# ارزیابی عملکرد بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری به روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

محمد جواد منعم[۱]، محمدرضا علیرضایی[۲] و ابراهیم صالحی[۳]

## چکیده

*بررسی‌های به عمل آمده نشان داده است که عملکرد شبکه‌های آبیاری به دلایل مختلف کمتر از حد انتظار است، که ضرورت توجه به ارتقای عملکرد این شبکه‌ها را گوشزد می‌کند. نخستین گام برای بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری، ارزیابی وضع موجود آنهاست. روش‌های ارائه شده برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری یا مانند روش‌های تجزیه و تحلیل تشخیصی (DA)، ارزیابی سریع (RA)، و ارزیابی چارچوبی (FA) نظری و غیر کمّی هستند، و یا مانند روش‌های کلاسیک اگر شاخص‌های کمی ارائه می‌کنند استانداردهایی برای عملکرد به دست نمی‌دهند. در این مقاله با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، که یک روش تحلیل کمّی بوده و استانداردهای واقع‌بینانه عملکرد را ارائه می‌کند، هشت شبکه آبیاری کشور ارزیابی و کارایی آنها تعیین شده است. با توجه به شمار واحدهای ارزیابی شده در مقایسه با شمار نهاده‌ها و ستاده‌ها و بازده به مقیاس واحدهای مربوطه، مدل مناسب DEA برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری انتخاب شد. با معرفی شاخص‌های مختلف فنی و مدیریتی به صورت نهاده و ستاده، ارزیابی مجموعه کل سیستم شبکه و شرکت‌های بهره‌برداری به تفکیک فراهم گردید.*

*نتایج به دست آمده گویای آن است که شبکه آبیاری زاینده‌رود و شرکت میراب زاینده‌رود از میان هشت شبکه و شرکت مورد بررسی، بیشترین کارایی را دارند، و سیستم‌های آبیاری میناب و ورامین از هر دو جنبه شبکه و شرکت ناکارا هستند. شبکه‌های آبیاری گلستان و بهبهان کارا و شرکت‌های بهره‌برداری آنها ناکارا هستند. شبکه‌های آبیاری گرمسار، قزوین، و مغان و شرکت‌های بهره‌برداری آنها اگرچه ناکارا نیستند ولی دارای پتانسیل بهبود می‌باشند. در مجموع، با توجه به توانمندی روش DEA در ارزیابی عملکرد و تعیین استانداردهای واقع‌بینانه و ارائه راهکارهای مناسب بهبود عملکرد، می‌توان این روش را به عنوان یک روش کارآمد، که محدودیت روش‌های موجود را ندارد، با موفقیت در امر ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری به کار برد.*

**واژه‌های کلیدی:** *ارزیابی عملکرد، شبکه‌های آبیاری، تحلیل پوششی داده‌ها*

---

۱. استادیار تأسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. مؤسسه بین‌المللی تحقیق در عملیات بهین کارا

۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد تأسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

## مقدمه

عملکرد بسیاری از شبکه‌های موجود بنا به دلایلی مـانند نقـص در طراحی و اجرا و نبود مدیریت مناسب، کمـتر از حـد مـورد انتظار اسـت (۱۵ و ۱۷). عملکـرد ضعیـف شـبکه‌های موجـود، حجم عظیم سـرمایه‌گذاری‌هـای انجـام شـده در ایـن بخـش و محدودیت منابع مالی و آب و خاک موجب توجه بیش از پیـش مؤسسات اعتباری بین‌المللی و مراکـز تحقیقـات آبیـاری مـانند IIMI (۱۳) و وزارت نـیرو (۳) بـه ارزیـابی و بـهبود عملکـرد شبکه‌های آبیاری شده است. روش‌هایی که تاکنون برای ارزیابی شبکه‌های آبیاری ارائه شـده اسـت مـانند روش‌هـای تجزیـه و تحلیل تشخیصی (DA یا Diagnostic Analysis) (۱۲) ارزیـابی سریع (RA یـا Rapid Appraisal) (۸) و ارزیـابی چـارچوبـی (FA یـا Framework Appraisal) (۱۸)، نظـری و غـیر کمّـی هستند، و یا اگر مانند روش‌هـای کلاسـیک شـاخص‌های کمّـی ارائه می‌کننـد، اسـتانداردهایی بـرای مقایسـه و بـهبود عملکـرد ندارند (٤). مشکلات روش‌شناسی موجود در ارزیـابی و بـهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری، موجب آن شده که بررسی‌های بهبود عملکرد آنها چندان موفق نباشد (۹).

روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA یا Data Envelopment Analysis)، که در سال ۱۹۷۸ توسـط چـارنز و همکـاران (۱۱) ارائه شد، نخسـت بـرای ارزیـابی اقتصـادی و فنـی واحدهـای تولیدی معرفی گردید. امروزه این روش برای ارزیـابی عملکـرد واحدهای خدماتی، اعم از دولتی و غیر دولتی، به طور گسـترده استفاده می‌شـود (۱، ۲، ۱۵ و ١٦). در ایـن روش بـا اسـتفاده از برنامه‌ریزی خطی، مـرز کـارایی واحدهـای مختلـف بـه عنـوان اسـتاندارد عملکـرد تعییـن و عملکـرد واحدهـا نسـبت بـه آن سنجیده و به صورت درجه کارایی مشخص می‌شود.

در ایـن پژوهـش بـرای نخسـتین بـار از روش DEA بـرای ارزیابی عملکرد هشت شبکه آبیاری کشور استفاده شـده اسـت. هدف از این پژوهش، عـلاوه بـر بررسـی قـابلیت و توانمنـدی روش DEA در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و رفع برخـی مشکلات روش‌شناسی در این زمینه، ارزیابی مقایسه‌ای عملکـرد هشت شبکه آبیاری کشور از دو دیـدگاه فنـی و مدیریتـی بـوده است.

در بخـش اول ایـن مقالـه بـه معرفـی کلـی روش DEA و مدل‌های اساسـی آن پرداختـه و در بخـش بعـد ضمـن معرفـی شاخص‌های ارزیابی، عملکرد هشت شبکه آبیاری کشور بررسی و ارزیابی می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### معرفی روش تحلیل پوششی داده‌ها

در یک واحد تولیدی برای تعیین کارایی، رابطـه بیـن نـهاده‌ها و ستاده‌ها کـه همـان تـابع تولیـد (Production function) اسـت بررسی می‌شود. مقدار انحراف تولید واقعـی از تولیـد پیش‌بینـی شده به وسیله تابع تولید، میزان ناکارایی واحد مـورد ارزیـابی را نشان می‌دهد. تابع تولیـد بـا دو روش پـارامتری و نـاپـارامتری تخمین زده می‌شود. در روش پارامتری نخسـت تـابع تولیـد بـه کمک چندین عامل تعریف شده، سپس بـا اسـتفاده از داده‌هـای مشاهده‌ای عوامل و ضرایب تابع تولید، و به دنبال آن خود تـابع تولید تعریف می‌شود. در روش‌هـای نـاپـارامتری، کـه در روش DEA استفاده می‌گردد، از آغاز توزیع خاصی بـرای تـابع تولیـد در نظر گرفته نمی‌شود، بلکـه مسـتقیماً بـا اسـتفاده از داده‌هـای مشاهده شده مرز کارایی تعیین، و کارایی واحدها با آن سـنجیده می‌شود.

نخستین بار فارل (١٤) استفاده از روش‌های ناپارامتری برای تعیین کارایی در یک سیستم با دو نهاده و یک سـتاده را معرفـی کـرد. چـارنز و همکـاران (۱۱) در سـال ۱۹۷۸ بـا اسـتفاده از برنامه‌ریزی ریاضی، روش ناپارامتری فارل را برای سیسـتم‌هایی با نهاده‌ها و ستاده‌های چندگانه تعمیم دادند، که مدل حاصله بـه تحلیل پوششی داده‌ها (Charnes, Cooper & Rhodes یا CCR) معروف شد. در سال ١٩٨٤ بنکر و همکاران (٦) روش DEA را برای حالت‌های دارای بازده به مقیاس صعودی، ثابت، و نزولـی تعمیم دادند، که بـه مـدل (Banker, Charnes & Cooper یـا BCC) معروف گردید. در پی آن مدل‌هـای گونـاگون DEA بـا



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

توانایی‌های متفاوت به مجموعه این مدل‌ها اضافه شد، به طوری که اکنون این مدل‌ها می‌توانند پاسخ‌گوی بیشتر مسائل کاربردی باشند.

اصول اساسی و مدل‌های اصلی DEA ، که در این پژوهش استفاده شده، به شرح زیر است:

**اصول اساسی**

برای تشریح روشن اصول، بهتر است یک مثال ساده، که متشکل از ۹ واحد با یک نهاده و یک ستاده است، در نظر گرفته شود. برای ارزیابی ۹ واحد مختلف، مقادیر ستاده در برابر نهاده آنها در یک دستگاه مختصات دو بعدی رسم، و نقاط نظیر هر واحد مشخص می‌شود (شکل ۱). به طور کلی، روش تحلیل به سه صورت با ماهیت نهاده‌ای، تحلیل با ماهیت ستاده‌ای و تحلیل با ماهیت ترکیبی صورت می‌گیرد. در تحلیل با ماهیت نهاده‌ای آثار تغییر نهاده‌ها، در تحلیل با ماهیت ستاده‌ای آثار تغییر ستاده‌ها، و در تحلیل با ماهیت ترکیبی آثار تغییر نهاده‌ها و ستاده‌ها به صورت توأم بین واحدهای مختلف بررسی می‌شود. در تحلیل با ماهیت نهاده‌ای، میان واحدهایی که یک مقدار مساوی ستاده تولید می‌کنند (واحدهای ۳، ۲، ۱) واحدی دارای کارایی بیشتر است که کمترین نهاده را مصرف می‌کند (واحد ۱). در تحلیل با ماهیت ستاده‌ای، میان واحدهایی که یک مقدار مساوی نهاده مصرف می‌کنند (واحدهای ۲، ٤) واحدی دارای بیشترین کارایی است که ستاده بیشتری تولید می‌کند (واحد ٤). در این مثال واحدهایی که دارای بیشترین کارایی هستند (واحدهای ۱، ٤، ۷ و ۸) نقاط مرزی محسوب شده و ترکیب خطی آنها مرز کارایی (منحنی پوششی) را تشکیل می‌دهد.

مرز کارایی شامل دو قسمت مرز قوی (خط پر در شکل) و مرز ضعیف (خط‌چین در شکل) است. مرز ضعیف شامل نقاطی است که در مدل با ماهیت نهاده‌ای کارا، و در مدل با ماهیت ستاده‌ای ناکارا هستند و یا بالعکس.

در تحلیل با ماهیت نهاده‌ای، ارزیابی واحد ٦ نسبت به تصویر افقی آن روی مرز کارایی (نقطه A) سنجیده می‌شود و درجه کارایی آن عبارت است از نسبت نهاده نقطه A به نهاده واحد ٦. هم‌چنین، واحدهای مرجع واحد ٦ عبارت‌اند از واحدهای ۱ و ۷، زیرا نقطه ارزیابی آن (نقطه A) از ترکیب خطی واحدهای ۱ و ۷ تشکیل شده است. نقطه ارزیابی از میانگین‌گیری وزنی نسبت به فاصله واحدهای مرجع به دست می‌آید، و نسبت فاصله واحدهای مرجع ضریب نظیر آنها را تشکیل می‌دهد. در این مثال ضرایب نظیر واحدهای مرجع ۱ و ۷ حدوداً عبارت‌اند از ۰/٦ و ۰/٤. در تحلیل با ماهیت ستاده‌ای، ارزیابی واحد ٦ نسبت به تصویر قائم آن روی مرز کارایی (نقطه B) سنجیده می‌شود، و درجه کارایی آن عبارت است از نسبت ستاده نقطه B نسبت به ستاده واحد ٦. واحدهای مرجع واحد ٦ عبارت‌اند از واحدهای ۷ و ٤ و ضرایب نظیر واحدهای مرجع به ترتیب حدوداً عبارت‌اند از ۰/٦ و ۰/٤. برای ارزیابی واحد ۵ از یک متغیر مازاد $s^+$، که با ستاده واحد ۵ جمع می‌شود تا برابر با ستاده واحد ۱ گردد، استفاده می‌شود، و واحد ۵ با واحد ۱ سنجیده می‌شود. هم‌چنین، برای ارزیابی واحد ۹ از یک متغیر کمبود $s^-$ ، که از نهاده واحد ۹ کم می‌شود تا برابر با نهاده واحد ۸ گردد، استفاده می‌شود، و واحد ۹ با واحد ۸ سنجیده می‌شود. برای بهبود عملکرد واحد ٦ از دیدگاه نهاده‌ای، واحد ٦ می‌باید خود را به نقطه A ، و از دیدگاه ستاده‌ای می‌باید خود را به نقطه B برساند.

اگر واحدها دارای m نهاده و s ستاده باشند، این تحلیل در فضای m×s بعدی صورت می‌گیرد، و با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی، مرز کارایی در این فضا به دست می‌آید. با ترکیب این دو نوع تحلیل مدل DEA با ماهیت ترکیبی به دست می‌آید. در این مدل هدف یافتن بهترین ترکیب خطی از واحدهای تصمیم‌گیری است که با نهاده‌ای کمتر یا مساوی با واحد مورد ارزیابی ستاده‌ای بیشتر یا برابر آن تولید کند، که فصل مشترک آن نقاط مرز کارایی را تشکیل داده و ارزیابی سایر واحدها نسبت به آن صورت می‌گیرد.

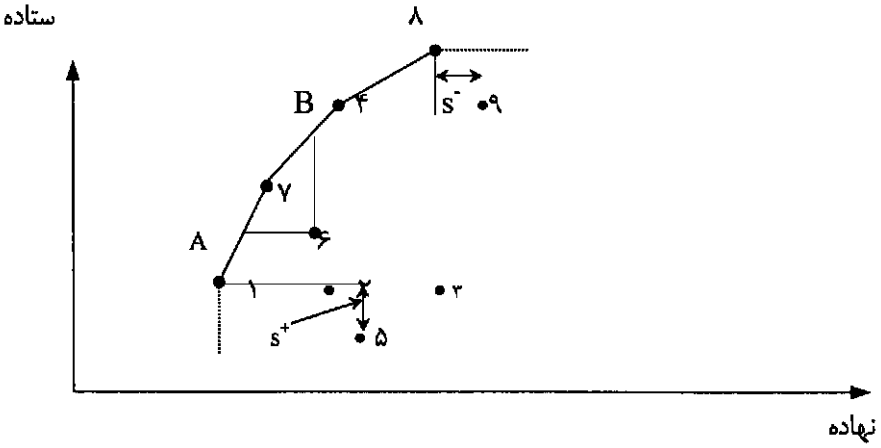
**مدل‌های اصلی DEA**

در مدل‌های اصلی DEA تحلیل با ماهیت ترکیبی صورت می‌گیرد، و مرز کارایی در مجموعه امکان تولید به دست می‌آید.



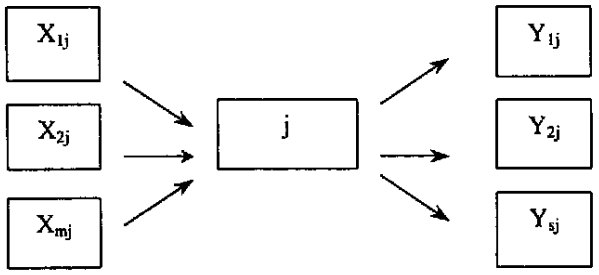
[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]




**شکل ۱. نمایش مقادیر یک ستاده در برابر یک نهاده برای ۹ واحد مورد ارزیابی**

فرض کنید n واحد مورد ارزیابی وجود داشته باشد (DMU یا Decision Making Unit) که هر کدام با استفاده از m نهاده، s ستاده تولید کنند. اگر واحد ارزیابی شده با اندیس j نشان داده شود که با مصرف نهاده‌های $x_{ij}$ (i=1,...,m) به تولید ستاده‌های $y_{rj}$ (r=1,...,s) می‌پردازد، می‌توان آن را مانند شکل ۲ نمایش داد.




**شکل ۲. نمایش نهاده‌ها و ستاده‌های واحد jام**

مجموعه امکان تولید عبارت است از مجموعه‌ای از نقاط امکان‌پذیر تولید در فضای m×s بعدی نهاده‌ها و ستاده‌ها. به سخن دیگر، مجموعه امکان تولید T مجموعه‌ای از $X_t$ و $Y_t$ هاست، که $Y_t$ می‌تواند به وسیله $X_t$ تولید شود یعنی:

$$T=\{(X_t , Y_t) \mid Y_t \text{ می‌تواند از } X_t \text{ تولید شود}\} \quad [۱]$$

اگر $X_j$ و $Y_j$ به ترتیب بردار حاصل از نهاده‌ها و ستاده‌های واحد jام، و $\lambda_j$ وزن به کار رفته برای واحد jام باشد، برای n واحد تصمیم‌گیری دو مجموعه امکان تولید برای دو مدل اصلی DEA، یعنی CCR و BCC، به شرح زیر بیان می‌شود:

$$T_{CCR} = \left\{ (X_t, Y_t) \middle| X_t \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j, Y_t \leq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j, \lambda_j \geq 0 \right\} \quad [۲]$$

$$T_{BCC} = \left\{ (X_t, Y_t) \middle| X_t \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \quad , Y_t \leq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j, \sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \quad , \lambda_j \geq 0 \right\} \quad [۳]$$

برای ارزیابی واحد P با نهاده $X_p$ و $Y_p$ ، در یک مدل DEA با ماهیت نهاده‌ای، $Y_p$ ثابت و ضریب $\theta_p$ برای $X_p$ در نظر گرفته می‌شود. برای یافتن نقطه نظیر P روی مرز کارایی، مقدار حداقل $\theta_p$ به گونه‌ای به دست می‌آید که $Y_p$ و $\theta_p X_p$ از مجموعه امکان تولید خارج نشود. بدین ترتیب روابط ریاضی مدل‌های CCR و BCC با ماهیت‌های نهاده‌ای به صورت زیر بیان می‌شود:

**مدل CCR با ماهیت نهاده‌ای**

$$\theta_p^* = \min \theta_p \quad [٤]$$

مشروط بر آن که:

$$(\theta_p X_p , Y_p) \in T_{CCR}$$

به عبارت دیگر

$$\theta_p^* = \min \theta_p \quad [٥]$$

مشروط بر آن که:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \leq \theta_p X_p$$



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j Y_j \geq Y_p$$

$$\lambda_j \geq 0,\ j=1,...,n$$

**مدل BCC با ماهیت نهاده‌ای**

$$\theta_p^* = \min \theta_p \qquad [۶]$$

مشروط بر آن که:

$$(\theta_p X_p, Y_p) \in T_{BCC}$$

به عبارت دیگر

$$\theta_p^* = \min \theta_p \qquad [۷]$$

مشروط بر آن که:

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_j \leq \theta_p X_p$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j Y_j \geq \theta_p Y_p$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0,\ j=1,...,n$$

برای امکان تحلیل در شرایط وجود مرزهای قوی و ضعیف و امکان تفکیک آنها، از مدل‌های DEA با متغیرهای کمکی کمبود ($S_j^-$) و مازاد ($S_j^+$) استفاده می‌شود. به عنوان مثال، در ارزیابی واحد P با استفاده از مدل CCR با ماهیت نهاده‌ای، ضمن یافتن مقدار حداقل $\theta_p$، باید مقادیر $S^-$ و $S^+$ را به حداقل رساند. بدین ترتیب، روابط ریاضی مدل CCR با ماهیت نهاده‌ای و متغیرهای مازاد و کمبود به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\min\left(\theta_p - \varepsilon 1S^+ - \varepsilon 1S^-\right) \qquad [۸]$$

مشروط بر آن که:

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_j + S^+ = \theta_p X_p$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j Y_j + S^- = Y_p$$

$$\lambda_j \geq 0,\ j=1,...,n$$

$$S^+, S^- \geq 0$$

هنگامی که شمار واحدهای تصمیم‌گیری کمتر از مجموع شمار نهاده‌ها و ستاده‌هاست، بیشتر واحدها کارا ارزیابی می‌شوند، و امکان ارزیابی مقایسه‌ای آنها از بین می‌رود. چارنز و همکاران (۱۰) برای امکان استفاده از این روش به عنوان یک قاعده تجربی، شمار واحدهای تصمیم‌گیری را حداقل سه برابر مجموع نهاده‌ها و ستاده‌ها پیشنهاد کردند. در شرایطی که شمار واحدها کمتر از این باشد، یکی از راه‌حل‌های رفع مشکل استفاده از مدل اندرسن-پیترسن (۵) است. در این مدل تعیین نقطه مرجع روی مرز کارایی بدون استفاده از واحد مورد ارزیابی و صرفاً بر اساس واحدهای دیگر صورت می‌گیرد. بدین ترتیب، امکان مقایسه واحدهایی که ممکن بود در مدل CCR یا BCC همگی دارای ضریب کارایی ۱ باشند فراهم می‌شود. به عنوان نمونه، مدل استاندارد CCR با ماهیت نهاده‌ای به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$\min\left(\theta_p - \varepsilon 1S^+ - \varepsilon 1S^-\right) \qquad [۹]$$

مشروط بر آن که:

$$\sum_{j=1,j\neq p}^{n}\lambda_j X_j + S^+ = \theta_p X_p$$

$$\sum_{j=1,j\neq p}^{n}\lambda_j Y_j + S^- = Y_p$$

$$\lambda_j \geq 0,\ j=1,...,n$$

$$S^+, S^- \geq 0$$

**سیستم‌های مورد ارزیابی و شاخص‌های ارزیابی عملکرد**

مسائل و مشکلات زیادی در تمامی مراحل مختلف طرح‌های آبیاری کشور وجود دارد که ضرورت ارزیابی همه جانبه و ارائه راهکارهای بهبود عملکرد آنها را ایجاب می‌کند. در این پژوهش از بین شبکه‌های آبیاری کشور هشت شبکه برای ارزیابی انتخاب شد. یکی از معیارهای انتخاب شبکه‌ها وجود اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی بود. هم‌چنین، سعی شد شبکه‌ها حتی‌المقدور در کلیات عوامل مؤثر بر عملکرد شبیه هم باشند. به عنوان مثال، تمامی واحدها مدرن، و غالباً دارای سیستم کنترل از بالادست هستند. این شبکه‌ها عبارت‌اند از: شبکه‌های آبیاری



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

ورامین، گرمسار، قزوین، گلستان، زاینده‌رود، بهبهان، مغان، و میناب.

عملکرد شبکه‌های آبیاری تحت تأثیر دو عامل اصلی فیزیکی و مدیریتی است. برخی از عوامل فیزیکی مؤثر در عملکرد شبکه‌های آبیاری عبارت‌اند از: طراحی، ساخت، و شرایط محلی. عوامل مدیریتی مانند مجموعه فعالیت‌های شرکت‌های بهره‌برداری در تعامل با شبکه و کشاورزان است. شرکت‌های بهره‌برداری با به کارگیری عواملی چون سرمایه، پرسنل، و ماشین‌آلات، و انجام فعالیت‌هایی همچون توزیع آب، تعمیر و نگهداری شبکه، جلب مشارکت کشاورزان در بهره‌برداری و نگهداری شبکه و متشکل نمودن کشاورزان، سعی در بهبود عملکرد شبکه دارند. در این پژوهش به دلیل تأثیر و تأثر شبکه‌های آبیاری و شرکت‌های بهره‌برداری از آنها در عملکرد یکدیگر، ترکیب آنها به صورت یک سیستم در نظر گرفته شده است. افزون بر آن، به منظور امکان مقایسه عملکرد کل سیستم و شرکت‌های بهره‌برداری و ارائه راهکارهای مناسب، شرکت‌های بهره‌برداری نیز به طور جداگانه در نظر گرفته شده‌اند.

دیدگاه‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد می‌توان در نظر گرفت، که در هر یک از این دیدگاه‌ها از تعدادی از شاخص‌های مربوط به آن دیدگاه استفاده می‌شود. این دیدگاه‌ها عبارت‌اند از: دیدگاه‌های مدیریتی، فنی، اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، و زیست‌محیطی. در این پژوهش با استفاده گسترده‌ای که از پژوهش باس و همکاران (۷) به عمل آمده عوامل مؤثر بر عملکرد شبکه برای هر یک از دیدگاه‌های فوق تعیین شده است. انتخاب عوامل مؤثر بر عملکرد از بین مجموعه عوامل مربوط به دیدگاه‌های مختلف مطرح شده، بر اساس انتظار صاحبان اصلی منافع از عملکرد شبکه (صاحبان سهام شرکت‌های بهره‌برداری، مشترکین شبکه‌ها، مدیران شبکه، و پرسنل شرکت‌های بهره‌برداری)، موجودیت و کیفیت اطلاعات مورد نیاز صورت گرفته است.

برای کمّی نمودن ارزیابی، از شاخص‌های عملکرد (Performance indicators) استفاده می‌شود. شاخص‌های عملکرد علاوه بر اندازه‌گیری یک کمیت به خصوص مانند دبی کانال، چنانچه همراه با استانداردهای مناسب ارائه شوند، نشان دهنده کیفیت سرویس و خدمات ارائه شده نیز هستند. شاخص‌ها شامل سه نوع ساده، نسبی، و ترکیبی هستند (۱۸). شاخص‌های ساده مقدار مطلق یک عامل مؤثر در عملکرد مانند مقدار محصول را گزارش می‌کنند. شاخص‌های نسبی نسبت عوامل مؤثر در عملکرد مانند مقدار محصول در واحد سطح را گزارش می‌کنند. شاخص‌های ترکیبی مجموعه‌ای از عوامل مؤثر در عملکرد را گزارش می‌کنند که می‌توانند ترکیبی از شاخص‌های ساده و نسبی باشد.

در این پژوهش به دلیل گستردگی عوامل مؤثر بر عملکرد و محدود بودن شمار واحدهای تصمیم‌گیری نسبت به نهاده‌ها و ستاده‌ها، از شاخص‌های ترکیبی استفاده شده است. به علت آن که ترکیب وزنی معمول‌ترین راه ترکیب عوامل است، عوامل ساده مؤثر در عملکرد به صورت وزنی با هم ترکیب شده‌اند، و به هر عامل، ضریبی متناسب با اهمیت آن داده شده است. در این ارزیابی ضرایب مذکور از طریق قضاوت کارشناسی و مشاوره با کارشناسان با تجربه تعیین شده است. اگرچه روش تحلیلی به کار رفته برای ارزیابی و ارائه استانداردها روش کمی است، ولی برای تعیین ضریب اهمیت هر یک از شاخص‌ها، که منعکس کننده سیاست‌ها و استراتژی مدیریت است، می‌باید از نظریات کارشناسی استفاده کرد.

در این ارزیابی از شاخص‌های نهاده‌ای شامل شاخص‌های شبکه، هزینه، نیروی انسانی (پرسنل)، و ماشین‌آلات، و شاخص‌های ستاده‌ای شامل شاخص‌های کشاورزی، درآمد، و مشترکین استفاده شده است. شاخص‌ها و عوامل جزئی تشکیل دهنده آنها در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. مجموعه شمار عناوین اطلاعاتی جمع‌آوری شده برای محاسبه شاخص‌ها و ارزیابی شبکه‌های آبیاری برای هر شبکه بالغ بر ۱۰۲ عنوان می‌گردد. به کمک این شاخص‌ها مجموعه سیستم شبکه آبیاری از دیدگاه سیستمی به صورت شکل ۳ نمایش داده می‌شود.

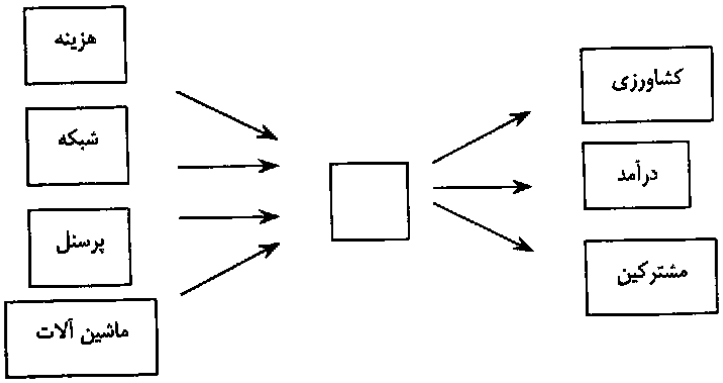


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

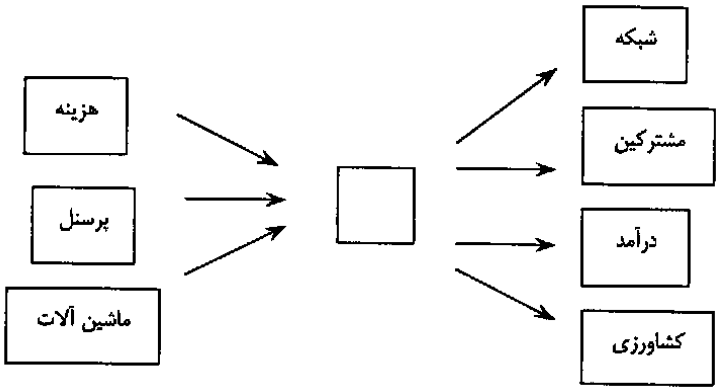
[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

**جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی عملکرد**

| ردیف | نوع شاخص | پارامتر مشخصه | تعریف شاخص |
|---|---|---|---|
| ۱ | شبکه | N | $N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_8 + N_9$ |
| ۲ | هزینه | C | $C = \frac{70C_1 + 30C_2}{100}$ |
| ۳ | پرسنل | $P_e$ | $P_e = \frac{P_{e1} + P_{e2}}{2}$ |
| ٤ | ماشین‌آلات | M | $M = \frac{40M_1 + 25M_2 + 25M_3 + 10M_4}{100}$ |
| ٥ | کشاورزی | A | $A = \frac{60A_1 + 20A_2 + 20A_3}{100}$ |
| ٦ | درآمد | R | $R = \sum_{i=1}^{N} A_i C_i (W)$ |
| ۷ | مشترکین | S | $S = \frac{30S_1 + 70S_2}{100}$ |




**شکل ۳. مجموعه سیستم شبکه آبیاری از دیدگاه سیستمی**




**شکل ٤. شرکت بهره‌برداری از دیدگاه سیستمی**



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

**جدول ۲. عوامل جزئی شاخص‌های ارزیابی**

| ردیف | عامل جزئی | عامل جزئی مشخصه | تعریف عامل جزئی | شرح پارامترهای عوامل جزئی |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | $N_1$ | سطح تحت پوشش شبکه | $N_1=0.22A$ | A سطح تحت پوشش شبکه |
| ۲ | $N_2$ | حجم آب ورودی به شبکه | $N_2=0.19V$ | V حجم آب ورودی به شبکه |
| ۳ | $N_3$ | طول و ظرفیت کانال | $N_3=0.14(\sum Q_iL_i)_1$ | $(\sum Q_iL_i)_1$ مجموع طول در ظرفیت بازه‌های مختلف کانال درجه یک |
| ٤ | $N_4$ | طول و ظرفیت کانال | $N_4=0.13(\sum Q_iL_i)_2$ | $(\sum Q_iL_i)_2$ مجموع طول در ظرفیت بازه‌های مختلف کانال درجه دو |
| ٥ | $N_5$ | سازه‌های آب‌بند | $N_5=0.1\sum nQ$ | $\sum nQ$ مجموع حاصل‌ضرب تعداد در ظرفیت آب‌بندها |
| ٦ | $N_6$ | سازه‌های آبگیر | $N_6=0.08(\sum nQ)_1$ | $(\sum nQ)_1$ مجموع حاصل‌ضرب تعداد در ظرفیت دریچه‌های آبگیر در کانال درجه یک |
| ۷ | $N_7$ | سازه‌های آبگیر | $N_7=0.08(\sum nQ)_2$ | $(\sum nQ)_2$ مجموع حاصل‌ضرب تعداد در ظرفیت دریچه‌های آبگیر در کانال درجه دو |
| ۸ | $N_8$ | سیفون | $N_8=0.05(\sum LQ)$ | $(\sum LQ)$ مجموع حاصل‌ضرب طول در ظرفیت سیفون‌ها |
| ۹ | $N_9$ | دراپ | $N_9=0.05(\sum HQ)$ | $(\sum HQ)$ مجموع حاصل‌ضرب ارتفاع در ظرفیت دراپ‌ها |
| ۱۰ | $C_1$ | هزینه تعمیر و نگهداری | | |
| ۱۱ | $C_2$ | هزینه پرسنلی | | |
| ۱۲ | $P_{e1}$ | شاخص تخصصی پرسنل | $P_{e1}=\frac{27P_1+25P_2+20P_3+15P_4+13P_5}{100}$ | $P_1$ شمار پرسنل فوق‌لیسانس، $P_2$ لیسانس، $P_3$ فوق‌دیپلم، $P_4$ دیپلم و $P_5$ زیر دیپلم |
| ۱۳ | $P_{e2}$ | شاخص مسئولیتی پرسنل | $P_{e2}=\frac{75P_6+25P_7}{100}$ | $P_6$ شمار پرسنل اجرایی و $P_7$ اداری |
| ۱٤ | $M_1$ | ماشین‌آلات سنگین | شمار ماشین‌آلات سنگین | |
| ۱٥ | $M_2$ | ماشین‌آلات سبک | شمار ماشین‌آلات سبک | |
| ۱٦ | $M_3$ | موتورسیکلت | شمار موتورسیکلت | |
| ۱۷ | $M_4$ | اتومبیل صحرایی، مینی‌بوس، اتوبوس | شمار اتومبیل صحرایی، مینی‌بوس، اتوبوس | |
| ۱۸ | $A_1$ | سطح زیر کشت | سطح زیر کشت | |
| ۱۹ | $A_2$ | میانگین عملکرد محصول | $A_2=\frac{\sum_{i=1}^{n}A_iP_i}{\sum_{i=1}^{n}A_i}$ | n شمار محصولات، $A_i$ سطح زیر کشت محصول i و $P_i$ میانگین عملکرد محصول |
| ۲۰ | $A_3$ | ارزش محصولات شبکه | $A_3=\sum_{i=1}^{n}A_iP_iC_i(y)$ | n شمار محصولات، $A_i$ سطح زیر کشت محصول و $C_i(y)$ ارزش محصول i |
| ۲۱ | R | شاخص درآمد | $R=\sum_{i=1}^{n}A_iC_i(w)$ | n شمار محصولات، $A_i$ سطح زیر کشت محصول i و $C_i(w)$ آب بها برای هر هکتار محصول |
| ۲۲ | $S_1$ | شمار قرارداد منعقده | $S_1=n$ | n شمار قراردادهای منعقده |
| ۲۳ | $S_2$ | میانگین سطح زیر کشت تحت اختیار هر تشکل | $S_2=\frac{\sum A_i}{n}$ | $A_i$ سطح زیر کشت تحت اختیار قرارداد i، و n شمار قراردادها |



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

برای جدا کردن ارزیابی عملکرد شرکت‌های بهره‌برداری از عملکرد کلی سیستم، شاخص شبکه به عنوان مجموعه‌ای که سرویس گیرنده از شرکت بهره‌برداری است، باید به عنوان ستاده در نظر گرفته شود (شکل ٤). هر کدام از دو سیستم مذکور به طور جداگانه مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته‌اند. مقایسه نتایج ارزیابی به تفکیک شرکت‌های بهره‌برداری و کل سیستم، می‌تواند جهت‌گیری راهکارهای بهبود در زمینه مدیریت یا ویژگی‌های فیزیکی سیستم را تعیین کند.

## نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از اجرای مدل‌های DEA، شامل درجه کارایی واحدهای مورد ارزیابی، واحد (های) مرجع، ضریب (ضرایب) نظیر واحد (های) مرجع برای ارزیابی مجموعه کل سیستم و شرکت‌های بهره‌برداری از شبکه‌ها به طور جداگانه در جدول‌های ۳ و ٤ ارائه شده است. نخست نتایج مجموعه کل سیستم و سپس نتایج مربوط به شرکت‌های بهره‌برداری و در پایان مقایسه آن دو بحث و بررسی می‌شود.

### ارزیابی مجموعه کل سیستم

در ارزیابی مجموعه کل سیستم، شبکه آبیاری زاینده‌رود با کارایی ۳/۳۸۰۳ بالاترین و شبکه میناب با کارایی ۰/۵۵٤۹ پایین‌ترین سطح عملکرد را داشته‌اند. رتبه‌بندی دیگر واحدها به ترتیب از بیشترین تا کمترین کارایی، عبارت‌اند از گرمسار، گلستان، قزوین، مغان، بهبهان، و ورامین.

در مورد شبکه آبیاری زاینده‌رود واحدهای مرجع عبارت‌اند از شبکه‌های آبیاری قزوین و ورامین، به ترتیب با ضرایب ۱/۷٥٤٥ و ۱/٥۹۷۲. بدین معنی که یک ترکیب خطی از دو واحد قزوین و ورامین با ضرایب مربوطه واحد مرجعی را ایجاد خواهد کرد که ستاده تولیدی آن با ستاده تولیدی واحد زاینده‌رود برابر خواهد بود. در این جا شایان ذکر است که بر پایهٔ نتایج بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی خطی، هیچ گونه ترکیب خطی دیگری از واحدهای مورد ارزیابی نمی‌توان یافت که با مصرف نهاده‌ای کمتر از نهاده این واحد مرجع بتواند ستاده‌ای برابر با ستاده واحد زاینده‌رود تولید کند. نسبت نهاده‌های این واحد مرجع به نهاده‌های واحد زاینده‌رود ۳/۳۸۰۳ است، بدین معنی که واحد مرجع با مصرف ۳/۳۸۰۳ برابر نهاده‌های واحد زاینده‌رود ستاده‌ای برابر با آن تولید کرده و بدین ترتیب درجه کارایی واحد زاینده‌رود ۳/۳۸۰۳ به دست می‌آید.

در مورد شبکه میناب، واحدهای مرجع عبارت‌اند از واحدهای گرمسار و زاینده‌رود، به ترتیب با ضرایب ۰/۳٤۸۲ و ۰/۱۳۱۸. بنابراین ترکیب خطی این دو واحد با ضرایب مربوطه واحد مرجعی را ایجاد خواهد کرد که ستاده‌ای برابر با ستاده واحد میناب تولید می‌کند. نسبت نهاده‌های این واحد مرجع به نهاده‌های واحد میناب برابر با ۰/٥٥٤۹ است، بدین معنی که این واحد مرجع با مصرف ۰/٥٥٤۹ برابر نهاده‌های واحد میناب قادر به تولید ستاده‌ای برابر با آن است. بدین ترتیب، کارایی واحد میناب ۰/٥٥٤۹ به دست می‌آید. حال، واحد میناب برای بهبود عملکرد خود در صورت حفظ سطح تولید موجود می‌باید سطح مصرف نهاده‌های خود را به میزان نهاده‌های واحد مرجع کاهش دهد. به سخن دیگر، سطح مطلوب مصرف نهاده‌های شبکه میناب باید مساوی با ۰/۳٤۸۲ برابر نهاده‌های واحد گرمسار به اضافه ۰/۱۳۱۸ برابر نهاده‌های واحد زاینده‌رود باشد تا کارایی آن به یک برسد. هنگام ارزیابی مجموعه کل سیستم، شاخص شبکه به عنوان نهاده در نظر گرفته شده است. بنابراین، راهکار کاهش نهاده‌ها، علاوه بر شاخص‌های شرکت بهره‌برداری (هزینه، پرسنل، و ماشین آلات)، شامل شاخص شبکه نیز می‌شود.

در مورد شبکه مغان، که تنها یک واحد مرجع دارد (قزوین)، می‌توان اظهار داشت که واحدی با مصرف ۷/٤ برابر نهاده‌های واحد قزوین می‌تواند ستاده‌ای برابر با ستاده واحد مغان تولید کند. نسبت نهاده آن واحد مرجع به نهاده واحد مغان برابر با ۱/۲۳۷۹ خواهد بود. بنابراین، کارایی واحد مغان ۱/۲۳۷۹ به دست می‌آید.

ارزیابی مجموعه کل سیستم گویای این است که واحدهای



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

**جدول ۳. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد مجموعه کل سیستم‌های آبیاری با استفاده از مدل $(CCR_P\text{-}I)_{AP}$**

| ردیف | شبکه مورد ارزیابی | درجه کارایی | واحدهای مرجع | ضریب نظیر واحد (های) مرجع |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | زاینده‌رود | ۳/۳۸۰۳ | قزوین | ۱/۷۵۴۵ |
| | | | ورامین | ۱/۵۹۷۲ |
| ۲ | گرمسار | ۲/۳۴۷۹ | گلستان | ۰/۳۹۷۱ |
| | | | مغان | ۰/۰۲۸۴ |
| ۳ | گلستان | ۲/۰۸۴۷ | گرمسار | ۰/۱۰۸۴ |
| | | | زاینده‌رود | ۰/۲۲۵۷ |
| ۴ | قزوین | ۱/۳۵۵۱ | گرمسار | ۰/۸۴۰۱ |
| | | | زاینده‌رود | ۰/۰۸۶۰ |
| ۵ | مغان | ۱/۲۳۷۹ | قزوین | ۷/۴۲۷۴ |
| ۶ | بهبهان | ۰/۹۶۵۵ | گرمسار | ۰/۵۰۱۷ |
| | | | زاینده‌رود | ۰/۱۷۸۰ |
| ۷ | ورامین | ۰/۶۲۶۹ | گرمسار | ۰/۳۵۹۲ |
| | | | گلستان | ۰/۰۶۰۸ |
| | | | زاینده‌رود | ۰/۲۹۲۸ |
| ۸ | میناب | ۰/۵۵۴۹ | گرمسار | ۰/۳۴۸۲ |
| | | | زاینده‌رود | ۰/۱۳۱۸ |

**جدول ٤. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد شرکت‌های بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری با استفاده از مدل $(CCR_P\text{-}I)_{AP}$**

| ردیف | شبکه مورد ارزیابی | درجه کارایی | واحدهای مرجع | ضریب نظیر واحد (های) مرجع |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | زاینده‌رود | ۳/۳۸۰۳ | قزوین | ۱/۷۵۴۵ |
| | | | ورامین | ۱/۵۹۷۲ |
| ۲ | قزوین | ۲/۰۱۹۲ | مغان | ۰/۱۳۴۴ |
| | | | میراب زاینده‌رود | ۰/۱۸۶۴ |
| ۳ | مغان | ۱/۲۳۷۹ | قزوین | ۷/۴۲۷۴ |
| ٤ | گرمسار | ۱/۲۰۵۲ | قزوین | ۱/۲۴۸۲ |
| ۵ | بهبهان | ۰/۶۹۰۵ | قزوین | ۰/۲۴۵۴ |
| | | | میراب زاینده‌رود | ۰/۲۹۰۹ |
| ٦ | گلستان | ۰/۵۶۱۱ | قزوین | ۰/۴۶۰۹ |
| | | | میراب زاینده‌رود | ۰/۱۳۶۷ |
| ۷ | ورامین | ۰/۴۸۱۲ | قزوین | ۰/۲۱۶۰ |
| ۸ | میناب | ۰/۴۷۵۹ | قزوین | ۰/۳۳۸۸ |
| | | | میراب زاینده‌رود | ۰/۱۳۱۵ |



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

میناب، ورامین و بهبهان کارایی کمتر از یک دارند، و در صورت حفظ سطح موجود تولید ستاده‌ها، با کاهش نهاده‌های خود به میزان نهاده‌های واحدهای مرجع مربوطه، می‌توانند کارایی خود را به یک برسانند. واحدهای دیگر کارایی بیش از یک دارند، و روی مرز کارایی قرار می‌گیرند. رتبه‌بندی کل واحدها متناسب با درجه کارایی آنهاست، که در جدول ۳ مشخص است.

**ارزیابی شرکت‌های بهره‌برداری**

در ارزیابی شرکت‌های بهره‌برداری، شرکت بهره‌برداری میراب زاینده‌رود با کارایی ۳/۳۸۰۳ و شرکت بهره‌برداری میناب با کارایی ۰/٤۷۵۹ به ترتیب بیشترین و کمترین کارایی را داشته‌اند. رتبه‌بندی شرکت‌های دیگر به ترتیب از بیشترین تا کمترین کارایی عبارت است از قزوین، مغان، گرمسار، بهبهان، گلستان، و ورامین.

در مورد شرکت میراب زاینده‌رود، واحدهای مرجع عبارت‌اند از شرکت‌های بهره‌برداری قزوین و ورامین، به ترتیب با ضرایب ۱/۷٥٤٥ و ۱/٥۹۷۲. ترکیب خطی این دو شرکت با ضرایب مربوطه، ستاده‌ای برابر با ستاده شرکت میراب زاینده‌رود تولید می‌کند، و نسبت نهاده این واحد مرجع به نهاده شرکت میراب زاینده‌رود برابر با ۳/۳۸۰۳ خواهد بود.

در مورد شرکت بهره‌برداری میناب، واحدهای مرجع عبارت‌اند از شرکت‌های بهره‌برداری قزوین و میراب زاینده‌رود، به ترتیب با ضرایب ۰/۳۳۸۸ و ۰/۱۳۱٥. ترکیب خطی این دو شرکت با ضرایب مربوطه، ستاده‌ای برابر با ستاده شرکت میناب تولید می‌کند. نسبت نهاده‌های این واحد مرجع به نهاده‌های شرکت میناب برابر با ۰/٤۷۵۹ است. یعنی این شرکت مرجع با مصرف صرفاً ۰/٤۷۵۹ برابر نهاده‌های شرکت میناب، ستاده‌ای برابر با آن تولید می‌کند، و کارایی شرکت میناب ۰/٤۷۵۹ به دست می‌آید. شرکت بهره‌برداری میناب برای بهبود عملکرد خود می‌باید با حفظ سطح موجود تولید ستاده، سطح مصرف نهاده‌های خود را به میزان نهاده‌های این واحد مرجع کاهش دهد تا کارایی آن به یک برسد. هنگام ارزیابی شرکت بهره‌برداری، شاخص شبکه به عنوان ستاده در نظر گرفته شده است. بنابراین، راهکار کاهش نهاده‌ها فقط منحصر به شاخص‌های شرکت بهره‌برداری (هزینه، پرسنل، و ماشین آلات) است.

شرکت‌های بهره‌برداری مغان، گرمسار، و ورامین دارای تنها یک واحد مرجع هستند، که نسبت نهاده‌های مصرفی واحدهای مرجع با ضرایب مربوط به نهاده‌های این شرکت‌ها به ترتیب ۱/۲۳۷۹، ۱/۲۰٥۲، و ۰/٤۸۱۲ به دست آمده است.

ارزیابی شرکت‌های بهره‌برداری گویای این است که کارایی شرکت‌های بهره‌برداری بهبهان، گلستان، ورامین، و میناب کمتر از یک بوده و این واحدها با حفظ سطح موجود تولید ستاده، با کاهش مصرف نهاده‌های خود به میزان نهاده‌های واحد مرجع مربوطه، می‌توانند کارایی خود را به یک برسانند. دیگر شرکت‌های بهره‌برداری کارایی بیش از یک داشته و روی مرز کارایی قرار می‌گیرند. رتبه‌بندی کل شرکت‌ها متناسب با میزان کارایی آنهاست، که در جدول ٤ مشخص است.

**مقایسه ارزیابی مجموعه کل سیستم و شرکت‌های بهره‌برداری**

همان گونه که قبلاً گفته شد، در ارزیابی مجموعه کل سیستم، شاخص شبکه به عنوان نهاده، و در ارزیابی شرکت‌های بهره‌برداری، شاخص شبکه به عنوان ستاده در نظر گرفته شده است. بنابراین، مقایسه کارایی واحدها در هر حالت پتانسیل‌های بهبود عملکرد و اولویت‌های سرمایه‌گذاری در شرکت بهره‌برداری یا شبکه آبیاری را مشخص می‌کند.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شبکه آبیاری زاینده‌رود و شرکت بهره‌برداری آن نسبت به دیگر شبکه‌ها و شرکت‌ها بیشترین کارایی را داشته، و میزان کارایی، واحدهای مرجع، و ضرایب واحدهای مرجع در هر دو حالت مساوی است. در هر دو حالت، شبکه آبیاری زاینده‌رود و شرکت بهره‌برداری آن می‌تواند به عنوان واحد الگو و نمونه دیگر واحدها تلقی گردد، و میزان پتانسیل بهبود عملکرد هر واحد با آن سنجیده شود.

درجه کارایی مجموعه کل سیستم گرمسار و شبکه



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

بهره‌برداری آن بیش از یک است، و در هر دو حالت کاراست، ولی درجه کارایی شرکت بهره‌برداری (۱/۲۰۵۰) کمتر از کارایی مجموعه کل سیستم (۲/۳٤۷۹) است. بنابراین، در صورت ضرورت بهبود عملکرد، اولویت سرمایه‌گذاری در بهسازی شرکت بهره‌برداری است.

مجموعه کل سیستم شبکه گلستان دارای کارایی ۲/۰۸٤۷ است، در حالی که کارایی شرکت بهره‌برداری آن ۰/٥٦۱۱ است، که نشان می‌دهد اگرچه کل سیستم گلستان کاراست، ولی شرکت بهره‌برداری آن ناکاراست، و برای بهبود عملکرد می‌باید به وضعیت شرکت بهره‌برداری توجه کرد.

مجموعه کل سیستم شبکه قزوین و شرکت بهره‌برداری آن کارایی بیش از یک دارند، و در هر دو حالت کارا هستند. ولی کارایی مجموعه کل سیستم (۱/۳٥٥۱) کمتر از کارایی شرکت بهره‌برداری (۲/۰۱۹۲) است. بنابراین، در صورت ضرورت بهبود عملکرد، اولویت سرمایه‌گذاری در بهسازی سیستم فیزیکی شبکه است.

کارایی مجموعه کل سیستم شبکه مغان و شرکت بهره‌برداری آن بیش از یک، و در هر دو حالت برابر است. بنابراین، ترجیح خاصی در سرمایه‌گذاری برای بهبود عملکرد وجود ندارد، ولی در مقایسه با واحدهای کاراتر (زاینده‌رود)، در هر دو زمینه پتانسیل بهبود وجود دارد.

کارایی مجموعه کل سیستم شبکه بهبهان نزدیک به یک (۰/۹٦٥٥) است، در حالی که شرکت بهره‌برداری آن دارای کارایی ۰/٦۹۰٥ است، که نشان می‌دهد شرکت بهره‌برداری بهبهان ناکاراست، و برای بهبود عملکرد، اولویت سرمایه‌گذاری در بهسازی شرکت بهره‌برداری است.

کارایی مجموعه کل سیستم شبکه ورامین و شرکت بهره‌برداری آن کمتر از یک است، و در هر دو زمینه ناکاراست، ولی کارایی شرکت (۰/٤۸۱۲) کمتر از کارایی کل سیستم (۰/٦۲٦۹) است. بنابراین، اگرچه در هر دو زمینه ضرورت بهبود عملکرد مطرح است، ولی این امر در مورد شرکت بهره‌برداری مهم‌تر است.

کارایی مجموعه کل سیستم شبکه میناب و شرکت بهره‌برداری آن کمتر از یک است، و در هر دو زمینه ناکاراست، و تفاوت چندانی میان درجه کارایی دو زمینه وجود ندارد. بنابراین، این سیستم در هر دو زمینه به طور یکسان نیازمند بهبود عملکرد است.

راهکارهای بهبود عملکرد برای هر سیستم در هر کدام از زمینه‌ها، با توجه به واحدهای مرجع و ضرایب مربوطه مشخص می‌شود، که چگونگی تعیین آن در بخش پیشین تشریح شد.

## نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش را به شرح زیر می‌توان خلاصه کرد:

الف) رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری به ترتیب از کاراترین تا ناکاراترین شبکه، عبارت است از زاینده‌رود، گرمسار، گلستان، قزوین، مغان، بهبهان، ورامین، و میناب.

ب) رتبه‌بندی شرکت‌های بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری به ترتیب از کاراترین تا ناکاراترین شرکت، عبارت است از میراب زاینده‌رود، قزوین، مغان، گرمسار، بهبهان،گلستان، ورامین، و میناب.

ج) سیستم آبیاری زاینده‌رود از هر دو جنبه شبکه و شرکت از میان هشت سیستم مورد ارزیابی بیشترین کارایی را نشان داده است.

د) سیستم‌های آبیاری میناب و ورامین از هر دو جنبه شبکه و شرکت ناکارا هستند. بنابراین، برای بهبود عملکرد در این سیستم‌ها باید در هر دو جنبه شبکه و مدیریت آن سرمایه‌گذاری کرد.

ه ) شبکه‌های گلستان و بهبهان کارا و شرکت‌های بهره‌برداری آنها ناکارا هستند. بنابراین، برای بهبود عملکرد آنها باید به بهبود ویژگی‌های شرکت بهره‌برداری آنها پرداخت.

و) شبکه‌های گرمسار، قزوین، مغان و شرکت‌های بهره‌برداری آنها کارا، ولی در مقایسه با یکدیگر یا با شبکه زاینده‌رود و شرکت میراب تا حدودی دارای پتانسیل بهبود هستند.



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

در تحلیل با ماهیت نهاده‌ای، واحد مورد ارزیابی با ترکیب خطی از واحدهای مرجع مقایسه می‌گردد، که ستاده‌ای برابر با ستاده واحد مورد ارزیابی تولید کند، و برای بهبود عملکرد باید سطح مصرف نهاده‌های خود را به سطح نهاده‌های واحد (های) مرجع با ضریب مربوطه برساند. بدین ترتیب، علاوه بر ارزیابی مقایسه‌ای واحدها و رتبه‌بندی آنها، واحدهای مرجع و ضرایب نظیر آنها به عنوان استاندارد مقایسه واحد مورد ارزیابی، و راهکار بهبود آن تعیین می‌شود. مقایسه کارایی به دست آمده از دیدگاه‌های مختلف (مجموعه کل سیستم و شرکت بهره‌برداری)، امکان تعیین اولویت سرمایه‌گذاری برای بهبود عملکرد سیستم‌ها را در زمینه شبکه یا شرکت فراهم می‌کند. با توجه به محدودیت‌های روش‌های ارزیابی موجود و عدم توانایی آنها در ارائه استانداردهای واقع‌بینانه و پیشنهاد راهکارهای عملی بهبود، روش DEA می‌تواند به عنوان یک روش کارآمد که محدودیت روش‌های موجود را ندارد، تلقی شود.

با نظر به این که استفاده از روش DEA برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری در سطح ملی و بین‌المللی، برای نخستین بار است که صورت گرفته، برای دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

۱. ایجاد سیستم‌های اطلاعات مدیریتی (Management Information Systems, MIS) برای هماهنگی سیستم‌های اطلاعاتی و سهولت جمع‌آوری و دست‌رسی به اطلاعات، تجزیه و تحلیل و استمرار ارزیابی‌های ادواری.
۲. استفاده از شاخص‌هایی که منعکس کننده اهم ویژگی‌های واحدهای ارزیابی شده بوده و بیان کننده ویژگی‌های کیفی آنها نیز باشند.
۳. تقسیم‌بندی کامل‌تر عوامل به صورت نهاده و ستاده.
٤. تعیین ضرایب اهمیت عوامل جزئی شاخص‌ها با روش‌های کمّی مناسب‌تر.
۵. پژوهش در بازده به مقیاس سیستم‌های آبیاری.
٦. افزایش شمار شبکه‌های ارزیابی شده و دسته‌بندی آنها در گروه‌هایی که مشابهت‌های بیشتری دارند.
۷. انجام تحلیل حساسیت و ارائه راهکارهای بهبود عملکرد به صورت مشخص‌تر.

## منابع مورد استفاده


۱. علمدار، ن. ۱۳۷۳. ارزیابی عملکرد نیروگاه‌ها و تعیین میزان بهره‌وری به کمک تحلیل پوششی داده‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مدیریت عملیات و بهره‌برداری، مؤسسه تحقیقات و آموزش مدیریت.
۲. علیرضایی، م. و ن. علمدار. ۱۹۹۸. ارزیابی عملکرد نیروگاه‌های بخاری، گازی، و آبی و تعیین کارایی آنها به کمک تحلیل پوششی داده‌ها. سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران.
۳. بی‌نام. معاونت پژوهشی سازمان مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۷۸. فراخوان طرح‌های تحقیقاتی وزارت نیرو. تهران، وزارت نیرو.
٤. منعم، م. ج. ۱۳۷۸. روش‌های ارزیابی عملکرد پروژه‌های آبیاری و زه‌کشی. مجموعه مقالات کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زه‌کشی، کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، ص ۷-۲۰.

5. Andersen, P. and N. C. Petersen. 1983. A Procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. J. Man. Sci. 39: 1261-1264.
6. Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper. 1984. Some methods for estimating technical and inefficiencies in data envelopment analysis. J. Man. Sci. 30: 1078-1092.
7. Bos, M. G., D. H. Murray-Rust, D. J. Merrey, H. G. Johnson and W. B. Snellen. 1994. Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. J. Irrig. Drain. Sys. 7: 231-261.
8. Chambers, R. 1987. Rapid appraisal for existing canal irrigation systems. J. Int. Water Res. Dev. 3: 37-87.




[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]

9. Chambers, R. 1988. Managing canal irrigation, practical analysis from south Asia. Institute of Development Studies, Univ. of Sussex, Cambridge, UK.
10. Charnes, A., W. W. Cooper, B. Golany, L. Seiford and J. Stutz. 1985. Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Coopmans efficient empirical production functions. J. Eco. 30: 91-107.
11. Charnes, A., W. W. Cooper and D. Rhodes. 1978. Measuring the efficiency of decision making unit. Eur. J. O. R. 2: 429-444.
12. Clyma, W. and M. Lodermilk. 1988. Improving the Management of Irrigation Agriculture: A Methodology for Diagnostic Analysis. Water Management Synthesis II (WMS), Report No. 95, Univ. Service Center, Colorado State Univ., Fort Collins, USA.
13. Douglas, and J. Merrey. 1997. Expanding the Frontiers of Irrigation Management Research. Int. Irrig. Manage. Institute, Colombo, Sri Lanka.
14. Farrel, M. 1957. The mesurement of productive efficiency. J. Roy. Sta. Soc. 120: 253-281.
15. Hialmarsson, L. and A. Veiderpass. 1992. Productivity in Swedish electricity retail distribution. Scand. J. Eco. 94: 193-205.
16. Jahanshahloo, G. R. and M. R. Alirezaee. 1992. Measuring the efficiency of academic units at the Teacher Training University. Proc. 26th Ann. Iranian Math. Conf. PP. 167-171.
17. Repetto, R. 1986. Skimming the water: rent seeking and the performance of public irrigation systems. World Resour. Institute, A Center for Policy Reaserch Report 4: 3-10.
18. Small, L. E. and M. Sevendsen. 1990. A framework for assessing irrigation performance. J. Irrig. Drain. Sys. 4: 283-312.

[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.2.5 ]