Doi: 10.22034/iaes.2025.2043911.2089

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۹/شماره۳ /صفحه های ۱۶۸-۱۳۹

مدیریت استفاده از نهاده‌های تولید برای بهبود کارایی تولید محصول‌های کشاورزی در ایران: کاربرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا

خدیجه کریمی، مصطفی مردانی نجف‌آبادی، عباس میرزایی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

چکیده

در دهه‌های اخیر، بخش کشاورزی با چالش‌های چندی مانند رشد جمعیت، افزایش تقاضا برای مواد غذایی و محدودیت منابع روبه‌رو شده است. این چالش‌ها به کاهش بهره‌وری و فشار بر منابع طبیعی منجر شده و نگرانی‌هایی را درباره پایداری تولید محصول‌های غذایی ایجاد کرده است. این تحقیق با هدف تحلیل کارایی تولید محصول‌های کشاورزی در ایران، به ارزیابی استفاده از نهاده‌های تولید و اثر گذاری‌های زیست‌محیطی آن‌ها پرداخته است. به این منظور از روش تحلیل پوششی پویا مبتنی بر کمبود و مازاد با در نظر گرفتن نهاده‌های مختلفی از جمله نیروی کار، کود شیمیایی و سطح زیرکشت برای استان‌های مختلف در دوره زمانی ۶ ساله (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸) استفاده شد. انتشار آمونیاک به‌عنوان خروجی نامطلوب و ارزش افزوده محصول‌های کشاورزی به‌عنوان خروجی مطلوب تعریف شد. نتایج تحقیق نشان داد که بین کارایی ورودی‌های کشاورزی مانند نیروی کار، کودهای شیمیایی و سطح زیرکشت، و تولید خروجی‌های نامطلوب مانند انتشار آمونیاک همبستگی مثبت معناداری وجود دارد. به طور میانگین، کارایی کل استان‌ها در بازه ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸حدود ۰/۷۱ بود، در حالی که ۴۸ درصد استان‌ها کارایی زیر میانگین داشتند. استان‌هایی مانند البرز، بوشهر، و تهران با کارایی ۱/۰۰ به عنوان نمونه‌های با کارایی کامل شناسایی شدند، در حالی که استان کهگیلویه و بویراحمد با کارایی ۰/۱۵۵ کمترین کارایی را داشت. استفاده از همه توان بالقوه استان‌های ناکارا و به‌ویژه استان‌های با کارایی تولید پایین‌تر از میانگین برای مدیریت هرچه مناسب‌تر برای استفاده از نهاده‌های تولید تأثیر قابل توجهی در افزایش کارایی این استان‌ها خواهد داشت. می‌توان با بررسی حد مطلوب استفاده از نهاده‌های تولید در استان‌های ناکارا نسبت به نتایج استان‌های مرجع (کاملاً کارا) و مدیریت بهینه آن‌ها به این هدف دست یافت.

طبقه‌بندی JEL: C61 ،Q56 ،Q18 ،Q12

واژه‌های کلیدی: تحلیل کارایی، خروجی‌های نامطلوب، بهینه‌سازی تولید، مدیریت منابع، ضریب همبستگی پیرسون

[۱] به ترتیب: دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار (نویسنده مسئول) و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

Email: m.mardani@asnrukh.ac.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر، بخش کشاورزی با چالش‌های بی‌سابقه‌ای روبه‌رو شده است. رشد سریع جمعیت جهانی، افزایش تقاضا برای مواد غذایی، تخریب اراضی، و کمبود منابع طبیعی از جمله عامل‌هایی هستند که تولید محصول‌های کشاورزی را تحت فشار قرار داده‌اند. در این راستا، استفاده از شیوه‌های ناکارآمد کشاورزی به تشدید چالش‌های مربوط به کاهش بهره‌وری و منابع منجر شده است (Nabavi-Pelesaraei et al., 2017; Sanjuán et al., 2014) این روند باعث افزایش نگرانی‌های جهانی در مورد پایداری تولید محصول‌های غذایی و نیاز به اجرای راهبرد(استراتژی)های مؤثر برای افزایش بهره‌وری شده است.

کاهش منابع آب، تخریب خاک و استفاده نادرست از نهاده‌های شیمیایی و طبیعی، همگی عامل‌هایی هستند که منجر به کاهش کارایی تولیدهای کشاورزی شده‌اند؛ به همین دلیل، تحلیل کارایی تولید محصول‌های کشاورزی به‌عنوان ابزاری کلیدی برای شناسایی نقاط ضعف و قوت نظام(سیستم)های تولید مطرح شده است (Lu et al., 2023). از سوی دیگر، نبود زمینه کارایی برخی منطقه‌ها در مدیریت منابع تولیدی همچون نیروی کار و زمین زراعی نشان‌دهنده نیاز به اصلاح سیاست‌های کشاورزی و بهینه‌سازی بهره‌وری نهاده‌ها است (Abiri et al., 2023).

ارتباط میان کارایی و مدیریت مصرف نهاده‌های کشاورزی یک رابطه مستقیم و حیاتی است. مدیریت بهینه مصرف نهاده‌ها (مانند نیروی کار، زمین کودها و سم‌های شیمیایی و غیره) بر مبنای اصول علمی و فناوری‌های نوین می‌تواند تأثیر زیادی بر کارایی داشته باشد. این ارتباط را می‌توان در مباحثی مانند افزایش عملکرد محصول، کاهش هزینه‌های تولید، حفاظت از محیط زیست و پیشگیری از کاهش کیفیت خاک جستجو کرد. این ارتباط نشان می‌دهد که مدیریت نهاده‌ها نه تنها برای افزایش بهره‌وری ضروری است، بلکه نقشی مهم و بنیادین در حفاظت از منابع طبیعی و کشاورزی پایدار ایفا می‌کند.

افزون بر جنبه‌های اقتصادی، در تحلیل کارایی تولیدهای کشاورزی باید به اثرگذاری‌های زیست‌محیطی نیز توجه شود. استفاده ناکارآمد از نهاده‌هایی مانند آب و کودهای شیمیایی، افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای و مصرف بیش از حد انرژی از جمله عامل‌های کاهش بهره‌وری زیست‌محیطی کشاورزی به شمار می‌روند (Ren et al, 2021). از سوی دیگر مصـرف کودهای شیمیایی نیز در طی ۵۰ سال گذشته به‌طـور چشـم‌گیری در سطح جهان افزایش یافته و با میانگین رشد سالانه معادل ۳/۲ درصـد، در سال ۲۰۰۰ میلادی به ۱۲۸ و تا سال ۲۰۱۰ بـه ۱۸۱

میلیـون تـن رسیده است. در ایران نیز تولید کودهای شیمیایی که از سال ۱۳۲۴ آغاز شد، با الگویی همانند با دیگر کشورهای در حـال توسـعه از اواخـر دهـه۵۰ شمسی به‌سرعت توسـعه یافـت و بخـش عمـده ایـن کودها از نـوع نیتروژنی بوده به‌طوری‌که میزان مصرف کودهای نیتروژن کشور در سال۱۳۹۰ در حدود ۲/۱ و در سال در ۱۴۰۱ در حدود ۳/۷ میلیون تن بوده است. دیگر کودهای نیتروژنه (مانند سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم) نیز به میزان حدود ۵۰۰ هزار تن مصرف می‌شوند. از جمله پیامدهای استفاده از این نوع کودها در خاک، تصعید گاز آمونیاک بوده که از نقش کلیدی در آلودگی هوا دارد. بر مبنای ارزیابی‌های بین المللی (مانند گزارش‌های IPCC) انتشارآمونیاک از کود اوره حدود ۱۵-۲۰٪ و از کودهای آمونیومی حدود ۵-۱۰٪ می باشد. با این حساب، کل انتشار آمونیاک ایران (از کشاورزی، دامداری و صنعت) بین ۳۰۰-۵۰۰ هزار تن در سال است که کودهای شیمیایی سهم ٪۲۵-۴۰ آن را تشکیل می‌دهند (World bank, 2020). به طور میانگین میزان انتشار آمونیاک حاصل از مصرف کودهای شیمیایی مقداری در حدود ۱۲۸ هزار تن است. به همین دلیل، استفاده بهینه و مدیریت مناسب این نوع از نهاده‌ها باید با کاهش اثرگذاری‌های منفی زیست‌محیطی همراه باشد (UNEP,2022).

در حال حاضر برای ارزیابی کارایی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[1] یکی از پرکاربردترین روش‌های بررسی کارایی در تولیدهای کشاورزی است که جزء روش‌های نا فراسنجه‌ای (غیر پارامتریک) برای سنجش کارایی واحدهای تصمیم‌گیری (DMU)[2] به‌شمار آید (Mardani Najafabadi et al., 2020). مزیت اصلی این روش توانایی استفاده از ورودی ها و خروجی های چندی برای اندازه‌گیری کارایی‌های نسبی مجموعه ای از واحدهای تصمیم‌گیر همگن می‌باشد (Emrouznejad & Tavana, 2014). نخستین بار، Farrell (۱۹۵۷)، ارزیابی کارایی در فرایند تولید را پیشنهاد داد. در ادامه، Charnes et al. (۱۹۷۸) از مفهوم روش وی پیروی و الگویی را ارئه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این الگو با عنوان تحلیل پوششی داده‌ها DEA نام گرفت که به دلیل مخفف نام چارنز، کوپر و رودرز به مدل CCR[3] شهرت یافت. پس از آن، Banker et al. (۱۹۸۴) حالت CCR را بهبود بخشیده و مدل BCC[4] که از مخفف نام آن‌ها نشأت گرفته را پیشنهاد کردند و فرضیه مدل

[1] Data Envelopment Analysis
[2] Decision-making Unit
[3] Charnes, Cooper & Rhodes
[4] Banker, Charnes and Cooper

CCR را از بازگشت ثابت نسبت به مقیاس (CRS)[1] به بازگشت متغیر نسبت به مقیاس (VRS)[2] مورد بازبینی قرار دادند. Tone (۲۰۰۱)، با تغییر در مدل‌های پیشین، مدل اندازه‌گیری مبتنی بر متغیرهای کمبود (SBM)[3] را به عنوان اندازه‌گیری کارایی برای متغیرهای ورودی و خروجی اعمال کرد. در ادامه تکامل الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها در نتایج تحقیقات Zhu & Chen (۲۰۰۴)، Kao & Hwang (۲۰۰۸) و Kao (۲۰۰۹) مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌طور مثال، Bonfiglio et al. (۲۰۱۷) با استفاده از شبکه داده حسابداری کشتزار (مزرعه)، تجزیه و تحلیل دو مرحله‌ای (تحلیل پوششی داده‌ها و رگرسیون استوار) و شناسایی تأثیر مجموعه‌ای از عامل‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به تجزیه و تحلیل کارایی زیست‌محیطی در منطقه روستایی ایتالیا پرداختند. همچنین، F¨are et al. (۲۰۰۷) تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA)[4] را پیشنهاد و ادعا کردند که فرآیند تولید از بسیاری از فناوری‌های تولید تشکیل شده و آن را به عنوان زیر واحد تصمیم‌گیری (Sub-DMU)[5] در نظر گرفتند. پس از آن، Tone & Tsutsui (۲۰۰۹) یک مفهوم اصلاح شده از معیارهای مبتنی بر متغیرهای کمبود وزن‌دار را برای مدل NDEA پیشنهاد کردند. پیوند هر بخش از DMU، به عنوان چارچوب تحلیل شبکه DEA استفاده و هر بخش به عنوان یک Sub-DMU لحاظ و آن‌گاه از مدل وزنی SBM برای یافتن راه‌حل بهینه استفاده شد. پس از آن، Tone and Tsutsui (۲۰۱۰) مدل DEA پویا را توسعه دادند. مفهوم مدل DEA پویا روشی برای ارزیابی عملکرد DMU در دوره‌های زمانی مختلف است. Tsutsui & Tone (۲۰۱۴) بار دیگر با استفاده از پیوند تقسیمات DMU به عنوان چارچوب تحلیل مدل DEA، معیارهای مبتنی بر متغیرهای کمبود وزن‌دار را پیشنهاد کردند که هر بخش به عنوان یک Sub-DMU و دوره‌های بین زمانی به عنوان پیوند فعالیت‌های انتقالی در نظر گرفته شدند.

در دهه‌های گذشته، کارایی تولید محصول‌های کشاورزی به طور گسترده بررسی شده و اهمیت زیادی پیدا کرده است. تحلیل‌های مربوط به کارایی، به‌ویژه در بخش کشاورزی، به بهبود بهره‌وری و کاهش پسماندها (ضایعات) کمک می‌کنند. برخی از این تحقیقات از رویکرد چندجهتی کارایی، منابع کشاورزی استفاده نموده و بر تفاوت‌های قابل‌توجه در کارایی نیروی کار و دارایی‌های

[1] Constant Return to Scale
[2] Variable Return to Scale
[3] Slack-Based Measure
[4] Network Data Envelopment Analysis
[5] Sub-Decision-making Unit

کشاورزی طی دوره‌های مختلف تأکید داشته که بر اهمیت سیاست‌های منطقه‌ای در توسعه کشاورزی اشاره دارد (Manevska-Tasevska, 2021). استفاده از روش‌های-DEA Super SBM و شاخص مالمکوئیست-لوئنبرگر (ML)[1] نیز در بسیاری از تحقیقات معمول است. به عنوان مثال در تحقیقی که توسط Luan et al. (2024) انجام شده است، به ارزیابی کارایی انرژی و شکاف فناوری منطقه‌ای در بخش کشاورزی چین پرداخته شده است. آن‌ها در نتایج نشان دادند که تفاوت‌های منطقه‌ای در فناوری تولید، تأثیرگذاری‌های قابل‌توجهی بر کارایی انرژی و بهره‌وری کل در استان‌های مختلف دارد. این تحقیق همچنین عامل‌های موثر بر تغییرپذیری‌های بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی را بررسی کرده و راهکارهایی برای بهبود آن ارائه داده است. افزون بر این، در پژوهشی توسط Elahi et al. (۲۰۲۴)، به بررسی کارایی انتشار کربن در تولید مواد غذایی در حوضه رودخانه یانگ‌تسه پرداخته شد. هدف این بررسی، تحلیل تجربی کارایی انتشار کربن در تولید مواد غذایی و حرکت به سوی توسعه پایدار کشاورزی و کربن‌زدایی بود. از داده‌های کشاورزی و مدل‌های آماری برای ارزیابی کارایی انتشار کربن در تولید مواد غذایی استفاده کردند و نتایج نشان داد که بهبود کارایی انتشار کربن در تولید مواد غذایی می‌تواند به توسعه پایدار کشاورزی و کاهش آثار زیست‌محیطی منجر شود. همچنین، Lu et al. (۲۰۲۴) به بررسی توسعه کشاورزی سبز و کم‌کربن از طریق تجمع تولید غلات و بهبود کارایی زیست‌محیطی کشاورزی در چین پرداخته شد. هدف این بررسی، تحلیل تجربی توسعه کشاورزی سبز و کم‌کربن و بهبود کارایی زیست‌محیطی بود. از داده‌های کشاورزی و مدل‌های آماری برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و تاثیر تجمع تولید غلات بر توسعه کشاورزی سبز استفاده کردند و نتایج نشان داد که توسعه کشاورزی سبز و کم‌کربن و بهبود کارایی زیست‌محیطی می‌تواند به کاهش اثرگذاری‌های زیست‌محیطی منجر شود. در تحقیق دیگری که توسط Lei et al. (2023) انجام شده است، به بررسی تأثیر تخصیص نادرست عامل‌های تولید کشاورزی بر بهره‌وری سبز کشاورزی در چین پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تخصیص نادرست این عامل‌ها می‌تواند منجر به کاهش کارایی تولید سبز شود و بررسی داده‌های منطقه‌ای می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر تأثیرهای آن کمک کند.

[1] Malmquist-Luenberger

تحقیقات و ارزیابی‌های مختلفی در ایران به تحلیل کارایی کشاورزی پرداخته‌اند. در تحقیق Mardani Njafabadi et al. (۲۰۲۳) به ارزیابی کارایی تولیدکنندگان پیاز کشور با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای پرداخته شد. برای این منظور، هزینه شش نهاده شامل دستمزد نیروی کار، اجاره زمین، اجاره ماشین‌ها و ادوات، هزینه آب آبیاری، هزینه کود و هزینه کاربرد آفت‌کش‌ها و یک ستاده بازده ناخالص مدنظر قرار گرفت.

Molaei et al. (۲۰۱۷) کارایی فنی و زیست‌محیطی تولید محصول‌های کشاورزی در بابلسر را بررسی کردند و نشان دادند که کارایی زیست‌محیطی به‌مراتب کمتر از کارایی فنی است، هدف از این ارزیابی بررسی کارایی زیست‌محیطی محصول‌های کشاورزی بود. این بررسی بر روی تولید برنج در بابلسر ایران متمرکز بود و نویسندگان از روش‌های بهینه‌سازی مصرف منابع آب و کاهش مصرف انرژی برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی تولید برنج استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدیریت بهینه منابع آب و کاهش مصرف انرژی می‌تواند به بهبود کارایی زیست‌محیطی کمک کند و بهینه‌سازی مصرف منابع آب در تولید محصول‌های کشاورزی نقش مهمی در کاهش اثرگذاری‌های زیست‌محیطی دارد. Shakeri & Garshasbi (۲۰۰۸) و Mardani & Salarpour (۲۰۱۵) نیز به بررسی کارایی فنی برنج و سیب‌زمینی در استان‌های مختلف ایران پرداختند. نتایج این تحقیقات نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل‌توجهی در کارایی تولید میان استان‌ها است و بر ضرورت اصلاح سیاست‌های محلی تأکید می‌کند. همچنین، بهبود کارایی فنی ممکن است به افزایش مصرف منابع طبیعی و آلاینده‌ها منجر شود و Babaei et al. (۲۰۱۴) نیز به بررسی کارایی مصرف آب در محصول‌های راهبردی اصلی منطقه زابل پرداخته است. هدف این بررسی، افزایش عملکرد تولید و بهبود کارایی مصرف آب در محصول‌های راهبردی کشاورزی منطقه زابل بود. نویسندگان از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای ارزیابی کارایی مصرف آب در محصول‌های راهبردی کشاورزی و کشاورزان منطقه زابل استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدیریت بهینه منابع آب می‌تواند به بهبود کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد تولید در محصول‌های راهبردی کشاورزی کمک کند.

نتایج این تحقیقات به‌طور کلی نشان‌دهنده اهمیت تحلیل کارایی کشاورزی در ایران و نیاز به بهبود مدیریت منابع و سیاست‌های محلی برای افزایش بهره‌وری و کاهش اثرگذاری‌های زیست‌محیطی هستند. البته باید توجه داشت که در اکثر مطالعاتی که بررسی شد، بررسی کارایی چه در سطح منطقه و چه در سطح کشور به صورت موردی و برای محصول‌های ویژه‌ای محاسبه

شده‌است؛ حال آنکه در این بررسی ارزیابی کارایی استان‌های ایران در بخش کشاورزی مورد نظر بوده است.

با توجه به این مسئله‌ها، هدف این بررسی مدیریت استفاده از نهاده‌های تولید جهت بهبود کارایی محصول‌های کشاورزی در ایران است. در این پژوهش، کارایی نهاده‌های تولید و اثرگذاری‌های زیست‌محیطی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته و راهکارهایی برای بهبود مدیریت منابع و افزایش کارایی تولید ارائه می‌شود. این تحلیل با ارزیابی عملکرد استان‌های مختلف کشور و شناسایی چالش‌های کلیدی از جمله مصرف نامطلوب نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی، نیروی‌کار و زمین‌های زراعی، راهبردهایی برای بهینه‌سازی منابع و افزایش بهره‌وری کشاورزی پیشنهاد می‌دهد. مشخص کردن میزان‌های بهینه مصرف نهاده‌ها برای استان‌های ناکارا می‌تواند راهنمای سیاستگذاران برای بهبود کارایی تولید محصول‌های کشاورزی باشد. برای این منظور استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا به دلیل مد نظر قرار دادن روند زمانی ورودی‌ها و خروجی‌های مورد نظر از نقطه‌های قوت این بررسی به‌شمار می‌آید.

مواد و روش‌ها

در مفهوم تحلیل کارایی با استفاده از روش DEA ، امتیاز کارایی در بازه‌ای بین ۰ و ۱ قرار می‌گیرد. امتیاز ۱ یا مقدارهای نزدیک به آن نشان‌دهنده کارایی بالا و عملکرد بهینه است و به عنوان شاخصی کمی در ارزیابی کارایی استفاده می‌شود. هرچه این مقدار بزرگ‌تر باشد، کارایی بهتر ارزیابی می‌شود. برعکس، کاهش مقدار ورودی به عنوان مخرج، کارایی را افزایش می‌دهد و در صورتی که خروجی‌های نامطلوب وجود داشته باشند، باید به عنوان مخرج در نظر گرفته شوند. هرچه این مقدارها کوچک‌تر باشند، امتیاز کارایی بهتری به دست خواهد آمد. به طور خاص، مدل DEA پویا مبتنی بر کمبود و مازاد، ساختاری پویا دارد که ارتباط بین دوره‌ها را در نظر گرفته و تحلیل کارایی در شرایط تغییرهای زمانی و انتقالی بین دوره‌ها را فراهم می‌کند. این نسخه از مدل بر پویایی و ارتباط بین دوره‌های مختلف و خروجی‌های نامطلوب تأکید دارد و از مدل DEA پویا برای تحلیل کارایی استفاده می‌کند (Tone &Tsutsui, 2014).

در این تحقیق حاضر، از مدل DEA پویا مبتنی بر کمبود و مازاد برای تحلیل کارایی استفاده شده که امکان بررسی انتقال بین دوره‌ها را فراهم می‌کند. فرض کنید n واحد تصمیم‌گیری (DMUs) و T دوره وجود دارند. هر DMU در دوره t دارای ورودی و خروجی مطلوب و نامطلوب به دوره t+1 دارد.Y و X برای نمایش ورودی‌ها و خروجی‌ها تنظیم می‌شوند.

تعریف‌های ورودی‌ها، خروجی‌ها، و پیوندهای انتقالی در هر مرحله به تفصیل در زیر توضیح داده شده‌اند.

به‌منظور روشن‌تر کردن فرآیند محاسباتی و تطبیق آن با هدف تحقیق، ارزش محصول کشاورزی تولید شده و ارزش دارایی‌های ثابت مورد استفاده در فرآیند تولید به ترتیب به عنوان خروجی مطلوب و انتقال درنظر گرفته شده‌اند. مقدارهای هدف برای ورودی‌ها و خروجی‌ها به دو روش متفاوت محاسبه شده‌اند. برای ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب، مقدارهای هدف با کسر مازادها از مقدارهای واقعی محاسبه شده‌اند. این روش به منظور کاهش استفاده از منابع و کاهش تولید خروجی‌های نامطلوب به کار گرفته می‌شود. در مقابل، برای خروجی‌های مطلوب، مقدارهای هدف با اضافه کردن کمبودها به مقدارهای واقعی محاسبه شده‌اند.

مدل غیر جهت‌دار[1] (بدون در نظر گرفتن نهاده‌گرا یا ستاده‌گرا بودن)

کارایی کلی[2] در این تحقیق به ارزیابی جامع عملکرد تولید کشاورزی اشاره دارد که بر مبنای نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها در یک چارچوب کلی تعریف می‌شود. در این رویکرد، هدف بیشینه‌سازی معادل وزنی مازاد ارزش افزوده محصول‌های کشاورزی به‌عنوان خروجی مطلوب و همزمان کمینه‌سازی معادل وزنی مازاد خروجی‌های نامطلوب، مانند انتشار آمونیاک (NH3) است. کارایی کلی به‌عنوان یکی از عنصرهای تأثیرگذار بر بهره‌وری، نه تنها به بررسی بهره‌وری منابعی چون نیروی کار، زمین و کودهای شیمیایی می‌پردازد، بلکه به تحلیل اثرهای متقابل این عامل‌ها بر همدیگر نیز توجه دارد. این ارزیابی می‌تواند به شناسایی نقطه‌های قوت و ضعف در فرآیند تولید کمک کند و به تصمیم‌گیری‌های بهینه در تخصیص منابع و مدیریت تولید منجر شود (Abdeshahi et al., 2024). به‌این‌ترتیب، کارایی کلی به‌عنوان ابزاری برای ارتقاء بهره‌وری و پایداری در بخش کشاورزی عمل می‌کند، با هدف دستیابی به تولید بیشتر و آلودگی کمتر در همه‌ی مرحله‌های فرآیند.

رابطه (فرم) جبری این تابع هدف را می توان در معادله ۱ مشاهده کرد.

$$\theta_0^* = min \frac{\sum_{t=1}^{T} W^t \left[1 - \frac{1}{m+ninput} \times \left(\sum_{i=1}^{m} \frac{S_{io}^{t-}}{X_{io}^{t}} + \sum_{l}^{ninput} \frac{S_{o_l input}^{(t.(t+1)}}{Z_{o_l\, input}^{(t.t+1)}}\right)\right]}{\sum_{t=1}^{T} W^t \left[1 + \frac{1}{r_1+r_2} \times \left(\sum_{r=1}^{r_1} \frac{S_{rogood}^{t+}}{y_{rogood}^{t}} + \sum_{r=1}^{r_2} \frac{s_{robad}^{t-}}{y_{robad}^{t}}\right)\right]} \quad (۱)$$

[1] non-oriented
[2] Overall Efficiency

فراسنجه (پارامتر)ها و متغیرهای این معادله به شرح زیر توضیح داده می‌شوند:

X_i^t: مقدارهای ورودی i شامل نیروی کار کشاورزی، کود و زمین کشاورزی برای دوره t (دوره ۶ ساله بین سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸). شایان یادآوری است که نیروی کار کشاورزی به شمار شاغلان در بخش کشاورزی هر استان اشاره دارد که از ضرب کل شاغلان در درصد اشتغال کشاورزی به‌دست می‌آید. کود شیمیایی شامل مصرف کود نیتروژن در هر استان است که از ضرب مقدار مصرفی در ضریب سهمی آن محاسبه می‌شود. همچنین، سطح زیرکشت مجموع سطح زیر کشت محصول‌های زراعی و سطح بارور باغ‌ها را نشان می‌دهد. منابع اطلاعاتی برای گرداوری داده‌های این پارامتر شامل مرکز آمار ایران و وزارت جهاد کشاورزی هستند. توجه شود که مدل استفاده شده یک مدل غیر جهت دار بوده (نه نهاده‌گرا و نه ستاده گرا) و به همین دلیل حذف یا اضافه برخی نهاده‌ها یا ستاده‌ها مسئله‌ای در تفسیر نتایج کارایی و هدف تحقیق که مشخص کردن حد مطلوب استفاده از نهاده‌ها است ایجاد نمی‌کند.

Y_{bad}^t: خروجی نامطلوب مدل (آمونیاک) برای دوره t. انتشار آمونیاک (NH3) به‌عنوان خروجی نامطلوب، با ضرب مقدار کود شیمیایی مصرفی در ضریب تبدیل ۱۴/۵ درصد، بر مبنای گزارش نهایی توسعه و انتخاب عامل‌های انتشار آمونیاک (آگوست ۱۹۹۴) محاسبه شده و به‌عنوان یکی از آلاینده‌های هوای کشاورزی در نظر گرفته می‌شود (Battye et al., 1994).

Y_{good}^t : خروجی مطلوب مدل (تولید مواد غذایی کشاورزی). این فراسنجه بر مبنای ارزش افزوده محصول‌های کشاورزی و باغی به قیمت جاری، بر اساس داده‌های گزارش شده توسط مرکز آمار ایران، به‌عنوان خروجی مطلوب در تحلیل کارایی در نظر گرفته شده است.

$Z_{\text{input}}^{(t.(t+1)}$: فراسنجه ورودی قابل انتقال (سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ثابت). برای محاسبه این ورودی کل دارایی‌های ثابت کشاورزی هر استان در هر سال به‌عنوان فراسنجه قابل انتقال بین دوره‌های مورد ارزیابی، از ضرب سهم استان در محصول ناخالص داخلی به قیمت جاری در موجودی سرمایه خالص کل به قیمت‌های جاری، بر مبنای داده‌های مرکز آمار ایران (۱۴۰۱) محاسبه شده است.

W^t: در اینجا، نمایانگر وزن‌های ورودی یا خروجی است در دوره t است. این نمایه‌سازی این امکان را می‌دهد که تأثیر متغیرها در طول زمان یا در شرایط مختلف بررسی شود. با استفاده از W^t، می‌توان تغییرها در اهمیت نسبی هر فراسنجه را در طول زمان یا در پیش‌فرض(سناریو)های مختلف تجزیه و تحلیل کرد.

S_{rogood}^{t+} و s_{robad}^{t-} به ترتیب بیانگر کمبود خروجی نامطلوب و مازاد خروجی مطلوب هستند.

برای محاسبه کارایی دوره‌ای از رابطه جبری در معادله (۲) استفاده شد. این نوع کارایی به معنای ارزیابی عملکرد تولید کشاورزی در بازه‌های زمانی مختلف است، به‌طوری که بهره‌وری منابع تولید مانند نیروی کار، زمین زراعی و کودهای شیمیایی در هر دوره زمانی مشخص شود. این ارزیابی به کمک شاخص‌های خروجی مطلوب، یعنی ارزش افزوده محصول‌های کشاورزی، و خروجی نامطلوب، مانند انتشار آمونیاک (NH3)، انجام می‌شود. هدف اصلی این مفهوم، بررسی تغییرپذیری‌های بهره‌وری در طول زمان و شناسایی روندهای بهبود یا ناکارآمدی در فرآیند تولید است تا بتوان به بهینه‌سازی منابع و کاهش آلاینده‌ها دست یافت.

$$\partial_0^* = \min \frac{\left(1 - \frac{1}{\mathrm{m}+\mathrm{ngood}} \times \left(\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{m}} \frac{\mathrm{S}_{\mathrm{io}}^{\mathrm{t}-}}{\mathrm{x}_{\mathrm{io}}^{\mathrm{t}}} + \sum_{h_l=1} \frac{\boldsymbol{s}_{o(h)_l in}^{t}}{\boldsymbol{z}_{o(h)_l in}^{t}} + \sum_{l}^{ngood} \frac{\boldsymbol{s}_{o_l good}^{(t.t+1)}}{\boldsymbol{z}_{o_l good}^{(t.t+1)}}\right)\right)}{1 + \frac{1}{\mathrm{r}_1+\mathrm{r}_2} \times \left(\sum_{r=1}^{r_1} \frac{\boldsymbol{s}_{rogood}^{t+}}{\boldsymbol{y}_{rogood}^{t}} + \sum_{r=1}^{r_2} \frac{\boldsymbol{s}_{robad}^{t-}}{\boldsymbol{y}_{robad}^{t}}\right)} \quad (۲)$$

محدودیت‌های مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا در قالب معادله‌های (۳) تا (۸) ارائه شده‌اند.

$$x_o^t = X^t\lambda^t + S_o^{t-} \ (\forall t); \quad (۳)$$

$$y_{obad}^t = Y_{bad}^t\lambda^t + s_{obad}^{t+} \ (\forall t) \quad (۴)$$

$$y_{ogood}^t = Y_{good}^t \ \lambda^t - s_{ogood}^{t+} (\forall t) \quad (۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} z_{j\alpha}^{(t.(t+1)} \lambda_j^t = \sum_{j=1}^{n} z_{j\alpha}^{(t.(t+1)} \lambda_j^{t+1} \ (t = 1. \ldots . T-1) \quad (۶)$$

$$Z_{oinput}^{(t.(t+1))} = \sum_{j=1}^{n} z_{jinput}^{(t.(t+1))} \lambda_{jk}^t + s_{oinput}^{(t.(t+1))} \quad ; \forall t \quad (۷)$$

$$\lambda^t \geq 0. s_o^{t-} \geq 0, s_{obad}^{t+} \geq 0, (\forall t) \quad (۸)$$

در معادله‌های (۳) تا (۸)، λ به عنوان یک فراسنجه کلیدی معرفی می‌شود. این نماد نمایانگر وزن‌های تخصیص داده‌شده به ورودی‌ها یا خروجی‌های سامانه(سیستم) است. به طور خاص، λ نشان‌دهنده تأثیر نسبی هر عنصر در تحلیل کارایی بوده و این امکان را فراهم می‌کند که تفاوت‌های موجود در کارایی میان واحدهای مختلف بررسی کرد. رابطه جبری مجموعه محدویت ورودی‌های (در اینجا نهاده های تولید مانند زمین، نیروکار و کود شیمیایی) در معادله ۳ آمده است. معادله ۴ محدودیت مربوط به خروجی نامطلوب (انتشار آمونیاک) مرحله تولید غذا را نشان می‌دهد. محدودیت ۵ مربوطه به فراسنجه خروجی (محصول‌های کشاورزی) است. همان‌طور که پیشتر گفته شد، یک داده مشاهداتی قابل انتقال بین دوره‌ای به نام سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ثابت وجود دارد که به عنوان یک ورودی مطلوب (خوب) شناخته می‌شود و در معادله ۶ و ۷ آمده است. مجموعه محدودیت ۸ مربوط به ایجاد شرایط غیر منفی برای متغیرهای تصمیم در مرحله ۱ است.

برای چیره شدن بر هرگونه سوگیری احتمالی، Hu and Wang (۲۰۰۶)، شاخص‌های کارایی عامل‌ها را مطرح کردند. این نوع از کارایی به محاسبه کارایی تک تک ورودی‌ها و خروجی‌های استاده شده در مدل‌های DEA مناسب است. در این بررسی نیز از این شاخص‌ها بهره گرفته خواهد شد. " i " نشان‌دهنده DMU و " t " نشان دهنده زمان است. از این‌رو، رابطه‌های کارایی به‌صورت زیرتعریف می‌شوند:

$$\text{کارایی ورودی} = \frac{\text{ورودی هدف } (t.i)}{\text{ورودی واقعی } (t.i)} \quad (۹)$$

$$\text{کارایی خروجی نامطلوب} = \frac{\text{خروجی نامطلوب هدف } (t.i)}{\text{خروجی نامطلوب واقعی } (t.i)} \quad (۱۰)$$

$$\text{کارایی خروجی مطلوب} = \frac{\text{خروجی مطلوب واقعی } (t.i)}{\text{خروجی مطلوب هدف}(t.i)} \quad (۱۱)$$

شایان یادآوری است که از نرم‌افزارGAMS برای حل مدل استفاده شد. GAMS یک سامانه(سیستم) مدل‌سازی ریاضی است که توانایی حل مدل‌های پیچیده، به‌ویژه در مسئله‌های

بهینه‌سازی را دارد. برای تحلیل آماری این پژوهش از نرم‌افزار SPSS جهت محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بین کارایی عامل‌ها (ورودی‌ها و خروجی‌ها) با میانگین کارایی کلی استفاده شده است. این تحلیل به منظور بررسی رابطه‌های بین متغیرهای مختلف و تحلیل آماری نتایج به کار رفته است.

نتایج و بحث

کارایی کلی استان‌های ایران در تولید محصول‌های کشاورزی در جدول ۱ گزارش شده است. بنا بر نتایج، استان‌های خوزستان، خراسان جنوبی، تهران، بوشهر، و چند استان دیگر از جمله ایلام، سمنان، یزد و قم با کارایی‌کلی برابر با یک، به عنوان استان‌های بسیار کارا شناسایی شده‌اند.

این استان‌ها توانسته‌اند با استفاده بهینه از منابع، بهره‌وری بالا و تولید محصول‌های کشاورزی قابل‌توجهی داشته باشند. در مقابل، استان‌هایی مانند کهگیلویه و بویراحمد (۰/۱۵۵) و گلستان (۰/۱۸۱) پایین‌ترین میزان کارایی را دارند، که نشان‌دهنده بهره‌وری کمتر از ورودی‌ها و سطح تولید پایین‌تر محصول‌های کشاورزی در این استان‌ها است. از کل استان‌های مورد بررسی، حدود ۵۵ درصد از آنها کارایی کمتر از میانگین دارند. برای مثال، استان‌هایی مانند کردستان (۰/۶۷۷)، زنجان (۰/۴۳۶) و لرستان (۰/۴۸۹) در دسته استان‌های با کارایی متوسط قرار می‌گیرند. این تفاوت‌ها در کارایی نشان می‌دهد که برخی استان‌ها در مدیریت ورودی‌های کشاورزی مانند نیروی کار، کودهای شیمیایی و زمین‌های زراعی نیاز به بهبود دارند. تفاوت در کارایی کشاورزی استان‌های ایران ممکن است ناشی از ترکیبی از عامل‌های مختلف مانند دسترسی به منابع مالی و تسهیلات، تجربه و مهارت نیروی‌کار، استفاده از فناوری(تکنولوژی)های نوین، شرایط جغرافیایی و اقلیمی و حمایت‌های دولتی باشد. استان‌هایی که کارایی بالاتری دارند، به‌طور معمول از دسترسی به منابع مالی و تسهیلات بهتر، نیروی کار ماهر و مدیریت کارآمد، استفاده از فناوری(تکنولوژی)های پیشرفته کشاورزی، شرایط اقلیمی و خاک مناسب‌تر و حمایت‌های دولتی بیشتر برخوردارند.

تحلیل کارایی کلی کمک می‌کند تا نقطه‌های ضعف هر استان در استفاده بهینه از منابع شناسایی شده و راهکارهای مناسب برای بهبود بهره‌وری پیشنهاد شود. این تحلیل می‌تواند مبنای مناسبی برای سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای و توسعه‌ی متوازن‌تر در بخش کشاورزی کشور باشد. بررسی کارایی تولیدکنندگان پیاز کل کشور در نتایج تحقیق Mardani Najafabadi et al. (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که برخی از استان‌ها مانند خوزستان و چهارمحال و بختیاری به‌طور کامل کارا

عمل کرده‌اند؛ با این حال علیرغم اینکه استان کردستان در تولید پیاز به‌طور کامل کارا بوده، اما هنگام محاسبه کارایی کلی محصول‌های کشاورزی دارای کارایی متوسط بوده است. این مقایسه دلیل اهمیت این پژوهش را که در بخش مقدمه بیان شد، به وضوح به نمایش می‌گذارد. از یکسو ممکن است استانی در استفاده منابع خود برای یک محصول کشاورزی خاص در مرز کارایی قرار داشته باشد و از سوی دیگر ممکن است که در همان استان استفاده از منابع تولید کشاورزی به طور مطلوب صورت بپذیرد.

جدول (۱) کارایی کلی تولید محصول‌های کشاورزی به تفکیک استان‌های مختلف

Table (1)Overall efficiency of agricultural production by province

استان Province	امتیاز کارایی Efficiency score	استان Province	امتیاز کارایی Efficiency score	استان Province	امتیاز کارایی Efficiency score
البرز Alborz	1	فارس Fars	0.911	ایلام Ilam	1
اردبیل Ardabil	0.323	قزوین Qazvin	0.633	کرمان Kerman	1
آذربایجان غربی West Azerbaijan	0.496	قم Qom	1	کرمانشاه Kermanshah	0.364
آذربایجان شرقی East Azerbaijan	0.376	گیلان Gilan	0.776	خراسان جنوبی South Khorasan	1
بوشهر Bushehr	1	گلستان Golestan	0.181	خراسان رضوی Razavi Khorasan	0.639
چهارمحال و بختیاری Chaharmaha va Bakhtiari	1	همدان Hamedan	0.371	خراسان شمالی North Khorasan	1
اصفهان Isfahan	0.617	هرمزگان Hormozgan	1	خوزستان Khuzestan	1
تهران Tehran	1	یزد Yazd	1	زنجان Zanjan	0.436
کردستان Kurdistan	0.677	مرکزی Markazi	0.512	سیستان و بلوچستان Sistan va Baluchestan	0.203
کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh va Boyer-Ahmad	0.155	مازندران Mazandaran	0.989		
لرستان Lorestan	0.489	سمنان Semnan	1		

بررسی کارایی دوره‌ای تولید محصول‌های کشاورزی در استان‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸ در جدول ۲ ارائه شده است. برخی استان‌ها در همه دوره‌ها به کارایی کامل (امتیاز ۱) دست یافته‌اند. استان‌های البرز، بوشهر، چهارمحال و بختیاری، قم، هرمزگان، ایلام، کرمان، خراسان جنوبی، خوزستان، سمنان، تهران و یزد از جمله استان‌هایی هستند که در تمام این سال‌ها کارایی کامل داشته و استفاده مطلوبی از منابع خود نشان داده‌اند. این یافته‌ها نشان‌دهنده پایداری و ثبات این استان‌ها در مدیریت منابع کشاورزی در طول زمان است. در مقابل، استان‌هایی مانند کهگیلویه و بویراحمد، سیستان و بلوچستان، گلستان، همدان، و اردبیل در تمام دوره‌های مورد بررسی به امتیاز کارایی زیر ۰/۵ دست یافته‌اند. به عنوان مثال، کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۹۸ پایین‌ترین کارایی (۰/۰۹) را داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که این استان‌ها نیاز جدی به بهبود در مدیریت منابع تولید کشاورزی خود دارند تا به مرزکارایی کشاورزی ایران نزدیک‌تر شوند. در نتیجه باید توجه شود که راهنمای این مدیریت در تفاوت میان مقدارهای مطلوب و واقعی نهفته است که پس بررسی امتیاز کارایی به آنها پرداخته خواهد شد.

استان‌هایی مانند آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، لرستان، و زنجان نیز در بیشتر دوره‌ها کارایی متوسطی داشته‌اند. با این‌حال، برخی از این استان‌ها، مانند لرستان در سال ۱۳۹۸ به کارایی کامل رسیده‌اند، در حالی که در سال‌های گذشته کارایی کمتری داشته‌اند. این تغییرها نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه برخی استان‌ها برای بهبود کارایی در طول زمان است. استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، و گیلان نیز در برخی از دوره‌ها کارایی کامل داشته‌اند اما در دیگر دوره‌ها کارایی آنها کاهش یافته است. برای مثال، اصفهان در سال ۱۳۹۳ به کارایی کامل رسید اما در سال ۱۳۹۸ کارایی آن به ۰/۴۷ کاهش یافته است. این الگوها نشان می‌دهد که این استان‌ها می‌توانند به کارایی کامل برسند، اما پایداری لازم برای حفظ آن را ندارند. این تحلیل نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجهی در عملکرد استان‌ها از نظر کارایی تولید کشاورزی است و نیاز به توجه بیشتر به استان‌هایی که کارایی پایینی دارند، مشهود است. در نهایت، باید توجه داشت که بررسی دقیق کارایی تولید کشاورزی در استان‌های مختلف ضرورت دارد. به‌ویژه نظارت بر استان‌هایی که کارایی پایین‌تری دارند، می‌تواند به تسریع فرآیند بهبود کلی کشاورزی در کشور منجر شود. استان‌ها با توان بالقوه بالای کارایی باید برنامه‌ریزی و راهبرد(استراتژی)های مؤثری را به منظور آسانگری بهبودهای پایدار در تولید کشاورزی به کار گیرند.

جدول (۲) کارایی دوره‌ای شش ساله (۱۳۹۸-۱۳۹۳) به تفکیک استان

Table (2) Six-year periodic efficiency (2013-2018) by province

۱۳۹۸ 2019	۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۶ 2017	۱۳۹۵ 2016	۱۳۹۴ 2015	۱۳۹۳ 2014	استان Province
1	1	1	1	1	1	البرز Alborz
0.24	0.28	0.23	0.22	0.62	0.34	اردبیل Ardabil
0.33	1	0.39	0.49	0.39	0.49	آذربایجان غربی West Azerbaijan
0.27	0.44	0.34	0.43	0.42	0.34	آذربایجان شرقی East Azerbaijan
1	1	1	1	1	1	بوشهر Bushehr
1	1	1	1	1	1	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal va Bakhtiari
0.47	0.66	0.58	0.51	0.56	1	اصفهان Isfahan
0.56	1	1	1	1	1	فارس Fars
0.36	0.75	0.64	1	0.59	0.56	قزوین Qazvin
1	1	1	1	1	1	قم Qom
0.72	1	1	1	0.5	0.53	گیلان Gilan
0.16	0.17	0.19	0.2	0.19	0.18	گلستان Golestan
0.24	0.36	0.28	0.33	0.34	0.5	همدان Hamedan
1	1	1	1	1	1	هرمزگان Hormozgan
1	1	1	1	1	1	ایلام Ilam
1	1	1	1	1	1	کرمان Kerman
0.25	1	0.3	0.29	0.23	0.26	کرمانشاه Kermanshah
1	1	1	1	1	1	خراسان جنوبی South Khorasan
0.47	0.81	0.51	0.55	1	0.59	خراسان رضوی Razavi Khorasan
1	1	1	1	1	0.74	خراسان شمالی North Khorasan
1	1	1	1	1	1	خوزستان Khuzestan
0.41	1	0.35	1	0.45	1	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh va Boyer-Ahmad
0.09	0.14	0.14	0.16	0.17	0.19	کردستان Kurdistan
1	0.5	0.4	0.41	0.37	0.38	لرستان Lorestan
0.27	0.89	0.41	0.56	0.38	0.52	مرکزی Markazi
1	1	1	1	0.94	1	مازندران Mazandaran
1	1	1	1	1	1	سمنان Semnan
0.17	0.22	0.19	0.19	0.23	0.17	سیستان و بلوچستان Sistan va Baluchestan
1	1	1	1	1	1	تهران Tehran
1	1	1	1	1	1	یزد Yazd
0.41	0.46	0.47	0.44	0.43	0.36	زنجان Zanjan

منبع : یافته های تحقیق

Source: Research findings

در این بخش، به منظور بهبود کارایی واحدهای تولیدی کشاورزی، ممقدارهای هدف برای ورودی‌ها و خروجی‌ها تعیین شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ورودی‌ها شامل نیروی کار، مصرف کود و سطح زیرکشت است. خروجی‌های این پژوهش به دو دسته مطلوب و نامطلوب تقسیم می‌شوند. خروجی نامطلوب شامل میزان آمونیاک تولیدشده به عنوان پسماندهای(ضایعات) فرآیند تولید است. به عنوان مثال همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، استان البرز دارای امتیاز کارایی ۱ است؛ در عین حال مقدارهای هدف و واقعی موجود در جدول ۳ برای همه عامل‌های تولید و ستاده‌ها یکسان است. عملکرد صحیح مدل مورد استفاده در این پژوهش نیز از بررسی این جزئیات مشخص می‌شود. باید توجه داشت که تفسیر مقدارهای مطلق مقدارهای هدف و واقعی کار دشواری به نظر می‌رسد؛ به همین دلیل می‌توان به تفسیر مقدارهای امتیاز کارایی عامل‌های تولید و ستاده پرداخت.

جدول(۳) مقدارهای واقعی و هدف برای ارزیابی کارایی عامل‌های تولید محصول‌های کشاورزی

Table (3) Actual and target values for evaluating the efficiency of agricultural production inputs

استان Province	مقادیر واقعی Actual values						مقادیر هدف Target values					
	نیروی کار کشاورزی (ده هزارنفر) Agricultural labor (Thousand Man power)	کود شیمیایی (صدتن) Fertilizer (hundred tons)	سطح زیر کشت (هزارهکتار) Cultivated area (thousand hectares)	آمونیاک (صدتن) Ammonia (hundred tons)	ارزش محصول کشاورزی (میلیون ریال) Agricultural product value (million Rials)	دارایی‌های ثابت کشاورزی (میلیارد ریال) agricultural fixed assets (billion Rials)	نیروی کارکشاورزی Agricultural labor	کودشیمیایی Fertilizer	سطح زیرکشت Cultivated area	آمونیاک Ammonia	ارزش محصول کشاورزی Agricultural product value	دارایی‌های ثابت کشاورزی agricultural fixed assets
البرزAlborz	2	33	64	5	20	850	2	33	64	5	20	850
اردبیل Ardabil	14	235	525	34	26	299	6	73	122	11	32	574
آذربایجان غربی West Azerbaijan	31	222	671	32	48	590	12	121	192	18	48	609

ادامه جدول(۳) مقدارهای واقعی و هدف برای ارزیابی کارایی عامل‌های تولید محصول‌های کشاورزی

Table (3) Actual and target values for evaluating the efficiency of agricultural production inputs

آذربایجان شرقی East Azerbaijan	1058	45	15	182	102	8	1000	45	36	804	245	25
بوشهر Bushehr	1547	19	4	142	27	4	1547	19	4	142	27	4
چهارمحال و بختیاری Chaharmahal va Bakhtiari	190	18	14	166	97	4	190	18	14	166	97	4
اصفهان Isfahan	1701	48	19	217	130	11	1677	48	31	308	217	17
فارس Fars	1325	121	74	955	514	24	1325	121	84	1027	578	25
قزوین Qazvin	817	36	11	156	76	6	458	33	24	344	163	7
قم Qom	291	6	6	54	43	1	291	6	6	54	43	1
گیلان Gilan	659	62	23	276	160	16	646	62	27	318	189	23
گلستان Golestan	1250	41	15	188	101	6	359	41	68	681	466	14
همدان Hamedan	728	45	14	185	95	8	389	45	35	678	239	15
هرمزگان Hormozgan	638	36	7	136	45	9	638	36	7	136	45	9
ایلام Ilam	274	9	16	231	114	4	274	9	16	231	114	4
کرمان Kerman	912	98	45	575	313	29	912	98	45	575	313	29
کرمانشاه Kermanshah	551	43	17	253	114	6	487	42	47	853	327	15
خراسان جنوبی South Khorasan	149	15	6	140	41	7	149	15	6	140	41	7
خراسان رضوی Razavi Khorasan	1490	93	50	584	347	23	1490	93	68	911	468	44
خراسان شمالی North Khorasan	163	20	14	297	96	10	162	20	14	298	96	10
خوزستان Khuzestan	4059	77	140	1026	966	26	4059	77	140	1026	966	26
کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh va Boyer-Ahmad	495	20	10	117	67	3	495	12	12	167	81	3
کردستان Kurdistan	1078	32	7	113	48	4	279	27	30	797	206	12
لرستان Lorestan	371	32	18	162	126	7	350	32	36	501	248	12

ادامه جدول(۳) مقدارهای واقعی و هدف برای ارزیابی کارایی عامل‌های تولید محصول‌های کشاورزی

Table (3) Actual and target values for evaluating the efficiency of agricultural production inputs

مرکزی Markazi	7	186	371	27	33	580	5	77	162	11	35	604
مازندران Mazandaran	20	357	542	52	100	965	20	355	529	51	100	965
سمنان Semnan	3	76	126	11	23	274	3	76	126	11	23	274
سیستان و بلوچستان Sistan va Baluchestan	9	94	247	14	26	410	4	44	102	6	30	1813
تهران Tehran	12	129	176	19	44	6493	12	129	176	19	44	6493
یزد Yazd	3	42	99	6	29	556	3	42	99	6	29	556
زنجان Zanjan	10	140	496	20	22	286	6	63	142	9	23	301

منبع : یافته های تحقیق Source: Research findings

مقدارهای کارایی هریک از عامل‌های مرحله تولید و ستاده‌های آن محاسبه و در جدول ۴ ارائه شده است. بنابر با نتایج استان‌های البرز، بوشهر، چهارمحال و بختیاری، قم، هرمزگان، ایلام، کرمان، خراسان جنوبی، خوزستان، سمنان، تهران و یزد با کارایی کامل در همه فراسنجه(پارامتر)های ورودی، به‌طور بهینه و موثر از نیروی کار، کود شیمیایی و زمین قابل کشت در مقایسه با سایر استان‌های کشور بهره برده‌اند. این نتیجه با توجه به مقدارهای امتیاز کارایی که در جدول ۱ حاصل شد دور از انتظار نیست. در مقابل، استان کردستان با پایین‌ترین کارایی نیروی کار (۰/۳۳)، کود شیمیایی (۰/۲۲) و سطح زیرکشت (۰/۱۴)، وضعیت نامناسبی را از منظر بهره‌وری منابع تولید تجربه کرده است. نتایج جدول ۴ بیانگر این حقیقت است که استان کردستان با پایین‌ترین کارایی (۰/۲۲) در مدیریت خروجی نامطلوب آمونیاک، نارسایی‌های قابل توجهی در زمینه مسائل زیست محیطی در مرحله تولید غذا دارد. نتایج خروجی مطلوب نشان می‌دهد که بیشتر استان‌ها با کارایی کامل در ارزش محصول کشاورزی، به عنوان نمونه‌های موفق در تولید محصول‌های کشاورزی شناخته می‌شوند. این در حالی است که استان کهکیلویه و بویراحمد با پایین‌ترین امتیاز (۰/۷۸) در خروجی مطلوب، نیازمند تجدید نظر در شرایط تولید دارد. در پایان، استان کردستان با پایین‌ترین کارایی (۰/۲۹) در زمینه عامل انتقال، نیاز به بهبود در مدیریت و استفاده از دارایی‌های ثابت دارد. در نتیجه باید توجه شود که بررسی‌های گوناگونی

وجود دارد که مؤید هم‌راستا بودن امتیاز کارایی عامل‌ها و ستاده‌ها و کارایی کلی است (Mosbah et al., 2020).

جدول (۴) امتیاز کارایی عامل‌های مختلف مرحله تولید و ستاده‌های محصول‌های کشاورزی

Table (4) The efficiency of different factors of the production stage and the output of agricultural products

	ورودی‌ها Input					خروجی نامطلوب Undesirable output	خروجی مطلوب Desirable output	انتقال Carry-over
استان Province	نیروی کار کشاورزی Agricultural labor	کودشیمیایی Fertilizer	سطح زیر کشت Cultivated area	آمونیاک Ammonia		محصول کشاورزی Production output	دارایی‌های ثابت Fixed assets	
البرز Alborz	1	1	1	1		1	1	
اردبیل Ardabil	0.38	0.35	0.35	0.35		0.96	0.62	
آذربایجان غربی West Azerbaijan	0.39	0.6	0.39	0.6		1	1	
آذربایجان شرقی East Azerbaijan	0.35	0.42	0.23	0.42		1	0.92	
بوشهر Bushehr	1	1	1	1		1	1	
چهارمحال و بختیاری Chaharmahal va Bakhtiari	1	1	1	1		1	1	
اصفهان Isfahan	0.65	0.6	0.71	0.6		1	0.99	
فارس Fars	0.98	0.91	0.93	0.91		1	1	
قزوین Qazvin	0.85	0.64	0.57	0.64		0.97	0.96	
قم Qom	1	1	1	1		1	1	
گیلان Gilan	0.7	0.83	0.86	0.83		1	0.97	

ادامه جدول (۴) امتیاز کارایی عامل‌های مختلف مرحله تولید و ستاده‌های محصول‌های کشاورزی

Table (4) The efficiency of different factors of the production stage and the output of agricultural products

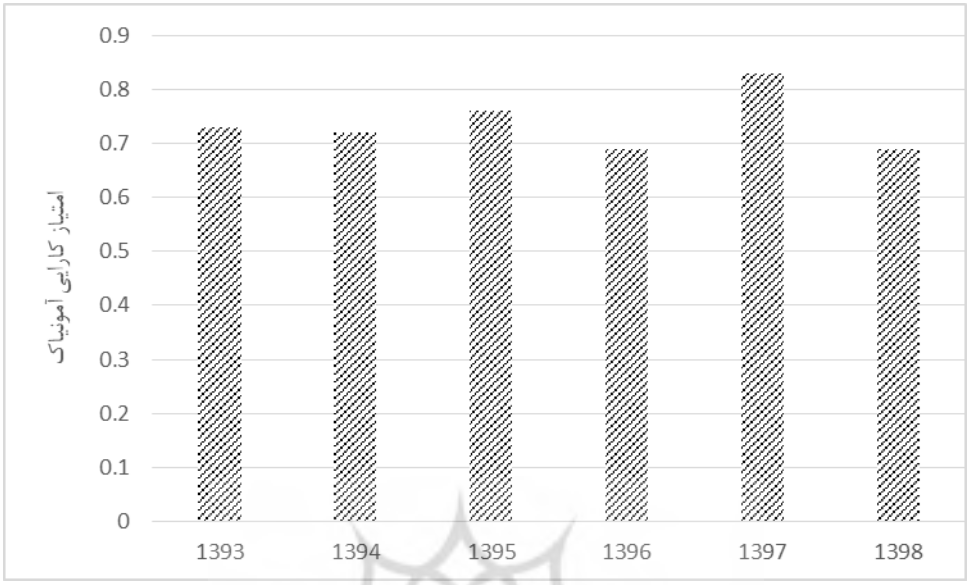
گلستان Golestan	0.38	0.22	0.28	0.22	1	0.3
همدان Hamedan	0.56	0.4	0.27	0.4	1	0.58
هرمزگان Hormozgan	1	1	1	1	1	1
ایلام Ilam	1	1	1	1	1	1
کرمان Kerman	1	1	1	1	1	1
کرمانشاه Kermanshah	0.41	0.32	0.29	0.32	0.99	0.86
خراسان جنوبی South Khorasan	1	1	1	1	1	1
خراسان رضوی Razavi Khorasan	0.52	0.74	0.64	0.74	1	1
خراسان شمالی North Khorasan	0.98	0.96	0.96	0.96	1	1
خوزستان Khuzestan	1	1	1	1	1	1
کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh va Boyer-Ahmad	0.84	0.82	0.74	0.82	0.78	1
کردستان Kurdistan	0.33	0.22	0.14	0.22	0.91	0.29
لرستان Lorestan	0.61	0.49	0.42	0.49	1	0.94
مرکزی Markazi	0.73	0.41	0.44	0.41	0.96	0.97
مازندران Mazandaran	1	0.99	0.98	0.99	1	1
سمنان Semnan	1	1	1	1	1	1
سیستان و بلوچستان Sistan va Baluchestan	0.47	0.46	0.42	0.46	0.94	0.24
تهران Tehran	1	1	1	1	1	1
یزدYazd	1	1	1	1	1	1
زنجانZanjan	0.54	0.45	0.29	0.45	0.97	0.94

منبع : یافته های تحقیق

Source: Research findings

برای درک بهتر نتایج کارایی آمونیاک در تولید محصول‌های کشاورزی، متوسط امتیاز کارایی این عامل در شکل ۱ برای سال‌های مورد بررسی آمده است. نتایج نشان می‌دهد که در این سال‌ها، روند انتشار آمونیاک در تولید، نوسانی است. کارایی آمونیاک در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ کمتر از میانگین کارایی این سال‌ها بوده و در این بازه مقدار کمی کاهش از ۰/۷۳ به ۰/۷۲ مشاهده می‌شود. این کاهش جزئی ممکن است به تغییرپذیری‌ها در سیاست‌های کشاورزی یا استفاده نشدن بهینه از کودهای شیمیایی در آن بازه زمانی برگردد که باعث کاهش کارایی آمونیاک شده است. سال ۱۳۹۵، میزان امتیاز کارایی آمونیاک با افزایش همراه بوده به‌طوری‌که از میانگین بیشتر شده و به ۰/۷۶رسیده است. در سال ۱۳۹۶، کارایی با کاهش روبه‌رو شده و به سطح ۰/۶۹ تنزل یافته است. سال ۱۳۹۷، شاهد افزایش چشمگیر کارایی این خروجی نامطلوب بوده و این مقدار به ۰/۸۳ رسید. در نهایت، در سال ۱۳۹۸، دوباره کاهش یافته و به مانند سال ۹۶ مقدار آن به ۰/۶۹ می‌رسد. با توجه به اینکه انتشار آمونیاک به شدت به استفاده از کودهای شیمیایی بستگی دارد، این نوسان نشان‌دهنده عدم برنامه‌ریزی صحیح در استفاده از این نوع از عامل‌های تولید در کشور است. به‌عنوان نمونه‌ای جهت راهنمایی سیاستگذاران برای انجام یک برنامه‌ریزی مدون می‌توان به نتیجه بررسی Kurniawati et al. (۲۰۲۳) اشاره کرد. برمبنای بررسی این پژوهش و طبق برنامه‌ریزی اتحادیه اروپا در چارچوب "پیمان سبز" خود، این اتحادیه درنظر دارد که استفاده از کودهای شیمیایی خود را تا سال ۲۰۳۰ به نصف کاهش دهد. این برنامه شامل محدودیت‌های جدید برای برخی از زیانبارترین مواد شیمیایی و تشویق به استفاده از کودهای طبیعی و ارگانیک است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۱) متوسط امتیاز کارایی آمونیاک در تولید محصول‌های کشاورزی طی دوره زمانی مورد بررسی

Figure (1) The average efficiency score of ammonia in the production of agricultural products during the investigated time period

برای بررسی تحلیل مناسب‌تر همبستگی میان امتیاز کارایی عامل‌های تولید و ستاده‌های محصول‌های کشاورزی در ایران از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۵). نتایج این آزمون نشان می‌دهد که همبستگی قوی و معناداری بین امتیاز کارایی کلی تولید و کارایی دیگر عامل‌ها وجود دارد. به‌طور خاص، ضریب همبستگی پیرسون بین کارایی تولید و کود شیمیایی (۰/۹۶۷)، نیروی کار (۰/۹۱۷)، زمین زراعی (۰/۹۶۶) و آمونیاک (۰/۹۶۷) نشان می‌دهد که این عامل‌ها به‌شدت با امتیاز کارایی کلی تولید در ارتباط هستند. همه‌ی ضریب‌های همبستگی به لحاظ آماری در سطح معناداری ۰/۰۱ معنادار بوده که نشان‌دهنده ارتباط قوی و مثبت بین این متغیرهاست. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که ارتباط قوی بین متغیرهای ورودی مختلف (نیروی کار، کود شیمیایی و زمین زراعی) و آمونیاک نیز وجود دارد، به‌طور مثال، ضریب همبستگی بین نیروی کار و کود شیمیایی (۰/۸۸۱) و بین زمین زراعی و کود شیمیایی (۰/۹۶۶) معنادار است. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مستقیم و مثبت متغیرهای ورودی بر عملکرد تولید و همچنین اثر آن‌ها بر خروجی نامطلوب آمونیاک است. به‌عبارت دیگر، همبستگی بین نیروی کار و آمونیاک

(۰/۸۸۱) نشان می‌دهد که رابطه‌ای مثبت و معنادار بین این دو متغیر وجود دارد. این بدان معناست که افزایش نیروی کار کشاورزی به طور همزمان با افزایش تولید آمونیاک همراه است. در واقع، استفاده از نیروی‌کار بیشتر ممکن است به دلیل افزایش فعالیت‌های کشاورزی و به تبع آن مصرف بیشتر کود شود که می‌تواند به انتشار آمونیاک منجر شود.

جدول (۵) ضریب همبستگی پیرسون برای امتیاز کارایی عامل‌های تولید و ستاده‌های محصول‌های کشاورزی ایران

Table (5) Pearson's correlation coefficient for the efficiency score of production factors and outputs of Iranian agricultural products

	نیروی کارکشاورزی Agricultural labor	کودشیمیایی Fertilizer	سطح زیرکشت Cultivated area	آمونیاک Amoniom	ارزش افزوده تولید Production added value
نیروی کار کشاورزی Agricultural labor	1	0.881**	0.903**	0.881**	0.917**
کودشیمیایی Fertilizer	0.881**	1	0.966**	1.00**	0.967**
سطح زیرکشت Cultivated area	0.903**	0.966**	1	0.966**	0.966**
آمونیاک Amoniom	0.881**	1.00**	0.966**	1	0.967**
ارزش افزوده تولید Production added value	0.917**	0.967**	0.966**	0.967**	1

** معنی داری در سطح ۱ درصد است.

**Significant at the 1% level.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کارایی به‌عنوان معیاری کلیدی در ارزیابی عملکرد بخش کشاورزی، نقش بسیار مهمی در بهبود بهره‌وری و پایداری نظام‌های تولیدی ایفا می‌کند. با توجه به چالش‌های کنونی مانند افزایش جمعیت، تغییرپذیری‌های اقلیمی و محدودیت منابع، بهینه‌سازی کارایی تولید می‌تواند به تحقق هدف‌های توسعه پایدار کمک کند. کارایی بالا به معنای استفاده بهینه از منابع موجود است که

به نوبه خود می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها، افزایش تولید و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی شود. در این راستا، شناخت تفاوت‌های کارایی در بین استان‌های مختلف و شناسایی عامل‌هایی که بر کارایی تأثیرگذارند، می‌تواند به تدوین سیاست‌های مناسب و راهبردهای مدیریتی کمک کند.

پژوهش Lu et al. (2022) در زمینه ارزیابی کارایی کشاورزی در کشورهای اتحادیه اروپا، به‌ویژه در ارتباط با تولیدهای کشاورزی، مصرف مواد غذایی و بازیافت پسماندهای (ضایعات) مواد غذایی، بر اهمیت بهینه‌سازی فرآیندهای کشاورزی و مدیریت منابع تأکید دارد. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده بهینه از منابع و فناوری(تکنولوژی)های نوین می‌تواند به بهبود کارایی کشاورزی و کاهش پسماندها منجر شود، همانند نتایج این پژوهش که در آن تفاوت‌های کارایی در استان‌های مختلف شناسایی شده است. همچنین، مقاله Lin et al. (2023) نیز به بررسی کارایی تولید کشاورزی، مصرف مواد غذایی و پسماندهای مواد غذایی در کشورهای اروپایی پرداخته و به‌ویژه بر روی ارتباط بین کارایی کشاورزی و پیامدهای زیست‌محیطی مانند آلودگی ناشی از تولیدهای کشاورزی تمرکز دارد. نتایج این تحقیق همانند با نتایج این پژوهش است، جایی که استان‌های با کارایی بالا (همچون البرز و بوشهر) نشان‌دهنده استفاده بهینه از منابع و کاهش پیامدهای منفی محیط زیستی بوده‌اند.

در این راستا، نتایج این پژوهش نشان داد که تفاوت‌های قابل توجهی در کارایی منابع مورد استفاده در بخش کشاورزی وجود دارد. استان‌هایی مانند البرز و بوشهر به‌عنوان نمونه‌های با کارایی کامل شناسایی شدند، در حالی که استان‌هایی مانند کهگیلویه و بویراحمد با کمترین کارایی روبه‌رو بودند. این اختلاف‌ها نه تنها به نابرابری در توزیع منابع منجر می‌شود، بلکه تأثیرهای منفی بر پایداری و رشد کشاورزی در سطح ملی خواهد داشت. همانند یافته‌های Lu et al. (2022) و Lin et al. (2023)، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید می‌تواند به کاهش آلودگی و افزایش بهره‌وری منجر شود.

بنابر نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل کارایی تولید، پیشنهاد وتأکید می‌شود که مدیریت منابع تولید در استان‌های با کارایی پایین، مانند کهگیلویه و بویراحمد، بهبود یابد. کارایی نیروی کار، کود شیمیایی، و سطح زیر کشت در این استان‌ها به‌طور قابل توجهی پایین است؛ لذا اجرای برنامه‌های آموزشی برای کشاورزان به منظور بهینه‌سازی استفاده از نیروی کار و کود شیمیایی، می‌تواند به کاهش پسماندها و افزایش کارایی در تولید کمک کند. همچنین، استان‌هایی که کارایی بالایی

دارند می‌توانند به اشتراک‌گذاری تجربه‌ها و آموزه‌ها به بهترین شیوه‌ها با استان‌های دیگر بپردازند تا به بهبود کارایی در آن‌ها کمک کنند. افزون بر این، نتایج پژوهش نشان داد که ارزیابی عملکرد کشاورزی در استان‌ها نیازمند ایجاد نظام‌های نظارتی مؤثر است؛ با ایجاد این نظام‌ها، نقطه‌های ضعف و قوت شناسایی و بهبودهای لازم اعمال خواهد شد. استان‌های با کارایی بالا نشان داده‌اند که به طور کلی از فرآیندهای بهینه‌تری در تولید استفاده کرده‌اند. بنابراین، تشویق به بررسی و پیاده‌سازی رویکردهای مؤثر در این استان‌ها می‌تواند به افزایش کارایی تولید و کاهش پیامدهای منفی بر محیط زیست، از جمله انتشار آمونیاک، کمک کند. پیشنهاد و تأکید می‌شود که در پژوهش‌های آینده دیگر منابع تولید مانند سم‌ها و ماشین‌آلات در صورت وجود داده‌های مناسب نیز مد نظر قرار گیرد. البته باید توجه داشت که استفاده از این نهاده‌ها در بررسی کارایی مستلزم در نظر گرفتن اثرهای متقابل آن‌ها بر یکدیگر است.

منبع‌ها

Abdeshahi, A., Mardani Najafabadi, M., & Kalbali, E. (2024). A new method for evaluating the technical efficiency of irrigation and drainage networks using lrdea and three-step monte carlo simulation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 150(1): 23-65*.

Abiri, R., Rizan, N., Balasundram, S. K., Shahbazi, A. B., & Abdul-Hamid, H. (2023). Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. Heliyon, 9(12): 22601.

Babai, M., Mardani, M., & Salarpour, M. (2014). Computing efficiency of water in the main products of zabol district using data envelopment analysis. *Journal of Water Research in Agriculture, 28(3): 541-549*. (In farsi)

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9): 1078-1092.

Battye, R., Battye, W., Overcash, C., & Fudge, S. (1994). Development and selection of ammonia emission factors. United States Environmental Protection Agency. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP).

Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., & Seiford, L. (1985). Foundation data envelopment analysis of Pareto–Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics, 30: 91–1*07.

Elahi, E., Zhu, M., Khalid, Z., & Wei, K. (2024). An empirical analysis of carbon emission efficiency in food production across the Yangtze River basin: Towards sustainable agricultural development and carbon neutrality. Agricultural Systems, 218: 103994.

Emrouznejad, A., & Tavana, M. (2014). Performance measurement with fuzzy data envelopment analysis. Springer Berlin, Heidelberg.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. journal of the royal statistical society. Series A (General), 120(3): 253-290.

Hu, J.L., Wang, S.C., (2006). Total-factor energy efficiency of regions in China. *Energy Policy. 34 (17), 3206–3217*.

Kurniawati, A., Stankovics, P., Hilmi, Y. S., Toth, G., Smol, M., & Toth, Z. (2023). Understanding the future of bio-based fertilisers: The EU's policy and implementation. Sustainable Chemistry for Climate Action, 3: 100033.

Lei, S., Yang, X., & Qin, J. (2023). Does agricultural factor misallocation hinder agricultural green production efficiency? Evidence from China. Science of the Total Environment, 891: 164466.

Lin, T. Y., Chiu, S. Y., Chiu, Y. H., Lu, L. C., & Huang, K. Y. (2023). Agricultural production efficiency, food consumption, and food waste in the European countries. *Environment, Development and Sustainability, 1-22*.

Liu, Y., Alnafrah, I., & Zhou, Y. (2024). A systemic efficiency measurement of resource management and sustainable practices: A network bias-corrected DEA assessment of OECD countries. Resources Policy, 90: 104771.

Lu, H., Chen, Y., & Luo, J. (2024). Development of green and low-carbon agriculture through grain production agglomeration and agricultural environmental efficiency improvement in China. Journal of Cleaner Production, 442: 141128.

Lu, L. C., Chiu, S. Y., Chiu, Y. H., & Chang, T. H. (2022). Three-stage circular efficiency evaluation of agricultural food production, food consumption, and food waste recycling in EU countries. Journal of Cleaner Production, 343: 130870.

Lu, L. C., Chiu, S. Y., Chiu, Y. H., & Chang, T. H. (2022). Three-stage circular efficiency evaluation of agricultural food production, food consumption, and food waste recycling in EU countries. *Journal of Cleaner Production, 343: 130870.*

Luan, X., Yasmeen, R., & Shah, W. U. H. (2024). Assessing energy efficiency, regional disparities in production technology, and factors influencing total factor energy productivity change in the agricultural sector of China. Heliyon, 10(15).

Manevska-Tasevska, G., Hansson, H., Asmild, M., & Surry, Y. (2021). Exploring the regional efficiency of the Swedish agricultural sector during the CAP reforms–multi-directional efficiency analysis approach.Land Use Policy, 100: 104897.

Mardani Najafabadi, M., Azarm, H., & Mirzaei, A. (2023). Investigating the efficiency of onion producers in the provinces of Iran. *Agricultural Economics, 17(2): 131-157*. (In farsi)

Mardani Najafabadi, M., Mirzaei, A., & Ohadi, N. (2020). Investigating the rice energy efficiency using interval fuzzy data envelopment analysis model (case study: rice farmers in Golestan province). Iranian Journal of *Agricultural Economics and Development Research, 51(4): 661-677*. (In farsi)

Mardani Najafabadi, M., Rastegaripour, F., Yavari, F. & Ahani, E. (2023) Material balance principle to estimate eco-efficiency of saffron-producers aiming reduction in greenhouse gas emissions in Iran. Frontiers in Environmental Science 11: 1184458.

Mardani, M., & Salarpour, M. (2015). Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis. *Information Processing in Agriculture, 2(1): 6-14*.

Molaei, Morteza, Hesari, Nima, & Javanbakht, Ozra. (2017). The estimation of input-oriented environmental efficiency of agricultural products (case study: environmental efficiency of rice production). *Iranian Journal Of Agricultural Economics, 11(2): 157-172*. (In farsi)

Mosbah, E., Zaibet, L., & Dharmapala, P. S. (2020). A new methodology to measure efficiencies of inputs (outputs) of decision making units in Data Envelopment Analysis with application to agriculture. Socio-Economic Planning Sciences, 100857.

Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., & Chau, K. W. (2017). Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques. *Journal Of Cleaner Production, 162: 571-586*.

Ohadi, N., Shahraki, J., Pahlavani, M., & Mardani Najafabadi, M. (2019). Evaluation of carbon-environmental efficiency with imprecise data by

using fuzzy data envelopment analysis approach. *The Economic Research, 19(4): 111-129*. (In farsi)

Ren, S., Hao, Y., & Wu, H. (2022). How does green investment affect environmental pollution? Evidence from China. Environmental and Resource Economics, 81: 25-51. https://doi.org/10.1007/s10640-021-00615-4

Shakeri, Abas, & Garshasbi, A.R. (2008). Estimating technical efficiency of rice in selected provinces of iran. *Journal of The Faculty of Humanities and Social Sciences, 8:30: 81-96.* (In farsi)

Ton, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. European journalof operational research. (3)130: 498-509.

Tone, K., and Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. European journal of operational research. (1)197: 243-252.

Tone, K., and Tsutsui, M. (2010). Dynamic DEA: *A slacks-based measure approach. Omega, 38(3-4): 145-156.*

Tone, K., and Tsutsui, M. (2014). Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. *Omega. 42(1): 124-131*.

UNEP (2022).Sustainability and Circular Economy in Agriculture. United Nations Environment Programme. Available at: https://www.unep.org.

World bank. (2020). Recovering ammonia fuel from wastewater & agricultural waste.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Doi: 10.22034/iaes.2025.2043911.2089

Agricultural Economics/Volume 19/Issue 3/1404

Managing the use of production inputs to improve the efficiency of agricultural production in Iran: Application of dynamic network data envelopment analysis

***Khadijeh Karimi, Mostafa Mardani Najafabadi, Abbas Mirzaei*[1]**

Received: 20 Oct.2024 **Accepted:3 May.2025**

Extended Abstract

Introduction

In recent decades, the agricultural sector has faced numerous challenges such as population growth, increased demand for food, and resource limitations. These issues have led to reduced productivity and pressure on natural resources, raising concerns about the sustainability of food production. In Iran, the agricultural sector, as one of the main pillars of the economy, faces challenges such as resource limitations and climate change.This study aims to analyze the efficiency of agricultural production in Iran by evaluating the productivity of production inputs and their environmental impacts.

Materials and Methods

This study uses a dynamic data envelopment analysis (DEA) method based on slack and surpluses to analyze agricultural production efficiency in Iran. This model examines the relationships between time periods based on slack and surpluses, allowing for efficiency analysis under conditions of temporal changes and transitions between periods. Various inputs, including labor, fertilizers, and cultivated area, were considered for different provinces over a six-year period (2014 to 2019). Ammonia emissions were calculated as an undesirable output, and the added value of agricultural products was defined as a desirable output.

Results and Discussion

The results showed a significant positive correlation between the efficiency of agricultural inputs such as labor, fertilizers, and cultivated area, and the production of undesirable outputs such as ammonia emissions. On average, the overall efficiency of the provinces from 2014 to 2019 was about 0.71,

[1] Master's Degree Graduate, Associate professor (Corresponding author), and Assistant professor of agricultural economics, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
Email: m.mardani@asnrukh.ac.ir

with 48% of the provinces having below-average efficiency. Provinces such as Alborz, Bushehr, and Tehran were identified as fully efficient with an efficiency score of 1.00, while Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad had the lowest efficiency at 0.155. These significant differences in provincial performance indicate inequality in the productivity of agricultural resources. The findings also emphasize that improving resource management and utilizing modern technologies can lead to increased production, reduced environmental pollution, and enhanced sustainability in the agricultural sector.

Suggestion

Utilizing the full potential of inefficient provinces, especially those with below-average production efficiency, for better management of production inputs will significantly increase their efficiency. In this regard, the use of various extension techniques to educate farmers in inefficient provinces to approach the reference (fully efficient) provinces is recommended.

JEL Classification: Q12, Q18, Q56, C61

Keywords: Efficiency Analysis, Undesirable Outputs, Production Optimization, Resource Management, Pearson Correlation Coefficient

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی