

فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری

صفحه ی اصلی وب سایت مجله:
www.jqe.scu.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۴۲۷۱-۲۷۱۷
شاپا چاپی: ۵۸۵۰-۲۰۰۸

دسته‌بندی استان‌های ایران بر اساس کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی بخش کشاورزی

اقدس قمشه*، شهرام فتاحی**

* استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده ی علوم اجتماعی، اقتصاد و کارآفرینی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (نویسنده ی مسئول).

** دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده ی علوم اجتماعی، اقتصاد و کارآفرینی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:
تاریخ بازنگری:
تاریخ پذیرش:
انتشار آنلاین از تاریخ

طبقه‌بندی JEL: *Q51*

واژگان کلیدی:
کارایی زیست‌محیطی، کارایی عملیاتی، گازهای گلخانه‌ای، حامل‌های انرژی، روش تحلیل پوششی داده‌ها.

ارتباط با نویسنده (گان) مسئول:
ایمیل: a.ghomsheh@razi.ac.ir
0009-0005-7094-161x

آدرس پستی:
کرمانشاه، تاق بستان، خیابان دانشگاه، دانشگاه رازی، دانشکده‌ی علوم اجتماعی، اقتصاد و کارآفرینی، کد پستی: ۶۷۱۴۴۱۴۹۷۱

تضاد منافع: در انتشار مقاله ارائه شده تضاد منافعی وجود ندارد.
منابع مالی: نویسنده (ها) هیچگونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده اند.

چکیده

همگام با رشد جمعیت جهانی و نیاز به تأمین امنیت غذایی، افزایش فعالیت‌های تولیدی با پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی مانند تغییر اقلیم، گرم شدن کره زمین و باران‌های اسیدی همراه شده است. از این رو ضروری است تا این اثرات بر اساس تئوری‌های اقتصادی-زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس می‌توان مدل‌های کارایی را با وجود همزمان ستاده مطلوب و ستاده نامطلوب اصلاح نمود. در این مطالعه به ارزیابی کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی استان‌های کشور طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳ با وجود هشت آلاینده (NOx، SO_2، SO_3، CO، SPM، CO_2، CH_4 و N_2O) و با بهره‌گیری روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شد. نتایج نشان داد، در ناحیه یک، همواره استان‌های البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان،

کهگیلویه و بویر احمد، قم و هرمزگان از کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی بالا برخوردار بوده‌اند. در ناحیه دوم، برای هیچ استانی کارایی زیست‌محیطی بیشتر از کارایی عملیاتی نبود. در ناحیه سوم و در بیشتر سال‌های مورد بررسی، کارایی عملیاتی استان‌های ایلام و تهران از کارایی زیست‌محیطی آنها بیشتر بود. بیشترین فراوانی استان‌ها همواره در ناحیه چهارم دیده شد. کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی از نظر انتشار کلیه آلاینده‌ها، همواره مربوط به استان یزد بود. کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی از نظر انتشار آلاینده‌های مختلف عمدتاً برای CO_2 و SO_3 ارزیابی گردید و به طور کلی میانگین کارایی عملیاتی استان‌های کشور، بیشتر از میانگین کارایی زیست‌محیطی آنها بود.

ارجاع به مقاله:
قمشه، اقدس، فتاحی، شهرام. (سال انتشار). دسته‌بندی استان‌های ایران بر اساس کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی بخش کشاورزی. *عنوان مجله*، *دوره*(شماره), ص-ص.
10.22055/jqe.2019.26401.1899

© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

۱- مقدمه

یکی از بخش‌های مهم در اقتصاد هر کشور که می‌تواند نقش مهمی در توسعه اقتصادی و استقلال جامعه ایفا نماید، بخش کشاورزی است. تولیدات بخش کشاورزی در زمینه‌هایی چون امنیت غذایی، ایجاد اشتغال و تأمین ارز از اهمیت زیادی برخوردارند. بر اساس شاخص جهانی گرسنگی[1] در سال ۲۰۲۳، ایران با کسب نمره ۰٫۷ و رتبه ۴۱ در بین ۱۳۶ کشور دنیا در گروه کشورهایی با ناامنی غذایی خفیف قرار دارد (von Grebmer et al., 2023). از این رو، مقدار فعلی عرضه سرانه مواد غذایی با سطح مطلوب آن فاصله دارد (Kiani, 2014). دستیابی به تولید بیشتر، می‌تواند از طریق افزایش میزان استفاده از نهاده‌ها، استفاده مؤثرتر از نهاده‌های تولید و بکارگیری روش‌های پیشرفته‌تر و کارآمدتر در فرایند تولید حاصل گردد. امروزه کاربرد ماشین‌آلات صنعتی و کشاورزی در رشد اقتصادی و تولید مواد غذایی منجر به استفاده بیشتر انرژی نسبت به گذشته شده است. این در حالی است که طی سال‌های ۱۳۹۳ الی ۹۸، بر اساس آمارهای بین‌المللی، سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخش کشاورزی، سه برابر بیشتر از متوسط جهانی بوده است. مقایسه سرانه مصرف نهایی انرژی ایران و جهان به تفکیک حامل‌های انرژی نشان می‌دهد که سرانه مصرف نهایی

[1] Global Hunger Index (GHI)

گازطبیعی ۶٫۱ و نفت خام و فرآورده‌های نفتی ۱٫۴ برابر متوسط مصرف سرانه جهانی می‌باشد (Energy balance sheet ", 2020"). از آنجایی‌که سوخت مصرفی بخش کشاورزی بیشتر سوخت فسیلی بوده، این امر موجب ورود بیشتر آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای مانند NOx، SO_2، SO_3، CO، SPM، CO_2، CH_4 و N_2O به محیط زیست گردیده که پیامد آن آلودگی بیشتر محیط‌زیست و کاهش کیفیت زندگی انسان‌ها به سبب ویژگی بیماری‌زایی این آلاینده‌ها بوده است.

مسئله دیگری که به تازگی و با افزایش نگرانی‌ها در مورد مشکلات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی مورد توجه قرار گرفته، درنظر نگرفتن آسیب‌های زیست‌محیطی در اندازه‌گیری کارایی واحدهای اقتصادی در سطح خرد و کلان می‌باشد. در بیشتر موارد به دلیل کمبود اطلاعاتی که وابسته به شاخص‌های زیست‌محیطی است، نمی‌توان محاسبه دقیقی از میزان این شاخص داشت. مثلاً، به علت در دسترس نبودن قیمت‌های بازار برای اثرات زیست‌محیطی، ارزیابی شاخص با مشکل روبرو می‌گردد. برخی از این گونه مشکلات را می‌توان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها[۲] (DEA) در محاسبه کارایی زیست‌محیطی مرتفع نمود. این روش که یکی از روش‌های مورد استفاده در ارزیابی کارایی است در سال‌های اخیر و در مطالعات مختلف توسط محققین به کار گرفته شده است (Molaei & Sani, 2015)، (Meybodi, 2000).

بیشتر پهنه‌ی ایران، هم‌اکنون در معرض آب و هوای به نسبت خشک، با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد قرار دارد (Sabouhi, 2017). در طبقه‌بندی اقلیمی استان‌های کشور بر پایه تقسیم‌بندی اقلیمی چهارگانه[۳]، استان‌هایی که بیشترین سهم را در وزن محصولات نهایی کشاورزی به خود اختصاص داده‌اند در دو اقلیم سرد و گرم و خشک قرار دارند. از آن جمله می‌توان به استان‌های فارس، خراسان رضوی، آذربایجان غربی، کرمان، تهران، اصفهان و آذربایجان شرقی اشاره نمود. بنابراین در وهله نخست ممکن است، این تصور ایجاد شود که بسیاری از این استان‌ها نزدیک و یا بر روی مرز کارا قرار دارند. این در حالی است که افزایش در میزان استفاده از نهاده‌ها مانند نهاده انرژی یکی از عوامل بسیار مهم در افزایش سطح تولید می‌باشد. مدعای این موضوع، بیشترین میزان مصرف نفت گاز در استان فارس طی سال‌های ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۸ بوده است. بنابراین از آنجا که هزینه‌های جلوگیری از آلودگی در برخی بنگاه‌ها، موجب انتقال بخشی از منابع در اختیار بنگاه، از تولید محصول مطلوب به سمت کاهش آلودگی‌ها می‌گردد، اگر در محاسبه عملکرد این بنگاه‌ها

---

[2] Data Envelopment Analysis

[۳] بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی استان‌های کشور بر پایه‌ی تقسیم‌بندی اقلیمی چهارگانه حسن گنجی (۱۳۸۲)، چهار اقلیم سرد، گرم و خشک، گرم و مرطوب و معتدل و مرطوب معرفی شده است.

دانشگاه شهید چمران اهواز
فصلنامه علمی پژوهش‌های اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)

ملاحظات زیست‌محیطی در نظر گرفته نشود، عملکرد اقتصادی آنها در مقایسه با دیگر بنگاه‌ها که هزینه‌ای جهت پیشگیری از آلودگی مصرف نکرده‌اند، کمتر از میزان واقعی برآورد می‌گردد. از این رو با در نظر گرفتن آلودگی به عنوان یک اثر جانبی در فرایند تولید، عملکرد اقتصادی، به شیوه‌ای واقعی ارزیابی خواهد شد (Rezaei, Amadeh, & Mohammadi, 2012). بنابراین با توجه به توسعه روش‌های نوین در واقعی نمودن مقدار کارایی از طریق لحاظ همزمان محصولات مطلوب (کالا و خدمات) و محصولات نامطلوب (آلودگی)، لزوم بازنگری و توجه به روش‌های تولید در بخش کشاورزی، جهت توسعه‌ی پایدار که منطبق با معاهده‌های بین‌المللی و در جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌هاست، امری ضروری به نظر می‌رسد. در راستای تحقق این هدف و امکان اتخاذ و اجرای سیاست‌های مناسب در تولید کشاورزی استان‌ها، مطالعه حاضر به دسته‌بندی استان‌های کشور از منظر کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی می‌پردازد. در ادامه و در بخش پیشینه پژوهش، به مطالعاتی که در این زمینه در خارج و داخل کشور انجام شده، پرداخته خواهد شد.

۲- مبانی نظری

در این مطالعه از داده‌های حقیقی ایران طی سال‌های ۱۳۹۸- ۱۳۹۳ استفاده شده است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در دو بخش نهاده‌ها و ستانده‌های بخش کشاورزی به تفکیک ۳۱ استان، از درگاه ملی آمار ایران، بانک مرکزی، وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو گردآوری شده است. اشتغال در بخش کشاورزی، میزان سرمایه خالص ماشین‌آلات در بخش کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ و جمع مصارف حامل‌های انرژی شامل بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره و گاز طبیعی در بخش کشاورزی به عنوان نهاده‌های پژوهش، و ستانده‌ها در دو گروه محصول مطلوب و محصول نامطلوب دسته‌بندی شده‌اند.

محصول مطلوب، شامل تولیدات کشاورزی استان‌ها در چهار زیربخش زراعت، باغداری، دام و طیور و آبزیان می‌باشد که از درگاه وزارت جهاد کشاورزی اخذ شده است. در این پژوهش، میزان انتشار هشت نوع آلاینده شامل NOx، SO_2، SO_3، CO، SPM، CO_2، CH_4 و N_2O که در اثر مصرف شش حامل انرژی ایجاد می‌شوند، به عنوان محصول نامطلوب در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در بخش کشاورزی به تفکیک استان‌های کشور در دسترس نبود، با در اختیار داشتن مقادیر مصارف استانی و کشوری حامل‌های انرژی در بخش، میزان نسبی مصرف حامل‌ها در هر استان محاسبه گردید. در مرحله بعد، با استخراج میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش کشاورزی در سال مورد نظر از ترازنامه انرژی در سال مربوطه و ضرب دو مقدار اخیر، میزان انتشار آلاینده مورد نظر در استان مربوطه و در سال مورد بررسی محاسبه گردید. شایان ذکر

است که میزان مصرف حامل‌های انرژی از مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی دریافت شده است. با توجه به آنکه اطلاعات تشکیل سرمایه ثابت در وبگاه بانک مرکزی جمهوری اسلامی در سه گروه ماشین‌آلات، ساختمان و دارایی‌ها منتشر می‌شود، با فرض تأثیر بیشتر ماشین‌آلات بر میزان آلایندگی، از اطلاعات این گروه استفاده شده است. در ادامه با استخراج ستاده بخش کشاورزی استان‌ها و کل کشور در سال مربوطه (به قیمت جاری) از سالنامه آماری استان‌ها در سال‌های مورد بررسی و دریافت شاخص قیمت تولیدکننده در بخش کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ از بانک مرکزی، شاخص‌های مذکور به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ محاسبه شدند. در آخر با تقسیم مقادیر استانی شاخص‌های محاسبه شده بر مقدار کشوری و ضرب آن در موجودی سرمایه خالص ماشین‌آلات به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ در بخش کشاورزی که از وبگاه بانک مرکزی دریافت شد، میزان سرمایه خالص ماشین‌آلات در بخش کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ و به تفکیک استان به دست آمد. میزان اشتغال از دیگر نهاده‌های این مطالعه می‌باشد. از آنجا که بر اساس سرشماری‌های مرکز آمار ایران، اطلاعات اشتغال هر پنج سال یک بار منتشر می‌شود، برای به دست آوردن آمار اشتغال در سال‌هایی که سرشماری وجود ندارد، با فرض آنکه سهم شاغلین بخش کشاورزی هر استان از کل اشتغال بخش کشاورزی کشور در هر سال، مقداری ثابت است، این شاخص، از نسبت میزان اشتغال در بخش کشاورزی هر استان بر میزان کل اشتغال در بخش کشاورزی کشور در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ حاصل شد. با در اختیار داشتن این نسبت در سال ۱۳۹۰ و ضرب آن در میزان کل اشتغال بخش کشاورزی در سال‌های غیر سرشماری که در سالنامه‌ی آماری استان‌ها موجود است، میزان اشتغال در بخش کشاورزی استان‌ها برای سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ محاسبه گردید. برای سال‌های ۹۸-۱۳۹۶ نیز، به شیوه مشابه از سهم شاغلین بخش کشاورزی هر استان از کل اشتغال بخش کشاورزی کشور در سال ۱۳۹۵ استفاده شده است. در این مطالعه به منظور محاسبه میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی از روش تحلیل پوششی داده‌ها، نرم افزار گمز[4] استفاده شده است.

در ادبیات اقتصادی، از کارایی تعاریف متفاوتی از منظر افزایش ستاده‌ها یا کاهش نهاده‌ها ارائه شده است. به طور کلی، کارایی عبارت است از «نسبت محصولات به نهاده‌ها در مقایسه با یک استاندارد مشخص». برای نخستین بار، چارچوب نظری محاسبه کارایی، توسط فارل[5] (۲۰۰۲) عنوان شد. او پیشنهاد نمود که بهتر است عملکرد یک بنگاه اقتصادی با عملکرد بهترین بنگاه‌های موجود در آن صنعت مقایسه شود. این روش دربرگیرنده مفهوم

[4] Gams
[5] Farrell

تابع مرزی است که به عنوان شاخصی برای ارزیابی کارایی به کار می‌رود(Ghomsheh, Hosseini-Yekani, & Mojaverian, 2023). در ادامه، بال[۶] و همکاران (۲۰۰۴) جهت وارد نمودن اثرات جانبی در ارزیابی کارایی، محصول مطلوب و محصول نامطلوب را تفکیک نمودند. پیتمن[۷] (۱۹۸۳) اولین کسی بود که اثرگذاری‌های زیست‌محیطی را به عنوان محصول نامطلوب در نظر گرفت (Ahmadzadeh, Amirnejad, & Hosseini Yekani, 2020). در این راستا، در سال‌های اخیر، تلاش‌هایی از سوی محققان برای ارزیابی کارایی صنایع مختلف با در نظر گرفتن انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت گرفته است. این مطالعات، انواعی از تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها را ارائه می‌کنند.

روش DEA با توجه به مجموعه داده‌ها، مرزی را تولید می‌کند که بهینه است، در حالی که نشان‌دهنده حداکثر تولید موجود برای هر DMU مورد مطالعه، برای مقدار معینی از نهاده‌هاست (Webb, 2003). با توجه به اینکه تخمین مرزی ناپارامتری نیازی به تحمیل هیچ فناوری تولید خاصی ندارد، این یک رویکرد استاندارد در مطالعات اقتصادهای در حال گذار و نوظهور است، جایی که مفروضات بازارهای رقابتی با حداقل‌سازی هزینه، ممکن است مناسب نباشد (Halkos & Polemis, 2018)، (Apergis & Polemis, 2016). اگرچه مدل‌های اولیه DEA با محصولات نامطلوب، کارایی زیست‌محیطی را اندازه‌گیری کرده‌اند، اما نمی‌توانند قابلیت حذف ضعیف محصولات نامطلوب و مطلوب را در نظر بگیرند. معرفی یک مدل DEA با تابع فاصله جهت‌دار[۸] (DDF) ستاده گرا[۹] این نقص را تا حدی اصلاح کرده است (Song, Peng, Wang, & Zhao, 2018)، (Chung, Färe, & Grosskopf, 1997).

در بسیاری از مطالعات، بردارهای جهت با یک مقدار ثابت مانند ۰، ۱+ یا ۱- ، یا با مقادیر نهاده‌ها و محصولات مشاهده شده، از قبل تعیین می‌شوند. با این حال، این ارزیابی-ها تا حدودی اختیاری بوده و کمتر از لحاظ اقتصادی در ارزیابی کارایی معنادار هستند. از آنجا که انتخاب بردارهای جهتِ بهینه در DDF یک مسئله حل نشده است (Wang, Zhang, & Wei, 2017)، در این مطالعه از روش پیشنهادی فیر[۱۰] و همکاران (۲۰۱۳) و

---

[6] Ball

[7] Pittman

[8] Directional Distance Function

[9] Output Oriented

[10] Fare

بنجامین[11] و همکاران (۲۰۱۴) برای ایجاد یک جهت درون‌زا بر اساس محدودیت نرمال‌سازی برون‌زا استفاده شده است.

مجموعه امکانات تولید سنتی و مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مرتبط برای ارزیابی کارایی فرض می‌کنند که محصولات مطلوب بدون محدودیت[12] قابلیت حذف دارند. اما این ویژگی نمی‌تواند مستقیماً برای محصولات نامطلوب اعمال شود. به طور طبیعی ما می‌توانیم سطح محصول نامطلوب را کاهش دهیم که به نوبه خود منجر به کاهش متناسب سطح محصولات مطلوب می‌شود؛ یعنی، فرض قابلیت حذف قوی[13] در ارزیابی کارایی، امکان کاهش محصولات نامطلوب را با کاهش سطح فعالیت نادیده می‌گیرد؛ به عبارت دیگر، کاهش متناسب محصولات مطلوب و محصولات نامطلوب به طور همزمان امکان پذیر است. این ویژگی قابلیت حذف ضعیف[14] نامیده می‌شود (Färe & Grosskopf, 2003)، (Kuosmanen, 2005)، (Wang et al., 2017). قابلیت حذف قوی نهاده‌ها و محصولات مطلوب به معنای آن است که با معین بودن $(x,y,b)\in T$، اگر $\acute{x}\geq x$ و $\acute{y}\leq y\geq 0$ باشد، آنگاه $(\acute{x},\acute{y},b)\in T$ می‌باشد. به عبارت دیگر، قابلیت حذف قوی بدین معناست که بدون پرداخت هزینه یا کاهش میزان تولید محصول مطلوب، محصول نامطلوب را می‌توان حذف نمود. قابلیت حذف ضعیف محصولات مطلوب و محصولات نامطلوب به این معناست که با معین بودن $(x,y,b)\in T$، اگر $0\leq\rho\leq\acute{y}$ باشد، آنگاه $(x,\rho y,\rho b)\in T$ می‌باشد. به عبارت دیگر قابلیت حذف ضعیف بدین معناست که حذف کردن یا کاهش دادن میزان تولید محصول نامطلوب، با کاهش میزان تولید محصول مطلوب همراه است (Färe, Grosskopf, Lovell, & Pasurka, 1989). معمولاً زمانی که محصولات نامطلوب وارد فرآیند تولید می شوند، از قابلیت حذف ضعیف محصولات مطلوب و نامطلوب استفاده می‌شود (Kuosmanen & Podinovski, 2009)، (Wang et al., 2017). برای پرداختن به این موضوع، از قابلیت حذف ضعیف فناوری محدب پودینوفسکی استفاده می‌شود، که از اصل محدب پیروی می‌کند. در ادامه با کاربرد این تابع به ارزیابی کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی پرداخته خواهد شد.

پیش نویس

---

11 Benjamin

12 Freely

13 Strong Disposability Assumption

14 Week Disposability Assumption

دانشگاه شهید چمران اهواز
فصلنامه علمی پژوهش‌های اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)

۱-۲- اندازه‌گیری کارایی عملیاتی

اگر $x\in R_{+}^{I}$ برداری از نهاده‌ها، $y\in R_{+}^{J}$ برداری از محصولات مطلوب و $b\in R_{+}^{Q}$ برداری از محصولات نامطلوب را نشان دهند، آنگاه مجموعه‌ی امکانات تولید T به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T=\{(x,y,b)\in R_{+}^{I+J+Q}: x \text{ can produce}\}$$

در این صورت $i = \{1,2,\dots,I\}$ مجموعه‌ای از شاخص نهاده‌ها، $j = \{1,2,\dots,J\}$، مجموعه‌ای از شاخص محصولات مطلوب، $q=\{1,2,\dots,Q\}$، مجموعه‌ای از شاخص محصولات نامطلوب، $k = \{1,2,\dots,K\}$، مجموعه‌ای از شاخص واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) و $t = \{1,2,\dots,T\}$، مجموعه‌ای از شاخص سال‌ها می‌باشد. γ یک DMU خاص است و نام دیگری از شاخص $k\cdot x_{ikt}$ می‌باشدکه i اُمین نهاده از k اُمین DMU در سال t را نشان می‌دهد. y_{ikt}، نیز j اُمین محصول مطلوب از k اُمین DMU در سال t و b_{qkt} ، q اُمین محصول نامطلوب از k اُمین DMU در سال t می‌باشند. در مدل (1) بردار g_j^y، یک بردار جهت نامنفی مرتبط با j اُمین محصول مطلوب می‌باشد که به عنوان یک معیار برای اندازه‌گیری کارایی عملیاتی ارائه شده است:

$$\max_{\lambda_k,\ \mu_k,\theta^o,g_j^y} \theta^o \qquad (1)$$

$$s.t. \quad \sum_{k\in K}(\lambda_k+\mu_k)x_{ikt}\le x_{irt} \qquad \forall(i\in I)$$
$$\sum_{k\in K}\lambda_k y_{jkt}\ge y_{jrt}+\theta^o g_j^y \qquad \forall(j\in J)$$
$$\sum_{k\in K}\lambda_k b_{qkt}\le b_{qrt} \qquad \forall(q\in Q)$$
$$\sum_{k\in K}(\lambda_k+\mu_k)=1$$
$$\sum_{j\in J} g_j^y=1$$
$$\lambda_k,\ \mu_k,g_j^y\ge 0$$

در مدل (1)، متغیر تصمیم λ_k ضریب وزنی شدت ترکیب محدب k اُمین DMU، μ_k، متغیر تصمیم برای قابلیت حذف ضعیف فناوری پودینفسکی[۱۵] (Kuosmanen, 2005)،

[15] Weak Disposability of Podinovski's Technology

(Kuosmanen & Podinovski, 2009)، ((Wang et al., 2017، g_j^y یک بردار جهت‌دار درونزا و θ^o جواب بهینه‌ای است که عدم کارایی را نشان می‌دهد. اگر $\theta^o=0$ باشد، DMU مربوطه کارا است؛ در غیر این صورت ناکارست. لذا θ^O به طور مستقیم نشان‌دهنده کارایی نیست (چرا که ارزش کارآیی معمولا بین [۰،۱] تعریف می شود). بنابراین کارایی عملیاتی j اُمین محصول مطلوب از r اُمین DMU در سال t (D_{jt}^o) به صورت معادله

(2) محاسبه می‌گردد:

$$D_{jt}^O(x_t.y_t.b_t)=\frac{y_{jrt}}{y_{jrt}+\theta^o g_j^y} \qquad (2)$$

اگر $D_{jt}^o=1$ باشد، DMU مربوطه به طور عملیاتی کاراست؛ در غیر این صورت به طور عملیاتی ناکاراست. مدل (1)، یک مدل برنامه‌ریزی غیر خطی است که می‌تواند به یک مدل برنامه‌ریزی خطی، همانگونه که در مدل (۳) آمده، تبدیل شود. این کار به وسیله تعریف بردار جهت $g_j^y=\theta_{y_j}/\sum_{j=1}^J \theta_{y_j}$ که شرط $\sum_{j=1}^J g_j^y=1$ را تأمین می‌کند، صورت می‌پذیرد Wang et al., 2017).

$$\max_{\lambda_k.\ \mu_k.\ \theta_{y_j}} \sum_{j\in J} \theta_{y_j} \qquad (۳)$$

$$s.t. \quad \sum_{k\in K}(\lambda_k+\mu_k)\,x_{ikt}\le x_{irt} \qquad \forall(i\in I)$$
$$\sum_{k\in K}\lambda_k y_{jkt}\ge y_{jrt}+\theta_{y_j} \qquad \forall(j\in J)$$
$$\sum_{k\in K}\lambda_k b_{qkt}\le b_{qrt} \qquad \forall(q\in Q)$$
$$\sum_{k\in K}(\lambda_k+\mu_k)=1$$
$$\lambda_k.\ \mu_k\ge 0$$

به این ترتیب اگر DMU مربوطه به طور عملیاتی کارا باشد؛ یعنی واحد تصمیم‌گیری یا بنگاه مورد بررسی (در مقایسه با سایر بنگاه‌ها)، توانسته در یک سطح مشخص از مصرف نهاده‌ها، به حداکثر تولید دست یابد یا توانسته است تولید کالا (یا ارائه خدمات) خود را با به‌کارگیری

پیش نویس

دانشگاه شهید چمران اهواز
فصلنامه علمی پژوهش‌های اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)

مقادیر کمتری از مصرف نهاده‌ها به انجام برساند، ضمن آنکه بر اساس قابلیت حذف ضعیف، همواره، حذف کردن یا کاهش دادن میزان تولید محصول نامطلوب، همراه با کاهش میزان تولید محصول مطلوب بوده است.

۲-۲- اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی

با در نظر گرفتن مفروضاتی که در مدل (1) جهت ارزیابی کارایی عملیاتی بدان اشاره شد، اگر در مدل (4)، g_q^b یک بردار جهت غیر منفی باشد که با q اُمین محصول نامطلوب مرتبط باشد، کارایی زیست‌محیطی را می‌توان از طریق مدل (4) محاسبه نمود:

$$\max_{\lambda_k,\ \mu_k,\theta^e,g_q^b} \ \theta^e \qquad (4)$$

$$s.t. \quad \sum_{k\in K}(\lambda_k+\mu_k)x_{ikt} \le x_{irt} \qquad \forall(i\in I)$$
$$\sum_{k\in K}\lambda_k y_{jkt} \ge y_{jrt} \qquad \forall(j\in J)$$
$$\sum_{k\in K}\lambda_k b_{qkt} \le b_{qrt} - \theta^e g_q^b \qquad \forall(q\in Q)$$
$$\sum_{k\in K}(\lambda_k+\mu_k)=1$$
$$\sum_{q\in Q} g_q^b = 1$$
$$\lambda_k,\ \mu_k,g_q^b \ge 0$$

بنابراین با توجه به اینکه متغیرها و پارامترها در مدل‌های (1) و (4) دارای معانی یکسانی هستند. به طور مشابه، جواب بهینه، یعنی θ^e در مدل (4) فقط ناکارایی زیست‌محیطی را منعکس می‌کند. بنابراین کارایی زیست‌محیطی (D_{qt}^e) به صورت معادله (۵) محاسبه می‌شود (Wang et al., 2017):

$$D_{qt}^e(x_t,y_t,b_t)=\frac{b_{qrt}-\theta^e g_q^b}{b_{qrt}} \qquad (۵)$$

به این ترتیب، با در نظر گرفتن قابلیت حذف ضعیف، کارایی زیست‌محیطی یک بنگاه، به توانایی فنی بنگاه در کاهش انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای اشاره دارد. لذا،

پیش نویس

کارایی زیست‌محیطی یک بنگاه، دلیلی بر عملکرد خوب آن بنگاه (در مقایسه با سایر بنگاه‌ها) در رابطه با کاهش انتشار آلاینده‌هاست.

لازم به ذکر است که مدل‌های DEA بر اساس بازده ثابت به مقیاس[16] (CRS)، زمانی مناسبند که بنگاه‌ها در شرایط بهینه خود عمل کنند و جهت بهبود کارایی نیازی به بهبود اندازه بنگاه نداشته باشند. لذا با در نظر گرفتن این مهم که عواملی چون رقابت ناقص و محدودیت منابع مالی، موانعی جهت عملکرد بنگاه‌ها در مقیاس بهینه می‌باشند، لذا کارایی فنی به دست آمده تحت CRS، خالص نبوده و با کارایی مقیاس همراه است. بنابراین برای آنکه بنگاه‌های ناکارا فقط با بنگاههای کارا با اندازه‌های مشابه، مقایسه شوند، لازم است که مدل‌ها در شرایط بازده متغیر به مقیاس[17] (VRS) بررسی شوند (Shortall & Barnes, 2013). لذا در مدل‌های (۳) و (4)؛ با اضافه شدن محدودیت $\sum_{k\epsilon K}(\lambda_k+\mu_k)=1$، مدل برنامه‌ریزی، VRS خواهد بود.

شایان ذکر است که برای اندازه‌گیری کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی از نرم‌افزار گمز استفاده شده است.

۳- مروری بر مطالعات تجربی

در این بخش به بررسی برخی از مطالعات خارجی و داخلی صورت گرفته در خصوص ارزیابی کارایی زیست محیطی پرداخته شده است.

۳-۱- مطالعات خارجی

استرگیو (۲۰۲٤) کارایی زیست‌محیطی ٥٤ صنعت از ۲۸ کشور اروپایی را در سه بخش اقتصاد طی دوره ۲۰۱٤-۲۰۰۰ با استفاده از یک تابع فاصله جهت‌دار غیر شعاعی مورد ارزیابی قرار داد. در این مطالعه چهار نهاده و دو ستاده انتخاب شدند. موجودی سرمایه، نیروی کار، نهاده‌های واسطه‌ای و مصرف انرژی به عنوان نهاده و ارزش افزوده ناخالص و انتشار دی اکسید کربن به ترتیب به عنوان ستاده مطلوب و نامطلوب استفاده شدند. نتایج مطالعه نشان داد، در حالی که صنایع، سطوح بالایی از کارایی زیست‌محیطی را در بخش‌های خود نشان می‌دهند، صنایع تولیدی کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده‌اند (Stergiou, 2024).

---

16 Constant Returns to Scale

17 Variable Returns to Scale

دانشگاه شهید چمران اهواز
فصلنامه علمی پژوهش‌های اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)

مامقادری و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه خود، به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها، عملکرد زیست‌محیطی ۲۷ کشور OECD را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ با استفاده از سرمایه خالص، نیروی کار و مصرف انرژی به عنوان نهاده، ردپای اکولوژیکی به عنوان ستاده نامطلوب و تولید ناخالص داخلی به عنوان ستاده مطلوب ارزیابی کردند. یافته‌های پژوهش نشان داد که بریتانیا و لیتوانی به ترتیب بیشترین و کمترین کارایی زیست‌محیطی را در بین ۲۷ کشور OECD داشتند. در طول دوره ۱۸ ساله، لهستان، دانمارک، اسلواکی و لیتوانی بیشترین بهبود را در عملکرد زیست محیطی و کانادا و ژاپن بیشترین پسرفت را در کارایی زیست محیطی نشان دادند (Mamghaderi, Mamkhezri, & Khezri, 2023).

سکینی و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها به محاسبه هزینه‌های کاهش CO_2 و کارایی زیست‌محیطی ده مزرعه پرورش گاو در اومبریای ایتالیا پرداختند. در این مطالعه، به کمک روش تجزیه و تحلیل چرخه حیات، انتشار CO_2، به عنوان محصول نامطلوب مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان عرضه‌ی علوفه، تعداد نیروی‌کار، سطوح مورد استفاده برای فعالیت دام و سرمایه، نهاده‌های تولید را تشکیل دادند. مازاد تولید شیر قابل عرضه به بازار نیز به عنوان محصول مطلوب در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که چهار مزرعه با داشتن پتانسیل کاهش انتشار، از ۴۵٫۷ درصد به ۲۶٫۳ درصد، از نظر میزان انتشار CO_2 کارا بوده‌اند. برای کلیه مزارع، میانگین هزینه کاهش ۲۴۳٫۰۸ یورویی بر حسب مقدار تولید شیرِ کمتر در قبال هر تن کاهش CO_2، نشان از وجود یک رابطه‌ی مثبت بین هزینه‌های نهایی کاهش و مقدار کارایی در عدم انتشار CO_2 دارد (Cecchini, Venanzi, Pierri, & Chiorri, 2018).

ونگ و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی در صنعت انرژی حرارتی چین طی سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۲ پرداختند. در این مطالعه، نهاده‌ها شامل ظرفیت ایستگاه صنعت حرارتی، میانگین دستمزد سالانه نیروی کار و مقدار سالانه مصرف زغال‌سنگ؛ محصولات مطلوب شامل مقدار تولید سالانه و مقدار عرضه سالانه برق در هر استان و محصول نامطلوب شامل مقادیر سالانه انتشار گازهای گلخانه ای CO_2 و SO_2 بوده است. نتایج نشان دادند که بر طبق دسته‌بندی‌های محققین، میزان کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی در استان‌های مختلف متفاوت بوده است (Wang et al., 2017).

۲-۳- مطالعات داخلی

داربیدی و همکاران (۲۰۲۲)، با کاربرد مدل ابرکارایی SBM، کارایی زیست‌محیطی استان‌های ایران را طی دوره‌ی زمانی ۹۵-۱۳۸۶ مورد ارزیابی قرار دادند. برای این منظور از موجودی سرمایه، مصرف انرژی و نیروی کار به عنوان نهاده و از تولید ناخالص داخلی و میزان انتشار گازهای CO_2 و SO_2 به ترتیب به عنوان ستاده مطلوب و نامطلوب استفاده نمودند. نتایج نشان داد که استان‌های کهگیلویه و بویر احمد و سیستان و بلوچستان به ترتیب با کسب رتبه‌ی ۱٫۹۸ و ۰٫۲۴، بالاترین و پایین‌ترین رتبه‌ی کارایی زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان داد که در طول دوره‌ی مورد بررسی، به طور متوسط کاهشی معادل با ۰٫۰۲۵ در درجه‌ی کارایی زیست‌محیطی استان‌ها رخ داده است (Darbidi, Delangizan, Fatahi, & Karimi, 2022).

کاوه و همکاران (۲۰۲۲)، از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها به مقایسه کارایی فنی و زیست‌محیطی نیروگاه‌های حرارتی منتخب کشور طی سال‌های ۹۷-۱۳۸۹ پرداختند. سه نهاده (نیروی کار، ظرفیت نصب شده و سوخت مصرفی)، یک ستاده مطلوب (میزان برق تولید شده) و دو ستاده نامطلوب (مقادیر انتشار گازهای گلخانه ای CO_2 و SO_2) اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش بوده است. نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی نیروگاه‌های مورد بررسی در بازه ۷۱٫۹ تا ۷۸٫۸ درصد و میانگین کارایی زیست‌محیطی آنها بین ۷۱ تا ۸۳٫۸ درصد بوده، ضمن آنکه همواره کمترین میزان کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی مربوط به نیروگاه ری ارزیابی شده است. در این مطالعه، دلیل عدم کارایی نیروگاه‌ها عمدتاً ناشی از ناکارایی مدیریتی، ناکارایی مقیاس یا هر دو گزارش شده است (Kaveh, Emami Meibodi, askari, & Hojabr-Kiani, 2022).

محمدپور و همکاران (۲۰۲۱)، با هدف بررسی رابطه کارایی فنی و کارایی زیست‌محیطی در بخش کشاورزی ایران طی سال‌های ۹۵-۱۳۷۴، از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمودند. در این پژوهش، نهاده‌ها شامل سرمایه، نیروی‌کار و انرژی مصرفی و ستاده مطلوب و نامطلوب نیز به ترتیب شامل ارزش‌افزوده بخش و CO_2 منتشر شده بوده است. نتایج مطالعه نشان داد که طی سال‌های مورد بررسی، میانگین کارایی زیست‌محیطی کمتر از میانگین کارایی فنی بوده، ضمن آنکه وجود یک رابطه علی یک طرفه از کارایی فنی به کارایی زیست‌محیطی استنباط شده است. از این رو محققین، تولید بیشتر را به مفهوم ورود مقدار بیشتری از آلاینده‌ها به محیط‌زیست دانسته‌اند (Mohammadpour et al., 2021).

ابراهیمی سالاری و همکاران (۲۰۲۰) با هدف تخمین کارایی زیست‌محیطی بخش صنعت استان‌های ایران در مصرف گاز طبیعی از تابع فاصله جهت‌دار استفاده نمودند. در

این پژوهش، نهاده‌ها شامل سرمایه، نیروی کار و مصرف گاز طبیعی؛ ستاده مطلوب، ارزش افزوده و ستاده نامطلوب، CO_2 ناشی از مصرف گاز طبیعی عنوان شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان کارایی زیست‌محیطی مربوط به استان‌های واقع در ناحیه یک تقسیمات کشوری بوده و در سال ۱۳۹۷، صنایع استان‌های کرمان و تهران بهترین عملکرد زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده‌اند (Ebrahimi Salari, Gorjipour, & osmani, 2020).

پارسا و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از تابع فاصله هذلولی پارامتری، به برآورد کارایی فنی زیست‌محیطی ۳۱ استان ایران طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۵ پرداختند. نیروی کار، موجودی سرمایه و میزان مصرف انرژی، نهاده‌ها و GDP و میزان انتشار CO_2، به ترتیب ستاده مطلوب و ستاده نامطلوب بودند. در این پژوهش، میانگین کارایی فنی زیست‌محیطی معادل ۰٫۶۹ درصد برآورد شده و شاخص کارایی فنی زیست‌محیطی برای بیشتر استان‌های کشور روندی نزولی داشته است. استان‌های تهران و سیستان و بلوچستان به ترتیب کمترین و بیشترین میزان کارایی فنی زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده‌اند (Parsa, Esfandabadi, & Sadeghi, 2018).

مولائی و همکاران (۲۰۱۷) با کاربرد روش تابع مرزی تصادفی به صورت تابعی ترانسلوگ به ارزیابی کارایی فنی و زیست‌محیطی تولید برنج در شهرستان بابلسر پرداختند. در این مطالعه، مقدار عملکرد محصول برنج در هر هکتار، تنها محصول مطلوب و میزان بذر مصرفی، تعداد نیروی کار، هزینه‌ی آب مصرفی، هزینه ماشین‌آلات و ادوات، مقدار سم و کود شیمیایی مصرفی، نهاده‌های تولید را تشکیل دادند. ابتدا در این مطالعه، نهاده‌های کود و سم، به عنوان نهاده‌های مطلوب در نظر گرفته شدند، سپس نهاده‌های مذکور به عنوان نهاده‌های نامطلوب در مدل تجربی وارد شدند. نتایج حاصله، کارایی زیست‌محیطی را به مراتب کمتر از کارایی فنی نشان داد (Molaei, Hesari, & Javanbakht, 2017).

مولائی و ثانی (۲۰۱۵) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و معرفی محصولات مطلوب و نامطلوب به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در بخش کشاورزی ایران، طی سال‌های ۹۰-۱۳۷۳ پرداختند. در این پژوهش، ستاده نامطلوب میزان انتشار پنج گاز آلاینده شامل NO_X، SO_2، CO، CO_2، CH_4، ستاده مطلوب، میزان تولید ناخالص داخلی کشور و نهاده‌ها، شامل نیروی کار، سرمایه و انرژی بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که با و بدون در نظر گرفتن محصول نامطلوب، متوسط میزان کارایی به ترتیب برابر ۷۲ و ۹۸ درصد بوده است که محققین این مسئله را ناشی از اثر معنی‌دار آلاینده‌ها بر کارایی دانسته‌اند (Molaei & Sani, 2015).

همانطور که در پیشینه تحقیق اشاره شد، بسیاری از محققین با استفاده از روش‌های مختلف به بررسی و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در حوزه‌های مختلف پرداخته‌اند. با توجه به آنکه امروزه آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و کاهش آنها به یکی از چالش‌های اساسی در جهان مبدل شده؛ لذا بحث بهینه‌سازی تولید، موثرتر خواهد بود اگر در کنار توجه به این هدف، اهداف زیست‌محیطی نیز مورد توجه و عنایت واقع شود. بنابراین همانطور که افزایش تولید به قیمت آلودگی محیط زیست، رویکردی نادرست است، کاهش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و تحلیل شاخص‌های مرتبط مانند کارایی زیست‌محیطی واحدها، بدون توجه به اهداف بنگاه‌ها در حداکثرسازی تولید نیز خالی از اشکال نیست. بنابراین علی‌رغم این ارتباط دو سویه، در بسیاری از مطالعات مانند مطالعه (Darbidi et al., 2022)، (Parsa et al., 2018)، (Molaei & Sani, 2015)، (Stergiou, 2024)، (Mamghaderi et al., 2023)، تنها کارایی زیست‌محیطی واحدها بررسی شده است. البته در مطالعه (Mohammadpour et al., 2021) که هر دو نوع کارایی به طور همزمان در بخش کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفته، ذکر دو موضوع حائز اهمیت است که به عنوان نوآوری‌های این مطالعه مطرح می‌شود. اول آنکه ارزیابی کارایی فنی بدون در نظر گرفتن ستاده نامطلوب صورت گرفته؛ دوم آنکه ارزیابی در سطح استان‌های کشور انجام نشده است. لذا با توجه به آنکه بدون در نظر گرفتن محصولات جانبی مانند آلودگی یا هر اثر منفی دیگری در فرایند تولید، تخمین مغرضانه‌ای از میزان کارایی ایجاد می‌شود (Rezek & Perrin, 2004)، (Bampatsou & Halkos, 2019)، به پیروی از ونگ[18] و همکاران (۲۰۱۷)، در یک رویکرد جدید با استفاده از تابع فاصله جهت‌دار، میزان کارایی عملیاتی نیز با در نظر گرفتن ستاده نامطلوب مورد ارزیابی قرار گرفته و قابلیت حذف ضعیف در هر دو مدل کارایی لحاظ شده است. از نوآوری‌های دیگر این مطالعه، استفاده از هشت نوع آلاینده به عنوان ستاده نامطلوب و تحلیل استانی انواع کارایی می‌باشد.

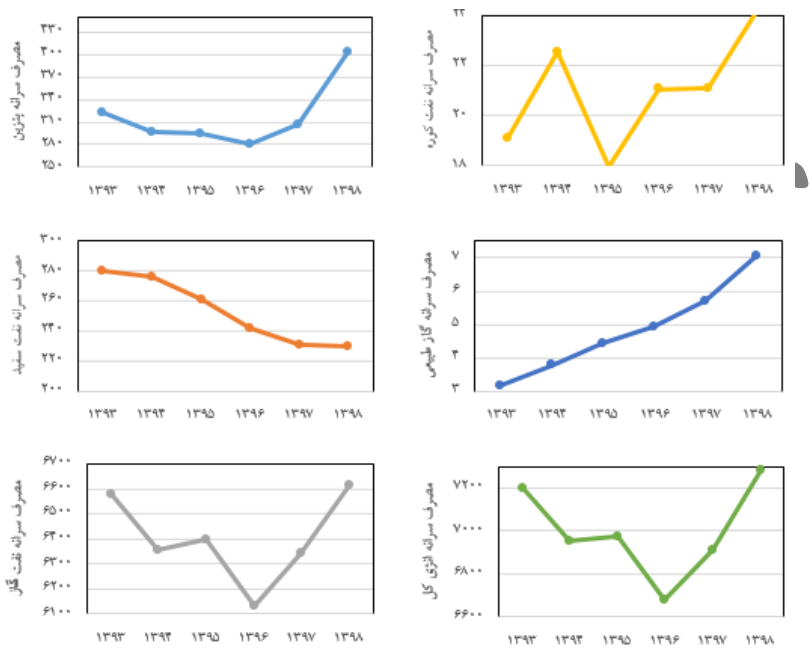
۴- یافته‌های پژوهش

در این قسمت ابتدا به تجزیه و تحلیل آماری و بررسی تغییرات متغیرها و عملکرد استان‌ها در سال‌های ۹۸-۱۳۹۳ پرداخته شده است. سپس با بهره‌گیری از مدل‌های ارائه شده در بخش قبل، میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی استان‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

[18] Wang

۱-۴- تحلیل آماری داده‌ها

با توجه به گزارش‌های ارائه شده در ترازنامه انرژی و ترازنامه هیدروکربوری کشور طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳، در ابتدا به صورت مختصر به بررسی مصرف حامل‌های انرژی، شامل بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز طبیعی و مجموع انرژی‌ها در بخش کشاورزی پرداخته شده و سپس میزان و روند انتشار هشت نوع آلاینده شامل NOx، SO_2، SO_3، CO، SPM، CO_2، CH_4 و N_2O مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



شکل ۱. متوسط مصرف سرانه حامل های انرژی در بخش کشاورزی طی ۹۸-۱۳۹۳
مأخذ: وزارت نیرو- ترازنامه هیدروکربوری

Figure 1. Average per capita consumption of energy carriers in the agricultural sector during 2013-2018
Source: Ministry of Energy - Energy balance sheet

بنزین: با توجه به اینکه عمده سوخت ماشین‌آلات کشاورزی و حمل و نقل بین شهری کالاها از طریق مصرف نفت‌گاز صورت می‌گیرد؛ لذا مصرف بنزین طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۳، علیرغم حذف سهمیه‌بندی سوخت و تک نرخی شدن قیمت بنزین - که منجر به افزایش مصرف این حامل در بخش‌های دیگر گردید – افزایشی در مصرف این فرآورده در بخش کشاورزی دیده نمی‌شود. از سال‌های ۱۳۹۶ به بعد، بخش کشاورزی با یک روند افزایشی در مصرف بنزین

مواجه است. بر اساس گزارش‌های ارائه شده در ترازنامه انرژی کشور، علت این موضوع، بی توجهی به مدیریت مصرف سوخت و قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی و استفاده از خودروهای فرسوده عنوان شده است.

نفت سفید: در طی دوره مورد بررسی، مصرف نفت سفید به طور کلی روندی نزولی داشته است. علت این کاهش، سهولت دسترسی به انواع دیگر انرژی نظیر برق، گاز مایع و گاز طبیعی و جایگزین شدن این گونه انرژی‌ها به جای نفت سفید بوده است.

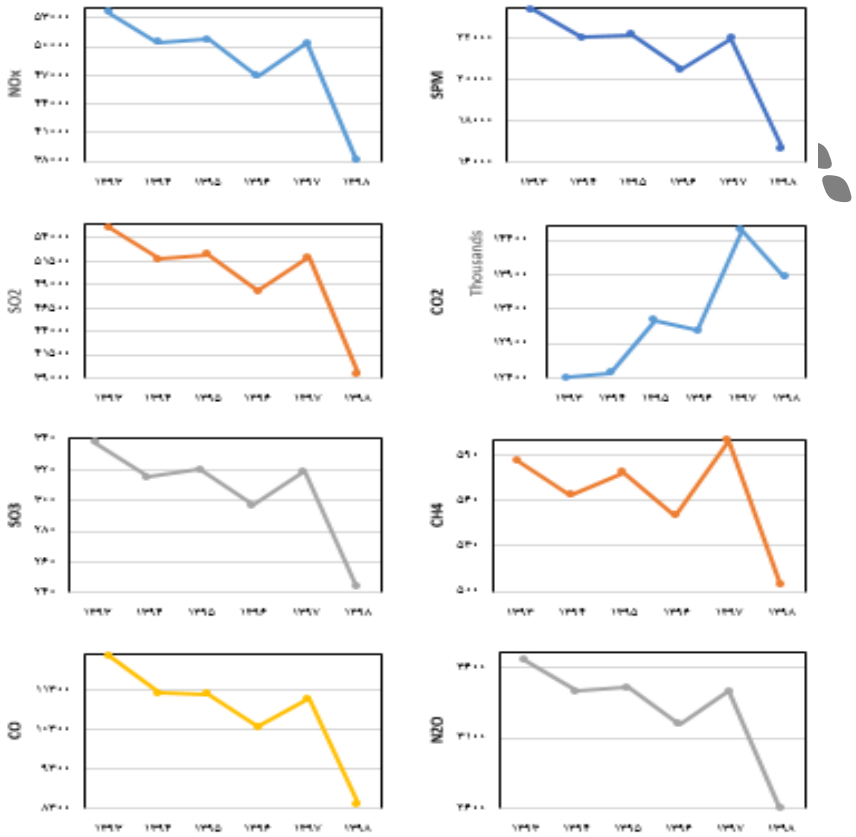
نفت گاز: مصرف نفت‌گاز تا سال ۱۳۹۶ به غیر از سال ۱۳۹۵ روند نزولی داشته است. علت این کاهش، اجرای طرح تخصیص سهمیه نفت‌گاز بر مبنای پیمایش و عدم افزایش خودروهای جدید گازوئیل سوز عنوان شده است. در سال ۱۳۹۷، مصرف نفت‌گاز رشد ۸٫۸ درصدی را تجربه کرده است. در این سال، بخش کشاورزی با ۲۴۸٫۶ میلیون لیتر افزایش مصرف نسبت به سال گذشته، بعد از بخش های حمل و نقل جاده‌ای و ریلی و نیروگاه‌های بخش خصوصی و صنایع بزرگ، بیشترین افزایش مصرف را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۹۸ نیز، میزان مصرف نفت‌گاز همچنان صعودی بوده است. علت این افزایش را می‌توان به افزایش مناطق توزیع نفت‌گاز یورو ۲، استفاده از خودروهای فرسوده و عدم جایگزینی آنها نسبت داد ("Energy balance sheet," 2014-2019).

نفت کوره: مصرف نفت کوره، در طی سال‌های مورد بررسی دچار نوسان بوده است. در سال ۱۳۹۵، به دلیل اجرای طرح بهینه‌سازی مصرف سوخت، گسترش شبکه گازرسانی در سرتاسر کشور و به دنبال آن افزایش میزان گازرسانی به مناطق و تشدید نظارت‌های کنترلی بر شبکه توزیع، مصرف این فرآورده، کاهش چشمگیری در تمامی بخش‌ها منجمله بخش کشاورزی داشته است. در سال ۱۳۹۶، بخش کشاورزی تنها بخشی در کشور است که میزان مصرف نفت کوره در آن افزایش یافته است. در سال ۱۳۹۸ نیز یکی از دلایل افزایش مصرف این فرآورده در کشور، افزایش مصرف در بخش کشاورزی عنوان شده که با افزایشی معادل ۲٫۸ میلیون لیتر نسبت به سال قبل مواجه بوده است ("Energy balance sheet," 2014-2019).

گاز طبیعی: به دلیل مزیت‌های مصرف گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌ها، ازجمله منافع زیست‌محیطی، پایین بودن نسبی قیمت و صرفه‌جویی‌های ارزی حاصل از جانشین شدن گاز طبیعی با فرآورده‌های وارداتی، مصرف گاز طبیعی روند افزایشی داشته است (Mohammadpour et al., 2021). در سال ۱۳۹۷، بیشترین میزان رشد مصرف گاز طبیعی مربوط به بخش کشاورزی بوده است. روند مصرف گازطبیعی در بخش کشاورزی نشانگر آن است که مصرف فرآورده‌های نفتی روندی کاهشی داشته و گاز طبیعی به عنوان

جانشین و سوخت غالب، کاهش میزان مصرف سایر سوخت‌ها را جبران نموده است ("Energy balance sheet," 2018).

مجموع انرژی‌ها: به دلیل اینکه نفت‌گاز سهم بیشتری در این سبد انرژی‌ها دارد، رفتار مجموع انرژی‌ها همانند مصرف این فرآورده بوده و در طول زمان دارای روندی مشابه می‌باشد.



شکل ۲. میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای بخش کشاورزی طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳ (تن)
مأخذ: وزارت نیرو- ترازنامه انرژی

Figure 2. The amount of pollutant and greenhouse gas emissions in the agricultural sector during 2013-2018 (tons)
Source: Ministry of Energy - Energy balance sheet

از داده‌های آماری مورد استفاده در این پژوهش، میزان انتشار هشت نوع آلاینده شامل NOx، SO_2، SO_3، CO، SPM، CO_2، CH_4 و N_2O می‌باشد که از مصرف شش حامل انرژی - که در بالا ذکر شد - منتشر می‌شوند.

بر اساس گزارش‌های ارائه شده در ترازنامه انرژی، طی سال‌های مورد بررسی، نفت‌گاز و بنزین، بیشترین سهم را در انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای به خود اختصاص داده‌اند. به طور عمده، بیشترین میزان انتشار SO_3، SPM، SO_2 و N_2O از مصرف نفت‌گاز و بیشترین میزان انتشار CO و CH_4 از مصرف بنزین حاصل شده است. در طی این سال‌ها، میزان انتشار آلاینده‌های SO_3، SPM، SO_2 و N_2O، CO و CH_4 به ترتیب بالای ۷۷، ۷۲، ۵۰، ۵۶، ۹۶ و ۵۰ درصد بوده و عمدتا افزایشی گزارش شده است. شاخص شدت انتشار CO_2، NOx، SO_2 و SPM، در سال‌های مورد بررسی، به طور متوسط، به ترتیب معادل ۳۹٫۵، ۰٫۱۵، ۰٫۱۵ و ۰٫۰۹ تن بر میلیارد ریال برآورد شده است. گازطبیعی با کمترین میزان آلایندگی، در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی، سوختی پاك محسوب می‌شود. این در حالی است که به علت حجم زیاد مصرف، به طور عمده، بیش از ۶۴ درصد کل انتشار CO_2 و بیش از ۳۶ درصد کل انتشار CH_4 در بخش انرژی مربوط به گازطبیعی است که اهمیت موضوع را از جهت تغییرات اقلیم قابل تأمل و بررسی می‌سازد (" Energy balance sheet," 2014-2019). همانطور که در **شکل ۲** قابل ملاحظه است، در سال ۱۳۹۷، یک پیک در میزان انتشار تمامی آلاینده‌ها وجود دارد. بر اساس گزارش معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، علت افزایش برخی از حامل‌های انرژی در سال ۱۳۹۷، گسترش واحدهای تولید صنعتی دام و طیور و همچنین توسعه کشت‌های گلخانه‌ای عنوان شده است. بدون در نظر گرفتن پیک سال ۱۳۹۷، به طور کلی میزان انتشار آلاینده‌ها (به غیر از گاز CO_2) روندی کاهشی داشته است.

جدول 1. بیشترین‌و کمترین میزان مصرف سرانه حامل‌های انرژی، سرانه انتشار مجموع آلاینده‌ها و تولید کل در بخش کشاورزی طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳
مأخذ: وزارت نیرو- ترازنامه هیدروکربوری کشور

Table 1. The highest and lowest per capita consumption of energy carriers, per capita emission of total pollutants and total production in the agricultural sector during the years 2013-2018.
Source: Research results

	بنزین	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز طبیعی	انرژی کل	مجموع آلاینده‌ها	تولید کل
بیشترین	بوشهر	آذربایجان غربی	فارس	قزوین	مازندران	مازندران	فارس	خوزستان

کمترین	ایلام	مرکزی	کهگیلویه و بویراحمد	سمنان	سیستان و بلوچستان	سیستان و بلوچستان	کهگیلویه و بویراحمد	قم

جدول 2. تحلیل آماری داده‌ها در بخش کشاورزی
مأخذ: نتایج پژوهش

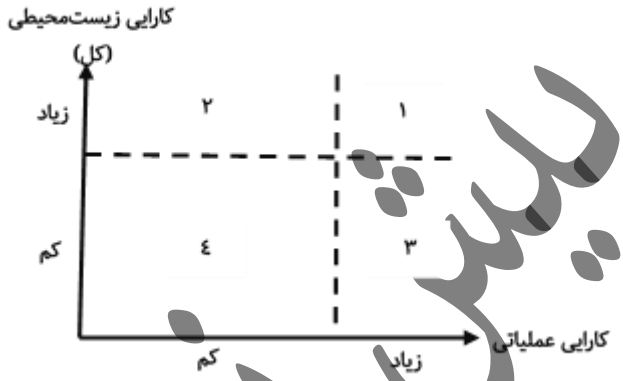
Table 2. Statistical analysis of data in the agricultural sector
Source: Research results

متغیر	واحد اندازه‌گیری	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
بنزین	میلیون لیتر	۱۰٫۲۵	۱۲۲٫۰۸	۰٫۳۷	۱۴٫۴۴
نفت سفید	میلیون لیتر	۸٫۱۷	۴۵٫۵۶	۰٫۱۵	۹٫۲۷
نفت گاز	میلیون لیتر	۲۰۶٫۵۵	۸۷۶٫۶۵	۱۳٫۱۳	۱۶۱٫۱
نفت کوره	میلیون لیتر	۰٫۶۸	۶٫۹۴	۰٫۰۰۱	۱٫۴۱
گاز طبیعی	میلیون لیتر	۱۴۰۳۹۴٫۹۶	۷۸۹۸۶۱٫۸۰	۰	۱۷۰۸۲۱٫۴۸
انرژی کل	میلیون لیتر	۱۴۰۶۲۰٫۶۲	۷۹۰۰۷۴٫۵۰	۱۲۰٫۳	۱۷۰۸۳۴٫۲۷
مجموع آلاینده‌ها	تن	۴۲۵۴۰۲٫۳۶	۱۳۶۵۸۰۳٫۸۶	۳۴۲۸۸٫۵۰	۲۹۵۳۳۹٫۱۳
تولید کل	تن	۳۷۲۳۲۰۰٫۴	۱۶۱۲۳۷۷۸٫۷	۵۷۸۹۲۹٫۷	۳۰۲۵۸۵۹
اشتغال	نفر	۱۲۸۰۱۶٫۵	۴۳۲۹۰۲	۱۱۶۵۷	۹۳۷۵۳٫۸
سرمایه ثابت خالص	ریال	۶۶۳۸۲۱۷٫۵	۱۹۱۱۶۴۱۹٫۲	۱۸۴۳۷۹۳٫۸	۴۲۱۸۱۸۵٫۸

۲-۴- نتایج پژوهش

در این بخش، میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی استان‌های کشور طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳ مورد بررسی واقع شده است. با توجه به اینکه در این پژوهش، میزان انتشار هشت نوع آلاینده NO_x، SO_2، SO_3، CO، SPM، CO_2، CH_4 و N_2O، به عنوان محصول نامطلوب در نظر گرفته شده، لذا کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور هم از نظر انتشار یکایک آلاینده‌ها و هم از نظر مجموع آلاینده‌ها در مدل‌های مجزا مورد ارزیابی واقع شده است.

برای بررسی همزمان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور در هر سال از **شکل ۳**، استفاده شده است. در این شکل، استان‌های کشور از نظر میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی (کل) در چهار ناحیه قرار می‌گیرند:



شکل ۳. موقعیت استان‌های کشور از منظر کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی (کل)
Figure 3. The position of the country's provinces in terms of operational efficiency and environmental efficiency (total)

ناحیه ۱: استان‌های واقع در این ناحیه از کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی زیادی برخوردارند.

ناحیه ۲: در این ناحیه استان‌هایی قرار می‌گیرند که از کارایی عملیاتی کم و کارایی زیست‌محیطی بالا برخوردارند.

ناحیه ۳ : استان‌هایی با کارایی عملیاتی زیاد و کارایی زیست‌محیطی کم، در این ناحیه قرار می‌گیرند.

ناحیه ۴ : این ناحیه شامل استان‌هایی است که میزان هر دو نوع کارایی در آنها کم می‌باشد.

عنوان کم در **شکل ۳** به مقادیر کارایی بین ۰ تا ۹۰ درصد و عنوان زیاد به مقادیر کارایی بین ۹۰ تا ۱۰۰[۱۹] درصد اطلاق می‌شود.

[۱۹] در ادبیات کارایی، با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، می‌توان واحدهای تصمیم گیرنده را در دو گروه کارا (با میزان کارایی یک) و ناکارا (با میزان کارایی کمتر از یک)، قرار داد (Moazzami Godarzi, Jabransari, Moalem, & Shakiba, 2014)، (Yousefi & Mousavi Kashi, 2022). با توجه به اینکه مقادیر کارایی بین

پیش نویس

جدول 3. دسته‌بندی استان‌ها بر اساس کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی(کل)
مأخذ: نتایج پژوهش

Table 3 .The position of the country's provinces in terms of operational efficiency and environmental efficiency (total)
Source: Research results

	ناحیه ۱*	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴
۱۳۹۳	۸ استان: البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم، هرمزگان	۰	۰	۲۳ استان
۱۳۹۴	۸ استان: البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم، هرمزگان	۰	۳ استان: آذربایجان شرقی ایلام تهران	۲۰ استان
۱۳۹۵	۸ استان: البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم، هرمزگان	۰	۴ استان: آذربایجان شرقی ایلام خراسان شمالی تهران	۱۹ استان
۱۳۹۶	۸ استان: البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم، هرمزگان	۰	۲ استان: ایلام تهران	۲۱ استان
۱۳۹۷	۸ استان: البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم، هرمزگان	۰	۲ استان: تهران زنجان	۲۱ استان
۱۳۹۸	۸ استان: البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم، هرمزگان	۰	۷ استان: ایلام، تهران چهارمحال و بختیاری خراسان جنوبی گیلان، مازندران، یزد	۱۶ استان

* به غیر از استان هرمزگان در سال ۱۳۹۶، با کارایی زیست‌محیطی ۱۰۰ و کارایی عملیاتی ۹۰، هر دو نوع کارایی در کلیه استان‌ها برابر ۱۰۰ بوده است.

۰/۹ تا یک را می‌توان به عدد یک گرد کرد، در این مطالعه، به منظور گسترش دامنه تحلیل، واحدهای مذکور، با عنوان "کارایی زیاد" معرفی شده‌اند.

همانگونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود، اسامی استان‌ها از نظر میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی (کل) در چهار ناحیه ذکر شده است. بهترین وضعیت از نظر هر دو نوع کارایی در ناحیه اول برقرار است. این استان‌ها از نظر تولید محصولات کشاورزی کارا بوده و توانسته‌اند در یک سطح مشخصی از مصرف نهاده‌ها، به حداکثر تولید دست یابند. همچنین استان‌های مذکور از نظر فنی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها به خوبی عمل نموده‌اند. به بیان دیگر، کارایی زیست‌محیطی واحد بدین معناست که امکان افزایش محصول مطلوب و در عین حال کاهش محصول نامطلوب و میزان استفاده از نهاده‌ها وجود ندارد؛ لذا کارایی زیست‌محیطی واحد یعنی اینکه مقررات زیست‌محیطی بر روی فناوری تولید تأثیری ندارد. در تمامی سال‌های مورد بررسی استان‌های البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم و هرمزگان در این ناحیه قرار گرفته‌اند. در ناحیه دوم، استان‌هایی قرار دارند که به لحاظ فنی کارآمد نیستند؛ اما توانسته‌اند عملکرد مناسبی به لحاظ انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای داشته باشند. همانگونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود، طی دوره مورد بررسی هیچ استانی در شرایط مذکور قرار ندارد. لذا افزایش تولید در بخش کشاورزی باعث استفاده بیشتر از نهاده انرژی شده و با توجه به اینکه سوخت مصرفی بخش کشاورزی بیشتر فسیلی می‌باشد باعث ورود آلاینده‌های بیشتری به محیطزیست شده است.

جدول 4. میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی (کل) استان‌های کشور در ناحیه سوم
مأخذ: نتایج پژوهش

Table 4. The level of operational efficiency and environmental efficiency (total) of the country's provinces in the third region
Source: Research results

سال	استان‌ها	کارایی زیست‌محیطی(کل) **(EE)**	کارایی عملیاتی **(OE)**
۱۳۹۴	آذربایجان شرقی	۶۰	۹۴
	ایلام	۶۶	۹۰
	تهران	۵۸	۹۵
۱۳۹۵	آذربایجان شرقی	۵۸	۹۸
	ایلام	۶۱	۹۷
	تهران	۵۶	۱۰۰
	خراسان شمالی	۵۸	۱۰۰
۱۳۹۶	ایلام	۵۹	۱۰۰
	تهران	۵۶	۱۰۰
۱۳۹۷	تهران	۵۶	۱۰۰
	زنجان	۵۶	۹۹
۱۳۹۸	ایلام	۶۱	۹۸
	تهران	۵۵	۱۰۰

چهارمحال و بختیاری	۶۲	۱۰۰
خراسان جنوبی	۵۷	۱۰۰
گیلان	۵۲	۹۳
مازندران	۵۴	۹۳
یزد	۵۱	۹۰

در ناحیه سوم، استان‌هایی با کارایی عملیاتی زیاد و کارایی زیست‌محیطی کم قرار دارند. میزان هر دو نوع کارایی در استان‌های مذکور را می‌توان در جدول 4 مشاهده نمود. این استان‌ها احتمالاً در جهت افزایش تولید و رسیدن به سطح بهینه آن، به مسائل زیست‌محیطی و استفاده درست از تجهیزات و ماشین‌آلات بی‌توجه بوده‌اند. کارایی زیست‌محیطی کمتر از یک، بیانگر این موضوع است که برای تبدیل از حالت قابلیت حذف قوی به قابلیت حذف ضعیف، هزینه فرصت وجود دارد. حال این هزینه فرصت می‌تواند به دو صورت تعریف شود، یا به صورت درصدی از محصول مطلوب که باید از دست برود تا قابلیت حذف ضعیف کاهش یابد؛ یا اینکه برای حذف کردن محصول نامطلوب، چه میزان نهاده باید مورد استفاده قرار گیرد. با کم کردن کارایی زیست‌محیطی از عدد یک، مقدار فوق حاصل می‌گردد. برای مثال در سال ۱۳۹۸، برای استان های ایلام، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، گیلان، مازندران و یزد یا باید به ترتیب حدود ۳۹، ۴۵، ۳۸، ۴۳، ۴۸، ۴۶ و ۴۹ درصد از ستاده مطلوب را از دست داد تا محصول نامطلوب (آلاینده ها و گازهای گلخانه ای) حذف شود یا باید به ترتیب حدود ۳۹، ۴۵، ۳۸، ۴۳، ۴۸، ۴۶ و ۴۹ درصد از نهاده را مصرف نمود تا محصول نامطلوب حذف گردد. با توجه به جدول 3 می‌توان گفت که در سال ۱۳۹۳، هیچ استانی در ناحیه سوم قرار نداشته، ضمن آنکه در سال ۱۳۹۴، استان‌های آذربایجان شرقی، ایلام و تهران؛ در سال ۱۳۹۵، استان‌های آذربایجان شرقی، ایلام، تهران و خراسان شمالی؛ در سال ۱۳۹۶، استان‌های ایلام و تهران؛ در سال ۱۳۹۷، استان‌های تهران و زنجان و در سال ۱۳۹۸، استان‌های ایلام، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، گیلان، مازندران و یزد در ناحیه سوم قرار داشته‌اند. همانگونه که ملاحظه می‌شود در بیشتر سال‌های مورد بررسی، استان‌های ایلام و تهران در این ناحیه قرار داشته‌اند.

مصرف‌کنندگان عمده نفت گاز و گاز طبیعی در بخش کشاورزی، زیربخش‌های زراعت و باغداری هستند در حالی که عمده مصرف بنزین، در بخش خدمات کشاورزی و آبزیان اتفاق می‌افتد (Borojini et al., 2021). بنابراین با توجه به آنکه بیشترین آلایندگی در بخش کشاورزی مربوط به مصرف نفت گاز می‌باشد، به نظر می‌رسد علت کارایی زیست‌محیطی استان‌هایی چون بوشهر، سیستان و بلوچستان و هرمزگان، به عنوان

قطب‌های تولید آبزیان، توسعه این زیربخش و مصرف بیشتر بنزین در مقایسه با نفت گاز بوده است. استان خوزستان با رتبه نخست در تولید محصولات زراعی در مقایسه با سایر استان‌ها، از ویژگی‌ها و خصوصیات منحصر به فردی چون خاک حاصلخیز و آبرفتی، وجود دشت‌های پهناور، منابع نسبتا غنی آب‌های زیرزمینی و غیره برخوردار است که می‌تواند در استفاده کارا از ادوات و ماشین آلات کشاورزی موثر باشد و به تبع میزان انتشار آلاینده‌ها را کاهش دهد. استان‌هایی مانند کهگیلویه و بویراحمد، قم و البرز با در اختیار داشتن کمترین میزان تولیدات کشاورزی، به خصوص در زیربخش زراعت، کمترین میزان استفاده از فرآورده‌های نفتی، علی الخصوص نفت گاز را به خود اختصاص داده‌اند و این امر عاملی در کارایی زیست محیطی این استان‌ها بوده است. استان خراسان رضوی نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین قطب‌های تولید محصولات کشاورزی، به ترتیب جایگاه ویژه‌ای در تولید محصولات زیربخش‌های دام و طیور، زراعت، باغداری و آبزیان داشته است. بدیهی است که استفاده بهینه از منابع، در کنار توجه به عوامل مؤثر در انتشار آلاینده‌ها، این استان را در گروه استان‌هایی با کارایی عملیاتی و زیست محیطی بالا قرار داده است.

با توجه به جدول 4، از میان استان‌هایی که در ناحیه ۳ قرار گرفته‌اند، استان‌های آذربایجان شرقی، تهران، گیلان، مازندران _که در تولید محصولات کشاورزی از اهمیت بیشتری برخوردارند - و استان ایلام به سبب استمرار قرارگیری در ناحیه ۳، _ به رغم کوچک بودن جایگاه آن در تولید محصولات کشاورزی _ مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

با توجه به جدول 3 و جدول 4، استان آذربایجان شرقی با افزایش کارایی عملیاتی و کاهش کارایی زیست محیطی در سال‌های ۹۴ و ۹۵ در سال‌های پس از آن، به ناحیه ۴ انتقال یافته است. بر اساس آمارهای وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولیدات این استان در زیربخش‌های دام و طیور و باغداری تغییرات چندانی نداشته، درصورتی که زیربخش‌های زراعت و آبزیان به ترتیب با کاهش و افزایش تولیدات مواجه بوده‌اند. بنابراین با توجه به اهمیت زیربخش زراعت در تولید آلاینده‌ها و به رغم کاهش تولیدات زراعی استان، علت ناکارایی زیست‌محیطی را می‌توان در فرسودگی ماشین آلات کشاورزی و تاثیرات آن بر افزایش زمان عملیات کشاورزی و افزایش مصرف سوخت دانست ضمن آنکه افزایش مصرف بنزین هم می‌تواند عاملی بر افزایش ناکارایی زیست محیطی باشد. با توجه به جدول 4، استان تهران، عمدتاً با برخورداری از کارایی کامل عملیاتی، از ابتدا تا به انتهای دوره، پذیرنده‌ی کاهش در کارایی زیست‌محیطی بخش کشاورزی خود بوده است. استان تهران با دارا بودن ۲٫۱ درصد از اراضی کشاورزی، بیش از ۵ درصد از محصولات کشاورزی کشور را تولید می‌کند. این استان با ظرفیت‌های چشمگیر در حوزه کشاورزی و دامپروری، به عنوان

یکی از قطب‌های اصلی تولیدات در این زمینه محسوب می‌شود (Agricultural Jihad Statistics, 2022). وجود واحدهای تولیدی شاخص، بهره‌وری بالا در تولید و استفاده بهینه از منابع آب و خاک از فاکتورهای مهم و قابل اتکا در حوزه کشاورزی استان تهران می‌باشد (Baradari, 2024). لذا به نظر می‌رسد اولویت قرار دادن تولید و افزایش آن در این استان، توجه به مسائل زیست‌محیطی را مورد اغفال قرار داده است.

جدول 5. میزان کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی بخش کشاورزی استان‌های مازندران و گیلان طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳
مأخذ: نتایج پژوهش

Table 5. The level of operational and environmental efficiency of the agricultural sector in Mazandaran and Gilan provinces during the years 2013-2018
Source: Research results

		۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
مازندران	کارایی عملیاتی	۴۶	۶۰	۶۷	۶۵	۸۶	۹۳
	کارایی زیست‌محیطی (کل)	۵۷	۵۷	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴
گیلان	کارایی عملیاتی	۳۲	۳۹	۵۴	۶۹	۸۵	۹۳
	کارایی زیست‌محیطی (کل)	۵۴	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲

با توجه به جدول 4، استان‌های گیلان و مازندران در سال‌های ۹۳ الی ۹۷، در ناحیه ۴ و در سال ۹۸ در ناحیه ۳ قرار گرفته‌اند. دلیل این امر بهبود کارایی عملیاتی در تولید کشاورزی استان‌های مذکور بوده است. بر اساس آمارهای منتشر شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی، به غیر از زیربخش باغداری در استان مازندران، میزان تولید در کلیه زیربخش‌های کشاورزی استان‌های گیلان و مازندران، روندی افزایشی داشته است. با توجه به جدول 5 و با توجه به روند تقریباً کاهشی کارایی زیست‌محیطی دو استان، این موضوع به معنای بهره‌برداری بیشتر از تجهیزات و ماشین‌آلات، جهت حصول تولید بیشتر بوده است. علی رغم کوچک بودن سهم استان ایلام در تولیدات کشاورزی کشور، این استان نیز از روندی افزایشی در تولیدات زراعی خود برخوردار بوده است. با توجه به آنکه افزایش کارایی عملیاتی این استان طی سال‌های ۹۴ الی ۹۶ با کاهش کارایی زیست‌محیطی همراه بوده، همانند استان‌های گیلان و مازندران تفسیر مشابهی قابل ارائه خواهد بود.

در ناحیه چهارم، استان‌ها هم از نظر عملیاتی و هم از نظر زیست‌محیطی ناکارا بوده‌اند. عدم کارایی تولید در استان‌های مذکور را می‌توان به یک یا مجموعه‌ای از عواملی چون کاربرد فناوری نامناسب، انتخاب مقیاس تولیدی نادرست، ناکارآمدی مدیریتی و یا عدم استفاده کارا از نهاده‌های تولید نسبت داد. ضمن آنکه این استان‌ها عمدتاً در کاربرد نهاده‌هایی چون انرژی و ماشین‌آلات که می‌توانند مستقیماً بر انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای مؤثر باشند، به درستی عمل نکرده‌اند.

جدول 6. استان‌هایی با کمترین کارایی زیست‌محیطی (کل و آلاینده‌های مختلف) در ناحیه چهارم
مأخذ: نتایج پژوهش

Table 6 .Provinces with the lowest environmental efficiency (total and various pollutants) in the fourth region
Source: Research results

۱۳۹۳	یزد	EET=۵۲ OE=۴۳	یزد (کلیه آلاینده‌ها)، گلستان (NOX، SO2، N2O)
۱۳۹۴	یزد	EET=۵۲ OE=۴۵	یزد (CO، CO2، CH4)، کردستان (NOX، SO2، SO3، CO، SPM، N2O)
۱۳۹۵	یزد	EET=۵۱ OE=۶۲	کردستان (NOX، SO2، SO3، CO، SPM، CH4، N2O)، گیلان (CO2)
۱۳۹۶	یزد	EET=۵۱ OE=۶۳	کردستان (NOX، SO2، CO، SPM، CO2، CH4 و N2O)، گلستان (CO2 ، CH4)، گیلان (CO2)، یزد (SO3 ، CO2)
۱۳۹۷	گلستان یزد	EET=۵۲ OE=۸۵ EET=۵۲ OE=۷۹	اصفهان، گلستان، گیلان، یزد (CO2)، مرکزی (کلیه آلاینده‌ها)
۱۳۹۸	یزد	EET=۵۱ OE=۹۰	آذربایجان غربی، کردستان (NOX، SO2، SO3، CO، SPM، N2O)، گیلان (CO2)، مرکزی (کلیه آلاینده‌ها)

کارایی زیست‌محیطی (کل) استان‌های کشور در سال‌های مختلف در شکل 4 (نقشه) قابل مشاهده می‌باشد.

با توجه به **شکل ۲** و جدول 6، چند ویژگی از نظر کارایی زیست‌محیطی (کل)، قابل مشاهده است:

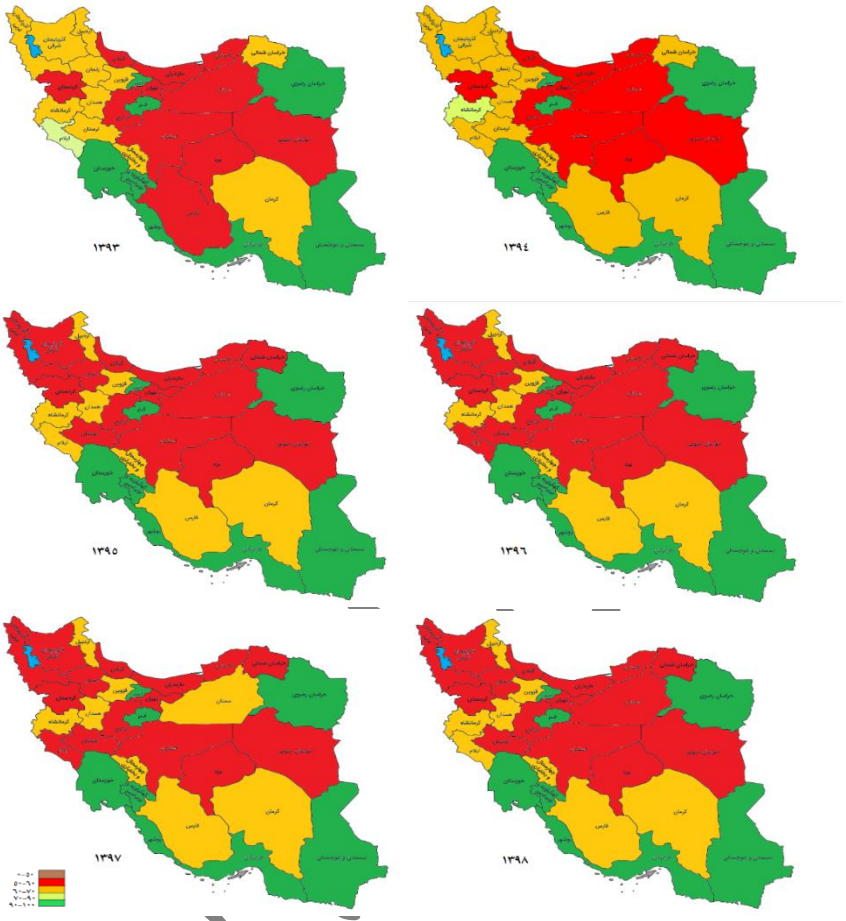
۱- کارایی هیچ استانی کمتر از ۵۰ درصد نبوده است.

۲- در تمامی سال‌های مورد بررسی، همواره نزدیک به ۷۵ درصد استان‌های کشور (۲۳ استان)، از کارایی کم برخوردار بوده‌اند.

۳- طی سال‌های ۹۵ الی ۹۸، کل استان‌ها در ناحیه‌ی قرمز و نارنجی؛ یعنی محدوده کارایی بین ۷۰-۵۰ درصد توزیع شده‌اند، ضمن آنکه هیچ استانی کارایی بین ۹۰-۷۰ درصد را تجربه نکرده است.

۴- استان یزد تقریباً با یک روند افزایشی در میزان کارایی عملیاتی، همواره کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی (کل) را تجربه کرده است.

استان‌هایی با کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی از نظر انتشار آلاینده‌های مختلف در ستون آخر جدول 4 قابل مشاهده است.



شکل 4. کارایی زیست‌محیطی (کل) استان‌های کشور در سال‌های مورد بررسی
مأخذ: نتایج پژوهش
Figure 4. Environmental efficiency (total) of the country's provinces in the years under review
Research results Source:

جدول 7. روند تولید استان‌های منتخب در زیربخش‌های کشاورزی طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳
مأخذ: نتایج پژوهش

Table 7. Production trend of selected provinces in agricultural sub-sectors during 2013-2018
Source: Research results

	زراعت	باغداری	دام و طیور	شیلات و آبزیان
آذربایجان غربی	نوسان	نوسان	افزایشی	افزایشی
اصفهان	نوسان	نوسان	افزایشی	افزایشی
فارس	نوسان	نوسان	افزایشی	نوسان
کرمان	نوسان	نوسان	افزایشی	افزایشی
گلستان	نوسان	نوسان	افزایشی	افزایشی

استان‌هایی مانند آذربایجان غربی، اصفهان، فارس، کرمان و گلستان علی‌رغم اهمیت و جایگاه ویژه خود در تولید محصولات یک یا چند زیربخش کشاورزی، همواره در ناحیه ۴ با هر دو نوع ناکارایی قرار داشته‌اند. به عنوان نمونه، طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳، استان فارس، همواره در تولید محصولات زراعی، باغی و دام و طیور، به ترتیب رتبه دوم، اول و چهارم کشور را در اختیار داشته است ("Agricultural Jihad Statistics," 2014-2019). این درحالی است که در همین دوره، بیشترین میزان مصرف نفت گاز که بیشترین میزان انتشار CO_2 را به همراه دارد، از این استان گزارش شده است. میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست محیطی استان‌های آذربایجان غربی، اصفهان، فارس، کرمان و گلستان در کل دوره، دچار نوسان بوده و روند مشخصی از افزایش یا کاهش دو نوع کارایی دیده نشد. با توجه به میزان تولیدات این استان‌ها در چهار زیربخش کشاورزی (جدول 7 مشاهده شود)، عمده نوسانات تولید، مربوط به زیربخش‌های زراعت و باغداری بوده است. با توجه به اینکه نوسانات، عمدتاً در کوتاه‌مدت (یک فصل زراعی) و یا میان‌مدت (یک تا سه سال) رخ داده، به نظر می‌رسد، عوامل برونزایی مانند تغییرات آب و هوایی و میزان بارش سالانه، وجود آفات و عوامل بیماری‌زا و یا تغییر قیمت برخی محصولات (با توجه به قضیه تار عنکبوتی)، از مهمترین عوامل اثرگذار در این زمینه بوده است.

دانشگاه شهید چمران اهواز
فصلنامه علمی پژوهش‌های اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)

جدول 8. میانگین کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی (کل و آلاینده‌های مختلف)
مأخذ: نتایج پژوهش

Table 8. Average operational and environmental efficiency (total and various pollutants)
Source: Research results

	TE	EE								
		Total	NO_X	SO_2	SO_3	CO	SPM	CO_2	CH_4	N_2O
۱۳۹۳	۶۸	۷۱	۷۴	۷۲	۷۱	۷۴	۷۴	۷۱	۷۴	۷۴
۱۳۹۴	۷۱	۷۰	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۱	۷۴	۷۶
۱۳۹۵	۷۵	۶۹	۷۷	۷۵	۷۳	۷۷	۷۷	۷۷	۷۷	۷۷
۱۳۹۶	۷۴	۶۸	۷۵	۷۳	۷۱	۷۵	۷۵	۷۴	۷۵	۷۵
۱۳۹۷	۷۷	۶۷	۷۵	۷۵	۷۵	۷۶	۷۵	۷۱	۷۳	۷۵
۱۳۹۸	۷۸	۶۸	۸۲	۸۲	۸۱	۸۲	۸۲	۷۴	۷۶	۸۱
میانگین	۷۳/۸	۶۸/۸	۷۶/۵	۷۵/۵	۷۴/۵	۷۶/۷	۷۶/۵	۷۳	۷۴/۸	۷۶/۳
حداقل	۶۸	۶۷	۷۴	۷۲	۷۱	۷۴	۷۴	۷۱	۷۳	۷۴
حداکثر	۷۸	۷۱	۸۲	۸۲	۸۱	۸۲	۸۲	۷۷	۷۷	۸۱
انحراف معیار	۳/۷۶	۱/۴۷	۲/۸۸	۳/۵۱	۳/۷۸	۲/۸	۲/۸۸	۲/۴۵	۱/۴۷	۲/۵

میانگین کارایی عملیاتی و میانگین کارایی زیست‌محیطی (کل و آلاینده‌های مختلف) استان‌های کشور در سال‌های مورد بررسی، در جدول 8 قابل مشاهده می‌باشد. همانگونه که ملاحظه می‌شود، میانگین کارایی عملیاتی برابر ۷۳/۸ درصد بوده و روندی افزایشی داشته است. به این معنا که ظرفیت ارتقای کارایی در بخش کشاورزی، بدون افزایش در هزینه‌ها و بکارگیری نهاده‌های بیشتر، ۲۶/۲ درصد برآورد می‌شود. به عبارتی با بهبود کارایی در بخش کشاورزی امکان بالقوه برای افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها وجود دارد. میانگین کارایی زیست‌محیطی (کل) طی سال‌های مورد بررسی، ۸۶/۸ درصد و کمترین مقدار این شاخص در سال ۱۳۹۷، معادل ۶۷ درصد محاسبه شده است. بنابراین در سال ۱۳۹۷، مقدار بیشتری آلاینده با توجه به سطح نهاده‌ها، تولید شده است. با توجه به **شکل ۲**، بیشترین میزان انتشار گازهای CO_2 و CH_4 نیز در سال ۹۷ ثبت شده که می‌تواند حاصل روند افزایشی مصرف گاز طبیعی و بنزین در بخش باشد. کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی از نظر انتشار آلاینده‌های مختلف به ترتیب مربوط به CO_2 و SO_3 (۷۱ درصد) در سال ۹۳، CO_2 (۷۱ درصد) در سال ۹۴، SO_3 (۷۳ درصد) در سال ۹۵، SO_3 (۷۱ درصد) در سال ۹۶، CO_2 (۷۱ درصد) در سال ۹۷، CO_2 (۷۴ درصد) در سال ۹۸ بوده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی از نظر انتشار آلاینده‌های مختلف عمدتاً مربوط به گاز CO_2 بوده است. با توجه به اینکه مهمترین سوخت در بخش کشاورزی نفت گاز و گاز طبیعی است و از طرف دیگر بیشترین آلایندگی این دو نوع فرآورده مربوط به انتشار CO_2 است، بنابراین کمترین کارایی زیست‌محیطی عمدتاً از نظر انتشار CO_2 رخ داده است. می‌توان گفت طی سال‌های مورد بررسی، به طور کلی میانگین کارایی عملیاتی و میانگین

کارایی زیست‌محیطی (کل) در دو جهت مخالف هم بوده؛ لذا رسیدن به تولید بیشتر، همواره با پذیرش انتشار بیشتری از آلاینده‌ها همراه بوده است.

از نظر انتشار آلاینده‌های NOx، SO_2، SO_3، CO، SPM و N_2O، بیشترین کارایی مربوط به سال ۱۳۹۸ و از نظر انتشار CO_2 و CH_4، بیشترین کارایی مربوط به سال ۱۳۹۵ بوده است.

۵- جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی

با توجه به رشد جمعیت جهانی و لزوم گسترش فعالیت‌های تولیدی بخش کشاورزی به منظور تأمین مواد غذایی مورد نیاز، کاربرد نهاده انرژی از اهمیت زیادی برخوردار شده است. از طرف دیگر، با توجه به آنکه مصرف انرژی که در جهت افزایش تولید به کار رفته، می‌تواند زمینه‌سازی برای به خطر انداختن حیات جانداران، از جمله انسان گردد، بیش از پیش بر اهمیت موضوع افزوده خواهد شد. انتشار گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق ناشی از مصرف سوخت می‌تواند عامل مؤثری در تخریب محیط زیست، از باران‌های اسیدی، گرم شدن زمین و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی تا بیابان‌زایی و تخلیه منابع انرژی باشد، ضمن آنکه ایسکمی، نقایص مادرزادی و بسیاری از بیماری‌ها از عوارض دیگر انتشار محسوب می‌گردند. از این رو اخیراً محققین، در مباحث تولید به طور همزمان به ستاده مطلوب (تولید محصول) و ستاده نامطلوب (آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای) توجه دارند. یکی از مباحثی که متأثر از این رویکرد نوین است، مبحث کارایی است که در گذشته تنها از دید افزایش سطح تولید در یک مجموعه‌ی مشخص از نهاده‌ها تعریف می‌شد. کارایی زیست‌محیطی، تلاشی جهت واقعی کردن عملکرد بنگاه‌های تولیدی از طریق توجه به اثرات زیانبار ستاده‌های نامطلوب است. از این رو مطالعه حاضر با هدف توجه به عملکرد واقعی استان‌ها در تولید محصولات کشاورزی، به بررسی کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۳ پرداخته است. لذا داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در دو بخش نهاده‌ها و ستانده‌های منتخب بخش کشاورزی به تفکیک ۳۱ استان، از مراجع رسمی کشور گردآوری شدند. در این مطالعه استان‌های ایران بر اساس میزان کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی (کل) به چهار گروه تقسیم شدند. در تمامی سال‌های مورد بررسی، استان‌های البرز، خراسان رضوی، بوشهر، سیستان و بلوچستان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، قم و هرمزگان در ناحیه ۱، با کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی زیاد قرار داشتند. در ناحیه ۲، هیچ استانی از کارایی عملیاتی کم و کارایی زیست‌محیطی زیاد برخوردار نبود که نتیجه‌ای در جهت تأیید نتیجه مطالعه (Mohammadpour et al., 2021) مبنی بر وجود یک رابطه علی یک طرفه از کارایی عملیاتی به کارایی زیست‌محیطی بوده است. در

سال‌های مختلف، تعدادی از استان‌ها، با کارایی عملیاتی و کارایی زیست‌محیطی کم، در ناحیه ۴ قرار گرفتند، که از جمله آنها می‌توان به استان‌های شاخصی چون آذربایجان غربی، اصفهان، فارس، کرمان و گلستان اشاره نمود.

در کل دوره، میانگین کارایی عملیاتی (با داشتن روندی افزایشی) و کارایی زیست‌محیطی (کل) به ترتیب برابر ۷۳٫۸ و ۶۸٫۸ درصد بوده است. مطابق با نتیجه مطالعه داربیدی و همکاران (۱۴۰۱)، بررسی روند کارایی زیست‌محیطی برخی از استان‌ها، نشان از روندی کاهشی و یا افزایشی در طول دوره مورد بررسی داشته است. همچنین، در کل دوره، کارایی زیست‌محیطی هیچ استانی کمتر از ۵۰ درصد نبوده و همواره نزدیک به ۷۵ درصد استان‌های کشور، از کارایی کم برخوردار بوده‌اند. طی سال‌های مورد بررسی، کمترین میزان کارایی زیست‌محیطی از نظر انتشار آلاینده‌های مختلف عمدتاً مربوط به CO_2 بوده است. کاربرد بیشتر نفت گاز و گاز طبیعی، نسبت به سایر فرآورده‌ها در بخش کشاورزی می‌تواند دلیلی برای این موضوع باشد. این نتیجه مطابق با نتایج مطالعات (Molaei & Sani, 2015)، (Mohammadpour et al., 2021) می‌باشد. از نظر انتشار آلاینده‌های NOx، SO_2، SO_3، CO، SPM و N_2O، بیشترین کارایی مربوط به سال ۱۳۹۸ و از نظر انتشار CO_2 و CH_4، بیشترین کارایی مربوط به سال ۱۳۹۵ بوده است. میانگین کارایی عملیاتی و میانگین کارایی زیست‌محیطی (کل) در دو جهت مخالف هم بوده؛ لذا رسیدن به تولید بیشتر، همواره با پذیرش انتشار بیشتری از آلاینده‌ها همراه بوده است.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می توان پیشنهادهای زیر را ارائه نمود:

با توجه به آنکه استان‌های گروه ۱، با توسل به فناوری موجود، به حداکثر تولید در یک مجموعه مشخص از مصرف نهاده‌ها دست یافته‌اند، پیشنهاد می‌شود تا از طریق شناسایی ظرفیت‌های بالقوه تولیدی (با توجه به زمینه‌های مستعد جهت انجام فعالیت‌های کشاورزی) و کاربرد فناوری‌های نوین مانند فناوری‌هایی که با مصرف کمتر انرژی یا مصرف کمتر آب کار می‌کنند، بهره‌وری تولید را افزایش دهند. مثلاً با توجه به ظرفیت‌های بالقوه‌ی استان‌هایی مانند چهارمحال و بختیاری در آبزی پروری، خراسان رضوی در زیربخش‌های دام و طیور، زراعت و باغداری، خوزستان در زمینه زراعت و آبزیان و ... و استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تر، همزمان با بهبود زیرساخت‌ها، مرز کارایی را در این استان‌ها ارتقا داد.

برای استان‌های ناحیه سوم با کارایی عملیاتی زیاد و کارایی زیست‌محیطی کم، پیشنهاد می‌شود تا جهت واقعی نمودن عملکرد تولیدی استان‌ها، به بحث آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و اثرات نامطلوب آنها توجه بیشتری شود. شناسایی عوامل موثر در افزایش مصرف

انرژی و در نتیجه افزایش در میزان آلاینده‌ها مانند عمر بالای ماشین‌آلات کشاورزی و تجهیزات پمپاژ، استفاده از ماشین‌آلات و خودروهای فرسوده و عدم جایگزینی آنها، عدم رعایت زمان‌بندی مناسب در سرویس ماشین‌آلات و ... و ارائه راهکارهای مناسب جهت کاهش مصرف انرژی مانند تدوین الگوی استاندارد مصرف، تدوین برنامه بهره‌برداری بهینه و نگهداری از سیستم‌های پمپاژ آب از جمله اقدامات مؤثر در این زمینه می‌باشد. استفاده از فناوری‌های جدید که عموما با برق کار می‌کنند و موجب صرفه‌جویی در سوخت‌های مایع (نفت‌سفید و عمدتا نفت‌گاز) می‌شوند، مانند الکتروپمپ‌ها نیز می‌تواند ضمن افزایش بهره‌وری تولید، در کاهش انتشار آلاینده‌ها هم مؤثر باشند. گرچه توصیه‌های سیاستی مذکور برای کلیه‌ی استان‌های واقع در ناحیه سوم مؤثر خواهد بود، اما ممکن است در استان‌های مختلف، تأکید بر یک یا چند عامل بیشتر باشد. برای مثال، در حالی که در استان تهران استفاده از فناوری‌هایی با مصرف کمتر انرژی و رعایت الگوی مصرف انرژی مورد تأکید است، برای استان‌هایی مانند آذربایجان شرقی، گیلان و مازندران، توجه به عمر مفید ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده، نوسازی خط تولید در بخش کشاورزی و ... مؤثرتر خواهد بود.

در استان‌های ناحیه چهارم، که از کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی کم برخوردارند، می‌توان بدون تغییر در مقدار استفاده از نهاده‌ها و تنها با بکارگیری تدابیر درست و مدیریت بهتر منابع، یا بکارگیری روش‌هایی که منجر به کاهش هزینه متوسط می‌شود، سطح تولید را افزایش داد. سیاست‌هایی مانند آموزش تولیدکنندگان در جهت استفاده درست از نهاده‌های تولید در زمان مقتضی می‌تواند منجر به بهبود مدیریت تولید و افزایش کارایی در این واحدها گردد. ایجاد تناسب بین مقیاس واحدهای تولیدی با سطح فناوری یا نهاده‌های مورد استفاده در فرایند تولید نیز می‌تواند به بهبود کارایی عملیاتی کمک نماید. چون استان‌های مزبور از کارایی زیست‌محیطی کمی نیز برخوردارند، توصیه‌های مطرح در گروه سوم نیز در اینجا موضوعیت می‌یابد. به طور کلی، پیشنهاد و اجرای طرح‌هایی که در کشور بر مصرف بهینه سوخت و استفاده از منابع انرژی پاک تأکید دارد می‌تواند به کاهش انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. وجود ریسک ناشی از شرایط اقلیمی و آب و هوایی و ریسک مربوط به متغیرهای اقتصادی در استان‌های شاخصی مانند فارس، آذربایجان غربی، اصفهان، کرمان و گلستان که همواره در ناحیه چهارم قرار داشته‌اند، بر اهمیت برنامه‌ریزی تولید در این استان‌ها تأکید دارد. در این رابطه، یکی از علمی‌ترین روش‌های بهینه‌سازی استفاده از نهاده‌های بخش کشاورزی و در نتیجه بهبود کارایی، تعیین الگوی بهینه کشت می‌باشد.

۶- تعارض منافع

Acknowledgments: All the individuals and institutions that assisted the author in conducting this research are appreciated.

Interest: The authors of the article states that there is no conflict of interest in publishing the presented article.

Funding: The authors have not received any financial support for the research, authorship and publication of this article.

۷- منابع

Agricultural Jihad Statistics. (2014-2019). In. Ministry of Agricultural Jihad. Development of human and social capital, the pillar of knowledge-based sustainable agricultural development. [in persian]

Agricultural Jihad Statistics. (2022). Retrieved from Ministry of Agricultural Jihad. Development of human and social capital, the pillar of knowledge-based sustainable agricultural development: [in persian]

Ahmadzadeh, S. S., Amirnejad, H., & Hosseini Yekani, S. A. (2020). Environmental Efficiency Analysis of Rice Farms in Guilan Province with Emphasis on Material Balance Condition. *Journal of Agricultural Economics and Development, 34*(1), 15-27. doi:10.22067/jead2.vi0.82723[in persian]

Apergis, N., & Polemis, M. L. (2016). Competition and efficiency in the MENA banking region: a non-structural DEA approach. *Applied Economics, 48*(54), 5276-5291.

Bampatsou, C., & Halkos, G. (2019). Economic growth, efficiency and environmental elasticity for the G7 countries. *Energy Policy, 130*, 355-360.

Baradari, J. (2024). Agriculture of Tehran province is considered a suitable capacity for investment. [in persian]

Borojini, P. A., Afshin, H., Fayazi, M. T., Samani, J. M. W., Azhdari, A. A., Parhamat, J., & Najafi, H. (2021). *About energy subsidy in Iran 5. Image of consumption of energy and water carriers in the agricultural sector*. [in persian]

Cecchini, L., Venanzi, S., Pierri, A., & Chiorri, M. (2018). Environmental efficiency analysis and estimation of CO2 abatement costs in dairy cattle farms in Umbria (Italy): A SBM-DEA model with undesirable output. *Journal of Cleaner Production, 197*, 895-907.

Chung, Y. H., Färe, R., & Grosskopf, S. (1997). Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *Journal of Environmental Management, 51*(3), 229-240.

Darbidi, M., Delangizan, S., Fatahi, S., & Karimi, M. S. (2022). *3th International Conference and 6th National Conference on Natural Resources and Environment papers*. Paper presented at the 3th International Conference

and 6th National Conference on Natural Resources and Environment papers. https://civilica.com/doc/1549110[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 Economics researches*, *4*(12), 11-24. doi:10.30473/indeco.2021.7415[in persian]

Kiani, E. (2014). *Investigating the status of food security in Iran and the world*. Paper presented at the Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. [in persian]

Energy balance sheet. (2014-2019). In. Ministry of Power. Electricity and Energy Macro Planning Office.Thran: Vice President of Electricity and Energy Affairs, Electricity and Energy Master Planning Office. [in persian]

Energy balance sheet. (2018). In. Ministry of Power. Electricity and Energy Macro Planning Office.Thran: Vice President of Electricity and Energy Affairs, Electricity and Energy Master Planning Office. [in persian]

Energy balance sheet (2020). In. Ministry of Power. Electricity and Energy Macro Planning Office.Thran: Vice President of Electricity and Energy Affairs, Electricity and Energy Master Planning Office.[in persian]

Färe, R., & Grosskopf, S. (2003). Nonparametric productivity analysis with undesirable outputs: comment. *American journal of agricultural economics*, ۸۵(۴), ۱۰۷۴-۱۰۷۰.

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. K., & Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The review of economics and statistics*, 90-98.

Ghomsheh, A., Mojaverian, M., & Hosseini-Yekani, A. (2022). Calculating the Efficiency and Effectiveness of Livestock and Poultry Production with the Aim of Achieving Food Security in Provinces of Iran. Agricultural Economics and Development, 30(3), 1-32. doi: 10.30490/aead.2023.331361.1156. [in persian]

Halkos, G. E., & Polemis, M. L. (2018). The impact of economic growth on environmental efficiency of the electricity sector: A hybrid window DEA methodology for the USA. *Journal of Environmental Management, 211*, 334-346.

Kaveh, K., Emami Meibodi, A., askari, f., & Hojabr-Kiani, K. (2022). Comparison of technical and environmental efficiency of selected power plants and determination of ramsey price. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, -. doi:10.22055/jqe.2022.39360.2445[in persian]

Kuosmanen, T. (2005). Weak disposability in nonparametric production analysis with undesirable outputs. *American journal of agricultural economics*, *87*(4), 1077-1082.

Kuosmanen, T., & Podinovski, V. (2009). Weak disposability in nonparametric production analysis: reply to Färe and Grosskopf. *American journal of agricultural economics*, *91*(2), 539-545.

Mamghaderi, M., Mamkhezri, J., & Khezri, M. (2023). Assessing the environmental efficiency of OECD countries through the lens of ecological footprint indices. *Journal of Environmental Management*, *338*, 117796. [in persian]

Meybodi, A. I. (2000). *Principles of efficiency and productivity measurement (applied science)*. Tehran: Business Research Institute. [in persian]

Moazzami Godarzi, M., Jabransari, M., Moalem, A., & Shakiba, M. (2014). The application of data envelopment analysis (DEA) in evaluating the relative efficiency and ranking of Refah Bank branches in Lorestan province and comparing its results with the TOPSIS method. *Economic research (sustainable growth and development)*, *14*(1), 115-126. [in persian]

Mohammadpour, Z., Dashti, Q., & Kahramanzadeh, M. (2021). *Analysis of the relationship between technical efficiency and environmental efficiency in Iran's agricultural sector*. Paper presented at the 12th National Conference on Agricultural Economics. https://civilica.com/doc/1798497[in persian]

Molaei, M., Hesari, N., & Javanbakht, O. (2017). The Estimation of Input-Oriented Environmental Efficiency of Agricultural Products (Case Study: Environmental Efficiency of Rice Production). *Agricultural Economics*, *11*(2), 157-172. doi:10.22034/iaes.2017.26798[in persian]

Molaei, M., & Sani, F. (2015). Estimating Environmental Efficiency of the Agricultural Sector. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND SUSTAINABLE PRODUCTION*, *25*(2), 91-101. Retrieved from https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_3842_c2c62ea5553e6ec9aa1b3250371982b1.pdf [in persian]

Parsa, P., Esfandabadi, S. A. M .J., & Sadeghi, Z. a.-A. (2018). Analysis of Environmental Technical Efficiency in the Provinces of Iran. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, *2*(2), 81-103. doi:10.22054/eenr.2016.8408[in persian]

Rezaei, A., Amadeh, H., & Mohammadi, T. (2012). Policy Analysis of Natural Gas Export to India-Pakistan Countries, A Game Theoretic Approach. *Iranian Energy Economics*, *1*(2), 93-126. Retrieved from https://jiee.atu.ac.ir/article_3330_2745eaebcd259dee685204ca294a8a6c.pdf[in persian]

Rezek, J. P., & Perrin, R. K. (200 .(۴Environmentally adjusted agricultural productivity in the Great Plains. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 346-369.

Sabouhi, M. (2017). The impacts of climate change on wheat production: A Stochastic production function approach. *Journal of Natural Environmental Hazards*, *6*(11), 69-84. doi:10.22111/jneh.2017.3074[in persian]

Shortall, O., & Barnes, A. (2013). Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers. *Ecological Indicators, 29*, 478-488.

Song, M., Peng, J., Wang, J., & Zhao, J. (2018). Environmental efficiency and economic growth of China: A Ray slack-based model analysis. *European Journal of Operational Research, 269*(1), 51-63.

Stergiou, E. (2024). The effect of heterogeneity on environmental efficiency: Evidence from European industries across sectors. *Journal of Cleaner Production, 441*, 141036.

von Grebmer, K., Bernstein, J., Wiemers, M., Reiner, L., Bachmeier, M., Hanano, A., . . . Gitter, S. (2023). 2023-G LOBAL HUNGER INDEX-THE POWER OF YOUTH IN SHAPING FOOD SYSTEMS.

Wang, K., Zhang, J., & Wei, Y.-M. (2017). Operational and environmental performance in China's thermal power industry: Taking an effectiveness measure as complement to an efficiency measure. *Journal of Environmental Management, 192*, 254-270.

Webb, R .(۲۰۰۳) .Levels of efficiency in UK retail banks: a DEA window analysis. *Int. J. of the Economics of Business, 10*(3), 305-322.

Yousefi, S., & Mousavi Kashi, Z. (2022). A Model for Assessing Sustainability and Performance Improvement of Countries via Data Envelopment Analysis. *Program and Development Research, 2*(4), 7-44. [in persian]