Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University
Journal of Agricultural Market and Economics,Vol. 1, No 1, Spring and Summer 2023 p: 1-9

OPEN ACCESS

"Research paper"

Evaluation of the Environmental Efficiency of the Agricultural Sector in Comparison with Other Economic Sectors of Iran by DEA Method and Malmquist Index

Fariba Osmani[1], Ali Dehghani[2], Mojtaba Ghiasi[3] and Mohammad Javad Gorjipour[4]

1- Ph.D. Student of economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran,
(Corresponding author: faribaosmani10@gmail.com)
2- Assistant Professor, Department of Industries and Management, University of Technology, Shahrood, Iran
3- Associate Professor, Department of Industries and Management, University of Technology, Shahrood, Iran
4- Ph.D. Student in economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
Received: 2 June, 2022 Accepted: 24 July, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Environmental pollution, issues and problems in the field of environment and its effects on the global environment are one of the main challenges and serious crisis of today's world, in such a way that countries, in addition to internal policies and measures, organize environmental issues in the international field also follows.

Material and Methods: The study purpose is to investigate the level of environmental efficiency of selected economic sectors in Iran. For this purpose, panel data of selected economic sectors and sub-sectors of Iran (agriculture, oil, industry, transportation, and domestic, commercial, and public sectors) during the period from 1996 to 2018 have been used. The level of environmental efficiency has been estimated using the data envelopment analysis method based on mathematical programming, and the Malmquist index has been calculated to examine the progress or decline of the environmental efficiency of each economic sector. The variables used in the study include labor and capital as inputs and value-added as the desired output and carbon dioxide emissions as the undesirable output.

Results: The agricultural and oil sectors are environmentally efficient during the study period, and the transportation sector has the lowest environmental efficiency. The highest average value of environmental efficiency is related to the agricultural sector, which is an acceptable result due to the fact that in this research we have considered the level of carbon dioxide pollution. The results of technological changes indicate that all sectors are moving towards progress, and the highest average value is related to the transportation sector and the lowest average value is related to the agricultural sector.

Conclusion: According to the research findings, the sectors that are less efficient have higher energy consumption, such as the transportation sector and the industry sector. Therefore, in order to reduce the amount of energy consumption and reduce the emission of environmental pollutants, it is possible to use low-carbon light fuels instead of heavy fuels, to use non-conventional fuels with low carbon such as waste materials, waste fuels and biomass, and to use hybrid filter technology to reduce pollutants. On the other hand, incentives and punishment are also very effective. The government should think of incentive measures to encourage efficient sectors, for example, it can give priority to the consumption of resources with lower prices to the agriculture sector and sectors that operate with less energy consumption and less biological pollution. Paying subsidies to efficient sectors is also effective. In order to protect the environment against the emission of carbon dioxide gas, selected economic sectors should go towards the consumption of high-quality fuels and clean energy, and the government should go towards supporting the development of renewable energy consumption.

Keywords: Economic sectors, Environmental efficiency, Malmquist index, Mathematical planning.

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]

[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

OPEN ACCESS

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی ایران با رویکرد DEA و شاخص مالم‌کوئیست

فریبا عثمانی[۱]، علی دهقانی[۲]، مجتبی غیاثی[۳] و محمدجواد گرجی‌پور[۴]

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران، (نویسنده مسوول: faribaosmani10@gmail.com)
۲- استادیار گروه صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی، شاهرود، ایران
۳- دانشیار گروه صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی، شاهرود، ایران
۴- دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱
صفحه: ۱ تا ۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: آلودگی‌های زیست‌محیطی، مسائل و مشکلات حوزه محیطزیست و تاثیرات آن بر محیطزیست کره‌ی خاکی از چالش‌های اصلی و بحران جدی دنیای امروز است، به گونه‌ای که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدامات درون‌مرزی، ساماندهی مسائل زیست‌محیطی را در حوزه‌ی بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند.

مواد و روش‌ها: هدف تحقیق حاضر، بررسی سطح کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی در ایران می‌باشد. برای این‌منظور از داده‌های تابلویی (پانل) بخش‌ها و زیربخش‌های منتخب اقتصادی ایران (کشاورزی، نفت، صنعت، حمل و نقل و بخش خانگی، تجاری و عمومی) طی دوره ۱۳۷۵- ۱۳۹۷ استفاده شده است. میزان کارایی زیست‌محیطی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بر مبنای برنامه‌ریزی ریاضی برآورد گردیده است. همچنین شاخص مالم‌کوئیست برای بررسی روند پیشرفت یا پسرفت کارایی زیست‌محیطی هر بخش اقتصادی محاسبه شده است. متغیرهای به‌کار رفته در این پژوهش شامل نیروی کار و سرمایه به‌عنوان ورودی‌ها و ارزش‌افزوده به‌عنوان خروجی مطلوب و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌عنوان خروجی نامطلوب در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد، بخش کشاورزی و نفت در طی دوره مورد مطالعه از لحاظ زیست‌محیطی کارا هستند و بخش حمل و نقل کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی را دارند. بیشترین مقدار میانگین کارایی زیست‌محیطی مربوط به بخش کشاورزی است،به‌دلیل این‌که در این پژوهش برای سنجش میزان آلودگی، گاز آلاینده دی‌اکسیدکربن در نظر گرفته‌شده است و نتیجه قابل قبول حاصل شده است. نتایج تغییرات تکنولوژیکی نشان داد که همه‌ی بخش‌ها به‌سوی پیشرفت در حرکت است و بیشترین مقدار میانگین مربوط به بخش حمل و نقل و کمترین مقدار میانگین مربوط به بخش کشاورزی است.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های پژوهش، بخش‌هایی که ناکاراتر هستند (مانند بخش حمل‌ونقل و بخش صنعت) مصرف انرژی بالاتری دارند. بنابراین برای کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌توان استفاده از سوخت‌های سبک کم‌کربن را به‌جای سوخت‌های سنگین و استفاده از سوخت‌های غیرمتداول دارای کربن اندک مانند مواد زاید، سوخت‌های ضایعاتی و زیست‌توده‌ها و استفاده از تکنولوژی فیلترهای هیبریدی جهت کاهش آلاینده‌ها را پیشنهاد داد. از سوی دیگر انگیزه‌های تشویقی و تنبیهی نیز بسیار کارساز است. دولت باید جهت تشویق بخش‌های کارا تدابیر تشویقی بیاندیشد. برای مثال می‌تواند اولویت مصرف منابع با قیمت‌های کمتر را در اختیار بخش کشاورزی و بخش‌هایی که با مصرف انرژی کمتر و آلودگی زیستی کمتری فعالیت می‌کنند، قرار دهد. پرداخت سوبسید به بخش‌های کارا نیز موثر است. برای حفاظت از محیطزیست در مقابل انتشار گاز دی‌اکسیدکربن باید بخش‌های منتخب اقتصادی به‌سمت مصرف سوخت‌های با کیفیت بالا و انرژی پاک بروند و دولت باید به‌سوی حمایت از توسعه مصرف انرژی تجدیدشدنی برود.

واژه‌های کلیدی: بخش‌های اقتصادی، برنامه‌ریزی ریاضی، شاخص مالم‌کوئیست،کارایی زیست‌محیطی

مقدمه

آلودگی‌های زیست‌محیطی از چالش‌های اصلی دنیای امروز است به‌گونه‌ای که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدامات درون‌مرزی، ساماندهی مسائل زیست‌محیطی را در حوزه‌ی بین‌المللی دنبال می‌کنند. مسائل و مشکلات حوزه محیطزیست و تاثیرات آن بر کره خاکی طی چند دهه اخیر به یک بحران جدی تبدیل شده است. این آسیب‌ها ناشی از ترکیب عواملی همچون توسعه شهرنشینی، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و فعالیت‌های صنعتی بوده است که سبب انتشار گازهای آلاینده می‌شود که تمامی این آلاینده‌ها نه تنها روی محیط زیست در سطح محلی و منطقه‌ای بلکه در سطح جهانی اثرات تخریبی دارند؛ به‌طوری‌که در سطح محلی بیشترین تخریب به‌صورت آلودگی هوا بروز می‌کند و در سطح بین‌المللی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای موجب گرم شدن سطح زمین می‌گردند (Mousavi & safarzadeh, 2014; Dehghani et al., 2019).

با رشد اهمیت توسعه پایدار، مفهوم کارایی زیست‌محیطی نیز جایگاه ویژه‌ای را در ادبیات اقتصاد توسعه، پیدا کرده است. کارایی زیست‌محیطی یعنی تولید کالاها و ارائه خدمات با به‌کارگیری انرژی و مواد اولیه کمتر که ضایعات آلودگی و هزینه کمتر را نیز به‌دنبال داشته باشد. در واقع کارایی زیست‌محیطی بر روی استفاده‌ی کارا از منابع و ایجاد آلودگی کمتر تمرکز دارد. کارایی زیست‌محیطی دو جنبه محیطی و اقتصادی را بررسی می‌کند، بنابراین می‌توان گفت شاخص کارایی زیست‌محیطی نمایانگر میزان تعهد به توسعه پایدار می‌باشد (Ebrahimi et al., 2020; Dehghani et al., 2019; Osmani et al., 2022) از طرف دیگر، انجام هر فعالیت اقتصادی نیاز به مصرف انرژی دارد که انرژی از یک طرف محرک توسعه اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی است و از طرف دیگر موجب انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌گردد، به‌ویژه اگر مصرف انرژی با ناکارآمدی نیز مقارن باشد.

لِو و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات کارایی انرژی ناحیه‌ای چین با شاخص مالم‌کوئیست و رگرسیون توبیت پرداخته‌اند. این مقاله روی سطح ناحیه‌ای از تغییرات کارایی انرژی در چین متمرکز شده است، زیرا با این‌که چین بزرگترین مصرف‌کننده انرژی در سال ۲۰۱۰ شده است اما بهره‌وری انرژی آن به نسبت متوسط جهان بسیار پایین است. در این مطالعه فاکتور کل انرژی برای ۳۰ استان چین طی دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست و تجزیه و تحلیل

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]

[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

توبیت بررسی شده است. نتایج تخمین مالم‌کوئیست پیشنهاد می‌کند که تمایل تغییر عمیقی در رشد بهره‌وری انرژی وجود دارد و کارایی انرژی چین با اختلاف ناحیه‌ای بزرگی مواجه شده است اما کارایی تکنیکی انرژی همگرایی در سرتاسر کشور را نشان می‌دهد. رگرسیون توبیت نیز بیان می‌دارد که ساختار صنعتی، ساختار مصرف انرژی و عوامل نهادی اثرات متفاوتی روی کارایی انرژی دارد (Lv et al., 2015).

رن و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان اندازه‌گیری کارایی انرژی و انتشار کربن سیستم‌های حمل و نقل منطقه‌ای در چین سیستم حمل و نقل منطقه‌ای چین را در انتشار کربن با روش‌های تحلیل پوششی داده[1] مورد بررسی قرار دادند. به‌دلیل اینکه بخش حمل و نقل چین سبب انتشار ۱۸ درصد کربن کل چین می‌شود بررسی این بخش اهمیت ویژه‌ای دارد. آنها دریافتند که چین شرقی بهتر از چین مرکزی است و چین مرکزی عملکرد بهتری نسبت به غرب چین دارد. در چین، توسعه منطقه‌ای نامتعادل برای حمل و نقل کالا با توسعه منطقه‌ای اقتصادی غیرمتعادل مطابقت دارد (Ren et al., 2020).

خو و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی کارایی انرژی بر اساس تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها ابتدا وضعیت کلی ادبیات مربوط به DEA طی دوره ۲۰۱۱–۲۰۱۹ را تجزیه و تحلیل نمودند. سپس متغیرهای تعریف، اندازه‌گیری و ارزیابی بهره‌وری انرژی را معرفی نمودند و مدل فعلی DEA و مدل‌های برنامه افزودنی و برنامه‌های کاربردی آن‌را براساس سناریوهای مختلف مرور کردند. سرانجام، با توجه به کاستی‌های مدل DEA موجود، مباحث پژوهشی احتمالی آینده را ارائه دادند (Xu et al., 2020).

جیا و لی (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با عنوان "اندازه‌گیری کارایی انرژی صنایع چین در سطح استانی" به بررسی کارایی انرژی و پتانسیل ذخیره انرژی در چین با داده‌های طی دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ پرداختند و در این مطالعه از هر دو مدل تحلیل پوششی داده‌ها و تابع فاصله جهت‌دار بر مبنای DEA استفاده گردید و با ترکیب این دو مدل شاخص شدت انرژی را معرفی نمودند. نتایج نشان داد که در دوره مورد مطالعه استان‌های شرق چین کاراتر از استان‌های غرب و مرکز هستند و این سبب کاهش انتشار و ذخیره بالاتر انرژی در شرق چین می‌شود (Jia & Li , 2015).

توانا و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست برای سیستم‌های تولید شبکه در بخش انرژی با روشی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌های شبکه برای اندازه‌گیری کارایی و اثر بخشی واحدهای تصمیم‌گیری چندین پالایشگاه نفت ایران طی دوره ۲۰۱۵–۲۰۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. برای این‌منظور نسخه‌ای از شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست برای سازگاری ساختارهای DEA با شبکه طراحی نمودند. پس از شناسایی عوامل اصلی تعیین‌کننده بهره‌وری پالایشگاه‌های موردمطالعه، بهره‌برداری از ۹ مورد از آنها را بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که مدیریت استفاده از منابع به‌ویژه انرژی و سرمایه، نامناسب است و سرمایه‌گذاری کافی نیست. علی‌رغم اینکه نرخ استهلاک تسهیلات سرمایه به‌ویژه در این صنعت بالا است، بنابراین سرمایه‌گذاری به‌منظور ارتقا سطح فناوری نیست (Tavana et al., 2020).

ممبینی و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با عنوان شاخص جهانی مالم‌کوئیست برای اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری اقتصادی، واحدهای مورد بررسی را از نظر کارایی اقتصادی و هزینه، تولید، درآمد و سود طی چندین دوره و میزان بهبود هریک از این واحدها ارزیابی کردند. با در نظر گرفتن کمترین استفاده از منابع و مصرف کمتر پول، درآمدزایی بیشتر و حداکثر سود، بهبود یا عقب‌نشینی واحد تصمیم‌گیرنده از طریق هزینه، درآمد و سود با ارائه روشی مبتنی بر حل مدل‌های برنامه‌ریزی خطی با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست مورد بررسی قرار دادند (Mombini et al., 2020).

ابراهیمی و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی بخش صنعت استانی ایران در مصرف گاز طبیعی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و تابع فاصله جهت‌دار[2]، در سال ۱۳۹۷ پرداخته‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که کارایی زیست‌محیطی صنایع در استان‌های ایران پایین است. به‌علاوه بخش صنعت استان تهران و کرمان در سال ۱۳۹۷ بالاترین نمره کارایی زیست‌محیطی را نسبت به بخش صنعت سایر استان‌های مورد مطالعه کسب کردند (Ebrahimi et al., 2020).

اوحدی و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای به اندازه‌گیری کارآیی زیست‌محیطی و رتبه‌بندی آن در ایران و کشورهای نفتی در حال توسعه با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دارای خروجی نامطلوب و تئوری بازی همکارانه ارزش شاپلی در سال ۲۰۱۴ پرداخته‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که کشور ایران پس از کشور برزیل با کسب نمره ۰/۴۲ و تخصیص رتبه ۸ از بین ۹ کشور تحت بررسی از کمترین میزان کارآیی زیست‌محیطی در مقایسه با سایر کشورهای تحت مطالعه برخوردار بوده است (Ohadi et al., 2018).

با توجه به نفت‌خیز بودن ایران و اهمیت حفظ محیط زیست، در این پژوهش ارزیابی کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی در ایران با روش DEA و شاخص مالم‌کوئیست طی دوره ۱۳۷۵–۱۳۹۷ مدنظر قرار گرفته است. از آنجایی‌که مطالعاتی در بخش‌های مختلف صورت گرفته، لذا نیاز به انجام پژوهش در بخش کشاورزی نویسنده را به بررسی کارایی زیست‌محیطی در این بخش واداشته است. در ادامه به روش‌شناسی تحقیق پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش جهت ارزیابی کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی، در ابتدا کارایی زیست‌محیطی بخش‌های منتخب اقتصادی (کشاورزی، نفت، صنعت، حمل و نقل و بخش خانگی، تجاری و عمومی) با استفاده از روش DEA محاسبه گردیده است. بدین‌منظور نیروی کار و سرمایه به‌عنوان ورودی‌های مدل و ارزش‌افزوده

1- Data Envelopment Analysis (DEA)

2 -Directional Distance Function

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]

[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

بخش‌های منتخب به‌عنوان خروجی مطلوب و میزان انتشار دی‌اکسید کربن بخش‌های منتخب اقتصادی به‌عنوان خروجی نامطلوب در نظر گرفته شده است. برای تکمیل تجزیه و تحلیل کارایی زیست‌محیطی در این مطالعه، شاخص مالم‌کوئیست نیز محاسبه شده است.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها

استفاده از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، برای ارزیابی نسبی واحدها، نیازمند تعیین دو مشخصه اساسی، ماهیت الگو و بازده به مقیاس الگو می‌باشد (Mei & Zhang, 2015). که در زیر به تشریح هریک از آنها پرداخته می‌شود:

ماهیت الگوی مورد استفاده در الگوی (DEA) شامل دو ماهیت ورودی و خروجی است. با دیدگاه ورودی، به‌دنبال به‌دست آوردن ناکارایی فنی به‌عنوان نسبتی می‌باشد که بایستی در ورودی‌ها کاهش داده شود تا خروجی، بدون تغییر بماند و واحد در مرز کارایی قرار گیرد. در دیدگاه خروجی، به‌دنبال نسبتی است که باید خروجی‌ها افزایش یابند، بدون آن‌که تغییر در ورودی‌ها به‌وجود آید تا واحد موردنظر به مرز کارایی برسد. برای لحاظ کردن کارایی زیست‌محیطی روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از روش‌ها بدین‌گونه است که ستانده نامطلوب به‌عنوان نهاده در نظر گرفته می‌شود. مدل زیر برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی بخش‌های منتخب اقتصادی است، در حقیقت یک خروجی مطلوب و یک خروجی نامطلوب که به‌عنوان ورودی در نظر گرفته شده است. در رابطه (۱)، مدل پیشرفته DEA نشان داده شده است (Mei & Zhang, 2015).

$$\begin{aligned} &Min\ \theta \\ &s.t \\ &\textstyle\sum_{i=1}^{5} \mu_i L_i \le \theta L_i \\ &\textstyle\sum_{i=1}^{5} \mu_i k_i \le \theta k_i \\ &\textstyle\sum_{i=1}^{5} \mu_i CO2_i \le \theta CO2_i \\ &\textstyle\sum_{i=1}^{5} \mu_i Y_i \ge Y_i \ , \ \mu_i \ge 0 \ , \\ &\text{I=1,2,…,5} \end{aligned} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱) اندیس i مربوط به هر بخش، L: متغیر ورودی نیروی کار هر بخش، K: متغیر ورودی موجودی سرمایه هر بخش، CO_2: متغیر خروجی نامطلوب میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن هر بخش و متغیر Y، متغیر خروجی مطلوب ارزش‌افزوده هر بخش می‌باشد.

شاخص مالم‌کوئیست

مالم‌کوئیست[1]، اقتصاددان سوئدی، در سال ۱۹۵۳ شاخصی به‌نام شاخص استاندارد زندگی مالم‌کوئیست معرفی نمود. سپس در سال ۱۹۹۲ شاخص مذکور به دو عامل تغییر در کارایی و تغییر در تکنولوژی تجزیه نمودند که این تجزیه به‌نام تجزیه FGNZ[2] توسط فاره[3] و همکارانش در سال ۱۹۹۴ ارائه شد. این تجزیه عامل دیگری به نام تغییرات مقیاسی را هم در برداشت. در تحلیل پوششی داده‌ها بهترین مرز کارایی، بدون اولویتی برای خروجی‌ها و ورودی‌ها به‌وسیله مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده به‌دست می‌آید. واحدهای تصمیم گیرنده روی مرز کارایی، واحدهایی با بیشترین سطح خروجی و یا با کمترین سطح ورودی هستند. با تلفیق تغییرات کارایی هر واحد و تغییرات تکنولوژیکی، شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست تعریف می‌شود (Coelli et al., 2005).

فاره و همکاران (۱۹۹۴) بیان نمودند با توجه به ناکارایی و خطی بودن مرز تکنولوژی، شاخص بهره‌وری را می‌توان به دو عامل تجزیه کرد و مرز کارایی را با استفاده از تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای DMUs[4] مشخص کرد (Fare et al., 1994). تابع تولید در زمان t و t+1 مفروض است و برای محاسبه شاخص مالم‌کوئیست به حل چهار مسئله برنامه‌ریزی خطی به‌صورت رابطه (۲) نیاز است:

$$\begin{aligned} &D^t(X_p^t Y_p^t) = min\theta \\ &s.t \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} \mu_j X_{ij}^t \le \theta X_{ip}^t,\ j=1,\dots,n, \\ &I=1,\dots,m \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} \mu_j Y_{rj}^t \ge Y_{rp}^t,\ r=1,\dots,s,\ \mu_j \ge 0 \end{aligned} \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، X_{ip}^t، i امین ورودی و Y_{rp}^t، r امین خروجی از DMU_p در زمان t است. مقدار کارایی $D^t(X^tY^t) = \theta$ نشان می‌دهد که چه میزان از ورودی DMU_p را کاهش داد تا همان خروجی را تولید کند، به‌جای زمان t، مسئله CCR را برای زمان t+1 است، به‌دست می‌آید. مقدار $D^t(X^{t+1}Y^{t+1})$ برای DMU_p، که فاصله DMU_p در زمان t-1 با مرز t است. با استفاده از مسئله برنامه‌ریزی خطی، رابطه (۳)، محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} &D^t(X_p^{t+1} Y_p^{t+1}) = min\theta \\ &s.t \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} \mu_j X_{ij}^t \le \theta X_{ip}^{t+1}\ ,\ J=1,\dots,\ n, \\ &I=1,\dots,m \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} \mu_j Y_{rj}^t \ge Y_{rp}^{t+1}\ ,\ r=1,\dots,s \\ &\mu_j \ge 0 \end{aligned} \qquad (۳)$$

به‌طور مشابه $D^{t+1}(X^tY^t)$ فاصله DMU_p با مختصات t نسبت به مرز کارایی t+1 محاسبه می‌شود که برای محاسبه شاخص مالم‌کوئیست در ماهیت ورودی لازم است. این مقدار جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی به‌صورت رابطه (۴) است.

$$\begin{aligned} &D^{t+1}(X_p^t Y_p^t) = min\theta \\ &s.t \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} \mu_j X_{ij}^{t+1} \le \theta X_{ip}^t\ ,\ I=1,\dots,m\ , \\ &j=1,\dots,n \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} \mu_j Y_{rj}^{t+1} \ge Y_{rp}^t\ ,\ r=1,\dots,s\ , \\ &\mu_j \ge 0 \end{aligned} \qquad (۴)$$

اگر فرض شود که $D^{t+1}(X^{t+1}Y^{t+1})$ و $D^t(X^tY^t)$ برای کارا بودن باید برابر یک باشند، بنابراین، تغییرات کارایی نسبی برابر رابطه (۵) است:

$$TEC_p = \frac{D_p^{t+1}(X_p^{t+1}Y_p^{t+1})}{D_p^t(X_p^tY_p^t)} \qquad (۵)$$

بر این اساس، قطعه‌ای از مرز حرکت مثبت است، اگر و فقط اگر این قطعه در زمان t+1 نسبت به نقطه متناظر در زمان t، مجموعه امکان تولید را گسترش دهد و بزرگتر نماید و از طرف دیگر قطعه‌ای از مرز حرکت منفی داشته، اگر و فقط اگر این قطعه در زمان t+1 نسبت به نقطه متناظر در زمان t مجموعه

1- Malmquist
2- Fare, Grosskopf, Noirris & Zhongyang
3- Fare
4- Decision Making Units (DMUs)

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]
[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

امکان تولید را کوچک‌تر نماید و به‌سمت داخل حرکت کند. فاره، میزان تغییرات تکنولوژیکی را بین زمان‌های t و t+1 به‌صورت ترکیب هندسی رابطه (۶) بیان کرد:

$$TECH_p = \sqrt{\frac{D_p^t(X_p^{t+1}Y_p^{t+1})}{D_p^{t+1}(X_p^{t+1}Y_p^{t+1})} \cdot \frac{D_p^t(X_p^tY_p^t)}{D_p^{t+1}(X_p^tY_p^t)}} \qquad (۶)$$

برای شاخص تغییرات تکنولوژی سه حالت زیر رخ می‌دهد: اگر $TECH_p > 1$ باشد، حرکت مرز مثبت بوده یا به‌عبارت دیگر پیشرفت مشاهده می‌شود. $TECH_p < 1$ باشد، حرکت مرز منفی بوده یا به‌عبارت دیگر پسرفت مشاهده می‌شود، اگر $TECH_p$ =۱ باشد، حرکت لازم نیست و یا مرز تغییر نمی‌کند. شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست (MPI) در ماهیت ورودی برای هر DMU_p در زمان‌های t و t+1 از حاصلضرب تغییرات کارایی و تغییرات تکنولوژی محاسبه می‌شود که به‌صورت رابطه (۷) مطرح می‌گردد:

$$MPI(X^tY^tX^{t+1}Y^{t+1} = \frac{D_p^{t+1}(X_p^{t+1}Y_p^{t+1})}{D_p^t(X_p^tY_p^t)} \cdot \sqrt{\frac{D_p^t(X_p^{t+1}Y_p^{t+1})}{D_p^{t+1}(X_p^{t+1}Y_p^{t+1})} \cdot \frac{D_p^t(X_p^tY_p^t)}{D_p^{t+1}(X_p^tY_p^t)}} \qquad (۷)$$

$$MPI = TECH * PEFCH * SEFCH$$

این مقدار (MPI) به‌صورت ترکیب هندسی محدب تعریف می‌شود، زیرا به این وسیله، کوچک‌ترین ضعف موجود در کارایی‌ها مشخص می‌شود و کوچک‌ترین تغییر در هر کدام از کارایی‌ها در شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست تاثیر می‌گذارد و ۳ حالت زیر ممکن است، رخ دهد:

اگر MPI> 1 افزایش بهره‌وری را نشان دهد و پیشرفت کارایی مشاهده می‌شود.

اگر MPI< 1 کاهش بهره‌وری را نشان دهد و پسرفت کارایی مشاهده می‌شود.

اگر MPI=1 باشد هیچ تغییری در بهره‌وری برای زمان‌های t و t+1 رخ نداده است.

نتایج و بحث

در این تحقیق ابتدا با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به محاسبه کارایی زیست‌محیطی بخش‌های منتخب اقتصادی ایران پرداخته شده است. در این مدل ارزش افزوده هر بخش کشور به‌عنوان خروجی مطلوب و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن هر بخش به‌عنوان خروجی نامطلوب در نظر گرفته شده است. نیروی کار و سرمایه هر بخش کشور نیز به‌عنوان ورودی‌های مدل در نظر گرفته شده است.

آمار و داده‌های مربوط به نیروی کار، سرمایه و ارزش‌افزوده بخش‌های منتخب اقتصادی از مرکز آمار ایران و داده‌های مربوط به میزان انتشار گاز آلاینده دی‌اکسیدکربن بخش‌های منتخب اقتصادی کشور از وزارت نیرو و ترازنامه‌ی هیدروکربوری کشور استخراج گردیده است. در محاسبه‌ی کارایی زیست‌محیطی بخش‌های منتخب اقتصادی کشور به‌دلیل انتشار بالای گاز دی‌اکسیدکربن به نسبت سایر گازهای آلاینده، میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن هر بخش مبنای سنجش کارایی زیست‌محیطی آن بخش قرار گرفته است. در این مطالعه یک مرز تولید مطابق سال‌های مختلف طرح‌ریزی شده است و ۵ بخش منتخب اقتصادی را به‌عنوان DMU معرفی شده است که روی نهاده- ستانده طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۷۵ پایه‌گذاری شد. کارایی زیست‌محیطی از DMU می‌تواند روی فاصله از نقطه تولید واقعی‌شان تا مرز تولید اندازه‌گیری شود. مدل (۱)، یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها برمبنای برنامه‌ریزی خطی است که در ماهیت ورودی می‌باشد، به این معنی که عملکرد بخش‌های مورد ارزیابی را از نقطه‌نظر استفاده از ورودی و منابع ارزیابی می‌کند. جواب بهینه‌ی مدل فوق همواره کمتر یا مساوی یک است. در صورتی‌که جواب بهینه برای یک بخش برابر با یک باشد آنگاه بخش موردنظر در استفاده از منابع خود به‌خوبی عمل می‌کند یا به‌عبارتی کاراست. در غیر این‌صورت بخش موردنظر ناکارا شناخته می‌شود و هر چقدر مقدار بهینه از یک کمتر باشد، بخش مورد ارزیابی ناکاراتر خواهد بود. برای ارزیابی جامع بخش‌های مورد بررسی، مدل فوق بایستی برای تمام بخش‌ها به‌طور جداگانه حل شود. جدول (۱) نتیجه محاسبه میزان کارایی زیست‌محیطی بخش‌های منتخب اقتصادی ایران را طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۷۵ نشان می‌دهد که از اجرای مدل (۱) برآورد گردید.

با توجه به نتایج جدول یک، می‌توان بیان داشت که کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی و نفت کشور طی دوره مورد بررسی تقریباً بالا است. این یعنی بخش‌های مذکور، آلودگی هوای کمتری را منتشر می‌کنند و بر این اساس به حداکثرسازی رشد اقتصادی با حداقل ضایعات زیست‌محیطی کمک می‌کنند. بنابراین بخش‌هایی که نمره یک را کسب نموده‌اند یعنی در استفاده از منابع و تولید ستانده مطلوب و نامطلوب خود کارا هستند. کارایی زیست‌محیطی بخش حمل و نقل بسیار پایین است که با توجه به اهمیت بیشتر جهانی به مسائل زیست‌محیطی طی دهه‌های جدید، بررسی این مسئله بسیار با اهمیت می‌باشد. بخش حمل و نقل می‌تواند با همین مقدار نهاده مصرفی و ستانده مطلوب، اقدام به کاهش تولید آلاینده‌ها نماید و میزان کارایی زیست‌محیطی خود را ارتقا بخشد. این بخش با تغییر شیوه تولید می‌تواند بدون کاهش در محصول و یا افزایش نهاده‌های خود، میزان آلایندگی خود را کم نماید. بر اساس شاخص مالم‌کوئیست بهره‌وری مفهومی جامع و عامل اصلی و تعیین‌کننده‌ی سوددهی، قدرت رقابت و ستون فقرات برنامه‌های اقتصادی در سطوح ملی و منطقه‌ای است. در کشورهایی که بهره‌وری بالا می‌باشد استاندارد زندگی نیز بالا است. بهره‌وری عموماً به صورت نسبت مجموع نهاده‌ها تعریف و از دو جز کارایی و اثربخشی تشکیل می‌شود.

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]

[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

جدول ۱- تخمین کارایی زیست‌محیطی بخش‌های منتخب اقتصادی

Table 1. Estimating the environmental efficiency of selected economic sectors

سال Year	کشاورزی Agriculture	نفت Oil	صنعت Industry	حمل‌ونقل Transportation	خانگی، تجاری و عمومی Domestic, Commercial and Public
1375	1	1	0.945	0.324	0.515
1376	1	1	1	0.424	0.608
1377	1	1	1	0.537	0.685
1378	1	1	1	0.377	0.658
1379	1	1	0.853	0.351	0.625
1380	1	1	1	0.397	0.674
1381	1	1	0.769	0.23	0.492
1382	1	1	0.873	0.255	0.502
1383	1	1	0.863	0.269	0.507
1384	1	1	0.695	0.218	0.47
1385	1	1	0.734	0.255	0.879
1386	1	1	0.964	0.853	0.759
1387	1	1	0.716	0.414	0.628
1388	1	1	0.895	0.482	0.677
1389	1	1	0.824	0.479	0.806
1390	1	0.999	0.693	0.348	0.633
1391	1	1	0.958	0.466	0.859
1392	1	1	0.813	0.527	0.701
1393	1	1	0.765	0.354	0.752
1394	1	1	0.602	0.459	0.786
1395	1	1	0.613	0.558	0.779
1396	1	1	0.718	0.498	0.810
1397	1	1	0.658	0.510	0.825
میانگین Mean	1	0.999	0.827	0.403	0.683

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research finding

کارایی به افزایش بهره‌وری از طریق بهبود مشارکت داخلی نهاده‌های موجود بدون استفاده از نهاده‌های جدید و بیشتر مربوط می‌شود، در حالی‌که اثربخشی مستلزم سرمایه‌گذاری‌های بیشتر در تامین تجهیزات سرمایه‌ای و نیروی کار جدید به‌منظور افزایش بهره‌وری است. از این‌رو به‌کار گرفتن یکسان و مترادف دو واژه‌ی بهره‌وری و کارایی از لحاظ تکنیکی اشتباه و گمراه‌کننده است. در بحث بهره‌وری همواره دستیابی به حداکثر بهره‌وری ممکن یا بهره‌وری مرزی مطرح می‌باشد و این حداکثر ممکن در جایی حاصل می‌شود که نسبت ستاده به داده بالاترین میزان را به‌خود (یعنی نقطه حداکثر تابع تولید متوسط) بگیرد.

بنگاهی که روی تابع تولید خود عمل می‌کند دارای کارایی فنی است در حالی‌که الزاما دارای حداکثر بهره‌وری نیست و باید برای بهبود بهره‌وری خود تلاش کند به‌عنوان مثال از صرفه‌جویی‌های حاصل از مقیاس و یا پیشرفت‌های تکنولوژیک استفاده نماید. از این بحث نتیجه می‌شود که کارایی شرط لازم بهبود بهره‌وری است درحالی‌که شرط کافی آن نیست. بهبود بهره‌وری هم مستلزم کارایی فنی و هم پیشرفت تکنولوژی است. در محاسبه‌ی بهره‌وری باید هر دو جز را به طور جداگانه محاسبه و سهم هرکدام را در تغییرات بهره‌وری مورد شناسایی قرار داد.

جدول ۲- نتایج تخمین تغییرات کارایی نسبی

Table 2. Results of estimating relative efficiency changes

سال Year	کشاورزی Agriculture	نفت Oil	صنعت Industry	حمل‌ونقل Transportation	خانگی، تجاری و عمومی Domestic, Commercial and Public
1376-1375	1	1	1.058	1.038	1.18
1377-1376	1	1	1	1.266	1.126
1378-1377	1	1	1	0.702	0.96
1379-1378	1	1	0.853	0.931	0.949
1380-1379	1	1	1.172	1.131	1.087
1381-1380	1	1	0.796	0.579	0.729
1382-1381	1	1	1.096	1.108	1.020
1383-1382	1	1	0.988	1.054	1.009
1384-1383	1	1	0.805	0.81	0.927
1385-1384	1	1	1.060	1.169	2.082
1386-1385	1	1	1.308	2.28	0.775
1387-1386	1	1	0.794	0.71	0.827
1388-1387	1	1	1.168	1.164	1.221
1389-1388	1	1	0.92	0.993	1.050
1390-1389	1	0.999	0.481	0.726	0.785
1391-1390	1	1	1.382	1.281	1.357
1392-1391	1	1	0.848	1.17	0.816
1393-1392	1	1	0.973	0.827	1.250
1394-1393	1	1	1.084	1.131	0/999
1395-1394	1	1	0.927	0.989	0.893
1396-1395	1	1	1.068	1.07	1.121
1397-1396	1	1	1.01	1.150	0.956
میانگین Mean	1	0.999	1.005	1.081	1.052

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research finding

کارایی تکنولوژیکی به‌نحوه‌ی ترکیب نهاده‌ها ارتباط دارد درحالی‌که کارایی فنی به‌میزان کارایی استفاده از نهاده‌ها تحت یک تکنولوژی ثابت مربوط می‌شود، به این ترتیب اگر کارایی فنی واحدها بزرگ‌تر از یک باشد، بیانگر افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها در این واحدها است.

جدول (۲)، نتایج تغییرات کارایی نسبی را نشان می‌دهد. اگر TEC> ۱ باشد، مرز حرکت مثبت داشته یا مجموعه امکانات تولید گسترش یافته است و از طرف دیگر اگر TEC < ۱ باشد، مرز حرکت منفی داشته و مجموعه امکانات تولید کوچکتر شده و به‌سمت داخل حرکت نموده است. با توجه به نتایج جدول (۲)، مرز امکانات تولید در بخش حمل و نقل و بخش خانگی، تجاری

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]
[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

و عمومی به‌سمت افزایش حرکت کرده است. بخش کشاورزی بدون حرکت است. کمترین مقدار امکانات تولید مربوط به بخش حمل و نقل سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و بیشترین مقدار مربوط به بخش خانگی، تجاری و عمومی طی سال‌های ۱۳۸۴و ۱۳۸۵ است. به‌طور میانگین بخش حمل و نقل بیشترین مقدار امکانات تولید و بخش خانگی، تجاری و عمومی کمترین مقدار آن را دارد.

جدول ۳- نتایج تخمین کارایی تکنولوژیکی

Table 3. Results of technological efficiency estimation

خانگی، تجاری و عمومی Domestic, Commercial and Public	حمل و نقل Transportation	صنعت Industry	نفت Oil	کشاورزی Agriculture	سال Year
1.023	0.95	0.987	0.871	1.023	1376-1375
1.059	0.823	0.999	0.641	1.21	1377-1376
1,319	1.662	1.244	1.972	1.093	1378-1377
1.317	1.418	1.303	1.456	1.108	1379-1378
1.092	0.991	1.081	0.918	1.027	1380-1379
1.586	1.824	1.513	1.652	1.238	1381-1380
1.188	1.531	1.18	1.147	1.061	1382-1381
1.201	1.202	1.201	1.237	1.109	1383-1382
1.345	1.379	1.316	1.364	1.079	1384-1383
0.742	1.018	1.087	1.055	1.142	1385-1384
0.96	0.581	0.754	0.788	1.189	1386-1385
1.52	1.695	1.542	1.453	0.899	1387-1386
0.923	0.866	0.94	0.958	1.149	1388-1387
1.261	1.303	1.111	1.174	1.075	1389-1388
1.424	1.494	1.206	1.239	1.109	1390-1389
0.922	0.807	0.75	0.85	1.244	1391-1390
1.466	1.624	1.16	1.218	1.236	1392-1391
1.189	0.781	1.01	1.375	1.009	1393-1392
1.124	1.581	1.125	1.186	1.165	1394-1393
1.001	0.624	1.325	0.958	1.13	1395-1394
0.912	1.523	1.098	1.264	1.012	1396-1395
0.86	1.224	0.999	1.004	1.158	1397-1396
1.196	1.245	1.133	1.170	1.117	میانگین Mean

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research finding

جدول (۳)، تغییرات تکنولوژی را نشان می‌دهد که اگر TECH >۱ باشد، حرکت مرز مثبت بوده یا به‌عبارت دیگر پیشرفت مشاهده می‌گردد. اگر ۱ > TECH باشد، حرکت مرز منفی بوده یا به‌عبارت دیگر پسرفت مشاهده می‌شود و اگر TECH=۱ باشد یعنی حرکت لازم نیست و یا مرز تغییر نمی‌کند. نتایج جدول بالا بیانگر این است که بیشتر بخش‌ها و در بیشتر سال‌ها طی دوره مذکور رو به پیشرفت است. کمترین مقدار مربوط به سال‌های ۱۳۷۶و ۱۳۷۷ بخش نفت و بیشترین مقدار مربوط به بخش حمل‌ونقل سال‌های ۱۳۸۶و ۱۳۸۷ می‌باشد. به‌طور میانگین بخش حمل‌ونقل بیشترین مقدار و بخش کشاورزی کمترین مقدار را دارد. جدول (۴)، نتایج شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست (MPI) را که حاصلضرب تغییرات کارایی نسبی و تغییرات تکنولوژی است، نشان می‌دهد. این شاخص به‌صورت ترکیب هندسی محدب تعریف می‌شود زیرا به این وسیله، کوچک‌ترین ضعف موجود در کارایی‌ها مشخص می‌گردد و کوچک‌ترین تغییر در هر کدام از کارایی‌ها در شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست تاثیر می‌گذارد و سه حالت ممکن است پیش آید. اگر MPI>۱ باشد، افزایش بهره‌وری را نشان می‌دهد و پیشرفت را نشان می‌دهد. اگر MPI<۱ باشد، کاهش بهره‌وری و یا پسرفت را نشان می‌دهد و اگر MPI=۱ باشد، هیچ تغییری در بهره‌وری رخ نمی‌دهد.

جدول ۴- نتایج تخمین تغییرات بهره‌وری عوامل کل

Table 4. Results of estimating changes in total factor productivity

خانگی، تجاری و عمومی Domestic, Commercial and Public	حمل و نقل Transportation	صنعت Industry	نفت Oil	کشاورزی Agriculture	سال Year
1/207	1.242	1.044	0.871	1.023	1376-1375
1.192	1.041	0.999	0.641	1.21	1377-1376
1.266	1.166	1.244	1.972	1.093	1378-1377
1.249	1.32	1.111	1.456	1.108	1379-1378
1.177	1.12	1.266	0.918	1.027	1380-1379
1.156	1.956	1.204	1.562	1.238	1381-1380
1.211	1.169	1.239	1.147	1.061	1382-1381
1.211	1.266	1.186	1.237	1.109	1383-1382
1.246	1.116	1.059	1.364	1.079	1384-1383
1.544	1.19	1.142	1.055	1.142	1385-1384
0.744	1.324	0.986	0.788	1.189	1386-1385
1.257	1.203	1.152	1.453	0.899	1387-1386
1.126	1.008	1.097	0.958	1.149	1388-1387
1.324	1.293	1.022	1.174	1.075	1389-1388
1.117	1.084	1.014	1.237	1.109	1390-1389
1.251	1.033	1.036	0.85	1.244	1391-1390
1.196	1.9	0.983	1.218	1.236	1392-1391
1.486	0.78	0.982	1.375	1.009	1393-1392
1.122	1.788	1.219	1.186	1.165	1394-1393
0.893	0.657	1.228	0.958	1.13	1395-1394
1.022	1.629	1.172	1.264	1.012	1396-1395
0.822	1.407	1.008	1.004	1.158	1397-1396
1.204	1.238	1.108	1.170	1.117	میانگین Mean

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research finding

نتایج جدول (۴) بیشتر بخش‌ها پیشرفت را نشان می‌دهند. کمترین مقدار مربوط به بخش نفت طی سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ و بیشترین مقدار مربوط به بخش نفت سال ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ است. به‌طور میانگین بخش صنعت کمترین مقدار و بخش حمل و نقل بیشترین مقدار را دارد.

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]

[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش به بررسی اثر کارایی زیست‌محیطی بخش‌های کشاورزی، نفت، صنعت، حمل و نقل و بخش خانگی، تجاری و عمومی طی دوره ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۷ پرداخته شده است.

با محاسبه کارایی زیست‌محیطی مشخص شد که بخش کشاورزی و نفت طی دوره مورد بررسی کارا هستند. بخش صنعت، حمل‌ونقل و بخش خانگی، تجاری و عمومی از نظر زیست‌محیطی کارا نیستند. این به این معناست که بخش‌های مذکور خصوصا بخش حمل‌ونقل به‌دلیل انتشار دی‌اکسیدکربن به محیط‌زیست آسیب فراوانی می‌زنند. کمترین مقدار میانگین کارایی زیست‌محیطی مربوط به بخش حمل‌ونقل به‌مقدار ۰/۳۸۳ است. همان‌طور که رن و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند بخش حمل‌ونقل چین یکی از منتشرکننده‌های عمده دی‌اکسیدکربن در کشور چین می‌باشد(Ren et al., 2020). بخش حمل‌ونقل ایران نیز یکی از عمده‌ترین بخش‌های آلوده‌کننده و منتشرکننده دی‌اکسیدکربن می‌باشد که به‌صورت کاملاً شهودی نیز قابل مشاهده است. بیشترین مقدار میانگین کارایی زیست‌محیطی مربوط به بخش کشاورزی است که به‌دلیل این‌که در این پژوهش برای سنجش میزان آلودگی گاز آلاینده دی‌اکسیدکربن را در نظر گرفته شد، نتیجه قابل‌قبول می‌باشد.

با تجزیه کارایی به اجزایش توسط شاخص مالم‌کوئیست، می‌توان تغییرات کارایی نسبی و تغییرات تکنولوژیکی را تفسیر نمود که تغییرات کارایی نسبی بیانگر این است که مرز بخش‌های صنعت، حمل و نقل و بخش خانگی، تجاری و عمومی رو به پیشرفت، بخش کشاورزی بدون تغییر و بخش نفت تا حد بسیار کمی به سمت پسرفت در حرکت است. توانا و همکاران نیز با محاسبه شاخص بهره‌وری بخش نفت ایران دریافتند که مدیریت استفاده از منابع در بخش مذکور نامناسب است (Tavana et al., 2020).

نتایج تغییرات تکنولوژیکی بیان می‌دارد که همه‌ی بخش‌ها به‌سوی پیشرفت در حرکت است و بیشترین مقدار میانگین مربوط به بخش حمل و نقل و کمترین مقدار میانگین مربوط به بخش کشاورزی است.

نتایج تغییرات بهره‌وری عوامل کل، افزایش بهره‌وری را برای تمام بخش‌های مورد بررسی طی دوره مذکور نشان می‌دهد که بیشترین مقدار میانگین مربوط به بخش حمل‌ونقل است و پیشرفت برای تمام بخش‌ها خصوصاً حمل و نقل را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از نتایج مشاهده می‌گردد بخش‌هایی که ناکاراتر هستند (مانند بخش حمل‌ونقل و بخش صنعت) مصرف انرژی بالاتری نیز دارند. بنابراین برای کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌توان استفاده از سوخت‌های سبک کم‌کربن را به‌جای سوخت‌های سنگین، استفاده از سوخت‌های غیرمتداول دارای کربن اندک مانند مواد زاید، سوخت‌های ضایعاتی و زیست‌توده‌ها و استفاده از تکنولوژی فیلترهای هیبریدی جهت کاهش آلاینده‌ها پیشنهاد داد. از طرف دیگر انگیزه‌های تشویقی و تنبیه نیز بسیار کارساز است. دولت باید جهت تشویق بخش‌های کارا تدابیر تشویقی بیاندیشد، مثلاً می‌تواند اولویت مصرف منابع با قیمت‌های کمتر را در اختیار بخش کشاورزی و بخش‌هایی که با مصرف انرژی کمتر و آلودگی زیستی کمتری فعالیت می‌کنند، قرار دهد. پرداخت سوبسید به بخش‌های کارا نیز موثر می‌باشد. برای حفاظت از محیط‌زیست در مقابل انتشار گاز دی‌اکسیدکربن باید بخش‌های منتخب اقتصادی به‌سمت مصرف سوخت‌های با کیفیت بالا و انرژی پاک بروند و دولت باید به‌سمت حمایت از توسعه مصرف انرژی تجدیدشدنی برود. همچنین، باید مقررات زیست‌محیطی برای تولیدکنندکان تنظیم گردد. برقراری مالیات بر محصول نامطلوب (انتشار گاز دی‌اکسیدکربن) جهت افزایش انگیزه تولیدکنندگان در جهت به‌کارگیری روش‌ها و فنون سازگار با محیط‌زیست نیز بسیار کارساز است. از طرف دیگر، قوانین و مقررات زیست‌محیطی باید به‌صورت شدیدتری با جریمه‌های سنگین‌تر برقرار گردد مانند قوانینی که در مورد معاینه فنی خودروها اجرا شد. با توجه به توضیحات فوق و اهمیت حفاظت از منابع‌طبیعی و محیط‌زیست می‌بایست مطالعات کاربردی بیشتری در این زمینه صورت پذیرد.

منابع

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., Donnel, C. J., & Battese, G. E. (2005). An introduction to efficiency and productivity analysis, *Springer*, *1*(2), 1-349. https://doi.org/10.1007/b136381

Dehghani, A., Osmani, F., & Gorjipour, M. J. (2019). The effect of environmental efficiency on the industy value added of natural gas consumption over 2008-2014: A case study of Iran. *Journal of Environmental Economics and Natural Resources*, *3*(4), 25-45, doi: 10.22054/EENR.2019.12468 (In Persian).

Ebrahimi Salari, T., Gorjipour, M. J., & Osmani, F. (2020) Evaluating industrial environmental efficiency in natural gas consumption: Application of DEA and directional distance function approaches at the provincial level. *Journal of Industrial Economic Researches*, 4(12), 11-24. doi: 10.30473/INDECO.2021.7415 (In Persian).

Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang Z. (1994) Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. *Amer Econom*, 84, 66-83.

Jia, W., & Li, W. (2015). Measuring Chinas industrial energy efficiency both DEA and directional distance function approach at the provincial level international. *Journal of Environmental Technology and Management*, *4*, 1466-2132.

Lv, W., Hong, X., & Fang, K. (2015). Chinese regional energy efficiency change and its determinats analysis: Malmquist index and Tobit model. *Annals of Operations Research*, 228, 9-22.

Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de estadistica*, *4*: 209-42.

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]

[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]

Mei, G. J., & Zhang, N. (2015). Metafrontier environmental efficiency for China s regions. A slack- based efficiency measure. *Sustainability*, *7*, 4004- 4021.

Mombini, E., Rostamy-Malkhalifeh, M., Saraj, M., Zahraei, M., & Tayebi Khoram. (2020). Global malmquist index for measuring the economic productivity changes. *Measurement and Control*, *53*,1278- 1285 (In Persian).

Mousavi, M., & Safarzadeh, Gh. (2014). Impact of environmental policies in value-added of transportation sector. *Quarterly Journal of Economical Modeling*, *8*(25), 17-34 (In Persian).

Office of planning and macroeconomics of electricity and energy, Energy balance sheet. (2019). www. Pep-moe-gov-ir.

Ohadi, N., Shahraki, J., Pahlavani, M., & Mardani Najafabadi, M. (2018). Evaluating and ranking of environmental efficiency of oil-rich countries. *Journal of Economic Development Policy*, 6(2), 124-146 (In Persian).

Osmani, F., Dehghani, A., & Ghiasi, M. (2022). Investigating the effect of environmental efficiency on the value added of selected economic sectors of Iran during the years 1996-2018 with two approaches DEA and Panel- ARDL. *Journal of Economics and Regional Development*, 28(22), 57-78. Doi: 10.22067/ERD.2022.73145.1079 (In Persian).

Ren, J., Gao, B., Zhang J., & Chen, C. (2020). Measuring the energy and carbon emission efficiency of regional transportation systems in China: Chance-constrained DEA models, mathematical problems in engineering, 1-12. https://doi.org/10.1155/2020/9740704

Statistical center of Iran. (2018). www.amar. sci. org. ir.

Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Santos Arteaga, F.J., & Hashemi, A. (2020). A malmquist productivity index for network production systems in the energy sector. *Annals of operations research*, 284: 415-445.

Xu, T., You, J., Li, H., & Shao, L. (2020). Energy efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A literature review, MDPI. *Open Access Journal*, *13*(14), 1-20.

[Downloaded from ame.sanru.ac.ir on 2025-01-15]

[DOI: 10.61186/ame.1.1.1]