نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۷۴۹-۷۳۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 737-49

بررسی اثرات کیفیت منابع آب و خاک بر کارایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ تحت شرایط عدم حتمیت

مصطفی مردانی نجف‌آبادی[1*]، عباس عبدشاهی[2]، معصومه فروزانی[3]، منیره زینالی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۵

چکیده

بررسی کارایی شبکه‌های آبیاری یکی از عوامل بسیار مهم در تأمین اطلاعات مورد نیاز جهت ارتقای عملکرد این سامانه‌ها بوده و با توجه به بحران آبی اخیر در کشور، بایستی مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان این حوزه قرار گیرد. مطالعه حاضر به بررسی کارایی چهار شبکه آبیاری در حوضه‌ی آبریز کارون بزرگ شامل گتوند، شمال شرق اهواز، شرق شعیبیه و میان آب شوشتر پرداخته است. از عوامل بسیار مهم مؤثر بر عملکرد این شبکه‌ها، می‌توان به کیفیت منابع آب و خاک اشاره نمود. از این رو، کارایی این شبکه‌ها تحت دو سناریو با و بدون لحاظ کیفیت منابع آب و خاک محاسبه گردید. جهت انجام این بررسی، روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA) که توانایی بالقوه‌ای در اعمال شرایط نامطمئن برای داده‌های ورودی و خروجی مدل دارد، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که، افزودن داده‌های ورودی کیفیت آب و خاک موجب می‌شود که برخی از شبکه‌هایی که به نظر غیر کارا می‌رسیدند، با افزایش قابل ملاحظه امتیاز کارایی مواجه شده و در نتیجه تفاوت میان رتبه‌بندی در دو سناریو بسیار محسوس باشد؛ بطوری که میانگین کارایی شبکه‌ها در سناریو اول ۰/۸ و در سناریو دوم ۰/۹۷ برآورد گردید. همچنین مشخص شد که اختلاف قابل توجهی بین استفاده واقعی و بهینه برای دو داده ورودی هزینه تعمیر و نگهداری و پرسنل وجود دارد که باعث عدم کارایی در شبکه‌ها ناکارا شده است. این اختلاف در سناریو دوم کمتر بوده و برای هزینه‌های تعمیر و نگهداری و پرسنل به ترتیب ۴۱ و ۳۴ درصد محاسبه گردید. بررسی تحلیل حساسیت در مدل RDEA نشان داد که با افزایش میزان محافظت سیستم در مقابل عدم حتمیت، امتیاز کارایی در شبکه‌های تحت بررسی کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت منابع آب و خاک، کارایی، تحلیل پوششی داده‌های استوار

مقدمه

کارایی آبیاری در کانال‌های باز عموماً کم است و بخشی از آب مصرفی به سیستم زهکشی برمی‌گردد (Litskas et al., 2010). البته باید توجه داشت که بخش قابل توجهی از منابع آب‌های کشور دارای مقدار زیادی املاح بوده لکین کاربرد این قبیل منابع آب در کشاورزی با توجه به میزان و پراکنش مکانی آنها امری اجتناب ناپذیر است. آب‌های غیرشور و با کیفیت مطلوب دارای ارزش تولیدی خوبی بوده و باید از این قبیل آب‌ها به نحو مطلوب و با نهایت صرفه‌جویی در جهت توسعه‌ی سطح زیرکشت و افزایش کارایی مصرف آب‌های شور بهره‌برداری نمود تا بدین ترتیب، ضمن افزایش کارایی مصرف آب‌های شور و لب‌شور، با به کارگیری مقدار محدودی آب غیرشور، حداکثر بهره‌برداری را نمود (فیضی، ۱۳۸۲). از سوی دیگر، مفهوم کیفیت خاک به عنوان ظرفیت یک خاک معین برای عملکرد در محدوده‌ی محیط زیست طبیعی و مدیریت شده جهت پایداری حاصلخیزی خاک، تثبیت یا ارتقای کیفیت آب و تأمین سلامت انسان تعریف شده است (Kinyangi., 2007). بنابراین، واژه‌ی کیفیت خاک، عموماً در رابطه با عملکرد آن مورد بحث قرار می‌گیرد (Karlen et al, 2001). به عبارت دیگر، کیفیت آب آبیاری و خاک می‌تواند تأثیرات بسیار محسوسی در برآورد کارایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی داشته باشد.

جهت برآورد کارایی، در ادبیات موضوع، روش‌های مختلفی ارایه گردیده که بسیاری از آن‌ها نظری و غیرکمی بوده و یا استانداردهایی برای مقایسه و بهبود عملکرد ندارند (خلخالی و همکارن، ۱۳۸۷). یکی از روش‌های ناپارامتریک جهت برآورد کارایی، روش تحلیل

۱- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳- دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۴- دانش آموخته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل
(* - نویسنده مسئول: Email:m.mardani@asnrukh.ac.ir)

پوششی داده‌ها (DEA)[1] بوده که توسط چارنز و همکاران[2] (۱۹۸۵) ارائه شده است. از آن‌جا که یکی از فرض‌های اساسی در روش DEA، معین بودن پارامترهای ورودی و خروجی است، لذا با توجه به عدم حتمیت حاکم بر دنیای واقعی، روشی قابل اتکا نمی‌باشد (مردانی و همکاران، ۱۳۹۲). اخیراً روش‌های گوناگونی برای غلبه بر مسئله‌ی داده‌های نامطمئن در این الگو نظیر روش برنامه‌ریزی بازه‌ای (IDEA)[3](Azizi., 2013) ، تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA)[4] و تحلیل پوششی داده‌های تصادفی (SDEA)[5] Olesen and Petersen., Hatami-Marbini et al., 2017) (2016; Tsionas., 2003; ارایه گردیده است. یکی از روش‌هایی که به تازگی مورد استفاده و استقبال محققان قرار گرفته است، روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA)[6] می‌باشد. این روش برخی از کاستی‌های موجود در سایر روش‌ها برای اعمال شرایط عدم اطمینان در مدل DEA را ندارد (Shoukhi et al., 2010).

از مطالعات داخلی انجام شده با استفاده از روش RDEA می‌توان به مطالعات مردانی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی کارایی گندمکاران سیستان و مردانی و ضیایی (۱۳۹۵) در بررسی کارایی مزارع گندم آبی در شهرستان نیشابور اشاره نمود. همچنین، صبوحی و مردانی (۲۰۱۷)[7] از روش RDEA خطی جهت اندازه‌گیری کارایی مقیاس و کارایی فنی گندمکاران ۲۳ استان کشور بهره برده‌اند.

زحمتکش و منتظر (۱۳۹۰) به ارزیابی عملکرد تعدادی از شبکه‌های آبیاری جهان با استفاده از شیوه مقایسه‌ای و تحلیل داده کاوی پرداختند. علیرغم هزینه‌های تعمیر و نگهداری بالا، وجود تعاونی‌ها و تشکل‌های آب‌بران در شبکه وشمگیر باعث ایجاد مطلوبیت در شاخص‌های اقتصادی برای عملکرد این شبکه در میان کل شبکه‌های مورد بررسی بود. خلخالی و همکاران (۱۳۸۷) به تدوین مدل پشتیبان تصمیم‌گیری برای ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی در ۸ شبکه اصلی کشور پرداختند. استفاده از مدل DEA متداول با توجه به اهداف مطالعه این محققان اجتناب ناپذیر بوده است. در این مطالعه، دو شاخص پرسنل و ماشین‌آلات سبب عملکرد ضعیف در شبکه‌های ناکارا قلمداد شدند. البته تحلیل حساسیت برای شاخص هزینه نیز نشان داد که کاهش و مدیریت هزینه‌ها می‌تواند تأثیر بسیار زیادی در امر کارا شدن شبکه‌های ناکارا داشته باشد. دو نکته اساسی مطالعات فوق مورد توجه است. در درجه اول اینکه در این مطالعات شاخص‌های کیفی آب در شبکه‌ها مد نظر قرار داده نشده است. این مهم در بسیاری از شبکه‌های تحت بررسی موجب دگرگون شدن نتایج حاصل از بررسی کارایی شبکه‌ها می‌گردد. البته در تحقیقاتی نظیر مطالعات مالونو و همکاران (۲۰۱۴)[8] و جلیلی و همکاران (۱۳۸۵) که از روش ارزیابی مقایسه‌ای بهره جستند، به این مهم پرداخته شده است. در درجه دوم استفاده از روش DEA متداول برای شبکه‌های آبیاری در سطح یک کشور یا جهان بعلت حساس بودن این روش در تغییر داده‌ها (عدم اطمینان در دقیق بودن داده‌ها) منجر به کاهش اعتماد به نتایج حاصله می‌شود. آنچه که در مطالعه‌ی حاضر و سایر مطالعات مشابه بسیار قابل توجه است، اهمیت و تأثیر عوامل کیفیت آب و خاک در بررسی‌های مربوط به شبکه‌های آبیاری می‌باشد. این بررسی مخصوصاً در استان خوزستان، که پروژه‌های آبیاری و زهکشی در اراضی کشاورزی در حال مطالعه و اجرا بوده که بخش اعظم آن‌ها با مشکل شوری خاک مواجه است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شریفی پور و همکاران، ۱۳۹۴).

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات عوامل کیفیت آب آبیاری و خاک در کارایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ در استان خورستان می‌باشد. با توجه به اینکه در این استان قسمت اعظم پروژه‌های آبیاری و زهکشی در اراضی کشاورزی هستند که با مشکل شوری آب آبیاری و خاک مواجه است، اهمیت بررسی این موضوع دو چندان می‌شود (شریفی پور و همکاران، ۱۳۹۴). در این میان، جهت مقابله با مسئله عدم حتمیت در داده‌های مربوط به مدل، از روش RDEA استفاده شد.

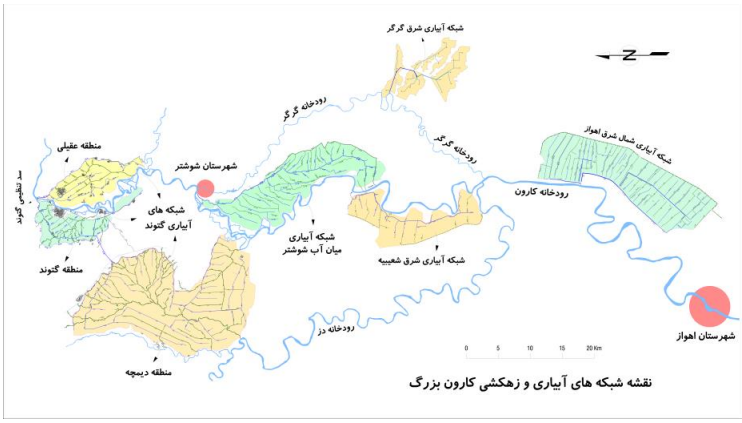
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری کارون بزرگ یکی از شرکت‌های تابعه و طرف قرارداد سازمان آب و برق خوزستان می‌باشد که (در قالب دو قرارداد) وظیفه نگهداری و بهره‌برداری از ۶ شبکه آبیاری که همگی آنها از محل رودخانه کارون آبگیری می‌شوند را بر عهده دارد. وسعت کل اراضی خالص زیر پوشش شبکه‌های آبیاری تحت مدیریت شرکت، در حال حاضر بالغ بر ۷۵ هزار هکتار می‌باشد که از این میزان، حدود ۲۵ هزار هکتار آن متعلق به شرکت کشت و صنعت کارون (مشترک عمده شرکت) و مابقی متعلق به کشاورزان و مالکین اراضی خُرد می‌باشد. از دیگر مشترکین مهم شرکت، علاوه بر شرکت کشت و صنعت کارون و کارخانه تولید شکر، می‌توان شرکت‌های تولید نئوپان، تولید خوراک دام، تولید فول فورال (به عنوان مشترکین آب صنعتی) و شرکت ماهی کارون (با ۴۳۰ هکتار حوضچه پرورش ماهی) را نام برد. در شکل ۱، شبکه‌های آبیاری تحت مدیریت کارون بزرگ روی نقشه مشخص شده که به دلیل در نظر گرفتن بیشترین همگنی میان شبکه‌ها و همچنین وجود داده‌های

1- Data Envelopment Analysis
2-Charnes et al.
3- Interval Data Envelopment Analysis
4- Fuzzy Data Envelopment Analysis
5- Stochastic Data Envelopment Analysis
6- Robust Data Envelopment Analysis
7- Sabouhi and Mardani
8- Malono et al.

مناسب مطالعه، کارایی شبکه‌های آبیاری گتوند، شمال شرق اهواز، شرق شعیبیه و میان‌آب شوشتر مورد ارزیابی قرار گرفت. شایان ذکر است که شوری آب آبیاری و خاک در بالا دست رود کارون بالا بوده و به مرور در پایین دست بیشتر نیز خواهد شد.



شکل ۱- نقشه شبکه‌های آبیاری و زهکشی تحت بررسی

مدل تحلیل پوششی داده‌ها

مفهوم دقیق تعریف کارایی را می‌توان در تعریف پارتو[1] جستجو کرد. طبق تعریف کارایی، یک سیستم دارای کارایی پارتو است به طوری که بهبود وضع اقتصادی یک فرد از جامعه بدون بدتر شدن وضع اقتصادی فرد دیگری امکان‌پذیر نباشد. به عبارت دیگر تخصیص مجدد منابع باعث بدتر شدن وضع عده‌ای از جامعه نگردد. در ادبیات نظری این مفهوم اقتصادی به تفکیک کارایی فنی[2]، کارایی تخصیصی[3] و کارایی اقتصادی[4]، تعریف و مورد سنجش قرار گرفته است. مدل (CCR) با تبدیل ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانهٔ یک واحد (بنگاه)، به یک ورودی و یک خروجی مجازی، روش فارل[5] (۱۹۵۷) را که بر اساس دو ورودی و یک خروجی ارائه شده است، جامعیت می‌بخشد؛ به گونه‌ای که فرآیند تولید چند ورودی و چند خروجی را در بر می‌گیرد.

کارآیی واحد (j) به روش (CCR) را می‌توان بصورت زیر بیان نمود:

$$\max \theta = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \ldots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \ldots + v_m x_{mj}}$$
$$s.t: \quad \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \ldots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \ldots + v_m x_{mj}} \le 1 \qquad (۱)$$
$$v_1, v_2, \ldots, v_m \ge 0$$
$$u_1, u_2, \ldots, u_s \ge 0$$
$$j = (1, 2, 3, \ldots, n)$$

در رابطه (۱)، $x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, \ldots, x_{mj}$ نشان‌دهنده نهاده‌های واحد j می‌باشند و $y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, \ldots, y_{sj}$ نشان‌دهنده ستاده‌های واحد j می‌باشند. قید مثبت بودن ضرایب وزنی بدین منظور است که در تمامی واحدها، همه ورودی‌ها و خروجی‌ها لحاظ شوند. در رابطه فوق هدف محاسبه مقادیر بهینه بردارهای $U= u_1, u_2, \ldots, u_s$ و $V= v_1, v_2, \ldots, v_m$ است؛ به گونه‌ای که نسبت کل مجموع وزنی محصولات به مجموع وزنی ورودی‌ها حداکثر بوده و کارایی هیچ واحدی بیشتر از یک نباشد. اما این رابطه جواب‌های بیشمار خواهد داشت. زیرا اگر U و V یک جواب بهینه باشد αU و αV نیز جواب بهینه خواهد بود. از طرف دیگر این مدل غیرخطی و غیرمحدب است. ابتکاری که در مدل (CCR) صورت گرفته است، بدین شکل می‌باشد که با تساوی مخرج کسر برابر یک در رابطه (۱)، این رابطه به مدل برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌شود.

Error! Bookmark not defined.

$$\max \quad \theta_o = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro,}$$
$$subject\ to \quad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1, \qquad (۲)$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0, \quad \forall j,$$
$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i.$$

θ_o نشان‌دهنده‌ی کارآیی حاصل از برتری ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم‌گیرنده o است.

البته وجود عدم اطمینان در داده‌های ورودی و خروجی مدل ۲ منتج به نتایجی می‌شود که با کوچکترین تغییر در داده‌ها، امتیاز کارایی و به تبع آن رتبه‌بندی واحدها دچار دگرگونی می‌شود. برای غلبه بر این مشکل، اگر پارامترهای پیوسته به صورت اختلال‌های

1- Pareto
2- Technical Efficiency (TE)
3- Allocative Efficiency (AE)
4- Economic Efficiency (EE)
5- Farrell

تصادفی[1] بیان شوند، هر پارامتر نامطئن می‌تواند به صورت رابطه ۳ فرموله شود (Ben-Tal and Nemirovski., 1999; 2000).

$$\tilde{a}_{ij} = \bar{a}_{ij} + \tilde{\eta}_{ij}\varepsilon\bar{a}_{ij} = \bar{a}_{ij} + \tilde{\eta}_{ij}\hat{a}_{ij}. \quad (۳)$$

که $\bar{a}_{ij}$ قدار ارزش اسمی پارامتر نامطمئن و $\varepsilon \geq 0$ سطح عدم اطمینان معینی را مشخص می‌کند. $\tilde{\eta}_{ij}$ متغیرهای تصادفی هستند که بطور متقارن توزیع شده و در فاصله [-۱,۱] قرار دارند. $\hat{a}_{ij}$ از ضرب مقدار ارزش اسمی متغیر ($\bar{a}_{ij}$) و سطح عدم اطمینان معین به دست می‌آید. بنابراین، پارامتر دارای توزیع متقارن و کراندار در محدوده $\left[\bar{a}_{ij} - \hat{a}_{ij}, \bar{a}_{ij} + \hat{a}_{ij}\right]$ می‌باشد.

بنابراین، با توجه به ابهام و عدم حتمیت در مقادیر ورودی (x_{ij}) و خروجی (y_{rj})، می‌توان این مقادیر را به صورت بازه‌ای، $x_{ij} \in \left[x_{ij}^L, x_{ij}^U\right]$ و $y_{ij} \in \left[y_{ij}^L, y_{ij}^U\right]$ تعریف نمود. در این حالت، کارایی مربوط به واحد تصمیم گیرنده‌ی O (θ_0) نیز به صورت بازه‌ای بوده و حد پایین و بالای آن به ترتیب نشان دهنده‌ی بدبینانه و خوشبینانه‌ترین حالت در ارزیابی واحد می‌باشد. برای محاسبه‌ی بازه کارایی ($\left[\theta_0^L, \theta_0^U\right]$)، به حل دو مدل برنامه‌ریزی خطی نیاز بوده که منجر به ایجاد روش IDEA شد (Smirlis et al., 2006). در این روش، از θ_0^L و θ_0^U برای تصمیم‌گیری نهایی در مورد کارایی یک واحد بهره گرفته می‌شود. تحلیل کارایی در این بازه، از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار است.

با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده که J_j^x و J_j^y به ترتیب مجموعه‌های مربوط به مقادیر نهاده‌ها و ستاده‌های مبهم آن‌هاست، می‌توان پارامترهای γ_j^x و γ_j^y که مقادیری در محدوده‌ی $\left[0, J_j^x\right]$ و $\left[0, J_j^y\right]$ اختیار می‌نمایند، تعریف نمود. این پارامترها، مدل DEA را در برابر تغییرات ناشی از شرایط عدم حتمیت در داده‌های ورودی و خروجی، محافظت می‌نمایند.

فرم کلی مدل RDEA با توجه روش بهینه‌سازی استوار و تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای به صورت مدل غیر خطی ۴ است (Shokouhi et al., 2010).

که z ، q و P نشان‌دهنده‌ی متغیرهای اضافی[2] غیرمنفی، ε نمایانگر سطح عدم اطمینان معین[3] و Γ پارامتر کنترل‌کننده‌ی میزان محافظه‌کاری است. لازم به ذکر است که اگر $J_j^x = 0$ و $J_j^y = 0$ باشند، متغیر z خاصیت خود را از دست می‌دهد که این امر، به معنی یکسان بودن محدودیت‌های ۱ و ۲ بوده و لذا خوشبینانه‌ترین حالت که یکسان بودن مدل‌های RDEA و DEA است، اتفاق می‌افتد. در مقابل، اگر $J_j^x = \left|J_j^x\right|$ و $J_j^y = \left|J_j^y\right|$ باشند، آنگاه γ_j^x و γ_j^y بیشترین تأثیر را بر محدودیت‌های خود داشته و در نتیجه بدبینانه‌ترین حالت ممکن برای واحد مورد بررسی اتفاق خواهد افتاد.

$$\begin{aligned}
\max \quad & \theta_p = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp}^U - z_p\gamma_p^y - \sum_{r=1}^{s} P_{rp}, \\
s.t \quad & \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ip}^L + z_p\gamma_p^x - \sum_{r=1}^{m} q_{ip} = 1 \\
& \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^U + z_j\Gamma_j \\
& + \sum_{r=1}^{s} P_{rj} + \sum_{r=1}^{m} q_{ij} \leq 0 \quad \forall j \neq p, \\
& z_j + p_{rj} \geq u_r\left(y_{rj}^U - y_{rj}^L\right), \qquad \forall r, j \\
& z_j + q_{ij} \geq v_i\left(x_{rj}^U - x_{rj}^L\right), \qquad \forall i, j \quad (۴) \\
& \gamma_p^x + \gamma_p^y = \Gamma \\
& \theta_p \leq 1, \\
& v_i, u_r \geq \varepsilon, \qquad \forall i, r \\
& z_j, q_{ij}, p_{rj} \geq 0, \quad \forall i, j, r
\end{aligned}$$

بنابراین، با تغییر Γ که مجموع دو متغیر γ_j^x و γ_j^y بوده و در نتیجه سطوح مختلف این دو متغیر، می‌توان یک دامنه منعطف از سطوح محافظه‌کاری در مدل RDEA را در مقابل سطوح متفاوت حفاظت از پاسخ‌های بهینه، تجربه نمود. پارامتر Γ می‌تواند مقادیر متفاوتی اختیار نموده که این مقادیر به احتمال انحراف محدودیت[4] i ام از کران خود (p) و همچنین به تعداد پارامترهای نامطمئن (n) در محدودیت مورد نظر، بستگی دارد. با جایگذاری جواب بهینه‌ی x^* در معادله ۳، احتمال انحراف محدودیت i ام از کران خود، به صورت رابطه‌ی ۵ تعریف می‌شود (Bertsimas and Sim., 2004):

$$pr\left(\sum_j \tilde{a}_{ij}x^*{}_j > b_i\right) \leq B(n, \Gamma_i) \quad (۵)$$

برای محاسبه Γ ، یک سطح مطلوب احتمال انحراف محدودیت i از کران آن محدودیت در نظرگرفته شده و با توجه به تعداد

1-Random Perturbations
2- Additional Variable
3- Given Uncertainty Level
4- Probability of Constraint Violation

پارامترهـای نـامطمئن (n) در آن محـدودیت، مقـدار Γ محاسـبه می‌گردد.

داده‌های ورودی و خروجی

در روش تحلیـل پوششـی داده‌هـا، کنتـرل تعـداد و نـوع ورودی (نهاده) و خروجی (سـتاده) بـه عهـده برنامـه‌ریـزان اسـت (مردانـی و همکاران، ۱۳۹۲). از این رو، این روش می‌تواند به محققانی که قصـد بررسی اثر برخی از ورودی یا خروجی‌ها بـر امتیـاز کـارایی واحـدهای تصمیم‌ساز را دارند، کمک نمایـد (Omrani et al., 2018). در ایـن مطالعه با حذف داده‌های ورودی مربوط به کیفیت منابع آب آبیـاری و خاک (سناریو اول) و برآورد کارایی با سایر ورودی و خروجی‌ها، سپس وارد نمودن ورودی‌های مربوط به کیفیت آب و خاک (سـناریو دوم) و برآورد مجدد کارایی و مقایسه این دو بـرآود، نتـایج جالـب تـوجهی از اثرات کیفیـت آب و خـاک بـر میـزان کـارایی شـبکه‌هـای آبیـاری و زهکشی حاصل شد.

جدول ۱- داده‌های ورودی‌ها و خروجی‌های برای مدل RDEA برای مدل مورد مطالعه

ردیف	نوع داده	نام داده	شرح محاسبات	مرجع محاسبات
۱-	ورودی	سطح تحت پوشش کانال‌ها	مستقیماً از شرکت بهره‌بردار دریافت گردید.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۲-	ورودی	حجم آب ورودی به کانال	دبی جریان آب برای هر یک از کانال‌های درجه ۱ و ۲ به صورت کامل از شرکت بهره‌برداری کارون بزرگ وصول گردید.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۳-	ورودی	طول و ظرفیت کانال	محاسبه از رابطه‌ی $H_i = L_i^{0.129} q_i \left(\exp(q_i)\right)^{0.092}$ که i کانال مورد مطالعه، H پارامتر ورودی طول- ظرفیت کانال، L طول کانال تحت بررسی و q نیز دبی آن می‌باشد.	Chung et al., 2009
۴-	ورودی	سازه‌های آبگیر	از حاصل‌ضرب تعداد دریچه‌ها در ظرفیت دریچه‌ها به دست آمد.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۵-	ورودی	هزینه‌ی تعمیر و نگهداری	محاسبه از رابطه‌ی $Cost_i = 0.0254 L_i q_i^{0.572} + \left(0.078 + 0.0135 q_i\right) L_i \frac{ENR}{1850}$ که Cost هزینه تعمیر و نگهداری کانال و ENR نرخ تورم می‌باشد.	US. Army Corps of Engineers, 1980
۶-	ورودی	هزینه‌ی پرسنلی	مستقیماً از شرکت بهره‌بردار دریافت گردید.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۷-	ورودی	تعداد ماشین‌آلات سبک	مستقیماً از شرکت بهره‌بردار دریافت گردید	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۸-	ورودی	تعداد ماشین‌آلات سنگین	مستقیماً از شرکت بهره‌بردار دریافت گردید	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۹-	ورودی	کیفیت آب آبیاری	جهت محاسبه‌ی این پارامتر از معکوس مقدار شوری به عنوان پارامتر ورودی استفاده شد.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۱۰-	ورودی	کیفیت خاک*	برای محاسبه‌ی کیفیت خاک نیز مانند ورودی کیفیت آب از پارامتر معکوس کلاس خاک به عنوان پارامتر ورودی استفاده شد.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۱۱-	خروجی	سطح زیرکشت	کلیه سطوح زیرکشت محصولات کشاورزی شبکه‌ها به تفکیک کانال‌ها در دسترس بوده و تنها نیازمند یک پردازش اولیه در خصوص جمع سطح زیرکشت محصولات در دو فصل زمستان و تابستان بود.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۱۲-	خروجی	ارزش محصولات تولید شده در شبکه	این پارامتر از ضرب سه مقدار قیمت محصول، عملکرد محصول و سطح زیرکشت محصول به دست آمد.	گزارشات شرکت بهره‌بردار
۱۳-	خروجی	شاخص درآمد حاصل از فروش آب آبیاری	این شاخص با استفاده از ضرب آب بها برای هر هکتار محصول و سطح زیرکشت آن به دست آمد.	گزارشات شرکت بهره‌بردار

*کیفیت خاک در شبکه‌ها در ۶ کلاس به صورت زیر مورد بررسی قرار گرفت:

پس از بررسی داده‌ها و آمارهای موجود در شرکت بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری کارون بزرگ، مشخص گردید که بهترین مقیاس برای بررسی کارایی این شبکه‌ها این است که هر یک از کانال‌های درجه ۱ و ۲ در هر شبکه به عنوان یک واحد تصمیم‌گیرنده (DMU) مد نظر قرار گیرد. پس از تعیین کارایی این واحدها، کارایی هر یک از نواحی تحت پوشش هر شبکه با محاسبه‌ی میانگین این واحدهای تصمیم‌گیرنده به دست آمده و مجدداً با میانگین‌گیری از نواحی مختلف، مقادیر کارایی هر شبکه حاصل گردید. داده‌های ورودی و خروجی مورد استفاده در مدل RDEA برای هر یک ازکانال‌های درجه ۱ و ۲ به همراه شرح و مرجع محاسبات در جدول ۱ ارائه شده است.

- کلاس ۱: دارای کیفیت مطلوب بوده و از لحاظ انجام فعالیت‌های کشاورزی هیچ‌گونه محدودیتی ندارند.
- کلاس ۲: دارای محدودیت‌های مختصر در عملیات آبیاری و کشاورزی می‌باشد که برای بهره‌برداری از اراضی مشکلات چشمگیر ایجاد نمی‌نماید.
- کلاس ۳: به عنوان اراضی با اشکلات نسبتاً زیاد مطرح می‌باشد. اما در هر حال، زمین‌های مزبور برای زراعت‌های آبی مناسب و قابل کشت می‌باشد.
- کلاس ۴: فقط در شرایط ویژه، قابل آبیاری است.
- کلاس ۵: در گزارش خاکشناسی مربوطه ذکر شده که قابلیت آبیاری این اراضی در حال حاضر دارای اشکالات و محدودیت‌های زیادی است.
- کلاس ۶: اراضی قابل کشت بوده ولی به شدت محدودیت دارد.

داده‌های مربوط به محاسبه پارامترهای ورودی و خروجی مربوط به پارامترهای کیفی (کیفیت آب و خاک) برای هر شبکه به طور مجزا در جدول ۲ گزارش شده است. ملاحظه می‌شود که شوری آب آبیاری در شبکه شمال شرق اهواز به شدت بالا بوده و به ۱۸۸۳ میکرو موس بر سانتی‌متر می‌رسد. مسلماً این مورد بر عملکرد محصولات کشت شده در اراضی پایاب این شبکه و به تبع آن بر کارایی تأثیر خواهد داشت. برای آگاهی از میزان این تأثیر می‌بایست پس از برآورد کارایی شبکه‌ها، به تحلیل میزان دخالت هر یک از ورودی‌های مدل در عدم کارایی شبکه‌های ناکارا پرداخته شد. از نظر کیفیت خاک، شبکه آبیاری میان آب شوشتر در بهترین وضعیت قرار داشته و این به دلیل وجود اراضی وسیع در کلاس خاک ۱ می‌باشد.

جدول ۲- پارامترهای شوری آب آبیاری و وسعت اراضی در کلاس‌های مختلف خاک در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ

شبکه	شوری آب آبیاری (میکرو موس بر سانتی متر)	سطح زیرکشت در کلاس خاک (هکتار)					
		کلاس خاک ۱	کلاس خاک ۲	کلاس خاک ۳	کلاس خاک ٤	کلاس خاک ٥	کلاس خاک ٦
گتوند	۸۳۷	–	۹۷۵	۳۲۷۵	–	–	۹۵۰
شمال شرق اهواز	۱۸۸۳	۷۲۰	۴۴۱۰	۸۰۱۰	۴۰۰	۱۰۸۳۰	۱۲۲۸۰
میان آب شوشتر	۱۱۰۵	۲۰۰۷۵	۱۰۷۸۵	۷۵۶۵	۱۹۶۰	–	–
شرق شعیبیه	۱۱۰۵	۱۴۲۰	۱۸۲۶	۲۰۲	۲۳۹	–	–

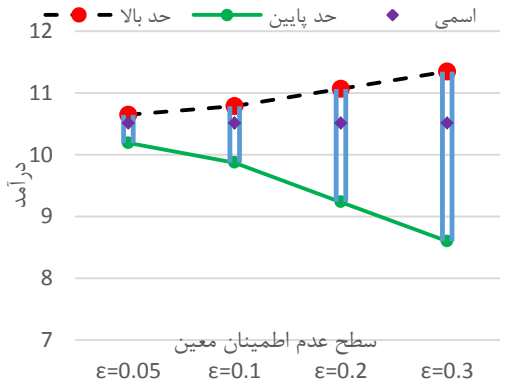
جهت حل مدل RDEA از نرم افزار GAMS استفاده و روش حل در آن CONOPT4 انتخاب شد. این روش از الگوریتم گرادیان کاهش یافته عمومی (GRG)[1] بهره برده که در حل مسائل برنامه‌ریزی غیر خطی بسیار توانمند ظاهر شده است.

نتایج و بحث

پس از فراوری اولیه داده‌ها، جهت استفاده از مدل RDEA کلیه ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌بایست به داده‌های بازه‌ای در دو حد بالا و پایین تبدیل گردند (توسط رابطه ۲). جهت تحلیل اثر تغییر میزان سطح عدم اطمینان معین بر فاصله بازه‌های ایجاد شده برای داده‌ها، تاثیر این عدم اطمینان بر داده خروجی شاخص درآمد حاصل از فروش آب آبیاری در چهار شبکه اصلی انتخاب شده و نتایج در در شکل‌های ۲ تا ۵ آمده است. کاملاً واضح است که در تمام شبکه‌های آبیاری صرف نظر از مقدار درآمد، با افزایش میزان سطح عدم اطمینان معین از ۵ به ۳۰ درصد، فاصله ایجاد شده برای بازه‌ها افزایش می‌یابد. این نتیجه با توجه به ماهیت پارامتر ε که رابطه مستقیم با حد بالا و پایین بازه‌های ایجاد شده دارد، کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. همچنین، ملاحظه می‌شود که مقدار اسمی درآمد شبکه‌های مختلف، تمایلات

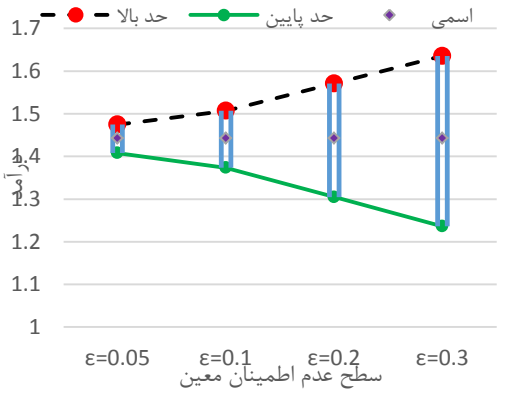
1- Generalized Reduced Gradient

متفاوتی به حد بالا، پایین و یا میانه‌ی بازه مورد نظر دارند. بـه عنـوان نمونه، در شبکه آبیاری گتوند، مقدار اسمی درآمد تمایل به حد بالای بازه ایجاد شده داشته و این در حالی اسـت کـه ایـن داده خروجـی در شبکه آبیاری میان آب شوشتر به سمت پایین متمایل بوده و دو شبکه

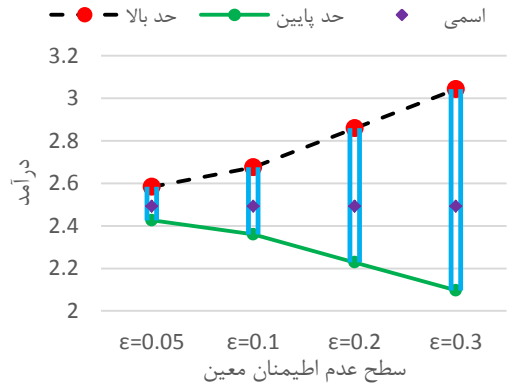


شکل ۲- مقدار اسمی و حد بالا و پایین برای داده خروجی درآمد شبکه آبیاری گتوند در سطوح متفاوت عدم اطمینان

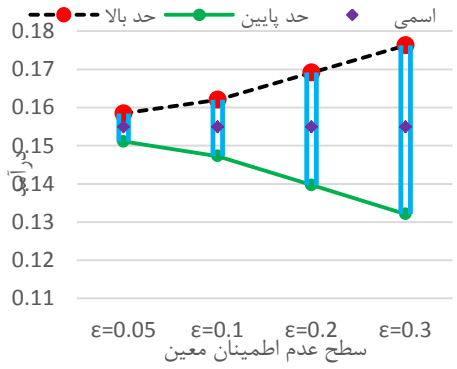
آبیاری شمال شرق اهواز و شرق شعیبیه حد وسـط را در ایـن پـارامتر ایجاد کرده‌اند. این مورد نشان دهنده‌ی تصادفی بودن کامل بازه‌هـای ایجاد شده در فرایند ایجاد بازه برای داده‌های اسمی است.



شکل ۳- مقدار اسمی و حد بالا و پایین برای داده خروجی درآمد شبکه آبیاری شمال شرق اهواز در سطوح متفاوت عدم اطمینان



شکل ٤- مقدار اسمی و حد بالا و پایین برای داده خروجی درآمد شبکه آبیاری میان‌آب شوشتر در سطوح متفاوت عدم اطمینان



شکل ٥- مقدار اسمی و حد بالا و پایین برای داده خروجی درآمد شبکه آبیاری شرق شعیبیه در سطوح متفاوت عدم اطمینان

با توجه به هدف مطالعه جاری، مدل RDEA یک بـار بـدون در نظر گرفتن ورودی‌های کیفیت آب آبیـاری و کیفیـت خـاک (سـناریو اول) و یک بار با در نظر گرفتن آن‌ها (سناریو دوم) اجرا شده و نتـایج حاصله باهم مقایسـه گردیدنـد. مقـادیر کـارایی مقیـاس در دو سـطح احتمال انحراف از محدودیت ۱۰ و ۱۰۰ درصد و سطح عدم اطمینـان معین ۱۰ درصد (ε=۰/۱) با و بدون در نظر گرفتن شرایط کیفی آب و خاک منطقه‌ی مورد مطالعه، محاسبه و نتایج در جـدول ۳ ارائـه شـده است. شایان ذکر است که سطح احتمال ۱۰۰ درصد (p=۱) منجر بـه تبدیل مدل RDEA به مدل متداول DEA گردیده و لذا تفاوتی بـین این دو مدل وجود ندارد. ملاحظه می‌شود که در سناریو اول در هر دو مدل DEA و RDEA شـبکه آبیـاری گتونـد دارای بیشـترین امتیـاز کارایی بوده و در رتبه نخست قرار دارد. در این سناریو رتبـه‌هـای دوم تا چهارم نیز به ترتیب مربوط به شبکه‌های میـان آب شوشـتر، شـرق شعیبیه و شمال شرق اهواز می‌باشد. کاهش میانگین کـارایی از ۰/۸۵ به ۰/۸۰ در این سناریو همراه با افزایش میزان محافظـت سیسـتم در مقابل عدم حتمیت (کـاهش میـزان p) از نکـات جالـب توجـه در آن می‌باشد. پس از بررسی نتایج حاصل از سناریو اول و برگزاری جلسات متعدد کارشناسی با متخصصین شـرکت بهـره‌بـرداری از شـبکه‌هـای آبیاری و زهکشی کارون بزرگ، مشخص شد کـه نتـایج ایـن سـناریو قابل اتکا نیست. دلیل این امر این است که کیفیت منابع آب و خـاک با حرکت از سمت بالا دست روخانه کارون (سد گتوند) به سمت پایین (شمال شرق اهواز) به شدت افت می‌کند (محتوای جدول ۲ مؤید این

ادعا است). این مورد باعث تحمیل انواع هزینه برای تعمیر و نگهداری این شبکه‌ها شده و همچنین کاهش عملکرد محصولات کشاورزی را به دنبال داشته و خود این امر منجر به کاهش کارایی شبکه خواهد شد. برعکس، در شبکه‌های آبیاری که شوری آب مطلوب بوده و کلاس خاک مناسب کشاورزی باشد، به ازای هر مترمکعب آب مصرفی، خروجی (مثلاً درآمد حاصل از کشت محصولات) بیشتری حاصل خواهد شد. از این رو، سناریو دوم که در آن دو ورودی شوری آب و کلاس خاک در آن مد نظر قرار گرفته بود، ارائه شد. در این سناریو نیز در هر دو مدل DEA و RDEA، مانند سناریو اول، شبکه آبیاری و زهکشی گتوند در رتبه نخست امتیاز کارایی قرار گرفت. تفاوت اصلی در این دو سناریو رتبه‌بندی سایر شبکه‌ها بوده که به شدت دگرگون شده است. شبکه آبیاری شمال شرق اهواز از رتبه آخر در سناریو اول به رتبه دوم در سناریو دوم صعود کرده و شبکه میان آب شوشتر از رتبه دوم به آخر نزول پیدا کرده است. بعبارت دیگر پارامترهای کیفی تأثیر بسیار دگرگون کننده‌ای بر میزان امتیاز کارایی شبکه‌ها داشته و صحت ادعای متخصصین شرکت بهره‌برداری ثابت شد. البته باید توجه داشت که در سناریو دوم کارایی شبکه‌ها بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و نزدیک یک می‌باشد. در سناریو دوم نیز با افزایش میزان محافظت مدل در مقابل عدم حتمیت، میزان کارایی کاهش یافته است. این مهم در مطالعات شکوهی و همکاران[1] (۲۰۱۰) و مردانی و سالارپور[2] (۲۰۱۵) که از نظر مدل مورد استفاده با مطالعه حاضر شباهت دارند، هماهنگی وجود دارد.

بررسی امتیاز کارایی هر یک از شبکه‌های آبیاری و زهکشی اطلاعات مفیدی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان این شبکه‌ها قرار می‌دهد. با این حال، جهت تکمیل اطلاعات این بررسی می‌بایست مشخص شود که چه عوامل (مصرف چه نهاده‌هایی) باعث کاهش کارایی در شبکه‌های ناکارا شده است. به این منظور، در ادامه این بخش به بررسی دو جنبه بسیار مهم در تحلیل کارایی شبکه‌ها پرداخته می‌شود. در درجه اول بررسی مقادیر وزنی تخصیص داده شده (متغیر v_i در مدل ۴) توسط مدل RDEA برای هر داده ورودی در دو سناریو مورد مطالعه مد نظر است (شکل ۶). مورد دوم نیز به بررسی میزان اختلاف بین مقدار واقعی و مطلوب استفاده از نهاده‌ها (داده‌های ورودی) در شبکه‌های کارا و ناکارا می‌پردازد (شکل ۷).

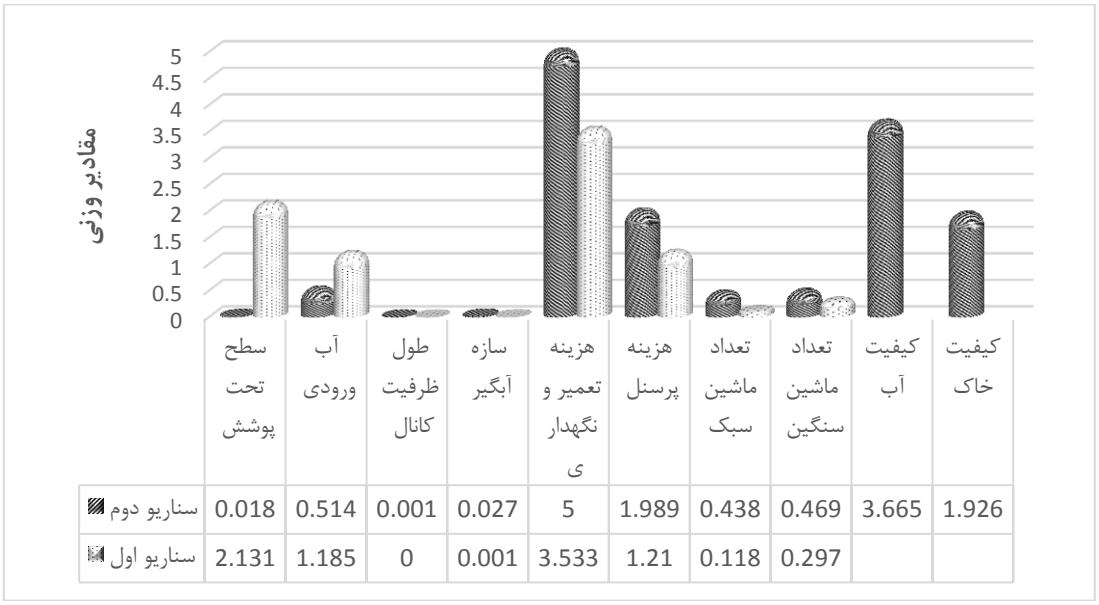
نکته حائز اهمیت که در مورد مدل DEA (همچنین RDEA) وجود دارد این است که در روند حل این مدل وزن‌های نهاده‌ها و ستاده‌ها بسته به اهمیت آنها در میزان کارایی واحدهای تصمیم‌گیری تغییر می‌کنند. این سازوکار به این نحو اتفاق می‌افتد که ورودی‌هایی که باعث ناکارایی بیشتر می‌شوند از نظر مقدار، فاصله بیشتری با واحدهای کارا داشته و این بطور خودکار باعث ایجاد وزن و اهمیت بیشتر برای آن ورودی‌ها می‌شود. شکل ۶ میانگین وزن‌های تخصیص داده شده به داده‌های ورودی در مدل RDEA در سطح احتمال انحراف از محدودیت ۱۰ درصد و سطح عدم اطیمنان ۱۰ درصد را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در هر دو سناریو بیشترین میزان وزن به ورودی هزینه تعمیر و نگهداری تخصیص یافته که البته در سناریو دوم این مقدار به مراتب بیشتر است. به بیان دیگر، یکی از مهمترین عوامل مؤثر در تعیین کارایی شبکه‌ها، این نهاده می‌باشد. با ورود دو پارامتر کیفی (سناریو دوم) از میزان اهمیت داده‌های ورودی سطح تحت پوشش و آب ورودی کاسته شده و به میزان اهمیت هزینه تعمیر و نگهداری و پرسنل اضافه شده است. دو داده ورودی کیفت آب و خاک نیز بعد از هزینه تعمیر و نگهداری به ترتیب در رتبه دوم و سوم اهمیت قرار گرفته که به طور واضح صحت ادعای متخصصین مبنی بر مهم بودن داده‌های کیفی در ارزیابی کارایی شبکه‌ها را به اثبات می‌رساند. نکته دیگر در این شکل این است که داده‌های ورودی سطح تحت پوشش و میزان آب ورودی به شبکه‌ها در سناریو اول دارای اهمیت نسبتاً بالا بوده و در سناریو دوم این مهم رنگ باخته و دارای اهمیت کمتری می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت که با توجه به کیفیت پایین آب آبیاری و خاک در شبکه‌های پایین دست رودخانه کارون، مدیریت زمین و تحویل آب به درستی انجام پذیرفته است.

نتایج حاصل از بررسی مقادیر بهینه برای ورودی‌های هر شبکه می‌تواند به مدیران، در تصمیم‌گیری برای اصلاح شبکه کمک نماید. شکل ۷ درصد کاهش مقادیر استفاده از پارامترهای ورودی (اختلاف میان مقدار مصرف واقعی و بهینه) در دو سناریو تحت بررسی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که علی‌رغم افزایش امتیاز کارایی برای سناریو دوم در واحدهای ناکارا، دو عامل هزینه تعمیر و نگهداری و پرسنل بیشترین درصد اختلاف را در مقدار واقعی و بهینه به خود اختصاص داده‌اند. به طوری که، در سناریو دوم، هزینه تعمیر و نگهداری و پرسنل به ترتیب ۴۱ و ۳۴ درصد قابل کاهش است. البته باید توجه داشت که بطور کلی و در تمام داده‌های ورودی مقدار این اختلاف در سناریو اول بیشتر از سناریو دوم است. دلیل این امر نادیده گرفتن پارامترهای کیفی در سناریو اول بوده که منجر به ایجاد اختلاف بیشتر در سایر داده‌های ورودی شده است. وجود اختلاف نسبتاً بالا برای داده‌های ورودی کیفیت آب و خاک لزوم مدیریت مناسبتر در این دو ورودی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه میزان کیفیت آب آبیاری و خاک در مناطق پایین دست رودخانه کارون به شدت دستخوش تغییرات منفی شده و این به نوبه خود منجر به ایجاد هزینه‌های گزاف تعمیر و نگهداری کانال‌های تحت پوشش این شبکه‌ها می‌گردد، بررسی راهکارهای مقابله با این پدیده امری ضروری به نظر می‌رسد.

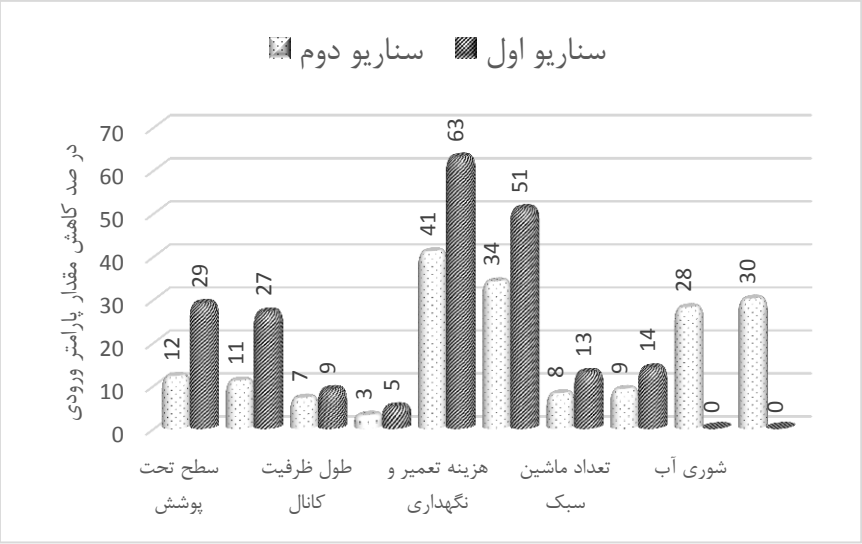
1- Shokouhi et al.
2- Mardani and Salarpour

جدول ۳- کارایی مقیاس شبکه‌های مورد مطالعه در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن کیفیت آب آبیاری و خاک

شبکه	ناحیه	بدون در نظر گرفتن کیفیت منابع آب و خاک (سناریو اول)		با در نظرگرفتن کیفیت منابع آب و خاک (سناریو دوم)	
		DEA P=(1)	RDEA (P =0/1)	DEA P =(1)	RDEA (P =0/1)
گتوند	گتوند	۱	۱	۱	۱
	عقیلی	۱	۰/۹۹	۱	۱
	میانگین	۱	۰/۹۹	۱	۱
شمال شرق اهواز	ملاثانی	۰/۷۳	۰/۶	۱	۰/۹۹
	ویس	۰/۹۱	۰/۸۴	۱	۰/۹۹
	سلامات	۰/۶۱	۰/۵۳	۱	۰/۹۸
	ابوفاضل	۰/۶	۰/۵۲	۱	۰/۹۹
	میانگین	۰/۷۶	۰/۶۸	۱	۰/۹۹
میان آب شوشتر	فاز یک	۰/۹۱	۰/۸۴	۱	۱
	فاز۲	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۶
	فاز۳	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۸۹	۰/۸۵
	میانگین	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۹۳
شرق شعیبیه	شرق شعیبیه	۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۹۳	۰/۹۱
میانگین کل	-	۰/۸۵	۰/۸	۰/۹۸	۰/۹۷



شکل ٦- وزن‌های تخصیص داده شده به داده‌های ورودی در مدل RDEA تحت دو سناریو مورد بررسی



شکل۷ - درصد کاهش مقدار پارامترهای ورودی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ تحت دو سناریو مورد مطالعه

جدول ٤ - نتایج کلی و پیشنهادات مربوط به مطالعه

نتیجه	پیشنهاد
	ایجاد سامانه اطلاعات هزینه‌ای (جاری و ثابت) جهت مدیریت هر چه مناسبتر این مورد
عدم کارایی شبکه‌های ناکارا به دلیل هزینه‌های تعمیر و نگهداری	کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری از طریق تعویض ادوات مستهلک شده در شبکه‌های ناکارا به واسطه برنامه‌ریزی‌های بلند مدت
	افزایش بهره‌وری نیروی‌کار ستادی و عملیاتی با استفاده از آموزش‌های مستمر و مشارکت کارکنان در این امر
عدم کارایی شبکه‌های ناکارا به دلیل هزینه‌های پرسنلی	تعیین شاخص‌های کمی ارزیابی برای بهره‌وری نیروی‌کار برای هر واحد در برنامه‌ها و هماهنگی نظام ترفیع و تشویق با این شاخص‌ها
	ایجاد نظام منسجم اطلاعاتی برای دیده‌بانی افزایش بهره‌وری برای کارکنان
	ایجاد سیستم‌های اطلاعات مدیریت کیفیت منابع آب و خاک به صورت جزیی برای سهولت جمع‌آوری
اختلاف زیاد بین حد واقعی و مطلوب کیفیت آب و خاک در میان شبکه‌های ناکارا	و دسترسی به اطلاعات، تجزیه و تحلیل و استمرار ارزیابی‌های ادواری
	مدیریت پساب‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی در مسیر رودخانه کارون برای جلوگیری از کاهش کیفیت منابع آب در شبکه‌های پایین دست
کاهش شدید اختلاف امتیاز کارایی بین شبکه‌های کارا و ناکارا در سناریو دوم (ورود کیفیت منابع آب و خاک به مدل)	استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های فرامرزی[1] برای مقایسه شبکه‌های آبیاری کارون بزرگ با دیگر شبکه‌های موجود در استان خوزستان و یا حتی کشور
کاهش امتیاز کارایی همراه با افزایش میزان محافظت از مدل در مقابل عدم حتمیت	به دلیل وجود داده‌های نامطمئن در این مطالعه توصیه می‌شود که در نهایت از نتایج RDEA در سطح احتمال ۱۰ درصد جهت ایجاد راهبردها استفاده شود

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که عملکرد بسیاری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی موجود بنا به دلایلی مانند نقص در طراحی و اجرا و نبود مدیریت مناسب، کمتر از حد انتظار است. از سوی دیگر، وجود عوامل مؤثر متعدد و بخصوص کیفیت منابع آب آبیاری و خاک بر عملکرد این شبکه‌ها، مسئله ارزیابی را به امری پیچیده تبدیل نموده است. در مطالعه حاضر بررسی کارایی ۴ شبکه‌ی آبیاری و زهکشی رودخانه کارون بزرگ از جمله گتوند، شمال شرق اهواز، شرق شعیبیه و میان‌آب شوشتر مورد ارزیابی قرار گرفت. هر یک از این شبکه‌ها دارای چند منطقه‌ی تحت پوشش و به نوبه خود دارای تعدادی کانال درجه ۱ و ۲ بودند. در حالت کلی، ۹۰ کانال فعال در منطقه مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گرفته و این کانال‌ها معیار واحد تصمیم‌گیری قرار گرفت. مدل پیشنهادی جهت ارزیابی کارایی شبکه‌های موجود، روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA) بوده و انتخاب آن به دلیل وجود پارامترهای نامطمئن در داده‌ها بود. جهت بررسی اثرات کیفیت آب آبیاری و خاک مدل تحت بررسی در

1- Meta- Frontier Data Envelopment Analysis

دو سناریو مختلف اجرا و نتایج با یکدیگر مقایسه شد. نتایج حاصل از بررسی کارایی نشان داد که در هر دو سناریو، نهاده‌های هزینه پرسنل و تعمیر و نگهداری منجر به ایجاد بیشترین اختلاف بین مقادیر مصرف واقعی و بهینه در شبکه‌های ناکارا شده‌اند. در هر دو سناریو تحت بررسی شبکه آبیاری گتوند دارای بیشترین میزان کارایی شد. ورود پارامترهای کیفی آب و خاک باعث افزایش میزان کارایی در شبکه‌های ناکارا مانند شمال شرق اهواز شد. جدول ۴ پیشنهادات حاصل از نتایج این مطالعه را گزارش می‌دهد.

منابع

جلیلی، ج.، جبلی، ج.، قمرنیا، ه و منعم، م. ۱۳۸۵. ارزیابی شبکه‌های آبیاری به روش Benchmarking با تعیین ارزش نسبی شاخص‌ها. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲۹. ۷: ۸۸-۷۱.

خلخالی، م.، منعم، م و ابراهیمی، ک. ۱۳۸۷. تدوین مدل چشتیبان تصمیم برای ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۹. ۱: ۱۴۰-۱۲۵.

زحمتکش، م و منتظر، ع. ا. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد تعدادی از شبکه های آبیاری جهان با استفاده از شیوه مقایسه ای و تحلیل داده کاوی. نشریه آب و خاک (علوم صنایع کشاورزی). ۲۵. ۵: ۱۰۴۲-۱۰۵۷.

شریفی پور،م.، ناصری، ع.ع.، هوشمند، ع.، معاضد، ه و حسن اقلی، ع. ۱۳۹۴ . اثر روش آبشویی و کیفیت آب بر شوریزدایی خاکهای سنگین. علوم و مهندسی آبیاری مجله علمی کشاورزی. ۳۸. ۳ : ۳۵ - ۲۳.

فیضی، م. ۱۳۸۲. کارایی مصرف آب با کیفیت‌های مختلف بر عملکرد محصولات گندم، جو، پنبه و آفتابگردان. مجله علوم خاک و آب. ۱۷. ۱: ۱۹-۱۲.

مردانی، م.، سرگزی، ع و صبوحی، م. ۱۳۹۲. بررسی کارایی مزارع گندم سیستان با استفاده از تلفیق مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل‌کننده‌ی میزان محافظه‌کاری و تحلیل پوششی داده‌ها (RDEA). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۲۷. ۳: ۱۸۷-۱۸۰.

مردانی، م و ضیایی، س. ۱۳۹۵. تعیین کارایی مزارع گندم آبی در شهرستان نیشابور تحت شرایط عدم حتمیت. پژوهش های اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۳۰. ۲: ۱۳۶-۱۴۷.

Azizi, H. 2013. A note on data envelopment analysis with missing values: an interval DEA approach. The international journal of advanced manufacturing technology. 66.9:1817–1823.

Ben-Tal, A and Nemirovski, A. 1999. Robust solutions of uncertain linear programs. Operations Research Letters. 25.1:1–13.

Ben-Tal, A and Nemirovski, A. 2000. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. Mathematical Programming. 88.3:411–424.

Charnes, A., Cooper, W.W., Golany, B and Seiford, L. 1985. Foundation data envelopment analysis of Pareto–Koopmans efficient empirical production functions. Journal of Econometrics. 30:91–107.

Charnes, A., Cooper, W.W., Golany, B and Seiford, L. 1985. Foundation data envelopment analysis of Pareto–Koopmans efficient empirical production functions. Journal of Econometrics. 30:91–107.

Chung, G., Lansey, K and Bayraksan, G. 2009. Reliable water supply system design under uncertainty. Environmental Modelling & Software. 24.4:449–462.

Farrell, M. 1957. The measurement of productive efficiency. Journal of royal statistical society. Series A. 120:253-281.

Hatami-Marbinia, A., Agrellb, P.J., Tavana M. and Khoshnevis., P. 2017. A flexible cross-efficiency fuzzy data envelopment analysis model for sustainable sourcing. Journal of Cleaner Production. 142:2761-2779.

Karlen, D.L., Andrews S.S. and Doran, J.W. 2001. Soil quality: current concepts and applications. Advances in Agronomy. 74:1–40.

Kinyangi, J. 2007. Soil health and soil quality: A review. Draft publication. 122:1-16.

Litskas, V.D., Aschonitis, V.G. and Antonopoulos, A. 2010. Water quality in irrigation and drainage networks of Thessaloniki plain in Greece related to land use, water management, and agro ecosystem protection. Environmental Monitoring and Assessment. 163.1:347- 359.

Mardani, M and Salarpour, M. 2015. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis. Information Processing In Agriculture. 2:6–14.

Olesen, O.B. and Petersen, N. 2016. Stochastic data envelopment analysis: A review. European Journal of Operational Research. 143:2-21.

Omrani, H., Alizadeh, A. and Emrouznejad, A. 2018. Finding the optimal combination of power plants alternatives: A multi response Taguchi-neural network using TOPSIS and fuzzy best-worst method. Journal of Cleaner Production. 203:210-223.

Sabouhi, M and Mardani, M. 2017. Linear robust data envelopment analysis: CCR model with uncertain data. International Journal of Productivity and Quality Management. 22.2:262–280.

Shokouhi, A.H., Hatami-Marbini, A., Tavana, M. and Saati, S. 2010. A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. Computers & Industrial Engineering. 59.3:387–397.

Smirlis, Y.G., Maragos, E.K. and Despotis, D.K. 2006. Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA approach. Applied Mathematics and Computation. 177.1:1–10.

Tsionas, E.G. 2003. Combining DEA and stochastic frontier models: An empirical Bayes approach. European Journal of Operation Research. 147.3:499–510.

US. Army Corps of Engineers. 1980. Methodology for area wide planning studies. Engineer Technical Letter No. 1110-2-502, Washington, D.C.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 737-49

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۷۴۹-۷۳۷

Investigating the Effects of Irrigation Water and Soil Resources Quality on the Efficiency of Great Karun Irrigation and Drainage Networks under Uncertainty

M. Mardani Najafabadi[1], A. abdeshahi[2], M. Forouzani[3], M. Zeinali[4]

Recived: Oct.10, 2018 Accepted: Nov.16, 2018

Abstract

Investigating the efficiency of irrigation networks is one of the most important factors in providing the necessary information to promote the performance of these systems and according to the recent water crisis, it should be considered by managers and planners of this field. This study has investigated the efficiency of four irrigation networks in Great Karun basin include Gotvand, Northeast of Ahwaz, the East of Shoeibeyeh and Myanab Shooshtar. One of the most important factors affecting the performance of these networks is the quality of soil and water resources. Therefore the efficiency of these networks was estimated under two scenarios of with and without considering water and soil quality. To conduct this study, a robust data envelopment analysis (RDEA) method has been used that has the potential to apply uncertain conditions for the input and output data of the model. The results showed that adding water and soil water quality data caused some of the seemingly inefficient networks to be significantly improved in efficiency score, and so the difference between rankings in two scenarios is very tangible. So that the average efficiency of networks is 0.8 in the first scenario and 0.97 in the second scenario. It was also found that there is a significant difference between the actual and optimal use for two input data of maintenance and personnel costs which has led to inefficiencies in networks. This difference was lower in the second scenario and was calculated for maintenance and personnel costs by 41 and 34 percent, respectively.Investigating the sensitivity analysis in the RDEA model showed that with increasing system protection against uncertainty, the efficiency score in the networks decreases.

Keywords: Water and Soil resources quality, Efficiency, Robust Data Envelopment Analysis

1- Assistance Professor of Agricultural Economics, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
2- Associate Professor of Agricultural Economics, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
3- Associate Professor of Agricultural Economics, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
4- Graduate of Agricultural Economics - University of Zabol
(* - Corresponding Author Email: m.mardani@asnrukh.ac.ir)