

## تعیین کارایی فنی و اقتصادی تولید برنج در منطقه گتوند استان خوزستان تحت شرایط عدم حیتت

مصطفی مردانی نجف‌آبادی<sup>۱\*</sup>، یاسمین زباری<sup>۲</sup>، نسرين اوحدی<sup>۳</sup>

### چکیده

برنج بعد از گندم از ارزشمندترین منابع تامین کننده انرژی برای انسان بوده است. تولید برنج ایرانی یک محصول مهم برای کشور ایران جهت تامین امنیت غذا و همچنین یکی از مهمترین منابع اشتغال و درآمد برای روستاییان می‌باشد. در مطالعه حاضر به ارزیابی کارایی برنج کاران منطقه گتوند (استان خوزستان) با استفاده از رهیافت تحلیل پوششی داده‌های استوار پرداخته شده است. داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از ۱۲۱ کشاورز با در نظر گرفتن جامعه آماری و استفاده از نمونه‌گیری تصادفی ساده برای سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ حاصل گردید. رهیافت بهینه‌سازی استوار امکان ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری با داده‌های غیرقطعی را فراهم می‌نماید. نتایج حاکی از آن است که استفاده از روش‌هایی که عدم حیتت و ریسک را در ارزیابی کارایی واحدها مدنظر قرار می‌دهند، نتایج دقیق‌تری نسبت به روش‌های کلاسیک ارائه می‌نمایند. در نتیجه بر مبنای این الگوها می‌توان سیاست‌گذاری‌های مناسب و دقیق‌تری را پیشنهاد نمود. ناکارترین نهاده‌ها در میان برنج کاران مورد مطالعه سطح زیرکشت و علف‌کش می‌باشند. به طوری که می‌توان با کاهش مقدار مشخصی در سطح زیرکشت و علف‌کش به سطح بهینه مصرف این نهاده‌ها بدون کاهش در تولید دست یافت. در این راستا برنامه‌ریزی آموزشی و ترویجی جهت آشنایی با مفاهیم اقتصادی و روش‌های نوین تولید و استفاده از تکنولوژی‌های مناسب و پیشرفته برای بالابردن بهره‌وری عوامل شود. تولید و بهبود کارایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برنج، کارایی فنی، بهینه‌سازی استوار، گتوند

### مقدمه

در عصر حاضر با تغییر در الگوی مصرف و در نتیجه تغییر در الگوی تولید و از سویی محدودیت و گران بودن منابع، استفاده بهینه از نهاده‌ها در همه زمینه‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. کارایی و بهره‌وری معیارهایی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان به طور مستمر شرایط موجود را بهبود بخشید (Sohrabi, & Nalchigar, 2010). کارایی در تولید روشی است جهت اطمینان حاصل کردن از اینکه تولیدات یک واحد اقتصادی در بهترین و پرسودترین حالت ممکن تولید می‌شوند. کارایی در هر بخش اقتصادی برای جلوگیری از به هدر رفتن منابع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Kumbhaker & Lovell, 2000). کارایی نسبت مجموعه ستانده به نهاده تعریف

<sup>۱</sup> استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران  
E-mail: m.mardani@asnrkh.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران،

ایران

<sup>۳</sup> دانش‌آموخته دکتر اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

می‌شود و خود به روش‌های گوناگونی محاسبه می‌شود که معمولاً به دو گروه عمده روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شوند.

تحلیل پوششی داده‌ها، روشی غیر پارامتریک و مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است که در سال ۱۹۷۸ توسط چارلز و همکارانش برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری که وظایف یکسانی انجام می‌دهند، ابداع شد. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها ابزار مناسبی برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیری مشابه هستند، ولی در واقع در عمل، موقعیت‌هایی وجود دارد که اطلاعات دقیقی از ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها وجود ندارد (Mardani & Ziaei, 2016). به عبارتی در شرایطی، تعیین مقدار عددی دقیق برای برخی ورودی‌ها و یا خروجی‌ها امکان‌پذیر نیست.

عدم قطعیت در دنیای واقعی، مشکلی است که همواره تصمیم‌گیرندگان را در فرآیند تصمیم‌گیری دچار مشکل می‌کند. در چنین شرایطی نیازمند مدل‌هایی هستیم که کارایی واحدهای تصمیم‌گیری را با در نظر گرفتن داده‌های غیردقیق ارزیابی کنند (Mardani et al., 2019; Kelly et al, 2012). مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار از مدل‌های بسیار قوی و مفید در شرایط عدم حتمیت می‌باشد.

توان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به منظور پاسخ‌گویی به نیازهای کاربردی سبب شده است که تحقیقات وسیعی در حوزه‌های علمی ریاضی، مدیریت، اقتصاد و مهندسی به عمل آید. می‌توان گفت به دلیل استفاده‌های موفق و ویژگی‌های کاربردی تحلیل پوششی داده‌ها و همچنین تحقیقات و مطالعات موردی منتشرشده در چند سال گذشته، این تکنیک، رشد بسیار روزافزونی داشته است (Toloo et al, 2009; Mardani et al, 2013). از این‌رو، در شرایط فعلی پژوهش‌های مربوط به کارایی اهمیت زیادی دارند. در ادامه، برخی از مطالعات صورت گرفته در زمینه کارایی محصولات کشاورزی بیان می‌شود.

Rangbar et al (2019) کارایی برنج‌کاران منطقه کهرباران ساری را با بکارگیری تحلیل پوششی داده‌ها و اعمال نوسان جهت بررسی در شرایط عدم قطعیت مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج پژوهش، میانگین کل کارایی در چهار وضعیت اصلی، خوشبینانه، بدبینانه و ۱۶ سناریو به ترتیب ۰/۶۵، ۰/۸۵، ۰/۵۳ و ۰/۷۶ بوده است که تفاوت بین کارایی در حالت اصلی و سایر حالت‌های مورد بررسی نشان‌دهنده اهمیت لحاظ عدم قطعیت در محاسبه کارایی است. همچنین نتایج نشان داد که بیش از ۸۷٪ از برنج‌کاران حتی در وضعیت خوشبینانه نیز کارا نبودند. بنابراین با توجه به پایین بودن کارایی کشاورزان منطقه مورد مطالعه، بررسی علل ناکارایی آن‌ها و بکارگیری سیاست‌های مناسب در جهت افزایش کارایی کشاورزان ناکارا بسیار مهم است.

Usman et al (2016) در تحلیل کارایی گندم‌کاران منطقه لاپاه در پاکستان، روش غیرپارامتری تحلیل پوششی داده‌ها را برای تعیین مقادیر کارایی و از روش رگرسیون جداگانه برای این مقادیر ناکارایی متغیرهای اجتماعی-اقتصادی و متغیرهای مختص مزارع با استفاده از مدل رگرسیونی را به کار گرفتند. نتایج نشان داد میانگین کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی مزارع در منطقه نمونه به ترتیب ۸۴، ۸۱ و ۶۸ درصد بود.

Poudel et al (2015) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) کارایی فنی مزارع قهوه ارگانیک و معمولی را در منطقه تپه روستایی نیپال مقایسه نمودند. میانگین کارایی فنی مزارع قهوه ارگانیک و معمولی به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۳ می‌باشد. رتبه کارایی مزارع تحت بازده ثابت نسبت به مقیاس، بازده کاهشی نسبت به مقیاس و بازده افزایشی نسبت

به مقیاس به ترتیب ۳۱/۶۷، ۳۰/۸۳ و ۳۷/۵ برای مزارع قهوه ارگانیک و به ترتیب ۲۹/۱۷، ۲۵ و ۴۵/۸۳ برای مزارع قهوه معمولی می‌باشد.

Mardani & Abdoshahi (2019) در مطالعه خود جهت در نظر گرفتن شرایط عدم حتمیت در برآورد کارایی نخلستان‌های شهرستان اهواز، از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA)<sup>۱</sup> استفاده نمودند. میانگین کارایی فنی برای این دسته از کشاورزان ۹۰ درصد برآورد شده است. نتایج حاصل از ارزیابی توانایی مدل RDEA در مقابل داده‌های نامطمئن که با استفاده از مدل شبیه‌سازی مونت کارلو انجام پذیرفت نشان داد که این مدل انعطاف پذیری قابل توجهی در محافظت از مدل برای این نوع از داده‌ها دارد.

Mardani et al (2019) کارایی واحدهای مرغداری گوشتی استان خوزستان را تعیین نمودند و به منظور لحاظ شرایط عدم حتمیت، از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA) و فازی بازه‌ای (FIDEA) استفاده شد. نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی کل مرغداری‌ها در مدل RDEA در سه سطح احتمال ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر ۸۸٪، ۹۱٪ و ۹۳٪ می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی مونت کارلو نشان داد که میانگین درصد سازگاری رتبه‌بندی برای داده‌های شبیه‌سازی شده در همه‌ی سناریوهای عدم حتمیت در مدل RDEA بیشتر از مدل FIDEA بوده و در این راستا، استفاده از نتایج آن برای بهبود وضعیت واحدهای ناکارا مناسب به نظر می‌رسد.

Kavosi et al (2017) به ارزیابی و مقایسه کارایی فنی دو گروه از مزارع شالی کاری تحت پوشش طرح ملی افزایش تولید برنج و مزارع معمولی در منطقه پیربازار شهرستان رشت پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که میانگین سطوح کارایی فنی مزارع تحت پوشش طرح ملی افزایش تولید برنج منطقه در الگو با فرض بازده ثابت به مقیاس (CCR) و بازده متغیر به مقیاس (BCC) به ترتیب معادل ۹۹/۲ و ۹۹/۶ درصد بود، در حالی که میانگین سطوح کارایی فنی مزارع معمولی منطقه در مدل با فرض CCR و BCC به ترتیب معادل ۹۷/۱ و ۹۷/۶ درصد برآورد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مهمترین علت بالاتر بودن کارایی و کمتر بودن هزینه‌های تولید در مزارع تحت پوشش طرح، تفاوت در نحوه استفاده از نهاده‌ها است.

Ahmad zadeh et al (2011) کارایی شالیکاران شهرستان رشت را با استفاده از رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها تعیین نمودند. نتایج نشان دادند که کارایی فنی، اقتصادی و تخصیصی در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس به ترتیب برابر ۸۶٪، ۸۲٪ و ۹۵٪ و در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب برابر ۹۱٪، ۸۹٪ و ۹۷٪ می‌باشد.

با توجه به شناخت امکانات و محدودیت‌های موجود در بخش کشاورزی ایران، مناسب‌ترین راهکار برای افزایش درآمد و کاهش هزینه‌ها، تخصیص مطلوب عوامل تولید موجود و بهبود کارایی در تولید است (Hajiani et al, 2005)

به‌طور کلی و با توجه به مرور منابع می‌توان گفت که استفاده از روش RDEA برای برآورد کارایی بنگاه‌ها و مزارع کشاورزی در سال‌های اخیر رو به رشد بوده و این امر به دلیل توانایی این مدل در ایجاد سناریوهای مختلف عدم حتمیت است. همچنین، می‌توان گفت که برخی از مطالعات نیز به‌طور کل موضوع عدم حتمیت در کاربرد روش DEA را نادیده گرفته که یکی از ایرادات این مطالعات محسوب می‌شود.

<sup>1</sup> Robust Data Envelopment analysis

شبکه آبیاری و زهکشی گتوند در جنوب غربی ایران در استان خوزستان واقع شده است. این شبکه جهت آبیاری اراضی واقع در سه منطقه گتوند، عقیلی و دیمچه، محصور بین دو رودخانه کارون و لور طراحی گردیده است. هدف از احداث این شبکه مدیریت هر چه بهتر منابع آب در منطقه و توزیع عادلانه آب بین کشاورزان منطقه بوده است. اراضی تحت پوشش این شبکه ۴۳۹۳۰ هکتار بوده اما بطور خالص ۳۴۱۴۴ هکتار مورد بهره‌برداری بالغ بر ۴۳۰۰ قطعه زمین از آن استفاده می‌کنند. منطقه گتوند در این شبکه آبیاری با استفاده از ۵۶ کیلومتر کانال و ۱۲۱ دریاچه فعال با دبی متوسط ۶۸ مترمکعب بر ثانیه، آب آبیاری را به ۱۰۷۶ قطعه زمین زراعی هدایت می‌کند. حدود ۷۰ درصد معیشت مردم شهرستان گتوند از راه کشاورزی می‌باشد و این شهرستان یکی از پتانسیل‌های خوب جهت افزایش و بهبود تولیدات محصولات کشاورزی استان خوزستان به شمار می‌آید.

با توجه به مطالب گفته‌شده هدف اصلی مطالعه، ارزیابی کارایی برنج‌کاران منطقه گتوند تحت شرایط عدم حتمیت می‌باشد. اهداف فرعی که برای این مطالعه می‌توان متصور شد را می‌توان در قالب سه سوال مطرح نمود. اول اینکه مهارت و دانش برنج‌کاران منطقه مورد مطالعه در تولید این محصول تا چه اندازه‌ای است؟ دوم اینکه کدام نهاده‌های تولید باعث بیشترین میزان ناکارایی در مزارع تولید برنج شده است؟ و در نهایت، آیا استفاده از مدل RDEA نسبت به مدل DEA اولویت دارد؟.

## روش تحقیق

کارایی را می‌توان، توانایی یک بنگاه در به دست آوردن حداکثر ستاده از یک مجموعه‌ی معینی از نهاده‌ها با فرض تکنولوژی معلوم و یا توانایی یک بنگاه برای تولید بازدهی معین با حداقل مجموعه نهاده‌های در دسترس تعریف نمود (Charnes, 1994). در حالت کلی، روش تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به چهار صورت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)<sup>۱</sup>، بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS)<sup>۲</sup>، بازده افزایشی نسبت به مقیاس (IRS)<sup>۳</sup> و بازده کاهشی نسبت به مقیاس (DRS)<sup>۴</sup>، با دو رویکرد کلی نهاده‌گرا و ستاده‌گرا تقسیم کرد. مدل‌های نهاده‌گرا، مدل‌هایی هستند که بدون تغییر در ستانده، از نهاده‌های کمتری برای به دست آوردن همان مقدار خروجی استفاده می‌کنند و مدل‌های ستانده‌گرا آن‌هایی هستند که بدون تغییر در میزان ورودی میزان خروجی‌های بیشتری را به دست می‌دهند (۲۰۰۴، Luiz). در این مطالعه، از دو روش CRS و VRS که رویکرد نهاده‌گرا دارند، استفاده شده است. فرم کلی روش CRS به صورت رابطه (۱) است.

<sup>1</sup> Variable Return to Scale

<sup>2</sup> Constant Return to Scale

<sup>3</sup> Increasing Return to Scale

<sup>4</sup> Decreasing Return To Scale

$$\begin{aligned} \max \quad & \theta_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}, \\ \text{subject to} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j, \\ & u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i. \end{aligned} \quad (1)$$

الگوی ۱ الگویی نهاده‌گرا است. متغیرهای این الگو  $u \in \mathbb{R}^s \times 1$  و  $v \in \mathbb{R}^m \times 1$  هستند.  $u_r$  و  $v_i$  به ترتیب مربوط به وزن‌های ورودی  $i$  و خروجی  $r$  هستند.  $\theta_o$  کارایی حاصل از برتری ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم‌گیرنده  $o$  با استفاده از حداکثر نمودن تابع هدف در الگوی ۱ و با توجه به متغیرهای وزنی است. با استفاده از دو محدودیت اول در این الگو، کارایی واحد تصمیم‌گیرنده  $o$  در فاصله  $[0, 1]$  قرار خواهد گرفت. بر این اساس، واحدی دارای کارایی کامل است، اگر و تنها اگر، امکان بهبودی استفاده از نهاده‌ها و یا افزایش ستاده‌ها بدون خسارت به دیگر نهاده‌ها یا ستاده‌ها وجود نداشته باشد (Banker et al, 1984). با توجه به الگوی ۱، مقادیر هدف جهت کارا شدن واحدهای ناکارا به صورت رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$\begin{aligned} x_{io}^* &= x_{io} \theta_o - s_i^- & \forall i \\ y_{ro}^* &= y_{ro} \theta_o + s_r^+ & \forall r \end{aligned} \quad (2)$$

همانطور که قبلاً ذکر شد، CRS الگویی مناسب برای مواقعی است که فرض شود کشاورز در مقیاس بهینه عمل می‌کند. این فرض در مسائل کاربردی به دلیل عواملی از قبیل رقابت ناقص و تغییرات ناگهانی آب و هوا، یک فرض دور از ذهن است. برای مقابله با این مشکل، الگوی بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS) معرفی شد. بنابراین، اگر نتایج حاصل از هر دو الگوی بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس برابر باشد، به این معنی است یک رابطه خطی میان داده‌ها و ستاده‌ها وجود دارد. برای کارایی مقیاس، کافی است که متغیر (w) به سمت چپ محدودیت دوم و تابع هدف الگوی ۱ اضافه گردد.

با توجه به ابهام و عدم حتمیت در مقادیر ورودی  $(x_{ij}^*)$  و خروجی  $(y_{rj}^*)$  و با فرض در نظر گرفتن مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده که  $J_j^x$  و  $J_j^y$  به ترتیب مجموعه‌های مربوط به ارزش نهاده‌ها و ستاده‌های مبهم برای این واحدها است، می‌توان به تعریف پارامترهای  $\gamma_j^x$  و  $\gamma_j^y$  که ارزشی بین فواصل محدود  $[0, J_j^x]$  و  $[0, J_j^y]$  دارند، پرداخت. نقش این پارامترها، استوارسازی مدل DEA در برابر تغییرات ناشی از شرایط عدم حتمیت در داده‌های ورودی و خروجی است، می‌باشد. فرم عمومی مدل RDEA به صورت رابطه ۳ نگاشته می‌شود (Shokouhi et al, 2010).

$$\begin{aligned} \max \quad & \theta_p = \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^U - \beta_p^y, \\ \text{s.t} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^L + \beta_p^x = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U + \beta_j^y + \beta_j^x \leq 0, \quad \forall j \neq p, \\ & \theta_p \leq 1, \end{aligned} \quad (3)$$

متداول تعریف IDEA اطمینان در مدل در رابطه ۳ دو متغیر  $\beta_j^x(x, \gamma_j^x)$  و  $\beta_j^y(y, \gamma_j^y)$  جهت اعمال شرایط عدم شده‌اند. عبارت دیگر این دو متغیر از محدودیت‌ها در مقابل عدم حتمیت محافظت کرده و به آن‌ها کمک می‌کنند پذیر باقی بمانند. اکنون اگر متغیر  $C_j^x$  و  $C_j^y$  به ترتیب به صورت روابط ۵ و ۶ تعریف شوند. که به صورت امکان

$$C_j^y = \{S_j^y \cup \{t_j^y\} \mid S_j^y \subseteq J_j^y, |S_j^y| = |\gamma_j^y|, t_j^y \in J_j^y / S_j^y\} \quad (4)$$

$$C_j^x = \{S_j^x \cup \{t_j^x\} \mid S_j^x \subseteq J_j^x, |S_j^x| = |\gamma_j^x|, t_j^x \in J_j^x / S_j^x\} \quad (5)$$

از طرف دیگر اگر مقادیر ورودی و خروجی را به صورت بازه‌ای،  $x_{ij} \in [x_{ij}^L, x_{ij}^U]$  و  $y_{ij} \in [y_{ij}^L, y_{ij}^U]$  تعریف نمود، می‌توان دو متغیر  $\beta_j^x$  و  $\beta_j^y$  را به ترتیب به صورت روابط ۶ و ۷ نوشت.

$$\beta_j^y(\gamma, \gamma_j^y) = \max_{C_j^y} \left\{ \sum_{r \in S_j^y} u_r (y_{rj}^U - y_{rj}^L) + (\gamma_j^y - |\gamma_j^y|) u_{t_j^y} (y_{t_j^y}^U - y_{t_j^y}^L) \right\} \quad (6)$$

$$\beta_j^x(\gamma, \gamma_j^x) = \max_{C_j^x} \left\{ \sum_{i \in S_j^x} v_i (y_{ij}^U - y_{ij}^L) + (\gamma_j^x - |\gamma_j^x|) v_{t_j^x} (y_{t_j^x}^U - y_{t_j^x}^L) \right\} \quad (7)$$

بنابراین، رابطه ۳ ممکن است که با تأثیرات غیر خطی مواجه شود.

نکته قابل توجهی که از روابط فوق بدست می‌آید این است که اگر  $J_j^y = 0$  و  $J_j^x = 0$  در نتیجه دو متغیر مساوی صفر قرار گرفته و خاصیت خود را از دست می‌دهند. نتیجه این امر تساوی توابع هدف و محدودیت‌های روابط ۳ و ۱ بوده و مفهوم آن تساوی مدل‌های RDEA و حالت خوشبینانه IDEA می‌باشد.

بطور مشابه، اگر  $J_j^x = |J_j^x|$  و  $J_j^y = |J_j^y|$  آنگاه  $\beta_j^y(y, \gamma_j^y) = \sum_{r=1}^s u_r (y_{rj}^U - y_{rj}^L)$  و  $\beta_j^x(y, \gamma_j^x) = \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij}^U - x_{ij}^L)$  بدبینانه‌ترین حالت برای نتایج مدل متصور خواهد شد.

بنابراین، با سطوح متفاوت  $\gamma_j^y$  و  $\gamma_j^x$ ، می‌توان یک رنج منعطف از استواری مدل RDEA را در مقابل سطوح متفاوت حفاظت از پاسخ‌های بهینه تجربه کرد. در نهایت، مدل RDEA را می‌توان بصورت مدل برنامه‌ریزی غیرخطی زیر ارائه کرد (Shokouhi et al, 2010):

$$\begin{aligned} \max \quad & \theta_p = \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^U - z_p \gamma_p^y - \sum_{r=1}^s P_{rp}, \\ \text{s.t} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^L + z_p \gamma_p^x - \sum_{r=1}^m q_{ip} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U + z_j \Gamma_j + \sum_{r=1}^s P_{rj} + \sum_{r=1}^m q_{rj} \leq 0 \quad \forall j \neq p, \\ & z_j + p_{rj} \geq u_r (y_{rj}^U - y_{rj}^L), \quad \forall r, j \\ & z_j + q_{ij} \geq v_i (x_{ij}^U - x_{ij}^L), \quad \forall i, j \\ & \theta_p \leq 1, \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon, \quad \forall i, r \\ & z_j, q_{ij}, p_{rj} \geq 0, \quad \forall i, j, r \end{aligned} \quad (8)$$

برای پارامترهای  $\Gamma_j$  مقادیر متفاوتی وجود دارد و به این صورت محاسبه می‌شود که برای حداکثر احتمال انحراف محدودیت زام از کران خود ( $P_j$ ) کافی است که این پارامتر حداقل مساوی با معادله ۹ باشد (Bertsimas and Sym, 2004).

$$\Gamma_j = 1 + \Phi^{-1}(1 - p_j) \sqrt{n} \quad (9)$$

که  $\Phi$  توزیع تجمعی متغیر گاوسی استاندارد و  $n$  منابع عدم حتمیت در هر محدودیت است. برای مثال، اگر  $n=50$  و  $P_j = 0.05$  باشد، مقدار این پارامتر  $12/59$  خواهد بود.

داده‌های ورودی و خروجی مدل RDEA شامل موارد زیر می‌باشد:

آب (ورودی): میزان مصرف آب یکی از نکات مهم کشت محصولات زراعی بویژه برنج است که با توجه به شرایط اقلیمی، ساختمان خاک، مدیریت مزرعه، دانش فنی و غیره در نقاط مختلف تفاوت دارد و چنانچه به صورت صحیح مدیریت نشود محدودیت زیادی را در مصرف آب شرب و کشاورزی به وجود می‌آورد. آب مورد نیاز گیاه برنج عمدتاً از خاک توسط ریشه جذب شده که کمتر از ۵ درصد آن صرف تشکیل اندام‌های گیاهی می‌شود و ۹۵ درصد ما بقی از طریق تبخیر و تعرق از دسترس گیاه خارج می‌شود.

سطح زیر کشت (ورودی): طی یک بازه زمانی ۴۰ ساله سطح زیر کشت برنج در استان خوزستان ۵۵ تا ۶۰ هزار هکتار بوده و طی چند سال گذشته به دلیل ارزش افزوده و درآمد، سطح زیر کشت این محصول افزایش یافته است.

سموم و کودها (ورودی): سموم و کودهای مورد استفاده جهت تولید برنج در منطقه گتوند شامل آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، کودشیمیایی نیتروژنه و کودشیمیایی فسفاته می‌باشد.

استفاده از نیروی کار، ماشین‌آلات و سرمایه در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت مزارع شلتوک در منطقه گتوند نیز به عنوان ورودی در مدل در نظر گرفته شدند.

عملکرد محصول برنج (خروجی): مناسب‌ترین خروجی برای مدل RDEA عامل عملکرد محصول برنج می‌باشد.

جامعه‌ی آماری این مطالعه، برنج‌کاران (۱۴۱۲ مزرعه) منطقه گتوند می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از کشاورزان با در نظر گرفتن جامعه آماری و استفاده از نمونه‌گیری تصادفی ساده حاصل شد. جهت تعیین حجم نمونه از مطالعه Bartlett et al (2001) برای داده‌های پیوسته استفاده شد. در مطالعه‌ی آنان فرمول کوکران تعدیل شده و برای متغیرهای پیوسته و طبقه‌بندی شده به طور مجزا تعدیل شده‌است. با توجه به حجم جامعه آماری، یک نمونه‌ی ۱۲۱ تایی جهت بررسی انتخاب گردید.

## نتایج و بحث

جدول ۱ توصیف آماری داده‌ها و ستانده را در منطقه گتوند (استان خوزستان) نشان می‌دهد. مطابق نتایج مشاهده می‌گردد میانگین عملکرد محصول شلتوک در هکتار ۴ تن بوده و بین حداکثر ۶ تن و حداقل ۲ تن در هکتار متغیر می‌باشد. مطابق آمارنامه‌های منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی عملکرد شلتوک در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در استان خوزستان و کل کشور به ترتیب برابر ۴/۴ و ۵ تن در هکتار می‌باشد که نشان می‌دهد محصول شلتوک در منطقه گتوند نسبت به سطح استان و کل کشور عملکرد مناسبی ندارد. میانگین سطح زیر کشت شلتوک در میان برنج‌کاران منطقه گتوند ۶/۱ با درصد ضریب تغییرات ۵۰٪ می‌باشد که نشان می‌دهد پراکندگی اراضی در منطقه مذکور بالا می‌باشد. با توجه به نتایج ضریب تغییرات، کمترین پراکندگی در استفاده از نهاده‌ها توسط برنج‌کاران، مربوط به مصرف سرمایه (۱۰٪)، و نیروی کار (۱۰٪) می‌باشد.

جدول ۱ توصیف آماری ورودی‌ها و خروجی‌های مدل

| نهاده‌ها و ستانده | میانگین | حداکثر | حداقل | انحراف معیار | ضریب تغییرات |
|-------------------|---------|--------|-------|--------------|--------------|
|-------------------|---------|--------|-------|--------------|--------------|

۱۸۳۵



|     |       |      |       |       |                               |
|-----|-------|------|-------|-------|-------------------------------|
| ۰/۳ | ۱/۱   | ۲    | ۶     | ۴     | عملکرد (تن در هکتار)          |
| ۰/۵ | ۳/۳   | ۰    | ۱۱    | ۶/۱   | سطح زیر کشت (هکتار)           |
| ۰/۲ | ۱۱۸/۶ | ۳۱۳  | ۶۸۷   | ۵۰۳/۲ | کود نیترژن (کیلوگرم در هکتار) |
| ۰/۳ | ۶۶/۴  | ۱۵۱  | ۳۶۲   | ۲۶۴   | کود فسفات (کیلوگرم در هکتار)  |
| ۰/۵ | ۰/۶   | ۰    | ۲     | ۱/۱   | علف کش (لیتر در هکتار)        |
| ۰/۶ | ۰/۶   | ۰    | ۲     | ۱     | آفت کش (لیتر در هکتار)        |
| ۰/۲ | ۲۶۹۲  | ۹۵۸۴ | ۱۸۷۸۸ | ۱۳۷۹۹ | آب (متر مکعب در هکتار)        |
| ۰/۲ | ۸/۴   | ۲۱   | ۴۸    | ۳۴/۵  | ماشین آلات                    |
| ۰/۱ | ۱۸/۸  | ۹۶   | ۱۵۹   | ۱۲۸/۲ | نیروی کار                     |
| ۰/۱ | ۱۶۹/۶ | ۱۴۱۳ | ۲۰۰۶  | ۱۷۰۲  | سرمایه                        |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲ نتایج کارایی فنی برنج کاران در سطح عدم اطمینان معین (E) ۲۰٪ و سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (p) به میزان ۰/۱۰، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ را در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس نشان می‌دهد. جهت تسهیل تجزیه و تحلیل برآوردها، نتایج کارایی فنی کشاورزان به طبقات متفاوتی با فاصله ۰/۱ دسته‌بندی گردیدند. مطابق نتایج با کاهش p از ۱ به ۰/۵ و ۰/۱، فراوانی طبقات کارایی واحد و میانگین کارایی فنی کل نیز کاهش یافته است که نشان می‌دهد با افزایش حفاظت الگو در برابر داده‌های نامطمئن ناکارایی برنج کاران در استفاده از نهاده‌ها افزایش می‌یابد. این امر بیان می‌دارد که استفاده از روش‌هایی که شرایط ریسک و عدم قطعیت را در نظر می‌گیرند (RDEA) نتایج دقیق‌تری نسبت به روش‌های متداول DEA ارائه می‌دهند. در سطح احتمال  $p=100\%$  کمترین میزان محافظه کاری در برابر داده‌های غیردقیق صورت می‌گیرد که باعث تساوی نتایج مدل RDEA و DEA می‌شود. در سطح احتمال انحراف ۰/۵ میانگین کارایی کل فنی ۰/۷۹ با پراکندگی ۰/۱۹ برآورد شده است. به این مفهوم است که با کاهش مصرف نهاده‌ها با توجه به سطح معین تولید و تکنولوژی ثابت امکان افزایش کارایی فنی برنج کاران به میزان ۲۱٪ وجود دارد. نتایج کارایی فنی در سطح احتمال انحراف ۰/۱ حاکی از آن است که ۳۵٪ بهره‌برداران دارای کارایی فنی بالاتر از ۰/۹ و ۶۵٪ آن‌ها دارای کارایی فنی کمتر از ۰/۹ هستند. این امر بیان می‌سازد که اکثر مزارع مورد بررسی با عدم کارایی فنی مواجه هستند. بنابراین پتانسیل بالایی جهت بهبود کارایی فنی مزارع با مصرف نهاده‌های کمتر بدون تغییر در سطح فناوری و تولید وجود دارد.

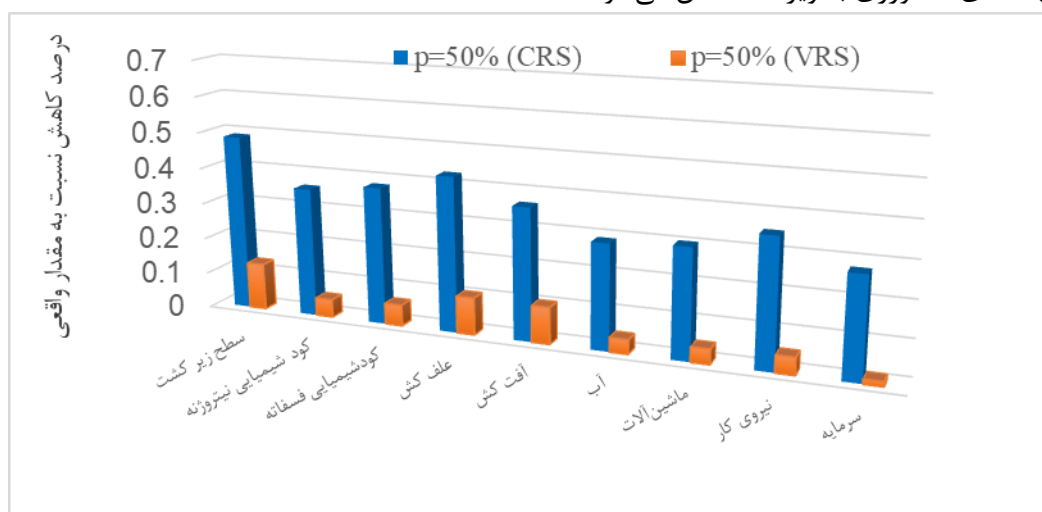
جدول ۲ نتایج کارایی فنی برنج کاران در سطح عدم اطمینان ۲۰٪ و سطوح احتمال ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪

| آماره        | طبقه کارایی | >0/6 | 0/6-0/7 | 0/7-0/8 | 0/8-0/9 | 0/9-1 | ۱    | کل |
|--------------|-------------|------|---------|---------|---------|-------|------|----|
| p=100% (DEA) |             |      |         |         |         |       |      |    |
| میانگین      | 0/52        | 0/65 | 0/74    | 0/85    | 0/95    | 1     | 0/92 |    |
| فراوانی      | 4           | 8    | 10      | 8       | 13      | 78    | 121  |    |
| انحراف معیار | 0/07        | 0/03 | 0/03    | 0/03    | 0/03    | 0     | 0/19 |    |
| p=50% (RDEA) |             |      |         |         |         |       |      |    |
| میانگین      | 0/49        | 0/66 | 0/75    | 0/85    | 0/96    | 1     | 0/79 |    |
| فراوانی      | 24          | 16   | 17      | 20      | 11      | 33    | 121  |    |

| انحراف معیار | ۰/۰۷ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰  | ۰/۱۹ |
|--------------|------|------|------|------|------|----|------|
| p=10% (RDEA) |      |      |      |      |      |    |      |
| میانگین      | ۰/۴۸ | ۰/۶۶ | ۰/۷۵ | ۰/۸۵ | ۰/۹۷ | ۱  | ۰/۷۷ |
| فراوانی      | ۲۹   | ۱۷   | ۱۸   | ۱۵   | ۱۶   | ۲۶ | ۱۲۱  |
| انحراف معیار | ۰/۰۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰  | ۰/۲  |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

شکل ۱ کاهش مقادیر بهینه نسبت به مقادیر واقعی در سطح احتمال انحراف ۵۰٪ و سطح عدم اطمینان ۰/۳ را در دو حالت بازده ثابت و بازده متغیر نسبت به مقیاس نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد ناکارایی مصرف نهاده‌ها توسط برنج‌کاران در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس بیشتر از حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس می‌باشد. این امر بیان می‌سازد فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس در افزایش کارایی مزارع تأثیر بسیاری دارد و نشان می‌دهد برنج‌کاران منطقه گتوند در مقیاس بهینه عمل نمی‌نمایند. با توجه به شکل ناکاراترین نهاده‌ها در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس، سطح زیر کشت و علف‌کش می‌باشند. پراکندگی بالای مزارع شلتوک در منطقه مورد تحقیق باعث گردیده نهاده زمین از بهره‌وری مطلوبی برخوردار نباشد و همین امر به نوبه خود باعث افزایش هزینه و ناکارایی مصرف نهاده‌های کشاورزی به ویژه علف‌کش می‌شود.



شکل ۱ کاهش مقادیر بهینه نسبت به مقادیر واقعی در سطح احتمال ۵۰٪ و سطح عدم اطمینان ۰/۳۰ نتایج میانگین مقادیر واقعی و بهینه نهاده‌ها (در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس) در سه سطح عدم اطمینان ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ و احتمال انحراف ۰/۵ در جدول ۳ آورده شده است. مشاهده می‌گردد که با افزایش سطح عدم اطمینان از ۱۰٪ به ۳۰٪ اختلاف مقادیر بهینه از مقادیر واقعی بیشتر شده و باعث ناکارایی بیشتر مصرف نهاده توسط بهره‌برداران می‌گردد. مطابق نتایج مشاهده می‌شود مقادیر واقعی مصرف نهاده‌ها توسط برنج‌کاران منطقه گتوند فاصله زیادی نسبت به مقادیر بهینه برآورد شده دارند. به طوری که می‌توان با کاهش ۰/۴۸ سطح زیر کشت، ۰/۴۵ مصرف علف‌کش، ۰/۴۰ مصرف آفت‌کش، ۰/۳۷ مصرف کود شیمیایی فسفات، ۰/۳۵ مصرف کود شیمیایی نیتروژنه، ۳۳٪ نیروی کار، ۰/۲۹ در مصرف نهاده ماشین‌آلات، ۰/۲۸ در مصرف آب و ۰/۲۷ سرمایه (در سطح عدم اطمینان ۰/۲) به ازای سطح مشخصی از تکنولوژی و بدون کاهش تولید به کارایی کامل در تولید محصول برنج دست یافت.

جدول ۳ میانگین مقادیر واقعی و بهینه نهاده‌ها در سطوح عدم اطمینان ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ و سطح احتمال انحراف ۵۰٪

| نهاده‌ها    | مقادیر بهینه        |                     |                     | مقادیر واقعی |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|
|             | $\varepsilon = 0/3$ | $\varepsilon = 0/2$ | $\varepsilon = 0/1$ |              |
| سطح زیر کشت | ۳/۱                 | ۳/۲                 | ۳/۴                 | ۶/۱          |
| کود نیتروژن | ۳۲۳/۲               | ۳۲۸/۳               | ۳۳۷/۶               | ۵۰۳/۲        |
| کود فسفات   | ۱۶۴                 | ۱۶۶/۶               | ۱۷۳/۶               | ۲۶۴          |
| علف‌کش      | ۰/۶                 | ۰/۶                 | ۰/۶                 | ۱/۱          |
| آفت‌کش      | ۰/۶                 | ۰/۶                 | ۰/۶                 | ۱            |
| آب          | ۹۸۰۷/۵              | ۹۸۸۷/۷              | ۹۸۳۰/۱              | ۱۳۷۹۹/۵      |
| ماشین‌آلات  | ۲۴/۱                | ۲۴/۶                | ۲۴/۶                | ۳۴/۵         |
| نیروی کار   | ۸۳/۳                | ۸۵/۵                | ۸۶/۳                | ۱۲۸/۲        |
| سرمایه      | ۱۲۳۰/۷              | ۱۲۴۱/۸              | ۱۲۴۵/۸              | ۱۷۰۲         |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر با استفاده از الگوی تحلیل پوششی داده‌های استوار کارایی فنی برنج‌کاران در دو حالت بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که استفاده از روش‌هایی که عدم حتمیت و ریسک را در ارزیابی کارایی واحدها مدنظر قرار می‌دهند، نتایج دقیق‌تری نسبت به روش‌های کلاسیک ارائه می‌نمایند. در نتیجه بر مبنای این الگوها می‌توان سیاست‌گذاری‌های مناسب و دقیق‌تری را پیشنهاد نمود. میانگین کارایی کل فنی در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس و در سطح احتمال انحراف ۰/۵ و سطح عدم اطمینان ۲۰٪ برابر ۰/۷۹ می‌باشد به این معنی است که برنج‌کاران می‌توانند در یک فناوری ثابت و بدون کاهش تولید، مصرف نهاده‌های خود را به میزان ۲۱٪ کاهش دهند و به مرز کارایی تولید دست یابند. همچنین مطابق نتایج ۳۵٪ بهره‌برداران دارای کارایی فنی بالاتر از ۰/۹ می‌باشند. نتایج کارایی فنی نیز نشان دادند که کارایی مصرف نهاده‌ها در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس بیشتر از حالت بازده ثابت به مقیاس است. این تفاوت کارایی بیان می‌کند که عدم کارایی مقیاس میان برنج‌کاران وجود دارد. استفاده واقعی نهاده‌های زمین و علف‌کش توسط برنج‌کاران بیشترین اختلاف را نسبت به مقادیر بهینه دارند و بر این مبنای ناکارترین نهاده‌ها می‌باشند. با توجه به پایین بودن کارایی فنی، عدم کارایی مقیاس و نابهینه بودن مصرف نهاده میان برنج‌کاران منطقه مورد تحقیق، پیشنهاد می‌شود واحدهای کارا شناسایی و مشخص گردند و به عنوان مرجع برای واحدهای ناکار جهت الگوبرداری از این واحدها و تدوین برنامه منظم سالیانه مصرف بهینه نهاده‌ها توسط کشاورزان و در نتیجه بهبود کارایی قرار بگیرند. همچنین برگزاری کلاس‌های آموزشی و ترویجی جهت آشنایی با مفاهیم اقتصادی و روش‌های نوین تولید و استفاده از تکنولوژی‌های مناسب و پیشرفته باعث بهبود توان مدیریتی کشاورزان و مصرف بهینه عوامل تولید و نیز کارایی می‌گردد.

## منابع

Hajjani, P., Khalilian, S., Abrishami, H. and Peikani, G.H. (2005). Study of technical efficiency of shrimp fishing fleet of Persian Gulf (Case Study: Boshehr Province). Journal of Agricultural Economics and Development, 13(201-226). (In Faesi).



- Kavosi, M., Zanipoor, M. and Adibi, Sh. (2017). Evaluating the effect of implementing the national plan to increase rice production on the technical efficiency of paddy fields (Case study: Pirbazar area of Rasht city). *Cereal Research*. 7 (2): 235-246.
- Kelly, E., Shalloo, L., Geary, U., Kinsella A. and Wallace, M. Application of data envelopment analysis to measure technical efficiency on a sample of Irish dairy farms. (2012). *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 51: 63–77.
- Kumbhaker, S. and Lovell, C. A. K., (2000). *Stochastic frontier analysis*. United Kingdom. Cambridge University Press.
- Mardani, M. and Abdoshahi, A. (2019). Evaluating the efficiency of palms in Ahvaz city under uncertainty: Application of data envelopment analysis approach and Monte Carlo simulation. *Journal of Agricultural Economics and Development*. 33 (2): 191-204.
- Mardani, M., Abdoshahi, A., Forozani, M. and Zinali, M. (2019). Study the effects of water and soil quality resources on the efficiency of irrigation and drainage networks in Karun Bozorg Under conditions of uncertainty. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 13 (3): 749-737.
- Mardani Najafabadi, M., Abdoshahi, A., Ghorbani, M. and Zebari, Y. (2019). Assess the capability of fuzzy data envelopment analysis and robust models in determining the efficiency of poultry breeding units Meat of Khuzestan province. *Agricultural Economics*. 13 (3): 56-29.
- Mardani M., Sargazi A., and Sabouhi M. (2013). Determination of the Efficiency of Sistan Wheat Farms Using Incorporation Optimization Model with Degree of Conservatism Control Parameters and Data Envelopment Analysis (RDEA). *Agricultural Economics & Development*, 27: 180-187.
- Mardani M. and Ziaei S. (2016). Determining the efficiency of irrigated wheat farms in Neyshabur city under uncertainty. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 2(30):1-25.
- Mohaghar, A., Mehregan, M. and Naz abadi, M. (2008). Optimization of the automotive industry product portfolio using Robust optimization. *Journal of Industrial Management*. 1 (2): 139-152.
- Neto Luiz, E., and Lins Marcos, P.E. (2004). Neural data envelopment analysis: A simulation. *International Journal of Industrial Engineering*, 11(1):14-24.
- Poudel, K., Thomas, L., Johnson, G., Yamamoto, N., Gautam, Sh. and Mishra, B. (2015). Comparing technical efficiency of organic and conventional coffee farms in rural hill region of Nepal using data envelopment analysis (DEA) approach. *Organic Agriculture*, 5:263–275.
- Rangbar, T., Hosseini, A., Kashiri, F. and Eabdi, Kh. (2019). Efficiency of rice farmers in Kahrabaran region of Sari in conditions of uncertainty. *Agricultural Economics and Development*. 27 (105).
- Shokouhi, A.H., Hatami-Marbini, A., Tavana, M., and Saati, S. (2010). A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. *Computers and Industrial Engineering*, 59:387-397.
- Sohrabi, B. and Nalchigar, S. (2010). Introducing a new model of data envelopment analysis to identify the most efficient unit Decision making with inaccurate data. *Specialized Journal of Industrial Engineering*, 44 (1): 63-73.
- Toloo, M., Sohrabi, B. and Nalchigar, S. (2009). A new method for ranking discovered rules from data mining by DEA. *Expert Systems with Applications*, 36:8503-8508.
- Usman, M., Ashraf, W., Jamil, I., Mansoor, M. A., Ali, Q. and Waseem, M. (2016). Efficiency analysis of wheat farmers of district Layyah of Pakistan. *American Journal of Experimental Agriculture*, 11 (2):1-11.

