Journal of Water & Wastewater
Science & Engineering (jwwse)
Vol. 3, No. 1., PP. 47-57, Spring 2018
DOI: 10.22112/jwwse.2018.133682.1094

نشریه علوم و مهندسی
آب و فاضلاب
سال سوم، شماره ۱، صفحات ۴۷-۵۷، بهار ۱۳۹۷

ارزیابی عملکرد اقتصادی با رویکرد شیوه خوشه‌بندی و مدل ویکور (مطالعه موردی: هلدینگ صنعت آب و فاضلاب شهری)

غلامرضا ابراهیم آبادی[۱]، لیلا چاجی[۲] و محمد داودآبادی[۳*]
۱- مدیر کل دفتر مجامع عمومی و نظارت مالی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.
۲- رییس گروه دفتر مجامع عمومی، شرکت آب و فاضلاب استان تهران، تهران، ایران.
۳- کارشناس مالی و بودجه، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.
* نویسنده مسئول، ایمیل davoodabadi@nww.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۶
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۵/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۷

چکیده

سازمان‌ها در راستای ارزیابی عملکرد، از تکنیک‌های متداول تجزیه و تحلیل شاخص‌ها، پارامترهای کمی و سلیقه‌ای استفاده می‌کنند، اگرچه این نوع شیوه ها، اطلاعات مفیدی را فراهم می‌آورند، اما به‌دلیل لحاظ نکردن تمام شاخص‌ها، تصویر جامعی از عملکرد به‌دست نخواهد داد و نتیجه‌ها از اعتبار قطعی برخوردار نیست. شاخص‌های اقتصادی، حوزه‌های عملکردی متفاوتی را پوشش می‌دهند، بنابراین استفاده از مدل‌های علمی برای ارزیابی عملکرد به لحاظ درنظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌ها در حوزه‌های مختلف، تاثیر زیادی بر ارزیابی عملکرد، تبیین هدف‌گذاری سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌ها خواهد داشت. این پژوهش در راستای شناسایی عملکرد اقتصادی شرکت‌های آب و فاضلاب بر پایه شاخص‌های اقتصادی و مدل های علمی در راستای تصمیم گیری های مدیریت بخشی و ارشد صنعت است. پس از انتخاب شاخص های بهینه اقتصادی و تعیین وزن آن‌ها با مدل آنتروپی شانون، با شیوه آماری خوشه بندی (رویکر سلسله ای)، عملکرد شرکت های آب و فاضلاب شهری از منظر شاخص های اقتصادی به ۴ گروه مستقل طبقه بندی می‌شوند. در ادامه با مدل ویکور، عملکرد اقتصادی شرکت های آب و فاضلاب در خوشه‌ها با هدف الگوبرداری و تبیین برنامه هایی برای بهبود و ارتقای عملکرد اقتصادی و ... رتبه بندی می‌شوند. نتایج پژوهش نشان از کارآمدی مدل های کمی در راستای تولید اطلاعات قطعی با ضریب اطمینان بالا در راستای مدیریت راهبردی و به‌خصوص تصمیم گیری برای برنامه ریزی و کنترل مدیریت است.

کلمات کلیدی: خوشه بندی سلسله ای، مدل ویکور، شاخص های اقتصادی و تصمیم‌گیری چند شاخصه.

Evaluation of Economic Performance through Clustering and Vikor Model Case Study: The Urban Water and Wastewater Industry Holding

Gholam Reza Ebrahimabadi[1], Leila Chachi[2] and Mohammad Davoodabadi[3*]
1- Director General, Bureau of General Assemblies and Financial Control, NWWEC, Tehran, Iran.
2- Head of Bureau for General Assemblies, TPWWC, Tehran, Iran.
3- Expert, Finance and Budget, NWWEC, Tehran, Iran.
* Corresponding author, Email: davoodabadi@nww.ir

Received: 27/5/2018
Revised: 14/8/2018
Accepted: 18/8/2018

Abstract

In the context of evaluating performance organizations apply the conventional techniques of analyzing indicators and quantitative and biased parameters. Although these methods provide useful information, but due to exclusion of some indicators, no clear and thorough image of the performance is provided and the results often lack the definite validity. The economic indicators cover different sets of performance. Therefore, application of scientific models to evaluate performance will have a great impact on evaluations as well as on clarifying the targeted policies and decisions. This research was undertaken to identify the economic performance of Water and Wastewater Companies on the basis of economic indicators and scientific models and in the context of divisional and top management decision making in the sector. After selecting the efficient economic indicator and setting their weights by Shannon Entropy Model, the performance of urban Water and Wastewater Companies were classified in 4 independent groups from the point of view of economic indicators by applying the statistical clustering method (hierarchal approach). Then the economic performance of the Water and Wastewater Companies were graded in the clusters with the aim of modeling and specifying plans to improve and enhance them. The results underlined the efficiency of quantitative models in generating definite data with high degree of reliability for strategic management and in particular for making decisions on planning and management control.

Keywords: Economic indicators, Hierarchal Clustering, Multi-index Decision Making, Vikor Model.

۱- مقدمه

ارزیابی عملکرد، به‌عنوان یک فرآیند مدیریتی، یکی از این ابزارها برای شناسایی وظایف مدیریتی، استفاده بهینه از منابع، افزایش کارآمدی، نظارت و اثربخشی است. ارزیابی عملکرد اقتصادی یکی از مهم‌ترین حوزه‌های عملکردی است، زیرا اطلاعات آن زیربنای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها و تدوین برنامه‌ها و هدف‌گذاری سیاست‌ها است. مجموعه شرکتهای آب و فاضلاب باید متکی به فرهنگ ملی (پایداری فرهنگی) تولید ثروت کنند (پایداری اقتصادی) و در یک توزیع عادلانه (پایداری اجتماعی) مواهب را بین آحاد جامعه توزیع کنند و حقوق اجتماعی شهروندان را تحقق بخشند و با سرمایه‌گذاری گسترده در شبکه‌های آب و فاضلاب محیط‌زیست پاکیزه‌ای را فراهم آورند (پایداری محیط‌زیست) تا آیندگان با به‌کارگیری امکانات جامعه برای تولید کالا و خدمات آن‌گونه که می‌خواهند زندگی کنند (توسعه پایدار).

بنابراین خدمات آب و فاضلاب یکی از مهمترین ضرورتهای زندگی جوامع بشری، حقوق شهروندی و مدیریت خدمات شهری است و ارزیابی عملکرد در بهبود فعالیتها و ارایه خدمات بسیار موثر باشد. هدف اصلی پژوهش، ارزیابی عملکرد اقتصادی صنعت آب و فاضلاب با مدل‌های کمی است و نتایج آن می‌تواند شرکت مادر تخصصی را در سطح ارزیابی عملکرد، برنامه‌ریزی بخشی به لحاظ منابع مالی، سرمایهگذاری، تخصیص اعتبارات، ایجاد فضای رقابتی سالم برای بهبود، حرکت به سوی بنگاه‌داری اقتصادی، ارتقای عملکرد و ... یاری کند. این پژوهش در راستای دو هدف زیر انجام شده است:

- شرکتهای آب و فاضلاب شهری از منظر توجه به شاخصهای اقتصادی در راستای رسالت سازمانی (تامین و توزیع آب و خدمات دفع فاضلاب) در چند خوشه مستقل برای ارزیابی و الگوبرداری قرار میگیرند و هر خوشه چند عضو دارد.
- هر یک از شرکتهای آب و فاضلاب از لحاظ تمرکز بر شاخصهای اقتصادی چه رتبهای در هر خوشه دارند.

قلمرو مکانی پژوهش شرکت‌های آب و فاضلاب شهری (۳۵ شرکت با شخصیت حقوقی مستقل)، قلمرو زمانی سال ۱۳۹۵ و برای محاسبه و تحلیل داده ها از بسته نرم‌افزارهای Matlab 6.1، SPSS 23 و Minitab 17.1 به فراخور نیاز استفاده شده است.

۱-۱- مبانی نظری (ارزیابی عملکرد)

ارزیابی عملکرد، مجموعه اقدام‌هایی برای افزایش سطح استفاده بهینه از امکانات برای دست‌یابی به هدف‌ها به شیوهای علمی توام با کارآمدی است. ارزیابی عملکرد ضمن تولید معیارهای مقایسه‌ای و سنجش با ارایهی تجربیات، توفیق‌ها و ناکامی‌ها هزینههای سعی و خطا را به حداقل می‌رساند و بسترهای لازم را برای شناسایی مشکلات فراهم و راه‌گشای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها است. هدفهای ارزیابی عملکرد شناسایی وضعیت (گذشته، حال و موجود)، روند تحقق فعالیت‌ها، ارزیابی برنامه‌ها، بهبود کیفی تصمیم‌ها، شناسایی کارآمدی استفاده از منابع، برنامه ریزی، کنترل و ... میباشد.

مدل‌های متنوعی برای ارزیابی استفاده می‌شود و هریک از آن‌ها با توجه به اقتضای محیطی و شرایط، از اولویت خاصی برخوردار میباشند. مهم‌ترین آن‌ها مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1]، کارت امتیاز متوازن[2]، مدلهای پارامتریک (اقتصادسنجی)، مدلهای ناپارامتریک (تحلیل پوششی داده‌ها)[3] و ... هستند.

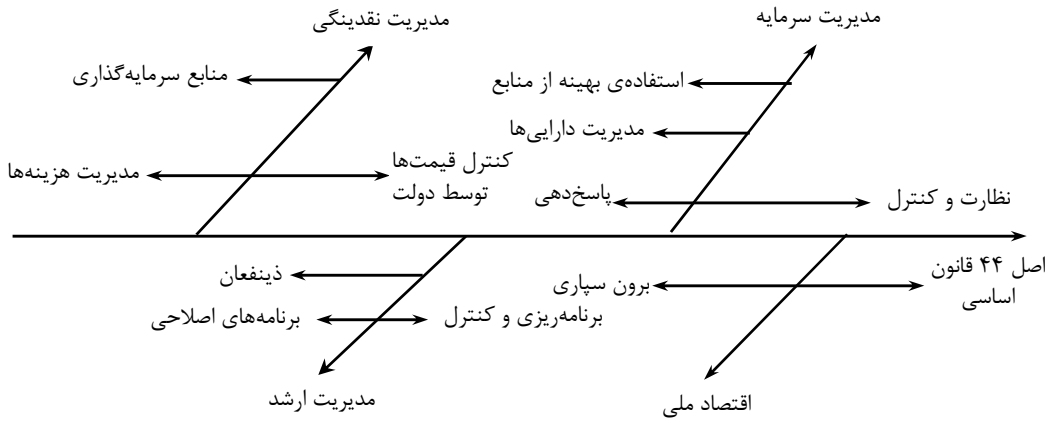
۱-۲- ضرورت و اهمیت

صرف‌نظر از اهمیت توجه به ارزیابی عملکرد در خصوص استفاده بهینه از منابع محدود، شناسایی توانایی مدیریت در ایفای وظیفه پاسخگویی، ایجاد ارزش افزوده، رشد اقتصادی و ... شناسایی و ارزیابی عملکرد فعالیتهای اقتصادی در صنعت آب و فاضلاب با توجه به رسالت سازمانی مطابق شکل ۱ حایز اهمیت است (سجادی‌فر و داودآبادی، ۱۳۹۵).

۱-۳- شاخص های اقتصادی

علم اقتصاد ریشه در خواسته ها و امکانات جوامع بشری دارد که به دو عامل نامحدود بودن نیازها و خواسته های انسانها و محدودیت منابع مربوط است. تئوری های اقتصاد، یکی از راه های تخصیص بهینه منابع تولیدی کالاها و خدمات (کارآمدی) هستند. شاخص های اقتصادی سه گروه مطابق توضیحات زیر قابل بررسی و تحلیل است.

- بهره‌وری: واژه بهره‌وری تحت عنوان نسبت تولید کالا و خدمات یا مجموعه‌ای از ستانده به یک یا چند داده موثر در تولید کالا و خدمات تعریف شده است. بهره‌وری، معیاری برای ارزیابی عملکرد نظام‌ها و تعیین میزان موفقیت در رسیدن به هدف‌ها با توجه به مصرف منابع است.



شکل ۱- نمودار ایشی کاوای (استخوان ماهی) ضرورت و اهمیت ارزیابی عملکرد اقتصادی در صنعت آب و فاضلاب

- کارآمدی: کارآمدی یعنی انجام کارها بهتر از آن‌چه که هم‌اکنون در جریان است و بیان میدارد بنگاه‌های اقتصادی چه میزان از منابع را در تولید کالاها یا ارایه خدمات مصرف کرده اند. بنابراین کارآمدی مقایسه بین منابع مورد انتظاری که برای رسیدن به مقاصد و فعالیت‌های خاص باید مصرف شود و منابع مصرف شده است.

- اثربخشی: دستیابی به اولویت‌ها و هدف‌های چندگانه در چارچوب نظام ارزشی مشترک و فرهنگ سازمانی، به‌گونه‌ای که کسب هدف‌ها از نظر هزینه و زمان بهینه باشد و اولویت‌ها و رضایت ذینفع‌هایی را برای کسب هدف‌ها فراهم کند.

برای ارزیابی عملکرد اقتصادی، شاخص‌های متعددی در سطح کلان و کسب و کار (خرد) وجود دارد که استفاده از آن‌ها بستگی به شرایط محیطی و سایر عامل‌ها دارد (سجادی‌فر و داودآبادی، ۱۳۹۵). در این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد اقتصادی صنعت آب و فاضلاب از شاخص های استاندارد مطابق جدول ۱ استفاده شده است (دفتر امور مجامع و نظارت مالی ،(۱۳۹۶-الف و ب).

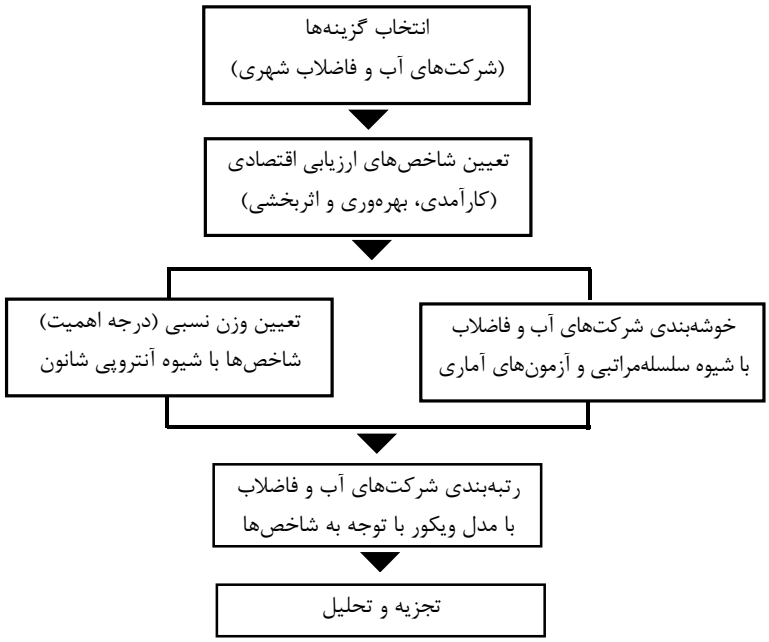
۲- روش تحقیق

این پژوهش از لحاظ هدف از نوع کاربردی است و از طرح شبه‌تجربی و رویکرد پس‌رویدادی استفاده می کند. زمانی از این روش استفاده می شود که داده ها به‌گونه‌ای طبیعی وجود داشته باشد یا از واقعیت هایی که بدون دخالت مستقیم پژوهشگر رخ داده فراهم شود. این روش برای انجام پژوهش‌هایی استفاده می شود که پژوهشگر در جستجوی علت روابط معینی است که در گذشته رخ داده است. هم‌چنین روش تحقیق از منظر جمع آوری داده ها و مبانی نظری از نوع توصیفی است. الگوی مفهومی پژوهش نظر به هدف پژوهش و ماهیت اطلاعات در شکل ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخصهای لحاظ شده برای ارزیابی عملکرد اقتصادی

کد	عنوان	مقیاس	کد	عنوان	مقیاس
In-01	رشد بازار (معادل آحاد)	درصد	In-08	بهره‌وری سرمایه (نا خالص)	درصد
In-02	ارزش افزوده ناخالص به کل داده‌ها	درصد	In-09	نسبت سهم نیروی کار (خالص)	درصد
In-03	ارزش افزوده خالص به کل داده‌ها	درصد	In-10	نسبت سهم نیروی کار (ناخالص)	درصد
In-04	گردش مالی داخلی	میلیارد ریال	In-11	بهره‌وری مواد اولیه حیاتی و انرژی (خالص)	درصد
In-05	تشکیل سرمایه	میلیارد ریال	In-12	بهره‌وری مواد اولیه حیاتی و انرژی (ناخالص)	درصد
In-06	نرخ تشکیل سرمایه	درصد	In-13	بهره‌وری تجهیزات (خالص)	درصد
In-07	بهره‌وری سرمایه (خالص)	درصد	In-14	بهره‌وری تجهیزات (ناخالص)	درصد

(ماخذ: گزارش ارزیابی عملکرد (ایجد) سال ۱۳۹۵- روایت ۲۳، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)



شکل ۲- الگوی مفهومی ارزیابی عملکرد اقتصادی با شیوه خوشه‌بندی و مدل ویکور

۲-۱- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای[۴]

تجزیه و تحلیل خوشه ای شیوه ای آماری برای گروه بندی داده‌ها، با توجه به شباهت یا درجه نزدیکی آن‌ها است، به‌طوری که هر گروه بیشترین شباهت و مشاهدات گروه های مختلف کمترین شباهت را به یک‌دیگر داشته باشند. داده‌ها از طریق تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به دسته های همگن و متمایز از یکدیگر تقسیم می شوند.

تحلیل خوشه ای شیوهای برای طبقه بندی تودهای از اطلاعات به ستون های معنی دار است. شیوه های گوناگونی برای خوشه‌بندی وجود دارد و به معلوم یا مجهول بودن تعداد گروه‌ها و نوع متغیرها بستگی دارد. شیوه های دومرحله ای برای گروه‌های معلوم، میانگین برای گروه های مجهول، سلسله ای[۵] برای گروه‌هایی که به مقادیر متغیرهای اندازه گیری بستگی دارند موجود است. در این پژوهش با توجه به ساختار داده ها و همچنین از آن جایی که تعداد خوشه‌ها از قبل مشخص نیستند از شیوه تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی بالا به پایین استفاده شده است. در این روش (Top-Down) ابتدا تمامی نمونه‌ها به عنوان یک خوشه بزرگ در نظر گرفته می‌شوند و بعد در هر مرحله به خوشه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شوند تا جایی که هر نمونه یک خوشه است.

شیوه سلسله مراتبی دارای هفت الگوریتم پیوند بین گروه‌ها، پیوند درونی گروه ها، دورترین همسایه، نزدیکترین همسایه، مرکزی، میانه و شیوه وارد[۶] است. در این پژوهش از شیوه وارد استفاده شده است، زیرا پایه این شیوه، تحلیل واریانس برای ارزیابی فاصله های زوجی بین خوشه ها است و در قیاس با سایر شیوه ها کارآمدی بیشتری دارد. در این شیوه، حاصل جمع کلی مشتقات مربع از میانگین خوشه برآورد می شود. نکات برجسته در خصوص تجزیه و تحلیل خوشه ای به شرح زیر است:

- بررسی تفاوت معنی داری اختلاف بین خوشه‌ها: این تفاوت از طریق آنالیز واریانس و آزمون‌های پس‌تعقیبی انجام می‌شود.
- بررسی سنجش اعتبار ساختار خوشه‌بندی: با توجه به این که شیوه‌های متعددی برای خوشه‌بندی وجود دارد، برای بررسی اعتبار ساختار خوشه‌بندی از ضریب همبستگی کوفنتیک[۷] استفاده می شود. پایه ضریب کوفنتیک تشکیل ماتریس کوفنتیک و محاسبه ضریب همبستگی پیرسن با ماتریس مجاورت[۸] (تشابه یا فاصله ای) است (Kings, 2013; Wierzchon, 2017).

۲-۲- تصمیم‌گیری چندشاخصه

تصمیم‌گیری چند شاخصه، شامل تصمیم‌های خاصی از نوع ترجیحی مانند ارزیابی، اولویت‌گذاری یا انتخاب از بین گزینه‌ها با چند شاخص متضاد است. مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، مدل‌هایی انتخاب‌گر هستند که برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین m گزینه و یا رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌کار می‌رود. گزینه‌ها توسط n شاخص ارزیابی می‌شوند و با توجه به ارزش شاخص‌ها برای هر گزینه و میزان اهمیت هر

شاخص برای تصمیم‌گیرنده، گزینه برتر انتخاب یا رتبه‌بندی می‌شوند.

موضوع این تحقیق در قالب مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه انجام شده و دلایل اصلی انتخاب به‌شرح موارد زیر است:

- هدف انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود و یا اهمیت نسبی شاخص‌ها است.
- معیارهای مورد سنجش، شاخص‌هایی هستند که ممکن است همگن نباشند.
- هدف که همان رتبه‌بندی گزینه‌ها است به‌طور کامل مشخص است.
- تعداد گزینه‌ها (شرکت های آب و فاضلاب شهری) محدود و مشخص است.
- هدف یا موضوع در یک مقطع خاص زمانی (یک سال) اهمیت دارد (Zopounidis and Doumpos, 2014).

۲-۲-۱- مدل ویکور

این مدل توسط Opricovic and Tzeng در سال ۱۹۸۸ ارایه شده و یک عبارت صربستانی به معنای راه‌حل توافقی و بهینه سازی چندمعیاره[9] است. این شیوه از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل مسایل تصمیم گیری گسسته با معیارهای نامناسب (واحدهای اندازه‌گیری مختلف) و متعارض است. هدف این مدل، تمرکز بر رتبه بندی و انتخاب از بین مجموعه‌ای از گزینه‌ها در مسایلی با شاخص های متعارض که نتیجه آن فهرستی از رتبه بندی نهایی و یک یا چند راه‌حل توافقی است. راه‌حل توافقی یک راه حل امکان پذیر است که نزدیکترین راه حل به حل ایده‌آل است. منظور از توافق (سازش) جوابی است که بر پایه توافق متقابل بین شاخص‌ها حاصل می‌شود (Opricovic and Tzeng, 2004) (شکل ۲).

پایه این مدل، برنامه‌ریزی سازشی[10] (رویکردی برای تصمیم‌گیری تئوری مطلوبیت) و حداقل کردن بردار ارزیابی گزینه‌ها از نقطه ایده‌آل مثبت از طریق دو روش زیر است.

- محاسبه فاصله ترکیبی گزینه‌ها.
- راه‌حل ارجحیت: گزینه‌هایی که کوچکترین فاصله ترکیبی را دارند (رابطه (۱)).

$$L_{p,i}=\left\{\sum_{j=1}^{n}\left[m\times\frac{\left(f_j^{*}-f_{ij}\right)}{\left(f_j^{*}-f_j^{-}\right)}\right]\right\}\quad 1\le p\le+\infty\qquad i=1,2,000,m \tag{۱}$$

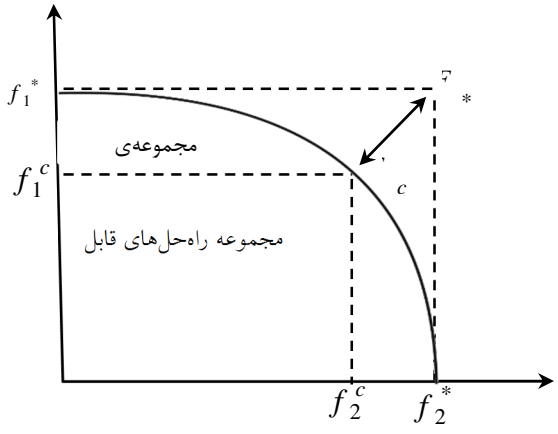
که f_j^{*}: بهترین ارزش شاخص j ام و f_j^{-}: بدترین ارزش شاخص j ام هستند.

حل مسایل تصمیم گیری با n شاخص و m گزینه با مدل ویکور به شرح زیر است:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم گیری اولیه.

۲- تعیین بردار سطری وزن نسبی شاخص‌ها: در این مرحله وزن شاخص ها با استفاده از شیوه‌های مختلف تعیین می‌شود.

۳- تعیین نقطه ایده آل مثبت و منفی: تعیین بهترین (f_j^{*}) و بدترین (f_j^{-}) نقطه ایده آل برای هر شاخص (رابطه‌های (۲ و ۳)).



شکل ۲: نمودار مفهومی راه‌حل های ایده‌آل و سازشی (Opricovic and Tzeng, 2004)

$$f_j^* = Max f_{ij} \qquad i = 1, 2, 000, m \ , \ i = 1, 2, 000, n \qquad (۲)$$

$$f_j^- = Min_{ij} \qquad i = 1, 2, 000, m \ , \ i = 1, 2, 000, n \qquad (۳)$$

۴- محاسبه مقدار سودمندی (S_i) (رابطه (۴)) و مقدار تاسف (R_i) (رابطه (۵)) برای تمام گزینه‌ها.

$$L_{l,i} = S_i = \sum_{j=1}^{n} W_j \times \frac{\left(f_j^* - f_{ij}\right)}{\left(f_j^* - f_j^-\right)} \qquad (۴)$$

$$L_{\infty,i} = R_i = Max \left\{ W_j \times \frac{\left(f_j^* - f_{ij}\right)}{\left(f_j^* - f_j^-\right)} \right\} \qquad (۵)$$

که S_i: فاصله نسبی گزینه i ام از راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین ترکیب) و R_i:حداکثر ناراحتی گزینه i ام از دوری راه حل ایده آل مثبت هستند.

۵- محاسبه شاخص ویکور: شاخص ویکور هر گزینه مطابق رابطه (۶) تعریف می‌شود.

$$Qi = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right] \qquad (۶)$$

پارامترهای رابطه (۶) مطابق رابطه‌های (۷) و (۸) محاسبه می‌شوند.

$$S^- = Max\, S_i \quad , S^* = Min\, S_i \qquad (۷)$$

$$R^- = Max\, R_i \quad , R^* = Min\, R_i \qquad (۸)$$

۶- مرتب کردن گزینه‌ها بر پایه مقادیر S, R, Q: گزینه‌ها بر اساس مقادیر S_i, R_i, Q_i به‌صورت نزولی مرتب می‌شوند.

گزینه a به‌عنوان یک راه‌حل توافقی به‌گونه‌ای که با توجه به مقدار شاخص ویکور و با درنظر گرفتن دو شرط زیر به‌عنوان بهترین، رتبه‌بندی شده است پیشنهاد می‌شود.

شرط اول: مزیت قابل قبول (رابطه (۹)):

$$Q(\alpha'') - Q(\alpha') >= \frac{1}{i-1}, \qquad i = number\ of\ alternativs \qquad (۹)$$

شرط دوم: ثبات قابل‌قبول در تصمیم‌گیری: گزینه á باید دارای بالاترین رتبه در فهرست رتبه‌بندی سودمندی (S_i) یا تاسف (R_i) هر دو باشد. چنین حل توافقی در فرآیند تصمیم‌گیری ثابت باقی می ماند و اگر یکی از دو شرط برقرار نشود، مجموعه‌ای از راه‌حل‌های توافقی پیشنهاد می‌شود:

- گزینه های á و ´á اگر فقط شرط دوم برقرار نباشد.
- گزینه های $\acute{\alpha}, \acute{\alpha}', 000, \alpha^m$ اگر شرط اول برقرار نباشد a_m بر پایه رابطه (۱۰) برای بیشترین مقدار m تعیین می شود (Opricovic and Tzeng, 2004).

$$Q(Q^m) - Q(Q') < \frac{1}{i-1} \qquad (۱۰)$$

۲-۲-۲- معیارهای بی‌مقیاس

مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه مستلزم تعدادی شاخص هستند و از آن‌جایی که ممکن است شاخص‌ها نسبت به یکدیگر مقیاس‌های متفاوتی داشته باشند، در مواقعی که شاخص‌ها دارای دامنه تغییرات متفاوتی باشند در فرآیند خوشه‌بندی تاثیر می گذارند و شاخصی که مقادیر بزرگتری دارند در محاسبات اهمیت بیشتری پیدا می کند و تاثیر سایر شاخص ها را کم می کند. بنابراین برای همگن‌سازی، با استفاده از شیوه‌های علمی، بی‌مقیاس می‌شوند، به‌گونه‌ای که اهمیت نسبی آن‌ها حفظ شود. مهم ترین شیوه‌های همگن‌سازی، نرم خطی، نرم ساعتی، فازی و نرم اقلیدسی[۱۱] هستند که در این پژوهش با توجه به ساختار و ماهیت اطلاعات از نرم اقلیدسی مطابق رابطه (۱۱) استفاده شده است (Zopounidis and Doumpos, 2014).

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_i r_{ij}^2\right)^{\frac{1}{2}}} \qquad (۱۱)$$

۲-۲-۳- وزن شاخص‌ها (ضریب اهمیت)

ضریب اهمیت به‌طور معمول دارای مقیاس ترتیبی یا اصلی است و اهمیت نسبی هر شاخص را بیان می‌دارد. وزن‌ها شاخص‌ها می‌تواند مستقیم توسط تصمیم‌گیرنده‌ها، نظرسنجی یا به‌وسیله شیوه‌های علمی مانند کمترین مجذورات موزون[۱۲]، آنتروپی شانون[۱۳] و برنامه‌ریزی خطی گزینه‌های ترجیحی چندمنظوره[۱۴] تعیین می‌شوند. در این پژوهش از مدل آنتروپی شانون استفاده شده است. در این مدل مبنای ضریب اهمیت، براساس میزان اطلاعاتی است که توسط یک شاخص برای ارزیابی گزینه‌ها تولید می‌شود. برپایه نظریه احتمالات، این روش، یک معیار عدم اطمینان است که به‌وسیله توزیع احتمال مشخص P_i گزارش می‌شود و به‌صورت رابطه (۱۲) بعد از بی مقیاس‌سازی (رابطه (۱۱)) به‌دست می‌آید.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^{m} P_{ij} \ln P_{ij} \qquad \forall_j \qquad (۱۲)$$

که مقدار K در رابطه فوق یک عدد ثابت است (رابطه (۱۳)) و زمانی‌که تمام P_i ها برای تمام مقدارهای j و i مساوی یکدیگر باشند، P_{ij} طبق رابطه (۱۴) به‌دست می‌آید.

$$K = \frac{1}{LN_m} \qquad (۱۳)$$

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}} \qquad (۱۴)$$

مقدار درجه‌ی انحراف (d_j) مطابق رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود و نشان می‌دهد شاخص j چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هر چه مقادیر اندازه‌گیری شده شاخصی به هم نزدیک باشد، نشان می‌دهند سایر گزینه‌ها از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند، بنابراین نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

$$d_j = 1 - E_j \qquad \forall_j \qquad (۱۵)$$

مقدار وزن شاخص‌ها مطابق رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود و مجموع آنها برابر یک است. تصمیم‌گیرنده‌ها می‌توانند بهترین شاخص را با لحاظ کردن وزن انتخاب کنند (Hafezalkotob, 2015).

۳- یافته های پژوهش

حل مسایل تصمیم گیری چند شاخصه مستلزم برنامه‌نویسی رایانه ای، محاسبات و جداول خروجی متعددی است و در این بخش نظر به محدودیت، فقط به جدول ها و نتایج نهایی اکتفا شده است.

۳-۱- تعیین وزن شاخص ها

برای تعیین وزن شاخص‌ها از مدل آنتروپی شانون مطابق رابطه‌های (۱۲) الی (۱۵) و از نرم‌افزار Matlab ۶,۱ استفاده شده است (جدول ۲). بیشترین وزن به شاخص تشکیل سرمایه (۲۴/۲ درصد) و کمترین وزن به ارزش افزوده ناخالص به کل داده‌ها (۱/۲ درصد) اختصاص دارد. مطابق اطلاعات جدول ۲ شرکت‌های آب و فاضلاب برای ارتقا و بهبود رتبه عملکرد اقتصادی در هلدینگ صنعت باید به شاخص‌هایی توجه داشته باشند که وزن بیشتری دارند.

۳-۲- خوشه بندی

برای خوشه بندی شرکت‌های آب و فاضلاب بر پایه شاخص‌های اقتصادی و شیوه سلسله‌مراتبی پس از نرمال سازی شاخص‌ها منطبق بر رابطه (۳) از نرم‌افزار بسته آماری SPSS 23 استفاده شد (جدول ۳ و شکل ۲).

مطابق جدول ۳ در هر گوشه با توجه به ماهیت شاخص‌ها و دامنه تغییرات تعداد عضوها یکسان نیست. این جدول اطلاعات با ارزشی را با توجه به این‌که از منظر شرایط محیطی (اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و جغرافیایی) شرکت های صنعت آب و فاضلاب همگن نیستند، برای مقایسه، الگوبرداری و هدف‌گذاری برنامه‌های آتی برای بهبود و ارتقای عملکرد اقتصادی شرکت های آب و فاضلاب در اختیار تصمیم‌گیرندگان نهایی قرار می‌دهد.

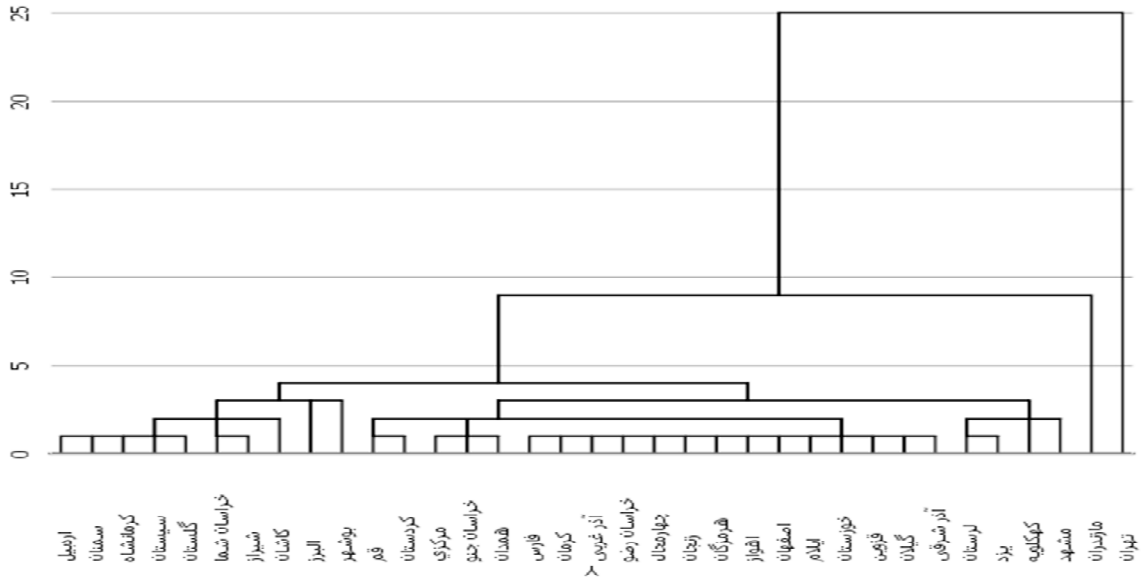
برای بررسی تفاوت میانگین خوشه‌های مختلف و با فرض هر خوشه به‌عنوان یک گروه مستقل، از تحلیل واریانس در بستر نرم‌افزار Minitab 17.1 استفاده شد. تحلیل واریانس برای مقایسه میانگین بیش از دو گروه استفاده می‌شود و یک روش فراگیرتر از آزمون نمونه مستقل است. باتوجه به حجم گسترده

جدول ۲- وزن نسبی شاخص‌های اقتصادی در گروه‌های مختلف طبق مدل آنتروپی شانون (ارقام: درصد)

کد	عنوان	وزن	کد	عنوان	وزن
In-07	تشکیل سرمایه	۲۴/۲	In-08	نرخ تشکیل سرمایه	۳/۳
In-06	گردش مالی داخلی	۱۸/۸	In-02	بهره‌وری تجهیزات (ناخالص)	۲/۱
In-11	نسبت سهم نیروی کار خالص	۱۵/۱	In-13	بهره‌وری مواد اولیه، حیاتی و انرژی (ناخالص)	۱/۸
In-12	بهره‌وری مواد اولیه، حیاتی و انرژی (خالص)	۸/۳	In-03	رشد بازار (معادل آحاد)	۱/۸
In-14	بهره‌وری تجهیزات (خالص)	۷/۲	In-01	بهره‌وری سرمایه (ناخالص)	۱/۸
In-09	بهره‌وری سرمایه (خالص)	۶/۶	In-10	نسبت سهم نیروی کار ناخالص	۱/۵
In-05	ارزش افزوده خالص به کل داده‌ها	۶/۳	In-04	ارزش افزوده ناخالص به کل داده‌ها	۱/۲

جدول ۳- خوشه بندی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری بر اساس شاخص‌های اقتصادی

خوشه	تعداد	شرکت آب و فاضلاب
۱	۱۹	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اصفهان، ایلام، چهارمحال، خراسان رضوی، خوزستان، زنجان، فارس، قزوین، قم، کردستان، کرمان، گیلان، مرکزی، هرمزگان، همدان، خراسان جنوبی و اهواز
۲	۱۰	اردبیل، بوشهر، سمنان، سیستان و بلوچستان، کاشان، کرمانشاه، خراسان شمالی، شیراز، گلستان و البرز
۳	۱	تهران
۴	۵	کهگیلویه و بویر احمد، لرستان، مازندران، یزد و مشهد



شکل ۲- نمودار دندروگرام (قندیلی) خوشه‌بندی شرکت‌های آب و فاضلاب براساس شاخص‌های اقتصادی

محاسبات و نتایج، از ارایه آن‌ها صرف‌نظر شده، ولی از آن‌جایی که سطح معنی‌داری (Sig) برای تمام شاخص‌ها کمتر از مقدار α (۱ درصد) بوده، بنابراین در سطح اطمینان ۹۹ درصد، فرض H_0 مردود و فرض H_1 پذیرفته می‌شود. در نتیجه بین خوشه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

برای ارزیابی اعتبار خوشه‌بندی پس از تشکیل ماتریس بالامثلثی کوفنتیک (۵۹۵ عنصر) (تحت عنوان متغیر y) و ماتریس متناظر غیرصفر مجاورت (تحت عنوان متغیر x) از ضریب و آزمون همبستگی پیرسون در بستر نرم‌افزار SPSS ۲۳ استفاده شد (جدول ۴). ضریب همبستگی ۸۲/۶۱ محاسبه شده که نشان از هماهنگی و اعتبار خوشه‌بندی دارد. هم‌چنین سطح معنی‌داری آزمون (Sig) کمتر از مقدار α است، بنابراین در سطح اطمینان ۹۹ درصد، فرض H_0 مردود و فرض H_1 پذیرفته می‌شود. در نتیجه ارتباط مقادیر ماتریس کوفنتیک و متناظر غیرصفر مجاورت تصادفی یا اتفاقی نیست.

۳-۲- رتبه‌بندی نهایی

پس از برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزاری Matlab 6.1 مطابق رابطه‌های (۲) الی (۱۰) رتبه بندی نهایی شرکت های آب و فاضلاب شهری بر اساس شاخص‌های اقتصادی سال ۱۳۹۵ با مدل ویکور برای هر یک از خوشه‌ها به‌منظور شناسایی شرکت‌های برتر در خصوص توجه به شاخص‌های عملکرد اقتصادی انجام شد (جدول ۵). در ضمن در رتبه‌بندی نهایی دو شرط مزیت قابل قبول رابطه (۹) و ثبات قابل‌قبول رابطه (۱۰) لحاظ شده است. هم چنین به‌دلیل حساسیت موضوع، از ارایه اسامی شرکت‌های آب و فاضلاب صرف‌نظر شده و فقط در هر

گروه به افشای نام سه شرکت برتر اکتفا شده است:

- خوشه یک: آذربایجان شرقی، قم.
- خوشه دو: شیراز، کاشان و اهواز.
- خوشه سه: تهران.
- خوشه چهار: مشهد، کهگیلویه و بویر احمد و یزد.

جدول ۵ نشان می دهد هریک از شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در خوشه‌های مختلف چه رتبه‌ای براساس عملکرد شاخص‌های متنوع اقتصادی که برخی از آن‌ها با یکدیگر متضاد و مقیاس همگنی ندارند در سال ۱۳۹۵ کسب کرده‌اند.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مطابق نتایج این پژوهش، موارد زیر را به اختصار می‌توان مدنظر قرار داد:

۱. اطلاعات جدول ۵ در موارد زیر در سطح مدیریت شرکت های آب و فاضلاب و ارشد صنعت حایز اهمیت است:

- شرکت‌هایی که در هر خوشه از رتبه پایین‌تری در قیاس با سایر شرکت ها قرار دارند، از آموزه‌ها و تجارت شرکت‌های رتبه بالاتر می توانند در الگوبرداری از مولفه های شاخص‌های اقتصادی برای بهبود و ارتقا در دوره‌های آتی استفاده کنند. از سویی دیگر نظر به

جدول ۴- ضریب کوفنتیک بر اساس همبستگی و آزمون پیرسون

عنوان		تقریب	کوفنتیک
تقریب	ضریب پیرسن	۱	۰/۸۲۶
	سطح معنی داری آزمون		۰/۰۰۰
	تعداد	۵۹۵	۵۹۵
کوفنتیک	ضریب پیرسن	۰/۸۲۶	۱
	سطح معنی داری آزمون	۰/۰۰۰	
	تعداد	۵۹۵	۵۹۵

جدول ۵: رتبه بندی شرکت های آب و فاضلاب شهری با رویکرد شیوه ویکور در خوشه های مختلف

خوشه یک		خوشه دو		خوشه سه		خوشه چهار	
رتبه	شرکت	رتبه	شرکت	رتبه	شرکت	رتبه	شرکت
۱	C_01	۱	C_31	۱	C_07	۱	C_34
۲	C_16	۲	C_17			۲	C_21
۳	C_33	۳	C_35			۳	C_29
۴	C_18	۴	C_13			۴	C_23
۵	C_19	۵	C_20			۵	C_24
۶	C_08	۶	C_26				
۷	C_05	۷	C_06				
۸	C_15	۸	C_03				
۹	C_30	۹	C_12				
۱۰	C_04	۱۰	C_32				
۱۱	C_28						
۱۲	C_11						
۱۳	C_14						
۱۴	C_25						
۱۵	C_23						
۱۶	C_27						
۱۷	C_09						
۱۸	C_30						
۱۹	C_10						

شکل ۲ (نمودار دندروگرام)، شرکت‌ها می توانند عملکرد اقتصادی خود را با سایر شرکت‌ها در سطوح مختلف سلسله‌مراتبی انجام دهند. هم‌چنین وزن شاخص های محاسبه شده (جدول ۲) ابزاری قدرتمند برای بهبود و ارتقای عملکرد اقتصادی برای دوره‌های آتی است.

- شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به‌عنوان بازوی اجرایی سیاست‌های دولت در صنعت آب و فاضلاب نقش راهبری و سازماندهی مدیریت صنعت را برعهده دارد و علاوه‌بر کثرت‌گرایی (حمایت از منافع صنعت) در راستای هدف‌های ستادی، عهده دار تهیه و تدوین قوانین و مقررات، تعیین استانداردها و دستورالعمل‌های عملیاتی، نظارت قانونی و کیفی، توسعه و تامین منابع مالی و اقتصادی است. در راستا، تولید اطلاعات قطعی و قابل اطمینان بر پایه مدل‌های کمی و شرایط محیطی حاکم بر شرکت‌های صنعت در انجام وظایف ستادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور بسیار مهم است.

۲. گروه بندی شرکت‌های هلدینگ صنعت در گروههای متجانس، هدف های چالش‌گرانه‌ای را فراهم می‌کند، به‌ویژه کوشش های فردی شرکت‌ها برای رسیدن به سطح و مرتبه بالاتر منجر به ایجاد بهبود و پویایی شرکت ها و نهایت استانداردهای صنعت خواهد شد.

۳. بهبود و افزایش شبه‌رقابت: ماهیت بازار اقتصادی صنعت آب و فاضلاب بازار انحصار طبیعی[۱۵] است. این وضعیت بیشتر در صنایعی به‌وجود می آیند که تولید، مستلزم صرف منابع سرمایه‌ای بسیار زیادی است و باعث ساخت اقتصادهایی در مقیاس بزرگ در مقابل اندازه بازار می‌شوند. مانند کالاها و خدمات عمومی ارایه شده از سوی بخش عمومی (آب، گاز، برق، مخابرات و ...) که نیاز به سرمایه‌گذاری کلان دارد. به دلیل سرمایه بر بودن ساخت تاسیسات و تجهیزات در صنایع بخش عمومی، واحدهای رقیب تمایلی به سرمایه‌گذاری (شرط اول رقابت) در این بازارها را ندارند. ارزیابی عملکرد با هدف بهبود یا افزایش کارآمدی و اثربخشی در بازارهای انحصار طبیعی از دو روش زیر انجام می‌شود:

- نظارت دولت (در ایران شرکت مادرتخصصی آب و فاضلاب کشور) بر فعالیت‌های شرکت‌های زیرمجموعه از طریق ارزیابی عملکرد علمی و تولید اطلاعات با ضریب اطمینان قطعی.

- گروه بندی و ارزیابی عملکرد مجموعه شرکت های آب و فاضلاب به‌خصوص در مولفه‌های اقتصادی سبب ایجاد شبه‌رقابت سالم در مجموعه صنعت می‌شود.

۴. آب، در زنجیره ارزش افزوده اقتصادی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند، بنابراین مسایل اقتصادی هزینه‌های تامین آب و خدمات فاضلاب در توان اقتصادی کشورها در صحنه تجارت و بین الملل بسیار تاثیرگذار است. سلامت اقتصاد آب، شاخص مهمی برای سنجش سلامت اقتصاد هر کشوری است. آب، کالایی اقتصادی بوده و تامین آن همانند سایر فعالیت ها یک فعالیت اقتصادی است، بنابراین مسایل موثر در اقتصاد آب توجه به مولفه‌های اقتصادی از جمله ارزیابی عملکرد اقتصادی با هدف بهبود شرایط اقتصادی در سطح مدیریت بخشی (صنعت آب و فاضلاب) و ملی بسیار مهم است.

۵. سازمان‌ها تا زمانی که برای حیات در راستای رسالت‌های هدفگذاری شده تلاش می‌کنند و خود را نیازمند حضور در عرصه کسب و کار می‌دانند، باید اصل بهبود مستمر فعالیت‌ها را سرلوحه فعالیت های خود قرار دهند. این اصل حاصل نمی‌شود، مگر این که زمینه دستیابی به آن با بهبود مدیریت عملکرد امکان‌پذیر شود. این بهبود از طریق دریافت بازخور لازم از محیط درونی و برون‌سازمانی، تجزیه و تحلیل نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، مسؤولیت‌پذیری و جلب رضایت ذینفعان با ایجاد و به‌کارگیری سیستم ارزیابی عملکرد با الگوی مناسب امکانپذیر است.

وظیفه اصلی مدیریت (برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری و کنترل)، مستلزم اندازه‌گیری صحیح و به هنگام عامل‌های موثر و شرایط محیط سازمانی است و بدون اندازه گیری عملکرد فعالیت ها، فرآیند مدیریت امکان‌پذیر نیست. حرکت از وضعیت "بودن" به سمت "شدن" مستلزم اندازه گیری عملکرد بوده و تولید اطلاعات صحیح که ناشی از تجزیه و تحلیل علمی فعالیت‌ها باشد تاثیر عمده‌ای بر تصمیم‌گیری‌ها خواهد داشت. مدل‌های علمی در این زمینه، قادر به تولید اطلاعات دقیق برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت در قیاس به شیوه های سنتی و سلیقه ای هستند.

۵- پی‌نوشت‌ها

1- Multi Criteria Decision Making (MCDM)
2- Balanced Score Card Model (BSC)
3- Data Envelopment Analysis (DEA)
4- Cluster Analysis
5- Hierarchical
6- Ward
7- Cophenetic Matrix
8- Proximity Matrix

9- Multi Criteria Optimization and Compromise Solution
10- Compromise Programming
11- Euclidean Norm
12- Least Supuare Weighted
13- Shannon Entropy
14- Linear Programming for Multidimensional of Preferences
15- Natural Monopoly

۶- مراجع

دفتر امور مجامع و نظارت مالی (۱۳۹۶-الف)، «گزارش ارزیابی عملکرد (ابجد)، روایت ۲۳»، معاونت برنامهریزی و امور اقتصادی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

دفتر امور مجامع و نظارت مالی (۱۳۹۶-ب)، «نتایج عمل (تجمیع صورتهای مالی صنعت)، روایت ۱۷»، معاونت برنامهریزی و امور اقتصادی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

سجادیفر، س.ح.، و داودآبادی، م.، (۱۳۹۵)، *اقتصاد آب شهری: کاربرد تئوریها، نظریهها و سیاستگذاریهای اقتصادی در صنعت آب و فاضلاب*، انتشارات نویسنده، اراک، ایران.

Hafezalkotob, A., (2015), *Extanded multi method based on Shannon Entropy for materials selection*, Springer Link.

Kings, R., (2013), *Cluster analysis and sata mining: An introduction*, Springer Link.

Opricovic, M., and Tzeng, G., (2004), "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.

San Cristob, J.L., (2011), "Multiple Criteria Decision Making in the selection of a renewable energy project in Spain-the Vikor mothed", *Renewable Energy*, 36(6), 498-502.

Wierzchon, S., and Klopotek, M., (2017), *Modern algorithms of cluster analysis*, Springer Link.

Zopounidis, C., and Doumpos, M., (2014), *Multiple Criteria Decision Making applications in management and engineering*, Springer Link.