کار گرفته شد. نتیجه محسابات شاخص MI نشان داد که بهبود کارایی کل در سال های اخیر کاهش یافته است. در موارد معدودی بهبودی رخ داده است که به دلیل تغییرات ساختاری صنایع بوده و کارایی فنی افزایش نیافته است. با این حال، صنعت نساجی مثال خوبی است که در آن بهبود کارایی کل ناشی از پیشرفت کارایی فنی رخ داده است. همچنین از شش صنعت مهم، دو صنعت بزرگ ("مواد غذایی" و "فلزات اساسی") تقریبا هیچ بهبود کلی از هیچ نوعی نداشته اند. بنابراین، توصیه می‌شود که سیاستگذاران برای بهبود کارایی دو صنعت اخیر برنامه ریزی نموده و همچنین توجه خود را بیشتر به تغییرات ساختاری معطوف نمایند.

استناد: نسرین دوست، میثم؛ مهرجو ایرانی، مهتاب؛ و فلاحی، محمدعلی (۱۴۰۰). بررسی کارایی اقتصاد-انرژی-محیط زیست(E۳) در صنایع ایران. *اقتصاد باثبات*، ۲ (۴)، ۵۵-۸۶.

DOI: 10.22111/SEDJ.2022.40379.1138

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

حق‌مؤلف © نویسندگان.

۱. مقدمه

در ساده ترین تعریف، توسعه پایدار را فرآیند رشدی می‌دانند که ضمن آن توان نسل‌های آینده برای تداوم زندگی کاهش نیابد. این به آن معنی است که اگر منابع مورد نیاز آیندگان را افزایش نمی‌دهیم، باید حداقل ثابت نگه داریم. این منابع نه تنها شامل انرژی می‌شود، بلکه توان زمین برای خود تنظیمی و بازیافت پسماندها را نیز شامل می‌شود. طبق قانون دوم ترمودینامیک، از مقدار انرژی ورودی به هر سیستمی، بخشی به عنوان پسماند به محیط برگردانده می‌شود. به همین دلیل برای پایدار بودن فرآیندها، تمرکز بر ساز و کاری که ورودی(های) سیستم را به خروجی(ها) نسبت می‌دهد، اهمیت دارد. در تعریف توسعه پایدار این سازوکار، اقتصاد است؛ به همین دلیل هم اقتصاد، در کنار اجتماع و محیط زیست یکی از سه پایه توسعه پایدار است. بنابراین برای پایدار بودن توسعه، مهم است که اقتصاد در مسیر درستی در حال حرکت باشد.

یکی از مهمترین شاخص‌هایی که درست بودن مسیر حرکت اقتصاد را نشان می‌دهد، کارایی است. کارایی در علم اقتصاد به صورت حاصل تقسیم ستاده دریافتی به نهاده مصرف شده در حین فرآیند تولید تعریف می‌شود. با این تعریف، کارایی با مقادیر ورودی و خروجی مطلوب مشخص می‌شود و توجه به پسماندها از قلم می‌افتد. این درحالی است که توسعه پایدار، فقط به نحوی استفاده از منابع به عنوان نهاده تمرکز ندارد و به طوری که گفته شد بر محیط زیست هم به عنوان یک منبع تأمین کننده حیات، تأکید دارد. به همین جهت، توجه به شاخصی که در تعیین کارایی، علاوه بر نهاده و ستاده مطلوب، ستاده نامطلوب را هم مد نظر قرار دهد، ضروری به نظر می‌رسد.

استفاده از چنان شاخص کارایی، در بخش صنعت بیش از سایر بخش‌ها لازم می نماید؛ زیرا ۱) تولید در سایر بخش‌ها تحت تأثیر صنعتی شدن تغییر کرده است و ۲) بخصوص بعد از صنعتی شدن بوده است که زمین با مسأله حفظ توان خود تنظیمی مواجه شده است.

با این توضیحات، سوال تحقیق حاضر این است که روند تغییرات کارایی مصرف انرژی و محیط زیست در صنایع اقتصاد ایران چگونه است؟ ضرورت پاسخ به این سوال، اخذ نتایجی است که بتواند راهنمای سیاستگذاری و ارایه توصیه‌های سیاستی باشد. برای این منظور، اطلاعات مصرف انواع مختلف حامل‌های انرژی و پسماندهای تولید (به تفکیک انواع آلودگی) به همراه ارزش ستانده، برای۲۳

صنعت (کدهای آیسیک[1] دو رقمی) جهت بررسی کارایی انرژی-محیط زیست در صنایع ایران مورد استفاده واقع خواهد شد. این اطلاعات، برای محاسبه شاخص *[بهره وری]* مالم کوئیست[2] طی دوره زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ به کار گرفته می‌شود[3]. مزیت استفاده از این شاخص، آن است که ۱) بر پایه تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها[4] (*DEA*) است (و در نتیجه ناپارامتریک[5] است) ؛ ۲) آلودگی محیط زیست را به عنوان خروجی نامطلوب (که کمتر آن بهتر است) در کنار خروجی مطلوب (که بیشتر آن بهتر است) به صورت یکجا در نظر می‌گیردو ۳) بر پایه روش غیر شعاعی[6] است و دارای قدرت دسترس‌پذیری[7] قوی است. استفاده از چنین شاخصی، در کنار توجه همزمان به ملاحظات انرژی،اقتصاد و محیطزیست (*3E*) ، به کارگیری اطلاعات حامل‌های متنوع انرژی و انواع مختلف آلودگی‌های صنعتی، نوآوری تحقیق حاضر نسبت به مطالعات انجام گرفته تاکنون برای اقتصاد ایران است.

ادامه این مقاله به این صورت سازماندهی شده است: در بخش بعدی بدون آن که خیلی به موضوعات اولیه توسعه پایدار تمرکز کنیم، مبانی نظری سیستم *3E* مطرح می‌شود. بخش سوم، مروری بر پیشینه تحقیق صورت می‌دهد. در بخش چهارم، توضیحاتی درمورد روش تحلیل پوششی داده‌هاو شاخص *MI* ارایه می‌شود. سپس نتایج تجربی حاصل از به کارگیری اطلاعات آماری در بخش پنجم گزارش می‌شود. در نهایت، این مقاله با یک جمع‌بندی در قسمت ششم پایان می‌پذیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] ISIC

[2] Malmquist Index (MI)

[3] داده های تحقیق با توجه به قید دسترسی به نتایج آمارگیری ها، مربوط به دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ است. با این حال، از آن جایی که شاخص مالم کوئیست نشان دهنده تغییرات نسبی است، بنابراین این شاخص برای سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ محاسبه شده است.

[4] data envelopment analysis

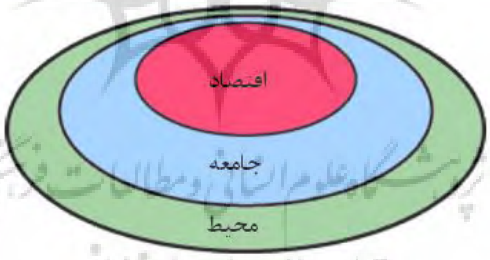
[5] Nonparametric

[6] Non-Radial

[7] Accessibility

۲. مبانی نظری

توسعه پایدار در طی دهه ۸۰ میلادی، توسط "اتحادیه جهانی برای حفاظت از طبیعت[1] " (*IUCN*) مطرح شد. بعدها در سال ۱۹۸۷ با ارائه "گزارش براندات لند[2]" که از جانب کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه[3] (*WCED*) ارائه شده بود رسمیت بیشتری یافت. هم اکنون نیز برای تعریف آن به این گزارش استناد می‌شود. براساس این تعریف، توسعه‌ای پایدار است که بتواند «احتیاجات نسل حاضر را بدون فدا کردن توانایی نسل های آینده برای برآورده سازی نیازمندی‌هایشان تأمین کند». انسان در توسعه پایدار محور توسعه معرفی می‌شود. به عبارتی توسعه پایدار، انسان‌محور است و عرصه نوینی است که همزمان سیاست، فرهنگ، محیط زیست، اقتصاد، تجارت و حقوق برابر انسان‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد. توسعه پایدار توسعه‌ای همه جانبه، نظام مند، درون‌زا و آینده‌نگر است که منافع هیچ بخشی از سیستم را به هزینه‌های سایر بخش‌ها، منافع امروز را به هزینه گذشتگان (فرهنگ و تاریخ) و آیندگان و منافع انسان را به هزینه سایر گونه‌های زیست محیطی ترجیح نمی‌دهد. بنابراین توسعه پایدار دارای سه اصل پایداری محیط زیست، پایداری اقتصادی و پایداری اجتماعی است. ارتباط سه اصل توسعه پایدار در شکل(۱)به نمایش داده شده است.



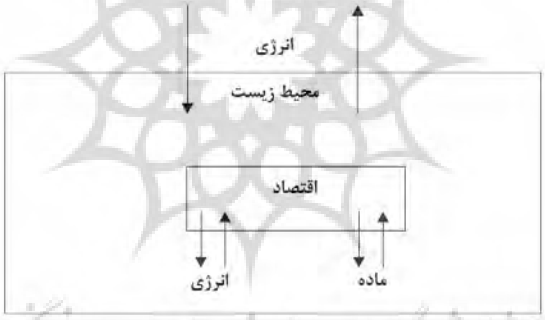
شکل ۱. ارتباط سه اصل توسعه پایدار (منبع: عباسیان و نسرین دوست(۱۳۹۹))

مسائل اقتصادی به عنوان هسته اصلی در توسعه پایدار مطرح می‌باشد و مسائل اجتماعی و زیست محیطی دامنه آن را گسترش می‌دهند. البته این به معنی اهمیت کمتر مسائل اجتماعی وزیست

[1] International Union for Conservation of Nature
[2] Brandt land
[3] World Commission on Environment and Development

محیطی نمی‌باشد. درحالی که پایداری اقتصادی مستلزم حفظ ثبات اقتصادی، رشد مستمر اقتصادی، بیشینه کردن منافع، استفاده کارا از منابع، توسعه بازارها و کاهش هزینه‌ها است اما پایداری زیست محیطی ایجاب می‌کند تا به نگهداری و بازیافت منابع طبیعی و کاهش ضایعات اهمیت داده شود. پایداری اجتماعی هم به برآورده شدن نیازها، افزایش خوداتکایی، پشتگرمی و افزایش مشارکت ذینفعان مربوط می‌شود[۱].

در راستای تمرکز به دو اصل اول، آژانس بین‌المللی انرژی[۲] (*IEA*) سیستم *3E* را پیشنهاد داده است. این سیستم، از انرژی، اقتصاد و محیط زیست تشکیل شده است. ریشه توجه به سیستم *3E* در لزوم تعامل سه زیرسیستم با یکدیگر و نقش مهمی که درجه هماهنگی آنها در توسعه پایدار دارد نهفته است: توسعه اقتصادی مستلزم استفاده از منابع انرژی است. با این حال، مصرف بیش از حد انرژی باری را به محیط زیست تحمیل می‌کند. در عین حال، محیط زیست می‌تواند بر اقتصاد تأثیر بگذارد[۳].



شکل ۲. رابطه اقتصاد، انرژی و محیط زیست (منبع: کامن و استاگل۴(۲۰۰۵))

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱] جهت اجتناب از طولانی شدن بحث، برای جزئیات بیشتر عباسیان و نسرین دوست(۱۳۹۹) را ببینید.

[2] International Energy Agency

[۳] برای اطلاعات بیشتر به مدل تخصیص فناوری‌ها در بازار (MARAKL) که توسط آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) طراحی شده است و داده- ستانده را برای تحلیل رابطه محیط زیست، انرژی و اقتصاد به کار می گیرد توجه کنید (Dingran Chen and Ying Liu , 2019 را ببینید).

[4] Common and Stagl

این موضوع در شکل (۲) نشان داده شده است. در این شکل منظور از "اقتصاد"، اقتصاد کشورهای جهان است که به عنوان یک سیستم واحد در نظر گرفته می‌شود. همچنین"محیط زیست" کل محیط طبیعی سیاره زمین است. اقتصاد در داخل محیط قرار دارد و انرژی و ماده را با آن مبادله می‌کند. انسان برای امرار معاش خود، انواع مختلفی از مواد مفید مانند نفت، سنگ آهن، الوار و غیره را از محیط زیست استخراج می‌کند. همچنین انواع مختلفی از ضایعات را که در فرآیند تولید و مصرف به وجود می‌آیند(برای مثال دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید کربن) به محیط زیست بازمی‌گردانند. سیاره زمین، خودش محیطی دارد که بقیه جهان هستی است. سیاره زمین، فقط انرژی (نه ماده) را با محیط خود مبادله می‌کند. اما فعالیت اقتصادی انسان همواره شامل مبادلات مواد و انرژی با محیط زیست است. بنابراین، اقتصاد و محیط زیست به یکدیگر وابسته هستند: آنچه در اقتصاد اتفاق می‌افتد بر محیط زیست تأثیر می‌گذارد و آنچه در محیط زیست رخ می‌دهد، بر اقتصاد مؤثر است. به عبارت بهتر، اقتصاد و محیط زیست یک سیستم یکجا[1] هستند. از این رو است که مطالعه کارایی همزمان اقتصاد، انرژی و محیط زیست ($3E$) اهمیت می‌یابد.

۳. پیشینه تحقیق

در این بخش مهمترین مطالعاتی که پیرامون بررسی کارایی $3E$ انجام شده است را مرور خواهیم کرد. از آنجایی که تمرکز مقاله حاضر بر استفاده از شاخص MI (برپایه روش DEA) است و این شاخص به تدریج و جهت رفع اشکالات روش های قبلی محاسبه کارایی به وجود آمده است، بنابراین، بررسی پیشینه تحقیق، به صورت "مرور تاریخی بر پایه دسته‌بندی روش‌های محاسبه کارایی" صورت خواهد گرفت.

همانطور که در بخش قبل بیان شد، یکی از مهمترین شاخص‌های عملکرد یک فعالیت اقتصادی، کارایی آن است. طبق بحث فارل[2] (۱۹۵۷)، کارایی به معنی دریافت بیشینه ستانده تولیدی با توجه به سطح مشخصی از نهاده است. از همین تعریف ساده مشخص است که سه راه برای بهینه شدن

[1] Joint system

[2] Farrell

کارایی تولید وجود دارد: ۱) روش نهاده محور[1]:کمینه کردن نهاده، با فرض ثابت بودن ستانده؛ ۲) روش ستانده محور[2]: بیشینه کردن ستانده، با استفاده از مقدار ثابتی از نهاده و ۳) روش استفاده از توابع مرزی[3]: کمینه کردن نهاده، همزمان با بیشینه‌سازی ستانده. واضح است که ابداع روش سوم، پیشرفت چشم‌گیری در فرآیند بهینه یابی کارایی است. بهینه‌یابی کارایی توسط توابع مرزی، را می‌توان به دو شکل پارامتریک و ناپارامتریک انجام داد. در روش‌های پارامتریک، باید از قبل در مورد فرم تبعی توابع و نوع توزیع‌های آماری فروضی در نظر گرفت. اما روش های ناپارامتریک این مزیت را دارند که توابع مرزی را بدون هیچگونه فرض محدود کننده ای مورد بررسی قرار دهند. یکی از مهمترین روش های ناپارامتریکی که در زمینه محاسبه کارایی اقتصادی از آن بسیار استفاده می‌شود، روش تحلیل پوششی داده ها[4] (*DEA*) است (ژائو[5] و همکاران، ۲۰۰۸). در این روش که توسط چارنز، کوپر و رودز[6] در سال ۱۹۷۸ ارایه شد، کارایی نسبی بین واحدهای تصمیم‌گیری[7] (*DMU*) محاسبه می‌شود. مطالعات زیر مهمترین تحقیقاتی بوده‌اند که با استفاده از تکنیک *DEA* کارایی مصرف انرژی را محاسبه کرده‌اند:

لیو و آنگ[8] (۲۰۱۵) در صنایع چین؛ وانگ[9] و همکاران(۲۰۱۳) ؛ نصیری[10] و سینق (۲۰۱۲) در چین؛ فلاحی[11] و همکاران (۲۰۱۱) برای ۳۲ شرکت تولید برق طی دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ ؛ موسوی و همکاران (۲۰۱۱) در بخش کشاورزی؛ لی و چنگ[12] (۲۰۰۸) با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف، کارایی مصرف انرژی در چین را بررسی نمودند. آزاده[13] و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از روش

[1] Input Oriented
[2] Output Oriented
[3] Frontier Functions
[4] Data Envelopment Analysis
[5] Zhou et al
[6] Charnes, Cooper and Rhodes
[7] Decision Making Units
[8] Liu and Wang
[9] Wang et al
[10] Nassiri and Singh
[11] Fallahi et al
[12] Li and Cheng
[13] Azadeh et al

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تحلیل مؤلفه‌های اصلی[1] و تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی انرژی بر در ایران را محاسبه نمودند. این بخش‌ها شامل آهن و فولاد، کاغذ، نفت و پتروشیمی و سیمان بوده است. گراوند و همکاران (۱۳۹۲) کارایی انرژی در صنایع پتروشیمی را طی ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۷ با استفاده از روش *DEA* بررسی کردند.

با این حال بیشتر مطالعات مذکور بر شاخص کارایی انرژی تک عاملی تمرکز داشته اند. شاخص کارایی انرژی تک عاملی، کارایی *DMU*ها را در حالتی که تابع تولید آن‌ها فقط شامل نهاده انرژی است محاسبه می‌کند. بنابراین این شاخص فقط اثر مصرف انرژی روی تولید محصول را نشان می‌دهد و رابطه میان انرژی و سایر عوامل تولید را نادیده می‌گیرد(هیو و وانگ[2]، ۲۰۰۶). به همین جهت به نظر می‌رسد در نظر گرفتن سایر عوامل تولید (مانند نیروی کار و سرمایه) در کنار مصرف انرژی، نتایج معتبرتری درمورد کارایی انرژی حاصل کند. مطالعات زیر، کارایی مصرف انرژی را به صورت چندعاملی[3] (*TFEE*) بررسی کردند:

لی و لین[4] (۲۰۱۵) برای چین؛ ژائو[5] و همکاران(۲۰۱۴) *TFEE* ی صنایع چین به تفکیک استان ها؛ هونا[6](۲۰۱۴) برای صنایع ۱۴ کشور توسعه یافته طی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵؛ سونگ[7] و همکاران(۲۰۱۳) برای کشورهای بریکس[8] (برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی)؛ وانگ[9] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش *DEA* کارایی مصرف انرژی چند عاملی (*TFEE*) در ۳۰ استان چین طی دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ را بررسی کردند. هونما[10] (۲۰۰۸) نیز از شاخص *TFEE* برای بررسی کارایی مصرف انرژی در نواحی مختلف ژاپن استفاده نمود. شایی و شن[11](۲۰۰۸) به

[1] Principal component analysis
[2] Hu and Wang
[3] Total Factor Energy Efficiency
[4] LI and Lin
[5] Zhao et al
[6] Honma
[7] Song et al
[8] BRICS
[9] Wang et al
[10] Honma
[11] Shi and Shen

عوامل تولید (کار، سرمایه و انرژی)، ذخیره دانش[۱] را هم اضافه کردند و با شاخص *TFEE* کارایی مصرف انرژی در چین را مطالعه کردند. وی و شن[۲] (۲۰۰۷) و ژو و لیو[۳](۲۰۰۷) نیز شاخص *TFEE* را به ترتیب برای دوره زمانی ۱۰ ساله و برای صنایع طی یک سال مطالعه نمودند. هو و وانگ[٤] (۲۰۰۶) با استفاده از شاخص کارایی چندعاملی، کارایی مصرف انرژی در چین را طی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۲ محاسبه کردند.

اگرچه شاخص کارایی انرژی چند عاملی نسبت به شاخص تک عاملی راهنمای بهتری برای سیاستگذاران است اما نباید فراموش کرد که مصرف انرژی با پسماندهای آلوده کننده محیط زیست همراه است. اگر کارایی چندعاملی مصرف انرژی به تنهایی بررسی شود، فقط نقش مصرف انرژی در رشد اقتصادی را می توان منعکس کرد(لی و لین[۵] ،۲۰۱۵). این درحالی است که بیشتر بررسی‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی به توسعه پایدار توجه دارند. به همین جهت توجه به خروجی(های) نامطلوب حاصل از تولید (و مصرف انرژی) نیز لازم به نظر می‌رسد. مطالعات زیر، تحقیقاتی هستند که آلودگی را به عنوان خروجی نامطلوب به بررسی کارایی مصرف انرژی اضافه کردند (به همین دلیل آن‌ها در دسته مطالعات بررسی کارایی انرژی-محیط زیست-اقتصاد[٦] یا *3E* جای داده می‌شوند):

وو[۷] و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش *DEA* کارایی مصرف انرژی و ملاحضات زیست محیطی را در چین بررسی کردند. وانگ[۸] و همکاران (۲۰۱۵) کارایی مصرف انرژی، محیط زیست و اقتصاد را در چین بررسی کردند. گوتو[۹] و همکاران(۲۰۱۴) با استفاده از روش *DEA* کارایی مصرف انرژی و محیط زیست را در صنایع ژاپن به تفکیک هر ناحیه بررسی کردند. وانگ و ویی[۱۰] (۲۰۱۴)، انتشار دی اکسید کربن را در کنار مصرف انرژی وارد تحلیل کارایی انرژی کردند. وانگ[۱۱] و

[1] Knowledge reservation
[2] Wei and Shen
[3] Xu and Liu
[4] Hu and Wang
[5] LI and Lin
[6] Energy-Environment-Economy
[7] Wu et al
[8] Wang et. al.
[9] Goto et al
[10] Wang and Wei
[11] Wang et al

همکاران(۲۰۱۳) برای بررسی کارایی مصرف انرژی در چین از روش *DEA* با لحاظ اثرات زیست محیطی استفاده کردند. ژائو و همکاران[۱] (۲۰۱۲) و هی[۲] و همکاران(۲۰۱۳) نیز کارایی مصرف انرژی و تحلیل توسعه سبز را برای چین انجام دادند. اولین مقاله مربوط به کارایی در تولید برق است و دومی بر صنعت آهن و فولاد تمرکز دارد. وانگ[۳] و همکاران(۲۰۱۲) کارایی مصرف انرژی استان‌های چین را با در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب بررسی کردند.شی و همکاران[٤] (۲۰۱۰) کارایی مصرف انرژی در نواحی صنعتی چین را با در نظر گرفتن عوامل تولید دیگر (غیر از انرژی) و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی با روش *DEA* محاسبه نمودند. واو و واو[٥] (۲۰۰۹) در مطالعه کارایی مصرف انرژی، اثرات زیست محیطی را به عنوان نهاده منفی وارد کردند. سجادی فر و همکاران(۱۳۹۴) کارایی انرژی را با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب برای ایران و کشورهای همجوار طی دوره ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ به روش *DEA* محاسبه کردند.

اگرچه چنان مطالعاتی با در نظر گرفتن پسماندهای تولید، عامل مهمی را به تحلیل خود اضافه کردند اما همچنان اشکالاتی وجود داشت که ناشی از منطق روش *DEA* است. به عنوان مهمترین این اشکالات، توجه کنید که مدل *DEA* اولیه، شعاعی[٦] است؛ به آن معنی که در اندازه گیری کارایی، نهاده و ستانده متناسب با هم تغییر می‌کنند(ممی پور و نجف زاده، ۱۳۹۶). در حالی که در مسایل دنیای واقعی، لزومی ندارد همیشه نهاده و ستانده متناسب با هم تغییر کنند. به همین دلیل مدل‌های غیرشعاعی *DEA* قدرت تشخیص بالاتری دارند (ژو وهمکاران، ۲۰۰۸). یکی از مهمترین روش‌های *DEA* که در ارزیابی کارایی غیرشعاعی است و شامل ستانده نامطلوب هم می‌شود، تکنیکی است که با عنوان شاخص مالم کوئیست[۷] (گاهی هم شاخص بهره‌وری مالم کوئیست (*MI* یا *MPI*) گفته می‌شود) شناخته می‌شود. این شاخص علاوه بر این که بر پایه روش *DEA*ی غیرشعاعی است و

[1] Zhou et al
[2] He et al
[3] Wang et al
[4] Shi et al
[5] Wu and Wu
[6] Radial
[7] Malmquist Productivity Index

همچنین خروجی‌های نامطلوب را نیز لحاظ می‌کند، این مزیت را نیز داراست که تغییرات کارایی را به تفکیک تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات کارایی فنی تفکیک می‌کند. در میان مطالعاتی که از این شاخص استفاده کرده اند، می‌توان به این موارد اشاره نمود:

چن و گولی[1](۲۰۱۴) کارایی مصرف انرژی را برای ۳۸ صنعت چین طی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ با شاخص *MI* بررسی کردند. یوئینگلی[2] و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از شاخص *MI* کارایی مصرف انرژی در چین را بررسی نمودند. منگ [3]و همکاران(۲۰۱۳)، عملکرد زیست محیطی در صنایع چین را بررسی کردند. وانگ[4] و همکاران(۲۰۱۲) کارایی زیست محیطی استان‌های مختلف چین را با تابع غیرشعاعی مبتنی بر *DEA* بررسی کردند. وانگ و همکاران (۲۰۱۳) کارایی صنعت برق در چین را با شاخص *MI* بررسی کردند. در بخش بعدی موضوعات مربوط به این شاخص و مزیت‌های آن نسبت به سایر روش‌های مبتنی بر *DEA* با جزئیات بیشتر بیان خواهد شد.

۴ . داده‌هاو روش تحقیق

۴-۱. داده‌ها

به طوری که بیان شد، سوال تحقیق حاضر این است که روند تغییرات کارایی مصرف انرژی و محیط زیست در صنایع اقتصاد ایران چگونه است؟ در این مطالعه و برای پاسخ به چنان سوالی، اطلاعات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های ۲۳ صنعت (کد آیسیک دو رقمی) اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ از دو منبع استخراج شد: ۱) نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی کارگاه‌های صنعتی۱۰ نفر کارکن و بیشتر و۲) نتایج آمارگیری از ویژگی‌های محیط زیستی کارگاه‌های صنعتی *10*نفر کارکن و بیشتر. هر دوی این آمارها توسط مرکز آمار ایران منتشر می‌شود. در پیوست (۱) فهرست ۲۳ صنعت مورد مطالعه و در پیوست (۲) متغییرهای ورودی و خروجی صنایع مذکور به

[1] Chen and Golley
[2] Yu-Ying Lin
[3] Meng et al
[4] Wang et al

همراه واحدهای این متغییرها خلاصه شده است. برای مثال جهت جلوگیری از اثر تورم بر ارزش افزوده صنایع طی سال‌های مختلف، این رقم به قیمت ثابت در نظر گرفته شده است.

از آنجایی که چندین متغییر ورودی و خروجی به صورت همزمان مورد مطالعه قرار گرفته است، بنابراین این تحقیق کارایی را به صورت چند-عاملی بررسی می‌کند و به همین جهت نیازمند روشی هستیم که محاسبات کارایی را به صورت چند بعدی انجام دهد. این روش، تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها است که جزییات آن در بخش بعد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۴. روش تحلیل پوششی داده‌ها

روش تحلیل پوششی داده‌ها[1](*DEA*)، روش آماری ناپارامتریکی است که توسط چارنز[2] و همکاران (۱۹۷۸) و بر پایه تکنیک برنامه‌ریزی خطی بنیان نهاده شد. کار روش *DEA* دسترسی به کارایی نسبی واحدهای مورد مطالعه، که واحدهای تصمیم‌گیری[3] (*DMU*ها) هم نامید می‌شود، است. این روش، یکی از روش‌هایی است که در زمینه محاسبه کارایی اقتصادی از آن بسیار استفاده می‌شود (ژو[4] و همکاران، ۲۰۰۸). دلیل این مقبولیت را می‌توان به این صورت خلاصه کرد که ۱) ناپارامتریک است و نیاز به هیچ پیش فرضی ندارد (آزاده[5] و همکاران، ۲۰۰۷)؛ ۲) از آنجایی که هم تغییرات ساختاری و هم تغییرات سطح فعالیت بر کارایی واحدها اثر می‌گذارد، بنابراین بیشتر مسایل مرتبط با کارایی چند بعدی هستند و باید با تحلیل‌های چند متغییره مانند *DEA* بررسی شوند.

برای شروع، فرض شود که می‌خواهیم کارایی نسبی اقتصادی میان n واحد اقتصادی را با روش *DEA* محاسبه نماییم. بنابراین، تعداد *DMU*ها برابر$nnnnnn\ ,,,j$است که هرکدام m ورودی و s خروجی دارند.

$$x_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj})$$
$$y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj})$$

[1] data envelopment analysis
[2] Charnes et al
[3] decision-making unit's
[4] Zhou et al
[5] Azadeh et al

در نتیجه DMUها به مقدار $x_{ij} > 0$ ورودی مصرف می‌کنند تا مقدار $y_{ij} > 0$ خروجی تولید شود. $u = (u_{1j}, \dots, u_{mj})$ بردار ورودی‌ها است و از طرف دیگر $v = (v_{1j}, \dots, v_{sj})$ بردار خروجی‌های سیستم است.

کارایی DMUی jام عبارت خواهد بود از:

$$\max_{\substack{u\geq 0 \\ v\geq 0}} \quad h_{j0}(u,v) = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij0}}$$
$$s.t \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1$$

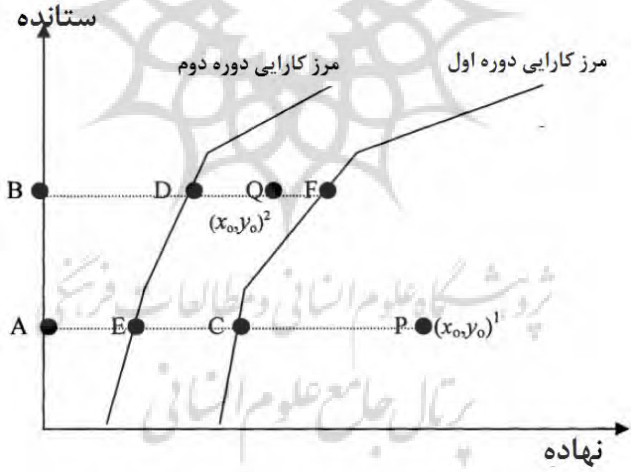
الگوی بالا را مدل کسری CCR می‌نامند. با پیشنهاد چارنز و کوپر، با اعمال محدودیت $\sum v_i x_{i0} = 1$ این مدل به برنامه‌ریزی خطی زیر تبدیل گشت:

$$\max_{\substack{u\geq 0 \\ v\geq 0}} \quad h_{j0}(u,v) = u_r y_{r0}$$
$$\sum_{r=1} u_r y_{rj} - \sum_{i=1} v_i x_{ij} \leq 0$$
$$s.t \quad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} = 1$$

حاصل چنان مدلی عددی بین صفر و یک برای هر DMU است که کارایی نسبی آن را نشان می‌دهد. مثلا اگر این عدد ۰,۹۶ باشد، به آن معنی خواهد بود که با کاهش مصرف انرژی به ۹۶ درصد سطح کنونی (و بدون نیاز به افزایش سایر نهاده‌ها) می‌توان همان مقدار ستاده دریافت کرد. با این حال و همانطور که در بخش دوم هم بیان شد، روش DEA دارای این اشکال هست که ، شعاعی است؛ به آن معنی که در اندازه‌گیری کارایی، نهاده و ستانده متناسب با هم تغییر می‌کنند. در حالی که در مسایل دنیای واقعی، لزومی ندارد همیشه نهاده و ستانده متناسب با هم تغییر کنند. یکی از مهمترین روش های DEA که در ارزیابی کارایی غیرشعاعی است و شامل ستانده نامطلوب هم می‌شود، تکنیک شاخص مالم کوئیست (MI) است. این شاخص این مزیت را نیز داراست که تغییرات کارایی را به تفکیک تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات کارایی فنی تفکیک می‌کند.

۳-۴. شاخص MPI

ایده اولیه شاخص مالم کوئیست(*MI*)توسط مطالعه مالم کوئیست[1] (۱۹۵۳) بیان شد. این شاخص بیانگر رشد کارایی کل واحدهای تصمیم‌گیری است. به عبارت دیگر، این شاخص در قالب الگوی چند ورودی-چند خروجی، نشان می‌دهد که کارایی *DMU* طی زمان چه تغییری کرده است. همان طور که در بخش قبل بیان شد، این شاخص بر پایه محاسبات کارایی به روش *DEA* غیرشعاعی و بدون محوریت[2] است. عبارت آخر به این معنی است که نه نهاده محور، و نه ستانده محور است و در عوض به طور همزمان به هر دو توجه دارد. به علاوه این مزیت را نیز دارد که تغییرات کارایی را با جزئیات آن محاسبه می‌کند: تغییرات کارایی در شاخص *ML* به دو جز ۱)تغییرات تکنولوژیکی (انتقال مرز کارایی[3]) و ۲) تغییرات کارایی فنی (رسیدن به مرز کارایی[4]) تجزیه می‌شود. اولین جز منعکس کننده تغییر کارایی ناشی از انتقال مرز کارایی طی دو نقطه زمانی است و دومی بهبود کارایی *DMU* را نشان می‌دهد. برای درک بهتر شکل (۲) را در نظر بگیرید. البته این شکل، برای سادگی نشان دهنده مساله یک ورودی-یک خروجی است ولی نتایج آن قابل تعمیم به حالت چند بعدی است.



[1] Malmquist
[2] Non-oriented
[3] Frontier-shift
[4] Catch-up

شکل ۳. تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات کارایی فنی (منبع: یافته های تحقیق)

همانطور که ملاحظه می‌شود، دو مرز کارایی وجود دارد که مربوط به دو زمان ۱ و ۲ است. همچنین، دو DMU داریم که می توانند در هر زمان، روی مرز کارایی یا خارج آن بوده باشند. این که دو دوره زمانی در نظر گرفته شده است به آن دلیل می باشد که بتوانیم اثر تغییرات زمانی را نشان دهیم. از طرف دیگر به این دلیل دو DMU لحاظ شده است که محاسبات کارایی، نسبی است. فرض کنیم در حال حاضر در دوره ۲ هستیم و دو DMU در نقطه P وQ قرار دارند. در آن صورت، کسر $\frac{BD}{BQ}$ معرف میزان انحراف از مرز کارایی برای DMU_1 و کسر $\frac{AC}{AP}$ معرف میزان انحراف از مرز کارایی برای DMU_2 می باشد. بنابراین می‌توان کارایی نسبی میان واحدها (زمان ثابت است) را به این صورت تعریف نمود:

$$CU=\frac{\frac{BD}{BQ}}{\frac{AC}{AP}}$$

نسبت CU همان کارایی نسبی فنی است که در صورت بزرگتر از واحد بودن، نشان دهنده پیشرفت کارایی فنی است. به طور مشابه می‌توان بر یک DMU ولی در دو دوره زمانی ۱ و ۲ تمرکز نمود: نسبت $\frac{BF}{BD}=\frac{\frac{BF}{BQ}}{\frac{BD}{BQ}}$ معرف میزان تغییر کارایی DMU_1 طی زمان و کسر $\frac{AC}{AE}=\frac{\frac{AC}{AP}}{\frac{AE}{AP}}$ نشان دهنده میزان تغییر کارایی برای DMU_2 می‌باشد. بنابراین می‌توان تغییر کارایی نسبی میان واحدها در طی زمان را به این صورت تعریف نمود:

$$FS=\sqrt{\frac{BF}{BD}\times\frac{AC}{AE}}$$

باز هم اگر FS بزرگتر از واحد باشد، نشان دهنده پیشرفت کارایی نسبی در طی زمان خواهد بود. از آنجایی که شاخص MI هر دو اثرات کارایی فنی و تغییرات تکنولوژیک را نشان می‌دهد، خواهیم داشت:

$$MI = CU \times FS$$

هنگامی که MI بزرگتر از واحد باشد، گفته می‌شود که کارایی کل بهبود یافته است؛ در حالی که MI برابر واحد یا کوچکتر از آن به ترتیب نشان دهنده ثبات و پسرفت کارایی کل است.

از آنجایی که در بیشتر موضوعات دنیای واقعی چندین ورودی، چندین خروجی، دوره های زمانی و *DMU*هایی که معمولا بیشتر از ۲ تا است وجود دارد، برای محاسبه شاخص *MI* باید از روش *DEA* استفاده نمود. در بخش بعدی شواهد تجربی به کارگیری یک مدل *DEA* غیرشعاعی بدون محوریت برای محاسبه کارایی کل صنایع اقتصاد ایران با شاخص *MI* را ملاحظه خواهیم کرد.

۵. شواهد تجربی

قبل از آن که شواهد تجربی حاصل از به کارگیری شاخص *MI* معرفی شده در بخش قبل بیان شود، بررسی آمار توصیفی مشاهدات، مفید به نظر می‌رسد. در جدول(*1*) سهم هر صنعت از هر ۹ متغییر مورد استفاده در تحقیق حاضر(متوسط سال های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ به درصد) خلاصه شده است. با نگاهی به این آمارها، به سادگی می‌توان از بین ۲۳ صنعت مورد نظر تحقیق حاضر، شش صنعت را که دارای بیشترین مصرف انرژی، آلودگی و تولید هستند جدا نمود. این شش صنعت عبارتند از: صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی ، تولید فلزات اساسی ، صنایع موادغذایی و آشامیدنی، تولید وسایل نقلیه موتوری، تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی و صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاه‌های نفت. با وجودی که به طور متوسط، ۷۳ درصد ارزش افزوده بخش صنعت متعلق به این شش صنعت است، اما بیش از حدود ۸۶ درصد آب، برق و گاز مصرفی؛ حدود ۵۶ درصد بنزین و ۸۰ درصد گازوییل در این صنایع مصرف می‌گردد. به علاوه، بیش از ۹۰ درصد انواع آلودگی‌ها ناشی از تولیدات این شش صنعت است (جدول (۲) را ببینید). این نتیجه، برای تفسیر نتایج محاسبات تغییر کارایی توسط شاخص *MI* بسیار کمک کننده است.

همانطور که در مقدمه بیان شد، به دلیل آن که شاخص *MI* تغییرات نسبی (نسبت به سال قبل) را اندازه‌گیری می‌کند، با استفاده از آمارهای موجود، شاخص *MI* را که نشان دهنده تغییرات کارایی اقتصادی-انرژی-محیط زیستی است، برای سال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ مربوط به ۲۳ صنعت، می‌توان محاسبه نمود. برای این منظور از کدهای محاسبه این شاخص توسط برنامه متلب (*MATLAB,2019*) استفاده شد. نتایج این محاسبات در جدول (۳) خلاصه شده است. توجه نمایید

که هر شاخص میزان تغییر کارایی کل نسبت به سال گذشته خود را نشان می‌دهد. همچنین پیوست (۳) و پیوست (۴) نیز به ترتیب جزئیات تغییر کارایی فنی و تغییر ساختار را نشان می دهند.

جدول ۱: سهم هر صنعت از هر متغییرهای مورد استفاده در تحقیق حاضر(متوسط سال های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ به درصد) (منبع: یافته‌های تحقیق)

صنعت	فاضلاب	پسماند مایع	پسماند جامد	ارزش افزوده	آب خریداری شده	بنزین	گاز طبیعی	گازوئیل	برق خریداری شده
صنایع موادغذایی و آشامیدنی	25.47	45.46	14.02	13.00	14.58	15.65	5.64	20.98	5.55
تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار	0.00	0.00	0.00	0.44	0.01	0.11	0.04	0.03	0.04
تولید منسوجات	0.86	4.49	0.22	2.29	1.50	3.27	1.18	4.01	3.33
تولید پوشاک عمل‌آوردن و رنگ‌کردن	0.02	0.00	0.02	0.19	0.08	0.25	0.04	0.09	0.07
دباغی و عمل‌آوردن چرم و	0.09	0.04	0.01	0.20	0.19	0.36	0.05	0.16	0.12
تولید چوب و محصولات چوبی و	0.09	0.00	0.38	0.43	0.15	0.81	0.31	0.83	0.43
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	1.39	0.66	0.73	0.98	1.31	1.21	0.99	1.75	1.35
انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	0.01	0.01	0.02	0.39	0.17	0.78	0.07	0.10	0.18
صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاههای نفت و	38.56	17.67	3.94	11.59	16.66	1.76	12.81	6.62	3.20
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	19.12	14.10	5.01	22.14	41.35	14.53	27.57	8.49	19.11
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	1.22	0.27	0.52	3.05	1.72	4.15	0.79	1.82	2.63
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	2.94	7.90	32.50	7.62	8.34	14.79	25.90	33.98	15.41
تولید فلزات اساسی	8.02	2.61	39.23	15.30	8.48	4.88	21.57	8.57	41.93
تولید محصولات فلزی فابریکی بجز	0.20	0.83	1.07	3.05	1.28	5.18	0.62	3.07	1.29

تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده	0.46	0.31	0.42	3.25	0.93	3.82	0.65	2.60	1.11
تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	0.01	0.02	0.02	0.58	0.13	0.35	0.03	0.11	0.10
تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق و	0.09	0.17	0.45	2.47	0.62	2.51	0.39	1.28	0.90
تولید رادیو و تلویزیون و	0.68	1.84	0.32	3.52	0.80	4.68	0.31	0.72	0.71
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و	0.05	0.24	0.20	0.57	0.19	0.61	0.04	0.29	0.14
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و	0.45	3.06	0.51	7.17	0.76	17.48	0.72	2.88	1.73
تولید سایر وسایل حمل و نقل	0.19	0.25	0.22	1.10	0.35	1.35	0.16	0.82	0.34
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده	0.02	0.05	0.18	0.49	0.23	1.16	0.13	0.68	0.22
بازیافت	0.07	0.01	0.01	0.17	0.17	0.31	0.03	0.09	0.08

جدول ۲: سهم شش صنعت که دارای بیشترین مصرف انرژی، آلودگی و تولید هستند(درصد). (منبع: یافته‌های تحقیق)

فاضلاب	پسماند مایع	پسماند جامد	ارزش افزوده	آب	بنزین	گازطبیعی	گازوییل	برق	صنعت
95	90	95	73	90	56	94	80	86	شش صنعت
5	10	5	27	10	44	6	20	14	بقیه ۱۷ صنعت

جدول ۳: نمرات کارایی کل(شاخص مالم کوئیست) (منبع: یافته‌های تحقیق)

MI	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف معیار
صنایع موادغذایی و آشامیدنی	1.00	1.27	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	1.27	0.99	0.09

تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار	0.80	0.00	1.34	10.79	0.45	1.30	1.00	1.00	1.00	1.96	10.79	0.00	3.34
تولید منسوجات	1.00	1.12	1.00	1.00	1.00	0.97	0.92	0.96	0.89	0.99	1.12	0.89	0.06
تولید پوشاک عمل‌آوردن و رنگ‌کردن	1.16	0.95	1.03	4.92	0.68	0.71	0.64	0.69	0.75	1.28	4.92	0.64	1.38
دباغی و عمل‌آوردن چرم و	0.91	1.14	1.06	0.99	0.97	0.79	1.26	0.94	1.00	1.04	1.29	0.79	0.16
تولید چوب و محصولات چوبی و	0.92	0.84	0.72	3.82	0.61	0.82	0.75	0.88	0.88	1.14	3.82	0.61	1.01
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	1.00	1.06	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.06	1.48	0.95	0.16
انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	0.86	0.86	1.02	2.80	0.89	0.81	1.15	0.83	2.09	1.26	2.80	0.81	0.70
صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاههای نفت و	NaN	NaN	NaN	1.16	NaN	NaN	1.00	1.00	1.00	1.04	1.16	1.00	0.08
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	1.00	1.75	1.04	1.05	0.99	0.99	0.88	1.00	1.00	1.09	1.75	0.88	0.26
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	1.00	1.28	1.06	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.95	1.02	1.28	0.90	0.11
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
تولید فلزات اساسی	0.99	1.23	1.45	0.72	0.72	0.71	1.00	1.00	1.00	0.98	1.45	0.71	0.25

تولید محصولات فلزی فابریکی بجز	0.98	1.28	0.98	1.01	1.00	0.95	1.01	1.14	0.82	1.02	1.28	0.82	0.13
تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده	0.97	1.45	1.00	0.94	0.93	0.99	1.02	1.11	1.00	1.05	1.45	0.93	0.16
تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	1.00	1.53	1.19	1.35	0.61	0.60	0.90	0.95	0.95	1.01	1.53	0.60	0.31
تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق و	0.83	1.19	1.26	0.95	0.99	0.99	1.03	1.00	0.44	0.96	1.26	0.44	0.23
تولید رادیو و تلویزیون و	0.81	1.83	1.14	1.55	0.54	0.98	1.00	1.00	0.36	1.02	1.83	0.36	0.46
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و	0.90	1.96	0.50	2.84	0.85	0.75	1.00	0.80	1.25	1.21	2.84	0.50	0.74
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و	1.00	1.06	1.25	0.75	0.93	1.24	1.00	1.00	1.00	1.03	1.25	0.75	0.15
تولید سایر وسایل حمل و نقل	0.96	1.03	1.18	1.13	0.84	1.00	1.12	0.99	0.80	1.01	1.18	0.80	0.13
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده	1.01	0.60	1.04	5.93	0.66	0.76	0.99	1.33	0.37	1.41	5.93	0.37	1.72
بازیافت	0.81	1.28	0.99	1.42	0.87	1.09	1.00	0.81	1.00	1.13	1.89	0.81	0.35

اگر هر کدام از شاخص‌های *MI*، *TC* و *TEC* بزرگتر از واحد باشند، به ترتیب نشان دهنده بهبود در کارایی کل، بهبود ساختارها و بهبود کارایی فنی خواهند بود. برای درک بهتر روند تغییرات این سه شاخص در سال های مختلف و صنایع متفاوت، جدول(۴) را ببینید.

جدول ۴: بهبود در کارایی کل، بهبود ساختارها و بهبود کارایی فنی در سال‌های مختلف و صنایع متفاوت (منبع: یافته‌های تحقیق)

DMU	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397
صنایع موادغذایی و آشامیدنی	TEC		TEC	TC		TEC	TEC		
تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار							TEC	TEC	TEC
تولید منسوجات			TC	TC		TEC	TEC	TC	
تولید پوشاک- عمل‌آوردن و رنگ‌کردن		TC					TEC	TEC	
دباغی و عمل‌آوردن چرم و				TC	TEC			TEC	
تولید چوب و محصولات چوبی و							TEC	TEC	TC
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	TEC		TC	TC					
انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده		TC						TEC	
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی						TEC	TEC		
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی				TC	TEC	TEC		TEC	
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	TEC	TEC					TEC	TEC	
تولید فلزات اساسی	TEC						TEC	TEC	
تولید محصولات فلزی فابریکی بجز						TEC			

تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده	TEC		TC	TC	TEC	TEC			
تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی						TEC			
تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق و			TC	TEC	TEC				TC
تولید رادیو و تلویزیون و	TC				TEC	TEC	TEC		
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و				TEC		TEC			
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و	TEC		TC	TEC		TEC	TEC		
تولید سایر وسایل حمل و نقل	TC					TEC			
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده						TEC			TEC
بازیافت			TC			TEC			

در این جدول، هر سلول سفید، نشان دهنده آن است که هیچ بهبود کارایی کل (چه ناشی از بهبود ساختار و چه ناشی از بهبود کارایی فنی) به وجود نیامده است. سلول‌های سفید حاوی حروف هم نشان می‌دهد، یکی از بهبودهای ساختاری یا فنی، پسرفت دیگری را خنثی کرده و نهایتاً منجر به عدم بهبود کارایی کل شده است (مثلاً یک بهبود ساختاری در سال ۱۳۹۲ در صنعت مواد غذایی رخ داده است، اما پسرفت کارایی فنی در آن صنعت و همان سال آنقدر زیاد بوده است که برآیند این دو نیرو نهایتاً منجر به عدم بهبود کارایی کل شده است). بنابراین سلول‌های سفید(چه حاوی حرف و چه فاقد آن) بدترین حالت را نشان می‌دهند. همچنین:

هر سلول رنگی، نشان دهنده بهبودی در شاخص کارایی کل (MI) است. مشاهده می‌شود که بیشترین بهبود در کارایی کل طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ رخ داده است. کمترین میزان بهبود کارایی کل نیز مربوط به آخرین سال مشاهدات (سال ۱۳۹۴) است. بیشترین بهبود کارایی کل در دو صنعت

"محصولات شیمیایی" و "ماشین آلات اداری" رخ داده است. در حالی که صنعت "مواد غذایی" کمترین فراوانی بهبود کارایی کل را داشته است.

همچنین، هر سلول سبز رنگ، نشان دهنده بهبود همزمان ساختار و کارایی فنی است که طبیعتاً منجر به بهبود کارایی کل شده است. واضح است که رنگ سبز، بهترین حالت ممکن را نشان می‌دهد. بیشترین بهبود از این نوع در سال ۱۳۹۰ و کمترین آن در سال‌های ۹۳ و ۹۴ دیده می‌شود. این نوع بهبود بیشتر در دو صنعت "ابزار پزشکی" و "مبلمان" مشاهده می‌گردد.

هر سلول آبی، یک بهبود در کارایی کل که به خاطر بهبود کارایی فنی به وجود آمده است را نمایش می‌دهد. از این نوع بهبود بسیار کم رخ داده است. این کم بودن فراوانی، بخصوص در سال‌های ۹۰ تا ۹۵ مشهود است. بنابراین و با توجه به آن چه در نکته ۱ بیان شد، نتیجه می‌گیریم بیشترین بهبودهای کارایی کل در صنایع ایران، ناشی از بهبودهای ساختاری است و نه بهبودهای کارایی فنی. اگر هم معدود بهبودی از این نوع وجود داشته است، مربوط به صنعت نساجی، آن هم در ابتدای دوره مورد مطالعه می‌باشد. خیلی از صنایع مهم مانند مواد غذایی یا فلزات اساسی، اصلاً این نوع بهبود را تجربه نکرده اند.

سرانجام، هر سلول نارنجی، یک بهبود در کارایی کل که ناشی از بهبود ساختارهای صنعت بوده است را نمایش می‌دهد. از این نوع بهبود بیشتر در سال‌های ۹۰ تا ۹۲ اتفاق افتاده است و تقریباً تکرار آن در سال‌های پایانی نمونه دیده نمی‌شود. همانطور که در نکته ۱ بیان گردید، بیشترین بهبود کارایی کل که در دو صنعت "محصولات شیمیایی" و "ماشین آلات اداری" رخ داده است، بیشتر ناشی از تغییر ساختارها در این دو صنعت بوده است.

با توجه به این نتایج، می‌توان توصیه‌های سیاستی را ارایه نمود که در بخش بعدی بیان خواهد شد.

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله بیان شد که اقتصاد، در کنار اجتماع و محیط زیست یکی از سه پایه توسعه پایدار است. بنابراین برای پایدار بودن توسعه، مهم است که اقتصاد در مسیر درستی در حال حرکت باشد. یکی از مهمترین شاخص‌هایی که درست بودن مسیر حرکت اقتصاد را نشان می‌دهد، کارایی است. سوال تحقیق حاضر آن بود که روند تغییرات کارایی مصرف انرژی و محیطزیست در صنایع اقتصاد ایران

چگونه است؟ برای این منظور، اطلاعات مصرف انواع مختلف حامل‌های انرژی و پسماندهای تولید (به تفکیک انواع آلودگی) به همراه ارزش ستانده، برای۲۳ صنعت (کدهای *ISIC* دو رقمی) مورد استفاده واقع شد. این اطلاعات، برای محاسبه شاخص بهره‌وری مالم کوئیست(*MI*) طی دوره زمانی ۱۳۸۹ تا۱۳۹۷ به کار گرفته شد. مزیت استفاده از این شاخص، آن بود که ۱) بر پایه تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها است (و در نتیجه ناپارامتریک است) ؛ ۲) آلودگی محیط زیست را به عنوان خروجی نامطلوب(که کمتر آن بهتر است) در کنار خروجی مطلوب (که بیشتر آن بهتر است) به صورت یکجا در نظر می‌گیرد؛ ۳) بر پایه روش غیر شعاعی است و دارای قدرت دسترس‌پذیری قوی است و ۴) بدون محوریت است یعنی نه نهاده محور، و نه ستانده محور است و در عوض به طور همزمان به هر دو توجه دارد و ۵) تغییرات کارایی را به دو جز تغییرات تکنولوژیکی (انتقال مرز کارایی) و تغییرات کارایی فنی (رسیدن به مرز کارایی) تجزیه می‌کند. همچنین، از بین ۲۳ صنعت مورد نظر تحقیق حاضر، شش صنعت که دارای بیشترین مصرف انرژی، آلودگی و تولید هستند جدا شدند. این شش صنعت عبارتند از: صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی، تولید فلزات اساسی ، صنایع موادغذایی و آشامیدنی، تولید وسایل نقلیه موتوری، تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی و صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاه‌های نفت. با وجودی که ۷۳ درصد ارزش افزوده بخش صنعت متعلق به این شش صنعت است، اما بیش از حدود ۸۶ درصد آب، برق و گاز مصرفی؛ حدود ۵۶ درصد بنزین و ۸۰ درصد گازوییل در این صنایع مصرف می گردد. به علاوه، بیش از ۹۰ درصد انواع آلودگی‌ها ناشی از تولیدات این شش صنعت است. نتیجه محاسبات شاخص *MI* نشان داد که بیشترین بهبود در کارایی کل طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ و در دو صنعت "محصولات شیمیایی" و "ماشین آلات اداری" رخ داده است. در حالی که صنعت "مواد غذایی" کمترین فراوانی بهبود کارایی کل را داشته است. بهترین نوع بهبود (بهبود همزمان کارایی فنی و ساختاری) بیشتر در دو صنعت "ابزار پزشکی" و "مبلمان" مشاهده می‌گردد. بهبود در کارایی کل بسیار کم رخ داده است و بیشترین بهبودهای کارایی کل در صنایع ایران، ناشی از بهبودهای ساختاری است. با توجه به این نتایج، می‌توان این گونه جمع‌بندی کرد که بهبود کارایی کل در سال‌های اخیر کاهش یافته است. اگر هم معدود بهبودی رخ داده است به دلیل تغییرات ساختاری صنایع بوده است و نه به خاطر افزایش کارایی فنی آن ها. با این حال،

صنعت نساجی مثال خوبی است که در آن بهبود کارایی کل ناشی از پیشرفت کارایی فنی رخ داده است. "محصولات شیمیایی" و "ماشین آلات اداری" نمونه های خوبی از تغییرات ساختاری هستند که منجر به افزایش کارایی کل شده است. دو صنعت "ابزار پزشکی" و "مبلمان" صنایعی هستند که تجربه بهبود همزمان کارایی فنی و ساختاری دارند. همچنین ملاحظه شد که از شش صنعت مهم، دو صنعت بزرگ ("مواد غذایی" و "فلزات اساسی") تقریباً هیچ بهبود کلی از هیچ نوعی نداشته‌اند. بنابراین، توصیه می‌شود که تمرکز سیاستگذاران بر بهبود کارایی دو صنعت اخیر باشد؛ زیرا با این کار، عملاً بر بییش از ۹۰ درصد صنایع ایران تمرکز خواهد شد. همچنین پیشنهاد می‌گردد که تمرکز سیاستگذاران از بهبودهای فنی به تغییرات ساختاری معطوف باشد. این به آن دلیل است که پیشرفت فنی یا می بایست بومی باشد و یا این که با ارز کافی و روابط بین المللی خوب، از کشورهای دیگر وارد شود. در شرایط حال حاضر اقتصاد ایران، هیچ کدام امکان پذیر نیست. به همین جهت و در راستای حفاظت از منابع انرژی، کیفیت محیط زیست و توسعه پایدار، در حال حاضر بهترین تصمیم، تمرکز بر بهبود ساختاری صنایع به نظر می‌رسد.

References

Abbasian, E. and Nasrindoost, M. (2021). Welfare Economics. Nor-e-Elm publication. Third Edition. ISBN: 9786001690761. (in Persian)

Azadeh, A., Amalnick, M.S., Ghaderi, S.F. and Asadzadeh, S.M. (2007) . An integrated DEA PCA numerical taxonomy approach for energy efficiency assessment and consumption optimization in energy intensive manufacturing sectors" Energy Policy. 35 3792–3806.(in Persian)

Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. Eur J Operat Res 1978;2(5):429–44.

Chen S, Golley J. (2014) ‘Green’ productivity growth in China’s industrial economy. Energy Econ; 44:89–98.

Common, M., & Stagl, S. (2005). Ecological Economics: An Introduction. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511805547

Dingran Chen and Ying Liu (2019) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 237 042037

Fallahi A, Ebrahimi R, Ghaderi SF. (2011). Measuring efficiency and productivity change in power electric generation management companies by using data envelopment analysis: a case study. Energy; 36(11):6398e405.(in Persian)

Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", Journal of Royal Statistical Society, Vol. 120, Issue 3, pp. 253-290.

Garavand, S; Mehregan, N; Sadeghi, H and Malekshahi, M.(2013).Energy efficiency analysis in the petrochemical industry of Iran. The Journal of Economic Policy, Volume & Issue: Volume 5, Issue 10.

Goto M, Otsuka A, Sueyoshi .T (2014). DEA (Data Envelopment Analysis) assessment of operational and environmental efficiencies on Japanese regional industries. Energy 2014;66:535e49.

He F, Zhang Q, Lei J, Fu W, Xu X.(2013) Energy efficiency and productivity change of China's iron and steel industry: accounting for undesirable outputs. Energy Policy; 54:204–13.

Hi B, Shen KR. (2008) the total factor energy efficiency under marketing segmentation in China. World Economy;9(9):49–59.

Honma S, Hu J-L.(2014) Industry-level total-factor energy efficiency in developed countries: a Japan-centered analysis. Appl Energy;119:67–78.

Honma S, Hu JL.(2008) Total-factor energy efficiency of regions in Japan. Energy Policy 2008; 36(2):824–33.

Hu JL, Wang SC. (2006) Total-factor energy efficiency of regions in China. Energy Policy; 34(17):3206–17.

Li K, Lin B. (2015) the improvement gap in energy intensity: analysis of China's thirty provincial regions using the improved DEA (data envelopment analysis) model. Energy; 84:589e99.

Li SX, Cheng JH. (2008)Study on the energy efficiency of China and its determinants. Stat Res; 25(8):18–27.

Liu, Yingnan and Wang, Ke. (2015). Energy efficiency of China's industry sector: An adjusted network DEA (data envelopment analysis)-based decomposition analysis". Energy 93 1328e1337

Malmquist, S.(1953)Index numbers and indifference surfaces, Trabajos de Estadistica 4, 209-242.

Mamipour, S., and Najafzadeh, B. (2016). Environmental Efficiency Assessment of Iranian Electric Power Companies: Comparison between Radial and Non-radial Models. Journal of Applied Theories of Economics, 3(3), 153-178. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=532892.(in Persian)

Meng, F.Y.; Fan, L.W. ; Zhou, P. and Zhou, D.Q. (2013). Measuring environmental performance in China's industrial sectors with non-radial DEA". Mathematical and Computer Modelling 58 1047–1056

Mousavi-Avval SH, Rafiee S, Jafari A, Mohammadi A. (2011)Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Appl Energy; 88:3765–72 .(in Persian)

Nassiri SM, Singh S.(2009)Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. Appl Energy;86:1320–5.(in Persian)

Sajadifar S H, Asali M, Fathi B, Mohamadbagheri A.(2016). Measuring Energy Consumption Efficiency Using Data Envelopment Analysis (DEA) with Undesirable Factors. JPBUD.; 20 (4) :55-70. URL: http://jpbud.ir/article-1-1171-fa.html. (in Persian)

Shi GM, Bi J, Wang JN. (2010) Chinese regional industrial energy efficiency evaluation based on a DEA model of fixing non-energy inputs. Energy Policy;38(10):6172–9.

Song M-L, Zhang L-L, Liu W, Fisher R. (2013). Bootstrap-DEA analysis of BRICS' energy efficiency based on small sample data. Appl Energy; 112:1049–55.

Wang K, Lu B, Wei Y-M. (2013). China's regional energy and environmental efficiency: a range-adjusted measure based analysis. Appl Energy; 112:1403–15.

Wang K, Wei YM, Zhang X. (2012). A comparative analysis of China's regional energy and emission performance: which is the better way to deal with undesirable outputs? Energy Policy; 46:574e84.

Wang K, Wei Y-M, Zhang X. (2013). Energy and emissions efficiency patterns of Chinese regions: a multi-directional efficiency analysis. Appl Energy; 104:105–16.

Wang K, Wei Y-M. China's regional industrial energy efficiency and carbon emissions abatement costs. Appl Energy 2014;130:617–31.

Wang Q, Zhou P, Zhou D. Efficiency measurement with carbon dioxide emissions: the case of China. Appl Energy 2012;90:161–6.

Wang Y-S, Xie B-C, Shang L-F, Li W-H. Measures to improve the performance of China's thermal power industry in view of cost efficiency. Appl Energy2013;112:1078–86.

Wang Z, Feng C. A performance evaluation of the energy, environmental, and economic efficiency and productivity in China: an application of global data envelopment analysis. Appl Energy 2015;147:617–26.

Wang Z-H, Zeng H-L, Wei Y-M, Zhang Y-X. Regional total factor energy efficiency: an empirical analysis of industrial sector in China. Appl Energy2012;97:115–23.

Wang, Zhao-Hua; Zeng, Hua-Lin; Wei, Yi-Ming and Zhang, Yi-Xiang . "Regional total factor energy efficiency: An empirical analysis of industrial sector in China" Applied Energy 97 (2012) 115–123

Wei C, Shen MH. Energy efficiency and affect factors: based on DEA empirical analysis. Manage World 2007;8(8):66–76.

Wu J, Lv L, Sun J, Ji X. A comprehensive analysis of China's regional energy saving and emission reduction efficiency: from production and treatment perspectives. Energy Policy 2015;84:166e76.

Wu Q, Wu CY. Research on evaluation model of energy efficiency based on DEA. J Manage Sci 2009;22(1):103–12.

Xu GQ, Liu ZY. The total factor energy efficiency of eight economic regions in China during the years of 1998–2005. Forum Sci Technol China2007;7(7):68–72.

Yu-Ying Lin E, Chen P-Y, Chen C-C. Measuring green productivity of country: a generlized metafrontier Malmquist productivity index approach. Energy 2013;55:340–53.

Zhao X, Yang R, Ma Q. China's total factor energy efficiency of provincial industrial sectors. Energy 2014;65:52e61.

Zhou P, Ang BW, Poh KL. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. Eur J Oper Res 2008;189:1e18.

Zhou P, Ang BW, Wang H. Energy and CO2 emission performance in electricity generation: a non-radial directional distance function approach. Eur J Oper Res2012;221:625–35.

پیوست شماره ۱

فهرست ۲۳ صنعت مورد مطالعه

ردیف	نام صنعت	ردیف	نام صنعت
۱	صنایع موادغذایی و آشامیدنی	۱۳	تولید فلزات اساسی
۲	تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار	۱۴	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز
۳	تولید منسوجات	۱۵	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده
۴	تولید پوشاک عمل‌آوردن و رنگ‌کردن	۱۶	تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی
۵	دباغی و عمل‌آوردن چرم و	۱۷	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق
۶	تولید چوب و محصولات چوبی	۱۸	تولید رادیو و تلویزیون
۷	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۱۹	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی
۸	انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	۲۰	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر
۹	صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاههای نفت	۲۱	تولید سایر وسایل حمل و نقل
۱۰	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۲۲	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده
۱۱	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۲۳	بازیافت
۱۲	تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی		

پیوست شماره ۲

متغییرهای ورودی و خروجی صنایع مورد مطالعه

	نام متغییر	واحد	توضیحات
ورودی ها	مصرف برق	هزار کیلو وات ساعت	
	مصرف گاز طبیعی	هزارمتر مکعب	
	مصرف بنزین	هزارلیتر	
	مصرف گازوییل	هزارلیتر	
	مصرف آب	هزار مترمکعب	
خروجی مطلوب	ارزش افزوده	میلیارد ریال	به قیمت ثابت
خروجی های نامطلوب	پسماندهای جامد	تن	شامل آهن آلات، شیشه، کاغذ و مقوا می‌شود
	پسماندهای مایع	متر مکعب	شامل انواع حلالها، شوینده ها، اسیدها و بازها می‌شود
	فاضلاب	متر مکعب	پسابی که از نظر مشخصات فیزیکی مانند رنگ، شفافیت، بو، مزه و... یا شیمیایی مانند اسیدی شدن، قلیایی شدن و ...به حالتی درآید که استفاده مجدد از آن و یا تخلیه آن در محیطزیست، مستلزم تصفیه و فراوری باشد.

پیوست شماره ۳

نمرات بهبود کارایی فنی (TEC)

TEC	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397
صنایع موادغذایی و آشامیدنی	1.00	1.02	1.00	0.98	1.00	1.00	1.01	0.99	0.97
تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.39	1.35	1.59
تولید منسوجات	1.00	1.16	0.91	0.94	1.00	1.00	1.03	0.99	0.96
تولید پوشاک عمل‌آوردن و رنگ‌کردن	1.26	0.78	0.86	1.50	1.00	1.00	1.12	1.30	0.92
دباغی و عمل‌آوردن چرم و	0.94	0.95	1.05	0.89	1.19	0.90	1.05	1.16	0.90
تولید چوب و محصولات چوبی و	1.00	1.00	0.95	1.06	0.94	1.06	1.12	1.06	0.84

تولید کاغذ و محصولات کاغذی	1.00	1.07	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99	0.93
انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	0.98	0.73	1.05	1.39	1.00	1.00	1.23	1.33	0.95
صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاههای نفت و	NaN	NaN	0.66	1.52	NaN	NaN	1.01	0.98	0.55
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	1.00	1.62	0.62	0.99	1.00	1.00	1.17	1.00	0.90
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	1.01	1.16	0.93	0.94	1.02	1.01	1.00	1.10	0.85
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	1.00	1.01	1.01	0.98	1.00	1.00	1.14	1.10	0.78
تولید فلزات اساسی	1.02	1.84	0.74	0.89	0.88	0.95	1.02	1.08	0.80
تولید محصولات فلزی فابریکی بجز	0.99	1.03	0.99	0.93	1.04	1.03	1.04	1.04	0.99
تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده	1.00	1.10	0.93	0.85	1.00	1.10	1.01	1.09	0.89
تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.19	1.00	0.86
تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق و	0.92	1.09	1.00	0.63	1.14	1.20	1.13	1.00	0.95
تولید رادیو و تلویزیون و	0.80	1.24	1.00	0.78	0.94	1.25	1.07	1.23	0.97
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و	0.92	1.12	0.52	1.78	1.08	0.93	1.59	0.66	1.75
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و	1.01	0.73	1.40	0.63	1.11	1.79	1.07	1.25	0.81
تولید سایر وسایل حمل و نقل	0.92	0.80	1.54	0.69	0.96	1.12	1.01	1.09	0.89
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده	1.16	0.62	1.01	1.76	1.00	1.00	1.05	1.07	1.08
بازیافت	0.86	0.95	0.99	1.19	0.96	1.20	1.01	1.00	0.86

پیوست شماره ۴ نمرات بهبود ساختاری (TC)

TC	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397
صنایع موادغذایی و آشامیدنی	1.00	1.25	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار	0.80	0.00	1.34	10.79	0.45	1.30	1.00	1.00	1.00

تولید منسوجات	1.00	0.96	1.09	1.06	1.00	0.97	0.98	1.03	1.00
تولید پوشاک عمل‌آوردن و رنگ‌کردن	0.92	1.22	1.21	3.29	0.68	0.71	0.64	0.69	0.75
دباغی و عمل‌آوردن چرم و	0.97	1.20	1.01	1.11	0.82	0.87	1.00	0.93	0.79
تولید چوب و محصولات چوبی و	0.92	0.84	0.76	3.61	0.65	0.78	1.01	0.96	1.05
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	1.00	0.99	1.03	1.01	1.00	1.00	1.01	0.98	1.00
انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	0.88	1.18	0.97	2.02	0.89	0.81	0.79	0.92	1.45
صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاههای نفت و	NaN	NaN	NaN	0.76	NaN	NaN	1.00	1.00	1.00
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	1.00	1.08	1.66	1.05	0.99	0.99	0.92	1.00	1.00
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	0.99	1.11	1.15	1.07	0.98	0.90	1.00	1.00	0.97
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	1.00	0.99	1.00	1.03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
تولید فلزات اساسی	0.97	0.67	1.95	0.81	0.82	0.74	1.00	1.00	1.00
تولید محصولات فلزی فابریکی بجز	0.99	1.24	0.99	1.09	0.97	0.92	1.08	1.19	0.99
تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده	0.97	1.32	1.07	1.10	0.93	0.90	1.00	1.00	0.90
تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	1.00	1.53	1.19	1.35	0.61	0.60	0.96	1.00	0.53

تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق و	0.90	1.10	1.26	1.51	0.87	0.83	1.18	1.00	1.20
تولید رادیو و تلویزیون و	1.01	1.47	1.14	1.99	0.57	0.78	1.00	1.00	0.93
تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی و	0.98	1.75	0.97	1.60	0.79	0.81	1.00	0.80	1.25
تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر و	0.99	1.46	0.89	1.18	0.84	0.70	1.00	1.00	1.00
تولید سایر وسایل حمل و نقل	1.04	1.29	0.77	1.64	0.87	0.89	1.03	0.99	0.92
تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده	0.87	0.95	1.03	3.38	0.66	0.76	0.99	1.00	1.00
بازیافت	0.94	1.36	1.00	1.20	0.91	0.91	0.89	1.00	0.96

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی