اولین کنفرانس ملی مدیریت عملکرد
جهاد دانشگاهی دانشکده مدیریت – دانشگاه تهران

ارزیابی عملکرد شرکتهای بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری به روش تحلیل پوششی داده‌ها[1]

محمدرضا علیرضائی, بهروز عربی[۲] و محمدجواد منعم[۳]
مؤسسه بین‌المللی تحقیق در عملیات بهین کارا[۴]

مقدمه

ارزیابی عملکرد بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و تعیین نقاط قوت و ضعف آنها به دلایل زیر مورد توجه مؤسسات بین المللی اعتباری و مراکز تحقیقات آبیاری از جمله مؤسسهIWMI [5] قرار گرفته است[۲۰] :

۱- عملکرد نامطلوب شبکه‌های آبیاری به دلایل متعددی از قبیل نقص در طراحی و اجرا، فقدان مدیریت شایسته و...

۲- حجم عظیم سرمایه‌گذاری انجام شده در آنها

۳- محدودیت منابع موجود جهت احداث پروژه‌های جدید

روشهایی که تاکنون برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری ارائه شده‌اند عمدتا" روشهای نظری و غیرکمی هستند و استانداردهایی برای مقایسه و بهبود عملکرد ارائه نمی‌کنند. روشهای کمی توصیه شده نیز بیشتر حالت موردی داشته و ارائه استانداردها یا صورت نگرفته یا مبتنی بر شرایط واقعی نبوده‌اند.

مشکل عدم وجود روش مناسب ارزیابی کمی و ارائه استانداردهای مناسب و واقع بینانه باعث شده که مطالعات بهبود عملکرد چندان موفق نباشد [۱۷] .

در این مقاله از روش ریاضی و کمی تحلیل پوششی داده‌ها که توسط چارنز، کوپرو رودز[6] [۱۹] در سال ۱۹۷۸ برای ارزیابی اقتصادی و تکنیکی واحدهای تصمیم گیرنده معرفی شد، جهت ارزیابی عملکرد هشت شبکه آبیاری کشور استفاده شده است.

روش تحلیل پوششی داده‌ها در حال حاضر به طور گسترده برای ارزیابی عملکرد (بهره‌وری) مؤسسات دولتی و غیر دولتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عنوان یکی از ابزارهای توانای مدیریت مطرح است[۱, ۲, ..., ۱۳] . بیش از ۲۵۰۰ مقاله، گزارش تخصصی، پایان‌نامه فوق لیسانس و رساله دکتری که طی دو دهه پیدایش DEA در زمینه‌های تئوری و کاربردش منتشر شده گواه بر قابلیت‌های این روش است. چارنز، کوپر و رودز (۱۹۷۸)[۱۹] این روش را که مبتنی بر

این مقاله برگرفته از پروژهٔ تحقیقاتی با همین عنوان با سازمان مدیریت منابع آب ایران است.

[۲] – استادیار دانشگاه تربیت معلم تهران

[۳] – استادیار دانشگاه تربیت مدرس

4 CR Behin-Cara, International Institute of Operations Research

5. International Water Management Institute

6.Charnes, Cooper, & Rhodes

برنامه‌ریزی ریاضی است به عنوان تعمیم روش دو نهاده و یک ستادهٔ فارل[1] (۱۹۵۷) [۲۱] به سیستمهای با نهاده‌های چندگانه و ستاده‌های چندگانه ارائه دادند. این روش در سال ۱۹۸۴ توسط بنکر[2]، چارنز و کوپر[۱۵] برای حالت با بازده به مقیاسهای صعودی، ثابت و نزولی تعمیم یافت. بعد از آن مدلهای متنوع با قابلیتهای زیادی به مجموعه مدلهای DEA اضافه شد. در حال حاضر مدلهای DEA در عمل قادر به پاسخگویی به اغلب مسائل مدیریت هستند.

قسمت اول این مقاله به معرفی کلی DEA و مدلهای اساسی آن و کارایی تکنیکی می‌پردازد. در قسمت بعد شبکه های مورد ارزیابی و شاخصهای ارزیابی عملکرد مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد ارائه می گردد و در نهایت پیشنهادات مطرح شده‌اند.

تحلیل پوششی داده‌ها و کارائی تکنیکی

در یک واحد تولیدی برای تعیین کارایی رابطه بین نهاده‌ها وستاده‌ها که همان تولید است مورد بررسی قرار می‌گیرد. رابطه بین نهاده‌ها و ستاده واحد ارزیابی شونده به عنوان تابع تولید [3] شناخته می‌شود. میزان انحراف تولید واقعی از تابع تولید میزان ناکارایی واحد ارزیابی شونده را نشان می‌دهد. تابع تولید با دو روش پارامتری و غیر پارامتری تخمین زده می‌شود. در روش پارامتری ابتدا تابع تولید به کمک چند پارامتر تعریف شده بعد از آن با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای پارامترهای تابع تولید و به تبع آن خود تابع تولید تعیین می‌شود.

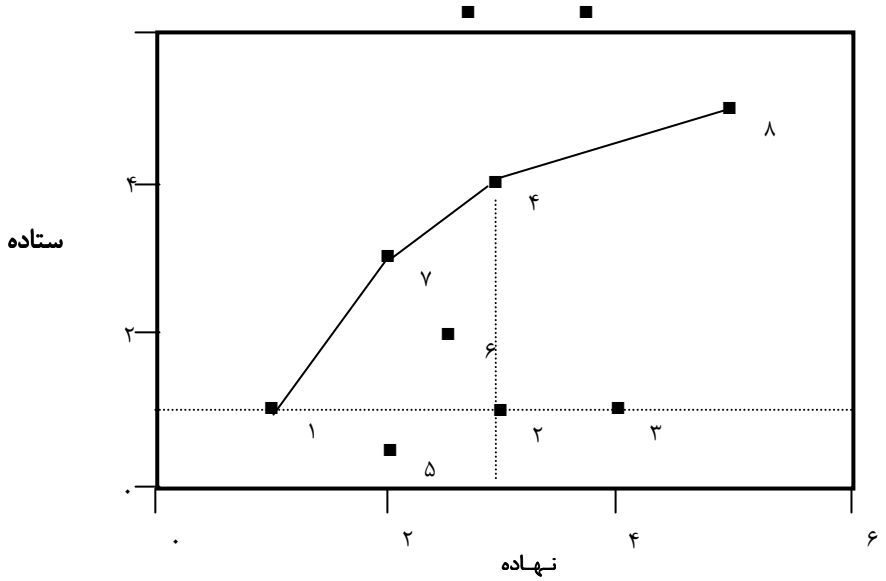
در تحلیل پوششی داده‌ها تابع تولید به روش غیر پارامتری تعیین می‌شود. از جمله محاسن روشهای غیر پارامتری این است که شکل مشخصی برای تابع تولید در نظر نمی‌گیرند و مستقیماً از داده‌های مشاهده شده استفاده می‌کنند. استفاده از روشهای غیر پارامتری برای تعیین کارائی، اولین بار توسط فارل در سال ۱۹۵۷ معرفی شد. در سال ۱۹۷۸ استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی در روش غیر پارامتری فارل، توسط چارنز، کوپر، و رودز مطرح شد که مدل‌های حاصل به تحلیل پوششی داده‌ها معروف گردید. تحلیل پوششی داده‌ها از دو تعریف زیر برای تعیین کارایی تکنیکی واحدهای ارزیابی شونده استفاده می‌نماید.

الف) کارائی عبارت است از نسبت مقدار ستاده به نهاده یک واحد

ب) واحدی نسبت به واحدهای دیگر کارا است که واحدی یا ترکیب خطی از بعضی واحدها نتواند مقدار ستاده آن واحد (واحد ارزیابی شونده) را با مقدار نهاده کمتر از نهاده‌های آن تولید نمایند، یا نتوانند با همان مقدار نهاده واحد ارزیابی شونده مقدار ستاده بیشتری تولید نمایند. برای تصور مطلب ساده‌ترین حالت ممکن که یک ستاده در برابر یک نهاده داریم را در نظر می‌گیریم و مقادیر ستاده در برابر نهاده متناظر را برای تمامی واحدها در دستگاه مختصات دو بعدی مانند شکل یک می‌آوریم. نقاط نظیر هر واحد در شکل یک مشاهده می‌شوند.

بین واحدهایی که یک مقدار ستاده را تولید می‌کنند (واحد۱و۲و۳) واحدی دارای کارایی بیشتر است که کمترین نهاده را مصرف می‌کند (واحد۱) و نیز بین واحدهایی که یک مقدار نهاده را مصرف می‌کنند (واحدهای۲و۴) واحدی دارای کارایی بیشتر است که بیشترین ستاده را تولید کند (واحد۴). نقاطی که دارای کارایی بیشتر هستند (واحد۱و۴) نقاط مرزی به حساب می‌آیند که منحنی پوش را تولید می‌کنند. اگر m نهاده و s ستاده داشته باشیم نقاط مرزی در فضای $m \times s$ بعدی باید جستجو شوند.

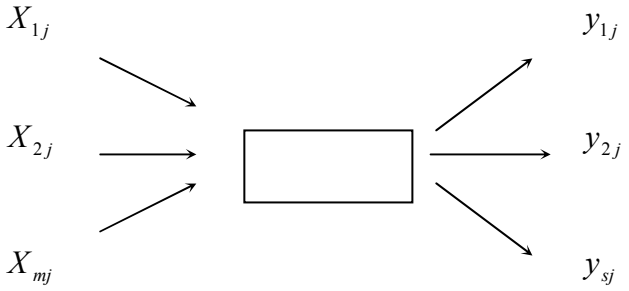
1.Farrell
2.Banker
3.Production



شکل (۱) : نمایش مقادیر یک ستاده در برابر یک نهاده برای هشت واحد مورد ارزیابی

مدلهای اولیه DEA برای تعیین کارایی و استانداردهای عملکرد برای واحدهای ارزیابی شونده به کار می‌روند. در این قسمت مدلهای اولیه استاندارد CCR و BCC که دراین تحقیق مورد استفاده قرارگرفته‌اند توضیح داده می‌شوند.

یکی از روشهای ساخت مدلهای اولیه استفاده از مجموعه امکان تولید است. حال مجموعه امکان تولید تشریح می‌شود. فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده مورد ارزیابی قرار گیرد و هرکدام از این واحدها از m ورودی برای تولید s خروجی استفاده می‌نماید. مثلاً واحد تصمیم‌گیرنده jام نهاده‌های x_{ij} $(i = 1,...,m)$ را برای تولید ستاده‌های y_{rj} $(r = 1,...,s)$ مانند شکل زیر مورد استفاده قرار دهد.



شکل (۲) : نمایش نهاده‌ها و ستاده‌های واحد jام

اگر X_j و Y_j به ترتیب بردار حاصل از نهاده‌ها و ستاده‌های واحد jام باشد مجموعه امکان تولید به صورت زیر تعریف می شود :

مجموعه امکان تولید مجموعه‌ای است از (X_t, Y_t)ها که Y_t می‌تواند بوسیله X_t تولید شود.یعنی:

$$T = \{(X_t, Y_t) \mid Y_t \geq 0 \text{ می‌تواند از } X_t \text{ تولید شوند}\} \quad (۱)$$

برای n واحد تصمیم گیرنده مذکور با استفاده از پنج اصل موضوع شمول مشاهدات، تحدب، بیکرانی اشعه، ناکارایی، کمینه برونیابی می‌توان دو مجموعه امکان تولید T_{BCC} و T_{CCR} را ساخت. ارائه یک شکل ساده یک نهاده و یک ستاده برای تشریح بعضی مقادیر مثل کارایی، بدست آوردن واحدهای مرجع، تخمین بازده به مقیاس با استناد به شکل و ارجاع به آن لازم است.

برای n واحد تصمیم‌گیرنده که هر یک از m نهاده جهت تولید S ستاده استفاده می‌نمایند دو مجموعه امکان تولید T_{CCR} و T_{BCC} تعریف می شود.

$$T_{CCR} = \left\{ (X_t, Y_t) \middle| X_t \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j, \quad Y_t \leq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j, \quad \lambda_j \geq 0 \right\} \quad (2)$$

$$T_{BCC} = \left\{ (X_t, Y_t) \middle| X_t \geq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j, \quad Y_t \leq \sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_j, \quad \sum \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0` \right\} \quad (3)$$

فرض کنید یک مدل DEA با ماهیت نهاده‌ای می‌خواهد واحد P با نهاده X_P و ستاده Y_P را ارزیابی نماید. برای این کار Y_P را ثابت در نظر گرفته و X_P را با ضرب در $\theta_P \leq 1$ کاهش می‌دهد و به دنبال می‌نیمم θ_P می‌گردد. این کار را تا جایی ادامه می‌دهد که $(\theta_P X_P$ و $Y_P)$ از مجموعه امکان تولید خارج نشود. در زیر مدل های CCR و BCC با ماهیتهای نهاده‌ای آمده است.

مدل :CCR با ماهیت نهاده‌ای

$$\theta_P^* = \min \theta_P$$
$$s.t. \quad (۴)$$
$$(\theta_P X_P, Y_P) \in T_{CCR}$$

در نهایت مدل CCR به صورت زیر فرمول بندی می شود :

$$\theta_P^* = \min \theta_P$$
$$s.t.$$
$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \leq \theta_P X_P \quad (۵)$$
$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \geq Y_p$$
$$\lambda_j \geq 0 \qquad j = 1, \ldots, n$$

مدل BCC با ماهیت نهاده‌ای :

$$\theta_P^* = \min \theta_P \quad s.t. \quad (\theta_P X_P, Y_P) \in T_{BCC} \qquad (۶)$$

در نهایت مدل BCC با ماهیت نهاده‌ای به صورت زیر در می‌آید :

$$\theta_P^* = \min \theta_P \quad s.t. \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \le \theta_P X_P \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_j \ge \theta_P Y_P \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad (۷)$$

$$\lambda_j \ge 0 \quad و \quad j = 1,...,n$$

مدلهای با ماهیت ستاده‌ای X_P را ثابت در نظر گرفته Y_P را با ضرب در $\phi_P \ge 1$ افزایش می‌دهند و به دنبال ماکزیمم ϕ_P می‌گردند، اینکار نیز تا جایی ادامه می‌یابد که $(X_P, \phi_P Y_P)$ از مجموعه امکان تولید خارج نشود .

ϕ_P^* که جواب بهین مدل با ماهیت نهاده‌ای است، میزان کارایی واحد P را نشان می‌دهد. که در مدلهای CCR و BCC ممکن است جوابهای متفاوت حاصل شود. این تفاوت ناشی از بازده به مقیاس پیش فرض مدل‌ها است. در مدل CCRفرض شده است جامعه دارای بازده به مقیاس ثابت می‌باشد، یعنی با افزایش نهاده‌ها ستاده‌ها به همان نسبت افزایش می‌یابند. ولی در مدل BCC بازده به مقیاس بصورت موضعی افزایشی، ثابت و کاهشی فرض می‌شود.

در مدل‌های CCR و BCC که تا اینجا مورد بحث قرار گرفت مرزهای کارائی شامل قسمت‌های قوی و قسمت‌های ضعیف بودند. قسمت‌های ضعیف آن قسمت از مرز هستند که با مدل با ماهیت مثلاً نهاده‌ای کارا و با مدل با ماهیت ستاده‌ای ناکارا هستند و یا بالعکس لذا برای تفکیک مرزهای ضعیف از مرزهای قوی صورت جدیدی از مدل‌ها بنا شد که عبارتند از مدل CCR با ε که در آن S_j^{-*}ها و S_j^-ها متغیرهای کمبود و مازاد متناظر با قیود نهاده‌ای و ستاده‌ای و ε بی نهایت کوچک غیر ارشمیدسی است. در اینصورت واحد Pام کارا است اگر : $\theta_P^* = 1$ و $S_i^{+*} = 0 ... i = 1,...,m$ و $S_r^{-*} = 0 ... r = 1,...,s$

در مواقعی که تعداد واحدهای تصمیم گیرنده خیلی بیشتر از مجموع تعداد نهاده‌ها و ستاده‌هاست اکثر واحدها کارا ارزیابی می‌شوند. چارنز و همکازان [۱۸] به عنوان یک قاعده تجربی این تعداد را حداقل سه برابر مجموع تعداد نهاده‌ها و ستاده‌ها پیشنهاد نموده است. یکی از راه‌حلهای رفع این نقیصه استفاده از مدل اندرسون- پیترسون [۱۴][1] است. در این مدل تعیین مرجع بدون استفاده از واحدهای مورد ارزیابی بر اساس سایر واحدها صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، مرجع

1. Anderson & Peterson

قرار گرفتن واحد تصمیم گیرنده را برای خود آن واحد رد می‌کند به عنوان نمونه مدل استاندارد CCR به صورت زیر تغییر می‌یابد.

$$\begin{aligned}
&\min \theta - 1S^{+} - 1S^{-} \\
&s.t. \\
&\sum_{j=1, j\neq p}^{n} \lambda_j X_j + S^{+} = \theta_P X_P \\
&\sum_{j=1, j\neq p}^{n} \lambda_j X_j + S^{-} = Y_P \\
&\lambda \ \rangle 0, \ldots j = 1, \ldots, n \\
&S^{+}, S^{-} \geq 0
\end{aligned} \qquad (۸)$$

سیستم‌های مورد ارزیابی و شاخصهای ارزیابی عملکرد

مسائل و مشکلات زیادی در تمامی مراحل مختلف طرحهای آبیاری کشور وجود دارند که ضرورت ارزیابی همه جانبه و ارائه راه‌کارهای بهبود عملکرد آنها را ایجاب می‌نماید. در این تحقیق از بین شبکه‌های آبیاری کشور هشت شبکه جهت ارزیابی انتخاب شده‌اند. در این انتخاب سعی شده که شبکه‌ها حتی‌المقدور در کلیات عوامل مؤثر بر عملکرد شبیه به هم باشند. به عنوان مثال تمامی واحدها مدرن بوده و غالباً دارای سیستم کنترل از بالادست می‌باشند. این شبکه‌ها عبارتند از: شبکه‌های آبیاری ورامین، گرمسار، قزوین، گلستان، زاینده‌رود، بهبهان، مغان و میناب.

عوامل زیادی بر عملکرد شبکه‌های آبیاری مؤثر است. عملکرد شبکه‌های آبیاری تحت تأثیر دو عامل اصلی فیزیکی و مدیریتی است. بطوری که نمی‌توان تأثیر هیچ یک از این دو عامل را بر دیگری برتری داد. بعضی از عوامل فیزیکی مؤثر در عملکرد شبکه‌های آبیاری عبارتند از: طراحی، ساخت، و شرایط محلی. منظور از عامل مدیریتی نیز مجموعه فعالیتهای شرکتهای بهره‌برداری و اثرگذاری سایر عوامل انسانی روی شبکه‌های آبیاری می‌باشد. شرکتهای بهره‌برداری با بکارگیری عواملی چون سرمایه، پرسنل و ماشین آلات فعالیتهایی از قبیل توزیع آب، تعمیر و نگهداری شبکه، جلب مشارکت زارعین در بهره‌برداری و نگهداری شبکه و متشکل نمودن زارعین، سعی در بهبود عملکرد شبکه دارند. در این تحقیق به دلیل تأثیر و تأثر شبکه‌های آبیاری و شرکتهای بهره‌برداری از آنها در عملکرد یکدیگر جهت ارزیابی آنها، ترکیب آنها به صورت یک سیستم در نظر گرفته شده است. و این سیستمها مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

دیدگاههای مختلفی برای ارزیابی عملکرد می توان در نظر گرفت که در هر یک از این دیدگاهها از تعدادی از عوامل مربوط به شبکه‌های آبیاری یا سیستم‌های محیطی آن استفاده می‌شود. این دیدگاهها عبارتند از: دیدگاههای مدیریتی، فنی، اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی و زیست محیطی. در این تحقیق با استفاده وسیعی که از تحقیقات باس و همکاران [۱۶] بعمل آمده عوامل مؤثر بر عملکرد شبکه برای هریک از دیدگاههای فوق تعیین شده است. انتخاب عوامل مؤثر بر عملکرد از بین مجموعه عوامل مربوط به دیدگاههای مختلف مطرح شده، براساس 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[1] استفاده می‌شود. شاخص عملکرد ترکیبی از عوامل مؤثر در عملکرد می‌باشند. شاخصهای عملکرد علاوه بر اندازه‌گیری یک کمیت بخصوص مانند دبی کانال، چنانچه همراه با

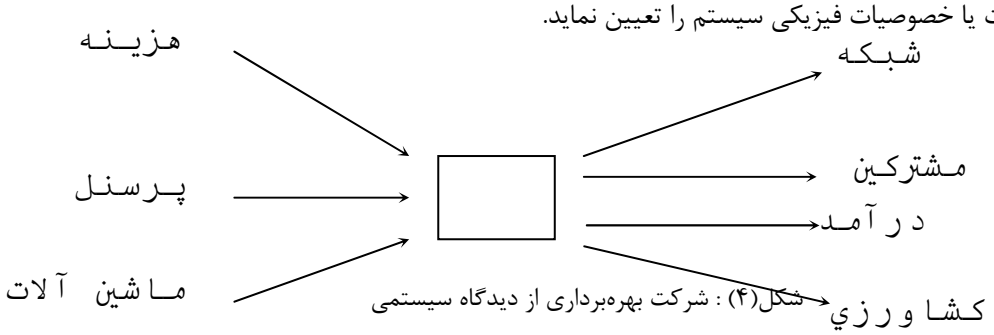
[1] Performance Indicators

استانداردهای مناسب ارائه شوند نمایانگر کیفیت سرویس و خدمات ارائه شده نیز می‌باشند. شاخص‌ها شامل سه نوع ساده (عوامل ساده مؤثر در عملکرد)، نسبی (تقسیم دو عامل ساده مؤثر در عملکرد)، و ترکیبی (ترکیبی از عوامل مؤثر در عملکرد که می‌تواند ترکیبی از شاخص‌های ساده و نسبی باشد) می‌باشند. در این تحقیق به دلیل سهولت تحلیل در ارزیابی و محدود بودن تعداد نهاده‌ها و ستاده‌ها در روش تحلیل پوششی داده‌ها از شاخصهای ترکیبی استفاده شده است. به علت آنکه 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 اهمیتش داده شده است. در این ارزیابی ضرایب مذکور از طریق قضاوت کارشناسی و مشاوره با کارشناسان مربوطه بدست آمده‌اند. در ارزیابی به روش تحلیل پوششی داده‌ها عوامل باید به دو دسته نهاده‌ها و ستاده‌ها تقسیم شوند. نهاده (ورودی) منابع مورد استفاده سیستم و ستاده (خروجی) حاصل عملیات و فعالیتهای سیستم می‌باشد. به تبع این تقسیم‌بندی به شاخصها نیز بر حسب اینکه عوامل جزئی آنها نهاده یا ستاده باشند شاخص‌های نهاده‌ای یا شاخص‌های ستاده‌ای گفته می‌شود. در این ارزیابی از شاخص‌های نهاده‌ای شامل شاخص‌های شبکه، هزینه، نیروی انسانی (پرسنل) و ماشین آلات و شاخص‌های ستاده‌ای شامل شاخص‌های کشاورزی، درآمد و مشترکین جهت ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری استفاده شده است. شاخص‌ها و عوامل جزئی تشکیل دهندهٔ آنها در جدول ضمیمه ۱ و۲ ارائه شده‌اند. مجموعه تعداد عناوین اطلاعاتی جمع آوری شده برای محاسبه شاخص‌ها و ارزیابی شبکه‌های آبیاری بالغ بر ۱۰۲ عنوان می‌گردد. به کمک این شاخص‌ها شبکه آبیاری از دیدگاه سیستمی به صورت شکل ۳ نمایش داده می‌شود.

شکل (۳) : شبکه آبیاری از دیدگاه سیستمی

به منظور تفکیک ارزیابی عملکرد شرکتهای بهره‌برداری از عملکرد کلی سیستم ، شاخص شبکه به عنوان مجموعه‌ای که سرویس گیرنده از شرکت بهره‌برداری می‌باشد باید به عنوان ستاده یا خروجی در نظر گرفته شود. هرکدام از دو سیستم بطور 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 خصوصیات فیزیکی سیستم را تعیین نماید.



شکل(۴) : شرکت بهره‌برداری از دیدگاه سیستمی

نتایج ارزیابی عملکرد

تعداد واحدهای تصمیم‌گیری در این تحقیق هشت عدد بوده که بنا به توصیه چارنز و کوپر مجموع تعداد نهاده‌ها و ستاده‌های در نظر گرفته شده باید حداقل سه برابر این مقدار یعنی بیست و چهار عدد باشد، لذا در این ارزیابی از مدل اندرسون و پیترسون استفاده شده است.

برای شبکه‌های آبیاری می‌توان بازده به مقیاس ثابت یا حداکثر کاهشی در نظر گرفت. زیرا در ابتدای کار ممکن است افزایش نهاده‌های سیستم مانند تعداد سازه‌های کنترل ، ماشین آلات ، پرسنل و ... موجب افزایش قابل توجه ستاده سیستم گردد اما به تدریج با افزایش بیشتر این نهاده‌ها انتظار نمی‌رود که میزان ستاده سیستم به همان نسبت اولیه افزایش یابد. در مجموع می‌توان استنتاج نمود که بازده به مقیاس برای شبکه‌های آبیاری و زهکشی کاهشی و یا حداکثر ثابت می‌باشد. بنابراین جهت ارزیابی شبکه‌های آبیاری استفاده از مدل کاهشی (CCR-BCC) یا ثابت (CCR) را می‌توان توصیه نمود. که در این تحقیق از بازده به مقیاس ثابت استفاده شد.

در این تحقیق با استفاده از نرم افزار GAMS/MINOS از مدل CCR با ماهیت نهاده‌ای و از نوع اندرسون و پیترسون[1] استفاده شده است. این مدل توانست سیستم‌ها را ارزیابی نموده و درجه کارایی آنها را تعیین نماید. نتایج حاصل از ارزیابی سیستم‌های آبیاری به کمک مدل CCR با ماهیت نهاده‌ای و از نوع اندرسون و پیترسون درجداول ضمیمه ۳و۴ ارائه شده است. در این جداول سیستم‌های مورد ارزیابی ، درجه کارایی آنها ، واحدهای مرجع و ضرایب نظیر واحدهای مرجع ارائه شده است. به عنوان مثال باتوجه به جدول ۳ می توان اظهار داشت که شبکه میراب دارای کارایی ۳/۳۸ است و واحدهای مراجع آن عبارتند از : شبکه آبیاری قزوین با ضرایب ۱/۷ و شبکه آبیاری ورامین با ضریب ۱/۵۹ . بدین معنی که ترکیب خطی از شبکه آبیاری قزوین با ضرایب ۱/۷۵ و شبکه آبیاری ورامین با ضریب ۱/۵۹ می‌تواند ستاده‌ای برابر با ستاده شبکه میراب زاینده رود تولید کند با این تفاوت که ورودی آن ترکیب ۳/۳۸ برابر ورودی شبکه میراب زاینده رود خواهد بود. یعنی هیچ ترکیب خطی از واحدهای دیگر وجود ندارد که بتواند خروجی برابر با خروجی زاینده رود را با ورودی کمتری تولید نماید.

خلاصه این نتایج به شرح زیر است:

الف) شبکهٔ آبیاری میراب و شرکت میراب زاینده رود از میان ۸ شبکه و شرکت مورد بررسی دارای بالاترین کارایی می باشند .

ب) سیستم‌های آبیاری میناب و ورامین از هر دو جنبه شبکه و شرکت ناکارا هستند . بنابراین جهت بهبود عملکرد در این سیستم‌ها باید در هر دو جنبهٔ شبکه و مدیریت آن سرمایه‌گذاری نمود.

ج) شبکه‌های گلستان و بهبهان کارا و شرکت‌های بهره‌برداری از آنها ناکارا هستند . لذا جهت بهبود عملکرد باید به بهبود ویژگیهای شرکت‌های بهره‌برداری آنها پرداخت .

د) شبکه‌های گرمسار، قزوین و مغان و شرکت‌های بهره‌برداری از آنها کارا هستند . اما در مقایسه با یکدیگر یا با شبکه زاینده رود و شرکت میراب تا حدودی دارای پتانسیل بهبود می‌باشند.

قابل ذکر است که نتایج حاصله با توجه به ماهیت روش DEA که ارزیابی نسبی واحدهای مشابه را انجام می‌دهد بدست آمده. بدیهی است اگر چه سعی شده شبکه‌هائی انتخاب شوند که مشابهت بیشتری داشته باشند و در اغلب زمینه‌های فنی و مدیریتی اینگونه است، ولی در برخی ویژگی‌ها مانند شرائط اقلیمی یا وضعیت اراضی عدم مشابهت‌هائی وجود دارد که در نتایج ارزیابی منعکس میباشد. بنا بر این نتایج ارزیابی را می‌بایست با علم به این مسئله تفسیر نمود.

1.Andersen and Petersen

با استفاده از این روش علاوه بر تعیین کارایی سیستم‌های مورد ارزیابی و رتبه‌بندی آنها بر اساس درجه کارایی تعیین شده که اطلاعات لازم را جهت تصمیم‌گیری در مورد سیاست‌های بهبود عملکرد ارائه می‌نمایند ، استانداردهای عملکرد نیز برای سیستم‌های آبیاری تعیین شده است. استاندارد حاصله برای هر کدام از واحدها ترکیب خطی واحدهای مرجع با ضرائب مربوطه و برای مجموعه واحدها واحدی که دارای بالاترین کارائی است می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های روش‌های ارزیابی موجود و عدم توانایی آنها در ارائه استانداردهای واقع بینانه و پیشنهاد راه‌کارهای عملی بهبود، روش DEA می‌تواند به عنوان یک روش کارآمد که محدودیت‌های روشهای موجود را ندارد تلقی گردد.

پیشنهادات

با نظر به اینکه استفاده از روش DEA برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری در سطح ملی و بین‌المللی برای اولین بار است که صورت گرفته جهت دستیابی به نتایج دقیقتر پیشنهادهای ذیل ارائه می گردد:

۱- ایجاد سیستم‌های اطلاعاتی مدیریتی[1] جهت هماهنگی سیستم‌های اطلاعاتی، سهولت جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه و تحلیل و استمرار ارزیابی‌های ادواری.

۲ - استفاده از شاخص‌هایی که منعکس کننده اهم ویژگیهای واحدهای مورد ارزیابی بوده و بیانگر خصوصیات کیفی آنها نیز باشند.

۳ - تقسیم بندی کاملتر عوامل به صورت نهاده و ستاده.

۴ - تعیین ضرایب اهمیت عوامل جزئی شاخص‌ها با روش‌های کمی مناسبتر.

۵ - تحقیق بر روی بازده به مقیاس سیستم‌های آبیاری.

۶ - افزایش تعداد شبکه‌های مورد ارزیابی.

۷ - انجام تحلیل حساسیت و ارائه راه‌کارهای بهبود عملکرد بصورت مشخص‌تر با بکارگیری مدلهای دوگان.

فهرست منابع

علیرضائی، محمدرضا، نصرت ا... علمدار (۱۹۹۸) "ارزیابی عملکرد نیروگاههای بخاری، گازی و آبی و تعیین کارایی تکنیکی آنها به کمک تحلیل پوششی داده‌ها،" گزارش فارسی سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق.

علیرضائی، محمدرضا، مجید ظرافت انگیز، و نصرت ا... علمدار (۱۳۷۸) "ارزیابی عملکرد شرکتهای توزیع برق کشور به کمک تحلیل پوششی داده‌ها،" فصلنامهٔ علمی-پژوهشی مدیریت وتوسعه، شماره۲، ص۶۱ الی ۷۰

علیرضائی، محمدرضا، بهروز دانشیان (۱۳۷۸) "سیستم پشتیبانی تصمیم برای تعیین تعداد بهینهٔ پرسنل در نیروگاه‌های برق،" فصلنامهٔ علمی-پژوهشی مدیریت وتوسعه، شماره۳، ص ۴۰ الی ۴۸ .

علیرضائی، محمدرضا، (۱۳۷۹) "ارزیابی عملکرد و راهکارهای بهینهٔ عملکرد بانکهای تجاری،" گزارش کنگرهٔ ملی بهره‌وری ایران.

علیرضائی، محمدرضا، نیلوفر علیزاد (۱۳۷۹) "ارزیابی عملکرد بانکها به کمک تحلیل پوششی داده‌ها،" *مجموعهٔ مقالات دومین همایش بررسی ابعاد ارزیابی عملکرد دستگاههای اجرایی کشور در جشنوارهٔ شهید رجائی*، صفحات ۱۷۹ الی ۱۸۸.

علیرضائی، محمدرضا، بهروز دانشیان، و مجید ایرانمنش (۱۳۷۹) "ارزیابی عملکرد ادارات کل وزارت راه و ترابری به کمک تحلیل پوششی داده‌ها،" *مجموعهٔ مقالات دومین همایش بررسی ابعاد ارزیابی عملکرد دستگاههای اجرایی کشور در جشنوارهٔ شهید رجائی*، صفحات ۷ الی ۱۴.

۷.علمدارا، نصرت‌الله (۱۳۷۳)، "ارزیابی عملکرد نیروگاهها و تعیین میزان بهره‌وری به کمک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)"پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مدیریت عملیات و بهره‌برداری، مؤسسه تحقیقات و آموزش مدیریت.

1 Management Information System (MIS)

Alirezaee, M. R., M. Howland, and C. van de Panne, (1995) ," A Large Scale Study of Bank Branch Efficiency," Paper presented at the 37th National Conference of the Canadian Operational Research Society, May 23-25,1995in Calgary .

Alirezaee, M. R., M. Howland, and C. van de Panne, (1998) , "Sampling Size and Efficiency Bias in Data Envelopment Analysis," Journal of Applied Mathematics & Decision Sciences, Vol.2, No. 1, pp51-64.

Alirezaee, M. R., (1996) , Evaluation of Efficiency Bias in Data Envelopment Analysis, Ph. D. Thesis, University for Teacher Education.

Alirezaee, M. R., (1998) , "Controlled Envelopment by Face Extension for VRS Models in DEA with an Empirical Investigation," Journal of Science, Forthcoming.

Alirezaee, M. R., (1999) , "Measuring Technical Progress and Efficiency of the Industrial Section of Iran with Data Envelopment Analysis," Paper presented at the First Conference in Optimization and its Applications, Nov.17-19,Mashhad, Iran .

Alirezaee, M. R., C. van de Pannel, (1998) , "Efficiency Bias in DEA: A Simulation Study on a Large Scale Bank Branches," Economics and Management, Vol.37,pp89-105

Andersen, p., Petersen, N.C. (1983) , "A procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis". Management Science, 39: 1261- 1264.

Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W . (1984), " Some Methods for Estimating Technical and Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", Management Science, 30 N.9 1078

Bos, M.G., Murray - Rust, D.H., Merrey, D.J., Johnson, H.G., and Snellen, W.B. (1994), "Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management", Irrigation and Drainage systems, 7: 231-261

Chambers, R. (1988), "Managing Canal Irrigation Practical Analysis from South Asia", Intitute of Development Studies University of Sussex, Cambridge UK. pp279 .

Charnens, A., Cooper, W.W, Golany, B., Seiford, L. and Stutz, J. (1985)," Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto - Coopmans Efficient Empirical Production Functions", Journal of Econometrics, 30: 91-107

Charnes, A., Cooper, W.W and Rhodes, D. (1987), "Measuring the Efficiency of Decision Making Unit", European Journal of Operational Research, 2: 429-444.

Douglas, and Merrey, J. (1997), "Expanding the Frontiers of Irrigation Management Research", International, Irrigation, Management, Institute.

Farrell, M. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General),120 : 253-281

ضمیمه:

جدول(۱) : شاخص ارزیابی عملکرد

تعداد شاخص	پارامتر مشخصه	تعریف شاخص	تعداد عناوین اطلاعاتی جمع آوری شده
شبکه	**N**	$N=N_1+N_2+N_3+N_4+N_5+N_6+N_7+N_8+N_9$	۲۶
هزینه	**C**	$C=\frac{70C_1+30C_2}{100}$	۱۲
پرسنل	$\mathbf{P}_e$	$P_e=\frac{P_{e_1}+P_{e_2}}{2}$	۷
ماشین‌آلات	**M**	$M=\frac{40M_1+25M_2+25M_3+10M_4}{100}$	۸
کشاورزی	**A**	$A=\frac{60A_1+20A_2+20A_3}{100}$	۲۰
درآمد	**R**	$R=\sum_{i=1}^{N}A_iC_i(W)$	۲۹
مشترکین	**S**	$S=\frac{30S_1+70S_2}{100}$	۱

ادامه ضمیمه

جدول(۲) : عوامل جزیی شاخصهای ارزیابی عملکرد

شرح پارامترهای عوامل جزئی	تعریف عامل جزئی	عامل جزئی مشخصه	عامل جزئی
سطح تحت پوشش شبکهA	$N_1=0.22A$	سطح تحت پوشش شبکه	N_1
حجم آب ورودی به شبکه	$N_2=0.19V$	حجم آب ورودی به شبکه	N_2
$(\sum Q_iL_i)_1$برابرمجموع طول در ظرفیت در بازه‌های مختلف کانال درجه یک	$N_3=0.14(\sum Q_iL_i)_1$	طول و ظرفیت کانال	N_3
$(\sum Q_iL_i)_2$برابرمجموع طول در ظرفیت در بازه‌های مختلف کانال درجه دو	$N_4=0.13(\sum Q_iL_i)_2$	طول و ظرفیت کانال	N_4
$\sum nQ$برابر مجموع حاصلضرب تعداد در ظرفیت آب بندها	$N_5=0.1(\sum nQ)$	سازه‌های آب بند	N_5
$(\sum nQ)_1$برابر مجموع حاصلضرب تعداد درظرفیت دریچه‌های آبگیر در کانال درجه یک	$N_6=0.08(\sum nQ)_1$	سازه‌های آبگیر	N_6
$(\sum nQ)_2$برابر مجموع حاصلضرب تعداد درظرفیت دریچه‌های آبگیر در کانال درجه دو	$N_7=0.08(\sum nQ)_2$	سازه‌های آبگیر	N_7
$\sum LQ$برابر مجموع حاصلضرب طول در ظرفیت سیفونها	$N_8=0.05(\sum LQ)$	سیفون	N_8
$\sum HQ$ برابر مجموع حاصلضرب ارتفاع در ظرفیت دراپها	$N_9=0.05(\sum HQ)$	دراپ	N_9
		هزینه تعمیر و نگهداری	C_1
		هزینه پرسنلی	C_2

P_{e_1}	شاخص تخصصی پرسنل	$P_{e_1}=\frac{2P_1+2P_2+2P_3+1P_4+1P_5}{100}$	تعداد پرسنل فوق لیسانس P_1، لیسانس P_2، فوق دیپلم P_3، دیپلم P_4 و زیر دیپلم P_5
P_{e_2}	شاخص مسئولیتی پرسنل	$P_{e_2}=\frac{75P_6+25P_7}{100}$	تعداد پرسنل اجرایی (P_6) و اداری P_7
M_1	ماشین‌آلات سنگین	تعداد ماشین آلات سنگین	
M_2	ماشین‌آلات سبک	تعداد ماشین آلات سبک	
M_3	موتور سیکلت	تعداد موتور سیکلت	
M_4	اتومبیل صحرایی، مینی‌بوس و اتوبوس	تعداد اتومبیل صحرایی ، مینی بوس و اتوبوس	
A_1	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	
A_2	متوسط عملکرد محصول	$A_2=\frac{\sum_{i=1}^{n}A_iP_i}{\sum_{i=1}^{n}A_i}$	N تعداد محصولات ، A_i سطح زیر کشت محصول I و P_i متوسط عملکرد محصول
A_3	ارزش محصولات شبکه	$A_3=\sum_{i=1}^{n}A_i p_i c_i(y)$	N تعداد محصولات، A_i : سطح زیر کشت محصول I و $C_i(y)$: ارزش محصول I
R	شاخص درآمد	$R=\sum_{i=1}^{n}A_i c_i(w)$	N : تعداد محصولات ، A_i : سطح زیر کشت محصول i و $C_i(w)$: آب بهای هر هکتار برای محصول
s_1	تعداد قرارداد منعقده	$s_1=n$	N : تعداد قراردادهای منعقده
s_2	متوسط سطح زیر کشت تحت اختیار هر تشکل	$s_2=\frac{\sum A_i}{n}$	A_i : سطح زیر کشت تحت اختیار قرارداد I n : تعداد قراردادها

ادامه ضمیمه

جدول (۳) : نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری با استفاده از مدل $(CCR_P - I)_{AP}$

ضر(ا)یب نظیر واحد(های) مرجع	واحد(های) مرجع	درجه کارایی	شبکه مورد ارزیابی
۱/۷۵۴۵ ۱/۵۹۷۲	قزوین ورامین	۳/۳۸۰۳	میراب
۰/۳۹۷۱ ۰/۰۲۸۴	گلستان مغان	۲/۳۴۷۹	گرمسار
۰/۱۰۸۴ ۰/۲۲۵۷	گرمسار میراب	۲/۰۸۴۷	گلستان
۰/۸۴۰۱	گرمسار	۱/۳۵۵۱	قزوین

۰/۰۸۶۰	میراب		
۷/۴۲۷۴	قزوین	۱/۲۳۷۹	مغان
۰/۵۰۱۷ ۰/۱۷۸۰	گرمسار میراب	۰/۹۶۵۵	بهبهان
۰/۳۵۹۲ ۰/۰۶۰۸ ۰/۲۹۲۸	گرمسار گلستان میراب	۰/۶۲۶۹	ورامین
۰/۳۴۸۲ ۰/۱۳۱۸	گرمسار میراب	۰/۵۵۴۹	میناب

ادامه ضمیمه:

جدول (۴) نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد شرکت‌های بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری با استفاده از مدل $(CCR_P - I)_{AP}$

ضر(ا)یب نظیر واحد(های) مرجع	واحد(های) مرجع	درجه کارایی	شبکه مورد ارزیابی
۱/۷۵۴۵ ۱/۵۹۷۲	قزوین ورامین	۰/۳۸۰۳	میراب
۰/۱۳۴۴ ۰/۱۸۶۴	مغان میراب	۲/۰۱۹۲	قزوین
۷/۴۲۴۷	قزوین	۱/۲۳۷۹	مغان
۱/۲۴۸۲	قزوین	۱/۲۰۵۲	گرمسار
۰/۲۴۵۴ ۰/۲۹۰۹	قزوین میراب	۰/۶۹۰۵	بهبهان
۰/۴۶۰۹ ۰/۱۳۶۷	قزوین میراب	۰/۵۶۱۱	گلستان
۰/۲۱۶۰ ۰/۳۷۱۴	قزوین	۰/۴۸۱۲	ورامین
۰/۳۳۸۸ ۰/۱۳۱۵	قزوین میراب	۰/۴۷۵۱	میناب