اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۲۸، شمارهٔ ۱۱۱، پاییز ۱۳۹۹

DOI: 10.30490/AEAD.2020.252671.0

محاسبهٔ کارآیی و رتبه‌بندی چغندرکاران ایران

پریچهر نجفی[۱]، مسعود فهرستی ثانی[۲]، محمدرضا نظری[۳]، اکرم نشاط[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۳۱

چکیده

با توجه به اهمیت نقش چغندرقند در تولید شکر داخلی، بررسی کارآیی این محصول می‌تواند نقشی به‌سزا در راستای افزایش تولید آن داشته باشد. از این‌رو، در تحقیق حاضر، با استفاده از آمار و اطلاعات سیزده استان تولیدکننده چغندرقند در سال ۱۳۹۵ و در محیط نرم‌افزاری GAMS، محاسبهٔ انواع کارآیی شامل کارآیی فنی تحت شرایط بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، تخصیصی، اقتصادی، مقیاس و کارآیی مدیریتی انجام شد؛ همچنین، با استفاده از روش‌هایی بر پایهٔ تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای تولیدکننده چغندرقند (استان‌ها)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران (parichehr.najafi@yahoo.com)

۲- نویسندهٔ مسئول و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران (mfehresti@ardakan.ac.ir)

۳- استادیار پژوهشکدهٔ علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (mo_nazari@sbu.ac.ir)

۴- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران (aneshat@ardakan.ac.ir)

رتبه‌بندی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که توان زیادی برای افزایش کارآیی اقتصادی تولیدکنندگان چغندرقند در مناطق مورد مطالعه وجود دارد؛ همچنین، کارآیی فنی عامل اساسی تفاوت در کارآیی‌های اقتصادی بوده و کارآیی مقیاس تولید چغندرقند نیز عامل پایین بودن کارآیی فنی است. بر اساس نتایج محاسبات، به‌ترتیب، استان‌های آذربایجان غربی، خراسان رضوی، فارس، خراسان جنوبی و خوزستان بالاترین رتبه و استان‌های قزوین، اصفهان و کردستان پایین‌ترین رتبه را در کارآیی متقاطع داشتند. نتایج رتبه‌بندی نشان داد که در بین استان‌های کارآ، استان‌هایی که سهم بیشتری از تولید چغندرقند را به خود اختصاص داده‌اند، از وضعیت کارآیی مطلوب‌تری برخوردارند؛ افزون بر این، مدل کارآیی متقاطع واحد مجازی تصمیم‌گیرنده نسبی آنتی‌ایده‌آل، در مقایسه با سایر روش‌های رتبه‌بندی کارآیی، مطلوب‌ترین نتیجه را برای تمایز کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرندهٔ کارا در اختیار قرار می‌دهد. در پایان، با توجه به بالا بودن کارآیی تولید چغندرقند در استان خوزستان، توسعهٔ کشت آن در این استان توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: *کارآیی، تحلیل پوششی داده‌ها، روش اندرسن و پیترسن، روش کارآیی متقاطع، چغندرقند.*
طبقه‌بندی JEL : Q12، Q13، Q18 و C60

مقدمه

در ایران، به‌دلیل تنوع آب‌وهوایی، هر دو محصول چغندرقند و نیشکر کشت می‌شود، به‌گونه‌ای‌که نیشکر محصول نواحی گرمسیر و چغندرقند محصول نواحی سردسیر است (Najafpour, 2014). چغندرقند یکی از محصولات صنعتی و راهبردی کشور به‌شمار می‌رود و زراعت این محصول و صنایع وابسته به لحاظ اشتغال و تأمین قند و شکر داخلی در اقتصاد کشور نقش مهمی دارد (Yazdani and Pishbahar, 2005). بررسی آمار و اطلاعات، سطح زیر کشت و تولید چغندرقند طی سال‌های ۹۵-۱۳۸۱ بیانگر روند نزولی تولید چغندر با تأثیرپذیری از روند تغییرات سطح زیر کشت است، به‌گونه‌ای که سطح زیر کشت و تولید این

محصول، به‌ترتیب، از ۱۹۱/۸ هزار هکتار و شش میلیون تن در سال ۱۳۸۱ به ۱۱۰ هزار هکتار و ۵/۹ میلیون تن در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است (MAJ, 2017).

افزایش تولید چغندرقند از طریق افزایش کاربرد عوامل تولید و تغییرات عمده فناوری با محدودیت‌هایی روبه‌روست. از این‌رو، در شرایط کنونی، بهترین و عملی‌ترین راه افزایش تولید بهبود کارآیی است (Shafiei et al., 2007). اهمیت موضوع، از نظر تأمین مواد غذایی، ایجاد اشتغال، تأمین ارز و روابط آن با سایر بخش‌ها و سهمی که در تولید ناخالص ملی دارد، درخور ملاحظه است (Nemati et al., 2005). از این‌رو، به‌منظور افزایش تولید و سطح زیر کشت چغندرقند، باید از طریق بالا بردن عملکرد در واحد سطح، بهبود کارآیی فنی و کاربرد اصول اقتصادی در افزایش بازده و به‌کارگیری صحیح نهاده‌ها اقدامات لازم انجام شود. همچنین، از آنجا که چغندرقند به‌عنوان یکی از محصولات با نیاز آبی بالا مطرح است و معمولاً کشت آن در استان‌های نیمه شمالی در زمان تبخیر زیاد و کاهش بارندگی در سال صورت می‌گیرد، می‌توان توسعه کشت این محصول در نیمه جنوبی کشور را نیز در اولویت قرار داد، چراکه شرایط کشت در جنوب نیاز آبی محصول را به‌دلیل تغییر در زمان کشت، کاهش می‌دهد. افزون بر این، بر پایهٔ آمار وزارت جهاد کشاورزی، عملکرد چغندرقند کشور در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، ۵۴۱۳۳ کیلوگرم در هکتار بوده و استان خوزستان با عملکرد ۶۵۲۶۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد چغندرقند در کشور را به خود اختصاص داده است.

از این‌رو، با انجام پژوهش حاضر و اندازه‌گیری وضعیت کارآیی فنی در نواحی مختلف کشور، می‌توان به بررسی توان افزایش تولید در ازای پیگیری سیاست یادشده و نیز علت‌یابی وضعیت کارآیی اقتصادی تولیدکنندگان چغندرقند پرداخت.

محاسبه و اندازه‌گیری کارآیی، در برخی از مطالعات گذشته، به روش تحلیل مرزی تصادفی[1] (Shahraki and Sardar-Shahraki, 2015) و در برخی دیگر، از طریق انواع شاخص‌های کارآیی برای واحدهای اقتصادی (Yazdani and Rahimi, 2013; Islam, 2015) صورت گرفته

1. Stochastic Frontier Analysis (SFA)

است. البته برخی از محققان (Shahnavazi, 2017; Alimirzaei and Niki Esfahlan, 2017; Ziari and Sharifzadeh, 2016) نیز از روش‌های اندرسن- پیترسن[1] و کارآیی متقاطع[2]، به بررسی کارآیی و رتبه‌بندی واحدهای کارآ پرداخته‌اند.

شهرکی و سردار شهرکی (Shahraki and Sardar-Shahraki, 2015)، با استفاده از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مرزی تصادفی، به محاسبه کارآیی فنی چغندرقندکاران خراسان رضوی پرداختند و نتایج هر دو مدل حاکی از آن بود که توان زیادی در راستای بهبود کارآیی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد؛ همچنین، عملکرد ۷۳ تا ۷۹ درصد از مزارع چغندرقند مورد بررسی در حالت بازده صعودی نسبت به مقیاس بوده و از این‌رو، مصرف بیشتر نهاده‌ها تصمیمی مناسب برای افزایش تولید و درآمد زارعان است تا از این راه، افزایش تولید و در نتیجه، بهبود کارآیی حاصل شود.

شهنوازی (Shahnavazi, 2017) به بررسی کاربرد روش کارآیی متقاطع در تعیین امتیاز و رتبهٔ استان‌های کشور در تولید پیاز پرداخت و نتایج بیانگرآن بود که در میان روش‌های مورد استفاده، کامل‌ترین رتبه‌بندی به الگوی کارآیی متقاطع اختصاص دارد؛ بر اساس نتایج این روش، استان‌های قم، خراسان رضوی و هرمزگان، به‌ترتیب، در رتبه‌های ۲۵، ۲۴ و ۲۳ و استان‌های ایلام، سیستان و بلوچستان و همدان نیز به‌ترتیب، در رتبه‌های اول، دوم و سوم قرار گرفته‌اند. همچنین، از لحاظ تولید کل، با آنکه استان‌های آذربایجان شرقی، هرمزگان و اصفهان در رتبه‌های اول تا سوم قرارگرفته‌اند، ولی رتبهٔ کارآیی آنها به‌ترتیب ۱۷، ۲۳ و هفت است.

علی‌میرزایی و نیکی‌اسفهلان (Alimirzaei and Niki Esfahlan, 2017)، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها[3]، به ارزیابی کارآیی و رتبه‌بندی گمرکات کشور پرداختند؛ بر پایهٔ نتایج اجرای دو مدل ورودی‌محور و خروجی‌محور، به‌ترتیب، ده و پانزده ادارهٔ گمرک از

1. Andersen-Petersen (AP)
2. Cross-Efficiency (CE)
3. Data Envelopment Analysis (DEA)

کارآیی برخوردار بودند. برای رتبه‌بندی گمرکات بر اساس کارآیی نیز از روش اندرسن-پیترسن و مدل متقاطع استفاده شد.

اسلام (Islam, 2015)، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، به بررسی کارآیی تولید کارخانه شکر بنگلادش پرداخت و نتایج نشان داد که تمامی کارخانه‌ها از کارآیی فنی با میانگین ۹۷ درصد برخوردارند.

زیاری و شریف‌زاده (Ziari and Sharifzadeh, 2016)، با استفاده از واحدهای مجازی ناکارآ و مقیاس بی‌نهایت در تحلیل پوششی داده‌ها، به رتبه‌بندی کارآیی واحدهای تصمیم‌گیری پرداختند. در این مطالعه، با استفاده از دو روش ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، یک روش جدید برای ارزیابی کارآیی مدل‌های فوق ایده‌آل فاصلهٔ بین واحدهای تصمیم‌گیری مجازی را در قالب ارزیابی کارآیی مرزی برای رتبه‌بندی کارآیی نهاده و محصول حداقل و حداکثر می‌کند. نتایج رتبه‌بندی مدل نشان‌دهندهٔ خوب بودن عملکرد مدل است.

در بخش کشاورزی، معمولاً از شاخص‌هایی چون عملکرد و تولید برای ارزیابی و رتبه‌بندی مناطق و محصولات مختلف استفاده می‌شود، ولی از آنجا که این شاخص‌ها تمام ابعاد هزینه‌ای در تولید را در نظر نمی‌گیرند، ممکن است استفاده از آنها در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی ایجاد خطا کند (Shahnavazi, 2017).

به‌طور کلی، تمرکز پژوهش‌هایی که از رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای محاسبه کارآیی استفاده کرده‌اند، بیشتر روی موضوع تعیین سطح کارآیی بوده و کمتر به استفاده از روش‌های رتبه‌بندی واحدهای کارآ و ارائه آنها پرداخته شده است، در حالی که به‌ویژه در مدل‌های پارامتریک، زمانی که کارآیی به‌عنوان متغیر وابسته یا متغیر مستقل وارد مدل می‌شود (یعنی، هدف تعیین اثر مجموعه‌ای از عوامل بر کارآیی یا اثر کارآیی بر متغیر دیگر است)، باید بین واحدهای کارآ نیز به لحاظ کارآیی، تمایزی برقرار کرد. یکی از روش‌هایی که در این مدل‌ها به‌کار می‌رود، رتبه‌بندی واحدهای کارآست. بررسی مطالعات مرتبط با رتبه‌بندی واحدهای کارآ نشان‌دهندهٔ شکاف تحقیقاتی مرتبط با عدم وجود مطالعات

مربوط به مقایسه این روش‌ها به‌صورت کاربردی و به‌ویژه در بخش کشاورزی بوده و مطالعات پیشین در زمینه‌های کارآیی متقاطع و روش اندرسن- پیترسن غالباً در بخش صنعت و مدیریت صورت گرفته است. از این‌رو، با توجه به اهمیت کشاورزی و جایگاه ویژه کالای شکر در سبد مصرفی خانوارهای ایرانی، تحقیق حاضر بر آن است که با استفاده از داده‌های واقعی نیشکر و چغندرقند در بخش‌های کشاورزی و صنعت، به ارزیابی توانمندی زنجیره تأمین شکر بپردازد و با ارائه راهکارهای مناسب، به کارآیی بیشتر، حمل‌ونقل بهینه و رتبه‌بندی واحدهای کارآ در بخش کشاورزی کمک کند. در واقع، در تحقیق حاضر، علاوه بر تعیین انواع کارآیی و تحلیل‌های مرتبط با آن، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مربوط به روش‌های رتبه‌بندی واحدهای کارآ نیز ارائه و بهترین روش انتخاب می‌شود و مقایسه کارآیی استان‌های نیمه شمالی نسبت به نیمه جنوبی کشور صورت گرفت. از این‌رو، امید است که نتایج مطالعهٔ حاضر بتواند راهکاری در راستای افزایش تولید و کارآیی چغندرکاران ایران ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

در مطالعهٔ حاضر، به‌منظور تعیین کارآیی چغندرکاران ایران، از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده و به بررسی کارآیی فنی در شرایط بازدهی ثابت نسبت به مقیاس[1] و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس[2]، کارآیی تخصیصی، اقتصادی، مقیاس و مدیریت بر اساس روش‌های یادشده در شماری از پژوهش‌ها (Chizari and Fehresti-Sani, 2018; Emami Meibodi, 2001) پرداخته شده است. به‌طور کلی، مدل تحلیل پوششی داده‌ها واحدهای تحت بررسی را به دو گروه واحدهای کارآ و ناکارآ تقسیم می‌کند. کارآیی واحدهای کارآ و ناکارآ، به‌ترتیب، یک و کمتر از یک است. اما واحدهایی که کارآیی آنها برابر با یک است، با استفاده از مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، قابل رتبه‌بندی نیستند (Emami Meibodi, 2001).

1. constant return to scale (CRS)
2. variable return to scale (VRS)

ایده اصلی مدل اندرسن و پیترسن پی بردن بدین نکته است که هر واحد تصمیم‌گیری چه قدر باعث جابه‌جایی مرز کارآیی شده است (Andersen and Petersen, 1993). از لحاظ فرمول‌بندی، مسئلهٔ برنامه‌ریزی، با حذف محدودیت‌های مرتبط با واحدهای کارآ و نیز حذف محدودیتی که سبب می‌شود حداکثر مقدار تابع هدف برابر با یک شود، به یک مدل اندرسن و پیترسن تبدیل می‌شود. در نتیجه، مقدار کارآیی حاصل از این مدل می‌تواند بیشتر از یک شود. مدل ریاضی یادشده با حذف واحد تصمیم‌گیرنده به‌صورت زیر است (Andersen and Petersen, 1993):

$$\theta^* = \min \theta \qquad (۱)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^{N} \phi_j x_{ij} \le \theta \; x_{ij_0}, \; j \ne 0$$

$$\sum_{j=1}^{N} \phi_j y_{rj} \le y_{rj_0}, \; j \ne 0$$

$$\phi_j \ge 0 \quad \text{j=1,2,3,…,N}$$

سکستون و همکاران (Sexton et al., 1986)، در تلاش برای تشخیص تفاوت میان واحدهای کارآ، مفهوم کارآیی متقاطع و ماتریس کارآیی متقاطع را معرفی کردند. N واحد تصمیم‌گیرنده را که بر حسب m ورودی و s خروجی ارزیابی می‌شود، در نظر بگیرید. فرض کنید که x_{ij} و y_{rj} مقادیر ورودی و خروجی آنها برای $i = 1,..., m$ و $r = 1,..., s$ و $j = 1,..., N$ باشند. کارآیی N واحد تصمیم‌گیرنده با استفاده از مدل CCR به‌صورت زیر اندازه‌گیری می‌شود (Banker et al., 1984; Charnes et al., 1978; Cooper et al., 2001):

$$Max \quad \theta_{kk} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rk} y_{rko}}{\sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{iko}} \qquad (۲)$$

$$S.t. \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{ik}} \le 1,\ j = 1,\ldots, N$$

$$u_{rk} \ge 0, r = 1,\ldots, s$$

$$v_{ik} \ge 0, i = 1,\ldots, m$$

که در این رابطه، v_{ik} برای $i = 1,\ldots, m$ و $r = 1,\ldots, s$ وزن‌های ورودی و خروجی است. در واقع، مدل CCR یک مجموعه از وزن‌های ورودی و خروجی را که برای DMU_k مطلوب‌ترین هستند، جست‌وجو می‌کند. با استفاده از تبدیلات چارنر و کوپر، مدل (۲) می‌تواند به مدل خطی(۳) تبدیل شود (Motamedi, 2015; Ferrier and Lovell, 1990).

(۳)

$$Max \quad \theta_{kk} = \sum_{r=1}^{s} u_{rk} y_{rko}$$

$$S.t. \quad \sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{iko} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rk} y_{rk} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{ik} \le 0,\ j = 1,\ldots, N$$

$$u_{rk} \ge 0, r = 1,\ldots, s$$

$$v_{ik} \ge 0, i = 1,\ldots, m$$

فرض کنید که u^*_{rk} برای $r = 1,\ldots, s$ و v^*_{ik} برای $i = 1,\ldots, m$ جواب بهینه مدل هفت باشد، آنگاه:

$$\theta^*_{kk} = \sum_{r=1}^{s} u^*_{rk} y_{rko}$$

مقدار کارآیی CCR مربوط به DMU_k خواهد بود، در حالی‌که:

$$\theta_{jk} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u^*_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v^*_{ik} x_{ij}}$$

به‌عنوان کارآیی متقاطع DMU_{jk} در نظر گرفته می‌شود و ارزیابی نظیر DMU_k به DMU_j برای ($j=1,...,n, j\neq k$) را منعکس می‌کند. مدل (۳) برای هر DMU به‌ترتیب حل می‌شود و در نتیجه، n مجموعه از وزن‌های ورودی و خروجی برای n تا DMU موجود خواهد بود و هر DMU، ($n-1$) کارآیی متقاطع و یک کارآیی CCR خواهد شد. این کارآیی‌ها به‌عنوان ماتریس کارآیی متقاطع نشان داده شده است (جدول ۱) که در آن، θ_{kk} برای k=1,…,n کارآیی CCR , DMU ,n خواهد بود؛ یعنی، $\theta_{kk}=\theta_{kk}^{*}$.

جدول ۱- ماتریس کارآیی متقاطع

واحد تصمیم‌گیرنده	۱	۲	- -	n	میانگین کارآیی متقاطع
۱	θ_{11}	θ_{12}	- -	θ_{1k}	$\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\theta_{1k}$
۲	θ_{21}	θ_{22}	- -	θ_{2k}	$\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\theta_{2k}$
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
n	θ_{n1}	θ_{n2}	- -	θ_{nk}	$\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\theta_{nk}$

مأخذ: سکستون و همکاران (Sexton et al., 1986)

پس از تشکیل این جدول، میانگین سطری این کارآیی‌ها می‌تواند به‌عنوان معیار رتبه‌بندی به‌کار گرفته شود. با توجه بدین واقعیت که مدل (۳) ممکن است جواب‌های بهینه چندگانه داشته باشند، پس، رتبه‌بندی متفاوت خواهیم داشت. ممکن است حالتی پیش آید که مدل کارآیی متقاطع نیز توانایی رتبه‌بندی تمامی واحدهای کارآ را نداشته باشد. برای برطرف کردن این مشکل، دویل و گرین (Doyle and Green, 1994) مدل‌هایی با عنوان مدل‌های خوش‌بینانه و بدبینانه را معرفی کردند.

در ادامه، ابتدا واحد تصمیم‌گیرنده مجازی ایده‌آل ($IDMU$) و واحد تصمیم‌گیرنده مجازی آنتی‌ایده‌آل ($AIDMU$) معرفی و سپس، مدل‌های DEA برای ارزیابی کارآیی متقاطع فرمول‌بندی می‌شود (Doyle and Green, 1994).

تعریف ۱: یک DMU مجازی، DMU ایده‌آل نامیده می‌شود، اگر در بین ورودی‌ها کمترین ورودی را برای تولید بیشترین خروجی مصرف کند. اگر یک DMU مجازی بیشترین ورودی را برای تولید کمترین خروجی مصرف کند، آن DMU آنتی‌ایده‌آل نامیده می‌شود.

با استفاده از تعریف ۱، ورودی‌ها و خروجی‌های DMU ایده‌آل می‌تواند به‌صورت روابط (۴) و (۵) تعیین شود:

$$x_i^{\min} = \min_j \{x_{ij}\}, i = 1,..., m \quad (۴)$$

$$y_i^{\max} = \max_j \{y_{rj}\}, r = 1,..., s \quad (۵)$$

همچنین، ورودی‌ها و خروجی‌های DMU آنتی‌ایده‌آل می‌تواند به‌صورت روابط (۶) و (۷) تعیین شود:

$$x_i^{\max} = \max_j \{x_{ij}\}, i = 1,..., m \quad (۶)$$

$$y_i^{\min} = \min_j \{y_{rj}\}, r = 1,..., s \quad (۷)$$

تعریف ۲: فاصله بین DMU ایده‌آل و آنتی‌ایده‌آل و DMU_k به‌صورت روابط (۸) و (۹) تعریف می‌شود:

$$D_k^{IDMU} = \sum_{r=1}^{s} u_{rk}(y_r^{\max} - y_{rk}) + (\sum_{i=1}^{m} v_{ik}(x_{ik} - x_i^{\min}), k = 1,..., n \quad (۸)$$

$$D_k^{AIDMU} = \sum_{r=1}^{s} u_{rk}(y_{rk} - y_r^{\min}) + (\sum_{i=1}^{m} v_{ik}(x_i^{\max} - x_{ik}), k = 1,..., n \quad (۹)$$

تعریف ۳: فاصله بین DMU مجازی ایده‌آل و DMU مجازی آنتی‌ایده‌آل و به دیگر سخن، مجموع فاصله‌های DMU مجازی ایده‌آل از DMU_k و DMU مجازی آنتی‌ایده‌آل از DMU_k به‌صورت رابطه (۱۰) تعریف می‌شود:

(۱۰)

$$D_{AIDMU}^{IDMU} = D_k^{IDMU} + D_k^{AIDMU} = \sum_{r=1}^{s} u_{rk}(y_r^{\max} - y_r^{\min}) + \sum_{i=1}^{m} v_{ik}(x_i^{\max} - x_i^{\min}), k = 1,...,n$$

تعریف ۴: نزدیکی نسبی DMU_k بر حسب DMU مجازی ایده‌آل و DMU مجازی آنتی‌ایده‌آل به‌صورت رابطه (۱۱) تعریف می‌شود:

(۱۱)

$$RC_k = \frac{D_k^{AIDMU}}{D_k^{IDMU} + D_k^{AIDMU}} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rk}(y_{rk} - y_r^{\min}) + (\sum_{i=1}^{m} v_{ik}(x_i^{\max} - x_{ik})}{\sum_{r=1}^{s} u_{rk}(y_r^{\max} - y_r^{\min}) + \sum_{i=1}^{m} v_{ik}(x_i^{\max} - x_i^{\min})}, k = 1,...,n$$

یک واحد تصمیم‌گیری می‌تواند برای کاهش فاصلهٔ خود از واحد تصمیم‌گیری ایده‌آل یا افزایش فاصلهٔ خود از واحد تصمیم‌گیری آنتی‌ایده‌آل تا حد ممکن، یک مجموعه منحصربه‌فرد از وزن‌های ورودی و خروجی داشته باشد. این کار در صورتی انجام می‌پذیرد که مقدار کارآیی بنگاه مورد ارزیابی در سطح قبلی ثابت بماند. بر این اساس، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های ارزیابی کارآیی متقاطع در قالب روابط (۱۲) تا (۱۳) ساخته می‌شود (Andersen and Petersen, 1993).

(۱۲)

$$MinD_k^{IDMU} = \sum_{r=1}^{s} u_{rk}(y_r^{\max} - y_{rko}) + (\sum_{i=1}^{m} v_{ik}(x_{iko} - x_i^{\min})$$

$$S.t. \quad \sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{iko} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rk} y_{rk} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{ik} \le 0, j = 1,...,N$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_{rk} y_{rko} = \theta_{kk}^*$$

$$u_{rk} \ge 0, r = 1,...,s$$

$$v_{ik} \ge 0, i = 1,...,m$$

$$MaxD_k^{AIDMU} = \sum_{r=1}^{s} u_{rk}(y_{rko} - y_r^{\min}) + (\sum_{i=1}^{m} v_{ik}(x_i^{\max} - x_{iko}) \quad (۱۳)$$

$$S.t. \quad \sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{iko} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_{rk} y_{rk} - \sum_{i=1}^{m} v_{ik} x_{ik} \le 0,\ j = 1,..., N$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_{rk} y_{rko} = \theta_{kk}^{*}$$

$$u_{rk} \ge 0, r = 1,..., s$$

$$v_{ik} \ge 0, i = 1,..., m$$

چون هیچ‌کدام از مدل‌ها در تابع هدف شامل اطلاعات ورودی و خروجی‌های واحدهای تصمیم‌گیری‌های دیگر نیست، هر چهار مدل تحلیل پوششی داده‌ها بی‌طرف هستند و می‌توانند نتایج منطقی تولید کنند (Doosti Deylami and Derigh, 2012). مطالعهٔ حاضر، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، ضمن محاسبه مقدار انواع کارآیی‌ها، به رتبه‌بندی استان‌های تولیدکننده چغندرقند ایران با بهره‌گیری از آمار و اطلاعات هزینه تولید وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵ و اطلاعات مرکز آمار ایران پرداخته و مدل‌سازی ریاضی روابط یادشده نیز در نرم‌افزار GAMS انجام شده است.

نتایج و بحث

استان‌های تولیدکننده چغندرقند در سال ۱۳۹۵ شامل آذربایجان غربی، کرمانشاه، خوزستان، فارس، اصفهان، کردستان، همدان، لرستان، سمنان، قزوین، خراسان شمالی، خراسان جنوبی و خراسان رضوی است. ویژگی‌های آماری داده‌های مرتبط با تولید و هزینه تولید چغندرقند در سال زراعی ۱۳۹۵ در قالب میانگین، حداکثر، حداقل، واریانس و انحراف معیار نهاده‌های مورد استفاده در جدول ۲ و همچنین، نتایج کارآیی چغندرکاران ایران در جدول ۳ آمده است.

جدول ۲- ویژگی‌های آماری داده‌های مرتبط با کارآیی تولید چغندرکاران ایران در سال زراعی ۱۳۹۵

	میانگین	حداکثر	حداقل	واریانس	انحراف معیار
بذر مصرفی (کیلوگرم/هکتار)	۴/۵	۲۳	۱/۴	۳۶	۶
کودحیوانی مصرفی(کیلوگرم/هکتار)	۳۲۳۸/۷	۱۱۶۸۸/۳	۱۲۳	۱۲۵۶۲۹۱۴	۳۵۴۴
سم مصرفی (کیلوگرم/هکتار)	۴/۲	۶/۷	۰	۴/۲	۲/۱
کودشیمیایی (کیلوگرم/هکتار)	۵۶۴/۸	۷۳۳/۴	۳۳۱/۹	۲۰۰۱۰/۷	۱۴۱/۵
نیروی کار (نفر روزکار)	۵۴/۶	۱۱۵/۲	۱۳/۹	۶۲۱/۳	۲۴/۹
سوخت (لیتر)	۲۵۰/۷	۲۹۹/۵	۱۴۹/۲	۱۴۹۷/۴	۳۸/۷
سطح زیر کشت (هکتار)	۱۵۴/۲	۱۰۰۲	۴/۸	۶۷۹۵۹	۲۶۰
عملکرد (کیلوگرم / هکتار)	۴۷۳۲۵	۶۹۴۴۴	۱۵۶۵۰	۱۶۸۷۹۸۷۶۰	۱۲۹۹۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- نتایج محاسبهٔ کارآیی فنی در شرایط CRS و VRS، کارآیی تخصیصی، کارآیی اقتصادی، کارآیی مقیاس و کارآیی مدیریت چغندرکاران ایران در سال زراعی ۱۳۹۵

استان	CRS	VRS	کارآیی تخصیصی	کارآیی اقتصادی	کارآیی مقیاس	کارآیی مدیریت
آذربایجان‌غربی	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
کرمانشاه	۰/۸۶	۱/۰۰	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۸۶	۱/۰۰
خوزستان	۰/۹۳	۱/۰۰	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۹۳	۱/۰۰
فارس	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۳	۰/۶۳	۱/۰۰	۱/۰۰
اصفهان	۰/۲۷	۰/۷۷	۰/۹۵	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۷۷
کردستان	۰/۲۰	۰/۶۹	۱/۰۰	۰/۲۰	۰/۲۹	۰/۶۹
همدان	۰/۵۰	۰/۸۶	۰/۷۸	۰/۳۹	۰/۵۸	۰/۸۶
لرستان	۰/۶۴	۰/۹۷	۰/۵۴	۰/۳۵	۰/۶۶	۰/۹۷
سمنان	۰/۷۱	۱/۰۰	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۷۱	۱/۰۰
قزوین	۰/۴۲	۱/۰۰	۰/۷۰	۰/۲۹	۰/۴۲	۱/۰۰
خراسان‌جنوبی	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۱/۰۰	۱/۰۰
خراسان‌رضوی	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۶	۱/۰۰	۱/۰۰
خراسان‌شمالی	۰/۴۸	۰/۹۱	۰/۴۷	۰/۲۲	۰/۵۳	۰/۹۱
میانگین	۰/۶۹	۰/۹۴	۰/۶۷	۰/۴۴	۰/۷۲	۰/۹۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس جدول ۳، وجود عدد یک به مفهوم مناسب بودن کارآیی است. پس، کارآیی فنی استان‌های آذربایجان غربی، فارس، خراسان جنوبی، خراسان رضوی و خوزستان در حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس مناسب است. استان‌های اصفهان و کردستان از کمترین کارآیی فنی برخوردارند. همچنین، بیشترین و کمترین کارآیی در بین استان‌های مورد مطالعه در حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، به‌ترتیب، برابر با یک و ۰/۲۰ بوده، که نشان‌دهندهٔ عدم وجود برنامه مشخص توسط کشاورزان چغندرکار برای استفاده از نهاده‌های تولید است، بیانگر آنکه اختلاف زیادی بین کشاورزان چغندرکار وجود دارد. افزون بر این، اختلاف کارآیی فنی بهترین واحد تولیدی و میانگین کارآیی فنی ۳۱ است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، شکاف هشتاد درصدی در کارآیی فنی کشاورزان حاکی از آن است که با توجه به مجموعه ثابت عوامل تولید مورد استفاده، هنوز توان زیادی برای افزایش کارآیی فنی و رسیدن به حداکثر محصول وجود دارد. در حالت بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، کارآیی فنی استان‌های آذربایجان غربی، کرمانشاه، خوزستان، فارس، سمنان، قزوین، خراسان جنوبی و خراسان رضوی مناسب است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تفاوت بهترین و بدترین تولیدکننده از نظر کارآیی تخصیصی ۷۵ درصد است و نشان می‌دهد که اختلاف بسیار زیادی بین تولیدکنندگان چغندرقند از نظر تخصیص بهینه منابع با توجه به قیمت آنها وجود دارد. میانگین کارآیی تخصیصی چغندرکاران ایران ۶۷ درصد است؛ یعنی، به‌طور متوسط، واحدهای مورد مطالعه با ۳۳ درصد عدم کارآیی تخصیصی مواجه‌اند، نشانگر آنکه این واحدها با توجه به تولید خود، بیش از حد نیاز خود از نهاده‌ها استفاده می‌کنند و توان زیادی برای بهبود کارآیی تخصیصی استان‌های مورد مطالعه وجود دارد و می‌توان بدون کاهش در محصول، مصرف نهاده‌ها را با توجه به قیمت آنها بهینه کرد. میانگین کارآیی اقتصادی چغندرکاران ایران ۴۴ درصد محاسبه شده است؛ به دیگر سخن، ۵۶ درصد واحدهای مورد مطالعه ناکارآیی اقتصادی دارند. دامنه تغییرات کارآیی اقتصادی بین بهترین و بدترین واحدهای تولیدی، به‌دلیل تفاوت در هزینه‌های تولید، ۷۸ درصد است و نشان می‌دهد که اختلاف زیادی بین کشاورزان

چغندرکار از لحاظ کسب سود وجود دارد. به توجه به یافته‌های تحقیق، وضعیت چغندرکاران از لحاظ سوددهی مناسب نیست. بررسی وضعیت کارآیی مدیریت نشان می‌دهد که میانگین کارآیی مدیریت چغندرکاران ۹۴ درصد بوده و به دیگر سخن، ۹۴ درصد از کارآیی مربوط به مدیریت واحدهای تولیدی و استفاده مناسب از نهاده‌ها برای رسیدن به بیشینه تولید است. بالا بودن نسبی کارآیی مدیریتی نشان می‌دهد که در استفاده از فناوری‌های نه‌چندان پیشرفتهٔ کنونی، با توجه به منابع موجود که با استفاده از کارآیی فنی بیان می‌شود، دانش فنی تأثیر بسیار زیادی دارد. میانگین کارآیی مقیاس ۷۲ درصد است، که کم بودن کارآیی مقیاس می‌تواند به‌دایا رفتار محافظه‌کارانهٔ چغندرکاران در استفاده از نهاده‌های تولید باشد. از آنجا که در سال‌های اخیر، کشت این محصول در استان‌های جنوبی مورد توجه وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته است، استان خوزستان از نظر کارآیی فنی در شرایط CRS، VRS، کارآیی مقیاس و کارآیی مدیریت در وضعیت مطلوب قرار دارد، ولی وضعیت این استان از نظر کارآیی تخصیصی و اقتصادی مطلوب نیست. از این‌رو، اگر اقدامات لازم در راستای افزایش کارآیی تخصیصی و اقتصادی این استان انجام شود، می‌توان با افزایش تولید چغندرقند در این استان، با توجه به بالا بودن عملکرد این محصول و کارآیی فنی چغندرکاران، گامی مهم در راستای افزایش تولید این محصول، کاهش واردات و خودکفایی در تولید شکر برداشت. رتبه‌بندی استان‌های مختلف از لحاظ عملکرد یا میزان مصرف هر کدام از نهاده‌ها امکان‌پذیر است. البته هر کدام از روش‌های رتبه‌بندی نتایج متفاوت به‌دست می‌دهد؛ اما بر اساس مناسب‌ترین روش رتبه‌بندی، همزمان همهٔ نهاده‌ها و ستانده‌ها در نظر گرفته می‌شوند. از این‌رو، در تحقیق حاضر، به‌منظور رتبه‌بندی استان‌های تولیدکنندهٔ چغندرقند، از روش اندرسن-پیترسن و انواع روش‌های کارآیی متقاطع استفاده شده است. برای محاسبهٔ امتیاز و رتبه‌بندی واحدهای مورد مطالعه با استفاده از روش کارآیی متقاطع، نخست، الگوی CCR برای همهٔ واحدها اجرا و وزن‌های مربوط به ستانده‌ها و نهاده برآورد و سپس، ماتریس کارآیی متقاطع محاسبه می‌شود؛ میانگین

ستون‌های این ماتریس بیانگر امتیاز کارآیی متقاطع بوده و نتایج رتبه‌بندی مناطق تولیدی چغندرقند در سال زراعی ۱۳۹۵ در قالب جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج رتبه‌بندی مناطق تولید چغندرقند بر اساس کارآیی فنی در سال زراعی ۱۳۹۵

نام استان	کارآیی فنی	رتبه در مدل اندرسن و پیترسن	رتبه در مدل کارآیی متقاطع متداول	رتبه در مدل کارآیی متقاطع واحد مجازی تصمیم‌گیرنده ایده‌آل	رتبه در مدل کارآیی متقاطع واحد مجازی تصمیم‌گیرنده آنتی‌ایده‌آل	رتبه در مدل کارآیی متقاطع واحد مجازی تصمیم‌گیرنده نسبی آنتی‌ایده‌آل
آذربایجان‌غربی	۱/۰۰	۱	۲	۲	۲	۲
کرمانشاه	۰/۸۶	۶	۶	۶	۶	۶
خوزستان	۰/۹۳	۵	۵	۵	۵	۴
فارس	۱/۰۰	۳	۴	۴	۴	۵
اصفهان	۰/۲۷	۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲
کردستان	۰/۲۰	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
همدان	۰/۵۰	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
لرستان	۰/۶۴	۸	۷	۸	۷	۸
سمنان	۰/۷۱	۷	۸	۷	۸	۷
قزوین	۰/۴۲	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۱
خراسان‌جنوبی	۱/۰۰	۴	۳	۳	۳	۳
خراسان‌رضوی	۱/۰۰	۲	۱	۱	۱	۱
خراسان‌شمالی	۰/۴۸	۱۰	۹	۹	۹	۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج جدول ۴، طبق نتایج اندرسن- پیترسن، استان‌های آذربایجان غربی، خراسان رضوی، فارس، خراسان جنوبی و خوزستان، به‌ترتیب، رتبه‌های یک تا پنج واستان‌های قزوین، اصفهان و کردستان رتبه‌های یازده تا سیزده را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، براساس نتایج ارزیابی کارآیی متقاطع، استان‌های خراسان رضوی، آذربایجان غربی، خراسان

جنوبی، فارس و خوزستان، با بالاترین کارآیی، به‌ترتیب، از رتبه‌های یک تا پنج و استان‌های اصفهان، قزوین و کردستان، با پایین‌ترین کارآیی، به‌ترتیب، از رتبه‌های یازده تا سیزده در سال زراعی ۱۳۹۵ برخوردارند. نتایج رتبه‌بندی حاکی از آن است که استان‌های آذربایجان غربی، خراسان رضوی، فارس، خراسان جنوبی و خوزستان، به‌دلیل تولید بالا و استفاده بهینه از نهاده‌ها، بالاترین رتبه و استان‌های قزوین، اصفهان و کردستان، به‌دلیل تولید پایین و عدم استفاده بهینه از نهاده‌ها، پایین‌ترین رتبه را در بین استان‌های تولیدکنندهٔ این محصول به خود اختصاص داده‌اند. نتایج رتبه‌بندی واحدهای کارآ از طریق روش‌های مختلف گویای این واقعیت است که بر اساس تحلیل عملکرد و وضعیت مصرف نهاده مربوط به هر واحد تصمیم‌گیرنده، به‌طور کلی، روش رتبه‌بندی اندرسن- پیترسن علی‌رغم کاربرد بسیار زیاد این روش در مطالعات داخلی، از اعتبار پایین‌تری نسبت به روش رتبه‌بندی کارآیی متقاطع برخوردار است؛ همچنین، در بین روش‌های رتبه‌بندی کارآیی متقاطع نیز وضعیت تعیین رتبه مربوط به مدل کارآیی متقاطع واحد مجازی تصمیم‌گیرنده نسبی آنتی‌ایده‌آل بهتر است. شایان یادآوری است که چه‌بسا حالتی پیش آید که مدل اندرسن- پیترسن و کارآیی متقاطع توانایی رتبه‌بندی واحدهای کارآ را نداشته باشد؛ به همین دلیل، از مدل‌های خوش‌بینانه و بدبینانه استفاده می‌شود. در مطالعهٔ حاضر، تمام روش‌های رتبه‌بندی به‌کار رفته قادر به رتبه‌بندی واحدهای تولید چغندرقند بوده‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعهٔ حاضر، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارآیی فنی در دو حالت بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، کارآیی تخصیصی، کارآیی اقتصادی، کارآیی مقیاس، کارآیی مدیریت و رتبه‌بندی واحدهای تولیدی چغندرکاران ایران در سال زراعی ۱۳۹۵ برآورد شد. نتایج نشان داد که به‌طور کلی، به‌دلیل پراکندگی بالا در مقادیر محاسبه‌شدهٔ شاخص کارآیی اقتصادی در تولید چغندرقند، توان افزایش کارآیی در بین استان‌های

تولیدکنندهٔ این محصول در کشور وجود دارد. پس از محاسبه انواع دیگر کارآیی، مشخص شد که عامل پراکندگی در شاخص‌های محاسبه‌شدهٔ کارآیی اقتصادی تفاوت در کارآیی فنی تولید بوده و کمتر مرتبط با هزینه تأمین نهاده برای تولید این محصول در اکثر نقاط کشور است. با تحلیل و تفکیک تغییرات کارآیی فنی به مقیاس و مدیریت، نتایج نشان داد که کاستی در نتایج محاسبه کارآیی به‌دلیل پایین بودن سطح کارآیی مقیاس چغندرکاران ایران در مقایسه با کارآیی مدیریت بوده و در واقع، حاکی از این حقیقت است که میزان تولید با توجه به اندازه مزرعه، بهینه نیست و کم بودن کارآیی مقیاس می‌تواند به‌دلیل عملکرد محافظه‌کارانهٔ کشاورزان در استفاده از نهاده‌های تولید باشد. نتایج رتبه‌بندی نشان می‌دهد که استان‌های آذربایجان غربی، خراسان رضوی، فارس، خوزستان و خراسان جنوبی، به‌ترتیب، از بالاترین رتبه‌ها و استان‌های قزوین، اصفهان و کردستان، به‌ترتیب، از پایین‌ترین رتبه‌ها برخوردارند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات یزدانی و رحیمی (Yazdani and Rahimi, 2013) و شهرکی و سردارشهرکی (Shahraki and Sardar-Shahraki, 2015)، مبنی بر امکان دستیابی به افزایش کارآیی بهره‌برداران چغندرقند و در نتیجه، افزایش تولید، منطبق است. نتایج محاسبه و تحلیل روش‌های رتبه‌بندی حاکی از این واقعیت است که به‌طور کلی، روش رتبه‌بندی اندرسن- پیترسن از اعتبار پایین‌تری نسبت به روش رتبه‌بندی کارآیی متقاطع برخوردار است؛ همچنین، در بین روش‌های رتبه‌بندی کارآیی متقاطع، تعیین رتبه مربوط به مدل کارآیی متقاطع واحد مجازی تصمیم‌گیرنده نسبی آنتی‌ایده‌آل دارای وضعیت بهتری است. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های مربوط به رتبه‌بندی واحدهای کارآ، روش کارآیی متقاطع واحد مجازی تصمیم گیرنده نسبی آنتی‌ایده‌آل در اولویت محاسبه قرار گیرد. همچنین، از آنجا که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، عدم فعالیت تولید در سطح بهینه عامل پایین بودن کارآیی‌های اقتصادی چغندرکاران در ایران به‌شمار می‌رود و به نظر می‌رسد که دلیل آن مخاطرهٔ ناشی از فروش چغندرقند و عدم رقابت‌پذیری این محصول نسبت به سایر محصولات قابل کشت در مناطق کشت چغندرقند باشد، پیشنهاد می‌شود که دولت سازوکاری را برای ترغیب کشاورزان

به توسعه کشت این محصول در رقابت با سایر کشت‌های رایج طراحی کند. همچنین، از آنجا که خریدار عمدهٔ محصول چغندرقند کارخانه‌های قند و شکر است، وضعیت قوانین موجود در خرید محصول از سوی این کارخانه‌ها نیز یکی دیگر از دلایل رفتار محافظه‌کارانهٔ کشاورزان در مقیاس تولید به‌شمار می‌رود؛ بنابراین، اصلاح قوانین خرید یا حمایت دولت در نحوه خرید این محصولات نیز در افزایش مقیاس تولید بسیار مؤثر است. افزون بر این، نتایج مطالعه نشان داد که متوسط کارآیی فنی تولید چغندرقند در نیمه جنوبی کشور بالاتر از نواحی شمالی کشور است؛ از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که در نیمه شمالی کشور، توسعه عمودی کشت چغندرقند و در نیمه جنوبی، توسعه افقی کشت این محصول هدف‌گذاری شود. در واقع، نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به‌عنوان یک سند علمی در تأیید طرح جدید وزارت جهاد کشاورزی در زمینهٔ نحوه توسعه کشت چغندرقند در کشور مطرح شود.

منابع

1. Alimirzaei, F. and Niki Esfahlan, H. (2017). Assessing the efficiency and ranking of IR of Iran's Customs Administrations (IRICAs) using data envelopment analysis (DEA). Proceedings of the Fourth National Conference on Management, Economics and Accounting, East Azerbaijan Industrial Management Organization, Tabriz University, Tabriz, 23 May 2017. (Persian)
2. Andersen, P. and Petersen, N.C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39(10): 1261-1264.
3. Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9): 1078-1092.
4. Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
5. Chizari, A.H. and Fehresti-Sani, M. (2018). Evaluation of the economic efficiency of vegetable oil supply chains. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 19(2): 132-141.

6. Cooper, W.W., Park, K.S. and Yu, G. (2001). An illustrative application of IDEA (imprecise data envelopment analysis) to a Korean mobile telecommunication company. *Operations Research*, 49(6): 807-820.
7. Doosti Deylami, M.J. and Derigh, A. (2012). Evaluation of cross-efficiency based on the ideal and anti-ideal decision-maker units. Third National Conference on Data Envelopment Analysis. Islamic Azad University, Firoozkooh Branch, 29-30 July 2012. (Persian)
8. Doyle, J. and Green, R. (1994). Efficiency and cross-efficiency in DEA: derivations, meanings and uses. *Journal of the Operational Research Society*, 45(5): 567-578.
9. Emami Meibodi, A. (2001). Efficiency and productivity measurement (in theory and practice). Institute For Trade Studies and Research, Tehran, 290. (Persian)
10. Ferrier, G.D. and Lovell, C.K. (1990). Measuring cost efficiency in banking: econometric and linear programming evidence. *Journal of Econometrics*, 46(1-2): 229-245.
11. Islam, M.N. (2015). Production efficiency of sugar factory of bangladesh: an application of Data Envelopment Analysis. *Global Journal of Management and Business Research*. Available at https://www.semanticscholar.org/paper/Production-Efficiency-of-Sugar-Factory-of-An-of-Islam/e62da49683bae1759611d84a53c87cc59586e7b6.
12. MAJ (2017). Sugar beet production and area under cultivation data and information in 2002 and 2016. Tehran: Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ). (Persian)
13. Motamedi, S. (2015). Crossover ranking of decision makers in data envelopment analysis. The First National Conference on Modern Approaches to Business Managemen, Tabriz. (Persian)
14. Najafpour, Z. (2014). A look at the sugar market in Iran over 2002-2013. *Economic Journal*, 13(11-12): 131-142. (Persian)
15. Nemati, A., Seyedan, S.M. and Zare, Sh. (2005). Comparison of technical efficiency of sugar beet growers and its effective factors in Kermanshah, Hamedan and Khorasan provinces. Proceedings of the Fifth Conference on Iranian Agricultural Economics, 7-9 September 2005, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan. (Persian)
16. Sexton, T.R., Silkman, R.H. and Hogan, A.J. (1986). Data envelopment analysis: critique and extensions. *New Directions for Program Evaluation*, 1986(32): 73-105.

17. Shafiei, L., Javaheri, M.A. and Pourjopari, Z. (2007). Determination of technical, allocation and economic efficiency of sugar beet growers in Bardsir County. *Journal of Sugar Beet*, 22(2): 109-121. (Persian)
18. Shahnavazi, A. (2017). Determining the efficiency rank of irrigated crops in Iranian agricultural sector. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 48(2): 227-240. DOI: 10.22059/ijaedr.2017.62742 (Persian)
19. Shahraki, J. and Sardar-Shahraki, A. (2015). Determination of technical efficiency of sugar beet growers in Razavi Khorasan using data envelopment analysis (DEA) and stochastic frontier analysis (SFA). *Journal of Sugar Beet*, 31(2): 211-224. DOI: 10.22092/jsb.2016.103658 (Persian)
20. Yazdani, S. and Pishbahar, A. (2005). Evaluation of types of productivity of cotton and sugar beet products in Iran: using surface data analysis (envelopment). *Journal of Agriculture*, 6(1): 57-67. (Persian)
21. Yazdani, S. and Rahimi, R. (2013). Evaluation of the efficiency of sugar beet production in Qazvin Plain. *Journal of Sugar Beet*, 28(2): 209-221. (Persian)
22. Ziari, Sh. and Sharifzadeh, M. (2016). Ranking efficient DMUs using the infinity norm and virtual inefficient DMU in DEA. *Iranian Journal of Optimization*, 8(2): 79-86.