

تعیین کارایی محیط‌زیستی محصولات عمده زراعی مناطق منتخب استان خوزستان

مصطفی مردانی - عباس عبدشاهی - الهه آهنی

اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

چکیده

تجزیه و تحلیل نظام‌های کشاورزی به منظور تعیین کارایی و بررسی اثرات محیط زیستی - اقتصادی، موجب ارتقاء کیفی مدیریت و توسعه پایدار کشاورزی می‌گردد. توسعه پایدار بخش کشاورزی از اولویت‌های مهم مورد توجه کشورها بوده و نقش و اهمیت کارایی محیط‌زیستی همواره مورد تأکید بوده است. در این راستا، مطالعه حاضر با توجه به مزیت نسبی اقتصادی استان خوزستان و با هدف تعیین کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی، کارایی عملیاتی و کارایی محیط‌زیستی محصولات عمده زراعی با استفاده از تلفیق مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری و تحلیل پوششی داده‌ها انجام گرفت. داده‌های مورد نیاز با تکمیل پرسشنامه از کشاورزان مناطق گنوند، عقیلی و دیمچه استان خوزستان و با روش نمونه‌گیری تصادفی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد، یونجه‌کاران منطقه گنوند با کسب امتیاز در محدوده ۸۹-۸۱ و ۹۶-۹۰ درصد به ترتیب بالاترین میزان کارایی محیط‌زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی را به خود اختصاص دادند. در منطقه عقیلی، محصول برنج بالاترین میزان کارایی عملیاتی به ازای سطوح مختلف احتمال انحراف در محدوده ۸۷-۷۷ درصد، کارایی محیط‌زیستی در محدوده ۹۰-۸۰ درصد و کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی در محدوده ۹۵-۸۷ درصد را کسب نمود. در منطقه دیمچه، محصول نیشکر بالاترین میانگین انواع کارایی را به ازای سطوح مختلف احتمال انحراف با کسب امتیازات در محدوده ۷۸ تا ۹۰، ۸۰ تا ۸۹ و ۸۷ تا ۹۵ به ترتیب برای کارایی عملیاتی، محیط‌زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی را به خود اختصاص داد. به طور کلی، میانگین کارایی عملیاتی در همه سطوح احتمال برای محصولات مورد بررسی در مناطق گنوند، عقیلی و دیمچه به استثنای (لوبیا در منطقه گنوند)، کمتر از میانگین کارایی محیط‌زیستی برآورد گردید. این امر، بیانگر عدم قابلیت‌ها و مهارت‌های کشاورزان در به کارگیری میزان مناسب نهاده‌ها جهت تولید محصولات کشاورزی بوده، در حالی که کشاورزان مناطق مورد بررسی، بر مسائل محیط‌زیستی تمرکز بیشتری دارند. لذا پیشنهاد می‌شود در زمینه به کارگیری مناسب نهاده‌های تولید، آموزش‌های ترویجی صورت گیرد.

۲۵ **کلمات کلیدی:** تحلیل پوششی داده‌های استوار، ستاده نامطلوب، نهاده نامطلوب، کارایی عملیاتی، خوزستان.

۲۶ مقدمه

۲۷ ارتباط بین توسعه اقتصادی و محیط‌زیست از جمله مهمترین مسائل پیش‌رو در جوامع شناخته شده است. چنانچه در بستر
۲۸ توسعه پایدار، فعالیت‌های اقتصادی و محیط‌زیستی به صورت توأمان در نظر گرفته شود، محیط زیست و توسعه اقتصادی دو عامل
۲۹ مکمل یکدیگر بوده و در نتیجه، تعادل و توازن اکولوژیکی را به دنبال خواهد داشت (Kazemi et al., 2016; Besharatdeh
۳۰ et al., 2019). همچنین اقتصاد و محیط‌زیست از طریق دو جریان با یکدیگر در ارتباط هستند. از یک سو، منابع تجدیدپذیر و
۳۱ پایان‌پذیر از محیط‌زیست به سوی اقتصاد انتقال می‌یابند و از سوی دیگر، اغلب پسماندهای محصولاتی که به وسیله فعالیت‌های
۳۲ اقتصادی تولید می‌شوند، در حال حرکت از اقتصاد به محیط‌زیست هستند. زمانی که جریان مواد و ضایعات از ظرفیت و قابلیت
۳۳ واقعی تجاوز نماید، ظرفیت منابع طبیعی و محیط‌زیست کاهش می‌یابد. جریان سریع منابع پایان‌پذیر به درون چرخه اقتصادی
۳۴ می‌تواند به تخلیه سریع ذخیره این دسته از منابع منجر شود (Barghi et al., 2016; Mardani Najafabadi et al., 2020).
۳۵ هنگامی که جریان منابع تجدیدپذیر نیز به سوی چرخه اقتصادی، از نرخ تجدیدپذیری و احیای این منابع تجاوز کند، باعث کاهش
۳۶ بهره‌وری منابع شده و احتمال نابودی آن‌ها افزایش می‌یابد. از این‌رو، لزوم رسیدن به سود بیشتر در کنار اهمیت به مسائل
۳۷ محیط‌زیستی و توسعه پایدار سبب شده است تا ضمن تعریف مفهوم کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی و محیط‌زیستی، استفاده از
۳۸ آن به عنوان شاخص مناسبی به منظور ارزیابی پایداری نظام‌های تولید کشاورزی مورد توجه قرار گیرد (Boucekkine et al.,
۳۹ 2011).

۴۰ به دلیل اینکه بخش کشاورزی بیشترین و نزدیکترین ارتباط را با محیط زیست دارا بوده و همچنین بخش عمده‌ای از
۴۱ آلودگی‌های محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد، لذا تکنولوژی‌های نوین دامنه اثرات منفی کشاورزی بر محیط
۴۲ زیست را کاهش داده‌اند (Taate et al., 2013). مطابق آمار سازمان محیط زیست، در سال ۱۳۹۸ ایران رتبه ۱۱۶ را در مصرف
۴۳ کود شیمیایی در بین کشورهای جهان به خود اختصاص داده است. در ایران به ازای هر هکتار زمین کشاورزی، ۸۹ کیلوگرم کود
۴۴ شیمیایی مصرف می‌شود. در حالی که، میانگین جهانی مصرف کود شیمیایی ۱۰۱ کیلوگرم در هکتار است (Department of
۴۵ Environment., 2019). همچنین، طبق آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی، میزان مصرف سموم شیمیایی از ۱۹۳ هزار لیتر در
۴۶ سال ۱۳۹۹ به ۳۸۳ هزار لیتر در سال ۱۴۰۰ رسیده است. مصرف بیش از حد کودها و سموم شیمیایی، علاوه بر افزایش فرسایش
۴۷ خاک و آلودگی منابع آب، کیفیت محصولات را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در استان خوزستان، بخش وسیعی از اراضی کشاورزی

۴۸ در محدوده رودخانه‌های دز و کارون و در بخش جلگه‌ای منطقه که از دیرباز به عنوان قطب بزرگ کشاورزی در کشور مطرح
۴۹ بوده، واقع شده است. گستردگی حجم فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه، بر حجم بار آلودگی آب و خاک این منطقه افزوده
۵۰ است (*Hossen Zare et al., 2016*). با توجه به این موارد و از آنجا که بر اساس گزارش سازمان برنامه و بودجه استان
۵۱ خوزستان، میزان مصرف کودها و سموم شیمیایی در اراضی تحت پوشش آبیاری و زهکشی گتوند در سال ۹۹-۱۳۹۸، حدود ۳/۶
۵۲ برابر متوسط مصرف نهاده‌ها در ایران است (*Reports of program organization., 2016T*)، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی
۵۳ کارایی عملیاتی، محیط‌زیستی و محیط‌زیستی- اقتصادی محصولات عمده اراضی پایاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی گتوند انجام
۵۴ شده است. برای این منظور، از تلفیق مدل‌های بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری و تحلیل پوششی
۵۵ داده‌ها برای محصولات زراعی مناطق گتوند، دیمچه و عقیلی استفاده گردید.

۵۶ هرچند در زمینه بررسی و ارزیابی شاخص کارایی محیط‌زیستی- اقتصادی در تولید محصولات کشاورزی، پژوهش‌های مختلفی
۵۷ انجام گرفته، اما تنها معدودی از مطالعات به برآورد کارایی محیط‌زیستی مبادرت نموده‌اند. (*Nabavi-Pelesaraei et al., 2016*)
۵۸ (*Mardani & Taki, 2020*) در پژوهشی به منظور بهینه‌سازی انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم، میزان بهینه انتشار گازهای
۵۹ گلخانه‌ای در تولید گندم در شهر اهواز را ۳۴۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه نمودند. (*Karimi et al., 2012*) با استفاده از روش
۶۰ تحلیل پوششی داده‌ها به تعیین کارایی تولید گندم در ۸ استان بزرگ کشور پرداختند. برای اعمال شرایط عدم اطمینان در داده‌های
۶۱ ورودی و خروجی، از روش تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (IDEA)^۱ استفاده گردید. (*Mardani et al., 2011*) کارایی مزارع
۶۲ گندم سیستان را با استفاده از روش تلفیق مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده (RDEA) برآورد کردند. نتایج مطالعه
۶۳ نشان داد که میانگین کارایی مزارع نمونه در مدل پیشنهادی، در سطح ثابت عدم اطمینان معین و با افزایش میزان احتمال هر
۶۴ محدودیت از کران خود (P)، کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر، (*Masuda, 2016*) بررسی کارایی محیط‌زیستی- اقتصادی تولید
۶۵ گندم در ژاپن نشان داد که کاهش آفت‌های گندم ناشی از استفاده بیش از حد کود نیتروژن عامل مهمی در کارایی اقتصادی تولید
۶۶ گندم و در نتیجه توسعه کشت پایدار گندم در ژاپن بود. به عبارتی، در فرآیند تولید در کنار محصول خوب (ستاده مطلوب)، محصول
۶۷ بد (ستاده نامطلوب) نظیر نیتروژن، فسفر و سایر آلاینده‌ها تولید می‌شود. (*Forleo et al., 2018*) با استفاده از میزان انتشار گازهای
۶۸ گلخانه‌ای به عنوان شاخص اندازه‌گیری اثر محیط‌زیستی، به اندازه‌گیری کارایی محیط‌زیستی- اقتصادی کلزا و آفتابگردان برای
۶۹ یک مگاژول از زیست‌توده به عنوان ارزش افزوده مبادرت نمودند. نتایج نشان داد که مقادیر کارایی محیط‌زیستی- اقتصادی مزارع

¹ Interval Data Envelopment Analysis

۷۰ آفتابگردان بیشتر از کلزا بود. در پژوهشی دیگر، (Ozalp et al., 2018) متوسط مقدار کربن دی‌اکسید منتشر شده در تولید انار در
۷۱ آنتالیای ترکیه ۸۸/۱ کیلوگرم کربن دی‌اکسید در هکتار در تولید انار گزارش شد که نهاده‌های الکتروسیسته و کودهای شیمیایی
۷۲ بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشتند. در حال حاضر، توجه به محیط‌زیست، یکی از مؤلفه‌های اصلی در سیاست‌های
۷۳ کلان جهانی بوده که بسیاری از مؤلفه‌های دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا، مهمترین عامل و پیش‌نیاز بسیاری از فعالیت‌ها
۷۴ در سطح کلان، سازگاری با محیط‌زیست است (Beshartadeh et al., 2021). بنابراین هدف پژوهشگران در این زمینه، کمینه
۷۵ کردن یا حذف پیامدهای جانبی منفی برای دستیابی به محیط‌زیست پاک برای نسل‌های آینده با هدف افزایش بهره‌وری و
۷۶ کارایی با استفاده از فناوری‌های نوین می‌باشد (Nikkhah et al., 2015). در بخش کشاورزی، کودها و سموم شیمیایی مهمترین
۷۷ نهاده‌هایی هستند که در صورت مدیریت نامناسب مصرف آن‌ها، آلودگی زیست‌محیطی در بخش کشاورزی را به دنبال دارند.
۷۸ بررسی مطالعات گذشته، نشان داد که در اکثر آن‌ها، اثر ستاده نامطلوب در کنار ستاده مطلوب محاسبه شده است. در مطالعه
۷۹ حاضر، با رویکردی متفاوت از سایر مطالعات انجام شده، نهاده‌های نامطلوب (کود، سموم شیمیایی و غیره) در کنار نهاده‌های
۸۰ مطلوب (مانند، آب، نیروی کار و غیره) در برآورد کارایی محیط‌زیستی مورد بررسی قرار گرفت. قابل ذکر است که به کارگیری
۸۱ کودها و سموم شیمیایی را نمی‌توان تماماً نهای نامطلوب تلقی نمود. این نهاده‌ها فقط در صورتی که منجر به افزایش خروجی‌های
۸۲ نامطلوبی چون نیترات و غیره شوند، تماماً نامطلوب به شمار می‌روند.

۸۳ مواد و روش‌ها

۸۴ در این بخش ابتدا به معرفی منطقه مورد مطالعه پرداخته می‌شود. سپس مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار که برای اعمال
۸۵ شرایط عدم اطمینان بکار می‌رود، معرفی شده است. بعد از آن، مدل اصلی DEA که برای تفکیک کارایی عملیاتی و زیست‌محیطی
۸۶ است معرفی می‌گردد. در نهایت، جامعه آماری و روش نمونه‌گیری معرفی شده است.

۸۷ شبکه آبیاری و زهکشی گتوند در جنوب غربی ایران در استان خوزستان واقع شده است. این شبکه، جهت آبیاری اراضی واقع در
۸۸ سه منطقه گتوند، عقیلی و دیمچه، محصور بین دو رودخانه کارون و لور طراحی گردیده است (شکل ۱). کل اراضی تحت پوشش
۸۹ این شبکه ۴۳۹۳۰ هکتار بوده و به طور خالص، ۳۴۱۴۴ هکتار در بیش از ۴۳۰۰ قطعه زمین از آن استفاده می‌کنند
۹۰ (Agricultural., 2019). مناطق گتوند و عقیلی آب آبیاری مورد نیاز خود را از سد گتوند که روی رودخانه کارون احداث گردیده،
۹۱ دریافت می‌نمایند. بیشترین میزان زیرساخت این شبکه آبیاری و زهکشی، در منطقه دیمچه واقع است. منطقه دیمچه علاوه بر

۹۲ سد گتوند، به طور مستقیم توسط چند سد انحرافی از رودخانه لور که انشعابی از رودخانه دز است نیز تغذیه می نماید (Reports)
 ۹۳ (of program organization., 2016).

۹۴ بر اساس گزارشات سازمان برنامه و بودجه استان خوزستان، میزان مصرف کودها و سموم شیمیایی در اراضی تحت پوشش
 ۹۵ آبیاری و زهکشی گتوند در سال ۹۹-۱۳۹۸ معادل ۳/۶ برابر متوسط مصرف نهاده‌ها در ایران است (Reports of program
 ۹۶ organization., 2016). بنابراین، مازاد آب‌آبیاری در این شبکه توسط زهکش‌های تعبیه شده به رودخانه‌ها بازگشته و باعث
 ۹۷ آلوده شدن آب در پایین دست شبکه می‌گردد (Reports of program organization., 2016). از این‌رو، با توجه به اینکه
 ۹۸ حفاظت از محیط زیست از جمله مهمترین ابعاد توسعه پایدار است، لذا بررسی آثار ناشی از کاربرد سموم و کودهای شیمیایی در
 ۹۹ کشاورزی و معرفی راهکارهایی به منظور بهبود کارایی محیط‌زیست در منطقه مورد مطالعه، جزو ضروری‌ترین مسائل در منطقه
 ۱۰۰ مطرح گردیده است.



شکل ۱- شماتیک کلی شبکه آبیاری و زهکشی گتوند

Figure 1- General schematic of irrigation and drainage network of Gotvand

۱۰۱ از آن‌جا که فعالیت‌های کشاورزی در شرایط نامطمئن محیط‌زیستی انجام می‌شود، لذا در رابطه با نهاده‌ها و ستاده‌ها عدم
 ۱۰۲ قطعیت‌هایی وجود دارد. عدم قطعیت موجود در برخی از داده‌ها به عنوان نهاده و ستاده مؤثر در رتبه‌بندی مدل‌ها و دقیق نبودن
 ۱۰۳ نتایج حاصل از محاسبه مدل، ضرورت به کارگیری عدم قطعیت را در بخش کشاورزی آشکارتر می‌سازد. از این‌رو، در مطالعه
 ۱۰۴ حاضر به منظور لحاظ شرایط عدم قطعیت، از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA)^۱ که یکی از مدل‌های بسیار قوی و
 ۱۰۵ مفید در شرایط عدم حتمیت است، بهره گرفته شد.
 ۱۰۶
 ۱۰۷
 ۱۰۸

۱۰۹ ادغام مدل‌های برنامه‌ریزی استوار با مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، یکی از مهمترین روش‌های اعمال شرایط عدم حتمیت
 ۱۱۰ جهت دستیابی به نمرات کارایی پایدار و رتبه‌بندی قابل اطمینان بوده که مورد استقبال پژوهشگران قرار گرفته است (Ohadi
 ۱۱۱ *et al.*, 2020). از جمله مزایای کاربرد این روش، می‌توان به دستیابی به نتایج بهینه نقطه‌ای بدون نیاز به آگاهی از توزیع داده‌ها
 ۱۱۲ اشاره کرد.

تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA)

۱۱۴ با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیر که ارزش نهاده‌ها و ستاده‌های مبهم آن‌ها به ترتیب با مجموعه‌های
 ۱۱۵ J_j^y و J_j^x نشان داده می‌شود، می‌توان پارامترهای γ_j^y و γ_j^x را به گونه‌ای تعریف نمود که بتوانند مقادیری را در فواصل محدود
 ۱۱۶ $[0, J_j^x]$ و $[0, J_j^y]$ اختیار نمایند. این پارامترها از این جهت که مدل DEA را در برابر تغییرات ناشی از شرایط عدم حتمیت
 ۱۱۷ در داده‌های ورودی و خروجی استوار می‌سازند، دارای اهمیت هستند. مدل عمومی RDEA در رابطه (۱) ارائه شده است
 ۱۱۸ *(Shokouhi et al., 2010)*.

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \theta_p = \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^U - \beta_p^y, \\
 s.t \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^L + \beta_p^x = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U + \beta_j^y + \beta_j^x \leq 0, \quad \forall j \neq p, \\
 & \theta_p \leq 1,
 \end{aligned}
 \tag{۱}$$

۱۲۰ که دو متغیر $\beta_j^x(x, \gamma_j^x)$ و $\beta_j^y(y, \gamma_j^y)$ جهت اعمال شرایط عدم اطمینان در مدل DEA مورد استفاده قرار گرفته‌اند
 ۱۲۱ *(Despotis et al., 2006)*. همچنین، θ بیانگر مقیاس کارایی، y_{rj} مقدار خروجی (محصول) کنترل شده r برای واحد زراعی j
 ۱۲۲ و x_{ij} مقدار ورودی (نهاده) کنترل شده i در واحد زراعی j می‌باشد. مدل نهایی RDEA در رابطه ۲ آمده است.

$$\max \quad \theta_p = \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^U - z_p \gamma_p^y - \sum_{r=1}^s P_{rp},$$

$$s.t \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^L + z_p \gamma_p^x - \sum_{r=1}^m q_{ip} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U + z_j \Gamma_j + \sum_{r=1}^s P_{rj} + \sum_{r=1}^m q_{ij} \leq 0 \quad \forall j \neq p,$$

$$z_j + p_{rj} \geq u_r (y_{rj}^U - y_{rj}^L), \quad \forall r, j$$

$$z_j + q_{ij} \geq v_i (x_{ij}^U - x_{ij}^L), \quad \forall i, j$$

$$\theta_p \leq 1,$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad \forall i, r$$

$$z_j, q_{ij}, p_{rj} \geq 0, \quad \forall i, j, r$$

۱۲۳

[۲]

۱۲۴ که \mathbf{Z} ، \mathbf{y} و \mathbf{P} متغیرهای اضافی غیرمنفی برای لحاظ عدم حتمیت در مدل هستند. در مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده
 ۱۲۵ میزان محافظه‌کاری، دو جمله اضافی نسبت به حالت استاندارد برنامه‌ریزی خطی وجود دارد $(Z_i \Gamma_i + \sum_{r=1}^s P_{rj})$. شایان ذکر
 ۱۲۶ است که محاسبه پارامتر Γ_i براساس سطح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود و تعداد منابع عدم حتمیت در این محدودیت
 ۱۲۷ محاسبه می‌شود (Mardani Najafabadi and Abdeshahe., 2018).

۱۲۸

رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی

۱۲۹ تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)^۱ یکی از مهمترین روش‌های ناپارامتریک است که با کمک برنامه‌ریزی خطی به تعیین کارایی
 ۱۳۰ آن دسته از واحدهای تصمیم‌گیر که دارای ستاندها و نهاده‌های مشابهی هستند، می‌پردازد و هیچگونه فرض اولیه‌ای مبنی بر
 ۱۳۱ ارتباط تبعی بین نهاده‌ها و ستاده‌ها را در نظر نمی‌گیرد. از آن‌جا که تمام ارقام و اطلاعات پوشش می‌دهد، به آن تحلیل فراگیر
 ۱۳۲ داده‌ها اطلاق می‌شود. مبدأ این روش به مطالعه فارل در سال ۱۹۵۷ بر می‌گردد و بر اساس رهیافت فارل، (Charles and
 ۱۳۳ Cooper., 1962) اولین مدل برنامه‌ریزی خطی DEA برای محاسبه کارایی با بازده ثابت نسبت به مقیاس را توسعه داد
 ۱۳۴ (Besharatdeh et al., 2019).

¹Data Envelopment Analysis

۱۳۵ مدل‌های سنتی DEA در صورت وجود متغیرهای مهمی که تأثیری منفی بر محیط‌زیست دارند، قادر به ارائه نتایج دقیقی نیستند.
 ۱۳۶ یکی از شاخص‌هایی که می‌توان با بهره‌گیری از آن به طور همزمان، کارایی عملیاتی و محیط‌زیستی را اندازه‌گیری نمود، کارایی
 ۱۳۷ محیط‌زیستی - اقتصادی است که برای اندازه‌گیری آن از مدل DEA اصلاح شده بهره گرفته می‌شود.

۱۳۸ کارایی عملیاتی

۱۳۹ کارایی عملیاتی بر اساس نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها در یک سیستم محاسبه می‌شود. بنابراین با فرض بازدهی ثابت نسبت
 ۱۴۰ به مقیاس CRS و با وجود ورودی‌های عملیاتی x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) و خروجی y_{rj} ($r = 1, \dots, s$) برای هر واحد تصمیم‌گیرنده^۱
 ۱۴۱ یا به عبارتی DMU_j ($j = 1, \dots, n$) کارایی عملیاتی از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود (Charles and Cooper., 1962).

$$\begin{aligned} & \max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \\ & s.t. \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\ & v_i \geq 0 \\ & u_r \geq 0 \end{aligned} \quad [3]$$

۱۴۲ اگر در رابطه بالا مقدار بهینه برابر با یک باشد، واحد تحت بررسی کاملاً کارا و روی مرز کارایی قرار دارد.

۱۴۳ کارایی محیط‌زیستی

۱۴۴ کارایی محیط‌زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی به معنی افزایش ستاده با مصرف بهینه نهاده می‌باشد. به عبارتی، کارایی
 ۱۴۵ محیط‌زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی بیانگر استفاده بهینه از منابع، هزینه‌ها و در نهایت، کاهش اثرات محیط‌زیستی می‌باشد.
 ۱۴۶ چنانچه فعالیت‌های اقتصادی از کارایی محیط‌زیستی لازم برخوردار نباشند، دستیابی به توسعه پایدار با مشکل مواجه خواهد شد
 ۱۴۷ (Kazemi et al., 2016). به طور کلی، کارایی محیط‌زیستی ملاک سنجش کارایی تولید است. کارایی زیست‌محیطی بر اساس
 ۱۴۸ نسبت خروجی‌ها به ورودی‌های زیست‌محیطی محاسبه می‌شود (Lertworasirikul et al., 2003). اگر فرض شود p ورودی
 ۱۴۹ محیط‌زیستی z_{kj} ($k = 1, \dots, p$)، برای هر DMU_j ($j = 1, \dots, n$) وجود دارد. کارایی محیط‌زیستی بر اساس رابطه (۴) محاسبه
 ۱۵۰ می‌شود.

¹Decision-Making Unit

$$\max \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

s.t.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{k=1}^p w_k z_{kj} \leq 0$$

$$\sum_{k=1}^p w_k z_{k0} = 1$$

$$w_k \geq 0$$

$$u_r \geq 0$$

۱۵۱

۱۵۲

کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی

۱۵۳

کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی دربرگیرنده کارایی عملیاتی و محیط‌زیستی است. ارتقا و بهبود کارایی اقتصادی نیز بهبود

۱۵۴

منابع مالی یا درآمد خالص برای بهبود کیفیت محیط‌زیست را به دنبال دارد (Forleo et al., 2018). در این راستا، شاخص

۱۵۵

کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی در تولید محصولات کشاورزی به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای ارزیابی پایداری تولید

۱۵۶

محصولات مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص از طریق نسبت مجموع وزنی خروجی‌ها به مجموع وزنی ورودی‌ها (ورودی‌های

۱۵۷

عملیاتی + ورودی‌های محیط‌زیستی) بر اساس رابطه (۵) محاسبه گردید. δ بیانگر درجه حساسیت محیط‌زیستی بوده و هر چه

۱۵۸

مقدار آن کوچکتر باشد، نشان‌دهنده بهتر بودن کارایی عملیاتی است. در مقابل، هر چه δ بزرگتر باشد، دلالت بر حساسیت بیشتر

۱۵۹

نسبت به محیط‌زیست است. مقدار اولیه این پارامتر بسته به حساسیت تصمیم‌گیرندگان نسبت به مسایل زیست محیطی تعیین

۱۶۰

می‌شود. به عبارت دیگر، این پارامتر یک موازنه بین حساسیت این تصمیم‌گیران نسبت به موازنه کارایی زیست محیطی و

۱۶۱

عملیاتی ایجاد می‌نماید. البته می‌توان در مدل‌های دارای عدم اطمینان این پارامتر را طوری در نظر گرفت که سهم یکسانی

۱۶۲

(مقدار ۰/۵) برای هر دو نوع کارایی مد نظر قرار دهد و به عنوان یک منبع عدم اطمینان لحاظ نمود (Han et al., 2015).

۱۶۳

به این طریق می‌توان یک تحلیل حساسیت از به صورت ضمنی ایجاد کرد. در مطالعه حاضر نیز با این علت که مدل RDEA

۱۶۴

مورد کاربرد قرار گرفته است، این مورد بکار گرفته شده است. با افزودن این محدودیت به مدل اصلی، می‌توان شدت آلودگی را

۱۶۵

به صورت متوالی در نظر گرفت. بنابراین، این محدودیت‌ها به عنوان محدودیت‌های دقیق محیط‌زیستی بیان می‌شوند.

$$\max \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$$

s.t.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \delta \sum_{k=1}^p w_k z_{kj} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + \delta \sum_{k=1}^p w_k z_{k0} = 1$$

$$v_i \geq 0$$

$$u_r \geq 0$$

$$w_k \geq 0$$

[۵]

۱۶۶ جامعه‌ی آماری مورد مطالعه کشاورزان مناطق گتوند، عقیلی و دیمچه در استان خوزستان که بیشترین سطح زیرکشت هر
 ۱۶۷ محصول را دارا بودند، به عنوان نمونه انتخاب شدند. داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از بین کشاورزان با استفاده از
 ۱۶۸ روش نمونه‌گیری تصادفی با انتساب متناسب برای هر منطقه در سال ۹۹-۱۳۹۸ جمع‌آوری گردید. به عبارت دیگر، با توجه به
 ۱۶۹ مشخص بودن هر منطقه و همچنین نیاز به نمونه جداگانه، برای هر منطقه به صورت جداگانه از فرمول کوکران استفاده شد.
 ۱۷۰ محصولات مورد بررسی در منطقه گتوند شامل یونجه، لوبیا، باقلا، برنج، سبزیجات و گندم در منطقه عقیلی محصولات برنج،
 ۱۷۱ سبزیجات، گندم و در منطقه دیمچه ذرت، نیشکر و گندم بودند.

۱۷۲ نوع سوالات پرسشنامه بر اساس متغیرهای ورودی و خروجی مورد نیاز برای مدل RDEA تنظیم شد. متغیرهای مورد استفاده
 ۱۷۳ در محاسبه کارایی عملیاتی و کارایی محیط‌زیستی در جدول (۱) آمده‌اند. قابل ذکر است که نهاده انرژی و خروجی نامطلوب
 ۱۷۴ انتشار گاز CO₂، از طریق انجام محاسبات معادل این متغیرهای حاصل خواهند شد (Mardani Najafabadi and
 ۱۷۵ Abdeshahe., 2018).

جدول ۱- تجزیه متغیرهای ورودی در اندازه‌گیری کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی

Table 1- Analysis of input variables in measuring environmental-economic efficiency

نیروی کار، ماشین آلات، آب، بذر Labor, machinery, water, seeds	نهاده‌های سنتی Traditional inputs	کارایی عملیاتی Operational efficiency
سوخت دیزلی، انرژی الکتریکی Diesel fuel, electrical energy	نهاده‌های انرژی‌زا Energy inputs	
پتاس، نیتروژن، فسفات Potash, nitrogen, phosphate	کود Fertilizer	کارایی محیط‌زیستی Environmental efficiency
علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش Herbicide, insecticide, fungicide	سموم Pesticides	

خروجی نامطلوب
انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای
انتشار گاز CO₂
CO₂ emissions
Undesirable output
(direct emission of greenhouse gases)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از توصیف آماری متغیرهای در جدول ۲، ملاحظه می‌گردد که در منطقه گتوند از بین محصولات مورد مطالعه، بیشترین مصرف نهاده آب با ۱۲۷۹۳ مترمکعب در هکتار و نیروی کار با ۵۸ نفر به محصول یونجه اختصاص دارد. از نظر مصرف کودهای شیمیایی، سبزیجات با میانگین مصرف ۶۳ کیلوگرم پتاس در هکتار، گندم با میانگین مصرف ۴۵۲ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و یونجه با مصرف متوسط ۲۴۱ کیلوگرم فسفات در هکتار، بیشترین میزان مصرف کود شیمیایی را دارا هستند. برنج با مصرف متوسط ۱، ۰/۶۸ و ۰/۵۳ لیتر در هکتار به ترتیب برای علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش، بالاترین مقدار مصرف سموم شیمیایی را داراست. سبزیجات با انتشار ۳۹۶۸۵ کیلوگرم گاز CO₂ در هکتار، بالاترین مقدار انتشار ستانده نامطلوب را در بین محصولات مختلف به خود اختصاص داده است. اگرچه سبزیجات بیشترین میزان آلودگی خاک و آب را در بین محصولات دارا بودند، اما از مزایای کشت آن‌ها این است که CO₂ هوا را جذب نموده و در فرآیند ترسیب کربن نیز نقش اساسی ایفا می‌نمایند. به این دلیل، توجیه قطعی بر نامطلوب بودن این ستاده نیست. به عبارتی، با توجه به هدف مطالعه، ستاده نامطلوب از جنبه‌ای دیگر می‌تواند ستاده مطلوب به شمار رود.

جدول ۲- توصیف آماری متغیرهای مطالعه در منطقه گتوند

Table 2- Statistical description of study variables in the Goutvand region

گاز CO ₂ (کیلوگرم) CO ₂ gas (kg)	قارچ‌کش (لیتر) Fungicide (liter)	حشره‌کش (لیتر) Insecticide (liter)	علف‌کش (لیتر) herbicide (liter)	فسفات (کیلوگرم) Phosphate (kg)	نیتروژن (کیلوگرم) Nitrogen (kg)	پتاس (کیلوگرم) potassium (kg)	بذر (کیلوگرم) seeds (kg)	انرژی الکتریکی (کیلو وات ساعت) Electric energy (kWh)	سوخت دیزلی (لیتر) Diesel fuel (liters)	نیروی کار (نفر) Labor (people)	ماشین‌آلات (ساعت) machinery (hours)	آب (مترمکعب) water (cubic meter)	آماره Statistics	محصول Product
28698	0.1	0.98	0.97	424	29	29	129	2838	40	83	51	18274	حداکثر Max	یونجه Alfalfa
20249	0	0	0	74	6	6	50	0	10	33	19	7590	حداقل Min	
24297	0.05	0.44	0.55	241	17	17	90	1199	24	58	36	12793	میانگین Average	
2602	0.03	0.3	0.27	112	7	7	23	998	9	16	10	3233	انحراف معیار Standard deviation	
17755	0	0.01	0	202	305	0	120	4824	50	50	48	9540	حداکثر	لویا

11025	0	0	0	95	127	0	41	0	10	25	30	6337	حداکثر Max	Beans
14416	0	0.004	0	147	214	0	81	2537	31	38	40	7946	حداقل Min	Beans
1982	0	0.002	0	33	56	0	24	1304	13	8	5	1036	میانگین Average	Beans
21523	0.1	0.01	0	78	41	82	90	2783	40	39	46	7918	انحراف معیار standard deviation	باقلا
15097	0.005	0	0	42	12	12	40	0	10	19	19	7924	حداکثر Max	Beans
18218	0.05	0.005	0	60	26	50	64	1179	25	29	28	4589	حداقل Min	Beans
1840	0.03	0.003	0	11	9	22	16	964	9	6	6	6158	میانگین Average	Beans
41669	2	2	2	138	586	12	121	4838	80	31	48	9467	انحراف معیار standard deviation	برنج
26294	0	0	0.01	77	287	5	41	0	20	16	12	6771	حداکثر Max	Rice
34192	0.053	0.68	1	108	443	9	81	2652	49	24	29	8114	حداقل Min	Rice
4587	0.62	0.67	0.6	19	85	2	22	1178	17	5	11	768	میانگین Average	Rice
45766	0.1	0.01	1	205	444	82	30	4838	120	39	39	11492	انحراف معیار standard deviation	سبزیجات
33033	0.001	0	0	96	253	44	10	0	50	19	19	7264	حداکثر Max	Vegetale
39685	0.05	0.005	0.59	150	355	63	20	2584	89	29	30	9191	حداقل Min	Vegetale
3745	0.03	0.003	0/50	31	50	12	6	1407	21	6	6	1320	میانگین Average	Vegetale
32729	0.5	0.99	2	138	588	12	121	3637	196	19	38	5461	انحراف معیار standard deviation	گندم
19012	0.01	0	0.01	76	288	5	67	979	47	6	21	3774	حداکثر Max	Wheat
25995	0.26	0.49	0.91	109	452	8	93	2319	126	12	29	4643	حداقل Min	Wheat
4111	0.14	0.29	0.57	17	85	2	16	802	47	4	5	488	میانگین Average	Wheat
													انحراف معیار standard deviation	

۱۹۳

ماخذ: یافته‌های تحقیق

۱۹۴

Source: Research findings

۱۹۵

بر اساس نتایج جدول ۳، در منطقه عقیلی، سبزیجات بیشترین میزان متوسط مصرف نهاده‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

۱۹۶

به طوری که، میانگین مصرف آب ۹۴۲۱ مترمکعب در هکتار، انرژی الکتریکی ۲۷۴۰ کیلووات ساعت در هکتار، پتاس ۶۲ کیلوگرم

۱۹۷

در هکتار، فسفات ۱۴۹ کیلوگرم در هکتار و انتشار گاز دی اکسید کربن معادل ۳۹۳۷۴ کیلوگرم در هکتار برآورد است. همچنین

۱۹۸

گندم با میانگین مصرف ۲۹ نفر نیروی کار، ۱۲۲ لیتر در هکتار سوخت دیزل، ۹۵ کیلوگرم بذر در هکتار ۴۴۸ کیلوگرم در هکتار

۱۹۹

نیترژن و ۱ لیتر در هکتار علف‌کش، بیشترین میانگین در مصرف این دسته از نهاده‌ها را دارد. محصول برنج با میانگین مصرف

۲۰۰

علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش به ترتیب برابر با ۱، ۰/۶۷ و ۰/۶۲ لیتر در هکتار بیشترین میانگین مصرف سموم شیمیایی را

- ۲۰۱ به خود اختصاص داده است. به طور کلی، لازم است که در کشت این محصولات با توجه کارایی محیط‌زیستی و اقتصادی بودن
- ۲۰۲ محصول به لحاظ صرف هزینه، تجدید نظر شود. در منطقه عقیلی، محصول برنج در بین سایر محصولات از کارایی محیط‌زیستی
- ۲۰۳ مطلوبی برخوردار نبود. به عبارت دیگر، میزان ستاده نامطلوب محصول برنج در این منطقه نسبت به سایر محصولات بیشتر بوده
- ۲۰۴ و نشان‌دهنده افزایش کارایی عملیاتی نسبت به کارایی محیط‌زیستی می‌باشد.

۲۰۵ جدول ۳- توصیف آماری متغیرهای مطالعه در منطقه عقیلی

Table 3- Statistical description of study variables in the Aghili Region

محصول Product	آماره Statistics	آب (مترمکعب) water (cubic meter)	ماشین‌آلات (ساعت) machinery (hours)	نیروی کار (نفر) Labor (people)	سوخت دیزلی (لیتر) Diesel fuel (liters)	انرژی الکتریکی (کیلو وات ساعت) Electric energy (kWh)	بذر (کیلوگرم) seeds (kg)	پتاس (کیلوگرم) potassium (kg)	نیترژن (کیلوگرم) Nitrogen (kg)	فسفات (کیلوگرم) Phosphate (kg)	علف‌کش (لیتر) herbicide (liter)	حشره‌کش (لیتر) insecticide (liter)	فلج‌کش (لیتر) Fungicide (liter)	گاز CO ₂ (کیلوگرم) CO ₂ gas (kg)
برنج Rice	حداکثر Max	9476	48	31	79	4820	121	12	586	138	2	2	41767	
	حداقل Min	6775	12	16	20	0	41	5	290	76	0/1	0	26028	
	میانگین Average	8035	29	24	49	2649	86	9	444	108	1	0.62	33717	
	انحراف معیار standard deviation	822	10	4	17	1360	22	2	87	18	0/58	0.67	4833	
	حداکثر Max	11531	39	39	120	4864	30	82	443	203	1.1	0.01	45585	
سبزیجات Vegetable	حداقل Min	7286	19	19	50	0	10	43	251	95	0	0	32985	
	میانگین Average	9421	29	29	83	2740	20	62	347	149	0.47	0.005	39374	
	انحراف معیار standard deviation	1221	6	6	19	1398	6	12	57	31	0.5	0.003	3519	
	حداکثر Max	5439	38	19	198	3639	121	12	587	138	2	1	32680	
گندم Wheat	حداقل Min	3770	21	6	46	1013	68	5	287	76	0.02	0.01	19035	
	میانگین Average	4560	30	13	122	2299	95	7	448	109	1	0.49	25895	
	انحراف معیار standard deviation	506	5	47	47	748	15	2.3	87.9	18	0.58	0.28	3779	
	حداکثر Max	5439	38	19	198	3639	121	12	587	138	2	1	32680	

۲۰۷ ماخذ: یافته‌های تحقیق

۲۰۸ Source: Research findings

۲۰۹ توصیف آماری متغیرهای منطقه دیمچه در جدول ۴ نشان داد که ذرت با متوسط مصرف ۱۲۶۷۷ مترمکعب آب در هکتار،

۲۱۰ ۶۹ ساعت ماشین‌آلات در هکتار، ۴۲ نفر نیروی کار و ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار بذر و نیشکر با متوسط مصرف ۲۵۶۳ کیلو وات

۲۱۱ ساعت در هکتار انرژی الکتریکی، ۶۲ کیلوگرم در هکتار پتاس، ۴۷۹ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۴۹۸ کیلوگرم در هکتار فسفات،
 ۲۱۲ ۰/۵۲ لیتر در هکتار علف‌کش، ۱ لیتر در هکتار قارچ‌کش و انتشار ۶۲۲۱۱ کیلوگرم در هکتار گاز دی اکسید کربن، بیشترین
 ۲۱۳ میانگین در مصرف این دسته از نهاده‌ها را دارا می‌باشند. به طور کلی، هر نهاده‌ای که به میزان بهینه استفاده نشود به یک نهاده
 ۲۱۴ نامطلوب تبدیل خواهد شد.

۲۱۵

۲۱۶

۲۱۷

جدول ۴- توصیف آماری متغیرهای مطالعه در منطقه دیمچه

Table 4- Statistical description of study variables in the Dimche region

کیلوگرم CO ₂ گاز CO ₂ gas (kg)	قارچ‌کش (لیتر) Fungicide (liter)	حشره‌کش (لیتر) insecticide (liter)	علف‌کش (لیتر) herbicide (liter)	فسفات (کیلوگرم) Phosphate (kg)	نیتروژن (کیلوگرم) Nitrogen (kg)	پتاس (کیلوگرم) potassium (kg)	بذر (کیلوگرم) seeds (kg)	انرژی الکتریکی (کیلو وات ساعت) Electric energy (kWh)	سوخت دیزلی (لیتر) Diesel fuel (liters)	نیروی کار (نفر) Labor (people)	ماشین‌آلات (ساعت) machinery (hours)	آب (مترمکعب) water (cubic meter)	آماره Statistics	محصول Product
48662	1	1	0.96	150	80	12	200	2834	89	50	109	18443	حداکثر Max	ذرت Maize
20066	0.004	0.01	0.03	72	21	5	81	0	10	32	30	7447	حداقل Min	
33862	0.49	0.46	0.5	108	51	8	135	1219	45	42	69	12677	میانگین Average	
8189	0.27	0.3	0.29	24	17	2	33	989	23	6	24	33921	انحراف معیار standard deviation	
95557	2	1	4	891	700	82	30	4860	120	39	80	11511	حداکثر Max	نیشکر Sugar cane
33012	0.01	0.01	0.04	98	251	43	10	0	50	19	19	7334	حداقل Min	
62211	1	0.52	2	498	479	62	20	2563	83	28	48	9488	میانگین Average	
17019	0.58	0.29	0.96	235	136	12	6	1316	21	6	18	1283	انحراف معیار standard deviation	
62594	0.49	0.99	2	138	588	12	121	3646	196	19	38	5479	حداکثر Max	گندم Wheat
29015	0.01	0	0.05	76	288	5	67	1035	46	6	21	3768	حداقل Min	
47222	0.24	0.46	1	107	437	8	95	2301	106	13	30	4646	میانگین Average	
10185	0.14	0.29	0.58	18	91	2	17	804	45	4	6	497	انحراف معیار standard deviation	

۲۱۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

۲۱۹

Source: Research findings

۲۲۰

برآورد کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی

- ۲۲۱ پس از بررسی اولیه داده‌های ورودی و خروجی و تفکیک آن‌ها به نهاده‌های مطلوب و نامطلوب، به محاسبه مدل RDEA
- ۲۲۲ و تحلیل کارایی حاصل از اجرای این مدل پرداخته شد. به طوری که، با در نظر گرفتن نهاده‌های مطلوب شامل آب، نیروی کار، سوخت و سایر عوامل، کارایی عملیاتی برآورد گردید. سپس با در نظر گرفتن نهاده‌های نامطلوب از جمله کودهای شیمیایی، سموم کشاورزی و خروجی نامطلوب گاز CO₂، به برآورد کارایی محیط‌زیستی پرداخته شد. پس از آن، با تلفیق نهاده‌های مطلوب و نامطلوب، کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی برآورد گردید. در جداول (۵، ۶ و ۷) نتایج حاصل از برآورد کارایی عملیاتی، محیط-زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی به ترتیب برای مناطق گتوند، عقیلی و دیمچه با استفاده از مدل RDEA در سطح عدم اطمینان ۰/۱، ۰/۵، ۰/۸ و ۱ و سطوح متفاوت P برای مزارع تحت بررسی ارائه شده است. بنابراین با افزایش انحراف هر محدودیت از کران خود (P)، سطح مطلوب نهاده یا ستاده تغییر می‌نماید.
- ۲۲۸ شایان ذکر است در سطح احتمال انحراف از محدودیت ۱، مدل RDEA تبدیل به مدل DEA متداول گردید. همان‌طور که
- ۲۲۹ در جداول (۵، ۶ و ۷) ملاحظه می‌شود، در سطح $P=1$ (کمترین میزان حفاظت سیستم در مقابل داده‌های غیردقیق و به عبارت دیگر مدل DEA)، میانگین نهاده‌های مورد استفاده مزارع بیشتر و میانگین ستانده‌های حاصله کمتر از میانگین سطح مطلوب نهاده‌ها و ستاده‌ها است. نتایج حاصل از برآورد کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی با نتایج مطالعات مردانی نجف‌آبادی و ضیایی (Mardani Najafabadi and Ziaee., 2015; Mardani Najafabadi and Abdshahe., 2018) مطابقت داشت.
- ۲۳۰ همچنین نتایج نشان داد به استثنای لوبیا در منطقه گتوند، برای کلیه محصولات در هر سه منطقه و به ازای سطوح مختلف احتمال انحراف، میانگین کارایی محیط‌زیستی بیشتر از کارایی عملیاتی بوده است. این امر بیانگر عدم مهارت کافی کشاورزان در تولید محصولات مورد بررسی بوده است. به عبارت دیگر، نداشتن و یا کم‌بودن دانش فنی کشاورزان در مدیریت استفاده از نهاده‌ها، به عنوان مهمترین علت پایین بودن کارایی عملیاتی می‌باشد.
- ۲۳۱ نتایج برآورد میانگین کارایی در جدول ۵، نشان می‌دهد که بیشترین کارایی محیط‌زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی به یونجه‌کاران منطقه گتوند اختصاص دارد. متوسط کارایی محیط‌زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی به ترتیب از ۸۱ تا ۸۹ درصد و ۹۰ تا ۹۶ درصد در نوسان است. با توجه به اینکه میزان مصرف نهاده‌ها برای محصول یونجه در منطقه گتوند بیشتر از سایر محصولات بوده، این امر بیانگر عدم توجه کشاورزان به مسائل محیط‌زیستی یا به عبارتی، نادیده گرفتن اثرات محیط‌زیستی ناشی از مصرف بیش از حد نهاده‌ها بوده است. همچنین شالیکاران با کسب امتیاز کارایی در محدوده ۷۵ تا ۸۶ درصد، در سطوح مختلف احتمال انحراف، بالاترین سطح کارایی عملیاتی را به خود اختصاص داده‌اند که بیانگر قابلیت و مهارت شالیکاران منطقه گتوند در

۲۴۴ افزایش تولید برنج می‌باشد. در نهایت، کمترین میزان کارایی عملیاتی، محیط‌زیستی و محیط‌زیستی - اقتصادی در منطقه، متعلق
 ۲۴۵ به محصول لوبیا بوده است.

۲۴۶ جدول ۵- نتایج برآورد میانگین انواع کارایی محصولات در منطقه گتوند

۲۴۷

Table 5- The results of estimating the average efficiency of products in the Goutvand Region

P=1	P=0.8	P=0.5	P=0.1	سطوح احتمال انحراف انواع کارایی Deviation probability levels of efficiency types	
					یونجه Maize
0.86	0.76	0.74	0.73	کارایی عملیاتی operational efficiency	
0.89	0.83	0.82	0.81	کارایی محیط‌زیستی Environmental efficiency	
0.96	0.91	0.91	0.90	کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency	
					لوبیا Beans
0.63	0.6	0.58	0.57	کارایی عملیاتی operational efficiency	
0.59	0.53	0.52	0.51	کارایی محیط‌زیستی Environmental efficiency	
0.65	0.61	0.61	0.6	کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency	
					باقلا Beans
0.83	0.78	0.75	0.74	کارایی عملیاتی operational efficiency	
0.86	0.81	0.79	0.78	کارایی محیط‌زیستی Environmental efficiency	
0.91	0.86	0.86	0.85	کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency	
					برنج Rice
0.86	0.79	0.76	0.75	کارایی عملیاتی operational efficiency	
0.87	0.8	0.78	0.77	کارایی محیط‌زیستی Environmental efficiency	
0.95	0.90	0.89	0.88	کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency	
					سبزیجات Vegetables
0.84	0.76	0.74	0.72	کارایی عملیاتی operational efficiency	
0.85	0.76	0.75	0.73	کارایی محیط‌زیستی Environmental efficiency	
0.91	0.83	0.82	0.81	کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency	
					گندم Wheat
0.78	0.71	0.68	0.67	کارایی عملیاتی operational efficiency	
0.83	0.77	0.75	0.73	کارایی محیط‌زیستی Environmental efficiency	
0.88	0.81	0.8	0.79	کارایی محیط‌زیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency	

۲۴۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

- ۲۵۰ مطابق نتایج جدول ۶، برآورد متوسط کارایی در منطقه عقیلی نشان داد که بیشترین و کمترین میزان انواع کارایی به ترتیب
- ۲۵۱ متعلق به محصول برنج و گندم بوده است. به طوری که، برای محصول برنج به ازای سطوح مختلف احتمال انحراف، کارایی
- ۲۵۲ عملیاتی در محدوده ۷۷-۸۷ درصد، کارایی محیطزیستی در محدوده ۸۰-۹۰ درصد و کارایی محیطزیستی - اقتصادی در محدوده
- ۲۵۳ ۸۷ تا ۹۵ درصد متغیر است. این امر بیانگر توان بالای مدیریتی شالیکاران این منطقه در استفاده بهینه از نهاده‌ها بوده است.
- ۲۵۴ بنابراین، بدون تغییر در سطح تکنولوژی و با میزان نهاده موجود، می‌توان سطح فعلی محصول را تا رسیدن به مرز کارایی افزایش
- ۲۵۵ داد. کارایی عملیاتی، محیطزیستی و محیطزیستی - اقتصادی گندم کاران منطقه به ترتیب در محدوده ۶۷ تا ۷۹ درصد، ۷۰ تا ۸۱
- ۲۵۶ درصد و ۷۷ تا ۸۶ درصد نوسان دارد. به عنوان مهمترین دلایل کاهش کارایی مدیریتی گندمکاران در منطقه عقیلی می‌توان به
- ۲۵۷ افزایش ضایعات، ضعف آگاهی کمباین‌داران و انبارداران، عدم آشنایی صحیح کشاورزان با اصول مدیریت آفات و اصول اولیه
- ۲۵۸ علمی کشت گندم، عدم هماهنگی بین زمان صحیح برداشت گندم و شرایط مناسب محصول گندم در مرحله برداشت، عدم
- ۲۵۹ آشنایی صحیح کشاورزان با اصول مبادله، بازاریابی و حمل و نقل صحیح محصول اشاره نمود.

۲۶۰ جدول ۶- نتایج برآورد میانگین انواع کارایی محصولات تحت مطالعه منطقه عقیلی

۲۶۱ Table 6- The results of estimating the average efficiency of types of products under the study of the Aghili Region

P=1	P=0.8	P=0.5	P=0.1	سطوح احتمال انحراف انواع کارایی Deviation probability levels of efficiency types
				برنج Rice
0.87	0.80	0.78	0.77	کارایی عملیاتی operational efficiency
0.90	0.83	0.81	0.80	کارایی محیطزیستی Environmental efficiency
0.95	0.89	0.80	0.87	کارایی محیطزیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency
				سبزیجات Vegetables
0.86	0.78	0.75	0.74	کارایی عملیاتی operational efficiency
0.88	0.81	0.79	0.78	کارایی محیطزیستی Environmental efficiency
0.94	0.87	0.87	0.86	کارایی محیطزیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency
				گندم Wheat
0.79	0.71	0.69	0.67	کارایی عملیاتی operational efficiency
0.81	0.73	0.71	0.70	کارایی محیطزیستی Environmental efficiency
0.86	0.79	0.78	0.77	کارایی محیطزیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency

۲۶۴ نتایج میانگین کارایی منطقه دیمچه در جدول ۷ نشان داد که محصول نیشکر بالاترین میانگین انواع کارایی را به ازای سطوح
 ۲۶۵ مختلف احتمال انحراف با کسب امتیازات در محدوده ۷۸ تا ۹۰، ۸۰ تا ۸۹ و ۸۷ تا ۹۵ به ترتیب برای کارایی عملیاتی، محیطزیستی
 ۲۶۶ و محیطزیستی- اقتصادی به خود اختصاص داده است. این امر نشان‌دهنده استفاده بهینه‌تر کشاورزان از منابع موجود و توجه به
 ۲۶۷ مسائل محیطزیستی بوده است. کمترین میزان متوسط انواع کارایی منطقه دیمچه متعلق به محصول ذرت با کسب امتیازات در
 ۲۶۸ محدوده ۶۶ تا ۷۵، ۷۰ تا ۷۹ و ۷۹ تا ۸۵ به ترتیب برای کارایی عملیاتی، محیطزیستی و محیطزیستی- اقتصادی بوده است.

۲۶۹ جدول ۷. نتایج برآورد میانگین انواع کارایی محصولات تحت مطالعه منطقه دیمچه

۲۷۰ Table 7. The results of estimating the average efficiency of different types of products under the study of the Dimche region

P=1	P=0.8	P=0.5	P=0.1	سطوح احتمال انحراف انواع کارایی Deviation probability levels of efficiency types
				ذرت Maize
0.75	0.68	0.67	0.66	کارایی عملیاتی operational efficiency
0.79	0.73	0.71	0.70	کارایی محیطزیستی Environmental efficiency
0.85	0.8	0.8	0.79	کارایی محیطزیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency
				نیشکر Sugar cane
0.90	0.82	0.79	0.78	کارایی عملیاتی operational efficiency
0.89	0.83	0.80	0.80	کارایی محیطزیستی Environmental efficiency
0.95	0.90	0.89	0.87	کارایی محیطزیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency
				گندم Wheat
0.81	0.74	0.72	0.70	کارایی عملیاتی operational efficiency
0.87	0.81	0.80	0.79	کارایی محیطزیستی Environmental efficiency
0.91	0.85	0.85	0.84	کارایی محیطزیستی - اقتصادی Environmental-economic efficiency

۲۷۱ ماخذ: یافته‌های تحقیق

۲۷۲ Source: Research findings

۲۷۳ به طور کلی، چهار سطح متفاوت احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (p) برای بررسی تأثیر داده‌های غیردقیق بر نتایج
 ۲۷۴ مسئله مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین سطح محافظه کاری در مناطق مورد بررسی در مقابل داده‌های نامطمئن در سطح $P=1$
 ۲۷۵ و کمترین آن در سطح $P=0/1$ می‌باشد. کارایی محیطزیستی- اقتصادی در سطوح $0/5$ و $0/8$ برای محصولات یونجه، لوبیا و
 ۲۷۶ باقلا در منطقه گتوند، سبزیجات در منطقه عقیلی و در نهایت دو محصول ذرت و گندم در منطقه دیمچه یکسان بود. بنابراین
 ۲۷۷ می‌توان نهاده‌های مورد استفاده را بدون کاهش در تولید محصول تا حد زیادی کاهش داد.

۲۷۸ نتیجه‌گیری

۲۷۹ در مطالعه حاضر با توجه به اهمیت غلات بخصوص گندم، یونجه، ذرت و سایر محصولات مورد بررسی در مناطق گتوند،
۲۸۰ عقیلی و دیمچه استان خوزستان، به تعیین کارایی مزارع پرداخته شد. نوآوری این مطالعه ارائه روش تحلیل پوششی داده‌ها با
۲۸۱ پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری (RDEA) بود. نتایج حل این مدل برای منطقه مورد مطالعه نشان داد که در سطوح
۲۸۲ ثابت عدم اطمینان معین و با افزایش میزان احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (P)، مقدار کارایی واحدهای تصمیم‌گیری
۲۸۳ کاهش می‌یابد. همچنین با کاربرد روش مذکور نسبت به روش DEA، نتایج قابل اعتمادتری در رابطه با کارایی به دست خواهد
۲۸۴ آمد. دلیل این امر انطباق قابل ملاحظه رتبه‌بندی در مدل DEA و RDEA است. بنابراین می‌توان از این روش برای برآورد
۲۸۵ مقدار کارایی واحدهای تصمیم‌ساز استفاده نمود.

۲۸۶ نتایج محاسبه امتیازات کارایی در سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران به میزان $0/1$ ، $0/5$ ، $0/8$ و 1 نشان داد که
۲۸۷ میانگین کارایی عملیاتی در تمام سطوح احتمال P، برای کلیه محصولات در هر سه منطقه به استثنای لویبا در منطقه گتوند،
۲۸۸ پایین‌تر از میانگین کارایی محیط‌زیستی آن برآورد شده است. این امر نشان‌دهنده عدم قابلیت و مهارت کشاورزان برای تولید
۲۸۹ محصول مشخص با کمترین میزان به کارگیری نهاده توجیه‌پذیر بود. بنابراین در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران در
۲۹۰ راستای بهبود کارایی محیط‌زیستی محصولات، توصیه می‌شود که ساختارهای تولید و فناوری و به کارگیری هر چه بیشتر از
۲۹۱ فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست به جای فناوری‌های مخرب و آلاینده مورد توجه ویژه قرار گیرد. همچنین در بخش‌های
۲۹۲ مختلف، جهت کاهش آلاینده‌گی، نظارت دقیق‌تری بر فرآیند تولید محصول اعمال شود.

۲۹۳ **با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:**

- ۲۹۴ - مقایسه نتایج کارایی عملیاتی و کارایی محیط‌زیستی بیانگر کم‌توجهی و عدم مهارت کشاورزان در کاربرد صحیح و بهینه
- ۲۹۵ نهاده‌های تولیدی بود. لذا ضروری است کلاس‌های آموزشی و ترویجی در راستای توانمندسازی کشاورزان جهت بهبود
- ۲۹۶ شیوه‌های تولید و مصرف بهینه نهاده‌ها با هدف بهبود درآمد کشاورزان و افزایش سود آن‌ها برگزار شود. در این راستا،
- ۲۹۷ سازمان‌ها و دولت بایستی از طریق آموزش مروجان بومی و استقرار آن‌ها در منطقه، علاوه بر رفع مشکلات آموزشی و
- ۲۹۸ ترویجی کشاورزان، زمینه مشارکت کشاورزان در برنامه‌های ترویجی و انتقال تجربیات و ارتباط کشاورزان موفق در
- ۲۹۹ روش‌های مورد استفاده آنان برای سایر کشاورزان جهت کاهش ناکارایی در مدیریت مصرف نهاده‌ها و خسارات محیط‌زیستی
- ۳۰۰ ناشی از مصرف بیش از حد نهاده‌ها را فراهم آورد.

- ۳۰۱ - با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی مربوط به سوخت‌های فسیلی و دیزلی است،
- ۳۰۲ بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش استفاده از انرژی‌های نو و کمتر آلاینده در جهت افزایش کارایی محیط‌زیستی، امری
- ۳۰۳ ضروری خواهد بود.
- ۳۰۴ - در راستای حفاظت از محیط‌زیست و افزایش عملکرد محصول، پیشنهاد می‌شود که دولت در کنار آموزش کشاورزان، در
- ۳۰۵ راستای توانمندسازی آن‌ها به استفاده بهینه از نهاده‌های شیمیایی با اتخاذ سیاست‌های حمایتی آنان را به سمت کشت
- ۳۰۶ محصولات ارگانیک سوق دهد.
- ۳۰۷ - جهت افزایش کارایی عملیاتی کشاورزان، می‌توان با استفاده از تکنولوژی موجود و استفاده مطلوب از تکنولوژی فعلی کارایی
- ۳۰۸ را تا رسیدن به مرز کارای تولید ارتقاء داد.

References

- ۳۱۰ Agricultural Jihad Organization., Khuzestan.2019.
- ۳۱۱ Barghi H, Hosni-nejad A and Shayan, M. 2016. Evaluation of the effects of agricultural chemicals
- ۳۱۲ on the environment of villages (case study: villages of Zarin-Dasht city), Natural Hazards
- ۳۱۳ Management, 4(3): pp. 247-262. (In Persian). [DOI:10.22059/JHSCI.2018.248113.306](https://doi.org/10.22059/JHSCI.2018.248113.306)
- ۳۱۴ Boucekkine R, Jacek K and Thomas V. 2011. "Environmental quality versus economic
- ۳۱۵ performance: a dynamic game approach". Optimal Control Applications and Methods. Vol. 32. No.1.
- ۳۱۶ PP. 29–46. <https://doi.org/10.1002/oca.927>
- ۳۱۷ Beshartadeh M, Nowrozi A, Faizabadi Y. 2021. Evaluation of economic-environmental efficiency
- ۳۱۸ of tangerine production in Mazandaran province with the approach of rural economic development,
- ۳۱۹ Space Economy and Rural Development Quarterly, number 4, pages 195-219. (In Persian).
- ۳۲۰ Charles A and Cooper W.W. 1962. Programming with linear fractional functionals. Naval Res.
- ۳۲۱ Logistics. Q, 9,181–186. <https://doi.org/10.1002/nav.3800100123>.
- ۳۲۲ Despotis D.K, Maragos E.K and Smirlis Y.G. 2006. Data envelopment analysis with missing
- ۳۲۳ values: An interval DEA approach. European Journal of Operational Research, 140:24–36.
- ۳۲۴ <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.10.028>
- ۳۲۵ Department of Environment Environmental Organization. 2019.
- ۳۲۶ Forleo M. B, Palmieri N and Salimei E. 2018. The Eco-Efficiency of the Dairy Cheese
- ۳۲۷ Chain: an Italian case study, Italian Journal of Food Science, 30(2): 112-128.
- ۳۲۸ <https://doi.org/10.14674/IJFS-1077>

- ۳۲۹ Han Y, Geng Z, Zhu Q, and Qu Y. 2015. Energy efficiency analysis method based on fuzzy DEA
۳۳۰ cross-model for ethylene production systems in the chemical industry. *Energy*, 83:685-695. DOI:
۳۳۱ [10.1016/j.energy.2015.02.078](https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.02.078)
- ۳۳۲ Lertworasirikul S, Shu-Cherng F. Joines J.A and Nuttle H.L.W. 2003. Fuzzy data envelopment
۳۳۳ analysis (DEA): A possibility approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 139:379–394. DOI:10.1016/S0165-
۳۳۴ 0114(02)00484-0
- ۳۳۵ Kazemi H, Bourkheili S. H, Kamkar B, Soltani A, Gharanjic K and Nazari N. M. 2016, Estimation
۳۳۶ of greenhouse gas (GHG) emission and energy use efficiency (EUE) analysis in rainfed canola
۳۳۷ production (case study: Golestan province, Iran), *Energy*, 116, 694-700.
۳۳۸ <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.010>
- ۳۳۹ Karimi F, Pirasteh H, Zahedi K. 2012. Determining the efficiency of wheat farming according to
۳۴۰ the two factors of time and risk using coverage analysis Open data and windowed data coverage
۳۴۱ analysis, *Agricultural economics and development*.
- ۳۴۲ Mardani M, Sakhdari, H and Sabouhi M. 2011. Application of multi-objective programming and
۳۴۳ Controller parameters of conservatism in agricultural planning, Case study: Mashhad city. *Journal of*
۳۴۴ *Agricultural Economics Research*, 2:161-187. DOI:20.1001S.1.20086407.1390 .3.10.10.7
- ۳۴۵ Mardani Najafabadi M and Ziaee S. 2015. Determining the efficiency of irrigated wheat fields in
۳۴۶ Neishabur city under conditions of uncertainty, *Economics and Agricultural Development*, (2) 30,
۳۴۷ pp. 136-147. (In Persian). DOI:10.22067/ JEAD2. V30I2.49099
- ۳۴۸ Mardani Najafabadi M. and Abdshahi A. 2018. Evaluating the efficiency of groves in Ahvaz city
۳۴۹ under conditions of uncertainty: the application of robust data coverage analysis and Monte Carlo
۳۵۰ simulation, *Agricultural Economics and Development*, 33(2): pp. 191-204. (In Persian).
- ۳۵۱ Masuda K. 2016. Measuring eco-efficiency of wheat production in Japan: a combined application
۳۵۲ of life cycle assessment and data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production*, 17(22): 373–
۳۵۳ 381. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.090
- ۳۵۴ Nikkhah A, Khojastehpour M, Emadi B, Taheri-Rad, A and Khorramdel, S. 2015. Environmental
۳۵۵ impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology, *Journal of Cleaner*
۳۵۶ *Production*, 92, 84-90. DOI:10.1016/j.jclepro.2014.12.048
- ۳۵۷ Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., & Shamshirband, S, 2016,
۳۵۸ Modeling energy consumption and greenhouse gas emissions for kiwifruit production using artificial
۳۵۹ neural networks, *Journal of Cleaner Production*, 133, 924-931.

- ۳۶۰ Ohadi N, Ahani E and Moradi E. Determination of technical efficiency in dairy farms of Sirjan
۳۶۱ city using fuzzy data envelopment analysis method, Journal of Agricultural Economics Research,
۳۶۲ 2020. Volume 12, Number 47, pp. 252-237. (In Persian). [DOI:20.1001.1.20086407.1399.12.47.10.4](https://doi.org/10.22086/407.1399.12.47.10.4)
- ۳۶۳ Ozalp, A., Yilmaz, S., Ertekin, C., & Yilmaz, I, 2018, Energy Analysis and Emissions of
۳۶۴ Greenhouse Gases of Pomegranate Production in Antalya Province of Turkey, ErwerbsObstbau, 1-9
۳۶۵ Reports of Khuzestan Province Program Organization, 2016
- ۳۶۶ Rasakhis S, Shahrazi M, Shidaei Z, Jafari M and Dehghan Z. 2015. The relationship between
۳۶۷ economic efficiency and environmental efficiency: new evidence for developing and developed
۳۶۸ countries, Economic Research and Policy Quarterly, No. 78, Year 24, Pages 31-56. (In Persian)
- ۳۶۹ Sabouhi M and Mardani M. 2010. Investigating The effect of rainfall on cropping pattern and total
۳۷۰ gross margin in the right irrigation network of nekouabad diversion dam. Journal of Agricultural
۳۷۱ Economics Research, 5:202-221.
- ۳۷۲ Sabouhi M and Mardani M. 2013. Application of robust optimization approach for agricultural
۳۷۳ water resource management under Uncertainty. Journal of Irrigation And Drainage Engineering.
۳۷۴ 139:571-581. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000578](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000578)
- ۳۷۵ Shokouhi A.H, Hatami-Marbini A, Tavana M, and Saati S. 2010. A robust optimization approach
۳۷۶ for imprecise data envelopment analysis. Computers and Industrial Engineering, 59:387-397.
۳۷۷ <https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.05.011>
- ۳۷۸ Taate H, khosravi B, Berghae Khatebe N.2013. Investigating the effects of technology and its
۳۷۹ consequences on the environment, the third environmental planning and management conference
- ۳۸۰ Ullah A, Perreta R.S, Gheewala SH. and Sonia P. 2015. Eco-efficiency of cotton-cropping systems
۳۸۱ in
۳۸۲ Pakistan: an integrated approach of life cycle assessment and data envelopment analysis.
۳۸۳ <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.10.112>.
- ۳۸۴ Mardani, M., & Taki, M. 2020. Robust data envelopment analysis with Monte Carlo simulation
۳۸۵ model for optimization the energy consumption in agriculture. Energy Sources, Part A: Recovery,
۳۸۶ Utilization, and Environmental Effects, 1-15.
- ۳۸۷ Mardani Najafabadi, M., Mirzaei, A., Abdeshahi, A., & Azarm, H. (2020). Determining the
۳۸۸ efficiency of broiler chicken units in Sistan region, using interval data envelopment analysis and Mont
۳۸۹ Carlo simulation approach. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research,
۳۹۰ 51(2), 179-194.
- ۳۹۱
- ۳۹۲

۳۹۳ **Extended Abstract**

۳۹۴

۳۹۵ **Determining the Eco-Efficiency of Major Crops in Selected Rigions of Khuzestan Province**

۳۹۶

۳۹۷ **Introduction**

۳۹۸

۳۹۹

۴۰۰

۴۰۱

The relationship between economic development and the environment is known as one of the most important issues facing societies. If in the context of sustainable development, economic and environmental activities are considered together, the environment and economic development are two complementary factors and, as a result, it will lead to ecological balance. In this case, economic activities will not disturb this balance.

۴۰۲

۴۰۳

۴۰۴

۴۰۵

۴۰۶

۴۰۷

Currently, protecting the environment and achieving sustainable development is one of the main topics that have been put on the agenda of various societies, including Iran, with the implementation of comprehensive economic, social and cultural plans. Therefore, to preserve the environment and meet the goals of sustainable development, as well as to guide and rationally manage plans and projects, especially in the agricultural sector, serious measures should be taken. Therefore, this study was carried out to evaluate the operational, environmental, and eco-efficiency of the major agricultural products of the irrigation and drainage networks of Gotvand.

۴۰۸

۴۰۹

۴۱۰

۴۱۱

۴۱۲

۴۱۳

۴۱۴

۴۱۵

The irrigation and drainage network of Gotvand is located in the southwest of Iran in Khuzestan province. This network is designed to irrigate lands located in three regions of Gotvand, Aghili, and Dimcheh, enclosed between two rivers, Karun and Lor. According to the official statistics of government organizations, the consumption of fertilizers and chemical poisons in the lands covered by this network is 3.6 times the average limit in Iran. The excess irrigation water in this network is returned to the rivers by the built-in drains and causes water pollution downstream of the network. Therefore, considering that environmental protection is one of the most important aspects of sustainable development, it is very important to investigate the effects of the use of pesticides and chemical fertilizers in agriculture and to introduce solutions to improve the efficiency of the environment in the study area.

۴۱۶

Materials and Methods

۴۱۷

۴۱۸

۴۱۹

۴۲۰

۴۲۱

۴۲۲

۴۲۳

۴۲۴

۴۲۵

Eco-efficiency includes operational and environmental impacts, which are presented as the ratio of the weighted sum of outputs to the weighted sum of inputs (operational inputs + environmental inputs). However, since agricultural activities are carried out in uncertain environmental conditions, there is uncertainty regarding inputs and outputs. The uncertainty in some of the effective input and output parameters in the ranking of networks, and as a result, the inaccuracy of the model calculation results, and the need to pay attention to the use of uncertainty models, make it more obvious. Therefore, in the present study, to include the conditions of uncertainty and risk, the robust data envelopment analysis (RDEA) model was used, which is one of the most powerful and useful models in conditions of uncertainty. The required data were collected by completing a questionnaire of the Gotvand, Aghili, and Dimche regions using a simple random sampling method in 2019.

۴۲۶

Results and Discussion

۴۲۷

۴۲۸

۴۲۹

۴۳۰

۴۳۱

۴۳۲

The alfalfa producers in the Gotvand region assigned the highest environmental and Eco-efficiency by obtaining points in the range of 81 to 89 percent and 90 to 96 percent, respectively. The rice crop in the Aghili region had the highest types of operational efficiency based on different levels of deviation probability in the range of 77-87%, environmental efficiency in the range of 80-90%, and environmental-economic efficiency in the range of 87-95%. Dimanche sugarcane region has the highest average of efficiency types for different levels of deviation probability by obtaining points in the range of 78 to 90, 80 to 89, and 87 to 95 respectively for operational, environmental, and Eco-efficiency.

۴۳۳

۴۳۴

۴۳۵

۴۳۶

Comparing the results of technical efficiency with environmental efficiency shows the lack of attention and skill of farmers in the correct and optimal use of production inputs. Therefore, it is necessary to hold educational and promotional classes to empower farmers to improve production methods and optimal consumption of inputs to improve farmers' income and increase their profits.

۴۳۷

۴۳۸

۴۳۹

Considering that a significant part of energy consumption in the agricultural sector is related to fuels and diesel, optimizing energy consumption and increasing the use of new and less polluting energies to increase environmental efficiency is a matter. It will be necessary.

۴۴۰

Conclusions

۴۴۱ The average operating efficiency in all different probability levels for the studied products in Goutvand , Aghili, and
۴۴۲ Dimche areas, except for beans in the Gatund area, was estimated to be lower than the average environmental efficiency.
۴۴۳ This shows the lack of ability and skill of farmers to produce a certain product with the lowest amount of input, while the
۴۴۴ farmers of these areas pay great attention and care to environmental issues.

۴۴۵ **Keywords:** Robust Data Envelopment Analysis, Undesirable Output, Undesirable Input, Operational
۴۴۶ Efficiency, Khuzestan