Agricultural Economics and Development

Vol. 32, No. 128, Winter 2025

Research Paper

Evaluating the Efficiency of Irrigated Rapeseed Producing Provinces in Iran Using the W-DEA Technique

M. A. Gholamazad [1], M. Majidian [2], M. Gholamazad [3]

Received: 22 August, 2024 Accepted: 22 December, 2024

Introduction: Iran has significant agricultural potential and like other countries, its agricultural sector is crucial for supplying food for humans, livestock, and poultry. However, a large portion of the country's economic budget is allocated annually to import oilseeds, meal, and vegetable oil. Recently, irrigated rapeseed has gained attention from farmers and producers. Enhancing rapeseed oil production in suitable provinces could reduce foreign exchange outflows and support self-sufficiency.

Materials and Methods: This research aimed at evaluating the efficiency of Iran's 17 provinces that produce irrigated rapeseed production. The required data of the past decade were gathered from the Iranian Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ). Two models including Windowed Data Envelopment Analysis (W-DEA) with a window width of 3, to evaluate each province's efficiency during specific intervals, and the BCC model, to calculate average efficiency scores from 2020 to 2022 for comparative analysis among the provinces were utilized.

Results and Discussion: The research results indicated that Tehran, Kermanshah, Khuzestan, Fars, and Golestan provinces, each with an average efficiency score of one, had excellent potential for the irrigated rapeseed production in Iran, followed by Qom, Ardabil, Razavi Khorasan, and Lorestan.

---

1. MSc. Student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. MSc. Student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Corresponding Author and Post Doctoral Researcher, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran (m.gholamazad@uok.ac.ir).

DOI: 10.30490/aead.2024.366902.1624

Conclusion and Suggestions: The research findings can enhance productivity and promote best practices in rapeseed farming by offering insights into resource allocation, policy effects, technology adoption, and sustainability. Identifying the provinces with production potential would benefit the concerned farmers and support broader agricultural development goals within the country.

Keywords: *Efficiency Evaluation, Windowed-Data Envelopment Analysis (W-DEA), BCC Model, Irrigated Rapeseed.*

JEL Classification: Q12, Q16, Q28

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۲، شماره ۱۲۸، زمستان ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی کارآیی استان‌های تولیدکننده کلزای آبی در ایران با استفاده از روش W-DEA

محمدامین غلام آزاد[۱]، مرتضی مجیدیان[۲]، مائده غلام آزاد[۳]

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۲

چکیده

با توجه به توان مناسب ایران در حوزه کشاورزی و اهمیت صنعت کشاورزی به‌عنوان یکی از صنایع غیرنفتی کشور در تأمین خوراک انسان و دام و طیور، سالانه بخش اعظم بودجه اقتصادی کشور صرف واردات دانه‌ها و کنجاله‌های روغنی و روغن نباتی می‌شود. یکی از این دانه‌ها که در سال‌های اخیر، توجه بسیاری از کشاورزان و تولیدکنندگان را به خود جلب کرده، کلزای آبی است. افزایش توان تولید دلنهٔ روغنی کلزا در استان‌هایی که قابلیت کشت آن را دارند، تا حد ممکن، می‌تواند از خروج ارز از کشور پیشگیری کند و زمینه‌ای مناسب را برای رسیدن به خودکفایی فراهم آورد. بدین منظور، مهم‌ترین هدف پژوهش حاضر ارزیابی کارآیی هفده استان تولیدکننده کلزای آبی در ایران بود. اطلاعات پژوهش به یک دهه گذشته اختصاص داشت و از وزارت جهاد کشاورزی ایران جمع‌آوری شد. در این راستا، از دو الگوی «تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای» (W-DEA) و «بنکر، چارنز و کوپر» موسوم به BCC استفاده شد. عرض پنجره‌ها در الگوی W-DEA برابر با «سه» در نظر گرفته شده، کارآیی هر استان در این بازه‌ها نسبت به خودش ارزیابی شد؛ سپس، با استفاده از

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- نویسنده مسئول و پژوهشگر پسادکتری، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
(m.gholamazad@uok.ac.ir)

DOI: 10.30490/aead.2024.366902.1624

الگوی BCC، محاسبهٔ میانگین نمرات کارآیی در بازه زمانی ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ و مقایسهٔ کارآیی استان‌ها با یکدیگر صورت گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که استان‌های تهران، کرمانشاه، خوزستان، فارس و گلستان، با میانگین نمره کارآیی برابر با یک، از توان بسیار مناسب برای تولید کلزا در ایران برخوردارند و پس از آنها، استان‌های قم، اردبیل، خراسان رضوی و لرستان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. یافته‌های پژوهش، با ارائه سطوح بینش از میزان مناسب در ارتباط با توزیع صحیح منابع، تأثیر سیاست، پذیرش فناوری و پایداری، می‌تواند به افزایش بهره‌وری و ترویج بهترین شیوه‌ها در کشاورزی کلزا کمک کند. شناسایی استان‌های دارای قابلیت و توان افزایش تولید این محصول راهبردی، نه‌تنها به نفع کشاورزان است، بلکه به اهداف توسعه کشاورزی گسترده‌تر در داخل کشور نیز یاری می‌رساند.

کلیدواژه‌ها: *ارزیابی کارآیی، تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای (W-DEA)، الگوی BCC، کلزای آبی.*

طبقه‌بندی JEL : Q12, Q16, Q28

مقدمه

بر اساس پیش‌بینی‌ها، مصرف روغن‌های گیاهی در جهان تا سال ۲۰۳۰ به حدود دویست میلیون تن خواهد رسید (Komivi et al., 2017). در میان دانه‌های روغنی مختلف، کلزا[1] یکی از مهم‌ترین محصولات روغنی در سراسر جهان بوده و پس از آفتابگردان و سویا، سومین منبع روغن خوراکی جهان است (Qi et al., 2024). دانه‌های روغنی مانند کلزا که حاوی بیش از چهل درصد روغن و شصت درصد اولئین هستند، می‌توانند نقش مهمی در تأمین روغن‌های سالم ایفا کنند (Shirani-Rad & Ahmadi, 1996). کنجاله کلزا با چهل درصد پروتئین از نظر کیفی مشابه کنجاله سویا بوده و منبع مهمی برای تغذیه دام و طیور است (Norouzian et al., 2021). افزون بر این، محتوای روغن بالا و فواید تغذیه‌ای ارزشمند این دانهٔ روغنی آن را به یکی از اجزای حیاتی اقتصاد کشاورزی و امنیت غذایی کشور تبدیل کرده است، زیرا افزایش توان تولید دانه روغنی کلزا منجر به کاهش وابستگی به روغن‌های خوراکی وارداتی شده، تنوع تولیدات کشاورزی را افزایش می‌هد (Shabani et al., 2011). تولید کلزا در ایران، با وجود توان کشور در تولید این محصول، با چالش‌های متعدد روبه‌روست که از آن میان، می‌توان به مسائل مربوط به کمبود آب، تخریب زمین، مدیریت آفات و بیماری‌ها، نوسان‌های بازار، عدم دسترسی کشاورزان به بذرهای با کیفیت بالا و شیوه‌های کشاورزی نوین اشاره کرد. علاوه بر چالش‌های یادشده، یکی از موانع اصلی در مسیر خودکفایی روغن‌های خوراکی را می‌توان عدم کارآیی و بهره‌وری مناسب در تولید دانه‌های روغنی دانست. از این‌رو، در صورت عدم افزایش کارآیی تولید، کشور همچنان مجبور به واردات گسترده روغن‌های گیاهی خواهد بود، که باعث

1. rapeseed

خروج ارز از کشور می‌شود. بنابراین، برای کاهش این وابستگی و دستیابی به توسعه پایدار در بخش کشاورزی، تحلیل و ارزیابی کارآیی تولیدکنندگان کلزا با استفاده از روش‌های علمی مناسب ضروری است (Asadpour, 2016). در حال حاضر، تولید سالانه روغن خوراکی در ایران حدود ۱۵۰ هزار تن است، در حالی که تقاضای داخلی به ۱/۶ میلیون تن می‌رسد؛ و این موضوع وابستگی شدید کشور به واردات را نشان می‌دهد (Eskandari & Alizadeh-Amraei, 2017).

بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی (MAJ, 2022a)، میزان تولید کلزا در کشور حدود ۲۹۱ هزار تن و کارآیی آن برابر با ۱/۸۹ تن در هکتار است؛ همچنین، استان خوزستان، با برخورداری از حدود ۵۳ هزار هکتار سطح برداشت و تولید حدود ۱۰۷ هزار تن، بیشترین میزان تولید کلزای آبی در کشور را داراست.

نگاهی اجمالی به محصولات کلزا از جمله روغن، کنجاله و پروتئین گیاهی نشان‌دهنده ظرفیت ذاتی این محصول صنعتی برای ایجاد فرصت‌های شغلی در بخش‌های کشاورزی و صنعتی بوده و از این‌رو، در سال‌های اخیر، کشت آن در کانون توجه دولت قرار گرفته است. بنابراین، ارزیابی کارآیی این محصول عامل بسیار مهمی در افزایش تولید و عملکرد آن بدون تأثیر هزینه اضافی است. در این راستا، با بررسی و ارزیابی کارآیی استان‌های مختلف تولیدکننده کلزا، ظرفیت هر استان و نیز امکان توسعه کشت و برداشت دانهٔ روغنی کلزا مشخص می‌شود. از سوی دیگر، با تعیین میزان کارآیی و بهره‌وری استان‌های مختلف، مسیر بهبود برای استان‌هایی هم که امکان توسعه تولید دانه کلزا را داشته، ولی عملکرد مناسب نداشته‌اند، مشخص می‌شود و بر اساس نتایج حاصل ازبرآورد امتیازها یا نمرات کارآیی[1]، می‌توان در راستای افزایش توان تولید در این استان‌ها سرمایه‌گذاری کرد. این نکته اهمیت ارزیابی کارآیی در مطالعات اقتصادی را بیش‌ازپیش نشان می‌دهد، چراکه برای اطمینان از بهترین و پرسودترین حالت تولیدات یک واحد اقتصادی، کارآیی تولید آن برآورد می‌شود؛ از این‌رو، بر اساس سیاست‌های کشاورزی، تجزیه‌وتحلیل کارآیی تولید، استفاده بهینه از منابع و افزایش تولید بسیار حائز اهمیت است (Pakravan et al., 2008). به‌طور کلی، با توجه به امکانات و مشکلات موجود در بخش کشاورزی ایران، برای افزایش تولید و بهبود رفاه حال کشاورزان در راستای به‌کارگیری درست نهاده‌های تولید، بهترین روش عبارت است از بهبود کارآیی فنی تولید یعنی، دستیابی به بیشترین مقدار تولید از نهاده‌های موجود. تمرکز بر افزایش بهره‌وری نه‌تنها در پی پاسخ‌گویی به تقاضای داخلی برای روغن‌های خوراکی بلکه به‌دنبال ارتقای جایگاه رقابتی ایران در

1. efficiency scores

بازار جهانی دانه‌های روغنی است. با توجه به اهمیت تولید دانه‌های روغنی در ایران از جمله دانه کلزا، نظر سیاست‌گذاران بخش کشاورزی بر توسعه تولید این محصول اساسی و دستیابی به خودکفایی در این محصول راهبردی است، زیرا از این رهگذر، افزون بر ایجاد صرفه اقتصادی مناسب، وابستگی ایران به واردات روغن‌های گیاهی کاهش می‌یابد و در نتیجه، از خروج ارز از کشور پیشگیری می‌شود؛ از این‌رو، یکی از مسیرهای توسعه «ارزیابی کارآیی استان‌های تولیدکننده این محصول و بررسی دلایل عدم کارآیی آن بین استان‌ها با روش‌های موجود» است. با توجه به اهمیت موضوع، هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی کارآیی استان‌های تولیدکننده کلزای آبی در ایران با توجه به عامل زمان در سال‌های ۱۴۰۱- ۱۳۹۳ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای[1] بوده است. در این روش، هر استان تولیدکننده کلزای آبی در هر دوره زمانی به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیری[2] مستقل در نظر گرفته شده و عملکرد آن واحد تصمیم‌گیری (DMU) در یک دوره زمانی خاص با عملکرد خود آن DMU در سایر دوره‌های زمانی و نیز با عملکرد سایر تولیدکنندگان در دوره‌های زمانی معین مقایسه می‌شود. هفده استان تولیدکننده کلزای آبی که برای پژوهش حاضر انتخاب شده، عبارت‌اند از: آذربایجان شرقی، اردبیل، البرز، ایلام، تهران، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، قم، کرمانشاه، گلستان، لرستان، مازندران، و مرکزی. این استان‌ها، به‌دلیل شرایط آب‌وهوایی و خاک مناسب برای کشت کلزا، به‌عنوان تولیدکنندگان اصلی این محصول در ایران شناخته می‌شوند. لازم به ذکر است که کشت و تولید کلزا در استان‌های دیگر هم صورت می‌گیرد، اما حجم تولید در استان‌های یادشده بیشتر بوده و ممکن است با توجه به تغییرات در الگوی کشت و سیاست‌های کشاورزی، این فهرست در طول زمان تغییر کند.

در حوزه ارزیابی میزان تولید کلزا و یا ارزیابی کارآیی تولیدکنندگان این محصول، پژوهش‌های داخلی و خارجی متفاوت صورت پذیرفته است که در ادامه، شرح مختصری از برخی پژوهش‌های مرتبط ارائه می‌شود.

پاکروان و همکاران (Pakravan et al., 2008)، با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، به بررسی تعیین کارآیی تولیدکنندگان کلزا در شهرستان ساری در سال ۱۳۸۸ پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین کارآیی‌های فنی، تخصیصی، اقتصادی و مقیاسی بهره‌برداران کلزا در منطقه، به‌ترتیب، ۸۰/۷، ۵۸، ۴۶/۵ و ۷۷/۱۳ برآورد شده است. اسدپور (Asadpour, 2015) به

1. Window-Data Envelopment Analysis (W-DEA)
2. Decision Making Unit (DMU)

بررسی تعیین کارآیی فنی، تخصیصی و اقتصادی تولیدکنندگان کلزا و عوامل مؤثر بر عدم کارآیی آنها در استان مازندران با استفاده از روش مرزی تصادفی در سال ۱۳۹۳ پرداخت. بر اساس نتایج این مطالعه، میانگین کارآیی فنی، تخصیصی و اقتصادی تولیدکنندگان کلزا در استان مازندران، به‌ترتیب، ۷۵، ۵۶ و ۴۲ درصد بوده است. درگاهی و همکاران (Dargahi et al., 2016)، با استفاده شاخص‌های اقتصادی طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۰، به بررسی ارزیابی بیلان انرژی و تحلیل اقتصادی کلزا در استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف کل انرژی در مزارع آبی بیشتر از دیم بوده و در هر دو نوع کشت، بیشترین مصرف انرژی مربوط به سوخت گازوئیل و کود نیتروژن است؛ تنها ده درصد انرژی مصرفی از منابع تجدیدپذیر و نود درصد آن از منابع تجدیدناپذیر تأمین می‌شود، که نشان‌دهنده اتکای بیشتر بر منابع تجدیدناپذیر است. همچنین، بر اساس نتایج این مطالعه، کارآیی انرژی و بهره‌وری انرژی در مزارع آبی و دیم تفاوت داشت، اما تولید کلزا در استان گلستان از نظر زیست‌محیطی ناپایدار ارزیابی شد، زیرا اتکا به منابع تجدیدناپذیر آلودگی و ناپایداری را به‌همراه دارد؛ هرچند، از نظر اقتصادی، سودآور است. دشتی و همکاران (Dashti et al., 2016) به بررسی کاربرد روش‌های ناپارامتریک اصلاح‌شده در ارزیابی کارآیی فنی تولید چغندرقند ایران با استفاده از روش‌های W-DEA، W-FDH، مرتبه-پنجره‌ای و مرتبه m پنجره‌ای طی دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۷۹ پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که بر اساس الگوهای مرتبه-پنجره‌ای و مرتبه m پنجره‌ای، استان کرمان به‌عنوان استان کارآ و همچنین، مطابق الگوهای تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای (W-DEA) و تحلیل رویه آزاد پنجره‌ای[1]، استان‌های آذربایجان‌غربی، خراسان و لرستان جزو کارآترین استان‌ها در تولید چغندرقند کشور شناخته شدند. سردار شهرکی و همکاران (Sardar Shahraki et al., 2019)، با بهره‌گیری از روش W-DEA و شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست[2]، به بررسی روند کارآیی و بهره‌وری باغات انگور منطقه سیستان طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۰ پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، شهرستان‌های زابل، هیرمند و زهک ناکارآ ارزیابی شدند؛ همچنین، مهم‌ترین عامل تغییرات بهره‌وری تغییرات فناورانه بوده است. مدحج (Modhej, 2019) به ارزیابی کارآیی تولید خرما در استان خوزستان به روش W-DEA طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۹ پرداخت. بر اساس نتایج این مطالعه، هیچ‌کدام از تولیدکنندگان بین سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۹ و ۱۳۹۶-۱۳۹۳ به‌طور کامل کارآیی فنی نداشتند. شهنوازی (Shahnavazi, 2021)، با استفاده از چهار الگوی DEA با رویکرد نهاده‌گرا و بازده متغیر

1. Window-Free Disposal Hull (W-FDH)
2. Malmquist productivity index

نسبت به مقیاس به‌همراه بهره‌گیری از نرخ بازده سرمایه‌گذاری و ضریب همبستگی پیرسون، به بررسی کارآیی تولید کلزا در ایران پرداخت و نتایج نشان داد که میانگین کارآیی‌های فنی، تخصیصی و هزینه‌ای برای شاخص عملکرد، به‌ترتیب، ۰/۹۰، ۰/۷۵ و ۰/۶۹ و برای شاخص درآمد، به‌ترتیب، ۰/۹۱، ۰/۷۶ و ۰/۷۰ است. نوروزیان و همکاران (Norouzian et al., 2021) به بررسی عوامل مؤثر بر کارآیی زیست‌محیطی کلزاکاران در استان‌های ایران با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی مکانی طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۹۰ پرداختند. طبق یافته‌های این مطالعه، میانگین کارآیی زیست‌محیطی کلزاکاران در این دوره برابر با ۰/۷۳ درصد بوده و عواملی مانند مصرف آب، درجه بازشدت و پیشرفت فناوری در بخش کشاورزی بر کارآیی استان‌ها تأثیرگذار است. دشتی و همکاران (Dashti et al., 2023)، با استفاده از رهیافت‌های مرزی تصادفی و شاخص انرژی، به بررسی کارآیی انرژی در تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز پرداختند و نتایج نشان داد که میانگین کارآیی انرژی مزارع مورد مطالعه ۷۱/۱۷ درصد است و عوامل سن، بیمه محصول و میزان تحصیلات تأثیر مثبت و تعداد قطعات تأثیر منفی بر کارآیی دارند. برابر یافته‌های این تحقیق، شاخص‌های انرژی شامل کارآیی انرژی و بهره‌وری انرژی، به‌ترتیب، ۲/۳۲ و ۰/۰۹ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمده است. بابایی و همکاران (Babaei et al., 2011) به بررسی کارآیی محصولات زراعی شهرستان جهرم با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای پرداختند و بدین نتیجه رسیدند که متوسط کارآیی بازه‌ای محصولات زراعی در بازه صفر تا ۲۳/۸۵۸ قرار داشته و متوسط کارآیی فنی آنها برابر با ۰/۹۶ است. شهنوازی (Shahnavazi, 2020) به ارزیابی کارآیی تولید سیب‌زمینی در ایران با استفاده از رهیافت DEA در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ پرداخت. طبق نتایج این مطالعه، در روش نهاده‌گرا با بازده ثابت نسبت به مقیاس، میانگین کارآیی فنی تولید سیب‌زمینی برابر با ۰/۹۱ و در روش نهاده‌گرا با بازده متغیر نسبت به مقیاس، میانگین این شاخص برابر با ۰/۹۷ است. دشتی و همکاران (Dashti et al., 2020) به بررسی ارتباط کارآیی اقتصادی با کارآیی زیست‌محیطی در بخش کشاورزی ایران با روش‌های DEA و آزمون علیت تودا-یاماموتو بین سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۷۴ پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که، مقادیر متوسط کارآیی اقتصادی در دو حالت بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، به‌ترتیب، برابر با ۷۱ و ۹۲ درصد است و رابطهٔ علی یک‌طرفه از کارآیی زیست‌محیطی به سمت کارآیی اقتصادی وجود دارد، به‌گونه‌ای که به ازای بهبود یک درصد در کارآیی زیست‌محیطی، مقدار کارآیی اقتصادی ۰/۶۳ درصد افزایش می‌یابد.

از مطالعات نشریات خارجی مرتبط با موضوع پژوهش حاضر، پاره‌ای از پژوهش‌ها در پی یادآوری می‌شود. ولونتزوس و پاردالوس (Vlontzos & Pardalos, 2017) به ارزیابی و پیش‌بینی

انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولیدات کشاورزی کشورهای اتحادیه اروپا با روش W-DEA و شبکه‌های عصبی پرداختند. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، کشورهای کمترتوسعه‌یافته نرخ بهره‌وری زیست‌محیطی کمتری دارند، و کشورهایی که تولیدات آنها بیشتر وابسته به محصولات زراعی است، به نرخ بازدهی پایین‌تر دست پیدا می‌کنند. آدله‌که و همکاران (Adeleke et al., 2017) با استفاده از روش W-DEA، به بررسی رشد بهره‌وری تولید، پیشرفت فنی و تغییرات کارآیی کشاورزی کشورهای غرب آفریقا طی سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۷۱ پرداختند و نتایج نشان داد که بهره‌وری کل عوامل تولید در این منطقه بین سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۷۱ حدود ۲/۱ درصد افزایش یافته است و کشورهای مالی، نیجریه، سنگال و سیرالئون به‌دلیل تغییرات قابل توجه در فناوری‌های مرزی، رشد چشمگیر در بهره‌وری کل عوامل تولید داشته‌اند. بورناریس و همکاران (Bournaris et al., 2019) به بررسی کارآیی تولیدات سبزی‌های گلخانه‌ای در کشور یونان با استفاده از روش DEA پراختند و بر اساس یافته‌های این پژوهش، میانگین نمره کارآیی نهاده‌ها در کشت‌های مختلف ۰/۸۷ بود. سفیدپری و همکاران (Sefeedpari et al., 2020) نیز به بررسی کارآیی انرژی پویا (دینامیکی) تولیدکنندگان گاو شیری در ۲۵ استان مختلف ایران بین سال‌های۲۰۱۶-۱۹۹۴ با استفاده از روش W-DEA پرداختند. بر پایهٔ یافته‌های این مطالعه، استان‌هایی که شیر بیشتری تولید می‌کنند، کارآیی فنی کمتری دارند و همچنین، فضای قابل توجهی برای ارتقای کارآیی فنی دامپروری در ایران از طریق بهبود کارآیی استفاده از منابع وجود دارد که منجر به مصرف بهینه انرژی می‌شود. وو و همکاران (Wu et al., 2020) به بررسی کارآیی سبز اقتصادی[1] منطقه‌ای چین با استفاده از روش‌های Super-PEBM و W-DEA پرداختند و نتایج نشان داد که از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷، کارآیی سبز اقتصادی (GEE) منطقه‌ای چین به‌آرامی در حال افزایش است و با افزایش آن، اختلافات کارآیی منطقه‌ای کاهش خواهد یافت. ژان و همکاران (Zhan et al., 2020)، با بهره‌گیری از روش‌های DEA و شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست، به بررسی کارآیی امنیت غذایی یازده شهرستان حوضه رودخانه هیهه[2] در چین بین سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۹۰ پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش، تولیدات کشاورزی در بازه مورد مطالعه ناکارآ بوده و تغییرات فنی مهم‌ترین عامل تغییرات کارآیی در منطقه مورد مطالعه است. شهرکی و علی‌احمدی (Shahraki & Aliahmadi, 2021) به بررسی کارآیی مزارع جو شهرستان خاش بین سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۳ با روش W-DEA و شاخص بهره‌وری

1. Green Economic Efficiency (GEE)
2. Heihe River

مالم‌کوئیست پرداختند. یافته‌های این مطالعه نشان‌دهندهٔ کارآیی کشاورزان مورد مطالعه با میانگین کارآیی فنی ۰/۹۹ بوده و علاوه بر این، استفاده از فناوری‌های جدید کشاورزی برای افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی پیشنهاد شده است. سانگ (Song, 2022) به بررسی آثار تغییرات آب‌هوا بر کارآیی تولید محصولات کشاورزی در ایالات ساسکاچوان کانادا طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۷۶ با استفاده از روش W-DEA و الگوی مبتنی بر اسلک[1] پرداخت. نتایج این مطالعه گویای آن است که چنانچه تغییرات آب‌وهوایی در نظر گرفته شود، کارآیی تولید محصولات بیش از زمانی خواهد بود که تغییرات آب‌هوا مد نظر قرار نگیرد؛ همچنین، تأثیر مثبت تغییرات دما بر کارآیی محصولات بیش از تأثیر رطوبت و تأثیر رطوبت بیش از تأثیر دمای متوسط است.

با توجه به اهمیت تولید دانه‌های روغنی در ایران از جمله دانه کلزا، نظر کارشناسان جهاد کشاورزی بر توسعه حداکثری توان تولید این محصول اساسی در کشور و خودکفایی حداکثری آن است، زیرا تحقق این اهداف منجر به ایجاد صرفه اقتصادی مناسب شده، از خروج ارز از کشور پیشگیری می‌کند. یکی از مسیرهای توسعه ارزیابی کارآیی استان‌های تولیدکننده این محصول و بررسی دلایل عدم کارآیی آن بین استان‌ها با روش‌های موجود است. پژوهشحاضر به‌ویژه شکاف پژوهشی موجود را پر می‌کند، چراکه تاکنون مطالعات کافی و جامع برای تحلیل کارآیی تولید کلزا در بازه‌های زمانی مختلف و با در نظر گرفتن اثرات مختلف انجام نشده است. بنابراین، در پژوهش حاضر، به بررسی کارآیی استان‌های تولیدکننده کلزای آبی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۳ پرداخته شده است، چراکه در پژوهش‌های پیشین، بازه زمانی استاندارد اتخاذ نشده و به‌صورت مقطعی، کارآیی تولید کلزا بررسی شده و یا اصولاً به نهاده‌های اصلی تولید کلزا توجه نشده است. بنابراین، هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی کارآیی هفده استان تولیدکننده کلزای آبی در ایران با استفاده از روش W-DEA در یک بازه زمانی مشخص (سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۳) بوده و اهداف فرعی آن شامل شناسایی استان‌های کارآ و ناکارآ، بررسی تغییرات بهره‌وری و کارآیی در طول زمان، و ارائه پیشنهادهایی برای بهبود کارآیی در استان‌های دارای توان تولید این محصول است.

مواد و روش‌ها

ارزیابی عملکرد و محاسبه امتیاز کارآیی به دو صورت قابل انجام است. در حالت اول، از روش‌های پارامتریک استفاده می‌شود که مبتنی بر روش‌های آماری و اقتصادسنجی بوده و به بررسی

1. Slack Based Model (SBM)

مدلی پارامتریک برای یک پدیدهٔ احتمالی در علوم اقتصـادی می‌پردازد. از جمله کاربردهای روش‌های پارامتریک در علم اقتصـــاد، برآورد توابع تولید اســـت که پرکاربردترین آنها عبارت‌اند از تابع تولید ترانسلوگ یا هایپرولوژیک که انعطاف‌پذیری آن بسیار بالاست و بیان تغییرات ناشی از تقاضا، تغییرات نقشـه توزیع منابع و تولید را ممکن می‌سـازد (Mousavi & Khalilian, 2005) و تابع تولید کاب–داگلاس که بر اســـاس تحلیل‌های بهره‌وری، تغییرات نســـبت و نرخ بازده تولید، رابطه میان نهاده و ستاده را بیان می‌کند (Chivu et al., 2020)؛ در حالت دوم، از روش‌های ناپارامتریک استفاده می‌شود که مبتنی بر شیوه‌های بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی است. در این روش، منحنی مرزی کارآ از تعدادی نقاط ایجاد می‌شـــود که خود با برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌شـــوند. روش برنامه‌ریزی خطی، پس از اعمال بهینه‌سـازی، مقدار کارآیی را مشـخص می‌کند و برخلاف روش‌های پارامتریک، نیاز به هیچ‌گونه تابع تولید از پیش‌تعیین‌شـــده ندارد و در واقع، از توزیع آزاد پیروی می‌کند. این روش برای اولین‌بار توســـط فارل (Farrel, 1957) برای اندازه‌گیری کارآیی بنگاه‌های تولیدی با تنها یک نهاده و یک ستاده معرفی شد. به‌دلیل عدم امکان استفاده از مدل فارل با نهاده‌ها و ستاده‌های متعدد، چارنز و همکاران (Charnes et al., 1978) دیدگاه او را توســـعه دادند و اولین مدل DEA با عنوان CCR که برگرفته از حروف اول نام ارائه‌دهندگان آن بود[1]، معرفی و توســـعه داده شـــد. پس از آن، مدل‌های مختلف از جمله مدل بنکر و همکاران (Banker et al.,1984) با عنوان BCC بر پایه مدل CCR توسعه یافت، که این عنوان نیز مبتنی بر حروف اول نام پدیداورندگان آن است[2]. این دو مدل، به‌دلیل مزایای آنها در زمینه‌های مختلف، کاربردهای فراوان داشـــته‌اند و همچنان نیز دارند. در ادامه، روش DEA بر پایه مدل‌های CCR و BCC شرح داده می‌شود.

روش تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوشـــشـــی داده‌ها (DEA) یک روش ناپارامتریک اســـت که با اســـتفاده از شـــیوه‌های برنامه‌ریزی خطی، بر اندازه‌گیری کارآیی واحدهای تصمیم‌گیری متجانس و یا گروه‌های مشابه و قابل مقایســـه با عنوان واحد تصـــمیم‌گیرنده (DMU) متمرکز اســـت (Hassan Shah et al., 2024). مدل‌های DEA تعیین می‌کنند که «آیا واحد تصـــمیم‌گیری مورد نظر روی مرز کارآیی قرار گرفته است و یا خارج از آن قرار دارد؟»؛ و از این رهگذر، واحدهای کارآ و ناکارآ از یکدیگر تفکیک می‌شوند.

1. Charnes, Cooper & Rhodes (CCR)
2. Banker, Charnes & Cooper (BCC)

مدل‌های DEA در دو ماهیت نهاده‌گرا و ستاده‌گرا ارائه شده و بر پایه بازده نسبت به مقیاس ثابت[1] یا بازده نسبت به مقیاس متغیر[2] است (Charnes et al., 1978; Banker et al., 1984). مدل CCR از جمله مدل‌های مبتنی بر فرض CRS است که در آن، نسبت تغییرات نهاده به ستاده یکسان در نظر گرفته می‌شود؛ چنانچه این نسبت (نهاده به ستاده) متغیر باشد، از مدل BCC که مبتنی بر VRS است، استفاده می‌شود. از آنجا که داده‌های جمع‌آوری‌شده در پژوهش حاضر دارای خاصیت VRS است، برای تحلیل نتایج خروجی، از مدل BCC و نیز مدل توسعه‌یافتهٔ آن برای حالت پویا (پنجره‌ای) استفاده شده است.

فرض کنید که n واحد تصمیم‌گیری $\left(DMU_j, (j = 1, \dots, n)\right)$ وجود داشته باشد که هر کدام m نهاده x_{ij}، $(i=1,2,...,m)$ را برای تولید s ستاده y_{rj}، $(r=1,2,...,s)$ مصرف کنند، با مفروضات یادشده، فرم پوششی مدل CCR در حالت نهاده‌گرا به‌صورت زیر است (Charnes et al., 1978):

$$
\begin{aligned}
&\theta^* = \min \theta \\
&s.t. \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta x_{io}, \quad i = 1,...,m; \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}, \quad r = 1,...,s; \\
&\lambda_j \ge 0, \quad j = 1,...,n; \\
&\theta \text{ is free in sign.}
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

که در این مجموعه روابط، θ به لحاظ علامت آزاد بوده و θ^* کارآیی فنی واحدهای تصمیم‌گیری است. واحدی که عدد θ^* آن برابر با یک باشد، واحد کارآ و مرجع معرفی می‌شود و کارآیی سایر واحدها بر اساس آن اندازه‌گیری می‌شود. لازم به ذکر است که DEA می‌تواند با به حداقل رساندن نهاده‌ها (مدل نهاده‌گرا) و یا به حداکثر رساندن ستاده‌ها (مدل ستاده‌گرا) کارآیی واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) را افزایش دهد.

فرض کنید که داده‌های موجود از خاصیت VRS پیروی کنند، در این صورت، باید مدل رابطه (۱) بر مبنای BCC تغییر پیدا کند، که فرم ریاضی آن به‌صورت زیر است (Banker et al., 1984):

1. Constant Return to Scale (CRS)
2. Variable Return to Scale (VRS)

$$\theta^* = \min \theta$$

$$s.t.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta x_{io}, \qquad i = 1,...,m;$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro}, \qquad r = 1,...,s; \qquad (۲)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1, \qquad j = 1,...,n;$$

$$\lambda_j \ge 0, \qquad j = 1,...,n;$$

$$\theta \text{ is free in sign.}$$

همان‌گونه که در مدل رابطه (۲) قابل مشاهده است، تنها محدودیتی که اعمال شده، محدودیت تحدب مربوط به $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$ است. استفاده از ویژگی VRS موجب می‌شود که با محاسبه کارآیی فنی بر حسب مقادیر کارآیی ناشی از مقیاس و کارآیی ناشی از مدیریت، تحلیلی بسیار دقیق ارائه شود.

روش تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای (پویا)

مدل‌های سنتی و کلاسیک DEA عملکرد یک DMU را در شرایط پایدار و ثابت ارزیابی می‌کنند، در حالی که بسیاری از داده‌های امروزی به‌صورت دوره‌ای و در قالب سری زمانی هستند. در چنین شرایطی، اگر نیاز به ارزیابی عملکرد و محاسبه نرخ کارآیی برای دوره‌های زمانی متعدد باشد، مدل‌های سنتی مانند CCR پاسخ‌گویی مناسب نخواهند داشت و نیاز به اعمال تغییرات مناسب است که مدل مورد نظر قابلیت محاسبه کارآیی با داده‌های سری زمانی را داشته باشد (Al-Khars et al., 2022). بدین منظور، چارنز و همکاران (Charnes et al., 1985)، مدل W-DEA را معرفی کردند که در آن، هر واحد DMU در هر دورهٔ زمانی مستقل از همان واحد در دورهٔ زمانی دیگر و نیز سایر واحدهای DMU در دوره‌های زمانی معین ارزیابی می‌شود. در واقع، روش W-DEA بر پایه اصول میانگین متحرک برنامه‌ریزی شده است. مهم‌ترین مزیتی که روش W-DEA دارد، قابلیت کاربردی بودن آن در مطالعات و پژوهش‌هایی است که تعداد داده‌های آنها در طول دوره‌های متفاوت زیاد است و نیاز به ارزیابی در مقاطع زمانی کوتاه و متعدد دارند (Rasooli et al., 2016). روش تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای (W-DEA) حالتی خاص از شیوه‌های ارزیابی متوالی است، با این تفاوت که در محاسبات

W-DEA، ممکن است آنچه در ارتباط با برخی از واحدها در گذشته عملی بوده است، در دوره‌های بعدی، تغییر کند و لزوما ثابت باقی نماند. نکته بسیار مهم و قابل توجه در روش W-DEA این است که با توجه به ارزیابی عملکرد تمام واحدهای DMU نسبت به یکدیگر در یک پنجره (یک دوره زمانی مشخص و خاص)، نباید هیچ‌گونه تغییر فنی در تعداد دوره‌های زمانی (که همان عرض پنجره‌ها در سال‌های مختلف است) رخ دهد. به‌طور خلاصه، روش W-DEA بینش‌هایی را در مورد چگونگی تغییر کارآیی سازمان‌ها یا واحدها در بازه‌های زمانی مختلف ارائه می‌دهد که آن را به ابزاری ارزشمند برای ارزیابی روند عملکرد و شناسایی زمینه‌های بهبود تبدیل می‌کند (Rasooli et al., 2016).

الگوی تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای (W-DEA) به‌شرح زیر و با نمادهای ریاضی ذکرشده فرمول‌بندی می‌شود:

فرض کنید که به تعداد K $\left(k=1,...,K\right)$ واحد، DMU متجانس وجود دارد که در T دوره زمانی $\left(t=1,...,T\right)$ مشاهده شده است. علاوه بر این، هر DMU می‌تواند I نهاده $(i=1,...,I)$ x_i را برای تولید R ستاده $(r=1,...,R)$ y_r مصرف کند. همچنین، فرض کنید که DMU_k^t نشان‌دهنده مشاهده kام در دوره tام باشد. با مفروضات یادشده، مدل خطی W-DEA در فرم پوششی و با ماهیت نهاده‌گرا مبتنی بر مدل رابطه (۲) به‌صورت زیر پیشنهاد شده است (Al-Khars et al., 2022):

$$\theta_{k\alpha\beta}^{*}=\min\theta_{k\alpha\beta}^{t}$$

$$s.t.$$

$$\begin{aligned}&\lambda X_{\alpha\beta}\le\theta_{k\alpha\beta}^{t}X_{k}^{t'},\\&\lambda Y_{\alpha\beta}\ge Y_{k}^{t'}\\&\lambda=1\\&\lambda\ge0.\end{aligned}\qquad(۳)$$

در مدل (۳)، توجه به یک نکته مهم در ارتباط با انتخاب گروه‌های زمانی یا همان عرض پنجره[1] بسیار حائز اهمیت است. عرض پنجره باید به اندازه کافی کوتاه باشد تا امکان مقایسه بین

1. window width

پنجره‌های مختلف را فراهم سازد؛ همچنین، باید حاوی عناصر و اطلاعات کافی برای اندازه‌گیری کارآیی باشد (Asmild et al., 2004). با این همه، انتخاب عرض پنجره در پژوهش‌های مختلف دلخواه است و وابسته به نوع داده‌های موجود و تصمیم محقق است، ولی به‌کارگیری روشی درست که معنی‌دار باشد (یعنی، با توجه به تعداد سال‌های انتخاب‌شده برای پژوهش، عرض تعریف‌شده برای پنجره دارای مفهوم باشد)، ضروری است (Hao et al., 2013). فرض کنید که ξ تعداد پنجره‌ها، ω تعداد واحدهای DMU هر پنجره، N تعداد کل واحدهای DMU| در تمام گروه‌های زمانی، و β عرض پنجره‌ها باشد که به تعداد دوره‌های زمانی (گروه‌های زمانی مختلف با عرض یکسان) برای هر پروژه در نظر گرفته می‌شود، و K تعداد واحدهای DMU باشد، آنگاه روابط زیر برای محاسبه تعداد پنجره‌ها و تعداد کل واحدهای DMU در دوره‌های زمانی مختلف برقرار است (Al-Rafaie et al., 2019):

$$\xi = T - \beta + 1; \quad \omega = K \times \beta; \quad N = K \times \beta \times \xi \qquad (۴)$$

در پژوهش حاضر، از مدل‌های (۲) و (۳) برای ارزیابی عملکرد استان‌های تولیدکننده کلزای آبی در ایران طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ استفاده شده است. در راستای ارزیابی عملکرد و امکان بهره‌گیری از مدل‌های DEA، مهم‌ترین مسئله شناخت و انتخاب صحیح نهاده‌های مصرفی و ستاده‌هاست. بدین منظور، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، جست‌وجو در بسترهای مختلف وب و مطالعه مقالات و پژوهش‌های پیشین که تا حد ممکن مرتبط با موضوع مورد مطالعه بوده‌اند، نهاده‌ها و ستاده‌ها به‌ترتیب زیر انتخاب شدند:

نهاده‌های مصرفی

- نیروی کار (بر حسب نفر- روز- کار)
- بذر (بر حسب کیلوگرم در یک هکتار)
- سطح زیر کشت (بر حسب هکتار)
- کود شیمیایی (بر حسب کیلوگرم در یک هکتار)

ستاده

- میزان تولید کل کلزا (بر حسب تن)

داده‌های آماری پژوهش از وزارت جهاد کشـــاورزی (MAJ, 2022b) [1] جمع‌آوری شـــده، که متعلق به ۳۱ استان است. پس از بررسی داده‌ها، مشخص شد که در برخی از استان‌ها، کیفیت داده‌ها مناسب نبوده و اطلاعات به‌طور کامل جمع‌آوری نشده است. برای نمونه، نهاده‌های میزان مصرف آب و یا تعداد ماشین‌آلات، که چه‌بسا مهم‌ترین نهاده‌های اثرگذار در ارزیابی کارآیی استان‌های تولیدکننده کلزای آبی باشـــند، موجود نبود. بنابراین، با بهره‌گیری از روش‌های پیش‌پردازش داده‌ها[2]، داده‌های پراکنده و گمشده حذف شدند و داده‌های هفده استان باقی ماند که اطلاعات کامل از سال ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱، با پارامترهای نهاده‌ای و ستاده‌ای مورد نظر پژوهش را دارا بودند. استان‌های باقی‌مانده به‌عنوان تولیدکنندگان کلزای آبی عبارت‌اند از: آذربایجان شرقی، اردبیل، البرز، ایلام، تهران، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، قم، کرمانشاه، گلستان، لرستان، مازندران، و مرکزی.

نتایج و بحث

جدول ۱ خلاصه‌ای از اطلاعات آماری مربوط به نهاده‌های مصرف‌شده و ستاده تولیدشده در هقده استان تولیدکنندهٔ کلزای آبی را ارائه می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات آماری نهاده‌ها و ستاده

عوامل تولید	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
بذر (کیلوگرم- هکتار)	۹/۴۷	۲/۶۹	۲۹/۷۲	۴/۹۱
نیروی کار (نفر- روز)	۵/۹۳	۰/۳	۳۲/۹۷	۴/۸۷
سطح زیر کشت (هکتار)	۵۹۵۶	۱۰۰	۸۳۷۲۰	۱۱۷۴۰
کود شیمیایی (کیلوگرم- هکتار)	۴۱۷	۱۰۷	۷۰۲.۵	۱۲۷/۹
میزان تولید کل (تن)	۱۰۴۶۳	۸۶	۱۶۸۰۰۰	۲۲۰۹۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش بر اساس اطلاعات دریافتی از وزارت جهاد کشاورزی (MAJ, 2022a)

همان‌گونه که در جدول ۱ قابل مشـاهده اسـت، نتایج به‌دسـت‌آمده مربوط به میانگین، حداقل مقدار، حداکثر مقدار و انحراف معیار برای تمام نهاده‌های مصـرف‌شـده و سـتادهٔ تولیدشـده در طول نُه سـال اسـت. برای نمونه، از سـال ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱، میانگین بذر مصـرف‌شـده در هفده اسـتان مورد نظر

1. https://www.maj.ir/
2. data preprocessing

برابر با ۹/۴۷ کیلوگرم در هکتار بوده که در این میان، کمترین میزان بذر مصـــرفی برابر با ۲/۶۹ و بیشترین میزان بذر مصرفی برابر با ۲۹/۷۲ کیلوگرم در هکتار است.

برای تعریف عرض پنجره (طول دوره‌های زمانی)، هیچ‌گونه روش خاص و تعریف‌شـــده وجود ندارد و انتخاب آن بستگی به نوع داده‌ها، تجربه حاصل از پژوهش‌های پیشین و صلاحدید پژوهشگر دارد؛ از این‌رو، برای دســـتیابی به نتایج بهتر و با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شـــده، طول دوره‌ها که همان عرض پنجره است، «سه» در نظر گرفته شده است. برای تعیین تعداد پنجره‌ها، تعداد واحدهای DMU در هر دوره ســه‌ســاله و تعداد کل واحدهای DMU در تمام پنجره‌ها در W-DEA، از روابط (۴) استفاده می‌شود:

$$K = 17;\ \ T = 9;\ \ \beta = 3$$

$$\xi = 9 - 3 + 1 = 7; \quad \omega = 17 \times 3 = 51; \quad N = 17 \times 3 \times 7 = 357 \qquad (۴)$$

همان‌گونه که از نتایج محاسبات قابل مشاهده است، هر استان، در مجموع، دارای هفت پنجره است. به دیگر سخن، از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا انتهای سال ۱۳۹۵، اولین پنجره با طول دورهٔ سه‌ساله تشکیل می‌شود؛ پنجرهٔ دوم از ابتدای ۱۳۹۴ تا انتهای ۱۳۹۶ با همان طول دوره به‌دست می‌آید و این فرایند تا انتهای ســال ۱۴۰۱ ادامه می‌یابد که در مجموع، هفت پنجره تشــکیل می‌شــود. از آنجا که کشاورزان به‌دنبال کاهش جریان نقدی برای نهاده‌ها هستند و همچنین، بهره‌برداری از عوامل طبیعی محدود است، مدل‌های نهاده‌گرا در کشاورزی بیشتر ترجیح داده می‌شود (Suzigan et al., 2020). بر همین اساس، از آنجا که هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی میزان تولید کلزای آبی با استفاده از حداقل منابع مصـــرفی بوده، مدل‌های (۲) و (۳) در ماهیت نهاده‌گرا با فرم پوشـــشـــی مبنای ارزیابی عملکرد و محاســـبه کارآیی قرار گرفته اســـت. علاوه بر این، در هر دوره ســـه‌ســـاله، تعداد ۵۱ واحد تصـمیم‌گیری (DMU) و برای تمام دوره‌ها، تعداد ۳۵۷ واحد تصـمیم‌گیری شـرکت داشـته‌اند. برای دسـتیابی به نتایج نهایی، مدل (۳) به تعداد ۱۱۹ بار در نرم‌افزار گمز[1] با نسـخه ۲۴.۸.۲ اجرا شـده، که مقادیر به‌دست‌آمده نشان‌دهنده میانگین کارآیی پنجره و میانگین کارآیی سالانه است که معیاری برای سنجش و مقایسه کارآیی محصول کلزا بین سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ در میان استان‌های تولیدکننده این محصول به‌شمار می‌رود. نتایج حاصل از اجرای مدل، به‌ترتیب، در جداول ۲ تا ۱۸ آمده است.

1. GAMS

جدول ۲- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان آذربایجان شرقی در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۰/۸۷	۱	۱							۰/۹۶
۲		۱	۱	۱						۱
۳			۰/۸۷	۱	۱					۰/۹۶
۴				۱	۱	۰/۹۹				۰/۹۹
۵					۱	۱	۰/۹۷			۰/۹۹
۶						۱	۰/۸۴	۱		۰/۹۵
۷							۰/۹۳	۱	۱	۰/۹۸
میانگین کارآیی هر سال	۰/۸۷	۱	۰/۹۵	۱	۱	۰/۹۹	۰/۹۱	۱	۱	۰/۹۷ ۰/۹۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان اردبیل در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۰/۹۶	۱							۰/۹۹
۲		۱	۱	۱						۱
۳			۱	۱	۱					۱
۴				۰/۸۵	۱	۱				۰/۹۵
۵					۱	۱	۰/۷۶			۰/۹۲
۶						۱	۰/۸۲	۱		۰/۹۴
۷							۱	۱	۱	۱
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۹۸	۱	۰/۹۵	۱	۱	۰/۸۶	۱	۱	۰/۹۷ ۰/۹۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان البرز در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۰/۵۷	۱							۰/۸۶
۲		۰/۹	۰/۸۳	۱						۰/۹۱
۳			۰/۵۴	۱	۱					۰/۸۵
۴				۰/۸۵	۱	۱				۰/۹۵
۵					۰/۹۹	۱	۱			۰/۹۹
۶						۱	۱	۱		۱
۷							۱	۱	۱	۱
میانگین کارآیی هرسال	۱	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۹۵	۰/۹۹	۱	۱	۱	۱	۰/۹۳ ۰/۹۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان ایلام در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۰/۷۷	۱	۱							۰/۹۲
۲		۰/۵۸	۱	۱						۰/۸۶
۳			۰/۵۹	۰/۹	۱					۰/۸۳
۴				۰/۸۶	۰/۹۶	۱				۰/۹۴
۵					۰/۹۶	۱	۰/۸۶			۰/۹۴
۶						۱	۰/۸۷	۰/۸۲		۰/۹۰
۷							۱	۱	۱	۱
میانگین کارآیی هر سال	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۹۷	۱	۰/۹۱	۰/۹۱	۱	۰/۹۱ ۰/۹۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۶- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان تهران در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۱	۱							۱
۲		۱	۰/۹۹	۱						۰/۹۹
۳			۱	۱	۰/۸۱					۰/۹۴
۴				۱	۰/۷۹	۱				۰/۹۳
۵					۰/۳۵	۱	۱			۰/۷۸
۶						۱	۱	۰/۷۰		۰/۹۰
۷							۱	۰/۶۷	۱	۰/۸۹
میانگین کارآیی هر سال	۱	۱	۰/۹۹	۱	۰/۶۵	۱	۱	۰/۶۸	۱	۰/۹۱ ۰/۹۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۷- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان خراسان رضوی در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۰/۸۰	۱	۱							۰/۹۳
۲		۱	۰/۸۰	۱						۰/۹۳
۳			۰/۸۲	۱	۱					۰/۹۴
۴				۰/۹۰	۰/۸۸	۱				۰/۹۳
۵					۰/۷۰	۱	۱			۰/۹۰
۶						۱	۱	۱		۱
۷							۱	۱	۱	۱
میانگین کارآیی هر سال	۰/۸۰	۱	۰/۸۷	۰/۹۶	۰/۸۶	۱	۱	۱	۱	۰/۹۴ ۰/۹۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۸- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان خراسان شمالی در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۱	۱							۱
۲		۰/۷۷	۱	۱						۰/۹۲
۳			۱	۱	۱					۱
۴				۰/۹۴	۱	۱				۰/۹۸
۵					۱	۱	۱			۱
۶						۰/۸۳	۱	۱		۰/۹۴
۷							۱	۱	۰/۸۵	۰/۹۵
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۸۸	۱	۰/۹۸	۱	۰/۹۴	۱	۱	۰/۸۵	۰/۹۷ ۰/۹۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۹- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان خوزستان در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۰/۷۴	۱							۰/۹۱
۲		۰/۹۵	۰/۹۰	۱						۰/۹۵
۳			۰/۶۴	۰/۷۱	۱					۰/۷۸
۴				۰/۵۸	۰/۸۲	۱				۰/۸۰
۵					۰/۸۲	۱	۱			۰/۹۴
۶						۰/۴۹	۰/۶۳	۱		۰/۷۱
۷							۰/۶۳	۱	۰/۹۵	۰/۸۶
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۷۶	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۷۵	۱	۰/۹۵	۰/۸۵ ۰/۸۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۰- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان سیستان و بلوچستان در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

میانگین کارآیی هر پنجره	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	سال / پنجره
۰/۸۵							۰/۵۴	۱	۱	۱
۰/۶۸						۰/۳۸	۰/۶۷	۱		۲
۱					۱	۱	۱			۳
۰/۹۷				۱	۰/۹۴	۰/۹۸				۴
۰/۷۹			۱	۰/۹۸	۰/۴۰					۵
۰/۶۲		۱	۰/۴۳	۰/۴۲						۶
۰/۶۹	۰/۶۳	۱	۰/۴۳							۷
۰/۸۰	۰/۶۳	۱	۰/۶۲	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۳	۱	۱	میانگین کارآیی هر سال
۰/۸۱										

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۱- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان فارس در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

میانگین کارآیی هر پنجره	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	سال / پنجره
۰/۹۷							۱	۰/۹۰	۱	۱
۰/۹۱						۱	۰/۷۷	۰/۹۶		۲
۰/۹۲					۱	۱	۰/۷۷			۳
۰/۹۷				۱	۱	۰/۹۲				۴
۱			۱	۱	۱					۵
۰/۸۹		۰/۶۷	۱	۱						۶
۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۶۹	۱							۷
۰/۹۳	۰/۸۶	۰/۶۸	۱	۱	۱	۰/۹۷	۰/۸۴	۰/۹۳	۱	میانگین کارآیی هر سال
۰/۹۲										

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۲- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان قزوین در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۰/۶۳	۰/۶۹							۰/۷۷
۲		۰/۹۲	۰/۸۴	۱						۰/۹۲
۳			۰/۸۴	۱	۱					۰/۹۵
۴				۱	۱	۱				۱
۵					۱	۱	۱			۱
۶						۱	۱	۱		۱
۷							۱	۰/۹۷	۱	۰/۹۹
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۷۷	۰/۷۹	۱	۱	۱	۱	۰/۹۸	۱	۰/۹۴ ۰/۹۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۳- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان قم در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۰/۶۰	۱	۱							۰/۸۷
۲		۱	۱	۱						۱
۳			۱	۱	۱					۱
۴				۱	۰/۸۰	۱				۰/۹۳
۵					۰/۶۸	۱	۱			۰/۸۹
۶						۱	۱	۱		۱
۷							۱	۱	۰/۹۵	۰/۹۸
میانگین کارآیی هر سال	۰/۶۰	۱	۱	۱	۰/۸۲	۱	۱	۱	۰/۹۵	۰/۹۵ ۰/۹۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۴- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان کرمانشاه در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۰/۹۱	۱							۰/۹۷
۲		۰/۵۲	۰/۸۵	۱						۰/۷۹
۳			۰/۸۱	۱	۱					۰/۹۳
۴				۱	۱	۱				۱
۵					۱	۱	۱			۱
۶						۱	۱	۱		۱
۷							۱	۱	۰/۸۸	۰/۹۶
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۷۱	۰/۸۸	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۸۸	۰/۹۵ ۰/۹۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۵- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان گلستان در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۰/۸۰	۰/۷۶							۰/۸۵
۲		۰/۷۵	۰/۸۶	۱						۰/۸۷
۳			۰/۷۳	۱	۱					۰/۹۱
۴				۱	۱	۱				۱
۵					۱	۱	۰/۹۹			۰/۹۹
۶						۱	۰/۹۶	۱		۰/۹۸
۷							۱	۱	۱	۱
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۷۷	۰/۷۸	۱	۱	۱	۰/۹۸	۱	۱	۰/۹۴ ۰/۹۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۶- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان لرستان در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۱	۰/۹۶							۰/۹۸
۲		۱	۰/۶۹	۱						۰/۹۰
۳			۰/۴۲	۰/۹۴	۱					۰/۷۹
۴				۰/۸۹	۱	۱				۰/۹۶
۵					۱	۱	۱			۱
۶						۱	۱	۱		۱
۷							۱	۱	۰/۹۷	۰/۹۸
میانگین کارآیی هر سال	۱	۱	۰/۶۹	۰/۹۴	۱	۱	۱	۱	۰/۹۷	۰/۹۴ ۰/۹۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۷- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان مازندران در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۱	۰/۸۳							۰/۹۴
۲		۰/۸۴	۰/۸۰	۱						۰/۸۸
۳			۰/۸۰	۱	۱					۰/۹۳
۴				۱	۱	۱				۱
۵					۱	۱	۱			۱
۶						۱	۱	۱		۱
۷							۱	۱	۱	۱
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۹۲	۰/۸۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۶ ۰/۹۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۸- میانگین کارآیی تولید کلزا برای استان مرکزی در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۱ با روش W-DEA

سال / پنجره	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	میانگین کارآیی هر پنجره
۱	۱	۱	۱							۱
۲		۰/۹۴	۱	۱						۰/۹۸
۳			۱	۱	۱					۱
۴				۰/۸۲	۱	۱				۰/۹۴
۵					۱	۱	۰/۷۹			۰/۹۳
۶						۱	۰/۷۹	۱		۰/۹۳
۷							۱	۱	۱	۱
میانگین کارآیی هر سال	۱	۰/۹۷	۱	۰/۹۴	۱	۱	۰/۸۶	۱	۱	۰/۹۷ ۰/۹۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در جداول ۲ تا ۱۸ می‌توان ملاحظه کرد، روش W-DEA کارآیی فنی تولید کلزای آبی را در هر کدام از هفده استان ارزیابی کرده و امکان تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای را برای شناسایی استان‌های دارای عملکرد بهینه در مقابل استان‌هایی که عقب مانده‌اند، فراهم کرده است. این کار با محاسبه اختلاف کارآیی میان کمترین و بیشترین نرخ کارآیی در هر استان امکان‌پذیر است که از این رهگذر، میزان بهبود در تولید را می‌توان به‌دست آورد. برای نمونه، در استان آذربایجان شرقی، میزان بهبود ۰/۱۳ است که از اختلاف میان حداقل نمره کارآیی تولید کلزا برای این استان (۰/۸۷) و حداکثر نمره کارآیی (۱/۰۰) به‌دست می‌آید. با محاسبات مشابه، نرخ بهبود تولید و افزایش توان تولید در دیگر استان‌ها، به‌ترتیب فهرست الفبایی استان‌ها، برابر است با اردبیل ۰/۲۴، البرز ۰/۷۰، ایلام ۰/۴۲، تهران ۰/۶۵، خراسان رضوی ۰/۳۰، خراسان شمالی ۰/۲۳، خوزستان ۰/۵۱، سیستان و بلوچستان ۰/۶۰، فارس ۰/۳۳، قزوین ۰/۳۷، قم ۰/۴۰، کرمانشاه ۰/۴۸، گلستان ۰/۲۷، لرستان ۰/۵۸، مازندران ۰/۱۷ و مرکزی ۰/۲۱.

بدین ترتیب، استان البرز، با بیشترین میزان اختلاف در حداقل و حداکثر کارآیی، باید تمهیدات بیشتری برای بهبود در تولید و افزایش توان تولید کلزای آبی در دستور کار خود قرار دهد. این در حالی

است که استان آذربایجان شرقی بهترین شرایط را داشته است و می‌تواند به‌عنوان استان مرجع در ارائه راهکار مناسب به دیگر استان‌ها در نظر گرفته شود.

در ردیف و ستون آخر از جداول ۲ تا ۱۸، میانگین کارآیی هفت پنجره موجود و نیز میانگین کارآیی تمام سال‌ها محاسبه شده است. مقادیر به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل، خراسان شمالی، و مرکزی، با مقدار میانگین کارآیی برابر با ۰/۹۷ برای هفت پنجره، از بهترین شرایط در طول دوره‌های مختلف نسبت به استان‌های دیگر برخوردارند. افزون بر این، مقادیر به‌دست‌آمده برای میانگین کارآیی تمام سال‌ها نشان می‌دهد که استان‌های اردبیل، مازندران و مرکزی کارآترین استان‌ها در میان استان‌های تولیدکننده کلزای آبی کشور به‌شمار می‌روند؛ کمترین میزان میانگین کارآیی سالانه برای این سه استان، به‌ترتیب، برابر با ۰/۸۶، ۰/۸۱، و ۰/۸۶ و برای سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹ است. پس از این سه استان، استان‌های آذربایجان شرقی و خراسان شمالی با میانگین کارآیی ۰/۹۶ در رتبه دوم و استان‌های لرستان (۰/۹۵)، خراسان رضوی (۰/۹۴)، قزوین (۰/۹۴)، گلستان (۰/۹۴)، و کرمانشاه (۰/۹۴) در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

البته، لازم به ذکر است که استان مازندران از سال ۱۳۹۶ به بعد کارآترین استان میان استان‌های تولیدکننده کلزا بوده است و می‌توان پیش‌بینی کرد که استان مازندران بتواند در سال‌های آتی، رتبه اول کارآیی میان سایر استان‌ها را کسب کند. استان خوزستان بیشترین میزان تولید کلزا در کشور را به خود اختصاص داده، اما همان‌گونه که در جدول ۹ قابل مشاهده است، در هیچ دوره‌ای، کارآی کل نیست. چراکه در این استان، نوسان‌های مربوط به سطح زیر کشت و تعداد نیروی انسانی در سال‌های مختلف چشمگیر است. بنابراین، استان خوزستان با کارآیی برابر با ۸۵ درصد رتبه شانزدهم را میان استان‌های تولیدکننده کلزا به خود اختصاص داده است. پس از استان خوزستان، استان سیستان و بلوچستان در رتبه هفدهم استان‌های تولیدکننده کلزا قرار دارد (جدول ۱۰)، که مهم‌ترین دلیل آن عدم وجود تناسب در میزان نهاده‌های مصرفی از جمله تعداد نیروی انسانی و سطح زیر کشت نسبت به میزان تولیدات نهایی در هر سال است.

پس از ارزیابی کارآیی هر استان نسبت به خود آن استان در بازه‌های زمانی سه‌ساله، تمام استان‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ با استفاده از مدل (۲) مقایسه شده‌اند. نتایج برآورد میانگین نمرات کارآیی و نیز رتبه‌بندی نهایی با توجه به میانگین به‌دست‌آمده در جدول ۱۹ گزارش شده است.

جدول ۱۹- رتبه‌بندی استان‌ها با توجه به میانگین نمرات کارآیی بین سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱

استان	نمره کارآیی	رتبه	استان	نمره کارآیی	رتبه
آذربایجان شرقی	۰/۵۹	۱۰	اردبیل	۰/۸۸	۳
البرز	۰/۷۰	۹	ایلام	۰/۸۱	۶
تهران	۱	۱	خراسان رضوی	۰/۸۵	۴
خراسان شمالی	۰/۵۴	۱۱	خوزستان	۱	۱
سیستان و بلوچستان	۰/۵۲	۱۲	فارس	۱	۱
قزوین	۰/۷۸	۸	قم	۰/۸۹	۲
کرمانشاه	۱	۱	گلستان	۱	۱
لرستان	۰/۸۵	۴	مازندران	۰/۸۴	۵
مرکزی	۰/۸۰	۷			

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در جدول ۱۹ قابل مشاهده است، استان‌های تهران، کرمانشاه، خوزستان، فارس و گلستان با میانگین نمره کارآیی یک، در مدل (۲)، به‌عنوان استان‌های کارآ انتخاب شده و در رتبه‌بندی، به‌طور مشترک، در جایگاه اول قرار دارند. پس از این پنج استان، استان‌های قم، اردبیل، خراسان رضوی و لرستان، به‌ترتیب، در رتبه‌های دوم تا چهارم جای دارند. با انجام فرآیند مشابه برای تمام سال‌ها و مقایسه استان‌ها با یکدیگر، می‌توان قابلیت و توان بهبود را در استان‌ها محاسبه و از این طریق، بهترین استان‌ها برای تولید هرچه بیشتر دانه کلزا را تعیین کرد. علاوه بر این، استان‌های کارآ را می‌توان به‌عنوان استان مرجع برای استان‌های ناکارآدر نظر گرفت و از سیاست‌های راهبردی آنها برای بهبود عملکرد دیگر استان‌ها بهره‌گیری کرد. برای نمونه، استان آذربایجان شرقی با نرخ کارآیی ۰/۵۹ به ۰/۴۱ بهبود نیاز دارد تا در مقایسه با استان لرستان با نرخ کارآیی ۰/۸۵ و نرخ بهبود ۰/۱۵، بتولند توان تولید خود را برای سال‌های آتی افزایش دهد، در حالی که استان‌های واقع در بالاترین رتبهٔ تولید کلزای آبی باید فرآیند فعلی خود را ادامه دهند و یا در صورت امکان، با کاهش مصرف نهاده‌ها، همچنان تولیدات نهایی خود را در بالاترین سطح ممکن حفظ کنند تا بتوانند همچنان در رتبه اول تولید کشوری دانه کلزا باقی بمانند.

یکی از مهم‌ترین مزایای شناسایی کارآترین استان‌ها و شیوه‌هایی که آنها به‌کار می‌برند، ترویج اشتراک دانش و اتخاذ بهترین شیوه‌ها برای استفاده در استان‌های ناکارآ است. به دیگر سخن، درک عوامل مؤثر در کارآیی بالا در استان‌های خاص می‌تولند بینش‌هایی را ارائه دهد که به بهبود شیوه‌های تولید کلی در سراسر کشور کمک کند.

در مقایسهٔ نتایج پژوهش حاضر با مطالعات دیگری که در حوزه‌های مشابه انجام شده است، می‌توان به‌طور خلاصه، نکاتی را به‌شرح زیر یادآور شد:

ارزیابی کارآیی تولید کلزا در استان گلستان، در سال ۱۳۹۵، نشان داده که تولید کلزا در این استان به لحاظ مصرف انرژی ناپایدار بوده است (Dargahi et al., 2016)، در حالی که طی سال‌های پس از آن و در پژوهش‌های دیگر از جمله پژوهش نوروزیان و همکاران (Norouzian et al., 2021) که بین سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۹ انجام شده است، استان گلستان جزو استان‌های کارآ و استان‌های سیستان و بلوچستان و خراسان شمالی جزو استان‌های ناکارآ به‌شمار می‌روند، که با یافته‌های پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد. البته، با توجه به بررسی کارآیی استان‌ها با استناد به نهاده‌های مصرفی اصلی، میزان تخمین کارآیی در پژوهش حاضر دقیق‌تر است. طبق یافته‌های اسدپور (Asadpour, 2015)، کارآیی فنی کلزا در استان مازندران در سال ۱۳۹۳ برابر با ۷۵ درصد است، در حالی که نوروزیان و همکاران (Norouzian et al., 2021) کارآیی فنی این استان را در سال ۱۳۹۳ برابر با ۶۶ درصد محاسبه کردند. البته، دلیل این اختلاف استناد اسدپور (Asadpour, 2015) به نهاده‌های مصرفی اصلی در تولید محصول کلزاست و به باور وی، تعداد نیروی کار، ساعات شخم و دیسک، مصرف کود و سم و سطح زیر کشت عوامل تأثیرگذار بر کارآیی کشت محصول کلزا در مازندران به‌شمار می‌روند، که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد، زیرا بر اساس بررسی مشاهدات واقعی، مهم‌ترین عواملی که می‌توانند توان کشت تولید کلزای آبی را افزایش دهند، میزان بذر مصرفی، افزایش سطح زیر کشت و متناسب با این دو نهاده و نیز نیروی انسانی است. در پژوهش شهنوازی (Shahnavazi, 2021) که کارآیی تولید کلزا در چهارده استان ایران در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ را بررسی کرده است، استان‌های کرمان، آذربایجان شرقی و لرستان با بیشترین میزان کارآیی و استان‌های مرکزی، هرمزگان، قزوین و خراسان شمالی با کمترین میزان کارآیی شناسایی شدند که با برخی از نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد، چراکه طی سال‌های متماد، ممکن است نوسان‌هایی در سطح زیر کشت و میزان بذر مصرفی رخ دهد که چه‌بسا در تولید نهایی اثرگذار باشد.

در پژوهش حاضر، با توجه به نتایج به‌کارگیری روش W-DEA، استان‌های البرز و سیستان و بلوچستان بیشترین توان میزان افزایش کارآیی در تولید را دارند، که باید زیر نظر کارشناسان جهاد کشاورزی به بررسی کمیت و کیفیت موضوع پرداخته شود؛ علاوه بر این، استان‌های اردبیل، مازندران، آذربایجان شرقی، خراسان شمالی و استان مرکزی به‌عنوان استان‌هایی با عملکرد نسبتاً مناسب در سال‌های مختلف انتخاب شدند. از سوی دیگر، نتایج به‌کارگیری الگوی BCC نشان داد که

استان‌های تهران، کرمانشاه، خوزستان، فارس و گلستان بهترین استان‌ها با بیشترین توان تولید کلزای آبی در ایران بوده، به‌طور مشـــترک، در رتبه اول قرار دارند و پس از آنها، اســـتان‌های قم، اردبیل، خراسان رضوی و لرستان در رتبه‌های بعدی جای گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضـر با هدف ارزیابی کارآیی هفده اسـتان تولیدکننده کلزای آبی در ایران و بررسـی موانع و چالش‌های پیش روی آنها برای بهبود توان کاشـــت و برداشـــت دانه روغنی کلزا انجام شـــده است. مهم‌ترین دستاورد پژوهش حاضر ارزیابی کارآیی کلزاکاران طی یک دهه گذشته در هفده استان ایران بوده که در دو حالت، با روش W-DEA برای دوره‌های سـه‌سـاله در هر اسـتان و نیز با الگوی BCC در ماهیت نهاده‌گرا و با فرم پوششی برای تمام استان‌ها به‌دست آمده است. در این راستا، ضعف و قوت عملکرد هر اســتان در بازه‌های زمانی مختلف نســبت به خود آن اســتان مشــخص شــده و همچنین، نسـبت به اسـتان‌های دیگر، با مقایسـه نمرات کارآیی و بررسـی مشـاهدات واقعی، بهترین مسیر بهبود کارآیی کلزای آبی استان معرفی شده است. نوسان‌های موجود در نوع عملکرد هر استان نسبت به خود آن استان در سال‌های متوالی به عوامل متعدد از جمله سطح زیر کشت و نیز میزان بذر مصرفی بستگی داشته است. این دو معیار نه‌تنها در عملکرد درونی هر استان بلکه در نرخ کارآیی کلی به‌دست‌آمده از مقایسه بین استان‌ها نیز تأثیرگذار بوده‌اند. در واقع، هرچه سطح زیر کشت بیشتر باشد، به همان اندازه، میزان بذر مصـرفی بالاتر خواهد بود و با بهره‌گیری از سـیاسـت‌های تولیدی صـحیح، میزان تولیدات نهایی نیز افزایش خواهد یافت، که در اســتان‌های کارآ کاملاً مشــهود اســت. یکی از مهم‌ترین اهداف پژوهش حاضـر بررسـی تأثیر سـیاسـت‌های دولتی، یارانه‌ها یا برنامه‌های حمایتی در اسـتان‌های مختلف بوده اسـت تا از این رهگذر، مشـخص شـود که کدام سـیاسـت‌ها در بهبود کارآیی تولید کلزای آبی در استان‌های خاص مؤثر بوده‌اند، هدفی که با کمک روش W-DEA، محقق شده و در واقع، خط مشی انتخابی اثربخش بوده است. علاوه بر این، تجزیه‌وتحلیل یافته‌های پژوهش نشان داد که چگونه اسـتان‌های مختلف با سـیاسـت‌های کشـاورزی ملی سـازگار می‌شـوند و چگونه این سازگاری‌ها بر کارآیی آنها تأثیر می‌گذارد. به بیان دیگر، با تجزیه‌وتحلیل داده‌های کارآیی تولید کلزای آبی، کشـــاورزان و ســـیاســـت‌گذاران می‌توانند در مورد ســـرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید آگاهانه تصمیم‌گیری کنند و یا به اتخاذ شیوه‌هایی بپردازند که از رهگذر آن، بتوانند بهره‌وری را افزایش دهند. این تجزیه‌وتحلیل نه‌تنها به نفع کشاورزان است، بلکه به اهداف توسعه کشاورزی گسترده‌تر در داخل کشور نیز کمک می‌کند.

در راستای انجام پژوهش حاضر، محدودیت‌هایی وجود داشته است که مهم‌ترین آنها عدم دسترسی مناسب و راحت به داده‌های مربوط به نهاده‌ها و ستاده‌ها بود. یکی از مهم‌ترین نهاده‌ها در ارزیابی کارآیی استان‌های تولیدکنندهٔ کلزای آبی نهاده آب است که یک منبع حیاتی در کشاورزی به‌شمار می‌رود. در صورت وجود چنین داده‌ای، با بهره‌گیری از روش W-DEA، می‌توان با در نظر گرفتن عملکرد و پایداری محیطی، میزان استفاده کارآمد از آب در تولید کلزا در سراسر استان‌ها را نیز ارزیابی کرد که به‌دلیل عدم وجود آن، در نهاده‌ها لحاظ نشده است. از سوی دیگر، داده‌های جمع‌آوری‌شده برای تعداد استان‌هایی که در زمینه تولید کلزای آبی فعالیت می‌کنند، کامل نبود.

با توجه به روش‌های پژوهش حاضر، انجام پژوهش‌های بیشتر با روش‌های مختلف دیگر از جمله یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی وضعیت کاشت و برداشت کلزای آبی با استفاده از داده‌های گذشته‌نگر پیشنهاد می‌شود. علاوه بر این، در صورتی که داده‌های کافی وجود داشته باشد، می‌توان زنجیره تأمین کلزا را با روش‌ها و مدل‌های مختلف ریاضی از جمله تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای طراحی و عملکرد زیربخش‌های مختلف و فرآیندهای درونی را ارزیابی و مسیر بهبود را مشخص کرد.

منابع

1. Adeleke, O., Adeleke, H., & Fajobi, D. (2017). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in ECOWAS Agriculture 1971-2009: a Three-Year-Window (TYW) Extended Malmquist Approach. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies (IJIRAS)*, 4(5), 409-415.
2. Al-Khars, M., Al-Nasser, A., & Al-Faraj, T. (2022). A Survey of DEA Window analysis applications. *Process*, 10(9), 1836. DOI: 10.3390/pr10091836.
3. Al-Rafaie, A., Wu, C., & Sawalheh, M. (2019). DEA window analysis for assessing efficiency of blistering process in a pharmaceutical industry. *Neural Computing and Applications*, 31, 3703-3717.
4. Asadpour, H. (2016). Determining the technical, allocative, and economic efficiency of rapeseed producers and factors affecting their inefficiency in Mazandaran province. *Agricultural Economics and Development*, 24(1), 111-135. DOI: 10.30490/aead.2016.59024. [In Persian]

5. Asadpour, H. (2015). Analyzing the technical, allocative and economic efficiency of rapeseed producers and factors affecting their inefficiency in Mazandaran province. *Agricultural Economics Research,* 24(93), 111-135. [In Persian]
6. Asmild, M., Paradi, J., Aggarwall, V., & Schaffnit, C. (2004). Combining DEA window analysis with the Malmquist index approach in a study of the Canadian banking industry. *International Journal of Banking and Finance,* 32(21), 67-89.
7. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiences in data envelopment analysis. *Managememt Science,* 30(9), 1078-1091.
8. Babaei, M., Paknejhad, M., Mardani, M., & Salarpour, M. (2011). Analysis of agricultural crops efficiency in Jahrom using interval data envelopment analysis (IDEA). *Journal of Operation Research and Its Applications,* 4(35), 43-55. [In Persian]
9. Bournaris, T., Vlontzos, G., & Moulogianni, C. (2019). Efficiency of vegetables produced in glasshouses: the impact of Data Envelopment Analysis (DEA) in land management decision making. *Journal of Land,* 8(1), 17. DOI: 10.3390/land8010017.
10. Charnes, A., Clark, C., Cooper, W., & Golany, B. (1985). A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. *Annals of Operations Research, 2*(1), 95-112.
11. Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiencies of DMUs. *European Journal of Operational Research,* 2(6), 429-444.
12. Chivu, L., Vasile, J., Zaharia, M., & Gogone, R. (2020). A regional agricultural efficiency convergence assessment in Romania – Appraising differences and understanding potentials. *Land Use Policy,* 99, 104838.
13. Dargahi, M. , Jahan, M. , Naseripour Yazdi, M., & Ghorbani, R. (2016). Energy balance evaluation and economic analysis of canola production in

Golestan province. *Applied Field Crops Research*, 29(3), 50-62. DOI: 10.22092/aj.2016.112697. [In Persian]

14. Dashti, G., Baghban Adami, R., & Hayati, B. (2023). Energy efficiency in rapeseed production in Tabriz County: application of stochastic frontier analysis and energy index. *Mechanization of Agriculture*, 8(4), 53-65. DOI: 10.22034/jam.2024.60809.1273. [In Persian]
15. Dashti, Gh., Rashidghalam, M., & Pishbahar, M. (2016). Application of modified non-parametric models in technical efficiency of Iran's sugar beet production. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 31(2), 157-169. [In Persian]
16. Dashti, Gh., Mohammadpour, Z., & Ghahremanzadeh, M. (2020). Evaluating the relationship between economic and environmental efficiency in Iranian agriculture sector. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(4), 199-211. DOI: 10.22034/saps.2020.12312. [In Persian]
17. Eskandari, H., & Alizadeh-Amraei, A. (2017). Effect of complementary irrigation during reproductive growth period on grain yield, oil and energy efficiency of rapeseed under dry land farming system. *Journal of Crop Improvement*, 4(18), 907-919. [In Persian]
18. Farrel, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.
19. Hao, C., Xiaohong, W., & Baosheng, Z. (2013). Evaluation of scientific research efficiency of universities in China based on window analysis model. *Science Research Management*, 7, 101-111.
20. Hassan Shah, W., Nan, Z., Gang, H., Hong, Y., & Rizwana, Y. (2024). Energy efficiency evaluation, technology gap ratio, and determinants of energy productivity change in developed and developing G20 economies: DEA super-SBM and MLI approaches. *Gondwana Research*, 125, 70-81. DOI: 10..1016/j.gr.2023.07.017.
21. Komivi, D., Donghua, L., Linhai, W., Xiaomin, Z., Aili, L., Jingyin, Y., Xin, W., Rong, Z., Daniel, F., Diaga, D., Boshou, L., Ndiaga, C., & Xiurong, Z. (2017). Transcriptomic, biochemical and physio-anatomical investigations

shed more light on responses to drought stress in two contrasting sesame genotypes. *Journal of Scientific Reports,* 7, 8755.

22. MAJ (2022a). Statistics of rapeseed production in Iran. Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ), Tehran. Available at https://www.biamar.maj.ir. [In Persian]
23. MAJ (2022b). Statistics of agricultural production in provinces of Iran. Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ), Tehran. Available at https://www.maj.ir. [In Persian]
24. Modhej, D. (2019). Evaluating the efficiency of date production using windowed data envelopment analysis. *Agricultural Economics Research,* 33(2), 177-190. [In Persian]
25. Mousavi, H., & Khalilian, S. (2005). Analysis of the influencing factors on the technical efficiency of wheat production. *Agricultural Economics Research,* 13(4), 45-60. [In Persian]
26. Norouzian, M., Hosseini, S. M., Akbari, A., & Dadras-Moghadam, A. (2021). Factors affecting the environmental efficiency of rapeseed farmers in the provinces of Iran (Spatial Econometric Approach). *Journal of Agricultural Economics Research,* 13(4), 60-77. [In Persian]
27. Pakravan, M., Mehrabi, H., & Shakibaei, A. (2008). Analysis efficiency for rapeseed producers in Sari city. *Agricultural Economics Research,* 1(4), 77-92. [In Persian]
28. Qi, G., Xiaofeng, Y., Xin, Q., Xinyao, F., Xuefang, W., Fei, M., Liangxiao, Z., Peiwu, L., & Li, Y. (2024). A study of the pesticide residues in rapeseed in China: levels, distribution and health risk assessment. *Environmental Research,* 264.
29. Rasooli, S. J. , Naseri Yazdi, M. T., & Ghorbani, R. (2016). Determining prediction model of the canola) Brassica napus L.(yields based on agrometeorological and climatic parameters in Mashhad region of Iran. *Water and Soil*, 30(4), 1322-1333. DOI: 10.22067/jsw.v30i4.45336. [In Persian]
30. Sardar Shahraki, A., Aliahmadi, N., & Layani, Gh. (2019). Evaluating the efficiency and productivity of grapevine gardens in Sistan region. *Iranian*

Journal of Agricultural Economics and Development Research, 50(1), 45-63. DOI: 10.22059/ijaedr.2018.244523.668509. [In Persian]

31. Sefeedpari, P., Shokoohi, Z., & Pishgar-Komleh, H. (2020). Dynamic energy efficiency assessment of dairy farming system in Iran: application of window data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production,* 275(9), 124178. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124178.
32. Shabani, A., Kamgar Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Emam, Y., Yahya, M., & Honar, T. (2011). The effect of water stress on seed yield, yield components, and quality of autumn rapeseed (Brassica napus L.) cultivar Licord. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(4), 409-421. [In Persian]
33. Shahnavazi, A. (2021). Evaluation of rapeseed production efficiency in Iran. *Applied Crop Research,* 34(2), 55-74. DOI: 10.22092/aj.2021.127366.1422. [In Persian]
34. Shahnavazi, A. (2020). Determining the efficiency of potato production in Iran. *Agricultural Economics Research,* 12(3), 151-188. [In Persian]
35. Shahraki, A. S., & Aliahmadi, N. (2021). Presenting a new technique to assess the efficiency of farms with Window-DEA and Malmquist productivity index: the case of barley farms in Khash County, Iran. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 11(1), 49-64. DOI: 10.22004/ag.econ.335146.
36. Shirani-Rad, A., & Ahmadi, M. (1996). The effect of planting date and plant density on the growth process and seed yield of two varieties of autumn rapeseed (Brassica napus L.) in Karaj region. *Journal of Iranian Agricultural Sciences*, 1(0), 1273. [In Persian]
37. Song, K. (2022). Modelling the climate change in regional crop production efficiency in Canada: based on the super-efficiency SBM model and DEA window analysis. *International Journal of Global Warming*, 26(4), 333-360.
38. Suzigan, L., Peña, C., & Guarnieri, P. (2020). Eco-efficiency assessment in agriculture: a literature review focused on methods and indicators. *Journal of Agricultural Science*, 12(7), 118. DOI:10.5539/jas.v12n7p118.

39. Vlontzos, G., & Pardalos, P. (2017). Assess and prognosticate greenhouse gas emissions from agricultural production of EU countries, by implementing DEA Window analysis and artificial neural networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76,* 155-162.
40. Wu, D., Wang, Y., & Qian, W. (2020). Efficiency evaluation and dynamic evolution of China's regional green economy: a method based on the Super-PEBM model and DEA window analysis. *Journal of Cleaner Production,* 264. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121630.
41. Zhan, J., Zhang, F., Li, Z., Zhang, Y., & Qi, W. (2020). Evaluation of food security based on DEA method: a case study of Heihe River Basin. *Annals of Operations Research,* 219, 697-706. DOI: 10.1007/s10479-018-2889-9.