Iranian Electric Industry Journal
Quality & Productivity
P.P 64-72

Vol. 10 / No. 4/ Winter 2022
ISSN 2322-2344
eISSN 2717-1639
Archive of SID

Performance Evaluation of Thermal Power Generation Companies using Integrated Proposed Trustable BWM Algorithm and BSC Model (A Real Case Study)

Mohammad Reza Dehghani[1], Mehdi Abbasi [2]

1- MSc, Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
Expert in Quality Management and Improvement of Methods of Fars Power Generation Management Company, Shiraz, Iran
y.dehghani@ahoo.com
2- Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
(Corresponding Author): abbasi_m@iaushiraz.ac.ir, abbasi.iau@gmail.com

Abstract

To keep and improve the position of thermal power generation companies in the competitive market, performance evaluation is necessary. BSC is one of the most efficient performance evaluation models. This model has two assumptions of equal weights of perspectives and equal weights of performance evaluation indicators, which are not necessarily true in real-world problems. BWM is a strong method for weighting criteria in MADM problems. This research presents a trustable BWM algorithm for solving MADM problems with various indicators and hierarchical levels without considering the two mentioned assumptions. This algorithm can provide more trustable solutions for some real-world problems. Then, the weight of performance evaluation indicators of Fars Power Generation Management Company was evaluated by integrating the proposed algorithm with the BSC model. Seventeen performance evaluation indicators were identified in this company. Then, the identified indicators were classified and weighted in four perspectives using the BSC model. Based on the results, the integration of the proposed algorithm with the BSC model can be a suitable approach to assigning weights to indicators as per the performance evaluation of thermal power generation companies. Also, the algorithm is convergent and trustable and can provide reliable results for solving MADM problems according to various number of indicators and hierarchical level numbers.

Keywords: Performance Evaluation, Balanced Scorecard (BSC), Trustable Best Worst Method (BWM), Consistency Ratio, Performance Evaluation Indicators, Thermal Power Generation Companies.

Received:2021/02/08
Accepted:2021/11/10

www.SID.ir

Iranian Electric Industry Journal
Quality & Productivity
ص.ص 72-64
Vol. 10 / No. 4/ Winter 2022
ISSN 2322-2344
eISSN 2717-1639
Archive of SID

ارزیابی عملکرد شرکت‌های تولید برق حرارتی با استفاده از تلفیق الگوریتم پیشنهادی BWM قابل اعتماد و مدل BSC (یک مطالعه موردی واقعی)

نوع مطالعه: پژوهشی

محمدرضا دهقانی[1]، کارشناس ارشد، مهدی عباسی[2]، استادیار
۱- گروه مهندسی صنایع، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
کارشناس مدیریت کیفیت و بهبود روش‌های شرکت مدیریت بهره‌برداری تولید برق فارس، شیراز، ایران
y.dehghani@yahoo.com
۲- گروه مهندسی صنایع، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
abbasi_m@iaushiraz.ac.ir, abbasi.iau@gmail.com

چکیده: جهت حفظ و ارتقا جایگاه شرکت‌های تولید برق حرارتی در بازار رقابتی، ارزیابی عملکرد لازم است. BSC یکی از کارآمدترین مدل‌های ارزیابی عملکرد است. در این مدل، دو فرض مساوی بودن وزن منظرها و مساوی بودن وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد وجود دارد که لزوماً در مسائل واقعی برقرار نیست. BWM روشی قوی برای وزن‌دهی به شاخص‌ها در مسائل MADM است. در این تحقیق بدون احتساب دو فرض یاد شده، الگوریتم BWM قابل اعتماد جهت حل مسأله‌های MADM با تعداد متفاوت شاخص‌ها و سطوح سلسله مراتب ارائه گردید. الگوریتم مزبور می‌تواند جواب قابل اعتمادتری برای برخی از مسائل واقعی ارائه دهد. سپس با تلفیق الگوریتم پیشنهادی با مدل BSC نسبت به تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد در شرکت مدیریت بهره‌برداری تولید برق فارس اقدام شد. در شرکت مورد مطالعه، هفده شاخص ارزیابی عملکرد شناسایی و در چهار منظر مدل BSC طبقه‌بندی و وزن‌دهی شد. بر اساس یافته‌های به دست آمده، تلفیق الگوریتم پیشنهادی با مدل BSC می‌تواند رویکرد مناسبی جهت تعیین وزن شاخص‌ها در راستای ارزیابی عملکرد شرکت‌های تولید برق حرارتی باشد. همچنین الگوریتم همگرا و قابل اعتماد بوده و می‌تواند نتایج قابل اطمینانی برای حل مسأله‌های MADM در وضعیت‌های مختلف تعداد شاخص‌ها و تعداد سطوح ساختار سلسه مراتب ارائه نماید.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، کارت امتیازی متوازن (BSC)، روش بهترین-بدترین (BWM) قابل اعتماد، نرخ سازگاری، شاخص‌های ارزیابی عملکرد، شرکت‌های تولید برق حرارتی

تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۹۹/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۰/۰۸/۱۹

نام نویسنده‌ی مسئول : مهدی عباسی

نشانی نویسنده‌ی مسئول : شیراز، کیلومتر ۵ شهر صدرا، پردیس دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده مهندسی۱، کدپستی: ۷۱۹۸۷-۷۴۷۳۱

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

شرکت‌ها تا زمانی که نتوانند عملکرد خود را اندازه‌گیری کنند، نمی‌توانند از بهبود عملکرد خود اطمینان حاصل کنند. از اینرو ارزیابی عملکرد امری ضروری برای سازمان‌ها می‌باشد. یکی از کارآمدترین مدل‌های ارزیابی عملکرد، مدل کارت امتیازی متوازن (BSC[۱]) است. مدل BSC از چهار منظر رشد و یادگیری، فرآیندهای داخلی، مشتریان و مالی تشکیل شده است (Kaplan & Norton.2001). منظرها شامل شاخص‌های ارزیابی عملکرد بوده و مدل BSC یک ساختار سلسله مراتبی را تشکیل می‌دهد. یکی از معایب مدل BSC، موزون نبودن آن است (Dizaji et al.2018). به عبارت دیگر در مدل BSC، دو فرض مساوی بودن وزن منظرها و مساوی بودن وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد وجود دارد (شکاف اول تحقیق). در این خصوص می‌توان از روش‌ها و تکنیک‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM[۲]) برای وزن دادن به منظرها و شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل BSC استفاده نمود. از جمله محبوب‌ترین این تکنیک‌ها، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[۳]) است (Abdel-Basset et al.2020). در این زمینه از ترکیب AHP با BSC جهت ارزیابی عملکرد استفاده شده است (خاتمی فیروزآبادی و ایزدخواه، ۱۳۹۲؛ Dizaji et al.2018؛ Moradi et al.2018 و Nikkhah et al.2017). از طرف دیگر روش بهترین-بدترین (BWM[۴]) توسط رضایی در سال ۲۰۱۵ ارائه شده و یکی از جدیدترین روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM[۵]) محسوب می‌شود. این روش نسبت به روش AHP به داده‌های مقایسه‌ای کمتری نیاز داشته و منجر به مقایسه‌های سازگارتر می‌شود، بدین معنی که نتایج قابل اعتمادتری ایجاد می‌کند (Rezaei.2015). همچنین در این روش به زمان کمتری جهت انجام مقایسات زوجی نیاز است (Mi et al.2019). از اینرو در روش پیشنهادی از روش BWM استفاده شده است.

جهت اطمینان از قابل قبول بودن وزن‌های محاسبه شده توسط BWM، نیاز به محاسبه نرخ سازگاری (CR) بوده (Rezaei.2015) که استفاده از جداول استاندارد آستانه قابل قبول نرخ سازگاری (CRT[۶]) (Liang et al.2020) در این خصوص راهگشا می‌باشد. در جداول CRT، آستانه قابل قبول برای حداکثر ۹ شاخص ارائه شده است. در شرایطی که مسأله بیش از ۹ شاخص داشته باشد، امکان استفاده از جداول مزبور و در نتیجه امکان اطمینان از قابل اعتماد بودن وزن‌های محاسبه شده وجود ندارد (شکاف دوم تحقیق). در شرایطی که مسأله بیش از ۹ شاخص داشته باشد، استفاده از خوشه‌بندی و ساختار سلسله مراتب به عنوان یک راهکار مفید جهت تعیین وزن‌ها اشاره شده است (http://bestworstmethod.com).

در این پژوهش به منظور پرکردن شکاف‌های ذکر شده تحقیق و با توجه به برتری BWM نسبت به برخی روش‌های MADM از جمله AHP، الگوریتم BWM قابل اعتماد جهت حل مسائل MADM در وضعیت‌های مختلف تعداد شاخص‌ها و تعداد سطوح سلسله مراتب ارائه گردیده است. سپس الگوریتم پیشنهادی برای تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل BSC در شرکت مدیریت بهره‌برداری تولید برق فارس در راستای ارزیابی عملکرد مناسب‌تر آن شرکت بکار برده شده است.

با توجه به مزایای BWM، در سال‌های اخیر از تلفیق BWM فازی با آنالیز تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[۷]) برای وزن‌دهی به شاخص‌ها در مباحث مختلف انرژی استفاده شده است (Mei & Chen.2021 و Huang et al.2021). از این موضوع می‌توان برای توسعه الگوریتم پیشنهادی استفاده کرد.

ساختار تحقیق حاضر چنین است: ابتدا پیشینه تحقیق و مبانی نظری آورده شده است. سپس روش پژوهش و الگوریتم پیشنهادی تشریح شده است. در ادامه یافته‌های پژوهش بیان شده و برخی نکات حائز اهمیت در الگوریتم پیشنهادی در قسمت بحث آورده شده است. در انتها، نتیجه‌گیری تحقیق آورده شده است.

۲- پیشینه تحقیق

در این بخش به تحقیقات مربوط به «BWM و بررسی سازگاری آن»، «کاربرد BWM در ارزیابی عملکرد»، «BWM سلسه مراتبی» و «مدل ارزیابی عملکرد BSC و تعیین وزن شاخص‌های آن» پرداخته شده است.

رضایی در سال ۲۰۱۵، BWM را برای حل مسائل MADM ارائه نمود. در این روش یک مدل مینیمکس[۸] برنامه‌ریزی غیرخطی برای تعیین وزن شاخص‌ها ارائه گردید. این مدل، مدل اصلی برای محاسبه وزن‌ها در BWM محسوب می‌شود. همچنین فرمول محاسبه CR برای بررسی سازگاری نتایج ارائه شد (Rezaei.2015). سپس رضایی در سال ۲۰۱۶، یک مدل برنامه‌ریزی خطی معادل مدل مینیمکس برنامه‌ریزی غیرخطی یاد شده ارائه داد (Rezaei.2016). البته ممکن است در برخی شرایط نتایج این مدل درست نباشد (Beemsterboer et al.2018). در رفرنس‌های (Rezaei.2015) و (Rezaei.2016)، که می‌توان آنها را به عنوان اصلی‌ترین رفرنس‌های BWM محسوب نمود، حد آستانه قابل قبولی برای CR ارائه نشده است. لیانگ و همکاران (۲۰۲۰) جهت اطمینان از نتایج بدست آمده از BWM، مقادیر CRT (حد آستانه قابل قبول CR) را ارائه نمودند. در این خصوص با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو[۹]، جداول آستانه قابل قبول ورودی و خروجی CR با توجه به تعداد شاخص‌ها و مقدار a_{BW} (ارجحیت بهترین شاخص نسبت به بدترین شاخص) ارائه شد. همچنین نشان داده شد که آستانه‌های ورودی و خروجی CR همبسته‌اند (Liang et al.2020).

www.SID.ir

Archive of SID

BWM جهت تعیین وزن شاخص‌ها در زمینه‌های مختلفی از جمله زنجیره تأمین، ارزیابی کیفیت، ارزیابی ریسک، تکنولوژی، حمل و نقل و ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته شده است (Mi et al.2019). در ادامه تحقیقات مربوط به استفاده از BWM جهت ارزیابی عملکرد آورده می‌شود. لیائو و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی عملکرد بیمارستان با استفاده از زبان فازی BWM پرداخته و سپس اعتبار روش پیشنهادی را با محاسبه نرخ سازگاری با استفاده از روش اصلاح شده و آستانه قابل قبول ارائه شده سنجیده‌اند (Liao et al.2019). سلیمی و رضایی (۲۰۱۸) به ارزیابی عملکرد بخش تحقیق و توسعه (R&D[۱۰]) شرکت‌های کوچک تا متوسط با استفاده از تلفیق BWM و مدل ارزیابی عملکرد BSC پرداخته‌اند (Salimi & Rezaei.2018).

BWM می‌تواند بصورت سلسله مراتبی نیز استفاده شود. در این خصوص رضایی و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از BWM سلسله مراتبی به ارزیابی کیفیت سیستم‌های حمل بار هواپیما با احتساب ابعاد کیفیت خدمات به عنوان شاخص اصلی و زیرشاخص‌های مربوط به این ابعاد پرداخته‌اند (Rezaei et al.2018). شهبازخان و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی ریسک در مدیریت زنجیره تأمین حلال با استفاده از BWM فازی پرداخته‌اند. در این تحقیق ۴۲ عنصر خطرناک زنجیره تأمین حلال شناسایی و با نظر تیم خبره، در هفت بُعد دسته‌بندی گردید. سپس با استفاده از الگوریتم ارائه شده و BWM فازی، ابعاد و عناصر ریسک مرتبط اولویت‌بندی گردید (Khan et al.2021).

در ادامه به بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه ارزیابی عملکرد در حوزه‌های مختلف با استفاده از رویکرد BSC و تعیین وزن شاخص‌های آن با دیگر روش‌های MCDM (منظور روش‌هایی بجز روش BWM است) پرداخته شده است. مرادی و همکاران (۲۰۱۸) یک مدل ارزیابی عملکرد صنعت بازی‌های دیجیتال بر مبنای ادغام AHP و BSC پیشنهاد داده‌اند. با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری مدل پیشنهادی کمتر از ۰/۱ بود، اعتبار مدل تأیید شد (Moradi et al.2018). سلطان نژاد دیزجی و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی فروشگاه‌های صنایع غذایی با استفاده از مدل ترکیبیBSC، AHP فازی و تاپسیس (TOPSIS[۱۱]) پرداخته‌اند (Dizaji et al.2018). بوکوویچ و کریستیچ (۲۰۱۸) با استفاده از ترکیب روش‌های BSC و DEA به اندازه‌گیری کارایی سازمان پرداخته‌اند (Bošković & Krstić.2018). هاتفی و حائری (۲۰۱۹) نسبت به ارزیابی عملکرد بیمارستان با استفاده از یک مدل ترکیبی از BSC و DEA فازی اقدام نموده‌اند (Hatefi & Haeri.2019). نیکخواه و همکاران (۲۰۱۷) نسبت به ارزیابی اجرای استراتژی در نیروگاه نکا با استفاده از BSC و AHP پرداخته‌اند (Nikkhah et al.2017). علیرضایی و رجبی تنها (۱۳۹۲) با استفاده از BSC نسبت به اندازه‌گیری رشد بهره‌وری شرکت‌های برق منطقه‌ای با در نظر گرفتن شرایط تحریم و سیاستگذاری‌های مربوطه پرداخته‌اند (علیرضایی و رجبی تنها، ۱۳۹۲). خاتمی فیروزآبادی و ایزدخواه (۱۳۹۲) از ترکیب AHP با BSC جهت طراحی مدل راهبردی ارزیابی عملکرد در شرکت‌های ساختمانی استفاده نموده‌اند (خاتمی فیروزآبادی و ایزدخواه، ۱۳۹۲).

با توجه به بررسی‌های انجام شده، شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل BSC نیاز به تعیین وزن دارند (شکاف تحقیق اول)؛ از طرف دیگر BWM می‌تواند روشی مناسب برای انجام اینکار باشد، ولی الگوریتمی مبتنی بر BWM که لزوماً نتایج قابل اطمینانی ارائه دهد، یافت نشد (شکاف تحقیق دوم). نوآوری اصلی تحقیق حاضر، ارائه الگوریتم BWM قابل اعتماد با استفاده از CR (مبتنی بر ورودی و خروجی) و CRT در وضعیت‌های مختلف تعداد شاخص‌ها و تعداد سطوح سلسله مراتب مسأله‌های MADM با هدف وزن‌دهی به شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدلBSC می‌باشد.

۳- مبانی نظری

۳-۱- BWM

BWM در سال ۲۰۱۵ توسط رضایی ارائه شد. گام‌های BWM به صورت زیر می‌باشد:

گام ۱: تعریف شاخص‌های تصمیم‌گیری $\{C_1, C_2, \ldots, C_n\}$

گام ۲: تعیین بهترین شاخص (B) و بدترین شاخص (W)

گام ۳: ارجحیت بهترین شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها (BO[۱۲]) با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌شود (a_{Bj}).

گام ۴: ارجحیت سایر شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص (OW[۱۳]) با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌گردد (a_{jW}).

گام ۵: با تشکیل و حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی ۱، مقادیر بهینه وزن شاخص‌ها $(w_1^* . w_2^* . \ldots . w_n^*)$ محاسبه می‌گردد.

$$\begin{aligned} &\min \xi \\ &\text{s.t:} \\ &\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right| \le \xi, \forall j \\ &\left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jW}\right| \le \xi, \forall j \\ &\sum_j w_j = 1 \\ &w_j \ge 0, \forall j \end{aligned} \qquad (1)$$

مقدار بهینه تابع هدف حاصل از حل مدل ۱، ξ^* می‌باشد (Rezaei.2015).

۳-۲- سازگاری در BWM

با محاسبه نرخ سازگاری از قابل قبول بودن نتایج به دست آمده از BWM، اطمینان حاصل می‌شود. مقدار نرخ سازگاری، عددی بین صفر و یک بوده که هر چه نرخ سازگاری به صفر نزدیکتر باشد، سازگاری بیشتر و هر چه نرخ سازگاری به یک نزدیکتر باشد، سازگاری

www.SID.ir

Archive of SID

کمتر می‌باشد (Rezaei.2016). تعیین آستانه قابل قبول برای نرخ سازگاری جهت اطمینان از نتایج مدل ۱ امری ضروری است. تاکنون روش‌های مختلفی جهت تعیین و یا محاسبه آستانه قابل قبول ارائه شده است. به عنوان نمونه، آستانه قابل قبول توسط رضایی، ۰/۲ (Liao et al.2019) و در مطالعه‌ای دیگر، ۰/۵ (Chitsaz & Azarnivand.2017) اعلام شده است. اگر نرخ سازگاری کمتر از آستانه قابل قبول باشد، نتایج قابل اطمینان و مورد قبول می‌باشد. در سال ۲۰۲۰ روش‌های بررسی سازگاری و محاسبه آستانه قابل قبول نرخ سازگاری توسط لیانگ و همکاران ارائه شده است. در این پژوهش نحوه اندازه‌گیری سازگاری مبتنی بر ورودی (CR^I) و مبتنی بر خروجی (CR^O) ارائه شده است (Liang et al.2020).

CR^O همان CR می‌باشد که با استفاده از ξ^* (مقدار بهینه تابع هدف مدل ۱) و مقدار شاخص سازگاری (CI[۴]) یا ξ_{max} جدول ۱ طبق رابطه ۲ محاسبه می‌گردد (Rezaei.2015).

$$CR^O = \frac{\xi^*}{CI} \qquad (۲)$$

جدول (۱): شاخص‌های سازگاری (CI) روش BWM (Rezaei.2015)

a_{BW}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
CI	۰/۰۰	۰/۴۴	۱/۰۰	۱/۶۳	۲/۳۰	۳/۰۰	۳/۷۳	۴/۴۷	۵/۲۳

CR^I بر اساس ارجحیت‌های مقایسات زوجی محاسبه می‌گردد؛ بنابراین پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به مقایسات زوجی، به تعداد شاخص‌های هر مسأله، CR^I را طبق رابطه ۳ محاسبه و ماکزیمم CR^I به عنوان CR^I آن مسأله لحاظ می‌گردد (Liang et al.2020).

$$CR^I = \max_j CR_j^I$$
$$CR_j^I = \begin{cases} \dfrac{|a_{Bj} \times a_{jw} - a_{Bw}|}{a_{Bw} \times a_{Bw} - a_{Bw}} & a_{Bw} > 1 \\ 0 & a_{Bw} = 1 \end{cases} \qquad (۳)$$

استفاده از CR^I مزایای زیادی دارد. از جمله ارائه بازخورد فوری، بدین معنی که برای محاسبه آن نیاز به حل مدل ۱ نیست. مزیت بعدی مستقل از مدل بودن است. یعنی CR^I را می‌توان در مدل‌های مختلف BWM (علاوه بر مدل ۱) استفاده کرد (Liang et al.2020).

لیانگ و همکاران جهت اطمینان از قابل قبول بودن CR^I و CR^O، جداول آستانه قابل قبول مربوط به CR^I و CR^O ارائه نمودند. در جداول مزبور، CRT بر اساس تعداد شاخص‌ها (۳ تا ۹ شاخص) و مقیاس‌ها (a_{BW}) (مقدار ارجحیت ۳ تا ۹) مشخص گردیده است. در این خصوص پس از محاسبه نرخ سازگاری مسأله BWM مورد نظر، مقدار نرخ سازگاری حاصله با آستانه قابل قبول مستخرج از جدول سازگاری مقایسه می‌شود. در صورتی که نرخ سازگاری کوچکتر از آستانه قابل قبول باشد، نتایج قابل قبول می‌باشد؛ در غیر اینصورت نیاز به ارزیابی مجدد مقایسات زوجی می‌باشد. لازم به ذکر است که ضریب همبستگی بالایی بین CR^I و CR^O وجود دارد (Liang et al.2020).

۳-۳- ارزیابی عملکرد با استفاده از رویکرد BSC

برای تعریف عملکرد، اتفاق نظر وجود ندارد. آرمسترانگ بیان می‌کند در عملکرد باید همزمان به نتایج و فرآیندها توجه نمود. نیلی عملکرد را انجام اقدامات امروز برای تولید پیامدهای قابل اندازه‌گیری با ارزش در فردا تعریف می‌کند. از نظر ایکاف عملکرد هر سازمان شامل دو بُعد کارایی و اثربخشی می‌باشد. از اینرو اندازه‌گیری عملکرد فرآیند کمی‌سازی کارایی و اثربخشی است که به تعریف، مشاهده و بکارگیری شاخص‌های عملکرد سازمان در یک قاعده منظم می‌پردازد. شاخص‌های اندازه‌گیری عملکرد، معیارهایی هستند که برای کمی کردن کارایی و اثربخشی مورد استفاده قرار می‌گیرند (امیران و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین فرآیند ارزیابی عملکرد، میزان پیشرفت در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده را ارزیابی می‌کند (Dizaji et al.2018).

کاپلان و نورتون با درک الزامات سازمان‌های مدرن و برای اجرای مؤثر استراتژی و ایجاد یک سیستم جامع بهبود عملکرد و مدیریت، در سال ۱۹۹۲ سیستم مدیریت جدیدی را با نام BSC معرفی کردند. سیستم مدیریت BSC، به عنوان یک چارچوب جامع ارزیابی عملکرد و پیشرفت استراتژی، تعادل بین اهداف کوتاه مدت و بلندمدت برقرار می‌کند (Dizaji et al.2018). پیش از معرفی BSC توسط کاپلان و نورتون، بیشتر جنبه‌های مالی و اقتصادی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها در نظر گرفته می‌شد (Moradi et al.2018). BSC استراتژی و چشم‌انداز سازمان را به چهار منظر رشد و یادگیری، فرآیندهای داخلی، مشتریان و مالی ترجمه می‌کند (Kaplan & Norton.1996). به طور خلاصه، BSC می‌تواند "سنگ بنای" سیستم مدیریت یک سازمان باشد (Quesado et al.2018).

۴- روش پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ نوع تحقیق بر اساس هدف، کاربردی می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه در تحقیق حاضر همزمان از داده‌های کمی و کیفی و ابزارهای مربوطه استفاده شده است، نوع روش تحقیق، روش ترکیبی کمی و کیفی می‌باشد.

در این تحقیق اطلاعات نظری از روش کتابخانه‌ای و سایر اطلاعات، از روش میدانی جمع‌آوری شده است. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به وزن منظرها و شاخص‌ها از فرم استاندارد اخذ

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاعات BWM و برگزاری جلسات استفاده گردید. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزارهای لینگو و اکسل انجام شده است.

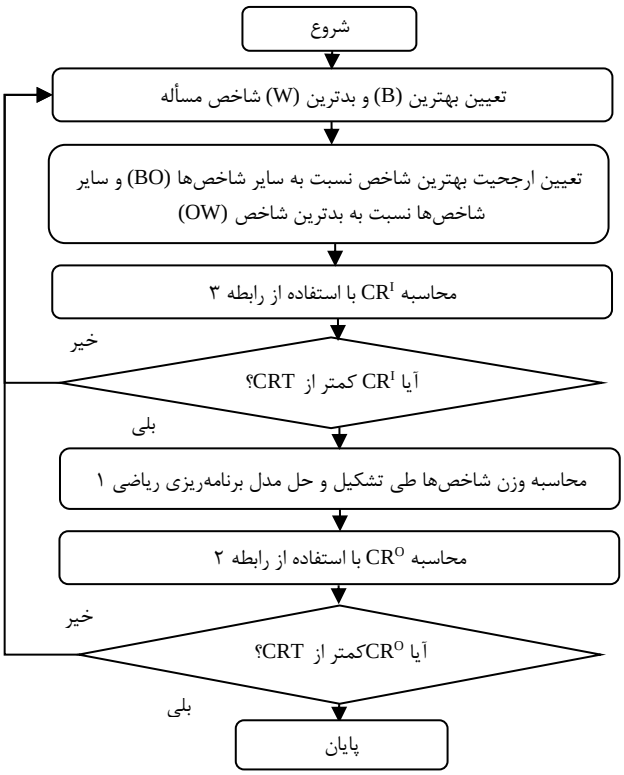
۵- الگوریتم پیشنهادی

در این بخش، ابتدا ماژول BWM قابل اعتماد جهت حل مسأله MADM با حداکثر ۹ شاخص ارائه می‌گردد. سپس با استفاده از ماژول تعریف شده، الگوریتم BWM قابل اعتماد برای حل وضعیت‌های مختلف مسأله‌های MADM تشریح می‌شود.

۵-۱- ماژول BWM قابل اعتماد با حداکثر ۹ شاخص

جهت اطمینان از نتایج BWM می‌بایست سازگاری کافی در مقایسات زوجی وجود داشته باشد. در این خصوص محاسبه CR^O در گام‌های BWM لحاظ شده، اما آستانه قابل قبول آن ارائه نشده است. در اینجا ماژول BWM قابل اعتماد برای رفع این نقیصه طبق شکل ۱ ارائه شده است.

در ماژول پیشنهادی، CR^I و CR^O طبق رابطه‌های ۳ و ۲ محاسبه و قرار گرفتن آن در محدوده قابل قبول بررسی می‌شود. از آنجا که جداول آستانه قابل قبول تنها برای مسائل دارای ۹ شاخص یا کمتر قابل استفاده است، ماژول ارائه شده تنها برای مسائل حداکثر ۹ شاخصه قابل استفاده است.



شکل (۱): فلوچارت ماژول BWM قابل اعتماد با حداکثر ۹ شاخص

از آنجا که CR^I و CR^O ماژول پیشنهادی لزوماً در محدوده قابل قبول قرار خواهد گرفت، از اینرو جواب حاصل از ماژول لزوماً مبتنی بر مقایسات سازگار است. بنابراین از عبارت «قابل اعتماد» برای این ماژول استفاده شده است.

۵-۲- الگوریتم BWM قابل اعتماد

مسأله‌های MADM با توجه به تعداد شاخص‌ها و تعداد سطوح ساختار سلسه مراتب، می‌توانند در چهار وضعیت طبق جدول ۲ در نظر گرفته شوند.

جدول (۲): وضعیت‌های مختلف مسأله‌های MADM

تعداد سطوح / تعداد شاخص	تک سطحی	چندسطحی
۹ شاخصه یا کمتر	الف	ج
بیش از ۹ شاخصه	ب	د

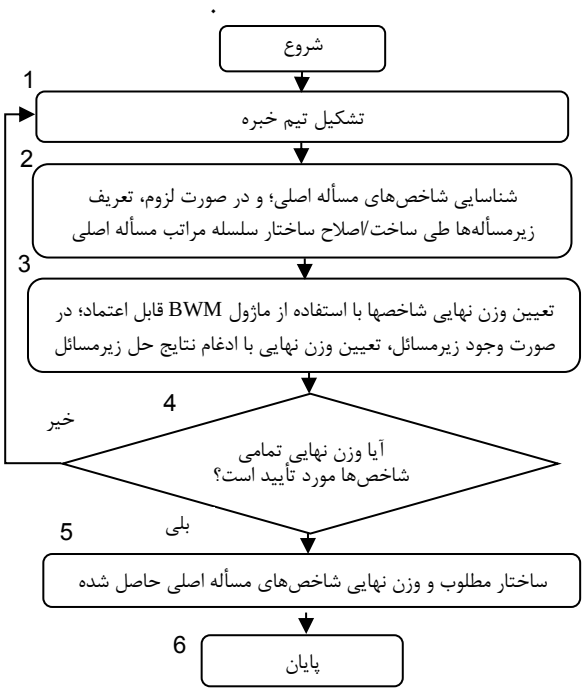
الگوریتم پیشنهادی BWM قابل اعتماد (شکل ۲) هر چهار وضعیت الف تا د را پوشش می‌دهد. در این خصوص ابتدا به تشریح الگوریتم در وضعیت «تک سطحی بیش از ۹ شاخصه» (وضعیت ب) پرداخته می‌شود. در انتهای این بند، عملکرد الگوریتم جهت سه وضعیت دیگر (وضعیت‌های الف، ج و د) تشریح می‌گردد. به منظور درک بهتر، مراحل الگوریتم شماره‌گذاری شده و در حین تشریح به مرحله مربوطه اشاره می‌شود.

در ابتدا اعضای تیم خبره تعیین می‌شود (مرحله ۱). سپس شاخص‌های مسأله تصمیم‌گیری با استفاده از مرور ادبیات و نظرات اعضای تیم خبره شناسایی می‌شود. جهت امکان محاسبه سازگاری مسأله اصلی شرط حداکثر ۹ شاخص بایستی برقرار باشد. پس در ادامه (مرحله ۲) با توجه به ماهیت شاخص‌ها و بنا به پیشنهاد اعضای تیم خبره، شاخص‌ها در دسته‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. در این خصوص برای هر دسته، شاخصی که نماد یا نشان‌دهنده دسته مربوطه می‌باشد به عنوان شاخص اصلی و مابقی شاخص‌هایی که در این دسته قرار گرفته‌اند به عنوان زیرشاخص‌های دسته در نظر گرفته می‌شود. بنابراین مجموعه زیرشاخص‌های هر دسته مسأله جدیدی را تشکیل می‌دهند که به عنوان «زیرمسأله‌ای از مسأله اصلی» در نظر گرفته می‌شود. همچنین مجموعه شاخص‌های اصلی نیز در یک دسته قرار گرفته و خود به عنوان یک زیرمسأله در نظر گرفته می‌شود. اگر زیرمسأله‌ای بیش از ۹ شاخص داشته باشد، با استفاده از موارد تشریح شده بایستی به زیرمسأله‌های حداکثر ۹ شاخصه تجزیه گردد. سپس نماد زیرمسأله‌ها در سطح مربوطه و مجموعه شاخص‌های این زیرمسأله‌ها در سطوح پایین‌تر سلسله مراتب قرار می‌گیرند. با تکرار اینکار، مسأله اصلی به مجموعه‌ای زیرمسائل مرتبط حداکثر ۹ شاخصه تبدیل خواهد شد. سپس با استفاده از زیرمسأله‌های تعریف شده، نسبت به «ساخت ساختار مسأله اصلی» اقدام می‌گردد. در این ساختار، هدف اصلی مسأله در سطح صفر و زیرمسأله شاخص‌های اصلی در

www.SID.ir

Archive of SID

سطح یک قرار داده می‌شود. سپس مابقی زیرمسأله‌های تعریف شده در سطوح بعد قرار می‌گیرند.



شکل (۲): فلوچارت الگوریتم پیشنهادی BWM قابل اعتماد

در مرحله ۳ وزن شاخص‌های هر زیرمسأله را با استفاده از ماژول BWM قابل اعتماد با حداکثر ۹ شاخص محاسبه کرده و به عنوان وزن اولیه شاخص‌های مسأله اصلی لحاظ می‌کنیم. وقتی تمامی زیرمسأله‌ها حل و وزن اولیه کلیه شاخص‌های مسأله اصلی محاسبه گردید، وزن نهایی شاخص‌ها را محاسبه می‌کنیم. در این خصوص، وزن اولیه شاخص‌های اصلی سطح یک همان وزن نهایی شاخص مربوطه می‌باشد. وزن نهایی شاخص‌های سطح دو به بعد، از حاصلضرب وزن اولیه شاخص‌های مرتبط سطوح قبل در وزن اولیه شاخص مربوطه محاسبه می‌گردد.

در مرحله ۴ مقبول بودن وزن نهایی تمامی شاخص‌ها توسط اعضای تیم خبره مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورت عدم اتفاق نظر اعضای تیم خبره، مبنا رأی اکثریت خواهد بود. در صورت مقبول نبودن وزن‌ها، الگوریتم از مرحله ۲ ادامه می‌یابد. در غیر این صورت ساختار مطلوب و وزن نهایی شاخص‌های مسأله اصلی حاصل شده (مرحله ۵) و الگوریتم به پایان می‌رسد (مرحله ۶).

در ادامه به سه وضعیت دیگر پرداخته می‌شود:

وضعیت «تک سطحی ۹ شاخصه یا کمتر» (وضعیت الف): در مرحله دوم نیازی به تعریف زیرمسأله و تشکیل ساختار سلسله مراتبی نمی‌باشد. در این وضعیت طی یک بار اجرای ماژول BWM قابل اعتماد با حداکثر ۹ شاخص، وزن نهایی شاخص‌ها محاسبه می‌شود.

وضعیت‌های «چندسطحی» (وضعیت‌های ج و د): اگر مسأله از ابتدا ساختار داشته یا برخی شاخص‌ها، زیرشاخص داشته باشند مانند رویکرد BSC، با وضعیت‌های چندسطحی جدول ۲ یعنی وضعیت‌های ج و د مواجه هستیم. در این وضعیت‌ها در مرحله ۲ الگوریتم ارائه شده با استفاده از شرط حداکثر ۹ شاخص برای هر زیرمسأله، ساختار سلسله مراتب مربوطه بررسی می‌گردد. در صورتی که شرط مربوطه برقرار باشد (وضعیت ج یعنی «چندسطحی ۹ شاخصه یا کمتر») حل مسأله طبق مراحل بعدی الگوریتم ادامه می‌یابد. در غیر این صورت (وضعیت د یعنی «چندسطحی بیش از ۹ شاخصه») ساختار اصلاح شده و زیرمسأله‌های جدید با حداکثر ۹ شاخص تشکیل می‌شود. به عبارت دیگر طی اجرای الگوریتم، مسأله به وضعیت ج یعنی «چندسطحی ۹ شاخصه یا کمتر» تبدیل می‌شود.

قابل توجه آنکه محاسبه وزن اولیه شاخص‌ها در الگوریتم پیشنهادی (در تمامی چهار وضعیت الف تا د جدول ۲) با اجرای ماژول BWM قابل اعتماد تعیین می‌شود. از طرفی طی هر بار اجرای ماژول مزبور، از سازگاری نتایج اطمینان حاصل می‌شود. با توجه به اینکه وزن نهایی با ادغام نتایج حاصل از اجرای ماژول مزبور حاصل می‌شود، بنابراین می‌توان اذعان نمود که نتایج نهایی نیز قابل اعتماد بوده و الگوریتم دارای اعتبار می‌باشد. از طرف دیگر اگر مسأله «تک سطحی ۹ شاخصه یا کمتر» باشد (وضعیت الف)، تنها لازم است یک بار ماژول مورد نظر اجرا شود. همچنین در سه وضعیت دیگر جدول ۲ (وضعیت‌های ب تا د)، تعداد شاخص‌ها و در نتیجه تعداد زیرمسائل ساختار تشکیل شده معدود می‌باشد. همچنین فرض شده است که در صورت عدم اتفاق نظر اعضای تیم خبره، مبنا رأی اکثریت خواهد بود. در نتیجه با اجراهای معدودی از مراحل فلوچارت الگوریتم پیشنهادی BWM قابل اعتماد (شکل ۲)، ساختار مطلوب و وزن نهایی شاخص‌های اصلی مسأله حاصل خواهد شد. از اینرو الگوریتم پیشنهادی معتبر و همگرا می‌باشد.

۶- یافته‌های پژوهش

در اینجا نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی جهت تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل BSC در شرکت مدیریت بهره‌برداری تولید برق فارس تشریح و ارائه می‌گردد. شرکت مورد مطالعه به منظور بهره‌برداری از تأسیسات نیروگاهی و با هدف تولید انرژی الکتریکی در سال ۱۳۷۱ تأسیس گردیده و در حال حاضر از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی فارس و نیروگاه گازی شیراز بهره‌برداری می‌نماید.

در مرحله اول تیم خبره تشکیل گردید. جهت تعیین اعضا از روش نمونه‌گیری گلوله برفی[۱۵] (Cohen & Arieli.2011) استفاده شد. در این خصوص بنا به پیشنهاد مدیر عامل (بالاترین مقام سازمان) اعضای اولیه تیم خبره تعیین شدند. از آنجا که اعضای تیم عضو جدیدی را معرفی نکردند، تیم خبره نهایی تلقی گردید. قابل ذکر آنکه

www.SID.ir

Archive of SID

در روش گلوله برفی، وقتی اعضا فرد جدیدی را معرفی نکنند، اعضای تیم نهایی تلقی می‌شوند. لازم به ذکر است در جلسات برگزار شده با تیم خبره، در صورت عدم اتفاق‌نظر در خصوص پاسخ یک سوال، مبنا رأی اکثریت در نظر گرفته شد.

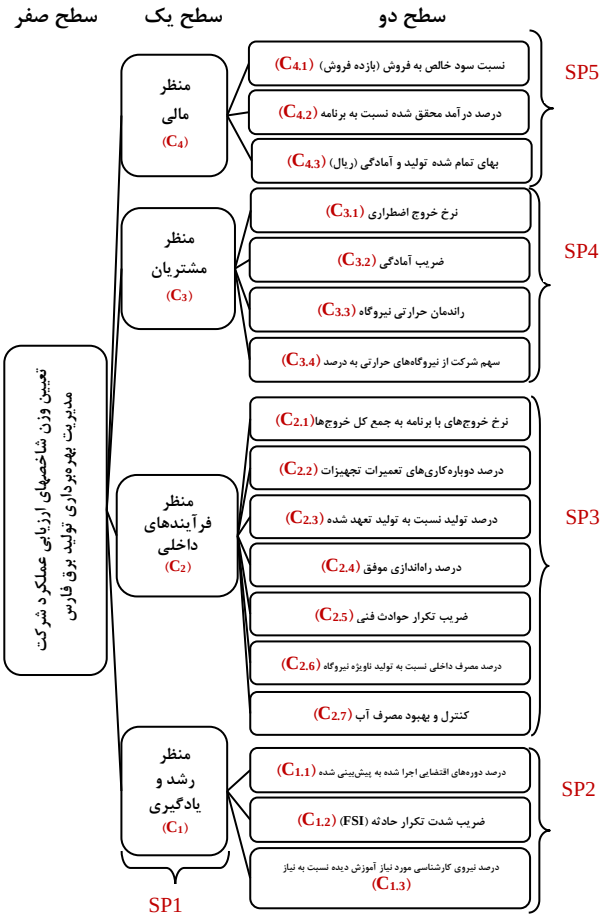
در مرحله دوم ۱۷ شاخص ارزیابی عملکرد شناسایی شد که با توجه به ماهیت آنها و بنا به پیشنهاد اعضای تیم خبره در ۴ منظر BSC دسته‌بندی گردید. ۴ منظر BSC به عنوان شاخص‌های اصلی مسأله می‌باشند که مجموعه این ۴ منظر، کلان‌ترین زیرمسأله (SP1) را تشکیل می‌دهند. زیر شاخص‌های مربوط به این ۴ منظر نیز ۴ زیرمسأله دیگر جهت مسأله اصلی را تشکیل دادند (SP2 تا SP5). بنابراین در مجموع ۵ زیرمسأله تشکیل گردید. سپس مطابق شکل ۳، ساختار سلسله مراتب جهت مسأله اصلی تشکیل شد. با توجه به اینکه تعداد شاخص‌های تمامی ۵ زیرمسأله (زیرمسائل SP1 تا SP5) کمتر از ۹ شاخص بود، مسأله MADM مورد نظر بصورت «چندسطحی ۹ شاخصه یا کمتر» می‌باشد (وضعیت ج جدول ۲).

در مرحله ۳ وزن اولیه و نهایی شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل BSC از طریق حل ۵ زیرمسأله تعریف شده با استفاده از ماژول BWM قابل اعتماد با حداکثر ۹ شاخص (شکل ۱) محاسبه گردید. داده‌های مربوط به ارجحت مقایسات زوجی و نتایج بررسی CR^I و CR^O محاسبه شده ۵ زیرمسأله با حد آستانه قابل قبول مربوط به آن در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. همچنین نتایج مربوط به وزن اولیه و نهایی منظرها و شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدلBSC در جدول ۵ آورده شده است.

در مرحله ۴ مشخص شد که وزن‌های نهایی محاسبه شده مورد تأیید اعضای تیم خبره است. بنابراین ساختار مطلوب (شکل ۳) و وزن نهایی منظرها و شاخص‌های (جدول ۵) جهت شرکت مورد مطالعه حاصل شده است (مراحل ۵ و ۶). قابل توجه آنکه با توجه به تعداد ۵ زیرمسأله مرتبط با مسأله اصلی و همچنین مبنا قرار دادن رأی اکثریت در صورت عدم اتفاق نظر مابین اعضای تیم خبره، الگوریتم پیشنهادی طی ۵ اجرای ماژول BWM قابل اعتماد به نتیجه مطلوب رسید.

جدول (۳): بررسی سازگاری CR^I زیرمسائل مطالعه موردی

زیرمسأله	توضیح	مقادیر	$C_{X.1}$	$C_{X.2}$	$C_{X.3}$	$C_{X.4}$	$C_{X.5}$	$C_{X.6}$	$C_{X.7}$	CR^I	CRT	نتیجه
SP_1	X=۱	a_{Bj}	۶	۱	۲	۵	–	–	–	۰/۱۳۳۳	۰/۱۹۹۰	قابل
		a_{jW}	۱	۶	۵	۲	–	–	–			قبول
SP_2	X=۲	a_{Bj}	۱	۶	۲	–	–	–	–	۰/۰۶۶۷	۰/۱۳۳۰	قابل
		a_{jW}	۶	۱	۴	–	–	–	–			قبول
SP_3	X=۳	a_{Bj}	۳	۲	۴	۷	۱	۳	۳	۰/۰۴۷۶	۰/۳۱۴۴	قابل
		a_{jW}	۳	۴	۲	۱	۷	۲	۲			قبول
SP_4	X=۴	a_{Bj}	۱	۳	۳	۶	–	–	–	۰/۱۰۰۰	۰/۱۹۹۰	قابل
		a_{jW}	۶	۳	۳	۱	–	–	–			قبول
SP_5	X=۵	a_{Bj}	۲	۵	۱	–	–	–	–	۰/۰۵۰۰	۰/۱۳۵۴	قابل
		a_{jW}	۳	۱	۵	-	-	-	-			قبول



شکل (۳):نمودار سلسله مراتبی ارزیابی عملکرد BSC مطالعه موردی

با توجه به نتایج حاصله، به ترتیب فرآیندهای داخلی، مشتریان، مالی و رشد و یادگیری به عنوان مهمترین منظرهای مدل BSC شرکت می‌باشد. همچنین شاخص ارزیابی عملکرد ضریب تکرار حوادث فنی، نرخ خروج اضطراری، بهای تمام شده تولید و آمادگی و درصد دوره‌های اقتضایی اجرا شده به پیش‌بینی شده به ترتیب به عنوان مهمترین شاخص‌های منظرهای یاد شده می‌باشد. وزن‌های حاصل از هر پنج زیرمسأله سازگار است، بنابراین وزن نهایی بدست آمده منظرها و شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدلBSC شرکت مورد مطالعه قابل اعتماد می‌باشد. با توجه به آنکه فرآیند ارزیابی عملکرد، میزان پیشرفت در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده را ارزیابی می‌کند، وزن شاخص‌های بدست آمده می‌تواند در ارزیابی عملکرد مناسب‌تر شرکت‌های تولید برق حرارتی مفید واقع شود.

جدول (۴): بررسی سازگاری CR^O زیرمسائل مطالعه موردی

زیرمسأله	ξ^*	CI	CR^O	CRT	نتیجه
SP_1	۰/۵۳۵۹	۳/۰۰	۰/۱۷۸۶	۰/۲۹۲۲	قابل قبول
SP_2	۰/۲۹۸۴	۳/۰۰	۰/۰۹۹۵	۰/۲۱۶۴	قابل قبول
SP_3	۰/۲۹۸۴	۳/۷۳	۰/۰۸۰۰	۰/۴۰۳۵	قابل قبول
SP_4	۰/۴۵۸۶	۳/۰۰	۰/۱۵۲۹	۰/۲۹۲۲	قابل قبول
SP_5	۰/۱۷۱۶	۲/۳۰	۰/۰۷۴۶	۰/۲۱۱۱	قابل قبول

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵): وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدلBSC مطالعه موردی

منظرها	وزن منظرها	شاخص‌های ارزیابی عملکرد	وزن شاخص‌ها	
			اولیه	نهایی
رشد و یادگیری (C_1)	۰/۰۷۴۳	درصد دوره‌های اقتضایی اجرا شده به پیش بینی شده ($C_{1.1}$)	۰/۵۷۲۶	۰/۰۴۲۵
		ضریب شدت تکرار حادثه (FSI) ($C_{1.2}$)	۰/۰۹۰۹	۰/۰۰۶۸
		درصد نیروی کارشناسی مورد نیاز آموزش دیده نسبت به نیاز ($C_{1.3}$)	۰/۳۳۶۵	۰/۰۲۵۰
فرآیندهای داخلی (C_2)	۰/۴۸۵۴	نرخ خروج‌های با برنامه به جمع کل خروج‌ها ($C_{2.1}$)	۰/۱۲۶۲	۰/۰۶۱۳
		درصد دوباره‌کاری‌های تعمیرات تجهیزات ($C_{2.2}$)	۰/۱۸۶۹	۰/۰۹۰۷
		درصد تولید نسبت به تولید تعهد شده ($C_{2.3}$)	۰/۰۹۲۱	۰/۰۴۴۷
		درصد راه‌اندازی موفق ($C_{2.4}$)	۰/۰۴۶۷	۰/۰۲۲۷
		ضریب تکرار حوادث فنی ($C_{2.5}$)	۰/۳۴۱۱	۰/۱۶۵۶
		درصد مصرف داخلی نسبت به تولید ناویژه نیروگاه ($C_{2.6}$)	۰/۱۰۳۵	۰/۰۵۰۲
		کنترل و بهبود مصرف آب ($C_{2.7}$)	۰/۱۰۳۵	۰/۰۵۰۲
مشتریان (C_3)	۰/۳۳۱۶	نرخ خروج اضطراری ($C_{3.1}$)	۰/۵۱۵۰	۰/۱۷۰۸
		ضریب آمادگی ($C_{3.2}$)	۰/۲۰۲۶	۰/۰۶۷۲
		راندمان حرارتی نیروگاه ($C_{3.3}$)	۰/۲۰۲۶	۰/۰۶۷۲
		سهم شرکت از نیروگاه‌های حرارتی به درصد ($C_{3.4}$)	۰/۰۷۹۷	۰/۰۲۶۴
مالی (C_4)	۰/۱۰۸۷	نسبت سود خالص به فروش(بازده فروش) ($C_{4.1}$)	۰/۳۱۴۳	۰/۰۳۴۲
		درصد درآمد محقق شده نسبت به برنامه ($C_{4.2}$)	۰/۱۱۱۱	۰/۰۱۲۱
		بهای تمام شده تولید و آمادگی (ریال) ($C_{4.3}$)	۰/۵۷۴۶	۰/۰۶۲۵

۷- بحث

در این قسمت به برخی نکات قابل توجه مرتبط با الگوریتم پیشنهادی اشاره می‌شود.

الف) در مسائل چندسطحی (وضعیت‌های ج و د جدول ۲)، بیشتر بودن وزن شاخص اصلی (سطح یک) لزوماً بدین معنی نیست که بهترین زیرشاخص مربوطه نیز بیشترین وزن را داشته باشد. به عنوان نمونه منظر فرآیندهای داخلی نسبت به منظر مشتریان وزن بیشتری دارد، ولی بهترین شاخص منظر فرآیندهای داخلی یعنی ضریب تکرار حوادث فنی (۰/۱۶۵۶) وزن کمتری نسبت بهترین شاخص منظر مشتریان یعنی نرخ خروج اضطراری (۰/۱۷۰۸) دارد.

ب) با توجه به مزایای CR^I اشاره شده در قسمت سازگاری BWM و همچنین همبستگی زیاد CR^I و CR^O (به عنوان نمونه، در مطالعه موردی همبستگی کامل بین CR^I و CR^O وجود دارد)، شاید بتوان اینگونه استنباط نمود که اگر CR^I قابل قبول و نزدیک به آستانه نباشد، CR^O نیز قابل قبول خواهد بود.

ج) در الگوریتم پیشنهادی، مدلسازی و حل مدل غیرخطی BWM (مدل۱) پیشنهاد شده است. در صورت استفاده از مدل خطی BWM ((Rezaei.2016))، نمی‌توان از قابل قبول بودن نتایج در مواقعی که میزان تابع هدف به صفر نزدیک نباشد، اطمینان حاصل نمود. به عبارت دیگر ممکن است جواب‌های مدل خطی مورد نظر غیر قابل اطمینان باشد (Beemsterboer et al.2018). همچنین امکان محاسبه CR^O وجود نداشته و فقط می‌توان از CR^I جهت اطمینان از قابل قبول بودن جواب‌ها استفاده کرد. با توجه به توضیحات فوق، اکیداً توصیه می‌شود که از مدل غیرخطی استفاده شود.

۸- نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های بدست آمده، الگوریتم پیشنهادی BWM قابل اعتماد، الگوریتمی مناسب برای تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل BSC می‌باشد. همچنین الگوریتم BWM قابل اعتماد همگرا بوده و برای مسأله MADM در وضعیت‌های مختلف تعداد شاخص‌ها و تعداد سطوح ساختار سلسله مراتب (وضعیت‌ها الف تا د جدول ۲)، نتایج قابل اطمینانی را بدست می‌آورد.

پیشنهاد می‌گردد جهت تحقیقات آتی از روش‌های دیگر حل BWM و یا دیگر روش‌های MADM برای تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل BSC استفاده گردد. همچنین بررسی و ارائه مدل‌های مناسبی جهت دسته‌بندی شاخص‌ها در راستای تهیه ساختار سلسله مراتب مطلوب مسأله اصلی و استفاده از DEA به منظور توسعه الگوریتم ارائه شده می‌تواند در تحقیقات آتی مد نظر قرار گیرد.

مراجع

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), pp. 192-218.

Beemsterboer, D. J. C., Hendrix, E. M. T., & Claassen, G. D. H. (2018). On solving the Best-Worst Method in multi-criteria decision-making. IFAC-PapersOnLine, 51(11), pp. 1660-1665.

Bošković, A., & Krstić, A. (2018, October). Combined Use of BSC and DEA Methods for Measuring Organizational Efficiency. In Proceedings of the ENTRENOVA-ENTerprise REsearch InNOVAtion Conference (Online) (Vol. 4, No. 1, pp. 41-47).

Chitsaz, N., & Azarnivand, A. (2017). Water scarcity management in arid regions based on an extended multiple criteria technique. Water Resources Management, 31(1), pp. 233-250.

Cohen, N., & Arieli, T. (2011). Field research in conflict environments: Methodological challenges and snowball sampling. Journal of Peace Research, 48(4), pp. 423-435.

www.SID.ir

Archive of SID

Dizaji, M., Mazdeh, M., Makui, A. (2018). Performance evaluation and ranking of direct sales stores using BSC approach and fuzzy multiple attribute decision-making methods. Decision Science Letters, 7(2), pp. 197-210.

Hatefi, S. M., & Haeri, A. (2019). Evaluating hospital performance using an integrated balanced scorecard and fuzzy data envelopment analysis. Journal of Health Management & Informatics, 6(2), pp. 66-76.

https://bestworstmethod.com/software/-Solver Linear BWM. this excel file.

Huang, B., Zhang, L., Ma, L., Bai, W., & Ren, J. (2021). Multi-criteria decision analysis of China's energy security from 2008 to 2017 based on Fuzzy BWM-DEA-AR model and Malmquist Productivity Index. Energy, 228, 120481.

Kaplan, R. S., Norton, D. P. (1996). Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. Harvard Business Review, Vol. 74, No. 1, pp. 75- 85.

Kaplan, R. S., Norton, D. P. (2001). Transforming the balanced scorecard from performance measurement to strategic management: Part 1. Accounting horizons, 15(1), pp. 87-104

Khan, S., Haleem, A., & Khan, M. I. (2021, January). Assessment of risk in the management of Halal supply chain using fuzzy BWM method. In Supply Chain Forum: An International Journal (Vol. 22, No. 1, pp. 57-73). Taylor & Francis.

Liang, F., Brunelli, M., & Rezaei, J. (2020). Consistency issues in the best worst method: Measurements and thresholds. Omega, 96, 102175.

Liao, H., Mi, X., Yu, Q., & Luo, L. (2019). Hospital performance evaluation by a hesitant fuzzy linguistic best worst method with inconsistency repairing. Journal of Cleaner Production, 232, pp. 657-671.

Mei, M., & Chen, Z. (2021). Evaluation and selection of sustainable hydrogen production technology with hybrid uncertain sustainability indicators based on rough-fuzzy BWM-DEA. Renewable Energy, 165, pp. 716-730.

Mi, X., Tang, M., Liao, H., Shen, W., & Lev, B. (2019). The state-of-the-art survey on integrations and applications of the best worst method in decision making: Why, what, what for and what's next?. Omega, 87, pp. 205-225.

Moradi, N., Malekmohammad, H., & Jamalzadeh, S. (2018). A model for performance evaluation of digital game industry using integrated AHP and BSC. Journal of Applied Research on Industrial Engineering, 5(2), pp. 97-109.

Nikkhah, M., Nikkhah, A., & Afsahi, A. (2017). Evaluating the Implementation of Strategies in Plants Using Balanced Scorecard (BSC): A Case Study. International Journal of Research in Industrial Engineering, 6(1), pp. 39-50.

Quesado, P. R., Aibar Guzmán, B., & Lima Rodrigues, L. (2018). Advantages and contributions in the balanced scorecard implementation. Intangible capital, 14(1), pp. 186-201.

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, pp. 49-57.

Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. Omega, 64, pp. 126-130.

Rezaei, J., Kothadiya, O., Tavasszy, L., & Kroesen, M. (2018). Quality assessment of airline baggage handling systems using SERVQUAL and BWM. Tourism Management, 66, pp. 85-93.

Salimi, N., & Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. Evaluation and program planning, 66, pp. 147-155.

امیران، ح؛ غفاری، م؛ شیخ، ع، (۱۳۹۲). **مدیریت و اندازه‌گیری عملکرد سازمان از ایده تا اجرا**، چاپ اول، انتشارت امیران، تهران.

خاتمی فیروزآبادی، ع؛ ایزدخواه، م، (۱۳۹۲). **طراحی مدل راهبردی ارزیابی عملکرد در شرکت‌های ساختمانی با ترکیب روش‌های BSC و AHP**. مجله علمی مدیریت فرهنگ سازمانی، ۳(۳)، صص ۲۷-۵.

علیرضایی، م؛ رجبی تنها، م، (۱۳۹۲). **اندازه‌گیری رشد بهره‌وری شرکت‌های برق منطقه‌ای با در نظر گرفتن شرایط تحریم و سیاستگذاری‌های مربوطه**، کیفیت و بهره‌وری صنعت برق ایران، ۲(۳)، صص ۹-۱.

زیرنویس‌ها

[1] Balanced Scorecard
[2] Multiple Criteria Decision Making
[3] Analytic Hierarchy Process
[4] Best Worst Method
[5] Multiple Attribute Decision Making
[6] Consistency Ratio Thresholds
[7] Data Envelopment Analysis
[8] min max
[9] Monte-Carlo
[10] Research and Development
[11] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
[12] Best-to-Others
[13] Others-to-Worst
[14] Consistency Index
[15] Snowball Sampling Method

www.SID.ir