

**Evaluating the Water and Wastewater  
Enterprises in Provincial Water Sector Using  
Mathematical Programming Model**J. Rezaee<sup>1\*</sup>, H. Eydmoammadzadeh<sup>2</sup>,  
M. Faghihnasiri<sup>3</sup> and A. Garshasbi<sup>4</sup>**Abstract**

According to definitions in economical literature, efficiency means maximum output with a definite amount of input or minimum input with a definite amount of output. In general, there are two main approaches for measuring efficiency; Parametric method and Non-parametric method. In this paper, the performance efficiency of the Iranian Provincial Water and Wastewater Enterprises is evaluated using the Nonparametric method which is based on mathematical programming methods. The main advantage of data envelopment analysis in comparison with other methods is to evaluate the efficiency of units that have several input and output. In this paper, according to output and input data for the Iranian year of 1385, the efficiency of Enterprises in different provinces were evaluated considering the constant return to scale and the variable return to scale. The results showed that, subject to the constant return to scale, the nine provinces of Hamedan, Markazi, Southern Khorasan, Sistan and Balochestan, Mazandaran, Zanjan, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Qazvin, and Tehran have the highest efficiencies with the average of 79 percent. For the second assumption, Kerman, Fras, Semnan, and Ilam are the efficient provinces with the average efficiency of 86 percent. Finally, the operation of Hamedan Water and Wastewater Enterprise is considered as a pattern that other inefficient enterprises should follow.

**Keywords:** Technical Efficiency, Management Efficiency, Scale Efficiency, Data Development Analysis, Mathematical Programming

**ارزیابی کارایی شرکتهای آب و فاضلاب شهری در  
بخش آب در استانهای کشور با استفاده از مدل  
برنامه ریزی ریاضی**جواد رضائی<sup>۱\*</sup>، حسن عیدمحمدزاده<sup>۲</sup>،  
مرجان فقیه نصیری<sup>۳</sup> و علیرضا گرشاسبی<sup>۴</sup>**چکیده**

بنا به تعریف کارایی در ادبیات اقتصادی حداکثر ستانده با میزان معینی از نهاده یا حداقل نهاده با میزان معینی از ستانده می باشد. امروزه به منظور اندازه گیری کارایی از دو روش استفاده می شود که عبارتند از: ۱- روش پارامتری ۲- روش ناپارامتری. در این مقاله با توجه به روش ناپارامتری که بر پایه روش های برنامه ریزی ریاضی استوار می باشد، به ارزیابی کارایی شرکتهای آب و فاضلاب شهری در بخش آب در استانهای کشور پرداخته شده است. شایان ذکر است که مزیت عمده روش تحلیل پوششی داده ها نسبت به سایر روشهای موجود برای اندازه گیری کارایی، این است که می توان به وسیله آن کارایی واحدهایی را که دارای چند ورودی و چند خروجی (غیر قابل تبدیل به هم) می باشند، ارزیابی نمود. در مقاله حاضر، با توجه به ورودی ها و خروجی ها طی سال ۱۳۸۵، به ارزیابی کارایی شرکتهای آب و فاضلاب شهری در بخش آب در استانهای کشور با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی با دو فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد که با فرض اول؛ شرکتهای همدان، مرکزی، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان، مازندران، زنجان، کهگیلویه و بویر احمد، قزوین و تهران از بیشترین کارایی برخوردار بوده و متوسط کارایی تحت این فرض ۷۹ درصد می باشد. با در نظر داشتن فرض دوم؛ شرکتهای کرمان، فارس، سمنان و ایلام نیز به جمع شرکتهای کارا می پیوندند که متوسط کارایی تحت این فرض ۸۶ درصد می باشد. در نهایت با توجه به الگو بودن شرکت آب و فاضلاب استان همدان بر اساس یافته های این تحقیق می توان گفت که شرکتهای ناکارا به منظور افزایش کارایی می بایست شرکت آب و فاضلاب استان همدان را الگوی خود قرار دهند.

**کلمات کلیدی:** کارایی فنی، کارایی مدیریتی، کارایی مقیاسی، تحلیل پوششی داده ها و مدل برنامه ریزی ریاضی

تاریخ دریافت مقاله: ۸ اسفند ۱۳۸۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۳۰ خرداد ۱۳۸۹

1- M.A. in Economics, Faculty member of institute for trade studies & research, Email: jrezaee@yahoo.com  
2- M.A. in Economics, Faculty member of allameh mohadese noori, Email: H\_mohazadeh@yahoo.com  
3- Ph.D. in Economics, Assistant professor the university of payame noor., Email: marjanin@yahoo.com  
4- M.A. in Economics, expert of deputy Ministry for planning and economic affairs, Email: h\_garshasbi13@yahoo.com  
\*- Corresponding Author

۱- کارشناس ارشد اقتصاد، عضو هیئت علمی موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی  
۲- کارشناسی ارشد اقتصاد، عضو هیئت علمی موسسه غیرانتفاعی علامه محدث نوری  
۳- دکترای اقتصاد، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور  
۴- کارشناس ارشد اقتصاد، پژوهشگر معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی  
\*- نویسنده مسئول

بخش می‌گردد به هدر نرود. که این امر نیز با تعیین و تشخیص میزان کارایی در شرکتهای مزبور میسر خواهد شد.

در مجموع می‌توان گفت در این مطالعه بدنبال پاسخ به این سؤال اساسی هستیم که آیا شرکتهای آب و فاضلاب با تمام امکانات موجود - این قابلیت و انعطاف پذیری را دارد که بتوانیم میزان آب تولیدی را در آن افزایش دهیم و با همین میزان نهاده مقدار ستاده بیشتری داشته باشیم؟ آیا شرکتهای آب و فاضلاب به شکل بهینه عمل می‌کنند یا خیر؟ علاوه بر این می‌توان به هر شرکت آب و فاضلاب استانی به تنهایی نگاه کرد و این پرسش را مطرح نمود که شرکت مزبور با توجه به نهاده‌هایی که در اختیارش قرار می‌گیرد و مقدار ستانده ای که از آن حاصل می‌گردد، آیا می‌توان شرکت را به عنوان یک شرکت کارا قلمداد نمود؟ و اگر پاسخ منفی است، فعالیت شرکت در کدام استان می‌تواند الگو برای افزایش کارایی آن شرکت مورد نظر قرار گیرد؟ به منظور پاسخ به این سؤال در این مطالعه از مفهوم کارایی استفاده گردیده است و با توجه به پرسشهای مطرح شده در این مطالعه با توجه به قابلیت‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، از این روش به منظور پاسخگویی به این پرسشهای اساسی استفاده گردیده است.

## ۲- کارایی (تعریف، روشهای محاسبه)

انسان همواره سعی بر آن داشته که حداکثر نتیجه را با کمترین امکانات و عوامل موجود بدست آورد، این کوششها را می‌توان دستیابی به کارایی بالاتر نامید. کارایی دارای مفهومی بسیار فراگیر بوده و بیشتر در سه حوزه مهندسی، مدیریت و اقتصادی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. از این رو تعاریف متفاوتی در منابع مختلف از کارایی ارائه گردیده است. که در زیر به ارائه برخی از آنها پرداخته گردیده است.

فارال<sup>۲</sup> (۱۹۵۷) اولین محقق بود که در زمینه کارایی، فعالیت‌های مختلفی انجام داده و روشی برای ارزیابی آن پیشنهاد نموده است. وی در مقاله‌ای تحت عنوان اندازه‌گیری کارایی تولید در سال ۱۹۵۷، کارایی یک بنگاه را «تولید یک ستانده به حد کافی بیشتر از یک مقدار مفروض نهاده تعریف کرده است» همچنین فارل با استفاده از این تعریف به بیان انواع کارایی به صورت زیر پرداخته است.

### الف: کارایی فنی<sup>۳</sup>:

اگر در شکل زیر منحنی مرزی  $AA'$  مکان هندسی نقاطی که نشان‌دهنده حداقل ترکیباتی از دو نهاده  $X_1, X_2$  برای تولید یک

اصل کمیابی و تخصیص بهینه منابع موضوعی است که همواره ذهن بشر را به خود مشغول ساخته است، این محدودیت و کمیابی در تمام زمینه‌ها از جمله عوامل تولید و به تبع آن کالاها و خدمات کاملاً محسوس است، از اینرو انسانها برای ایجاد شرایط بهتر برای زندگی چاره ای جز استفاده هر چه بهتر از امکانات موجود جهت دسترسی به تولید بیشتر و با کیفیت بالاتر نیست و در حال حاضر آنچه که به روشنی پاسخگوی این نیاز می‌باشد، مفهوم مقوله کارایی است.

در اینجا سعی خواهد شد مفهوم فوق در خصوص شرکتهای آب و فاضلاب شهری در بخش آب مورد بررسی و تدقیق قرار گیرد.

آب از دیرباز نقشی حیاتی در زندگی انسان داشته است و در حال حاضر بحران آب به صورت یکی از مسائل بحث برانگیز در میان دانشمندان، محققان و دولتمردان کشورهای جهان درآمده است. محدودیت منابع آب شیرین در بسیاری از کشورها بصورت یک معضل جدی است به طوری این محدودیت توانسته رشد این کشورها را تحت شعاع قرار دهد. کشور ما نیز از یک طرف به دلیل کم بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و از طرف دیگر به دلیل افزایش رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های اقتصادی روز به روز با افزایش تقاضای آب مواجه است. بنابراین اندازه‌گیری کارایی در توزیع آب میان مشترکین یکی از معیارهایی است که می‌تواند به ما در قضاوت در خصوص بهینه بودن توزیع آب در استانهای مختلف کشور کمک نماید.

ملاحظه آمارهای موجود نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۵ شرکتهای آب و فاضلاب شهری در کل کشور با بهره‌گیری از ۳۱۴۱۱ نفر نیروی انسانی، ۸۸۷۱۲۲۵ فقره انشعاب و ۱۰۱۳۸۸۱۱ متر مکعب حجم مخازن، میزان ۲۶۷۹۸۷۹۶۷۷ هزار متر مکعب آب تولید نموده است.

در این مطالعه به بررسی جایگاه هر یک از شرکتهای آب و فاضلاب در استانهای کشور به لحاظ کارایی در بخش آب پرداخته خواهد شد.

همچنین در این مطالعه بدنبال پاسخ به این سؤال هستیم که آیا در شرکتهای آب و فاضلاب در استانهای کشور، منابع موجود به صورت بهینه تخصیص می‌یابد یا خیر؟ چرا که قبل از توسعه می‌بایست بستر به کارگیری منابع طوری باشد که منابعی که در آینده وارد این

### الف- روش‌های پارامتری

روش‌های پارامتری به روشهایی اطلاق می‌شود که در آنها ابتدا یک شکل خاص برای تابع تولید در نظر گرفته می‌شود. سپس با یکی از روشهای برآورد توابع که در آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، ضرایب مجهول (پارامترهای) این تابع برآورد می‌شود که مهمترین آنها عبارتند از:

- تابع تولید مرزی تصادفی<sup>۷</sup>
- تابع سود<sup>۸</sup>

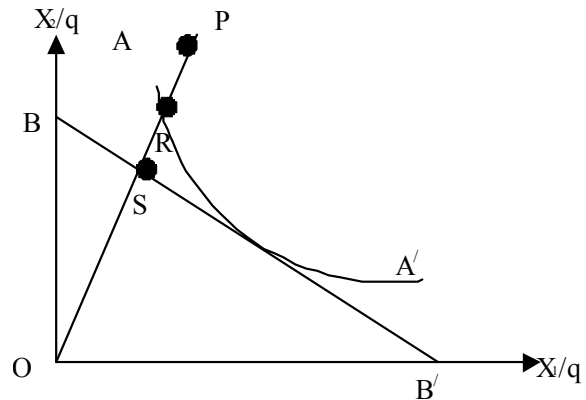
### ب- روش‌های ناپارامتری

روش مطرح دیگر به منظور ارزیابی کارایی، روش ناپارامتری می‌باشد که در این روش با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی کارایی بنگاهها پرداخته خواهد شد. حال آنکه در این روش دیگر نیازی به برآورد تابع تولید نمی‌باشد و نیز چنانچه بنگاه مورد نظر دارای چند خروجی متفاوت باشد، این روش در ارزیابی کارایی با مشکلی مواجه نخواهد بود. روش تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به عنوان یکی از روشهای ناپارامتری معرفی نمود که در این روش با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی واحدهای مورد نظر پرداخته خواهد شد.

روش‌های پارامتری برای ارزیابی کارایی واحدهای تولیدی که یک ستاده دارند و یا در صورت داشتن ستاده بیشتر بتوان این ستاده‌ها را به یکدیگر - یا به یک واحد ستاده یکسان - تبدیل کرد، مناسب هستند. اما فرض کنید بخواهیم کارایی دو واحد خدماتی در آموزش را با هم مقایسه نماییم و این واحدها بیش از یک ستاده داشته باشند، به عنوان مثال دو نمونه از این ستاده‌ها تعداد فارغ التحصیلان و تعداد مقالات پذیرفته شده در مجلات معتبر باشند که توسط هر واحد حاصل گردیده است و هیچ شاخصی جهت تبدیل یکی از این دو به دیگری نداشته، در عین حال هیچ توافق کلی در مورد وزن یا اهمیت هر یک از این دو وجود نداشته باشد. حال اگر بخواهیم از روشهای قبلی، کارایی را ارزیابی و سپس مقایسه نماییم، عملاً غیر ممکن خواهد بود. چرا که ما ستاده واحدی جهت برآورد تابعی به عنوان تابع تولید مرزی نداریم. این مشکل یکی از مشکلات ارزیابی کارایی به روش تابع تولید مرزی است. از طرفی در تمامی روشهای ارزیابی کارایی با استفاده توابع تولید مرزی یک شکل خاص برای تابع تولید تصریح می‌گردد و فروضی برای متغیر جزء تصادفی اعمال می‌گردد که در عمل ممکن است نقض گردد. برای حل مشکلات فوق می‌توان از روشی به نام روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود. در این روش برای ارزیابی کارایی هر واحد، ابتدا یک واحد مجازی ایجاد

واحد محصول باشد و نقطه P بیانگر عملکرد یک بنگاه خاص جهت تولید یک واحد محصول باشد، آنگاه کارایی فنی برای این بنگاه را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد (امامی میبیدی، ۱۳۷۹)

$$\text{کارایی فنی} = \frac{OR}{OP}$$



به بیان دیگر، بنگاه مورد نظر می‌بایست به منظور دارا بودن عملکرد کارا از دو نهاده  $X_1, X_2$  در وضعیت نقطه R استفاده نماید.

### ب: کارایی تخصیصی<sup>۴</sup>:

این نوع کارایی، به تخصیص بهینه عوامل تولید با توجه به قیمت این عوامل اطلاق می‌شود و بیان می‌کند که علت تغییر ترکیب استفاده از عوامل تولید، تغییر قیمت عوامل تولید می‌باشد.

در این حالت با توجه به منحنی هزینه همسان  $BB'$  که ترکیبات هزینه‌ای مختلف برای تولید یک واحد محصول را نشان می‌دهد، کاراترین ترکیب فنی را که از لحاظ تخصیصی نیز کارا باشد، به صورت زیر محاسبه می‌نماید.

$$\text{کارایی تخصیصی} = \frac{OS}{OR}$$

دیدگاه فارل را می‌توان به عنوان پایه اساسی روش مورد بحث (تحلیل پوششی داده‌ها) در این مطالعه قلمداد نمود.

به منظور ارزیابی کارایی روش‌های متفاوتی از سوی پژوهشگران مختلف ارائه شده است که عمدتاً می‌توان آنها را به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم بندی نمود.

<sup>۵</sup> - روش‌های پارامتری

<sup>۶</sup> - روش‌های ناپارامتری

می‌کنند که به صورت ترکیبی خطی از سایر واحدهای تصمیم‌گیری است. سپس ستاده حاصل از این واحد تصمیم‌گیری مجازی را که با بکار بردن نهاده یکی از واحدهای تصمیم‌گیری بدست می‌آید، با ستاده واقعی این واحد مقایسه می‌کنند و به این ترتیب اقدام به ارزیابی کارایی می‌نمایند.

### ۳- ادبیات تحلیل پوششی داده‌ها

بحث تحلیل پوششی داده‌ها با تز دکتری ادوارد رودز<sup>۹</sup> تحت راهنمایی کوپر<sup>۱۰</sup> شروع شد، که پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس آمریکا را در سال ۱۹۷۸ مورد ارزیابی قرار داده بود. وی نتایج این مطالعات را با همکاری چارلز<sup>۱۱</sup> و کوپر (۱۹۹۴) در مقاله‌ای که به CCR معروف گردید، انتشار داد. CCR با تبدیل ورودی‌ها و خروجی‌های چند گانه به یک ورودی و یک خروجی روش بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی را برای تعمیم اندازه کارایی یک ورودی و یک خروجی فارل (۱۹۵۷) به حالت ورودی و خروجی چند گانه به کار برد. سپس بنکر<sup>۱۲</sup> و همکاران (۱۹۸۴) مقاله‌ای منتشر نمودند که در آن مدلی به نام BCC<sup>۱۳</sup> که مخفف اسامی معرفان این مدل است، مطرح نمودند. در این مدل بحث بازده به مقیاس نیز به مدل CCR اضافه شد. (شایان ذکر است که این مدل‌ها به افتخار پدیدآورندگان آنها با همان نام خوانده می‌شوند - حروف اختصاری)

### ۴- مبانی نظری تحلیل پوششی داده‌ها

در حالت اولیه، روش تحلیل پوششی داده‌ها به ارائه مدل زیر به منظور اندازه‌گیری کارایی نسبی می‌پردازد (امامی میبیدی، ۱۳۷۹).

$$MAX \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{ro}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io}} \quad (1)$$

$$S.T \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{ij}} \leq 1 \quad i=1,2,\dots,n \quad r=1,2,\dots,s$$

$$u_{ro}, v_{io} \geq 0 \quad j=1,2,\dots,m$$

$u_{ro}$ : وزنهای خروجی‌های استان  $O$  ام

$v_{io}$ : وزنهای ورودی‌های استان  $O$  ام

$X_{io}$ : ورودی‌های استان  $O$  ام  $Y_{ro}$ : خروجی‌های استان  $O$  ام

$X_{ij}$ : ورودی‌های استانهای دیگر  $Y_{rj}$ : خروجی‌های استانهای دیگر

$j, i, r$ : به ترتیب تعداد استان، ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌باشند.

به عبارت دیگر در روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت موزون خروجی‌ها و ورودی‌ها را ماکزیم می‌نماییم به این شرط که همین ضرایب در سایر بنگاهها کارایی آنها را از واحد بیشتر ننماید.

از آنجا که مدل فوق یک مدل غیر خطی است، به منظور سهولت در

حل مدل فوق با فرض  $\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io} = 1$  آن را به یک مدل خطی

تبدیل می‌نماییم. که در نهایت با اعمال یکسری عملیات ریاضی و با توجه به دوآل مدل فوق داریم:

$$Min \quad \theta \quad (2)$$

$$S.t \quad - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0$$

$$\lambda > 0$$

که در آن  $\lambda$  یک بردار  $1 \times N$  شامل اعداد ثابت می‌باشد که وزنه‌های مجموعه مرجع برای  $\theta$  را نشان می‌دهد. مقادیر اسکالر بدست آمده که کارایی بنگاهها خواهد بود، شرط  $\theta \leq 1$  را تأمین می‌نماید. مدل فوق را در روش DEA مدل CCR می‌نامند.

### ۴-۱- بازده به مقیاس در تحلیل پوششی داده‌ها:

همانطور که می‌دانیم مفهوم بازده به مقیاس زمانی مطرح می‌شود که بخواهیم بدانیم اگر ورودی‌ها را به یک نسبت مشخصی تغییر دهیم، خروجی‌ها چه تغییری خواهند نمود. این بحث را با فروضی می‌توان در مدل DEA گنجانده که بواسطه آن دو نتیجه مهم عاید می‌شود. اول اینکه کارایی فنی به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تفکیک می‌گردد و دوم اینکه بنگاههای بزرگ از بنگاههای کوچک تمیز داده می‌شود.

### ۴-۱-۱- بازده به مقیاس ثابت:

فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تنها در صورتی قابل اعمال است که بنگاهها در مقیاس بهینه عمل نمایند (قسمت مسطح منحنی هزینه متوسط بلند مدت) (امامی میبیدی، ۱۳۷۹).

مدل CCR با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، کارایی را به گونه‌ای ارائه می‌نمود که در برگیرنده کارایی فنی خالص یعنی کارایی ناشی از مدیریت و کارایی ناشی از صرفه‌جویی مقیاس یک بنگاه بود. لیکن از آنجا که برای ارزیابی تأثیرات تغییر و اصلاح ساختاری، اطلاعاتی در مورد کارایی مقیاس مورد نیاز است و همچنین برای

تشویق مدیران نمونه، داشتن اطلاعاتی در مورد کارائی ناشی از مدیریت ضرورت می‌یابد، لازم است اهمیت تفکیک این دو کارائی از هم روشن گردد.

#### ۴-۱-۲- بازده به مقیاس متغیر:

بانکر و همکاران (۱۹۸۴)، مدل CCR را به گونه‌ای بسط دادند که بازده متغیر نسبت به مقیاس را در برگیرد.

انجام این مهم در فرموله کردن مسئله دوگان در برنامه‌ریزی خطی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس بوسیله اضافه نمودن محدودیت  $NI'\lambda \leq 1$  (قید تحدب) به این مدل می‌باشد، در این حالت محاسبات با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس انجام می‌شود.

بطوریکه:

$$\text{Min } \theta \quad (3)$$

$$S.t \quad - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0$$

$$\theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0$$

$$NI'\lambda = 1 \quad \lambda > 0$$

مدل فوق با قید بازده متغیر نسبت به مقیاس مشخص نمی‌کند که آیا بنگاه در ناحیه بازده صعودی یا نزولی نسبت به مقیاس فعالیت می‌نماید. این مهم در عمل با مقایسه قید بازده غیرصعودی نسبت به مقیاس  $NI'\lambda \leq 1$  صورت می‌گیرد.

بطوریکه:

$$\text{Min } \theta \quad (4)$$

$$S.t \quad - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0$$

$$\theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0$$

$$NI'\lambda \leq 1 \quad \lambda > 0$$

به عبارت دیگر، ماهیت نوع بازده در عدم کارائی مقیاس برای یک بنگاه خاص با مقایسه مقدار کارائی فنی در حالت بازده غیرصعودی نسبت به مقیاس و با مقدار کارائی فنی بازده متغیر نسبت به مقیاس تعیین می‌شود. بدین صورت که اگر این دو با هم مساوی باشند، آنگاه بنگاه مورد نظر با بازده نزولی نسبت به مقیاس مواجه می‌باشد و در غیر این صورت، شرط بازده صعودی نسبت به مقیاس برقرار خواهد بود. مدل فوق را در روش DEA، مدل BCC با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس می‌نامند. بر اساس مدل BCC،

کارایی محاسبه شده در مدل CCR به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تقسیم می‌شود.

#### ۵- ورودی‌ها و خروجی‌های مدل DEA

در این بررسی عملکرد هر شرکت آب و فاضلاب به عنوان یک واحد قلمداد می‌گردد که دارای یک سری ورودی و خروجی می‌باشد. ورودی‌های هر شرکت در واقع عبارتست از آنچه که در اختیار آن شرکت قرار داده شده تا با استفاده از آنها، خروجی یا خروجی‌هایی تولید شود.

بدین ترتیب ورودی‌های در نظر گرفته شده در این بررسی عبارتند از: ۱- نیروی انسانی ۲- تعداد انشعابات آب ۳- حجم کل مخازن. همچنین خروجی‌های این مطالعه عبارتند از: ۱- میزان تولید آب ۲- درآمد آب بها.

در زیر با شرح مختصری به بررسی ورودی‌ها و خروجی‌های در نظر گرفته شده برای هر یک از شرکتهای آب و فاضلاب در استانهای کشور پرداخته خواهد شد.

#### ۵-۱-۱- ورودی‌ها

ورودی در تحلیل پوششی داده‌ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم، با ثابت فرض کردن سایر شرایط (شامل خروجی)، کارایی را کاهش خواهد داد.

#### ۵-۱-۱-۱- نیروی انسانی

بی شک فعالیت شرکتهای آب و فاضلاب را افرادی به عنوان نیروی انسانی شاغل در آن شرکت هدایت، کنترل و مدیریت می‌کنند. این افراد بر حسب تخصص و تجربه خود در زمینه‌های مختلف مشغول به کارند و نقش مهمی را در بهینگی انجام کارها دارند.

طبیعتاً در شرکتهای آب و فاضلاب، شرکتی کاراتر از سایر شرکتهای می‌باشد که، هم به اندازه مناسب و لازم از نیروی انسانی استفاده کرده باشد و هم این نیروی کار را به شکل مناسب به فعالیت مختلف تخصیص داده باشد. بدیهی است هرگونه قصور در هر یک از اینها باعث تنزل کارایی می‌گردد.

## ۵-۱-۲- تعداد انشعابات آب

تعداد انشعابات آب به عنوان عامل کلیدی و کارآمد در شرکتهای آب و فاضلاب استانهای کشور تلقی می‌شود. تخصیص بهینه و کارایی تعداد انشعابات براساس اصول و ضوابط استاندارد این منابع در جهت بهبود وضعیت عملکرد آنها امری حیاتی تلقی می‌گردد.

## ۵-۱-۳- حجم کل مخازن

حجم کل مخازن نیز به عنوان یک نهاد اصلی در فعالیت شرکتهای آب و فاضلاب محسوب می‌شود که به عنوان یکی از ورودی‌ها، وارد مدل شده است.

## ۵-۲- خروجی

خروجی در تحلیل پوششی داده‌ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم با ثابت فرض کردن سایر شرایط (شامل ورودی)، کارایی را افزایش خواهد داد.

## ۵-۲-۱- میزان تولید آب

یکی از خروجی‌هایی که در مدل از آن استفاده شده است، میزان تولید آب در هر شرکت طی سال ۱۳۸۵ می‌باشد.

## ۵-۲-۲- درآمد آب بها

یکی دیگر از خروجی‌های مورد استفاده در این روش، درآمد آب بها حاصل از فعالیت در شرکتهای آب و فاضلاب طی سال ۱۳۸۵ در هر استان می‌باشد.

## ۶- استخراج نتایج مدل<sup>۱۷</sup>

همانطور که در مقدمه اشاره شد، فرآیند تحقیق به نحوی است که با در نظر گرفتن ورودی‌ها و خروجی‌ها و ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها، مقایسه‌ای میان استان‌های مختلف انجام می‌پذیرد. لذا در این مقاله از دو مدل CCR با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و BCC با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس استفاده شده است.

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین کارایی مقیاس ۰/۹۲۱ و میانگین کارایی مدیریت ۰/۸۶۷ می‌باشد. این بدین معنی است که شرکتهای آب و فاضلاب با ثابت فرض کردن سایر شرایط هم به لحاظ مقیاس و هم به لحاظ مدیریت، دارای فضای خالی می‌باشند، بنابراین می‌بایست ترتیبی اتخاذ گردد که از این منابع بطور

بهینه استفاده گردد. موضوع دیگری که با توجه به نتایج کارایی می‌توان به آن اشاره نمود، این است که میانگین کل کارایی در شرکتهای آب و فاضلاب ۰/۷۹۶ می‌باشد به عبارت دیگر می‌توان گفت هر شرکت بدون افزایش ورودی‌های خود و با همین امکانات موجود می‌تواند خروجی خود را ۲۱٪ افزایش دهد. بدین ترتیب می‌توان براساس یک فرآیند علمی ادعا نمود که شرکتهای آب و فاضلاب ۲۱٪ زیر ظرفیت فعالیت می‌نمایند.

## ۷- رتبه بندی شرکتهای دارای کارایی واحد

با نگاه اجمالی به کارایی فنی مندرج در جدول ۱، ملاحظه می‌شود که ۹ شرکت به عنوان الگو تعیین شده‌اند، چرا که کارایی فنی آنها توأما برابر یک (کارایی واحد) می‌باشد و لازم است که برای رتبه‌بندی کلیه شرکتهای، شرکتهای مرجع (با کارایی واحد) را نیز مورد مقایسه قرار دهیم. در این خصوص، می‌توان با استفاده از دو روش بیان شده در بخش (۴-۲) این مقاله، اقدام به اولویت‌بندی شرکتهای آب و فاضلاب مرجع نماییم. بنابراین برای هر یک از شرکتهای ابتدا رابطه (۵) برقرار می‌شود و سپس شرکتهای بر اساس نتایج حاصله اولویت‌بندی می‌شوند.

در ادامه شیوه اولویت‌بندی بر اساس نتایج فوق با استفاده از دو روش اشاره شده، ارایه خواهد شد.

## ۷-۱- روش تعداد دفعات

اولین روش، مراجعه به تعداد دفعاتی است که شرکت مورد نظر، الگو و یا مرجع سایر شرکتهای قرار گرفته است. بر این اساس استانی که به تعداد دفعات بیشتری الگو می‌باشد، در جایگاه بالاتری قرار می‌گیرد. لذا با توجه به این روش، شرکتهای آب و فاضلاب استان مرکزی و همدان به لحاظ آنکه دفعات بیشتری به عنوان الگو مطرح بوده‌اند، رتبه اول را در میان سایر استان‌ها به خود اختصاص می‌دهند.

## ۷-۲- روش مجموع وزنی تعداد دفعات

روش دیگری که برای رتبه‌بندی مطرح گردید، مراجعه به مجموع وزنی استان‌های دارای کارایی واحد (مرجع) در هر بار الگو شدن برای سایر استان‌ها می‌باشد. چنانچه بازای هر بار الگو شدن استان‌های مرجع، میانگین وزنی آن‌ها را جمع نماییم، وزن هر یک از استان‌های با کارایی واحد محاسبه می‌شود. با توجه به این روش خوزستان به عنوان رتبه اول در میان سایر استان‌ها مطرح خواهد بود. جدول ۳ جمع‌بندی حاصل از روش اشاره شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میزان انواع کارائی شرکتهای آب و فاضلاب به تفکیک استان‌ها در سال ۱۳۸۵

نام استان	کارایی فنی	کارایی مدیریتی	کارایی مقیاس	نوع بازده به مقیاس
آذربایجان شرقی	۰/۷۳۳	۰/۹۳۴	۰/۷۸۵	کاهنده
آذربایجان غربی	۰/۶۹۹	۰/۸۲۹	۰/۸۴۳	کاهنده
اردبیل	۰/۵۶۶	۰/۵۵۸	۰/۹۹۷	فزاینده
اصفهان	۰/۶۲۶	۰/۷۶۶	۰/۸۱۶	کاهنده
خوزستان	۰/۵۲۳	۰/۵۲۷	۰/۹۹۳	فزاینده
ایلام	۰/۷۵۹	۱	۰/۷۵۹	فزاینده
بوشهر	۰/۷۱۵	۰/۸۴۰	۰/۸۵۱	فزاینده
تهران	۱	۱	۱	ثابت
چهارمحال بختیاری	۰/۶۷۱	۰/۷۲۲	۰/۹۲۹	فزاینده
خراسان رضوی	۰/۷۰۶	۰/۷۳۹	۰/۹۵۶	کاهنده
خراسان جنوبی	۰/۷۴۴	۱	۰/۷۴۴	فزاینده
خراسان شمالی	۰/۷۱۹	۰/۹۸۵	۰/۷۳۰	فزاینده
زنجان	۱	۱	۱	ثابت
سمنان	۰/۸۱۵	۱	۰/۸۱۵	فزاینده
سیستان و بلوچستان	۱	۱	۱	ثابت
فارس	۰/۸۱۸	۱	۰/۸۱۸	ثابت
قزوین	۱	۱	۱	ثابت
قم	۰/۷۰۲	۰/۸۷۵	۰/۸۰۳	فزاینده
کردستان	۰/۵۲۷	۰/۵۴۹	۰/۹۶۹۰	فزاینده
کرمان	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۹۹	کاهنده
کرمانشاه	۰/۷۲۹	۰/۷۳۶	۰/۹۹۰	فزاینده
کهگیلویه و بویر احمد	۱	۱	۱	ثابت
گلستان	۰/۸۵۰	۰/۹۰۸	۰/۹۳۶	فزاینده
گیلان	۰/۴۹۰	۰/۵۲۰	۰/۹۴۲	کاهنده
لرستان	۰/۷۶۸	۰/۷۹۳	۰/۹۶۹	کاهنده
مازندران	۱	۱	۱	ثابت
مرکزی	۱	۱	۱	ثابت
هرمزگان	۱	۱	۱	ثابت
همدان	۱	۱	۱	ثابت
یزد	۰/۷۲۴	۰/۷۳۳	۰/۹۸۷	فزاینده
میانگین	۰/۷۹۶	۰/۸۶۷	۰/۲۱۹	

ماخذ: محاسبات محققین

## جدول ۲- روش تعداد دفعات الگو بودن در روش تحلیل پوششی داده‌ها

نام استان	تعداد
همدان	۷
مرکزی	۷
تهران	۶
مازندران	۶
سیستان و بلوچستان	۶
خراسان جنوبی	۴
قزوین	۴
کهگیلویه و بویر احمد	۳
زنجان	۲

ماخذ: محاسبات محققین

## جدول ۳- روش مجموع وزنی دفعات الگو بودن در روش تحلیل پوششی داده‌ها

نام استان	تعداد
همدان	3/133
مرکزی	2/64
خراسان جنوبی	2/505
سیستان و بلوچستان	1/953
مازندران	1/707
زنجان	0/942
کهگیلویه و بویر احمد	0/801
قزوین	0/779
تهران	0/402

ماخذ: محاسبات محققین

فاضلاب استان‌های کشور طی سال ۱۳۸۵ نشان می‌دهد که کارایی فنی شرکت‌های مزبور با میانگین ۰/۷۹۶ از وضعیت ایده‌آل برخوردار نمی‌باشد و تنها ۹ شرکت در حالت کارایی کامل یا ۱۰۰٪ فعالیت می‌نمایند. کارایی مدیریتی شرکتها نیز با میانگین ۰/۸۶۷ وضعیت عملکردی نسبتاً مطلوبی را نشان می‌دهد. به نحویکه ۱۴ شرکت بعنوان شرکت‌های کارا محسوب می‌شوند. لیکن کارایی مقیاسی با میانگین ۰/۹۲۱ بیانگر وضعیت مطلوبتری است.

در نهایت، استفاده از ۲۱ درصد ظرفیت خالی با الگوبرداری از شرکت‌های آب و فاضلاب همدان می‌تواند استفاده بهینه از منابع را در بخش آب میسر سازد.

### پی‌نوشت‌ها

- 1- Data Envelopment Analysis
- 2- Farrel
- 3- Technical Efficiency
- 4- Allocative Efficiency
- 5- Parametric Method
- 6- Non Parametric Method
- 7- Stochastic Frontier Production Function Method
- 8- Profit Function Method
- 9- Edward Rhodes
- 10- Cooper
- 11- Charnes
- 12- Banker
- ۱۳- مدل BCC (Banker, Charnes and Cooper) و CCR (Charnes, Cooper and Rhodes) دو نام اختصاری است که به نام ایجادکنندگان آنها نام‌گذاری شده است.
- 14- Banker, R.D. A. Charnes and W.W.Cooper(1984)
- ۱۵- آمارهای مربوطه در این بخش بر گرفته از منابع آماری وزارت کار و امور اجتماعی می‌باشد. با عنایت به مشکلات مربوط به جمع‌آوری آمار و اطلاعات و عدم تغییرات سریع در کارایی بنگاه‌ها در طی زمان برای اندازه‌گیری کارایی از آخرین اطلاعات موجود استفاده است.

۱۶- نتایج مطالعه براساس نرم افزار DEAP2 استخراج شده است.

### ۹- مراجع

امامی میبدی، ع. (۱۳۷۹)، اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری، تهران، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی.

Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984), "Some Models For Estimating Technical Scale Efficiencies in Envelopment Analysis", *Management Science*. Vol.30.No9 ,pp.1078-1092

لازم بذکر است از آنجا که روش مذکور از یک پایه تئوریک مستدلی برخوردار است، لذا می‌توان به نتایج حاصل از این روش اعتماد بیشتری داشت.

### ۸- جمع بندی و توصیه‌های سیاستی

از آنجاییکه روش تحلیل پوششی داده‌ها قابلیت ارائه نتایج با دو ماهیت ورودی و خروجی را دارد، لذا از قدرت بیشتری در ارائه راهکار برای افزایش کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب در استانهای کشور برخوردار است. با این توصیف، نتایج ارزیابی کارایی شرکت‌های آب و



- Meimand, M., Cavana, R.Y. and Laking, R. (2002), "Using DEA and survival analysis for measuring performance of branches in New Zealand's accident compensation corporation", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 33 No. 3, pp. 303-13.
- Miller, G. (2001), The development of indicators for sustainable tourism: results of a Delphi survey of tourism researchers. *Tourism Management*. 22, pp.351-362.
- Schmidt, P. and Sickles R.C. (1984), "Production Frontiers and Panel Data", *Journal of Business and Economics Statistics*, 44, pp.367-374.
- Solow, R. (1957), "Technical Change and The Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39, pp. 312-320.
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units" *European Journal of operational Research* 2, pp.429-444
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Lewin, A.Y. (1994), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- Cooper, W., Seiford, L.M. and Tone, K. (1999), *Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- Farrell, M. (1957), "the Measurement of Productive Efficiency" *Journal of the Royal Statistics Society*, Series A, Vol. 120, n.3, pp.253-281