

Efficiency Effect of Unification on Iranian Water and Wastewater Companies Using Data Envelopment Analysis

Akbar Khodabakhshi 

Assistant Professor, Department of Economics,
Faculty of Economics and Social Sciences, Bu
Ali Sina University, Hamadan, Iran

Mahdi Torkamani* 

Ph.D. Student in Economics, Bu Ali Sina
University, Hamadan, Iran.

Abstract

Water utilities provide one of the most crucial services to boost the health and welfare of communities. In Iran, urban and rural water utilities operated independently until 2019, with separate entities serving each province's urban and rural populations. To enhance efficiency in 2019 by law the rural water utilities were attached to the urban ones and provincial unified water utilities were formed. For water utilities, this brought about enormous changes in terms of organizational structure and scale of operation. In order to determine the efficiency effects of the change, this paper compares the efficiency of water utility services in each province before and after the unification. To do so, a non-parametric method for measuring efficiency in the form of Data Envelopment Analysis (DEA), with Variable Returns to Scale (VAR) was used. "Labor forces" and "assets" of the companies were taken as inputs, and "number of water connections" and the "number of wastewater connections" as outputs and the effects of the changes in the efficiency of all 31 provincial and 3 independent water utilities before and after unification were compared. Results show that the weighted average of efficiency in the whole water and wastewater sector was improved from .66 in 2018 to .75 in 2021, and unification has improved the average efficiency score in the water utility sector in Iran.

Introduction

In Iran, until 2019 water and wastewater utilities used to deliver water and sanitation services separately as different URBAN water utilities and RURAL water utilities. Hence in each province, there existed two different water

* Corresponding Author. mtorkamani@nww.ir

How to Cite: Torkamani, M. & Khodabakhshi, A. (2025). Efficiency Effect of Unification on Iranian Water and Wastewater Companies Using Data Envelopment Analysis. *Economics Research*, 24(92), 204-224.

utilities. In 1919 by law the rural water utilities were attached to the urban ones and provincial UNIFIED water utilities were formed. The unification was an enormous change in terms of organizational structure and scale of operation for water and wastewater services in the country. To determine the efficiency effects of the change, we compared the efficiency of water utility services in each province before and after the unification. Specifically, we were to answer the following question:

Did the unification of water utilities improve efficiency in the sector?

Methods and Material

For efficiency measurement in economic firms as decision-making units, there are different ways among which Data Envelopment Analysis (DEA) is one of the most popular. To answer the above question, the non-parametric method for measuring efficiency in the form of Data Envelopment Analysis (DEA) was used. Since a water and wastewater utility is a Natural Monopoly and there exist increasing returns to scale, we assumed Variable Returns to Scale (VAR). Among many other inputs in a water and wastewater utility, and similar to the explanation of production functions in most of the studies, we used “Labor forces” and “assets” of the companies for inputs as the proxies for labor and capital. For output, the issue is more sophisticated since namely, only the water distributed and wastewater collected are the final products. But in a country as big and diverse as Iran, much more can be regarded as output instead of water distributed and wastewater collected. The utilities have a lot to do to reach the final product any of which could be regarded as a proxy for the final product. These include “total water distributed”, “total wastewater collected”, “length of distribution network”, “number of water or wastewater connections”, “number of water or wastewater purification plants” and so on. Since the total water distributed is a function of water demand by water connections, and also it is affected by water resources available for the utilities to distribute, it seems that the best variables to take as the output are “Number of water connections” and the “number of wastewater connections” instead of total water distributed or total wastewater collected because as mentioned, where and when there are water shortages and in the times of water stress, water crises or drought, the water distributed is affected and further on, the wastewater collected is affected too while the water utility is still operating properly and the operation is not seen.

Results and Discussion

Measuring efficiency in water and wastewater companies in a country with diverse geographical areas of service is sophisticated since the selection of appropriate inputs and outputs must be made carefully with regard to the diversity of variables that can be taken as inputs and outputs. Having this point in mind and taking the Data Envelopment Analysis (DEA) technique, “total labor forces” and “total assets” as inputs and “number of water connections” and “number of wastewater connections” as outputs, the efficiency of the water and wastewater companies BEFORE and AFTER unification were

calculated. Results show that the effect for all 31 provincial and 3 independent water and wastewater companies was not the same. The unification has had a positive effect in 11 provinces, a neutral effect on 9 provinces, and a negative effect on 14 provinces. However, comparing the weighted average and simple average of efficiency in the whole water and wastewater sector in the country shows the overall result has improved efficiency score.

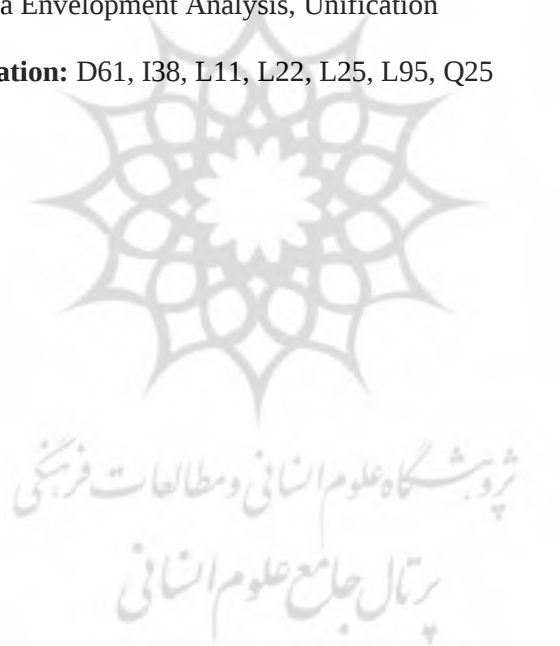
Conclusion

The results show that although the effects of unification inside each province might be positive, neutral, or negative, but in terms of overall efficiency in the whole country, the unification has improved the average efficiency score in the water and wastewater companies in Iran.

Acknowledgments

Keywords: Efficiency, Decision-Making Unit, Water and Wastewater Company, Data Envelopment Analysis, Unification

JEL Classification: D61, I38, L11, L22, L25, L95, Q25





تأثیر یکپارچه‌سازی بر کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها^۱

استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

اکبر خداابخشی

دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

مهدی ترکمنی*

چکیده

شرکت‌های آب و فاضلاب (آبفا) تأمین کننده یکی از مهمترین خدمات لازم برای تأمین رفاه و بهداشت جامعه‌اند. در ایران قبلاً فعالیت این شرکت‌ها در مناطق شهری و روستایی به طور مجزا تعریف شده بود و در هر استان شرکت آبفا روستایی به نواحی روستایی و شرکت آبفا شهری به مناطق شهری خدمات ارائه می‌کرد. به منظور افزایش کارایی این بخش، در سال ۱۳۹۸ به موجب قانون، شرکت‌های آبفا روستایی به شرکت‌های آبفا شهری ملحق و شرکت‌های یکپارچه استانی تشکیل شد. در نتیجه، ساختار این شرکت‌ها در هر استان از نظر تشکیلاتی و مقیاس فعالیت دچار تغییر شد. به منظور بررسی اثرات این تغییر، در این پژوهش وضعیت کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب در هر استان قبل و بعد از یکپارچه سازی مقایسه شده است. برای این کار از روش ناپارامتریک تعیین کارایی بنگاه به صورت تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) با مدل بازدهی متغیر به مقیاس (VRS) استفاده شد. دو عامل «میزان دارایی‌ها» و «نیروی کار» شرکت به عنوان داده و «تعداد انشعابات آب» و «تعداد انشعابات فاضلاب» به عنوان ستاده در نظر گرفته شده‌اند و کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب کل کشور شامل ۳۱ استان و ۳ شرکت مستقل در قبل و بعد از یکپارچه‌چگی بررسی شده است. نتایج نشان داده است: میانگین وزنی کارایی شرکت‌ها از ۰/۶۶ در سال ۱۳۹۷ به ۰/۷۵ در سال ۱۴۰۰ رسیده است یعنی یکپارچه سازی میزان کارایی مجموعه آب و فاضلاب را بالا برده است.

کلیدواژه‌ها: کارایی، واحد تصمیم‌گیرنده، شرکت آب و فاضلاب، تحلیل پوششی داده‌ها،

یکپارچه‌سازی

طبقه‌بندی JEL: Q25، L95، L25، L22، L11، I38، D61

۱. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته اقتصاد دانشگاه بوعلی سینا است.

* نویسنده مسئول: mtorkamani@nww.ir

۱. مقدمه

آب مهمترین عنصر توسعه اقتصادی و اجتماعی است که برای حفظ بهداشت، تولید، محیط زیست و ایجاد شغل حیاتی است. با این وجود، بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۲۲ حدود ۲/۲ میلیارد نفر در جهان از دسترسی به آب شرب مطمئن و ۳/۵ میلیارد نفر از دسترسی به خدمات جمع آوری و دفع بهداشتی صحیح فاضلاب محروم بوده‌اند (بانک جهانی^۱، ۲۰۲۳). چالش عدم دسترسی به آب شرب سالم و مطمئن در جهان در حال تشدید است. تغییرات آب و هوایی، رشد جمعیت و رشد اقتصادی، فشار بیشتری به منابع محدود آب تحمیل می‌کنند. همچنین کمبود منابع آب رشد اقتصادی را نیز محدود می‌کند (سازمان بهداشت جهانی^۲، ۲۰۲۲).

نبود دسترسی به آب بهداشتی و خدمات فاضلاب، هزینه‌های سنگینی به جامعه به ویژه به فقرا وارد می‌سازد. حتی با وجود دسترسی به این خدمات، مدیریت ضعیف، گردش مالی ناکافی و کمبود سرمایه‌گذاری آن را محدود می‌کند. عرضه آب به عنوان نیاز اولیه و اساسی، یک فرایند دائمی است که باید کلیه مراحل این فرایند از تأمین و انتقال گرفته تا کنترل مشترکین به دقت مدیریت و برنامه‌ریزی شود. همچنین دسترسی به سیستم جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب یکی از مهمترین جنبه‌های رفاه جامعه است که بدون آن بهداشت فردی به مخاطره می‌افتد، امید به زندگی کاهش می‌یابد و رشد اقتصادی دچار مشکل می‌شود (همان، ۲۰۲۲). از آنجا که وظیفه توزیع آب بهداشتی و جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب در ایران به عهده شرکت‌های آب و فاضلاب (آبفا) است، موارد ذکر شده لزوم توجه به آنها را برجسته می‌کند. تأمین و توزیع آب سالم و کافی نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق در شرکت‌های آب و فاضلاب است. به دلیل محدودیت منابع تولید از قبیل سرمایه، نیروی کار، انرژی، و مواد مصرفی شرکت‌ها باید ائتلاف منابع را به حداقل برسانند و این اهمیت افزایش کارایی در ارائه این خدمات را نشان می‌دهد.

تا سال ۱۳۹۸ در مجموعه وزارت نیرو به عنوان متولی تأمین و توزیع آب و جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در کشور، این وظایف به دو بخش مجزا تقسیم شده بود: بخش شهری و بخش روستایی. بر این اساس در هر استان دو شرکت آب و فاضلاب شهری و روستایی به

1. World Bank

2. World Health Organization

ارائه خدمات می‌پرداخت. در سال ۱۳۹۸ با این استدلال که وجود دو شرکت در هر استان هزینه تمام شده را بالا برده و ساختار اداری در بخش توزیع آب را دست و پا گیر و حجیم نموده، با هدف یکپارچه سازی تشکیلات اداری و کاهش هزینه تمام شده که در اثر استفاده بهینه از نیروی کار و سرمایه صورت می‌گیرد قانونی تصویب شد که به منظور ارتقای کیفیت و سرعت ارائه خدمات مربوط به حوزه آب و فاضلاب روستایی کشور، کلیه امور و فعالیت‌های شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی به شرکت‌های آب و فاضلاب شهری همان استان واگذار گردد. به این ترتیب با انحلال ۳۱ شرکت آب و فاضلاب روستایی اموال و کارکنان آنها به شرکت‌های آبفا شهری پیوستند و با انجام این کار ساختار شرکت‌های آب و فاضلاب از نظر تشکیلاتی و گستردگی (مقیاس) دچار تغییر گردید.

به لحاظ نظری، هنگامی که یک بنگاه بتواند بردار ستانده معینی را با هزینه کمتری نسبت به دو یا چند بنگاه تولید نماید، انحصار طبیعی، کاراترین ساختار بازار می‌باشد (پورعبادالهیان کویچ و همکاران، ۱۴۰۰). تغییر ساختار تشکیلاتی یاد شده مقیاس فعالیت بنگاه‌های مذکور را تحت تأثیر قرار خواهد داد و تغییر مقیاس بر کارایی موثر است.

با توجه به اهمیت و حساسیت موضوع، این تحقیق به بررسی وضعیت کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در قبل و بعد از یکپارچه سازی شرکت‌های آبفا می‌پردازد. به عبارت دیگر این مقاله به دنبال پاسخ به این سوال است که الحاق شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی به شرکت‌های آب و فاضلاب شهری چه تأثیری بر کارایی این شرکت‌ها برجای گذاشته است.

در ادامه، مروری خواهیم داشت بر ادبیات پژوهش شامل مبانی نظری و پیشینه پژوهش و یافته‌های سایر مطالعات در این زمینه و در بخش سوم روش انجام کار و داده‌های مورد استفاده تشریح شده است. سپس، یافته‌های حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه می‌گردد. در بخش پنجم نیز مقاله با بحث و نتیجه‌گیری به پایان می‌رسد.

۲. ادبیات و پیشینه پژوهش

در این بخش با بررسی اجمالی مبانی نظری و پیشینه مقایسه کارایی بنگاه‌های اقتصادی، ضمن دسته بندی کارهای انجام شده در این باب برخی از مطالعات مرتبط با موضوع را مرور می‌کنیم.

۲-۱. مبانی نظری

در ارتباط با اندازه گیری کارایی بنگاه‌های اقتصادی مطالعات بسیار زیادی انجام گرفته است. طیف گسترده و متنوعی از سازمانها و تشکیلات مختلف در هر کشور وجود دارد که از آنها به عنوان بنگاه‌های اقتصادی یاد می‌شود، از شرکت‌های حمل و نقل گرفته تا بانک‌ها، بیمارستانها، مدارس، دانشگاه‌ها و غیره. در این میان ارائه کنندگان خدمات عمومی مانند آب و فاضلاب، برق و مخابرات شباهت بیشتری به بنگاه‌های اقتصادی مطرح شده در نظریات اقتصادی دارند. اینگونه سازمانها به طور مستقل دارای درآمد و بسته به کشور محل فعالیت و قوانین، تا اندازه زیادی از اختیار عمل برخوردارند که در بررسی‌های مرتبط با سنجش کارایی به واحد تصمیم گیرنده^۱ معروفند.

۲-۲. پیشینه پژوهش

در خارج از ایران برای بررسی میزان کارایی تشکیلات ارائه دهنده خدمات آب و فاضلاب مطالعات زیادی انجام شده است. از کارهای انجام شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: سالاً گریدو و همکاران^۲ (۲۰۲۲) در مقاله ای در نشریه نیچر با عنوان "سنجش کارایی عملیاتی و تعدیل شده کیفی تشکیلات آب در کشور شیلی" با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی بخش آب در کشور شیلی را مورد بررسی قرار داده و از میزان کارایی محاسبه شده نتیجه گیری کرده‌اند که می‌توان هزینه‌ها را در این بخش کاهش داد. سالاً گریدو و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله "مقایسه کارایی عملیاتی، زیست محیطی و بوم‌شناختی شرکت‌های آب و فاضلاب در انگلستان و ولز" شرکت‌های آب و فاضلاب را با نمونه گیری از منظر عملیاتی، کارایی زیست محیطی و بوم‌شناختی^۳ و به کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار داده و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که شرکت‌های مورد بررسی از نظر عملیاتی کارایی دارند اما از جنبه زیست محیطی فاقد کارایی هستند. به علاوه، شرکت‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مشکلات فراوانی دارند. همچنین با محاسبه متوسط کارایی زیست محیطی و بوم‌شناختی نتیجه می‌گیرند که با افزایش

1. Decision Making Unit (DMU)

2. Sala-Garrido et al.

3. Eco-efficiency

خدمات مرتبط با آب، شرکت‌ها قادر به کاهش یازده و هفت دهم درصدی هزینه‌ها و آلاینده‌های کربنی خواهند بود.

چترولو و همکاران^۱ (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان "مروی تحلیلی بر کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب کشورهای در حال توسعه" با مرور مطالعات انجام شده در این کشورها و با تمرکز روی مقیاس^۲ فعالیت، دامنه تولیدات^۳، نوع مالکیت (خصوصی یا دولتی) و تأثیر وضع قوانین، نتایج متفاوتی از مطالعات قبلی کسب کرده‌اند.

پینتو و همکاران^۴ (۲۰۱۷) در مقاله "عملکرد خدمات آب: آیا عوامل عملیاتی، زیست‌محیطی و کیفی موثرند؟" ضمن بررسی کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب در کشور پرتغال، به بررسی محیط فعالیت و حوزه خدمات‌دهی آنها می‌پردازند و نتیجه‌گیری می‌کنند که علی‌رغم اصلاحات انجام شده شرکت‌های آبفا در این کشور همچنان با ناکارایی زیادی مواجه هستند که بخشی از آن ناشی از اندازه نامناسب این شرکت‌ها است.

مارکوس و همکاران^۵ (۲۰۱۴) در یک مطالعه جامع با عنوان "مطالعه تطبیقی ناپارامتریک شرکت‌های آب و فاضلاب ژاپن: عوامل نهادی و زیست‌محیطی موثر بر کارایی" و با بررسی ۵۵۳۸ شرکت آب و فاضلاب در حال فعالیت در کشور ژاپن بین سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ نتیجه گرفته‌اند که میزان ناکارایی با فرض بازدهی ثابت به مقیاس، ۵۷ درصد و با فرض بازدهی صعودی به مقیاس، ۲۴ درصد است و ارتقای کارایی در این بخش را لازم می‌دانند.

بیرنز و همکاران^۶ (۲۰۱۰) در مقاله "کارایی اقتصادی نسبی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در مناطق نیو ساوت ولز و ویکتوریا" با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها میزان کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب در ویکتوریا و نیو ساوت ولز انگلستان را اندازه‌گیری نموده و نتیجه گرفته‌اند که سیاست محدود سازی ممکن است میزان کارایی را کاهش دهد. همچنین شرکت‌های آب و فاضلاب در مقیاس گسترده‌تر از کارایی بیشتری نیز برخوردار هستند.

1 Cetrulo et al.

2. Scale

3. Scope

4. Pinto et al.

5. Marques et al.

6. Byrnes et al.

والتر و همکاران^۱ (۲۰۰۹) در مقاله "تحلیل کارایی توزیع آب به کدام سمت می‌رود: مرور تطبیقی متون" ضمن مرور کاملی بر ادبیات موضوع و بررسی عملکرد تطبیقی شرکت‌های آب و فاضلاب در انگلستان و تعمیم آن به سایر کشورها عنوان می‌کنند که مالکیت خصوصی یا عمومی بر کارایی اثری ندارد و به نظر می‌رسد چیدمان سازمانی یک مولفه مهم در کارایی است. همچنین کیفیت و ساختار، میزان هدر رفت آب و تراکم جمعیت نیز عوامل موثری هستند. سرانجام در تجزیه و تحلیل نتیجه می‌گیرند که اندازه (مقیاس) فقط در اندازه‌های کوچک بر کارایی موثر است در حالیکه میزان تراکم در همه جا بر کارایی اثرگذار است.

در ایران، تعداد کمی از پژوهش‌های انجام یافته به بخش آب و فاضلاب پرداخته شده و در اکثر این کارها فقط یک شرکت با حوزه خدمات یک استان مورد بررسی قرار گرفته است. به بیان دیگر از این تعداد محدود، تعداد انگشت شماری به بررسی عملکرد بیش از یک شرکت آب و فاضلاب پرداخته‌اند. عمده پژوهش‌ها نیز حول سه محور زیر انجام گرفته است:

۱. **بررسی کارایی یک شرکت در دوره‌های زمانی مختلف.** به عنوان نمونه تقی‌زاده (۱۳۸۹) که در پایان نامه کارشناسی ارشد خود عملکرد شرکت آب و فاضلاب شیراز را طی یک دوره ۶ ساله از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها در بازه‌های ماهیانه مورد ارزیابی قرار داده است.

۲. **بررسی کارایی واحدهای اقماری یک شرکت در مناطق مختلف استان تحت پوشش.** مثلاً مطالعه انجام شده توسط رضاییان و عسگری نژاد (۱۳۹۳) که عملکرد واحدهای تابعه شرکت آب و فاضلاب استان مازندران را به کمک مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی بررسی کرده‌اند. یا فتحی و اوحدی (۱۴۰۰) که کارایی واحدهای آب و فاضلاب زیرمجموعه شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی را تحت شرایط عدم قطعیت با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای بررسی نموده‌اند.

1. Walter et al.

2. Benchmarking

۳. **بررسی واحدهای اداری و تشکیلاتی مختلف داخل یک شرکت.** این کارها واحدهای درون سازمانی را مورد بررسی و مقایسه قرار داده و با عملکرد کلی شرکت که خروجی آن توزیع آب یا جمع‌آوری فاضلاب است کاملاً متفاوتند. از محدود مطالعات انجام گرفته که شرکت‌های آب و فاضلاب سراسر کشور را در بر گرفته می‌توان به داوود آبادی و راه‌پیما (۱۴۰۰) با مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی عملکرد شاخص‌های مالی صنعت آب و فاضلاب شهری با تاکید بر اندازه شرکت، رویکرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها" اشاره کرد. در این مقاله کارایی شاخص‌های "عملکرد مالی" شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۶ بررسی شده و به عملکرد ذاتی شرکت‌ها پرداخته نشده. ابراهیمی نورعلی و همکاران (۱۴۰۰) در بخشی از مقاله خود با عنوان "تنظیم قیمت آب مبتنی بر عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب ایران" ضمن بررسی میزان عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب شهری ایران از نظر کارایی و بهره‌وری، برخلاف انتظار، به این نتیجه می‌رسند که بازدهی نسبت به مقیاس در این بخش منفی است. هاشمی نژاد (۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان "رتبه‌بندی شرکت‌های آب و فاضلاب با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها" کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری را در ۴ سال متوالی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ و با در نظر گرفتن ۶ شاخص به عنوان خروجی و ۳ شاخص به عنوان ورودی مطالعه و نتیجه گرفته که میانگین کارایی شرکت‌های نامبرده در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ نسبت به ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ کاهش یافته است. از آنجا که تغییر تشکیلاتی بخش آبفا در کشور نمونه‌ای منحصر به فرد است و قبلاً این تجربه در کشور صورت نگرفته است، هیچ مطالعه‌ای نیز برای بررسی تأثیر این تغییر ساختار بر کارایی آن صورت نگرفته است. لازم است برای شناخت بهتر تأثیرات سیاست‌گذاری‌ها در این بخش، یکپارچه‌سازی شرکت‌ها مورد کنکاش و یکی از مهمترین جنبه‌های آن یعنی میزان کارایی آنها مورد بررسی قرار گیرد.

۳. روش تحقیق^۱

برای تعیین کارایی در بنگاه‌های اقتصادی روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از بهترین روش‌های اندازه‌گیری کارایی در دنیای واقعی، روش "تحلیل پوششی داده‌ها" است. در این

روش یک بنگاه مرجع به عنوان بنگاه "کاملاً کارا" تعیین و سپس میزان کارایی سایر بنگاه‌ها نسبت به آن سنجیده می‌شود. این کار از طریق مشخص کردن تابع مرزی^۱ انجام می‌شود. تابع مرزی نشان دهنده بهترین موقعیت‌های موجود در تولید است که یک بنگاه می‌تواند در فضای رقابتی به آنها دست یابد. دو روش اصلی برای مشخص کردن تابع مرزی وجود دارد که عبارتند از روش پارامتریک و روش ناپارامتریک. در روش پارامتریک، یک تابع (مثلاً در قالب تابع کاب-داگلاس) به گونه‌ای بر داده‌ها منطبق می‌گردد که (با فرض فضای ۲ بعدی) هیچ نقطه‌ای از مشاهدات در زیر یا طرف چپ آن قرار نگیرد.

اما روش ناپارامتریک به تحلیل پوششی داده‌ها معروف است و توسط فارل^۲ (۱۹۵۷) ارائه شده که ادامه کار دبرو^۳ (۱۹۵۱) و کوپمن^۴ (۱۹۵۱) برای تعیین ملاک ساده‌ای در تعریف کارایی بنگاه است که می‌تواند از چندین نهاد تولید^۵ استفاده کند. فارل عنوان کرد کارایی بنگاه شامل دو جزء کارایی فنی^۶ و کارایی تخصیص^۷ است. کارایی فنی نشان دهنده توانایی یک بنگاه در حصول حداکثر ستاده در ازای مقدار مشخصی از داده‌ها است و کارایی تخصیص، نمایانگر توانایی بنگاه در بکارگیری داده‌ها با نسبت بهینه است. این دو نوع از کارایی یعنی کارایی فنی و کارایی تخصیص رویهم می‌توانند معیاری برای اندازه‌گیری کارایی اقتصادی ارائه دهند.

در روش تحلیل پوششی داده‌ها، ابتدا یک منحنی مرزی کارایی با یک سری نقاط که بوسیله برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌شود ایجاد می‌گردد. برای تعیین این نقاط می‌توان از دو فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و بازدهی متغیر نسبت به مقیاس استفاده کرد. پس از تعیین منحنی کارایی، بنگاه‌های مورد نظر نسبت به آن سنجیده می‌شوند؛ اینکه هر بنگاه نسبت به مرز کارایی در چه وضعیتی قرار دارد، روی مرز کارایی است یا خارج از آن قرار دارد و چه اندازه از حد مطلوب فاصله دارد. به این صورت واحدهای کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می‌شوند. ارائه الگویی که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی

-
1. Frontier Function
 2. Farrell
 3. Debreu
 4. Koopmans
 5. Input
 6. Technical
 7. Allocative

را داشته باشد توسط چارنرز، کوپر و رودز (۱۹۷۸)^۱ انجام شد و این الگو، بدلیل آنکه تمام داده‌ها را تحت پوشش قرار داد تحلیل پوششی داده‌ها، نام گرفت.

تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند به دو صورت انجام گیرد. می‌توان با ثابت نگه داشتن سطح تولید (خروجی)، میزان استفاده از نهاده‌های تولید (ورودی) را حداقل نمود که به این نوع الگو "ورودی‌محور"^۲ گفته می‌شود. روش دیگر آن است که با ثابت نگه داشتن میزان نهاده‌ها، تولید (خروجی) افزایش یابد که به این نوع الگو "خروجی‌محور"^۳ گفته می‌شود. بنگاه‌های مورد بررسی هرچند بر اساس قانون به عنوان شرکت غیر دولتی شناخته می‌شوند اما به دلایل مختلف از نظر تشکیلاتی به سادگی قابلیت تغییر در عوامل تولید (نیروی کار و سرمایه) را دارا نیستند. جذب و به کارگیری و همچنین اخراج نیروی انسانی با محدودیت‌های قانونی زیادی مواجه است. همین مورد در خصوص میزان دارایی شرکت (که به عنوان شاخصی از ذخیره سرمایه در نظر گرفته می‌شود) نیز صادق است، در نتیجه بنگاه در تعیین میزان عوامل تولید توانایی ندارد. در طرف دیگر اما، خدمات ارائه شده قابل تغییر است. توجه به این مطلب که شرکت‌های آب و فاضلاب در کوتاه مدت تعیین‌کننده میزان به کارگیری نیروی کار و سرمایه‌ای نیستند که "ورودی" بنگاه را تشکیل می‌دهند اما میزان خدمات ارائه شده به عنوان "خروجی" آنها می‌تواند تغییر یابد، ما را به استفاده از مدل خروجی محور رهنمون می‌سازد.

به موجب قانون، شرکت‌های آب و فاضلاب در ایران فقط دو وظیفه "توزیع آب" و "جمع‌آوری و دفع فاضلاب" را بر عهده دارند. برای اندازه‌گیری محصول این شرکت‌ها شاخص‌های متعددی می‌توان در نظر گرفت. حجم فروش آب یا جمع‌آوری فاضلاب، طول شبکه توزیع آب، طول خطوط انتقال آب، تعداد مشترک آب یا تعداد مشترک فاضلاب، تعداد تصفیه خانه فعال، و سایر مواردی را هر یک به نحوی با میزان تولید در ارتباط هستند. در نگاه اول در بین موارد مذکور به نظر می‌رسد می‌توان حجم فروش آب را به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌ها در نظر گرفت. اما دو ایراد به این انتخاب وارد است. اول اینکه حجم فروش آب تابعی از میزان مصرف (تقاضا) است اما از سوی دیگر میزان منابع آب قابل تأمین حجم تولید را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عواملی از قبیل بارندگی، میزان دسترسی به

1. Charnes, Cooper and Rhodes
2. Input-Oriented
3. Output-Oriented

آب‌های سطحی یا زیر زمینی یا امکان ذخیره سازی آب می‌تواند بر میزان خروجی (تولید) بدون کاهش یا افزایش در به کار گیری بیشتر عوامل تولید اثرگذار باشد. یعنی بنگاه توزیع کننده آب و جمع‌آوری کننده فاضلاب توانایی عرضه بیشتر را دارا است و صرفاً به دلیل عدم امکان تأمین آب به دلیل خشکسالی این ظرفیت بلا استفاده مانده است. این باعث می‌شود عملکرد شرکت از حالت واقعی آن کمتر نشان داده شود. طول شبکه توزیع آب یا طول خطوط انتقال آب تابعی از تراکم جمعیت در منطقه هستند. به عنوان مثال در استان‌هایی مانند تهران یا قم طول شبکه توزیع آب یا انتقال آب بسیار کوتاه‌تر از استان‌هایی مانند کرمان یا سیستان و بلوچستان است در حالی که حجم تأمین و توزیع آب در دسته اخیر بسیار کمتر است. همچنین تعداد تصفیه‌خانه‌های فعال تابعی از مقیاس فعالیت و شرایط جغرافیایی منطقه است و نمی‌توان این قبیل موارد را به عنوان خروجی برای فعالیت بنگاه‌های فعال در این بخش قلمداد کرد. بنابر این‌ها و با توجه به موارد ذکر شده، دو عامل "تعداد انشعاب آب" و "تعداد انشعاب فاضلاب" به عنوان دو محصول (ستاده) در نظر گرفته شدند زیرا هر بنگاه فعال در این بخش موظف به ارائه خدمات متناسب با تعداد انشعابات آب و انشعابات فاضلاب است.

مانند بسیاری فعالیت‌های اقتصادی و کارهای انجام شده در بررسی توابع تولید، دو عامل نیروی کار و سرمایه به عنوان داده (عوامل تولید) در نظر گرفته شدند. در مورد آمار مورد استفاده، در بخش نیروی کار تعداد کارکنان هر شرکت مشخص و قابل شمارش و آمار موجود است. اما در خصوص احصای میزان سرمایه هر شرکت پیچیدگی‌هایی وجود دارد. تورم، استهلاک و سرمایه‌گذاری‌های جدید بخشی از آن است. از آنجا که در بررسی‌های سالانه، میزان دارایی‌ها هر سال به روز آوری می‌گردد و میزان کل دارایی‌ها در دسترس است، میزان کل دارایی‌های هر شرکت به عنوان نماینده‌ای از "میزان سرمایه موجود" در شرکت در نظر گرفته شدند. با توجه به تمایز میزان سرمایه و میزان دارایی در اقتصاد، گرچه ممکن است برخی از دارایی‌ها در تولید نقش نداشته باشند و کل دارایی بیشتر از دارایی دخیل در تولید (سرمایه) باشد، اما با توجه به ساختار یکسان و شبه دولتی شرکت‌های آب و فاضلاب در کل کشور، می‌توان سهم "میزان سرمایه" در کل دارایی‌های شرکت‌های مذکور را یکسان در نظر گرفت.

با توجه به موارد فوق، و از آنجا که ماهیت شرکت‌های آب و فاضلاب انحصار طبیعی است و در این بخش بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس وجود دارد، مدل مورد استفاده بازدهی متغیر به مقیاس^۱ و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} &Min_{\theta, \lambda} \theta \\ &s. t. \\ &-y_i + Y\lambda \geq 0 \\ &\theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ &Nl'\lambda = 1 \\ &\lambda \geq 0 \end{aligned}$$

که در آن، θ عدد مربوط به کارایی بنگاه و بین صفر و یک است. λ بردار $N \times 1$ مقادیر ثابت، x_i و y_i به ترتیب بردارهای ستونی داده‌ها و ستاده‌ها برای بنگاه i ام، X ماتریس $K \times N$ داده‌ها، Y ماتریس $M \times N$ ستاده‌ها هستند. تعداد داده‌ها با K تعداد ستاده‌ها با M و تعداد بنگاه‌ها نیز با N نمایش داده شده است.

آمار مورد بررسی از صورت‌های مالی شرکت‌ها اخذ شده که قابل اعتمادترین و قابل استنادترین آمار تولید شده است که به تأیید مقامات و مراجع مختلف از جمله سازمان حسابرسی نیز می‌رسد. آمار مربوط به سال ۱۳۹۷ یعنی آخرین سال منتهی به تغییر تشکیلات آب و فاضلاب به عنوان قبل از یکپارچه‌سازی در نظر گرفته شد و با توجه به زمان‌بر بودن این فرایند از زمان تصویب قانون تا استقرار، مکان‌یابی و هماهنگی‌های مربوطه، آمار اولین سال قابل استناد بعد از انجام یکپارچگی یعنی سال ۱۴۰۰ در نظر گرفته شده است. البته تغییرات جزئی نیز در این مدت اتفاق افتاده که الحاق شرکت آب و فاضلاب اهواز به شرکت آب و فاضلاب استان خوزستان بوده است. به همین دلیل دو شرکت نامبرده در سال ۱۳۹۷ با هم به عنوان یک شرکت در نظر گرفته شده است.

با توجه به اینکه تکمیل فعالیت‌های شرکت آب و فاضلاب بر اساس دوره زمانی یک ساله صورت می‌گیرد و همچنین داده‌های مورد نیاز به صورت سالانه دقیقتر است، فواصل زمانی نیز دوره‌های یک ساله در نظر گرفته شده است. بنابر آنچه گفته شد، در بخش بعد عملکرد یکساله ۱۳۹۷ شرکت‌های آب و فاضلاب با عملکرد یکساله ۱۴۰۰ آنها مقایسه شده است.

۴. یافته‌ها

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها در جدول (۱) خلاصه شده است. در این جدول میزان کارایی هریک از شرکت‌ها در دوران قبل از یکپارچه سازی و بعد از آن محاسبه و نمایش داده شده است. همانگونه در جدول برای هر شرکت قابل مشاهده است، این امکان وجود دارد که یک شرکت بعد از یکپارچه سازی عملکرد بهتری کسب کرده باشد و یا برعکس. افزایش شاخص کارایی حاکی از بهبود وضعیت آن شرکت و کاهش شاخص یاد شده حاکی از وخامت وضعیت شرکت است.

به منظور ایجاد تصویری کلی، هم میانگین وزنی و هم میانگین ساده عملکرد شرکت‌ها قبل و بعد از یکپارچه سازی در آخرین سطر جدول برای هر دو حالت محاسبه و ارائه شده است. همانگونه که در پایین جدول مشخص شده، میانگین ساده میزان کارایی بخش آب و فاضلاب در کشور قبل از یکپارچه سازی ۰/۳۸ بوده که بعد از آن به ۰/۵۱ افزایش یافته است. میانگین وزنی نیز با در نظر گرفتن مجموع آحاد انشعاب به عنوان اوزان برای شرکت‌ها، از ۰/۶۶ قبل یکپارچه سازی به ۰/۷۵ بعد از آن افزایش یافته است. یعنی در هر دو حالت، هم میانگین حسابی و هم میانگین وزنی یکپارچه سازی باعث افزایش میانگین عملکرد مجموع شرکت‌ها شده است. این نشان از افزایش کارایی در بخش آب و فاضلاب دارد، هرچند تغییرات ایجاد شده ناشی از یکپارچه سازی در استان‌های مختلف با یکدیگر متفاوتند: برخی کاهش و برخی افزایش کارایی را تجربه کرده‌اند.

به دلیل آنکه مهمترین تغییر صورت گرفته در بخش آب و فاضلاب کشور طی سال‌های مورد بررسی، ادغام (یکپارچه سازی) شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی بوده که تغییر بزرگی در ورودی و خروجی این شرکت‌ها بر جای می‌گذارد، یکی از دلایل افزایش یا کاهش کارایی را می‌توان وضعیت کارایی شرکت آب و فاضلاب روستایی الحاق شده در استان دانست. هرچند "تغییر ترکیب عوامل تولید"، "تغییر مقیاس تولید" و تغییر "نسبت ستاده به داده" و سایر عوامل دیگر ممکن است بر وضعیت کارایی اثرگذار بوده باشند، اما انتظار می‌رود در شرکت‌هایی که یکپارچه سازی بهره‌وری را کاهش داده (شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی در استان دارای بهره‌وری پایین‌تر از آب و فاضلاب شهری شهری بوده‌اند)، وضع بدتر شده باشد و برعکس.

جدول ۱. نتیجه برآورد مدل با فرض بازدهی فزاینده به مقیاس

شرکت آب و فاضلاب	قبل از یکپارچه سازی	بعد از یکپارچه سازی	شرکت آب و فاضلاب	قبل از یکپارچه سازی	بعد از یکپارچه سازی
آذربایجان شرقی	۱/۰۰	۱/۰۰	فارس	۰/۰۸	۱/۰۰
آذربایجان غربی	۰/۳۸	۱/۰۰	قزوین	۰/۱۱	۰/۰۳
اردبیل	۰/۱۰	۱/۰۰	قم	۰/۱۳	۰/۱۱
اصفهان	۱/۰۰	۱/۰۰	کاشان	۰/۲۵	۰/۰۴
البرز	۱/۰۰	۱/۰۰	کردستان	۰/۱۲	۰/۰۵
ایلام	۰/۱۳	۰/۱۰	کرمان	۰/۰۶	۱/۰۰
بوشهر	۱/۰۰	۰/۰۷	کرمانشاه	۰/۱۴	۰/۱۴
تهران	۱/۰۰	۱/۰۰	کهگیلویه و بویراحمد	۰/۱۴	۰/۲۹
چهارمحال و بختیاری	۰/۱۳	۰/۰۵	گلستان	۰/۱۰	۰/۳۲
خراسان جنوبی	۰/۱۰	۰/۰۸	گیلان	۰/۲۷	۱/۰۰
خراسان رضوی	۱/۰۰	۱/۰۰	لرستان	۰/۴۶	۰/۵۷
خراسان شمالی	۰/۰۹	۰/۳۱	مازندران	۱/۰۰	۱/۰۰
خوزستان	۱/۰۰	۱/۰۰	مرکزی	۰/۳۱	۰/۰۸
زنجان	۰/۱۰	۰/۰۶	مشهد	۱/۰۰	۱/۰۰
سمنان	۰/۰۸	۰/۰۶	هرمزگان	۰/۱۳	۰/۰۷
سیستان و بلوچستان	۰/۱۹	۰/۷۸	همدان	۰/۱۶	۰/۰۳
شیراز	۰/۱۰	۱/۰۰	یزد	۰/۱۳	۰/۰۴
میانگین ساده کل استان‌ها	۰/۳۸	۰/۵۱	میانگین وزنی کل استان‌ها	۰/۶۶	۰/۷۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از منظر دیگر، ملاحظه می‌شود که قبل از یکپارچگی شرکت‌های آب و فاضلاب آذربایجان شرقی، اصفهان، البرز، بوشهر، تهران، خراسان رضوی، مازندران، خوزستان و مشهد روی منحنی امکانات تولید و حداکثر کارایی قرار داشته‌اند. به بیان ساده‌تر، قبل از یکپارچه سازی ۹ شرکت در حداکثر کارایی فعالیت می‌نموده‌اند. با انجام یکپارچه سازی و الحاق شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی به شهری در هراستان، ۶ شرکت دیگر به آنها اضافه و یک شرکت خارج شده است. بعد از یکپارچه‌سازی شرکت‌های آب و فاضلاب شیراز و استان‌های آذربایجان غربی، اردبیل، فارس، کرمان، گیلان نیز در مرز حداکثر کارایی قرار گرفته و به گروه قبلی اضافه شده‌اند اما شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر از

آن خارج شده است. با این توصیف، تغییر ساختار ایجاد شده در این بخش باعث گردیده که تعداد شرکت‌های فعال روی مرز کارایی بنگاه از تعداد ۹ شرکت به ۱۴ شرکت افزایش یابد.

در این میان، شرکت‌های آب و فاضلاب خراسان شمالی، سیستان و بلوچستان، کهکیلویه و بویراحمد، گلستان و لرستان با افزایش عملکرد مواجه و شرکت‌های ایلام، بوشهر، چهارمحال، خراسان جنوبی، زنجان، قزوین، سمنان، قم، کاشان، کردستان، مرکزی، هرمزگان، همدان و یزد با کاهش کارایی روبرو گردیده‌اند.

هرچند تعداد مطلق شرکت‌های مواجه با کاهش کارایی ۱۴ فقره یعنی ۳ فقره بیشتر از تعداد شرکت‌های مواجه با افزایش کارایی است، اما با مقایسه میانگین ساده و میانگین وزنی در مجموع کل شرکت‌ها و همچنین افزایش تعداد شرکت‌های فعال در روی مرز کارایی از ۹ به ۱۳ فقره می‌توان نتیجه گرفت یکپارچه سازی در بخش آب و فاضلاب باعث افزایش کارایی این بخش گردیده است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به تنوع و تفاوت امکانات تولیدی و مدیریتی شرکت‌ها که شرایط جغرافیایی، جمعیتی، فرهنگی و سیاسی مناطق مختلف کشور تعیین می‌کند، تفاوت بین میزان کارایی شرکت‌ها با یکدیگر در هر کدام از مقاطع دور از انتظار نیست. به لحاظ منطقی نیز انتظار بر این است که خدمات رسانی در یک شرکت با حوزه فعالیت یک شهر (مانند شرکت آبفا مشهد)، با نیروی کار و سرمایه کمتری نسبت به شرکت دیگری با قلمرو گسترده و کم آب (مثل شرکت آبفا سیستان و بلوچستان) انجام شود.

تجزیه و تحلیل داده‌های موجود به روش تحلیل پوششی داده‌ها، نشان می‌دهد الحاق شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی به شرکت آب و فاضلاب شهری که بر اساس قانون یکپارچه سازی شرکت‌های آب و فاضلاب انجام شد باعث افزایش کارایی در بخش آب و فاضلاب گردیده است زیرا در مجموع، میانگین کارایی در کلیه شرکت‌ها افزایش قابل توجهی داشته است. همچنین تعداد واحدهای کارا از ۹ به ۱۴ شرکت افزایش یافته و تعداد بیشتری از شرکت‌ها به کارایی کامل رسیده‌اند. اما باید توجه داشت که تعیین کارایی در روش تحلیل پوششی داده‌ها در هر دوره بر اساس عملکرد بهترین واحد تصمیم‌گیرنده (که

در اینجا یک شرکت آب و فاضلاب مستقل است) تعیین می‌شود و سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقایسه با آن ارزیابی می‌گردند. در این پژوهش عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب یک بار در سال ۱۳۹۷ و یک بار هم در سال ۱۴۰۰ سنجیده شده است و نتایج حاکی از این است که شرکت‌ها در سال ۱۴۰۰ نسبت به ۱۳۹۷ به "بهترین" واحد در این بخش "نزدیکتر" شده‌اند. اگرچه ماهیت شرکت‌های آب و فاضلاب، انحصار طبیعی است و افزایش مقیاس، کارایی (متوسط هزینه تمام شده هر واحد) را افزایش می‌دهد، اما به دلیل تنوع بستر فعالیت شرکت‌های آب و فاضلاب، تعیین چگونگی تغییر عملکرد "بهترین" واحد نیازمند مطالعه است که می‌تواند موضوع مطالعات تکمیلی در این راستا باشد.

تعارض منافع

تعارض منافع نداریم.

سپاسگزاری

از اعضای هیأت تحریریه مجله تقدیر و تشکر می‌گردد.

ORCID

Akbar Khodabakhshi
Mahdi Torkamani



<https://orcid.org/0000-0002-4586-5521>

<https://orcid.org/0009-0008-6956-9197>

منابع

- ابراهیمی نورعلی، علیرضا، امامی، کریم و محمدی، تیمور. (۱۳۹۹). تنظیم قیمت آب مبتنی بر عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب ایران. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۰ (۷۹)، ۱۸۵-۲۴۴
<https://doi.org/10.22054/joer.2020.49977.837>
پورعبادالهان کویچ، محسن، نوبهار، الهام، سجودی، سکینه و خلفی، رضا. (۱۴۰۰). کارایی و مقیاس: شواهدی از شرکت‌های توزیع برق ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*. ۱۰ (۳۹)، ۷۱-۹۷.
<https://doi.org/10.22054/jiee.2022.60983.1843>
داوود آبادی، محمد و دولتشاهی، هنگامه. *سالنامه آماری شاخص‌های مالی صنعت آب و فاضلاب-سال مالی ۱۳۹۸*. انتشارات پیک نور، تهران.

داوود آبادی، محمد و راهپیم، عبدالمجید. (۱۴۰۰). ارزیابی عملکرد شاخص های مالی صنعت آب و فاضلاب شهری با تاکید بر اندازه شرکت، رویکرد مدل تحلیل پوششی داده ها. نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب. ۶(۲)، ۵۰-۵۷

داوود آبادی، محمد، شالپوش، شعله و فرشاد، گلناز. سالنامه آماری شاخص های مالی صنعت آب و فاضلاب-سال مالی ۱۳۹۷. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران.

رضاییان، جواد و عسگری نژاد، عباس. ارزیابی عملکرد شرکت های آب و فاضلاب استان مازندران به کمک مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده ها و شبکه عصبی مصنوعی. نشریه تخصصی مهندسی صنایع، ۴۸(۲)، ۲۰۱-۲۱۳

فتحی، بهرام و اوحدی، نسرين. (۱۴۰۰). ارزیابی کارایی شرکت های آب و فاضلاب تحت شرایط عدم قطعیت با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده های فازی بازه ای (مطالعه موردی استان مرکزی). مجله آب و فاضلاب، ۳۲(۳)، ۸۲-۹۳.

هاشمی نژاد، شبنم. (۱۳۹۷). رتبه بندی شرکت های آب و فاضلاب با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده ها. دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، اصفهان.

<https://civilica.com/doc/855954>

References

- Byrnes, J., Crase, L., Dollery, B. & Villano, R. (2010). The relative economic efficiency of urban water utilities in regional New South Wales and Victoria Resource. *Energy Econ.* 32, 439-455.
- Cetrulo, T. B., Marques, R. C. & Malheiros, T. F. (2019). An analytical review of the efficiency of water and sanitation utilities in developing countries. *Water Res.*, 161, 372-380
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*. 2, 429-444. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Davoodabadi, Mohammad, Shalpoosh, Shole and Farshad, Golnaz (2018). *Statistical Yearbook of Water and Wastewater Industry*. [In Persian]
- Davoodabadi, Mohammad & Dolatshahi, Hengameh (2021). *Statistical Yearbook of Water and Wastewater Industry*. [In Persian]
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization, *Econometrica*, 19, 273- 292.
- Ebrahimi Nourali Alireza, Emami Karim, Mohammadi, Teymour (2021). Price Regulation Based on Performance of Iranian Water and Wastewater Companies. *Journal of Economic Research*, 79(20), 185 DOI: 10.22054/joer.2020.49977.837 [In Persian]

- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Fathi, Bahram & Ohadi, Nasrin (2021). Evaluating the Efficiency of Water and Wastewater Companies under Uncertainty by Using Interval Fuzzy Data Envelopment Approach (Case Study: Markazi Province. *Water and Wastewater*, 32(3), 82-93. 10.22093/WWJ.2021.248390.3066. [In Persian]
- Hashemi Nejad, Shabnam (2018). Classification of Water and Wastewater Companies using Data envelopment Analysis. *2nd Congress on Water and Wastewater Engineering and Sciences*, Isfahan. <https://civilica.com/doc/855954> [In Persian]
- Koopmans, T. C. (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In T. C. Koopmans (Ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph*, No. 13 (pp. 33-97).
- Marques, R. C., Berg, S., Yane, S. (2014). Nonparametric Benchmarking of Japanese Water Utilities: Institutional and Environmental Factors Affecting Efficiency. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 140 (5), 562-571.
- Pinto, F. S., Simoes, P. & Marques, R. C. (2017). Water services performance: do operational environmental and quality factors account? *Urban Water J.* 14, 773–781.
- Pourebaddollah, Covich, Nobahar, Mohsen, Sakineh Sojoodi, Elham, Khalafi, Reza (2021). Quality of Services and Efficiency: Evidence from Iranian Electricity Distribution Companies. *Iranian Energy Economics*.39(10),71-97.
- Rahpeima, Abdolmajid, & Davoodabadi, Mohammad. (2021). Assessing Performance of Financial Factors of Urban Water and Wastewater Industries Using Data Envelopment Analysis. *JOURNAL OF WATER AND WASTEWATER SCIENCE AND ENGINEERING*, 6(2), 50-57. SID. <https://sid.ir/paper/986142/en> [In Persian] DOI: <http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.60983.1843> [In Persian]
- Rezaeian, Javad & Asgarinezhad, Abbas (2014). Performance Evaluation of Mazandaran Water and Wastewater by Data Envelopment Analysis and Artificial Neural Network. *Advances in Industrial Engineering*, 48(2), 201–213. [In Persian]
- ala-Garrido, R., Mocholí-Arce, M., Molinos-Senante, M. & Maziotis, A. (2021a). Comparing operational, environmental and eco-efficiency of water companies in England and Wales. *Energies*, 14, 3635.
- Sala-Garrido, R., Mocholí-Arce, M., Molinos-Senante, M. et al. (2022). Measuring operational and quality-adjusted efficiency of Chilean water companies. *npj Clean Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00146-x>
- Walter, M., Cullmann, A., von Hirschhausen, C., Wand, R. & Zschille, M. (2009). Quo vadis efficiency analysis of water distribution? A

comparative literature review. *Util. Policy*, 17, 225–232. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957178709000253>

World Bank, (2023). Global Water Security and Sanitation Partnership: Annual Report 2023 world bank (<https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/global-water-security-and-sanitation-partnership-annual-report-2023>)

WHO, UNICEF, World Bank. State of the world's drinking water: an urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO



استناد به این مقاله: ترکمنی، مهدی و خدابخشی، اکبر. (۱۴۰۳). تأثیر یکپارچه‌سازی بر کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۴ (۹۲)، ۲۰۴–۲۲۴.



Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.