

## تعیین رتبه کارایی مصرف آب محصولات غله‌ای در استان آذربایجان

### شرقی با استفاده از الگوی MIP-DEA

علی شهنازی<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۱۴

#### چکیده

با افزایش محدودیت منابع آب، اصلاح الگوی کشت بر اساس کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی از اهمیتی فراوان برخوردار شده است؛ لذا، در این پژوهش برای تعیین جایگاه محصولات غله‌ای از لحاظ کارایی مصرف آب از الگوی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA<sub>CCR</sub>) و روش‌های مرسوم استفاده شده است. داده‌های مورد نیاز از منابع آماری سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی برای سال ۱۳۹۴ گردآوری شد. بر اساس نتایج، توانایی الگوی DEA<sub>CCR</sub> در تفکیک غلات مورد مطالعه با استفاده از شاخص عملکرد به آب و عملکرد در حداقل مقدار ممکن، در شاخص‌های درآمد به آب و سود به آب، بسیار کم و در خصوص درآمد و سود، متوسط می‌باشد. در بهترین حالت الگوی DEA<sub>CCR</sub>، توانسته امتیاز و رتبه دو محصول را به‌گونه مشخص، شناسایی کند که در هر مورد گندم در رتبه سوم و جو در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند. همچنین، برای این‌که گندم از لحاظ کارایی درآمدی و سودآوری در ردیف محصولات کارا قرار گیرد، نیاز است در زراعت آن از مصرف همه نهاده‌ها به ترتیب به‌اندازه ۶/۷ و ۲۷/۹ درصد کاسته شده که بیش‌ترین کاهش مورد انتظار با ۳۳۴/۶۷ و ۱۸۹۲/۶ متر مکعب در هکتار، به آب مربوط می‌باشد. در مورد جو نیز بر اساس شاخص درآمد به آب و سود به آب، برای ارتقای کارایی، کاهش مصرف آب به‌اندازه ۲۵۳۳/۵ و ۳۸۷۴/۷ متر مکعب در هکتار، ضروری می‌باشد. مقایسه میانگین امتیاز کارایی الگوهای DEA<sub>CCR</sub> و MIP-DEA با نتایج روش‌های مرسوم در محاسبه کارایی مصرف آب مشخص می‌سازد که در روش‌های مرسوم و در شاخص عملکرد به آب، ذرت دانه‌ای، گندم، جو و برنج به ترتیب در رتبه‌های نخست تا چهارم و بر اساس شاخص درآمد به آب، برنج، گندم، ذرت دانه‌ای و جو، رتبه‌های نخست تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. در روش DEA<sub>CCR</sub> بر اساس شاخص‌های مطلق (عملکرد، درآمد و سود) گندم و

<sup>۱</sup> - بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

\*- نویسنده مسئول مقاله: a.shahnavazi@areeo.ac.ir

جو در رتبه‌های سوم و چهارم و مطابق با شاخص‌های نسبی (عملکرد به آب، درآمد به آب و سود به آب) جو در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند. در الگوی MIP-DEA و بر اساس شاخص‌های مطلق، رتبه نخست به ذرت دانه‌ای و دوم، سوم و چهارم به ترتیب به برنج، جو و گندم اختصاص داده شده است و بر اساس شاخص‌های نسبی رتبه‌بندی به صورت ذرت دانه‌ای، برنج، گندم و جو می‌باشد. روی هم رفته، می‌توان گفت که قضاوت در مورد رتبه کارایی مصرف آب محصولات زراعی افزون بر نوع شاخص انتخاب شده به روش محاسباتی نیز ارتباط دارد. بر اساس یافته‌های این پژوهش استفاده از شاخص درآمد و سود به آب به همراه روش‌های MIP-DEA و  $DEA_{CCR}$  توصیه می‌شود.

#### طبقه‌بندی JEL: C02, Q19

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، امتیاز کارایی، رتبه‌بندی.

#### پیش‌گفتار

در سال‌های اخیر، هم‌زمان با افزایش محدودیت منابع آب، به مفهوم "کارایی مصرف آب" نیز توجهی بیش‌تر شده است. بررسی نتایج مطالعات مربوط، نشان می‌دهد که تأثیر روش‌های پیشنهادی برای بهبود کارایی مصرف آب در محصولات و شرایط گوناگون، مشابه نبوده و با آنکه در برخی از محصولات، تلاش برای ارتقای کارایی مصرف آب با بهبود عملکرد همراه شده، ولی در دیگر مطالعات، پیگیری این مهم به کاهش عملکرد منتهی شده است (عنابی میلانی و زمانی، ۱۳۹۳). برای محاسبه کارایی مصرف آب معمولاً عملکرد در واحد سطح به مقدار آب مصرفی تقسیم و از عدد بدست آمده به‌عنوان شاخصی برای رتبه‌بندی و اولویت‌بندی محصولات از لحاظ مصرف آب استفاده می‌شود. در مورد عملکرد، عملکرد دانه به‌تنهایی یا همراه عملکرد بیولوژیک در واحد سطح اندازه‌گیری شده و با توجه به این‌که در محاسبه مقدار آب به تبخیر و تعرق، تغییرات رطوبت خاک یا نفوذ آب توجه شده یا نه، "کارایی مصرف آب" یا "کارایی مصرف آب آبیاری" برآورد می‌شود (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۳). در این شرایط عدد بدست‌آمده بر اساس کیلوگرم بر متر مکعب یا کیلوگرم بر میلی‌متر که بیان‌گر ارتفاع آبیاری است، بیان می‌شود. گاهی برای در نظر گرفتن تفاوت قیمت محصولات گوناگون به‌جای عملکرد از درآمد در صورت کسر استفاده می‌شود و شاخص محاسباتی با نام "بهره‌وری مصرف آب" گزارش می‌شود (حیدری پور و همکاران، ۱۳۹۳).

تلاش برای بهبود کارایی مصرف آب همواره به کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد، افزایش بهره‌وری آب یا بهبود سایر ویژگی کمی و کیفی محصول منتهی نمی‌شود (صدرقاین و همکاران، ۱۳۹۰). در این مواقع اولویت‌بندی روش‌های گوناگون برای ارائه توصیه کاربردی، به‌دشواری صورت

می‌گیرد. در کنار این موضوع رتبه‌بندی کاملی نیز از روش‌ها یا محصولات گوناگون ارائه نمی‌شود و بیش‌تر به معرفی راه‌کار برتر اکتفا می‌شود. در یک گروه‌بندی کلی می‌توان مطالعات کارایی مصرف آب در ایران را به دو گروه عمودی و افقی تقسیم نمود. در مطالعات عمودی محصول ثابت بوده، ولی چگونگی مدیریت نهاده‌های گوناگون از قبیل روش آبیاری، تراکم کاشت، زمان کاشت و برداشت، سطوح مصرف آب و کود یا تعداد دورهای آبیاری متغیر می‌باشد (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعات افقی بررسی کارایی مصرف آب در میان محصولات گوناگون انجام می‌پذیرد (حیدری‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). بررسی مطالعات انجام‌یافته در کشور در مورد کارایی مصرف آب نشان می‌دهد که به محصولات زراعی بیش‌تر توجه شده و مقایسه بین محصولی، کم‌تر انجام‌یافته است. مطالعات گروه نخست در پی معرفی روش‌های بهتر بهزراعی برای بهبود کمیت و کیفیت تولید محصولات کشاورزی بوده، ولی گروه دوم به شکل‌گیری رویکردهای کلی در مورد محصولات گوناگون در مقایسه با یکدیگر از لحاظ چگونگی مصرف آب، یاری می‌رساند.

در جدیدترین مطالعات، دهقانی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که با تغییر روش آبیاری کرتی به فاروئی به همراه نشاء کاری و مدیریت زمان انتقال می‌توان کارایی مصرف آب را از راه کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد در زراعت پنبه افزایش داد، به‌گونه‌ای که با تغییر سیستم آبیاری به فاروئی و انتقال نشاء پس از ۲۰ روز، کارایی مصرف آب تا ۰/۶۲ کیلوگرم بر متر مکعب قابل افزایش است. در مطالعه‌ای دیگر که در مورد تأثیر روش‌های گوناگون تعیین برنامه‌ی آبیاری در زراعت گندم انجام گرفته، نشان داده شد، با آنکه نوع روش مورد استفاده در تعیین برنامه آبیاری تأثیری معنی‌دار بر عملکرد و کارایی مصرف آب دارد، با این وجود، بیش‌تر مقادیر مربوط در روش‌های متفاوت بدست می‌آید. پژوهش‌گران در این مطالعه بر اساس تعداد دفعات آبیاری، حجم آب مصرفی، عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و سادگی روش، استفاده از روش پتانسیل آب خاک را برای تعیین برنامه آبیاری پیشنهاد کردند (عنابی‌میلانی و زمانی، ۱۳۹۳). بابایی و همکاران (۱۳۹۳) و حیدری‌پور و همکاران (۱۳۹۳) به مقایسه محصولات گوناگون از لحاظ کارایی مصرف آب پرداختند. بر اساس نتایج مطالعه نخست که با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها انجام یافته است، در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، کارایی آب آبیاری به ترتیب ۵۲ و ۸۶ درصد بوده و برای دستیابی به کارایی کامل در محصولات گندم، جو و ذرت علوفه‌ای ضروری است در زراعت آن‌ها به ترتیب ۳۲۶۹، ۲۳۷۷ و ۷۵۳۹ متر مکعب از آب مصرفی در هر هکتار کاسته شود. در مطالعه دیگر نیز با محاسبه شاخص بهره‌وری آب به همراه شاخص کارایی مصرف، مشخص شد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب به ترتیب با ۲/۴، ۱/۸ و ۱/۵ کیلوگرم ماده خشک بر متر مکعب مربوط به ذرت، چغندر قند و کنجد بوده، درحالی‌که بیش‌ترین بهره‌وری با ۴۲۰۰، ۲۱۲۳ و ۱۷۶۸ ریال بر

متر مکعب به ترتیب از زراعت چغندرقتند، کنجد و ذرت بدست می‌آید. در مطالعه پیش رو افزون بر محاسبه شاخص‌های پیشین از داده‌ها، مقدار مصرف سایر نهاده‌ها نیز استفاده خواهد شد و با تعریف شاخص‌های استاندارد مقایسه محصولات گوناگون از دیدگاه کارایی مصرف آب امکان‌پذیر می‌شود. این موضوع به تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع محصول بر اساس ویژگی کارایی مصرف آب یاری می‌رساند.

استان آذربایجان شرقی با قرار گرفتن در حوزه دریاچه ارومیه تأثیری شایان‌توجه از کاهش منابع آب را تجربه می‌کند؛ لذا، از داده‌های این استان در پژوهش استفاده شد. در این مطالعه برای مقایسه کارایی مصرف آب در تولید محصولات غله‌ای عمده در استان آذربایجان شرقی از شاخص‌های عملکرد به آب، درآمد به آب و سود به آب به‌تنهایی و همچنین، با در نظر گرفتن مقدار استفاده از سایر نهاده‌های تولید از قبیل مقدار مصرف کودهای شیمیایی (اوره، فسفات و پتاس)، سم، دفعات شخم و دیسک، مقدار مصرف بذر و سایر نهاده‌ها در کنار مقدار استفاده از نهاده آب در زراعت چهار محصول گندم، جو، ذرت دانه‌ای و برنج، استفاده شد. این محصولات در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ با اختصاص ۱۲۳۶۷۳ هکتار از اراضی استان، ۴۸ درصد سطح زیر کشت محصولات زراعی آبی را به خود اختصاص داده بودند (سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۳). الگوی مورد استفاده در پژوهش، به نام "تحلیل پوششی داده‌های ترکیبی با اعداد صحیح"<sup>۱</sup> (MIP-DEA) شناخته شده است.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش از الگوهای تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین رتبه محصولات زراعی آبی گندم، جو، ذرت دانه‌ای و برنج در استان آذربایجان شرقی استفاده شد. این الگوها برای تعیین کارایی، ابتدا مرز کارایی را با استفاده از داده‌های مشاهده شده از روش برنامه‌ریزی خطی برآورد و با مقایسه محصولات گوناگون با این مرز نسبت به امتیازدهی و رتبه‌بندی آن‌ها اقدام می‌کنند. فکر اصلی این موضوع در سال ۱۹۵۷ به وسیله فارل مطرح و توسط چارنز و همکاران در سال ۱۹۷۶ عملیاتی شد. الگوی اصلی نسبت مجموع وزنی همه محصولات به مجموع وزنی کلیه نهاده‌ها به شرطی که همین نسبت با این وزن‌ها برای همه محصولات، کم‌تر یا مساوی یک باشد را بیشینه می‌سازد. در نتیجه دامنه امتیاز کارایی در این روش بین صفر و یک بوده که امتیاز کم‌تر بیانگر کارایی پایین‌تر است. از

<sup>1</sup> -Mixed integer programming data envelopment analysis

آنجا که در این مطالعه چهار محصول یاد شده با استفاده از نه<sup>۱</sup> نهاده تعداد دفعات شخم و دیسک، مقدار مصرف بذر (کیلوگرم در هکتار)، کودهای شیمیایی به تفکیک اوره، فسفات و پتاس (کیلوگرم در هکتار)، مقدار مصرف سم (لیتر در هکتار)، آب (متر مکعب در هکتار) و سایر هزینه‌ها (ریال در هکتار)، تولید می‌شوند، الگوی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA<sub>CCR</sub>) را می‌توان به صورت رابطه ۱، نوشت:

$$\begin{aligned} \max_{u,v} & \left( \frac{u_1 wue_j}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_9 x_{9j}} \right), \\ \text{st} & \frac{u_1 wue_1}{v_1 x_{11} + v_2 x_{21} + \dots + v_9 x_{91}} \leq 1, \\ & \frac{u_1 wue_2}{v_1 x_{12} + v_2 x_{22} + \dots + v_9 x_{92}} \leq 1, \\ & \frac{u_1 wue_3}{v_1 x_{14} + v_2 x_{24} + \dots + v_9 x_{94}} \leq 1, \\ & \frac{u_1 wue_4}{v_1 x_{14} + v_2 x_{24} + \dots + v_9 x_{94}} \leq 1, \\ & u_1, v_1, v_2, \dots, v_9 \geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

هدف از الگوی برنامه‌ریزی خطی بالا تعیین  $u$  و  $v$  ها به گونه‌ای است که نسبت وزنی خروجی‌ها به ورودی‌های مدل با تأمین شرط‌های همراه، بیشینه شود. از آنجا که خروجی الگو در این پژوهش کارایی مصرف آب در شکل‌های گوناگون می‌باشد، لذا در صورت کسر تنها  $u_1$  آورده شده است.  $wue_j$  نشان‌دهنده کارایی در زراعت محصول  $j$  ام بوده و می‌تواند هر یک از محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای یا برنج باشد. در مخرج کسر تابع هدف  $v_1, v_2, \dots, v_9$  وزن‌های نهاده‌های  $x_1, x_2, \dots, x_9$  هستند. چهار محدودیت نخست در برآورد ضرایب منجر به این می‌شوند که بیش‌ترین مقدار کارایی در میان همه مشاهدات کوچک‌تر یا مساوی با یک شود. محدودیت پنجم نیز شرط غیر منفی بودن ضرایب می‌باشد.

کارایی مصرف آب در پژوهش پیش‌رو به چند صورت محاسبه شد. ابتدا از روش‌های معمول برآورد کارایی مصرف آب که از تقسیم عملکرد بر مقدار آب مصرفی یا تقسیم درآمد به مقدار مصرف آب محاسبه می‌شوند، استفاده شد. در این پژوهش افزون بر دو شاخص پیش‌گفته، شاخص سود نیز که از تقسیم تفاوت درآمد و هزینه به مقدار آب مصرفی بدست می‌آید، محاسبه می‌شود. توجه به این نکته که در کنار نهاده آب از سایر نهاده‌های تولیدی نیز در تولید محصولات کشاورزی

<sup>۱</sup> - هنگام استفاده از شاخص‌های نسبی کارایی (عملکرد به آب، درآمد به آب و سود به آب) تعداد نهاده‌ها با حذف آب به هشت عدد کاهش می‌یابد.

استفاده می‌شود، ضرورت لحاظ این متغیرها را در محاسبه کارایی مصرف آب مشخص می‌سازد. برآورد رابطه ۱، به دلیل "کسری بودن"<sup>۱</sup> تابع هدف آن، به جواب‌های متنوعی منجر می‌شود، لذا برای رفع این مسئله معمولاً از "شکل ضربی"<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. برای برآورد رابطه ۱، نرم‌افزاری به نام Deap2.2 توسط کوئلی در سال ۱۹۹۶ تهیه شده که در این پژوهش از آن استفاده شده است (کوئلی و همکاران، ۲۰۰۵).

یکی از محدودیت‌های رابطه ۱، در محاسبه امتیاز و رتبه کارایی، تعیین همزمان تعدادی قابل توجه از محصولات به‌عنوان محصول کارا و در نتیجه اختصاص امتیاز یک به آن‌ها می‌باشد. در این حالت امکان تفکیک واحدهای کارا امکان‌پذیر نبوده و در اصطلاح گفته می‌شود، "قدرت تفکیک‌پذیری"<sup>۳</sup> الگو پایین است. بتازگی در ادامه کار امین و طلوع (۲۰۰۷) و امین (۲۰۰۹)، فروغی (۲۰۱۱)، الگویی بر پایه اعداد صحیح ارائه کرده است که در گروه الگوهای MIP-DEA قرار می‌گیرد. ویژگی این الگو توانایی تفکیک‌پذیری بالا و به کمینه رساندن تعداد الگوهای برازش‌شده برای تعیین امتیاز و رتبه کارایی محصولات می‌باشد. به بیان دیگر به‌جای چهار الگو در این مطالعه تنها یک الگو طراحی شده و با تغییرات جزئی برای تعیین امتیاز کارایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در رابطه ۲، الگوی تحلیل پوششی داده‌های ترکیبی با اعداد صحیح معرفی شده است:

$$\begin{aligned} & \max_{d, v, u, t} d, \\ & st \quad u_1 wue_1 - (v_1 x_{11} + v_2 x_{21} + \dots + v_9 x_{91}) - t_1 + d \leq 0, \\ & \quad u_1 wue_2 - (v_1 x_{12} + v_2 x_{22} + \dots + v_9 x_{92}) - t_2 + d \leq 0, \\ & \quad u_1 wue_3 - (v_1 x_{13} + v_2 x_{23} + \dots + v_9 x_{93}) - t_3 + d \leq 0, \\ & \quad u_1 wue_4 - (v_1 x_{14} + v_2 x_{24} + \dots + v_9 x_{94}) - t_4 + d \leq 0, \\ & \quad -u_1 wue_1 + (v_1 x_{11} + v_2 x_{21} + \dots + v_9 x_{91}) + t_1 \leq 1, \\ & \quad -u_1 wue_2 + (v_1 x_{12} + v_2 x_{22} + \dots + v_9 x_{92}) + t_2 \leq 1, \\ & \quad -u_1 wue_3 + (v_1 x_{13} + v_2 x_{23} + \dots + v_9 x_{93}) + t_3 \leq 1, \\ & \quad -u_1 wue_4 + (v_1 x_{14} + v_2 x_{24} + \dots + v_9 x_{94}) + t_4 \leq 1, \\ & \quad v_1 x_{11} + v_2 x_{21} + \dots + v_9 x_{91} \leq 1, \\ & \quad v_1 x_{12} + v_2 x_{22} + \dots + v_9 x_{92} \leq 1, \\ & \quad v_1 x_{13} + v_2 x_{23} + \dots + v_9 x_{93} \leq 1, \\ & \quad v_1 x_{14} + v_2 x_{24} + \dots + v_9 x_{94} \leq 1, \\ & \quad t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 1, \\ & \quad t_1, t_2, t_3, t_4 \in \{0, 1\}, \end{aligned} \tag{2}$$

<sup>1</sup>- Ratio form

<sup>2</sup>-Multiplier form

<sup>3</sup>-Discrimination power

که در آن  $d$  امتیاز کارایی مصرف آب در زراعت هر یک از محصولات مورد مطالعه بوده و به ترتیب از بیش‌تر به کم‌تر تعیین می‌شود. با مشخص شدن امتیاز کارایی هر محصول و با افزودن محدودیت  $t_j = 0$  به الگوی بالا، امکان تعیین امتیاز کارایی مصرف آب در زراعت سایر محصولات امکان‌پذیر می‌شود. با ادامه این روند امتیاز همه محصولات تعیین و رتبه‌بندی مورد نظر صورت می‌گیرد. در رابطه ۲، برای هر یک از محصولات تنها می‌تواند صفر یا یک باشد. این محدودیت در سطر آخر رابطه ۲، به شکل ریاضی معرفی شده است. بمنظور برآورد این الگو از نرم‌افزار WinQSB استفاده شده و داده‌های مورد نیاز نیز از گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی (۱۳۹۴) گردآوری شده است.

## نتایج

بر اساس نتایج جدول ۱، گندم با توجه به شاخص عملکرد به آب، عملکرد، درآمد به آب و سود به آب در مرز کارایی قرار داشته، لذا، امتیاز آن برابر یک و محصول مرجع آن نیز همان گندم می‌باشد، ولی با توجه به شاخص درآمد و سود، امتیاز کارایی گندم کمتر از یک و ذرت دانه‌ای و برنج به‌عنوان محصول مرجع برای گندم پیشنهاد می‌شوند. امتیاز کارایی گندم بر اساس این دو شاخص به ترتیب ۰/۹۳۳ و ۰/۶۲۱ می‌باشد. این بدین معنی است که زراعت گندم برای دست‌یابی به سطح کارایی ذرت دانه‌ای و برنج، لازم است از مقدار مصرف نهاده‌ها به ترتیب به‌اندازه ۶/۷ و ۳۷/۷۹ درصد بکاهد. امتیاز کارایی محصول جو تنها با استفاده از شاخص عملکرد به آب و عملکرد، کامل بوده و در سایر موارد کم‌تر از یک می‌باشد. گندم، برنج و ذرت دانه‌ای در ترکیب‌های گوناگون، به‌عنوان محصول مرجع جو شناسایی شده‌اند. کارایی مصرف آب با توجه به شاخص سود به آب در جو نسبت به سایر محصولات در کم‌ترین مقدار بوده و برابر با ۰/۰۷۷ می‌باشد. این نشان‌دهنده سود اندک این محصول برای هر واحد آب مصرفی نسبت به سایر محصولات می‌باشد. در مورد شاخص سود نیز همین نتیجه صادق است. استفاده از الگوی  $DEA_{CCR}$  برای ذرت دانه‌ای و برنج نشان‌دهنده کارا بودن این محصولات نسبت به گندم و جو می‌باشد. امتیاز کارایی این محصولات در همه شاخص‌ها، یک محاسبه شده است. در بهترین حالت الگوی پایه تحلیل پوششی داده‌ها، توانسته امتیاز و رتبه دو محصول را به‌گونه مشخص، شناسایی کند که در هر مورد گندم در رتبه سوم و جو در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند، به بیان دیگر، در میان محصولات عمده زیرگروه غلات، جو کم‌ترین کارایی مصرف آب را دارد. از سوی دیگر، نتایج مشخص می‌سازند که روش  $DEA_{CCR}$  توانایی شناسایی محصول با بیش‌ترین کارایی مصرف آب را ندارد.

مقایسه محصولات ناکارای گندم و جو با محصولات مرجع که در مرز کارایی قرار گرفته‌اند، امکان شناسایی راه‌کارهایی برای بهبود کارایی را فراهم می‌سازد. نتایج نشان می‌دهند برای این‌که گندم از لحاظ کارایی درآمدی و سودآوری در ردیف محصولات کارا قرار گیرد، نیاز است از مصرف همه نهاده‌ها به ترتیب به‌اندازه  $6/7$  و  $27/9$  درصد کاسته شده و بیش‌ترین کاهش مورد انتظار با  $334/67$  و  $1892/6$  متر مکعب در هکتار، به آب مربوط می‌باشد. در مورد این محصول کاهش مصرف بذر و کودهای شیمیایی در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در مورد جو نیز بر اساس شاخص درآمد به آب و سود به آب، کاهش مصرف بذر و کودهای شیمیایی در اولویت بوده و برای ارتقای شاخص کارایی درآمد و سود، کاهش مصرف آب به‌اندازه  $2533/5$  و  $3874/7$  متر مکعب در هکتار ضروری می‌باشد (جدول ۲).

نتایج مربوط به الگوی MIP-DEA نشان می‌دهد که بر اساس شاخص عملکرد به آب، امتیاز کارایی محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای و برنج به ترتیب  $0/435$ ،  $0/3003$ ،  $0/8251$  و  $0/5$  بوده، در نتیجه ذرت دانه‌ای، برنج، جو و گندم به ترتیب رتبه‌های نخست تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج بررسی کارایی بر اساس شاخص عملکرد نیز مشابه این وضعیت می‌باشد، ولی مقایسه محصولات از لحاظ شاخص کارایی درآمد به آب بیانگر برتری برنج و ذرت دانه‌ای نسبت به گندم و جو است. بر اساس این شاخص، جو بعد از گندم در انتهای لیست، قرار گرفته است. از لحاظ کارایی درآمدی نیز برنج و ذرت دانه‌ای در رتبه‌های نخست و دوم قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج، با استفاده از این شاخص نمی‌توان امتیاز و رتبه‌ی کارایی را برای محصولات گندم و جو تعیین کرد. از نکته نظر شاخص کارایی سود به آب، رتبه نخست متعلق به برنج و رتبه‌های بعدی به ترتیب به ذرت دانه‌ای، گندم و جو اختصاص یافته است. در مورد کارایی سود نیز زراعت برنج و ذرت دانه‌ای نسبت به زراعت گندم و جو ارجحیت دارند.

برای جمع‌بندی نتایج پژوهش در جدول ۳، میانگین امتیاز کارایی روش‌های  $DEA_{CR}$  و MIP-DEA به همراه نتایج روش‌های مرسوم محاسبه کارایی مصرف آب گزارش شده است. بر اساس روش‌های مرسوم که در آن کارایی مصرف آب با استفاده از شاخص‌های عملکرد به آب و درآمد به آب سنجیده می‌شود، با توجه به نوع شاخص، نتایج متفاوتی بدست می‌آید، به‌گونه‌ای که در شاخص عملکرد به آب، ذرت دانه‌ای، گندم، جو و برنج به ترتیب در رتبه‌های نخست تا چهارم و بر اساس شاخص درآمد به آب، برنج، گندم، ذرت دانه‌ای و جو رتبه‌های نخست تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. در روش  $DEA_{CR}$  بر اساس شاخص‌های مطلق (عملکرد، درآمد و سود) گندم و جو در رتبه‌های سوم و چهارم و مطابق با شاخص‌های نسبی (عملکرد به آب، درآمد به آب و سود به آب) جو در رتبه چهارم قرار گرفته است. در مورد سایر محصولات، الگوی پایه تحلیل پوششی



داده‌ها، توانایی تفکیک نداشته است. در مقابل روش MIP-DEA یک رتبه‌بندی کامل در میان محصولات مورد مطالعه ایجاد نموده، به گونه‌ای که بر اساس شاخص‌های مطلق، رتبه نخست به ذرت دانه‌ای و دوم، سوم و چهارم به ترتیب به برنج، جو و گندم و بر اساس شاخص‌های نسبی با آن که ذرت دانه‌ای و برنج در ابتدای لیست و گندم و جو در انتهای لیست قرار گرفته‌اند باین حال، جابه‌جایی میان محصولات انتهایی رخ داده به گونه‌ای که ترتیب محصولات از لحاظ کارایی مصرف آب به صورت ذرت دانه‌ای، برنج، گندم و جو می‌باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای تعیین جایگاه هر یک از محصولات از لحاظ کارایی مصرف آب از الگوی تحلیل پوششی داده‌های ترکیبی با اعداد صحیح استفاده شد. با آن که نتایج در مقایسه با یافته‌های مطالعات پیشین، توانایی بیش‌تر الگو در رتبه‌بندی محصولات را نشان می‌داد، ولی حساسیت نتایج نسبت به نوع شاخص مورد استفاده نیز مشهود بود، موضوعی که به دلیل محدود بودن شاخص‌های مورد استفاده در مطالعات پیشین به آن توجه کافی نشده است (حیدری‌پور و همکاران، ۱۳۹۳؛ عنابی میلانی و زمانی، ۱۳۹۳). بر اساس یافته‌های پژوهش، چهار محصول مورد مطالعه را می‌توان در دو گروه قرار داد. گروه نخست که کارایی مزرعه و آب بیش‌تری دارند عبارت از ذرت دانه‌ای و برنج بوده و گروه دیگر با کارایی کم‌تر شامل گندم و جو می‌باشد. برخلاف مطالعه علی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) در این پژوهش کارایی مصرف آب، کم‌تر از کارایی مزرعه محاسبه نشد که این به احتمال زیاد، به تفاوت در الگوهای مورد استفاده مربوط می‌باشد، ولی مشابه نتایج پژوهش بابایی و همکاران (۱۳۹۳) ضرورت کاهش مصرف آب در زراعت گندم و جو برای بهبود کارایی مشاهده گردید. با آن که نتایج شاخص‌های مرسوم عملکرد به آب و درآمد به آب با نتایج الگوهای تحلیل پوششی داده‌ها تفاوت داشت، ولی برتری ذرت دانه‌ای از لحاظ شاخص عملکرد به آب با نتایج الگوهای مورد استفاده در این پژوهش هماهنگ بود. این نتیجه در مطالعه حیدری‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در مقایسه ذرت دانه‌ای، چغندر قند و کنجد نیز گزارش شده است. موضوعی که در بررسی نتایج این پژوهش برجسته می‌باشد، قرار گرفتن محصولات گندم و جو در انتها و ذرت دانه‌ای و برنج در ابتدای لیست کارایی مصرف آب است، بنابراین، بر اساس یافته‌های این پژوهش روش‌های مرسوم محاسبه کارایی مصرف آب لزوماً به نتایج صحیح منتج نمی‌شوند و برنامه‌ریزی بر پایه آن‌ها باعث تخصیص نابهینه منابع خواهد شد و لازم است با رویکرد بهره‌وری کل عوامل تولید به محاسبه کارایی مصرف آب و رتبه‌بندی محصولات کشاورزی پرداخته شود.

## منابع

- بابایی، م.، م. مردانی و م. سالارپور. (۱۳۹۳). محاسبه کارایی آب در محصولات عمده کشاورزی شهرستان زابل: رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۸. شماره ۳، صفحات ۵۴۹-۵۴۱.
- حیدری‌پور، ر. م. نصیری محلاتی، ع. ر. کوچکی و ا. زارع فیض‌آبادی. (۱۳۹۳). اثرات سطوح آب و کود نیتروژن بر کارایی مصرف و بهره‌وری آب در سه گیاه ذرت (*Zea mays L.*)، چغندرقد (*Beta vulgaris L.*) و کنجد (*Sesamum indicum L.*). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۶. شماره ۲، صفحات ۱۹۸-۱۸۷.
- دهقانی، م.، م. جعفرآقایی و ص. محمدی‌کیا. (۱۳۹۳). تأثیر نشاء‌کاری بر عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب آبیاری. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۸. شماره ۲، صفحات ۳۱۴-۳۰۷.
- سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی. (۱۳۹۴). محاسبات قیمت تمام‌شده‌ی محصولات زراعی. معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی.
- صدرقاین، س. ح.، ج. باغانی، س. ا. حقایقی مقدم و م. اکبری. (۱۳۹۰). اثر سه سیستم آبیاری میکرو و سطوح گوناگون آبیاری بر عملکرد کارایی مصرف آب فلفل. نشریه آب‌و خاک (علوم و صنایع غذایی). جلد ۲۵. شماره ۳، صفحات ۵۶۹-۵۶۳.
- علی‌پور، ع. ر.، م. ح. و کیل‌پور، ر. افشارتبار و م. نیک‌زاد. (۱۳۹۱). بررسی کارایی مصرف آب گندم در منطقه زرقان. مجله پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۶. شماره ۴، صفحات ۴۱۴-۴۰۵.
- غنّابی میلانی، ا. و ص. ع. زمانی. (۱۳۹۳). تأثیر روش‌های برنامه‌ریزی آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۸. شماره ۳، صفحات ۵۰۲-۴۸۹.
- وزارت جهاد کشاورزی. (۱۳۹۳). آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲. جلد اول: محصولات زراعی. معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

## Reference

- Amin, Gh. R. (2009). Comments on finding the most efficient DMUs in DEA: An improved integrated model. *Computers and Industrial Engineering*. 56: 1701-1702.
- Amin, Gh. R., & Toloo, M. (2007). Finding the most efficient DMUs in DEA: An improved integrated model. *Computers and Industrial Engineering*. 52(2): 71-77.
- Charnes A., Cooper, W.W. & E. Rhodes. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 2:429-444.

- Coelli T. (1996). A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, DEAP Manual, Center for Efficiency and Productivity Analysis, Department of Econometrics, University of New England, Australia.
- Coelli, T. J., Prasada Rao, D. S. O'Donnell, C. J. & Battese, G. E. (2005). an introduction to efficiency and productivity analysis. Second edition. Springer Science and Business media, Inc.
- Farrell M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. 120(3): 253-290.
- Foroughi, A.A. (2011). A new mixed integer linear model for selecting the best decision making units in data envelopment analysis. Computers and Industrial Engineering, 60, 550-554.

### پیوست‌ها

جدول ۱- تعیین امتیاز، رتبه کارایی و محصولات مرجع با استفاده از الگوی  $DEA_{CCR}$ .

| محصول       | عملکرد              |                     | درآمد به آب         |                                  | سود                        |   | محصول (های) مرجع |       | کارایی    |     |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|---|------------------|-------|-----------|-----|
|             | به آب               | عملکرد              | درآمد به آب         | درآمد                            | سود به آب                  | سود                                       | درآمد به آب      | درآمد | سود به آب | سود |
| گندم        | گندم (۱)<br>*       | گندم (۱)            | گندم (۱)            | ذرت دانه‌ای (۰/۴) و برنج (۰/۲۲۵) | گندم (۱)                   | ذرت دانه-<br>ای (۰/۱۳۳) و<br>برنج (۰/۱۷)  | ۰/۹۲۲            | ۰/۶۲۱ | ۱         | ۱   |
| جو          | جو (۱)              | جو (۱)              | جو (۱)              | گندم (۰/۲۴۶) و برنج (۰/۱۰۳)      | گندم (۰/۰۲۷) و برنج (۰/۱۱) | ذرت دانه-<br>ای (۰/۰۳۹) و<br>برنج (۰/۰۸۵) | ۰/۳۶۷            | ۰/۰۳۱ | ۱         | ۱   |
| ذرت دانه‌ای | ذرت دانه-<br>ای (۱) | ذرت دانه-<br>ای (۱) | ذرت دانه-<br>ای (۱) | ذرت دانه-<br>ای (۱)              | ذرت دانه-<br>ای (۱)        | ذرت دانه-<br>ای (۱)                       | ۱                | ۱     | ۱         | ۱   |
| برنج        | برنج (۱)            | برنج (۱)            | برنج (۱)            | برنج (۱)                         | برنج (۱)                   | برنج (۱)                                  | ۱                | ۱     | ۱         | ۱   |

\* اعداد داخل پرانتز ضرایب  $\lambda$  می‌باشند.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۷۰ تعیین رتبه کارایی مصرف آب محصولات غله‌ای در استان آذربایجان شرقی با استفاده

جدول ۲- تعیین مقدار کاهش مصرف نهاده‌ها در محصولات ناکارا برای بهبود کارایی مصرف آب.

| محصول | شاخص کارایی  | شخم (دفعه) | دیسک (دفعه) | بذر (کیلوگرم) | اوره (کیلوگرم) | نهاده‌ها        |                |              |               |                  |
|-------|--------------|------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|--------------|---------------|------------------|
|       |              |            |             |               |                | فسفات (کیلوگرم) | پتاس (کیلوگرم) | سم (کیلوگرم) | آب (متر مکعب) | سایر (هزار ریال) |
| گندم  | درآمد        | ۰/۰۶۷      | ۰/۰۶۷       | ۱۳/۳۸۷        | ۱۳/۳۸۷         | ۶/۶۹۳           | ۲/۰۰۸          | ۰/۱۳۴        | ۳۳۴/۶۷۲       | ۱۵۳۶/۳۴          |
|       | سود          | ۰/۳۷۹      | ۰/۳۷۹       | ۷۵/۷۰۳        | ۷۵/۷۰۳         | ۳۷/۸۵۲          | ۱۱/۳۵۶         | ۰/۷۵۷        | ۱۸۹۲/۵۸۵      | ۸۶۸۸/۰۶          |
| جو    | درآمد به آب  | ۰/۳۰۲      | ۰/۳۰۲       | ۶۰/۳۷۸        | ۳۰/۱۸۹         | ۲۲/۶۴۲          | ۷/۵۴۷          | ۰/۳۰۲        | -             | ۵۲۴۷/۴۴          |
|       | درآمد به سود | ۰/۹۲۳      | ۰/۹۲۳       | ۱۲۶/۶۷۵       | ۶۳/۳۳۷         | ۴۷/۵۰۲          | ۱۵/۸۳۴         | ۰/۶۳۳        | ۲۵۳۳/۴۹۶      | ۱۱۰۰۹/۳۱         |
| سود   | آب           | ۰/۹۲۳      | ۰/۹۲۳       | ۱۸۴/۶         | ۹۲/۳           | ۶۹/۲۲۵          | ۲۳/۰۷۵         | ۰/۹۲۳        | -             | ۱۶۰۴۳/۶۱         |
|       | سود          | ۰/۹۶۹      | ۰/۹۶۹       | ۱۹۳/۷۳۵       | ۹۶/۸۶۷         | ۷۲/۶۵۱          | ۲۴/۲۱۷         | ۰/۹۶۹        | ۳۸۷۴/۶۹۶      | ۱۶۸۳۷/۴۹         |

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- مقایسه نتایج رتبه‌بندی کارایی مصرف آب با استفاده از روش‌های مرسوم و الگوهایی تحلیل پوششی داده‌ها.

| محصول       | مرسوم        |        | تحلیل پوششی داده‌ها |        |         |        |
|-------------|--------------|--------|---------------------|--------|---------|--------|
|             | عملکرد به آب |        | DEA <sub>CCR</sub>  |        | MIP-DEA |        |
|             | رتبه         | امتیاز | مطلق                | نسبی   | مطلق    | نسبی   |
| گندم        | دوم          | ۹۲۴۰   | دوم                 | ۰/۸۵۲۱ | دوم     | ۰/۱۵۹۱ |
|             | دوم          | ۳۳۷۵   | چهارم               | ۰/۴۶۶  | چهارم   | ۰/۱۰۰۱ |
| جو          | دوم          | ۳۳۷۵   | چهارم               | ۰/۴۶۶  | چهارم   | ۰/۱۰۰۱ |
|             | سوم          | ۲۳۷۵   | چهارم               | ۰/۴۶۶  | چهارم   | ۰/۱۰۰۱ |
| ذرت دانه-ای | اول          | ۸۴۰۰   | سوم                 | ۱      | دوم     | ۰/۷۴۶۰ |
|             | اول          | ۸۴۰۰   | سوم                 | ۱      | دوم     | ۰/۷۴۶۰ |
| برنج        | چهارم        | ۱۰۶۸۷  | اول                 | ۱۰۶۸۷  | دوم     | ۰/۶۶۸۳ |
|             | چهارم        | ۱۰۶۸۷  | اول                 | ۱۰۶۸۷  | دوم     | ۰/۶۶۸۳ |

مأخذ: یافته‌های پژوهش