Journal of Decisions and Operational Research

Journal of Decisions & Operations Research

Volume 5, Issue 2, Summer 2020

www.journal-dmor.ir

Trend Analyzing of Water Supply to the Cities and Villages of Iran and Wastewater Disposing from Them During the Years 2012 to 2018 Using a Hybrid Multiple Attribute Decision Making Approach

Abbas Jahangiri*

Research Expert, Markazi Province Water and Wastewater Company, Arak, Iran.

Abstract

Service organizations such as water and wastewater companies need feedback and performance evaluation to deliver better services. The purpose of this study was to analyze trend of water supply to Iranian cities and villages and wastewater disposal from them during the years 2012 to 2018. For this purpose, in this descriptive-cross-sectional study that required data were adapted from the statistical yearbook of the national water and wastewater company, performance of four areas include urban water supply, rural water supply, urban wastewater disposal and rural wastewater disposal over 7 consecutive years were evaluated by using one of the newest multiple attribute decision making methods called Measurement Alternatives and Ranking according to COmpromise Solution (MARCOS) with considering each year as an alternative and using time series analysis and linear fitting with the help of Excel and SPSS software. The results, with a 99% confidence level, showed that the performance of all four areas has significantly increased.

Keywords: Water supply, Wastewater disposal, Multiple Attribute Decision Making (MADM), Performance evaluation, Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS).

Original-Application Article

Receive: 10/04/2020 Reviewed: 25/05/2020 Revise: 03/07/2020 Accept: 07/08/2020

Citation:

Jahangiri, A. (2020). Trend analyzing of water supply to the cities and villages of iran and wastewater disposing from them during the years 2012 to 2018 using a hybrid multiple attribute decision making approach. *Decisions & operations research*, 5(2), 233-248.

Journal of Decisions & Operations Research, Volume 5, Issue 2, Summer 2020, Page: 233-248

*** Corresponding Author**

Email Address: jahangirieng@yahoo.com

DOI: 10.22105/dmor.2020.239925.1184

نشریه علمی
تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات
Journal of Decisions and Operational Research
دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹

تحلیل روند آبرسانی به شهرها و روستاهای ایران و دفع فاضلاب از آن‌ها طی سالهای ۹۱ تا ۹۷ با استفاده از رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندشاخصه

عباس جهانگیری*
کارشناس تحقیقات، شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی، اراک، ایران.

چکیده

در سازمان‌های متولی خدمات هم‌چون شرکت‌های آب و فاضلاب برای خدمات رسانی بهتر نیازمند بازخورد و ارزیابی عملکرد هستند. هدف از این تحقیق تحلیل روند آبرسانی به شهرها و روستاهای ایران و دفع فاضلاب از آن‌ها طی سال‌های ۹۱ تا ۹۷ بود. به این منظور در این تحقیق توصیفی-مقطعی که داده‌های مورد نیاز از سالنامه‌ی آماری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور اقتباس شد، عملکرد چهار حوزه‌ی آبرسانی شهری، آبرسانی روستایی، دفع فاضلاب شهری و دفع فاضلاب روستایی طی ۷ سال متوالی با استفاده یکی‌از جدیدترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به نام "اندازه‌گیری و رتبه‌بندی مطابق با راه حل سازشی (مارکوس)" و با درنظرگیری هر سال به‌عنوان یک گزینه و با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی و برازش خطی به‌کمک نرم‌افزارهای *EXCEL* و *SPSS* مورد ارزیابی قرار گرفته شد. نتایج با سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داد عملکرد هر چهار حوزه به‌طور معنادار افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: آبرسانی، دفع فاضلاب، تصمیم‌گیری چندشاخصه، ارزیابی عملکرد، اندازه‌گیری و رتبه‌بندی مطابق با راه حل سازشی (مارکوس).

مقاله پژوهشی - کاربردی

دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۲ داوری: ۱۳۹۹/۰۳/۰۵ اصلاح: ۱۳۹۹/۰۴/۱۳ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۷

۱- مقدمه

در دنیای رقابتی امروز سازمان‌ها در هر محیطی که فعالیت می‌کنند دائماً نیازمند بهبود عملکرد می‌باشند و باید تمام تلاش خود را جهت دستیابی به تعالی عملکرد به‌کار گیرند، بنابراین ارزیابی عملکرد همواره از موضوعات مورد بحث و چالش برانگیز مدیریت سازمان‌هاست (حسین پور و آذر[۱]، ۲۰۱۱). سیستم‌های ارزیابی عملکرد به‌عنوان ابزاری جهت سنجش میزان دستیابی سازمان‌ها به اهداف و تعیین نقاط ضعف و قوت آن‌ها جهت انجام اقدامات اصلاحی به‌منظور بهبود فرآیندها از اهمیت فراوانی برای مدیریت سازمان‌ها برخوردارند (جهانگیری و جهانگیری[۲]، ۲۰۱۷). درصورتی که ارزیابی عملکرد با دیدگاه فرآیندی و به‌شکل صحیح و مستمر انجام شود، در بخش دولتی موجب ارتقا و پاسخگویی دستگاه‌های اجرایی و اعتماد عمومی به عملکرد سازمان‌ها و کارایی و اثربخشی دولت می‌شود و در بخش

[۱] Hosseinpour & Azar
[۲] Jahangiri & Jahangiri

* نویسنده مسئول
آدرس رایانامه: jahangirieng@yahoo.com
شناسه دیجیتال: 10.22105/dmor.2020.239925.1184

غیردولتی نیز موجب ارتقای مدیریت منابع، رضایت مشتری، کمک به توسعه‌ی ملی، ایجاد قابلیت‌های جدید، پایداری و ارتقای کلاس جهانی شرکت‌ها و مؤسسات می‌شود (ایزدپناهی و شکرچی زاده[1]، ۲۰۱۷).

به‌طور کلی ارزیابی عملکرد به فرآیند سنجش و اندازه‌گیری عملکرد دستگاه‌ها در دوره‌های زمانی مشخص اطلاق می‌شود به گونه‌ای که انتظارات و شاخص‌های مورد قضاوت برای دستگاه ارزیابی شونده شفاف و از قبل به آن ابلاغ شده باشد که به‌منظور افزایش سطح استفاده بهینه از امکانات و منابع در جهت دستیابی به اهداف به شیوه‌ای اقتصادی، توأم با کارایی و اثربخشی صورت می‌گیرد. به‌طور کلی اهداف نهایی ارزیابی عملکرد در سه مورد زیر خلاصه می‌شود: ۱) تقویت حس برنامه‌ریزی، پاسخگویی، مشارکت و شفافیت عملکردها ۲) شناسایی نقاط قوت و ضعف ۳) تکامل، تعالی و بهبود مستمر عملکرد (افروشه و مهرانی[2]، ۲۰۱۶؛ دباغ و احمدی[3]، ۲۰۱۹).

با توجه به اهمیت نقش شرکت‌های آب و فاضلاب در تامین و توزیع آب آشامیدنی سالم و با کیفیت و کمک به ارتقای سطح بهداشت عمومی جامعه و ارتباط مستقیم و مستمر خدمات این شرکت‌ها با زندگی روزمره‌ی جمعیت تحت پوشش، ارائه‌ی خدمات مناسب و با کیفیت، کسب رضایت مشتریان، ارتقای سطح بهره‌وری و کاهش اتکا به‌کمک‌های دولتی از مهمترین اهداف این شرکت‌ها می‌باشد (جهانگیری[4]، ۲۰۱۷). از این‌رو نحوه‌ی عملکرد این شرکت‌ها در جهت ارائه‌ی خدمات مناسب که همان آبرسانی به شهرها و روستاهای سراسر ایران و دفع بهداشتی فاضلاب از آن‌ها می‌باشد، اهمیت فوق العاده بالایی دارد و ضروری است که عملکرد صنعت آب و فاضلاب ایران تحت ارزیابی قرار گیرد تا به‌موجب آن علاوه بر مشخص‌شدن ضعف‌ها و قوت‌ها، راهکارهایی به‌منظور رفع نواقص به‌منظور بهبود عملکرد این صنعت ارائه شود، لذا انجام چنین تحقیقی ضرورت دارد.

با توجه به ضرورت ارزیابی عملکرد برای صنعت آب و فاضلاب کشور، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی عملکرد این صنعت با تحلیل نمودن روند آبرسانی به شهرها و روستاها و دفع فاضلاب از آن‌ها طی سال‌های اخیر، صورت گرفته شده است به‌این منظور در ابتدا ضمن بیان‌نمودن پیشینه‌ای از تحقیقات گذشته، مبانی نظری ارزیابی عملکرد در طی زمان با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه[5] توضیح داده شده است. سپس عملکرد صنعت آب و فاضلاب ایران در چهار حوزه‌ی آبرسانی شهری، آبرسانی روستایی، دفع فاضلاب شهری و دفع فاضلاب روستایی طی هفت سال متوالی با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه مورد سنجش قرار گرفته شده است و روند هر چهار حوزه با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی و برازش خطی مورد تحلیل قرار گرفته شده و پس‌از آن در مورد یافته‌ها بحث منطقی به‌عمل آمده و درنهایت نتیجه‌ی تحقیق بیان شده است.

۲- پیشینه‌ی پژوهش و مبانی نظری

در سال‌های اخیر با توجه به ضعف‌های روش‌های ارزیابی سنتی و تغییر محیط رقابتی، مدل‌های جدیدی برای ارزیابی‌عملکرد سازمان‌ها ارایه گردیده است (فیضی و همکاران[6]، ۲۰۱۷). یکی‌از روش‌های نوین، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه می‌باشد (ساینی و خاندوجا[7]، ۲۰۱۹ ؛ توسوز و ییلدیز[8]، ۲۰۲۰). از نقطه‌نظر علمی، مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه با مسائلی که ازقبل، تعداد گزینه‌ها در آن تعیین شده باشد مرتبط است و تصمیم‌گیرنده تعداد محدودی گزینه را انتخاب، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی می‌کند. تقریباً همه‌ی مسائل تصمیم‌گیری دارای چندین معیار می‌باشند که این معیارها با هم متفاوت هستند. به‌طور کلی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به‌دنبال ارزیابی یک مجموعه از گزینه‌ها با توجه به مجموعه‌ای از معیارهاست (جهانگیری و جهانگیری، ۲۰۱۷). حال چنانچه شاخص‌های درنظر گرفته‌شده از جنس شاخص‌های عملکردی باشند، آن‌گاه می‌توان عملکرد گزینه‌های تحت مطالعه را مورد سنجش قرار داد و آنان را از حیث عملکردی ارزیابی و رتبه‌بندی نمود (صوفیان و همکاران[9]، ۲۰۱۹).

---

[1] Izadpanahi & Shekarchizadeh
[2] Afroosheh and Mehrani
[3] Dabbagh & Ahmdi
[4] Jahangiri
[5] Multiple Attribute Decision Making (MADM)
[6] Feyzi et al.
[7] Saini and Khanduja
[8] Tüysüz and Yıldız
[9] Sufiyan et al.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحه: ۲۴۸-۲۳۳

تحقیقات داخلی و خارجی مختلفی درخصوص به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در امر ارزیابی عملکرد صورت گرفته شده است که در این قسمت به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. یاراحمدی و همکاران[۱] (۲۰۱۸) در تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران ازنظر عملکرد *HSE* با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (*AHP* و *TOPSIS*) در مجتمع بندری امام خمینی (ره)» به ارزیابی عملکرد پیمانکاران می‌پردازد و نتیجه‌گیری می‌کنند که عملکرد مدیریت *HSE* در اکثر شرکت‌های پیمانکاری در وضعیت مطلوب و تعداد محدودی از شرکت‌ها در سطح خوب و قابل‌قبول بوده است. ایجادی مقصودی و همکاران[۲] (۲۰۱۸) در تحقیقی تحت عنوان «رتبه‌بندی و ارزشیابی روش‌های سنتی ارزیابی عملکرد سازمانی با محتوای تئوری و با استفاده از یک روش تصمیم‌گیری ادغامی» پس‌از انتخاب و رتبه‌بندی بهترین روش ارزیابی عملکرد به‌کمک تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به این نتیجه رسیدند که این تکنیک‌ها همبستگی مثبت و بالایی با یکدیگر دارند. علی نژاد و خلیلی[۳] (۲۰۲۰) در تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی عملکرد توزیع محصولات در زنجیره تأمین سبز» به‌کمک روش ویکور خاکستری، به ارزیابی و رتبه‌بندی محصولات شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی منطقه فارس پرداختند و درنهایت بیان نمودند که نتایج تحقیق آن‌ها به مدیران شرکت و سایر سازمان‌ها کمک می‌کند تا به بهبود توان و کاهش ضعف خود درجهت افزایش عملکرد بپردازند. کشتکاران و همکاران[۴] (۲۰۱۹) در تحقیقی تحت عنوان «توسعه یک مدل نرم‌افزاری جهت ارزشیابی اساتید با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی مبتنی‌بر توافق گروهی» به‌کمک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی و محاسبات فازی، یک مدل نرم‌افزاری در راستای ارزشیابی عملکرد اساتید را توسعه دادند و درنهایت نتیجه‌گیری نمودند که مقادیر شاخص محاسبه‌شده با وزن‌دهی به هر معیار و تجمیع نظر گروه تصمیم‌گیران در فرآیند ارزشیابی، نتایج دقیق و همه جانبه‌ای از ارزشیابی اساتید ارائه نموده است که این شاخص می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای سیستم فعلی ارزشیابی اساتید در دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور باشد. رشیدی[۵] (۲۰۲۰) در تحقیقی تحت عنوان «اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی کارایی عملکرد منابع انسانی با بهره‌برداری از تصمیم‌گیری چندمعیاره» با درنظرگیری معیارهای عملکردی، کارایی عملکرد منابع انسانی سازمان شهرداری رشت را مورد سنجش قرار داده و نتیجه‌گیری نموده است که مهمترین معیار موثر بر ارزیابی کارایی عملکرد منابع انسانی سازمان شهرداری رشت، کیفیت انجام کار است که وزن بالایی را در مدل تحقیق دارا می‌باشد.

فرانک و کاشی[۶] (۲۰۱۷) در تحقیقی تحت عنوان «استفاده از روش‌های ترکیبی *MADM* برای ارزیابی عملکرد در بخش تولید» با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه و کمک گرفتن ازنظرات مدیران عالی یک شرکت تولیداتی، یک روش تصمیم‌گیری سیستماتیک به‌منظور ارزیابی عملکرد ارائه نموده اند. جاین[۷] (۲۰۱۸) در تحقیقی تحت عنوان «استفاده از روش‌های ترکیبی *MADM* همچون *MOORA* و *PSI* برای رتبه‌بندی فاکتورهای عملکرد *FMS*» با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه عوامل مهم و متغیرهای عملکردی که می‌توانند عملکرد سازمان‌های تولیدی را افزایش دهند، ارزیابی کرده است و به تولیدکنندگان پیشنهاد نموده که می‌توانند روی این موارد تمرکز کنند تا عملکرد را افزایش دهند. ساینی و خاندوجا (۲۰۱۹) در تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی عملکرد مالی با استفاده از رویکردهای *MADM* در بانک‌های هند» عملکرد ۱۴ بانک را طی سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ با استفاده از *AHP* و*TOPSIS* مورد ارزیابی قرار داده‌اند و نتیجه‌گیری نموده‌اند که این روش‌ها می‌توانند برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها به‌طور موثر مورد استفاده قرار گیرند. پنگ و تسنگ[۸] (۲۰۱۹) در تحقیقی تحت عنوان «بررسی بهبود عملکرد گردشگری میراث فرهنگی برای ایجاد استراتژی‌های توسعه پایدار با استفاده از مدل ترکیبی *MADM* اصلاح شده» با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره ازجمله *DEMATEL* و *VIKOR* سعی در کشف استراتژی‌های بهبود عملکرد صنعت گردشگری نمودند و راهبردهای مهمی را پیشنهاد دادند. عبدالباسط و همکاران[۹] (۲۰۲۰) در تحقیقی تحت عنوان «یک رویکرد پلیتوژنتیک *MCDM* یکپارچه برای ارزیابی عملکرد مالی صنایع تولیدی» با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه، عملکرد مالی ۱۰ شرکت فولاد در کشور مصر را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه‌گیری نمودند که شرکت‌ها دارای رتبه تقریباً یکسانی می‌باشند. پرابورام و همکاران[۱۰] (۲۰۲۰) در تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی عملکرد پیکربندی‌های شبکه توزیع کانال *Omni* [۱۱] با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره» به ارزیابی عملکرد کانال مذکور با استفاده از روش‌های مختلف

---

[۱] Yarahmadi et al.
[۲] Ijadi Maghsoodi et al.
[۳] Alinezhad & Khalili
[۴] Keshtkaran et al.
[۵] Rashidi
[۶] Franek & Kashi
[۷] Jain
[۸] Peng & Tzeng
[۹] Abdel-Basset et al.
[۱۰] Prabhuram et al.
[۱۱] یک فرایند یکپارچه برای تأمین بی وقفه خواسته‌های مشتریان از چندین کانال مختلف مانند فروشگاه فیزیکی، مرکز تماس، ایمیل و یا اپلیکیشن‌های آنلاین تلفن همراه است.

MCDM پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آنان نشان داده است اگر پیکربندی کانال به‌شکل انبار یکپارچه طراحی شود و حمل‌ونقل و تحویل از همه‌ی گره‌ها صورت گیرد عملکرد بهتری نسبت به سایر پیکربندی‌ها خواهد داشت.

با توجه به تحقیقات انجام شده‌ی فوق می‌توان گفت گرچه مدل‌های پایه‌ای تصمیم‌گیری چندشاخصه ابزار مناسبی برای ارزیابی عملکرد، رتبه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه ازمیان گزینه‌های موجود می‌باشند، اما در بسیاری از مواقع مدیران سازمان‌ها خواهان ارزیابی عملکرد واحد تحت نظارت خود به‌طور مستمر و در طول زمان می‌باشند به‌طوری که قادر به کنترل و هدایت آن سازمان در جهت برنامه‌های از پیش تهیه‌شده باشند. درست همانند راننده‌ای که میزان سرعت اتومبیل خود را به‌صورت مرتب در مقاطع زمانی متوالی کنترل می‌کند، ارزیابی عملکرد براساس زمان ابزار مناسبی برای کنترل مستمر سازمان در اختیار مدیران قرار می‌دهد. در این مواقع جهت انجام ارزیابی عملکرد می‌توان برهه‌هایی از زمان مثل روزها، هفته‌ها، ماه‌ها و یا سال‌ها را به‌عنوان یک گزینه درنظر گرفت و در ماتریس تصمیم‌گیری لحاظ نمود (جهانگیری و همکاران[1]، ۲۰۱۹). **جدول ۱** فرم کلی ماتریس مسائل تصمیم‌گیری جهت ارزیابی عملکرد یک سازمان در طی زمان را نشان می‌دهد. لازم‌به ذکر است تنها تفاوت این ماتریس تصمیم‌گیری با مدل‌های مرسوم در آن است که برهه‌هایی از زمان به‌عنوان یک گزینه درنظر گرفته شده‌اند که بعداز پردازش آن توسط یکی‌از روش‌های موجود می‌توان نمرات عملکردی سازمان تحت ارزیابی در هریک از برهه‌های زمانی را به‌دست آورد.

جدول ۱- فرم کلی ماتریس تصمیم‌گیری جهت ارزیابی عملکرد یک سازمان در طی زمان.

Table 1- General form of decision matrix to evaluate the performance of an organization over time.

	شاخص عملکردی اول (C_1)	**شاخص عملکردی دوم (C_2)**	**...**	**شاخص عملکردی آخر (C_n)**
برهه زمانی اول (T_1)	نمره مکتسبه سازمان از شاخص اول در برهه زمانی اول (x_{11})	نمره مکتسبه سازمان از شاخص دوم در برهه زمانی اول (x_{12})	...	نمره مکتسبه سازمان از شاخص آخر در برهه زمانی اول (x_{1n})
برهه زمانی دوم (T_2)	نمره مکتسبه سازمان از شاخص اول در برهه زمانی دوم (x_{21})	نمره مکتسبه سازمان از شاخص دوم در برهه زمانی دوم (x_{22})	...	نمره مکتسبه سازمان از شاخص آخر در برهه زمانی دوم (x_{2n})
...	...	...	...	...
برهه زمانی آخر (T_m)	نمره مکتسبه سازمان از شاخص اول در برهه زمانی آخر (x_{m1})	نمره مکتسبه سازمان از شاخص دوم در برهه زمانی آخر (x_{m2})	...	نمره مکتسبه سازمان از شاخص آخر در برهه زمانی آخر (x_{mn})
وزن شاخص‌ها	وزن شاخص اول (W_1)	وزن شاخص دوم (W_2)		وزن شاخص آخر (W_n)

لازم به ذکر است که برخی از محققین با کمک گرفتن از این مدل به بررسی نقاط ضعف و قوت سازمان‌ها و ارزیابی عملکرد آن‌ها طی زمان پرداخته‌اند که به‌عنوان مثال می‌توان به تحقیق جهانگیری و همکاران (۲۰۱۹) که طی آن عملکرد بیمارستان شریعتی تهران قبل و بعداز طرح تحول نظام سلامت مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و یا به تحقیق جهانگیری و جهانگیری (۲۰۲۰) که روند عملکرد درمان مستقیم و غیرمستقیم سازمان تأمین اجتماعی طی یک بازه زمانی ۲۵ ساله تحت مطالعه قرار گرفته شده است اشاره کرد.

در رابطه با ارزیابی عملکرد بخش آب و فاضلاب نیز تحقیقات داخلی و خارجی مختلفی صورت گرفته شده است که به‌عنوان مثال برای تحقیقات داخلی می‌توان به تحقیق رضائیان و عسگری نژاد[2] (۲۰۱٤) که طی آن با استفاده از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی به ارزیابی عملکرد و تحلیل کارایی شرکت‌های آب و فاضلاب استان مازندران با درنظرگیری متغیرهایی ازجمله: تعداد قبوض صادره، تعداد انشعابات، انرژی مصرفی، تعداد پرسنل، درآمد جاری، درآمد سرمایه‌ای، حجم تولید آب، حجم مصرف آب و هزینه‌ی سرانه‌ی آموزش پرداخته‌اند و یا به تحقیق گلی آیسک و دهدار[3] (۲۰۱۷) که طی آن عملکرد ۳۵ شرکت آب و فاضلاب را طی یک دوره‌ی زمانی ٤ ساله با استفاده از کارت امتیازی متوازن از چهار منظر مالی، فرآیندهای داخلی، رشد و یادگیری و مشتریان مورد ارزیابی قرارداده‌اند و یا به تحقیق ابراهیم آبادی و همکاران[4] (۲۰۱۸) که طی آن عملکرد اقتصادی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه ویکور و با درنظرگیری معیارهای مختلفی ازجمله رشد بازار، ارزش افزوده خالص و ناخالص

[1] Jahangiri et al.
[2] Rezaeian & Asgarinezhad
[3] Goli Aysek & Dehdar
[4] Ebrahimabadi et al.

به کل داده‌ها، گردش مالی داخلی، تشکیل سرمایه و نرخ تشکیل سرمایه، بهره‌وری خالص و ناخالص تجهیزات و سرمایه و غیره و محاسبه وزن هر کدام به‌کمک روش آنتروپی را مورد سنجش قرار داده‌اند و یا به تحقیق علی نژاد و دباغ[۱] (۲۰۱۸) که طی آن با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه *AHP* بهره‌وری کل شرکت آب و فاضلاب روستایی استان آذربایجان غربی را طی دوره زمانی ۸ ساله (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵) از ابعاد مختلفی هم‌چون خدمات ارائه شده، رضایت مشتری، کاهش نتایج ناخواسته، به کارگیری فناوری اطلاعات و غیره مورد ارزیابی قرار داده‌اند و یا به تحقیق دباغ و احمدی[۲] (۲۰۱۹) که طی آن عملکرد شرکت آب و فاضلاب شهری استان آذربایجان غربی را با استفاده از کارت امتیازی متوازن از چهار منظر مالی، فرآیندهای داخلی، رشد و یادگیری و مشتریان مورد ارزیابی قرار داده‌اند اشاره کرد و برای تحقیقات خارجی نیز می‌توان به تحقیق مولینوس سنانته و همکاران[۳] (۲۰۱۶) که طی آن کارایی ۲۵ شرکت آب و فاضلاب کشور شیلی را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با درنظرگیری متغیرهایی ازجمله هزینه‌های عملیاتی، تعداد کارکنان، طول شبکه، میزان آب توزیع‌شده و تعداد مشترکین فاضلاب مورد ارزیابی قرار داده‌اند و یا به تحقیق مولینوس سنانته و همکاران (۲۰۲۰) که در آن روند عملکرد و بهره‌وری ۲۲ شرکت خصوصی آب شیلی را در تحقیقی دیگر با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و درنظرگیری متغیرهایی ازجمله میزان آب شرب تحویل داده‌شده طی سال، تعداد مشترکین فاضلاب، طول شبکه‌های آب و فاضلاب، هزینه‌های عملیاتی و تعداد کارکنان طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ مورد ارزیابی قرار داده‌اند اشاره کرد. اما همان‌گونه که مشخص است هیچ‌گونه تحقیقی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه و دخالت‌دادن عامل زمان به‌منظور ارزیابی عملکرد صنعت آب و فاضلاب ایران صورت‌گرفته نشده است. لذا در این تحقیق سعی شده است عملکرد صنعت آب و فاضلاب ایران با کمک‌گرفتن از تصمیم‌گیری چندشاخصه و دخالت‌دادن عامل زمان که در واقع نوآوری تحقیق حاضر محسوب می‌شود مورد سنجش قرار گیرد و روند چند ساله‌ی آبرسانی به شهرها و روستاهای کشور و دفع فاضلاب از آن‌ها مورد تحلیل قرار گیرد.

۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و ازنظر ماهیت جزو تحقیقات توصیفی محسوب می‌شود که در خرداد سال ۱۳۹۹ صورت گرفته شده است. قلمروی مکانی این تحقیق شهرها و روستاهای کل کشور می‌باشد. داده‌های مورد نیاز با مراجعه به پایگاه اینترنتی آمار و اطلاعات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و دانلود جدیدترین سالنامه‌های آماری بخش شهری و روستایی به‌دست آمده است (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور[۴]، ۲۰۲۰). در این تحقیق عملکرد چهار حوزه‌ی آبرسانی به شهرها، آبرسانی به روستاها، دفع فاضلاب از شهرها و دفع فاضلاب از روستاهای کل کشور به‌طور جداگانه طی سال‌های ۹۱ تا ۹۷ با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. بدین ترتیب که در ابتدا به تعیین شاخص‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد پرداخته شده است. لازم به ذکر است که این مرحله یکی‌از حساسترین مراحل کار محسوب می‌شود، لذا با توجه به شاخص‌های معرفی‌شده در سالنامه‌ی آماری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۲۰۲۰)، مصاحبه با کارشناسان شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی و اساتید دانشگاه آزاد اسلامی، درنهایت تعداد ۱۰ شاخص برای آبرسانی به شهرها، ۱۰ شاخص برای آبرسانی به روستاها، ٦ شاخص برای دفع فاضلاب از شهرها و ۵ شاخص برای دفع فاضلاب از روستاها انتخاب و ماتریس‌های تصمیم‌گیری بر مبنای این شاخص‌ها طراحی شد که جزئیات آن‌ها در **جداول (۲)- (۵)** نشان داده شده است.

---

[۱] Alinejad & Dabbagh
[۲] Dabbagh & Ahmdi
[۳] Molinos-Senante et al.
[۴] National Water and Wastewater Engineering Company

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحه: ۲۴۸-۲۳۳

جدول ۲- شاخص‌های عملکردی مربوط به آبرسانی حوزه‌ی شهری.

Table 2- Performance attributes related to urban water supply.

شماره	شرح
شاخص ۱	تعداد شهرهای تحت پوشش آب.
شاخص ۲	تعداد کل مشترکین آب اعم از خانگی و غیرخانگی.
شاخص ۳	تعداد منابع تامین آب در مدار بهره‌برداری (چاه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها).
شاخص ۴	حجم کل آب تولیدی برحسب میلیون مترمکعب در سال.
شاخص ۵	حجم کل فروش آب برحسب میلیون مترمکعب در سال.
شاخص ۶	طول شبکه توزیع برحسب کیلومتر.
شاخص ۷	طول خطوط انتقال آب برحسب کیلومتر.
شاخص ۸	حجم کل مخازن در مدار بهره‌برداری برحسب مترمکعب.
شاخص ۹	تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب در مدار بهره‌برداری.
شاخص ۱۰	تعداد تصفیه خانه‌های آب در مدار بهره‌برداری.

جدول ۳- شاخص‌های عملکردی مربوط به آبرسانی حوزه‌ی روستایی.

Table 3- Performance attributes related to rural water supply.

شماره	شرح
شاخص ۱	تعداد روستاهای تحت پوشش آب.
شاخص ۲	تعداد کل مشترکین آب اعم از خانگی و غیرخانگی.
شاخص ۳	تعداد کل منابع تامین آب در مدار بهره‌برداری (چاه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها، آب‌های سطحی).
شاخص ۴	حجم کل آب تولیدی برحسب میلیون مترمکعب در سال.
شاخص ۵	حجم کل فروش آب برحسب میلیون مترمکعب در سال.
شاخص ۶	میزان توسعه‌ی شبکه توزیع آب برحسب کیلومتر.
شاخص ۷	میزان توسعه‌ی خطوط انتقال آب برحسب کیلومتر.
شاخص ۸	حجم کل مخازن در مدار بهره‌برداری برحسب مترمکعب.
شاخص ۹	تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب در مدار بهره‌برداری.
شاخص ۱۰	تعداد تصفیه خانه‌های آب.

جدول ۴- شاخص‌های عملکردی مربوط به دفع فاضلاب حوزه‌ی شهری.

Table 4- Performance attributes related to urban wastewater disposal.

شماره	شرح
شاخص ۱	تعداد شهرهای دارای انشعاب فاضلاب.
شاخص ۲	تعداد کل مشترکین فاضلاب اعم از خانگی و غیر خانگی.
شاخص ۳	حجم فاضلاب جمع‌آوری شده برحسب مترمکعب در شبانه‌روز.
شاخص ۴	طول شبکه جمع‌آوری فاضلاب برحسب کیلومتر.
شاخص ۵	طول خطوط انتقال فاضلاب برحسب کیلومتر.
شاخص۶	تعداد تصفیه خانه‌های فاضلاب در مدار بهره‌برداری.

جدول ۵- شاخص‌های عملکردی مربوط به دفع فاضلاب حوزه‌ی روستایی.

Table 5- Performance attributes related to rural wastewater disposal.

شماره	شرح
شاخص ۱	تعداد روستاهای دارای انشعاب فاضلاب.
شاخص ۲	تعداد کل مشترکین فاضلاب اعم از خانگی و غیرخانگی.
شاخص ۳	میزان توسعه‌ی شبکه جمع‌آوری فاضلاب برحسب کیلومتر.
شاخص ۴	میزان توسعه‌ی خطوط انتقال فاضلاب برحسب کیلومتر.
شاخص ۵	تعداد تصفیه خانه‌های فاضلاب.

همان‌گونه که پیش‌تر به آن اشاره شد نیاز است تا برهه‌هایی از زمان به‌عنوان یک گزینه در ماتریس تصمیم‌گیری لحاظ شوند. در این تحقیق به‌دلیل آن‌که اطلاعات آماری مورد نیاز به تفکیک هر سال توسط پایگاه آمار و اطلاعات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور ارائه شده بود، لذا هر کدام از سال‌های ۹۱ تا ۹۷ برای هر چهار حوزه (آبرسانی شهری، آبرسانی روستایی، دفع فاضلاب شهری و دفع فاضلاب روستایی) به‌عنوان یک گزینه درنظر گرفته شدند و با منظورنمودن امتیاز هر گزینه از هر شاخص که درواقع همان اطلاعات ارائه شده در سالنامه آماری بود، ماتریس تصمیم‌گیری برای هر چهار حوزه تشکیل شد.

بدیهی است که در فرآیند ارزیابی عملکرد و تصمیم‌گیری، ممکن است تمامی شاخص‌ها به یک اندازه حائز اهمیت نباشند، بنابراین نیاز است تا وزن هر شاخص مشخص شود. روش‌های زیادی برای تعیین وزن شاخص‌ها وجود دارد که یکی‌از پرکاربردترین آن‌ها، آنتروپی می‌باشد، لذا در این تحقیق از این روش مطابق **روابط (۱)-(٤)** استفاده شد و وزن‌ها تعیین گردید:

محاسبه P_{ij} با استفاده از **رابطه (۱)**:

$$P_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}\ ;\forall i\,,j\,. \qquad (۱)$$

محاسبه E_j با استفاده از **رابطه (۲)**:

$$E_j=-K\sum_{i=1}^{m}[P_{ij}\,.\,Ln\,P_{ij}]\ ;\ \forall j\,. \qquad (۲)$$

به‌طوری که $K=\frac{1}{Ln\,m}$ می باشد.

محاسبه d_j با استفاده از **رابطه (۳)**:

$$d_j=1-E_j\,. \qquad (۳)$$

محاسبه اوزان (W_j) با استفاده از **رابطه (٤)**:

$$W_j=\frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}\,. \qquad (۴)$$

در **روابط (۱)-(٤)**، m تعداد گزینه‌ها (سال‌ها)، n تعداد شاخص‌ها (معیارها)، W_j وزن شاخص j و xij امتیاز گزینه i از شاخص j (همان مقادیر عددی مندرج در سالنامه آماری) می‌باشد (جهانگیری، ۲۰۱۹؛ جهانگیری، ۲۰۱۸).

پس‌از این‌که ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل شد و وزن هر شاخص نیز تعیین گردید نیاز است تا به وسیله‌ی یکی‌از روش‌های موجود، ماتریس تصمیم‌گیری مورد پردازش قرار گیرد و در واقع نمره‌ی عملکردی مربوط به هر سال تعیین شود. لازم‌به ذکر است روش‌های زیادی به‌منظور پردازش ماتریس تصمیم‌گیری وجود دارد که یکی‌از جدیدترین آن‌ها روش "اندازه‌گیری و رتبه‌بندی مطابق با راه حل سازشی (مارکوس[۱]) " می‌باشد که توسط استویچ و همکاران[۲] (۲۰۲۰) معرفی شده است. ویژگی‌ها و مزایای این روش توسعه‌یافته عبارتند از: درنظر گرفتن یک راه حل ضد ایده‌آل و ایده‌آل در ابتدای امر و تشکیل یک ماتریس تصمیم‌گیری اولیه گسترده، تعیین دقیق‌تر درجه‌ی مطلوبیت در رابطه با هر دو راه حل، ارائه‌ی یک روش جدید برای تعیین توابع سودمندی و تجمع آن‌ها، امکان درنظر گرفتن مجموعه‌ی بزرگی از معیارها و گزینه‌ها ضمن حفظ ثبات روش، انعطاف پذیری، سادگی، پایداری، قابلیت اطمینان و دقت بالاتر نسبت به دیگر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه مخصوصاً تاپسیس، عدم حساسیت نسبت به تغییر مقیاس‌های اندازه‌گیری و غیره (استویچ و همکاران، ۲۰۲۰). لذا در این تحقیق از این روش مطابق مراحل زیر استفاده شد:

مرحله ۱. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری اولیه‌ی گسترده. در این مرحله با اضافه‌نمودن راه حل ایده‌آل و راه‌حل ضد ایده‌آل ماتریس تصمیم‌گیری اولیه‌ی گسترده مطابق **رابطه (۵)** به‌دست می‌آید:

---

[۱] Measurement Alternatives and Ranking according to COmpromise Solution (MARCOS)

[۲] Stevich et al.

$$X=\begin{array}{c} \\ ATI \\ T_1 \\ T_2 \\ \dots \\ T_m \\ TI \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{at1} & x_{at2} & \dots & x_{atn} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \\ x_{ti1} & x_{ti2} & \dots & x_{tin} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۵)$$

راه حل ضد ایده‌آل (ATI) بدترین میزان در دوره زمانی و راه‌حل ایده‌آل (TI) بهترین میزان در دوره زمانی می‌باشد. که با توجه به ماهیت شاخص‌ها مطابق زیر تعریف می‌شوند:

$$ATI=\underset{i}{Min}\, x_{ij} \quad if\ j\epsilon B \quad and \quad \underset{i}{Max}\, x_{ij} \quad if\ j\epsilon C\,. \qquad (۶)$$

$$TI=\underset{i}{Max}\, x_{ij} \quad if\ j\epsilon B \quad and \quad \underset{i}{Min}\, x_{ij} \quad if\ j\epsilon C. \qquad (۷)$$

که B شاخص‌های از جنس سود و C شاخص‌های از جنس هزینه می‌باشند.

مرحله ۲. نرمالسازی ماتریس تصمیم‌گیری اولیه گسترده که درایه‌های ماتریس $N=[n_{ij}]_{m\times n}$ مطابق **روابط (۸) و (۹)** به‌دست می‌آیند:

$$n_{ij}=\frac{x_{ti}}{x_{ij}} \quad if\ j\in C. \qquad (۸)$$

$$n_{ij}=\frac{x_{ij}}{x_{ti}} \quad if\ j\in B\,. \qquad (۹)$$

که x_{ij} و x_{ti} مربوط به ماتریس X می‌شود.

مرحله ۳. تشکیل ماتریس نرمال وزنی $V=[v_{ij}]_{m\times n}$ مطابق **رابطه (۱۰)**:

$$v_{ij}=n_{ij}\times w_j \qquad (۱۰)$$

مرحله ٤. محاسبه‌ی درجه سودمندی K_i برای هر دوره زمانی با استفاده از **روابط (۱۱) و(۱۲)**:

$$K_i^-=\frac{S_i}{S_{ati}}\,. \qquad (۱۱)$$

$$K_i^+=\frac{S_i}{S_{ti}}\,. \qquad (۱۲)$$

که S_i $(i=1,2,\dots,m)$ مجموع ماتریس وزنی V می‌باشد و مطابق **رابطه (۱۳)** به‌دست می‌آید:

$$S_i=\sum_{j=1}^{n} v_{ij}\,. \qquad (۱۳)$$

مرحله ۵. محاسبه تابع سودمندی $f(K_i)$ مطابق **رابطه (١٤)**:

$$f(K_i)=\frac{K_i^+ + K_i^-}{1+\frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)}+\frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}}\,. \qquad (۱۴)$$

که $f(K_i^-)$ اشاره به تابع سودمندی ضد ایده‌آل و $f(K_i^+)$ اشاره به تابع سودمندی ایده‌آل دارد که مطابق **روابط (۱۵) و (١٦)** محاسبه می‌شوند:

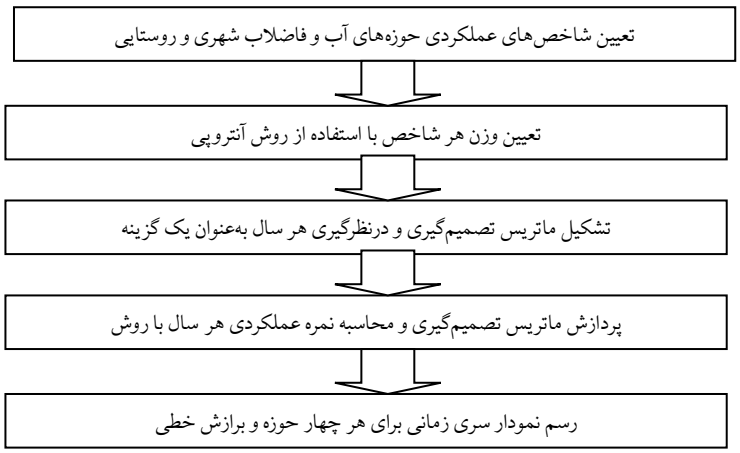
$$f(K_i^-)=\frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-}\,. \qquad (۱۵)$$

$$f(K_i^+)=\frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-}\,. \qquad (۱۶)$$

بدیهی است هر گزینه‌ای (سالی) که نمره‌ی سودمندی بیشتری کسب کند نشان از عملکرد بالای صنعت آب و فاضلاب در همان سال موردنظر می‌باشد و از آن‌جا که نمرات عملکردی در طی زمان به‌دست آمده‌اند، لذا نوعی سری زمانی را تشکیل می‌دهند که با رسم نمودار سری زمانی هرکدام و همچنین با برازش خطی حداقل مربعات می‌توان روند عملکرد آن حوزه را مشاهده و تحلیل نمود. در این

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحه: ۲۴۸-۲۳۳

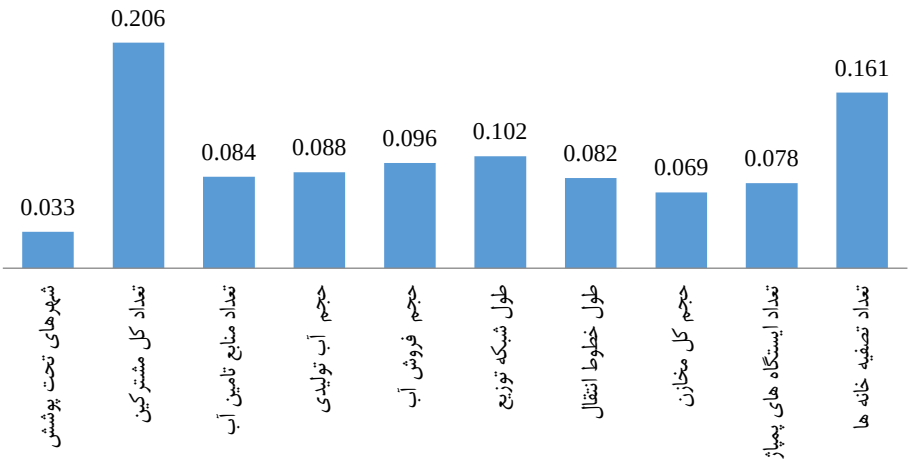
تحقیق روابط **روابط (۱) -(۱٦)** توسط نرم افزار *EXCEL 2010* و برازش خطی و معنادار بودن ضرایب خطوط برازش‌شده به‌کمک نرم افزار *SPSS 16* انجام شد. به‌طور خلاصه گام‌های اجرایی تحقیق حاضر در **شکل ۱** نشان داده شده است.



شکل ۱- چهارچوب کلی گام‌های اجرایی تحقیق.
Figure 1- General framework of research implementation steps.

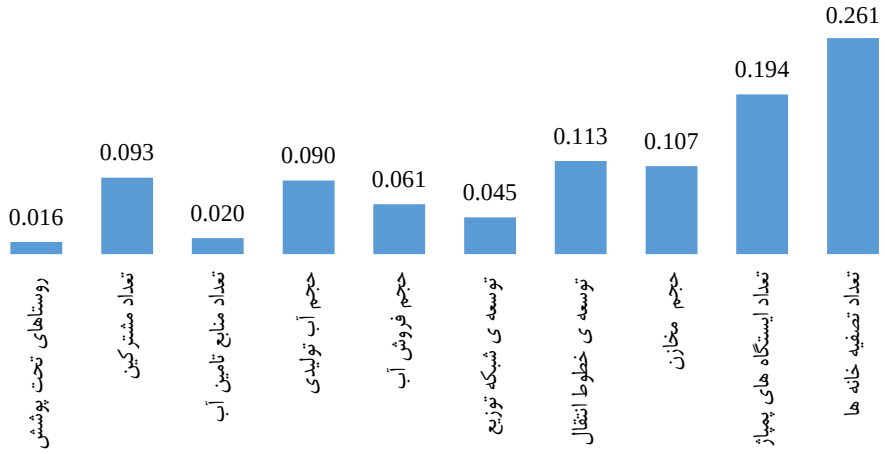
۴- یافته های پژوهش

شاخص‌های درنظر گرفته‌شده برای هر چهار حوزه وزن‌های متفاوتی را دارا بودند که **شکل ۲** مقادیر عددی وزن شاخص‌های مربوط به آبرسانی شهری، **شکل ۳** وزن شاخص‌های مربوط به آبرسانی روستایی، **شکل ٤** وزن شاخص‌های دفع فاضلاب شهری و **شکل ٥** وزن شاخص‌های دفع فاضلاب روستایی را نشان می‌دهد.



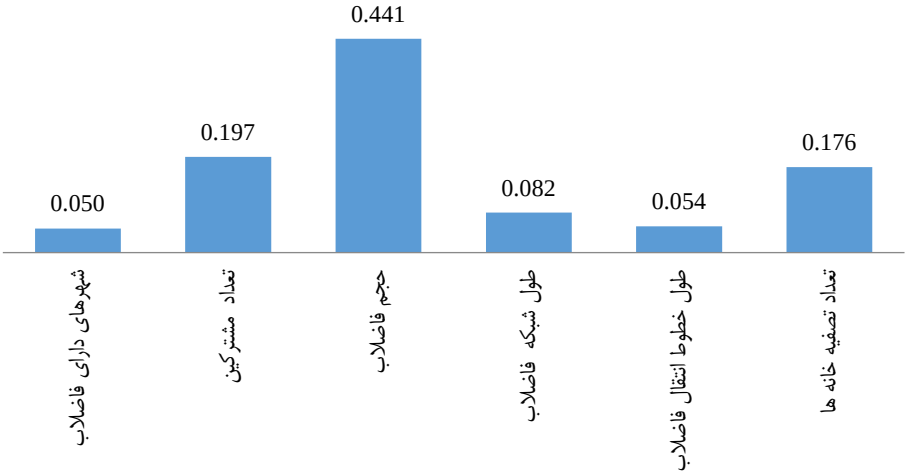
شکل ۲- وزن شاخص‌های مربوط به آبرسانی شهری.
Figure 2- Weight of attributes related to urban water supply.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحه: ۲۴۸-۲۳۳



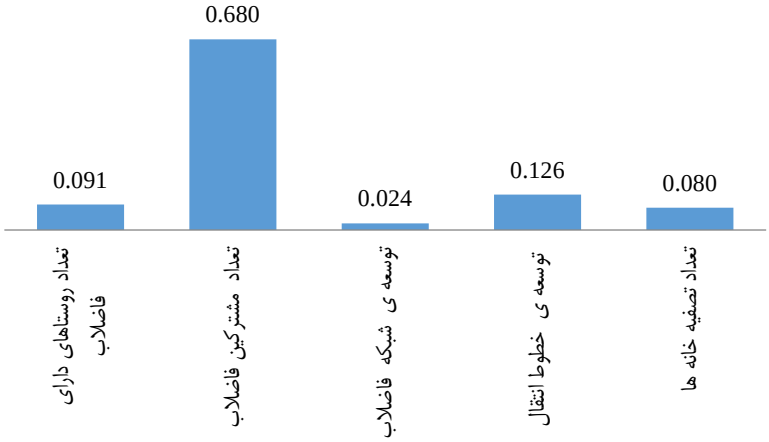
شکل ۳- وزن شاخص‌های مربوط به آبرسانی روستایی

Figure 3- Weight of attributes related to rural water supply.



شکل ۴- وزن شاخص‌های مربوط به دفع فاضلاب شهری.

Figure 4- Weight of attributes related to urban wastewater disposal.

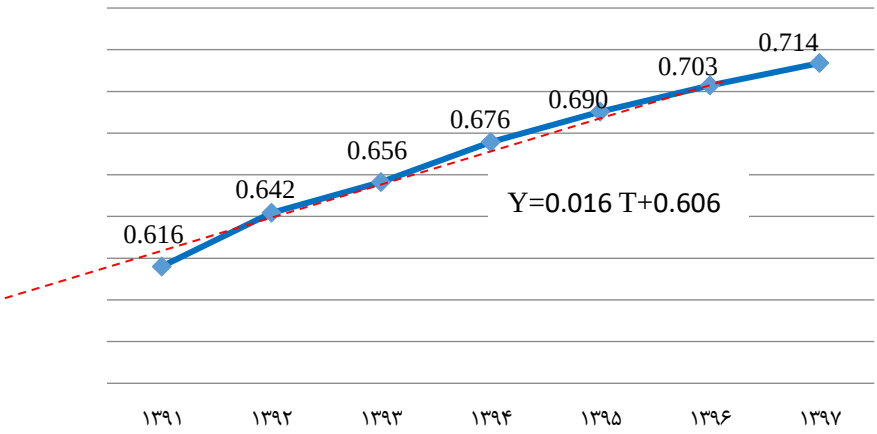


شکل ۵- وزن شاخص‌های مربوط به دفع فاضلاب روستایی.

Figure 5- Weight of attributes related to rural wastewater disposal.

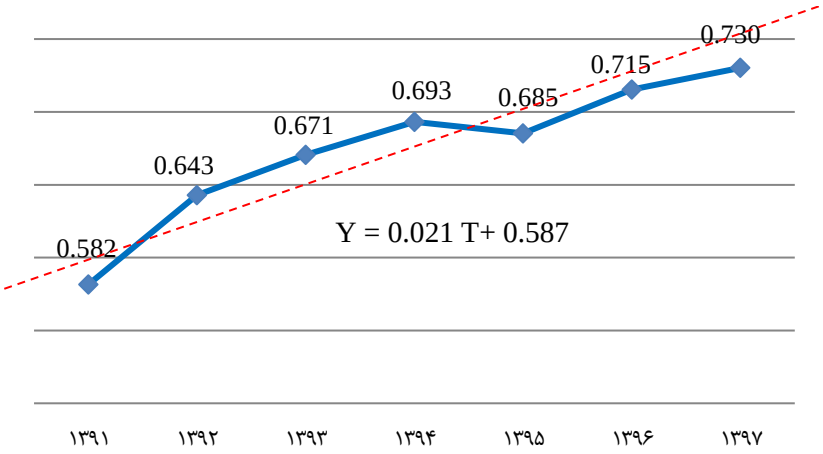
مشخص است که در حوزه‌ی آبرسانی شهری شاخص دوم، یعنی تعداد کل مشترکین آب اعم‌از خانگی و غیرخانگی، در حوزه‌ی آبرسانی روستایی شاخص دهم، یعنی تعداد تصفیه خانه های آب، در حوزه‌ی دفع فاضلاب شهری شاخص سوم، یعنی حجم فاضلاب جمع‌آوری شده برحسب مترمکعب در شبانه‌روز و نهایتاً در حوزه‌ی دفع فاضلاب روستایی شاخص دوم، یعنی تعداد کل مشترکین فاضلاب اعم از خانگی و غیرخانگی دارای بیش‌ترین وزن در مقایسه با دیگر شاخص‌ها بوده‌اند.

پس‌از پردازش ماتریس تصمیم‌گیری، نمودار سری زمانی مربوط به هر چهار حوزه به‌همراه خط برازش‌شده به‌دست آمده است که **شکل ۶** روند عملکرد مربوط به آبرسانی شهری، **شکل ۷** روند عملکرد آبرسانی روستایی، **شکل ۸** روند عملکرد دفع فاضلاب شهری و نهایتاً **شکل ۹** روند عملکرد مربوط به دفع فاضلاب روستایی را نشان می‌دهد. لازم‌به ذکر است پی-مقدار مربوط به ضرایب تمامی خطوط برازش‌شده کمتر از ۰/۰۱ محاسبه شد (*P-value* <۰/۰۱).



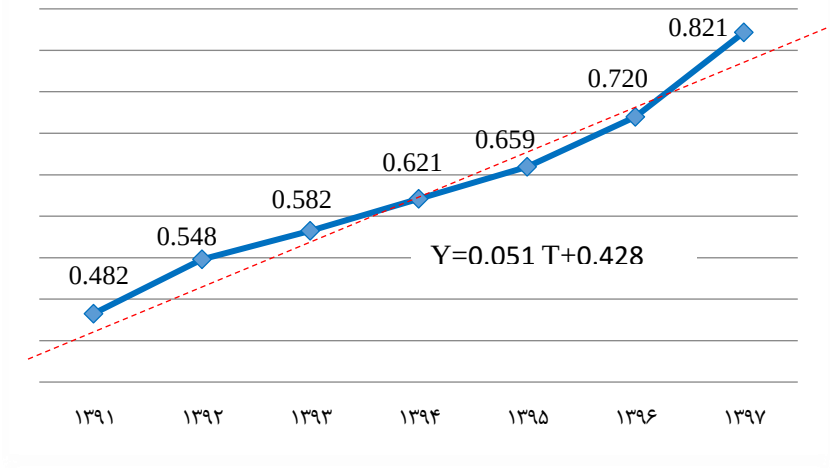
شکل ۶- نمودار سری زمانی و برازش خطی آبرسانی شهری.

Figure 6- Time series diagram and linear fit of urban water supply.



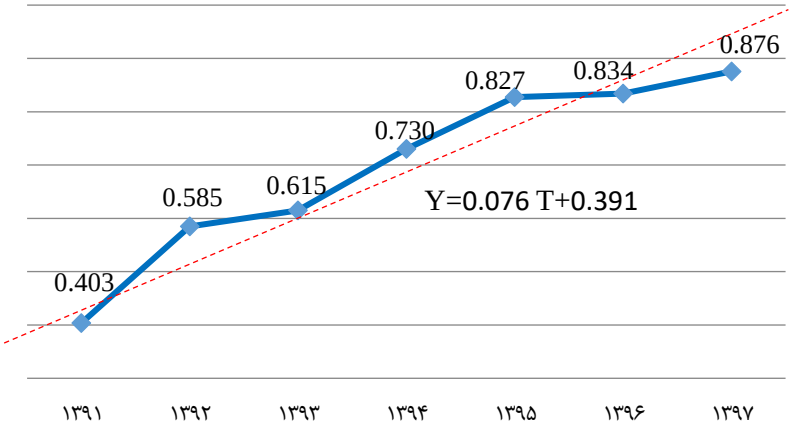
شکل ۷- نمودار سری زمانی و برازش خطی آبرسانی روستایی.

Figure 7- Time series diagram and linear fit of rural water supply.



شکل ۸- نمودار سری زمانی و برازش خطی دفع فاضلاب شهری.

Figure 8- Time series diagram and linear fit of urban wastewater disposal.



شکل ۹- نمودار سری زمانی و برازش خطی دفع فاضلاب روستایی.
Figure 9- Time series diagram and linear fit of rural wastewater disposal.

۵- بحث

چنان‌چه در **شکل‌های (۲)-(۵)** مشخص است تعداد کل مشترکین، تعداد تصفیه خانه‌ها، تعداد ایستگاه‌های پمپاژ و حجم فاضلاب جمع‌آوری شده، شاخص‌های با وزن بالا شناسایی شده‌اند که این مطلب نشان‌دهنده آن است که این شاخص‌ها بسیار بر عملکرد صنعت آب و فاضلاب ایران تاثیرگذار می‌باشند.

مطابق تعریف مندرج در آئین‌نامه عملیاتی و شرایط عمومی تعرفه‌های آب و فاضلاب، مشترک به هر شخص حقیقی یا حقوقی گفته می‌شود که انشعاب و یا انشعاب‌های (آب یا فاضلاب) مورد تقاضای وی طبق مقررات برقرار شده باشد (فتاح[۱]، ۲۰۰۷) که در مقالات و تحقیقات مختلف، تعداد مشترکین به‌عنوان یک شاخص مهم در فرآیند ارزیابی عملکرد دستگاه‌های خدمت رسان هم‌چون آب، برق و گاز مدنظر محققین قرار گرفته شده است (بافهم و محمدزاده[۲]، ۲۰۱۶؛ خدرویسی و همکاران[۳]، ۲۰۱۵؛ فلاح جلودار[۴]، ۲۰۱۷؛ کردرستمی و امیرتیموری[۵]، ۲۰۱۶). بدیهی است هرچه تعداد مشترکین شرکت‌های آب و فاضلاب بیشتر باشد به معنی آن است که افراد بیشتری از نعمت آب شرب و دفع بهداشتی فاضلاب برخوردار می‌باشند.

علاوه بر تعداد مشترکین، شاخص دیگری که در ارزیابی عملکرد صنعت آب و فاضلاب ایران حائز اهمیت تشخیص داده شده است تعداد تصفیه خانه‌های آب و فاضلاب می‌باشد. به‌طور کلی تصفیه خانه به محلی گفته می‌شود که آب یا فاضلاب در آن جمع شده و فرآیندی در جهت حذف مواد شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی‌از آن انجام می‌شود و آب یا فاضلاب به‌مراتب تمیز و پاکیزه شده و جهت شرب، کشاورزی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد (کوتو و همکاران[۶]، ۲۰۱۹). در این تحقیق تعداد تصفیه‌خانه‌های آب وزن بیشتری نسبت به تعداد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کسب نموده‌اند.

تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب نیز یکی دیگر از شاخص‌های با وزن بالا در این تحقیق تشخیص داده شده است. ایستگاه پمپاژ آب به مکانی گفته می‌شود که در آن مجموعه‌ای از تاسیسات و تجهیزات از قبیل پمپ ها، شیرآلات ورودی (مکش)، شیرآلات خروجی (دهش) و غیره، آب را بدون نیاز به‌کمک انسان از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر (حتی از نقاط کم ارتفاع به نقاط مرتفع) انتقال می‌دهد (کروئس و همکاران[۷]، ۲۰۲۰). بدیهی است چنان‌چه تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب زیاد باشد می‌توان گفت آبرسانی با سختی و مشکلات بیش‌تری توسط شرکت های آب و فاضلاب صورت می‌گیرد. در این تحقیق شاخص تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب روستایی وزن بیش‌تری در مقایسه با تعداد ایستگاه‌های پمپاژ شهری به‌دست آورده است. لازم‌به ذکر است در بخش روستایی به‌دلیل تعداد بالای روستاها و

[۱] Fattah
[۲] Bafahm & Mohammadzadeh
[۳] Khadarveysi et al.
[۴] Fallah Jelodar
[۵] Kordrostami & Amirteimoori
[۶] Couto et al.
[۷] Kroes et al.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحه: ۲۴۸-۲۳۳

پراکندگی آن‌ها از یکدیگر، به تبع تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب در این حوزه به‌مراتب بیش‌تر از تعداد ایستگاه‌های پمپاژ آب در حوزه‌ی شهری می‌باشد.

از دیگر شاخص‌های با وزن بالا حجم فاضلاب جمع‌آوری شده می‌باشد، منظور از فاضلاب هرگونه آبی است که توسط استفاده انسان در بخش‌های مختلف داخلی و ساختمانی، صنعتی، تجاری و یا فعالیت‌های کشاورزی آلوده شده است. استفاده از سیستم‌های فاضلاب برای جمع کردن آب‌های آلوده از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا که نفوذ این مایعات به عمق خاک می‌تواند عواقب جبران ناپذیری را به‌جا بگذارد (تیلی[1]، ۲۰۱٤). بدیهی است هرچه قدر حجم فاضلاب جمع‌آوری شده بالا باشد حاکی از عملکرد بالای صنعت آب و فاضلاب کشور می باشد.

چنان‌چه در **شکل‌های (٦)-(۹)** که سری زمانی و برازش خطی چهار حوزه‌ی آبرسانی شهری، آبرسانی روستایی، دفع فاضلاب شهری و دفع فاضلاب روستایی را به تفکیک نشان می‌دهد، مشخص است که با سطح اطمینان ۹۹ درصد عملکرد صنعت آب و فاضلاب کشور در هر چهار حوزه، طی سال‌های ۹۱ تا ۹۷ به‌طور معنادار افزایش یافته و روندی صعودی داشته است به گونه‌ای که خطوط روند آبرسانی شهری ۱۵/٤۳ درصد، آبرسانی روستایی۲۰/۷۲ درصد، دفع فاضلاب شهری ٦۳/۸۸ درصد و دفع فاضلاب روستایی ۹۷/٦٤ درصد طی هفت سال اخیر رشد داشته‌اند. بدیهی است که عملکرد صنعت آب و فاضلاب کشور در حوزه‌ی آبرسانی روستایی ۵/۲۹ درصد و در حوزه‌ی دفع فاضلاب روستایی ۳۳/۷٦ درصد بیشتر از حوزه‌ی شهری دارای افزایش بوده و در واقع بیانگر این مطلب است که صنعت آب و فاضلاب کشور در بخش روستایی بیش‌تر از شهرها در حال رشد و توسعه می‌باشد. شیب خطوط برازش شده نیز حاکی از آن است که رشد عملکرد در حوزه‌ی روستایی بیش‌تر از حوزه شهری می‌باشد. بررسی‌های اخیر خبرنگار ایرنا نیز نشان داده است که آبرسانی به روستاها طی هفت سال گذشته افزایش چشمگیری داشته است (خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران[2]، ۲۰۲۰). اما عملکرد آبرسانی شهری در اولین سال تحت بررسی ۲/۳۰ درصد در مقایسه با آبرسانی روستایی بالاتر و به‌طور مشابه عملکرد دفع فاضلاب شهری نیز در اولین سال تحت بررسی ۲/۵۷ درصد در مقایسه با دفع فاضلاب روستایی بیش‌تر بوده است. عرض از مبدأ خطوط برازش شده‌ی شهری نیز چه در بخش آب و چه در بخش فاضلاب بیش تر از حوزه‌ی روستایی محاسبه شده است که این مطلب حاکی از آن است که در ابتدای دوره (سال ۱۳۹۱) آبرسانی و دفع فاضلاب از شهرها بیش‌تر از روستاهای کشور بوده و در سطحی بالاتر قرار داشته است.

مطلبی دیگر که با مقایسه و مشاهده‌ی مجدد درصدهای رشد عملکرد چهار حوزه قابل درک می‌باشد آن است که دفع فاضلاب شهری ٤۸/٤۵ درصد بیش‌تر از آبرسانی شهری در طی هفت سال تحت بررسی دارای رشد بوده است و به‌طور مشابه دفع فاضلاب روستایی نیز ۷٦/۹۲ درصد بیش تر از آبرسانی روستایی دارای رشد عملکرد بوده است. اما عملکرد آبرسانی شهری در اولین سال تحت بررسی ۲۹/۸۵ درصد بیش‌تر از دفع فاضلاب شهری و به‌طور مشابه عملکرد آبرسانی روستایی نیز در ابتدای دوره ۳۰/۱۹ درصد بیش‌تر از دفع فاضلاب روستایی بوده است که این مطلب حاکی از آن است که صنعت آب و فاضلاب کشور در سال‌های اخیر توجه بیش‌ازپیشی به حوزه‌ی دفع فاضلاب چه در حوزه‌ی شهری و چه در حوزه‌ی روستایی داشته است.

٦- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی با سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌توان گفت عملکرد صنعت آب و فاضلاب کشور در آبرسانی به شهرها و روستاهای کشور و دفع فاضلاب از آن‌ها طی سال‌های ۹۱ تا ۹۷ به‌طور معناداری افزایش یافته است به گونه‌ای که آبرسانی شهری ۱۵/٤۳ درصد، آبرسانی روستایی۲۰/۷۲ درصد، دفع فاضلاب شهری ٦۳/۸۸ درصد و دفع فاضلاب روستایی ۹۷/٦٤ درصد طی هفت سال اخیر رشد عملکرد داشته‌اند. هم‌چنین گرچه در ابتدای دوره‌ی مطالعه عملکرد آبرسانی به شهرها و دفع فاضلاب از آن‌ها بیش‌تر از حوزه‌ی روستایی بوده و در سطحی بالاتر قرار داشه است، اما رشد عملکرد آبرسانی به روستاها و دفع فاضلاب از آن‌ها بیش‌تر از شهرها بوده است. علاوه بر این گرچه عملکرد صنعت آب و فاضلاب ایران در آبرسانی به شهرها و روستاهای کشور در ابتدای دوره ی این مطالعه بیش‌تر از دفع فاضلاب از آن‌ها بوده است اما دفع فاضلاب از شهرها و روستاها رشد عملکرد بیش‌تری نسبت به آبرسانی به آن‌ها داشته است.

با توجه به این‌که در این تحقیق شاخص‌هایی چون تعداد کل مشترکین، تعداد تصفیه خانه‌ها، تعداد ایستگاه‌های پمپاژ و حجم فاضلاب جمع آوری شده شاخص‌های با وزن بالا شناسایی شده‌اند، لذا به‌منظور بهبود بیش‌تر عملکرد صنعت آب و فاضلاب کشور، پیشنهاد می‌شود به شاخص‌های فوق اهمیت ویژه‌ای داده شود که این کار می‌تواند با تحت پوشش شرکت‌های آب و فاضلاب قرار دادن روستاها

[1] Tilley
[2] Islamic Republic News Agency

(مخصوصاً روستاهای با جمعیت بالا) و برخوردار نمودن آنان از نعمت آب شرب بهداشتی، فاضلاب‌کشی شهرها و روستاهای فاقد فاضلاب و دفع بهداشتی فاضلاب از آنان، احداث تصفیه خانه‌های آب و فاضلاب برای شهرها و روستاهای نیازمند تصفیه‌خانه و غیره تحقق یابد.

ازسویی دیگر با توجه به آن‌که در این تحقیق مشخص شد که دفع فاضلاب از شهرها و روستاها طی هفت سال گذشته رشد خوبی داشته است و حتی در حوزه‌ی شهری ٤٨/٥٤ درصد بیش‌تر از بخش آبرسانی و در حوزه‌ی روستایی نیز ٧٦/٩٢ درصد بیش‌تر از بخش آبرسانی دارای رشد بوده است و درواقع به مقوله‌ی دفع فاضلاب و مخصوصاً فاضلاب روستایی توجه ویژه و بیش‌ازپیشی شده است و چون بسیاری از روستاها و حتی شهرهای کشور با کمبود آب شرب روبرو می‌باشند پیشنهاد می‌گردد از پساب تولید شده‌ی فاضلاب که دارای استانداردهای کیفی لازم می‌باشند مورد استفاده مجدد مثل آبیاری فضای سبز شهری و روستایی و کشاورزی قرار گیرند تا بدین وسیله بتوان ذخایر ارزشمند آبی را از خطرات ناشی از برداشت بی‌رویه نجات داد.

با توجه به آن‌که در این تحقیق با سطح اطمینان ٩٩ درصد خطوط عملکرد هر چهار حوزه برازش و محاسبه شده است، لذا پیشنهاد می‌شود در هنگام تخصیص منابع و برنامه‌ریزی‌های بودجه‌ای جهت رشد و توسعه شهرها و روستاهای کشور، این معادلات خطوط مورد توجه تصمیم‌گیران قرار گیرند. از آن‌جا که در این تحقیق صرفاً به‌طور کمّی عملکرد صنعت آب و فاضلاب کشور مورد مطالعه قرار گرفته شده است، لذا به محققین آتی پیشنهاد می‌شود روند عملکرد صنعت آب و فاضلاب کشور از لحاظ کیفیت آب تحویلی و فاضلاب دفع شده از شهرها و روستاهای کشور طی سال‌های اخیر مورد مطالعه قرار گیرد. از آن‌جا که یکی‌از محدودیت‌های بزرگ این پژوهش انجام تحقیقات مشابه اندک به‌منظور مقایسه نتایج بود، لذا پیشنهاد بعدی به محققین آتی آن است که تحقیقات بیش‌تری با روش‌های جدیدتر در خصوص ارزیابی عملکرد صنعت آب و فاضلاب کشور صورت گیرد و با نتایج این تحقیق مقایسه شود. از آن‌جا که یکی دیگر از محدودیت‌های این پژوهش محدودیت زمانی در آمار و ارقام مندرج در سالنامه آماری بود به گونه‌ای که تنها اطلاعات مربوط به سال‌های ٩١ تا ٩٧ در سایت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور وجود داشت، لذا پیشنهاد می‌شود یک بانک اطلاعاتی جامع متشکل از آمار سال‌های گذشته تا کنون در دسترس محققین قرار گیرد.

منابع

Abdel-Basset, M., Ding, W., Mohamed, R., & Metawa, N. (2020). An integrated plithogenic MCDM approach for financial performance evaluation of manufacturing industries. *Risk management, 22*(3), 192-218 .

Afroosheh, R., & Mehrani, R.. (2016). Evaluate the performance of concepts and perspectives. *4th international conference on modern research's in management, economics & accounting*. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/fa/seminar/ViewPaper.aspx?ID=63032

Alinejad, Kh., & Dabbagh, R.. (2018). Application of multiple criteria decision making (MCDM) method to determine factors affecting total productivity of rural water and sewage in West Azerbaijan. *Journal of industrial economic researches, 2*(4), 23-38. **(In Persian)**. http://journals.pnu.ac.ir/article_5973.html

Alinezhad, A., & Khalili, J.. (2020). Evaluation of product distribution performance in the green supply chain. *Journal of business administration researches, 11*(22), 1-24. **(In Persian)**. http://bar.yazd.ac.ir/article_1570_290.html

Bafahm, A., & Mohammadzadeh, A. (2016). Efficiency evaluation of units covered by East Azarbaijan province water and wastewater company using data envelopment analysis. *6th international conference on accounting and management and 3th international conference on entrepreneurship and open innovation*. Talash conference center, Tehran, Iran. **(In Persian)**. https://civilica.com/doc/577611/

Couto, C. F., Lange, L. C., & Amaral, M. C S. (2019). Occurrence, fate and removal of pharmaceutically active compounds (PhACs) in water and wastewater treatment plants—A review. *Journal of Water Process Engineering, 32*, 100927 .

Dabbagh, R., & Ahmdi, S. (2019). Evaluation of water and wastewater company performance by using balanced scorecard model (case study: west Azarbayjan water and wastewater company). *Journal of water and wastewater, 30*(1), 50-63. **(In Persian)**. http://www.wwjournal.ir/article_81488.html

Ebrahimabadi, Gh. R., Chachi, L., & Davoodabadi, M. (2018). Evaluation of economic performance through clustering and vikor model case study: the urban water and wastewater industry holding. *Journal of water and wastewater science and engineering, 3*(1), 47-57. **(In Persian)**. 10.22112/JWWSE.2018.133682.1094

Fallah Jelodar, M. (2017). Efficiency Evaluation of iranian electricity distribution companies using mixed neural networks and data envelopment analysis. *Journal of operational research and its applications, 13*(4), 67-83. **(In Persian)**. http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-1411-fa.html

Fattah, P. (2007). Operating regulations and general conditions of water and wastewater tariffs. **(In Persian)**. Retrieved from https://abfaazarbaijan.ir

Feyzi, A., Hashemi, T., & Hashemi, A. (2017). The fuzzy multiple attribute decision making model for performance evaluation of employees in environmental offices. *Human & environment, 15*(3), 13-30. **(In Persian)**. http://he.srbiau.ac.ir/article_11057.html

Franek, J., & Kashi, K. (2017). Application of hybrid MADM methods for performance evaluation in manufacturing. *Forum scientiae oeconomia*. DOI: https://doi.org/10.23762/fso_vol5no2_17_4

Goli Aysek, M., & Dehdar, F. (2017). Using the BSC Model to evaluate the financial performance of the urban water and wastewater industry. *Journal of water and wastewater, 28*(1), 31-41. **(In Persian)**. 10.22093/WWJ.2017.39472

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحه: ۲۴۸-۲۳۳

Hosseinpour, D., & Azar, M. (2011). Developing an appropriate model for the improvement of organizational performance based on two approaches: intellectual capital and social capital. *Journal of development & evolution mnagement, 1390*(7), 19-29. **(In Persian)**. http://www.jdem.ir/article_353.html

Ijadi Maghsoodi, A., Khalilzade, M., & Hafezalkotob, A. (2018). Ranking and selecting traditional performance appraisal methods using a hybrid MCDM approach. *Journal of development & evolution mnagement, 1397*(32), 51-65. **(In Persian)**. http://www.jdem.ir/article_540760.html

Islamic Republic News Agency. (2020). *35% increase in rural water supply in the last seven years*. **(In Persian)**. Retrieved 2020-09-13, from *https://www.irna.ir/news*

Izadpanahi, M., & Shekarchzadeh, A.. (2017). Reviewing the performance of employees of organizational units using a balanced scorecard. *The secondary national conference on strategic services managemen.* Islamic Azad University, Najaf Abad branch. **(In Persian)**. https://civilica.com/doc/748767/

Jahangiri, A. (2017). Performance evaluating of rural water and wastewater companies using multiple attributes decision making. *1st internation conference on new research achievements in management, accounting, ecconomics & industrial engineering with emphasis on resistence economy*. Sari. Iran. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=465059

Jahangiri, A. (2018). Ranking different regions of Iran in terms of level of health services outsourcing and indirect care activities of the social security organization in 2016 by using multiple attribute decision making. *Health information management, 15*(1), 34-39. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=469510

Jahangiri, A. (2019). Ranking of consumption management strategies in drinking water distribution networks by using multiple attribute decision making. *Journal of water and wastewater science and engineering*, 4(2), 17-26. **(In Persian)**. 10.22060/CEEJ.2015.379

Jahangiri, A., & Jahangiri, M. (2017). Performance evaluation of hospital by using dynamic multiple attribute decision making (DMADM): a case study in Imam Khomeini hospital affiliated to social security organization in Arak. *Journal of healthcare management, 8*(1), 91-102. **(In Persian)**. http://jhm.srbiau.ac.ir/article_10679.html

Jahangiri, A., & Jahangiri, M. (2020). Performance trend analysis of the direct and indirect treatment of the social security organization over the past 25 years using dynamic multiple attribute decision making and examining the correlation between them. *Depiction of health, 10*(4), 270-279. **(In Persian)**. https://doh.tbzmed.ac.ir/fa/Article/doh-281

Jahangiri, A., Rahmani, H., & Tolouei Rakhshan, Sh. (2019). Comparison of Shariati hospital performance in Tehran before and after the implementation of health sector transformation plan using a dynamic multi-attribute decision-making method. *Hospital, 18*(2), 29-37. **(In Persian)**. http://jhosp.tums.ac.ir/article-1-6164-fa.html

Jain, V. (2018). Application of combined MADM methods as MOORA and PSI for ranking of FMS performance factors. *Benchmarking: an international journal, 25*(6), 1903-1920 .

Keshtkaran, Z., Moeini, Z., Shooshtarian, M. R., Seddigh, M., Poorkiani, M., Zolghadr, R., . . . Bostani, S. (2019). Extending a software-based model for professors' assessment using fuzzy multi-criteria decision-making approach and group consensus. *Iranian journal of medical education, 19*(0), 325-336. **(In Persian)**. http://ijme.mui.ac.ir/article-1-4806-fa.html

Khadarveysi, M., Moradi, F., & Saeedipoor, B. (2015). Evaluating the efficiency of offices using data envelopment analysis case study: electricity distribution companies. *International conference on modern research in management & industrial engineering*. IRIB international conferene center, Tehran, Iran. **(In Persian)**. https://civilica.com/doc/435107/

Kordrostami, S., & Amirteimoori, A. R. (2016). Total and Partial efficiency indexes in data envelopment analysis. *Journal of new researches in mathematics, 2*(5), 37-42. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=275585

Kroes, R, Van Loon, E. E, Goverse, E, Schiphouwer, M. E, & Van der Geest, H. G. (2020). Attraction of migrating glass eel (Anguilla anguilla) by freshwater flows from water pumping stations in an urbanized delta system .*Science of the total environment, 714*, 136818 .

Molinos-Senante, M., Maziotis, A., & Sala-Garrido, R. (2020). Evaluating trends in the performance of Chilean water companies: impact of quality of service and environmental variables. *Environmental science and pollution research, 27*(12), 13155-13165.

Molinos-Senante, M., Mocholi-Arce, M., & Sala-Garrido, R. (2016). Efficiency assessment of water and sewerage companies: a disaggregated approach accounting for service quality. *Water resources management, 30*(12), 4311-4328.

National Water and Wastewater Engineering Company. (2020). National Water and wastewater Statistics and Information Database. Retrieved May 25, 2020 from https://www.nww.ir/stat?folderId=1660&view=gridview&pageSize=10

Peng, K., & Tzeng, G. (2019). Exploring heritage tourism performance improvement for making sustainable development strategies using the hybrid-modified MADM model. *Current issues in tourism, 22*(8), 921-947 .

Prabhuram, T., Rajmohan, M., Tan, Y., & Johnson, R. (2020). Performance evaluation of Omni channel distribution network configurations using multi criteria decision making techniques. *Annals of operations research, 288*(1), 1-22 .

Rashidi, M. (2020). Prioritize the criteria for evaluating the efficiency of human resource performance by exploiting multi-criteria decision making. *The 6th internation conference on management sciences and accounting*, Tehran, Iran. **(In Persian)**. https://civilica.com/doc/1033933/

Rezaeian, J., & Asgarinezhad, A. (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)**. https://www.magiran.com/paper/1943764

Saini, N., & Khanduja, D. (2019). Financial performance evaluation using MADM approaches in Indian Banks. In *Advances in interdisciplinary engineering* (pp. 439-449). Springer.

Stević, Ž. ,Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COmpromise solution (MARCOS). *Computers & industrial engineering, 140*, 106231.

Sufiyan, M., Haleem, A., Khan, Sh., & Khan, M. I. (2019). Evaluating food supply chain performance using hybrid fuzzy MCDM technique. *Sustainable production and consumption, 20* , 40-57 .

Tilley, E. (2014). *Compendium of sanitation systems and technologies* (2nd edition ed.). Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

Tüysüz, F., & Yıldız, N. (2020). A novel multi-criteria analysis model for the performance evaluation of bank regions: an application to Turkish agricultural banking. *Soft computing, 24*(7), 5289-5311 .

Yarahmadi, Parvaneh, Dashti, Soolmaz, & Sabzghabaei, Gholam Reza. (2018). Assessment and ranking of contractors from the point of view HSE performance using Multi-criteria decision making method (AHP and TOPSIS) in Imam Khomeini port complex. *Journal of occupational hygiene engineering, 4*(4), 70-80. **(In Persian)**. http://johe.umsha.ac.ir/article-1-325-fa.html

Licensee Decisions & Operations Research. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحه: ۲۴۸-۲۳۳