



Paper Type: Original Article



Site Selection of Load Regulation Weighing Systems Using Multi-Criteria Decision-Making: A Case Study of Goharzamin Mining and Industrial Company

Mohammad Sanjari-Parizi^{1,2,*}, Mohammadali Saadati-Parizi¹, Mohammadjavad Mohammadi Soleimani¹, Seyyed Reza Alenabi¹, Hamid Khajehnazari¹

¹ Gohar Zamin Mining and Industrial Company, Sirjan, Iran; msanjari@ut.ac.ir.

² School of Industrial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Citation:



Sanjari-Parizi, M., Saadati-Parizi, M., Mohammadi Soleimani, M., Alenabi, S. R., & Khajehnazari, H. (2026). Site selection of load regulation weighing systems using multi-criteria decision-making: A case study of goharzamin mining and industrial company. *Management: Modeling, Analysis and Applications*, 3(2), 139-148.

Received: 15/12/2025

Reviewed: 23/03/2026

Revised: 19/04/2026

Accepted: 21/07/2026

Abstract

Purpose: Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) is an optimization technique used to identify the most preferable alternative under multiple criteria. The aim of this study is to systematically evaluate and identify the most suitable locations for the construction of load regulation weighing systems in Goharzamin Mining and Industrial Company.

Methodology: First, by studying and reviewing the literature review on the subject and also examining the problem conditions, after forming an expert team of 5 people, 4 alternatives were identified and ranked based on 7 criteria. This study uses a MCDM model that includes the ERASA and Best–Worst Method methods.

Findings: The computational results determine the location of the load regulation weighing systems based on potential alternatives. Accordingly, based on expert opinion, the most important factors were identified as distance and construction cost, and after evaluating the available options, option 4 received the highest score and ranked 1.

Originality/Value: The research value and innovation of this study is the use of the new ERASA multi-criteria decision-making method to evaluate and rank potential locations for the construction of load regulation weighing systems, which, while closely examining the issue, leads to the provision of effective solutions for decision-making by senior managers of the organization.

Keywords: Multi-criteria decision-making, ERASA method, Best–worst method, Load weighing systems, Location selection.



Corresponding Author: msanjari@ut.ac.ir



<https://doi.org/10.22105/mmaa.v3i2.126>



Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. 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>).



مکان یابی سیستم های توزین تنظیم بار با استفاده از تصمیم گیری چندمعیاره: مطالعه موردی شرکت معدنی و صنعتی گهر زمین

محمد سنجرى پاریزی^{۱،۲*}، محمدعلی سعادتى پاریزی^۱، محمدجواد محمدی سلیمانی^۱، سید رضا آل نبی^۱

حمید خواجه نظری^۱

^۱ شرکت معدنی و صنعتی گهر زمین، سیرجان، ایران.

^۲ دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

هدف: اهمیت تعیین مکان مناسب برای احداث مراکز اصلی یک شرکت کاملاً ملموس است تا جایی که مدیران ارشد یک سازمان در تلاش برای یافتن روش های تصمیم گیری مناسب در این زمینه هستند. مکان یابی انبار و سیستم های توزین بار عموماً یکی از مهم ترین و استراتژیک ترین تصمیمات در بهینه سازی سیستم های لجستیکی است. همچنین باتوجه به اهمیت جنبه های پایداری در سال های گذشته، توسعه پایدار به یکی از دغدغه های اصلی کشورها تبدیل شده است که علاوه بر توسعه اقتصادی باید تأثیرات اجتماعی و عملکرد زیست محیطی صنایع نیز تضمین شود. تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره^۱ یک تکنیک بهینه سازی است که برای شناسایی ارجح ترین گزینه تحت معیارهای متعدد به کار می رود. هدف این مطالعه، ارزیابی و شناسایی سیستماتیک مناسب ترین مکان ها برای احداث سیستم های توزین تنظیم بار در شرکت معدنی و صنعتی گهر زمین است.

روش شناسایی پژوهش: ابتدا با مطالعه و بررسی مرور ادبیات موضوع و همچنین بررسی شرایط مساله، پس از تشکیل تیم کارشناسی متشکل از ۵ نفر، ۴ گزینه براساس ۷ معیار شناسایی و رتبه بندی شده اند. این مطالعه از یک مدل *MCDM* استفاده می کند که روش *ERASA*^۲ و روش بهترین-بدترین^۳ را دربر می گیرد.

یافته ها: نتایج محاسباتی محل احداث سیستم های توزین تنظیم بار را باتوجه به گزینه های بالقوه مشخص می سازد. بر این اساس باتوجه به نظر کارشناسان معیارهای مسافت و هزینه احداث مهم ترین عامل ها شناسایی شدند و همچنین پس از ارزیابی گزینه های موجود، گزینه ۴ بیشترین امتیاز و رتبه ۱ را کسب کرد.

اصالت/ارزش افزوده علم ی: ارزش و نوآوری پژوهشی این تحقیق به کارگیری روش جدید تصمیم گیری چندمعیاره *ERASA* جهت ارزیابی و رتبه بندی مکان های بالقوه به منظور احداث سیستم های توزین تنظیم بار است که ضمن بررسی دقیق موضوع منجر به ارائه راهکارهای موثر جهت تصمیم گیری مدیران ارشد سازمان می گردد.

کلیدواژه ها: تصمیم گیری چندمعیاره، روش *ERASA*، روش بهترین-بدترین، سیستم های توزین، مکان یابی.

۱- مقدمه

تعیین مکان مناسب یک جز زیرساختی (زمین، جاده، سایت و تسهیلات) در یک منطقه خاص باتوجه به ترجیحات تصمیم گیرنده و محدودیت های موجود به عنوان مساله مکان یابی معرفی می شود [1]. مکان یابی بخش های مختلف یکی از اساسی ترین مراحل در راه اندازی یا گسترش کارخانه ها و سازمان ها است. باتوجه به شرایط مختلف، بسیاری از شرکت ها ممکن است پس از چند سال نیاز به توسعه منطقه، افزایش ظرفیت تولید و بازرگانی

¹ Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

² Evaluation based on the Removal Effects of Criteria (ERASA)

³ Best-Worst Method (BWM)

در ساختار سنتی گذشته داشته باشند، بنابراین نیاز به تغییر ساختار فضایی یا ایجاد مکان‌های جدید دارند. تصمیم‌گیری در مورد مکان تاسیسات در مدیریت زنجیره‌تامین بسیار مهم است. با در نظر گرفتن تاثیر مکان تاسیسات بر هزینه، سرعت تحویل، سطح خدمات و اثربخشی زنجیره‌تامین، عملکرد کلی زنجیره‌تامین تحت تاثیر تصمیمات مکان‌یابی قرار می‌گیرد [2]. مدل‌سازی ریاضی و *MCDM* روش‌های رایج در انتخاب مکان مناسب تاسیسات هستند. کارشناسان باتوجه به نوع و پیچیدگی مساله، روشی را انتخاب می‌کنند. باتوجه به وجود معیارهای متضاد در انتخاب مکان بهینه تاسیسات، رویکردهای *MCDM* یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها برای کسب حداکثر رضایت تصمیم‌گیرنده در این نوع مسایل هستند.

بسیاری از تحقیقات کاربرد روش‌های *MCDM* را در انتخاب مکان مناسب بررسی کرده‌اند. وانگ و همکاران [3] از ترکیبی از روش‌های *MCDM* برای یافتن بهترین مکان برای ساخت نیروگاه خورشیدی بر اساس معیارهای کمی و کیفی استفاده کردند. کاراشان و همکاران [4] از یک رویکرد *MCDM* یکپارچه برای ارزیابی گزینه‌های انتخاب‌شده جهت یافتن مناسب‌ترین مکان احداث ایستگاه شارژ وسایل نقلیه الکتریکی استفاده کردند. وانگ و همکاران [5] یک چارچوب انتخاب مکان بهینه برای ایستگاه تعویض باتری برای تامین انرژی خودروهای الکتریکی بر اساس روش‌های دیمتل و مورا پیشنهاد کردند و یک مطالعه موردی در پکن به منظور انتخاب محل ایستگاه‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. آیدین و سکر [6] با استفاده از روش‌های *MCDM* مناسب‌ترین مکان را برای یک بیمارستان ایزوله برای بیماران مبتدی بر اپیدمی بررسی و انتخاب کرده‌اند. در تحقیق آن‌ها، ۵ مکان کاندید در بخش اروپایی استانبول بر اساس ۹ معیار ارزیابی با کمک روش دلفی، روش *BWM* و روش تاپسیس بررسی شده است. ساهین و همکاران [7] با استفاده از روش‌های *MCDM* یک رویکرد ترکیبی برای ارزیابی و انتخاب مکان‌های بالقوه برای ساخت کارخانه تولید خودرو ترکیه ارائه کردند. ژوان و همکاران [8] از تکنیک‌های *MCDM* برای رتبه‌بندی سایت‌های کاندید به منظور تعیین مکان احداث نیروگاه برق خورشیدی برای تولید هیدروژن در ازبکستان استفاده کردند. ننجله و همکاران [9] روشی را برای انتخاب مناسب‌ترین طرح چیدمان تسهیلات با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۱ و روش تاپسیس پیشنهاد کردند که به بررسی یک مطالعه موردی در صنعت ریلی پرداخته است.

مساله انتخاب مکان انبار یکی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین تصمیمات در مدیریت زنجیره‌تامین است؛ بنابراین، مطالعات مختلفی برای تعیین بهترین مکان برای استقرار انبار با استفاده از روش‌های مختلف *MCDM* انجام شده است. در پژوهشی توسط کاباک و کسکین [10] با استفاده از روشی ترکیبی شامل مدل ریاضی، *MCDM* و *GIS*، مناسب‌ترین مکان برای ایجاد انبار مواد منفجره و مهمات در منطقه مرمره ترکیه و با هدف به حداقل رساندن هزینه‌های حمل و نقل و اثرات زیست‌محیطی تعیین شده است. در پژوهشی توسط اوکامپو و همکاران [11] با استفاده از روش تاپسیس، یک مساله تصمیم‌گیری انتخاب مکان انبار تحت ساختار تصمیم‌گیری گروهی با اولویت‌های مختلف کارشناسان و با در نظر گرفتن ۲۲ معیار مختلف بررسی شده است. آک و آکار [12] با استفاده از روش *AHP* برای ارزیابی وزن معیارها و روش تاپسیس برای بررسی گزینه‌ها، به مشکل انتخاب انبار در زنجیره‌تامین بشردوستانه پرداخته‌اند. ساهو و همکاران [13] با استفاده از تکنیک‌های دلفی و روش *MARCOS* و بر اساس مجموعه‌های فازی، بهترین مکان انبار را برای یک شرکت خودروسازی بررسی کرده‌اند. میتال و عبید [14] از رویکرد *MCDM* مبتنی بر روش *BWM* و تاپسیس با در نظر گرفتن جنبه‌های پایداری استفاده کردند تا در مورد مکان انبارهای تجهیزات کمکی در زنجیره‌تامین بشردوستانه تصمیم‌گیری کنند. سنجری پاریزی و همکاران [15] با ارائه یک رویکرد جدید در *MCDM* بر اساس مرزهای تغییر ارزش^۲ و انباشت گزینه‌ها به بررسی و انتخاب محل مناسب ساخت انبار مرکزی در شرکت معدنی و صنعتی گهرزمین پرداختند.

باتوجه به مطالعات انجام‌شده، مشاهده می‌شود که از روش‌های *MCDM* برای ارزیابی و انتخاب مکان تسهیلات در زنجیره‌های تامین مختلف استفاده شده است؛ اما بررسی و استفاده از روش‌های *MCDM* برای استقرار امکانات در زنجیره‌تامین معدن زیاد مورد استفاده قرار نگرفته است. از سوی دیگر، باتوجه به نقش استراتژیک شرکت‌های معدنی در اقتصاد کشورها و اهمیت مدیریت زنجیره‌تامین معدن، ایجاد بهینه و مناسب امکانات به منظور افزایش بهره‌وری ضروری است. در این پژوهش موضوع انتخاب مناسب‌ترین مکان برای احداث سیستم‌های توزین محصولات در شرکت گهرزمین بررسی شده است. همچنین سعی شده است با ارائه روش‌های جدید *MCDM* دقت تصمیم‌گیری افزایش یابد.

¹ Analytic Hierarchy Process (AHP)

² Value Alteration Boundaries (VAB)

۲- روش تحقیق

در تصمیم‌گیری با استفاده از روش‌های $MCDM$ ، گزینه‌های مختلف با استفاده از معیارهای کمی و کیفی مختلف ارزیابی می‌شوند. باتوجه‌به تعداد زیاد روش‌های $MCDM$ ، انتخاب روش مناسب برای مساله تصمیم‌گیری بسیار مهم است و متخصصان باتوجه‌به نوع و پیچیدگی مساله، روشی را انتخاب می‌کنند [16].

۲-۱- روش ERASA

روش $ERASA$ توسط سنجری پاریزی و همکاران [15] معرفی شد. این روش با بررسی هم‌زمان راه‌حل‌های ایده آل، ضد ایده آل، میانگین، توجه به چولگی و تجمع گزینه‌ها بر اساس معیارهای ارزیابی، سعی در بررسی دقیق‌تر و جامع‌تر گزینه‌ها دارد. مراحل استفاده از روش $ERASA$ به شرح زیر است.

مرحله ۱ (ساخت ماتریس تصمیم) - می‌توان از ماتریس ارزیابی اصلی^۱ ایجادشده با استفاده از روش VAB به‌عنوان ورودی روش‌های تصمیم‌گیری استفاده کرد.

مرحله ۲ (نرمال‌سازی ماتریس تصمیم) - عناصر ماتریس نرمال‌شده $(NM) = [z_i^j]_{m \times n}$ با اعمال معادله (۱) و معادله (۲) به‌دست می‌آیند.

$$z_i^j = \frac{g_i^j}{\max_i g_i^j}, \quad \text{if } j \in \text{beneficial criteria, for all } j \in J \text{ and } i \in I. \quad (1)$$

$$z_i^j = \frac{\min_i g_i^j}{g_i^j}, \quad \text{if } j \in \text{nonbeneficial criteria, for all } j \in J \text{ and } i \in I. \quad (2)$$

مرحله ۳ (تشکیل ماتریس وزن $WM = [v_i^j]_{m \times n}$) - با ضرب NM در ضرایب وزنی معیارها (w^j) مطابق رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

$$v_i^j = z_i^j \times w^j, \quad \text{for all } j \in J \text{ and } i \in I. \quad (3)$$

مرحله ۴ (تعیین راه‌حل می‌انگین برای هر معیار (AV^j)) - طبق رابطه (۴):

$$AV^j = \frac{\sum_i v_i^j}{m}, \quad \text{for all } j \in J. \quad (4)$$

مرحله ۵ (تعیین درجه اعتبار گزینه‌ها بر اساس هر معیار (cd_i^j)) - طبق رابطه (۵):

$$cd_i^j = \max \left\{ (v_i^j - AV^j) \& \left((v_i^j - \max_i v_i^j) + (v_i^j - \min_i v_i^j) \right) \right\}, \quad \text{for all } j \in J \text{ and } i \in I. \quad (5)$$

مرحله ۶ (تعیین شاخص تعالی برای هر گزینه (EI_i)) - طبق رابطه (۶):

$$EI_i = \sum_j cd_i^j, \quad \text{for all } i \in I. \quad (6)$$

¹ Main Evaluation Matrix (MEM)

مرحله ۷- رتبه بندی گزینه ها بر اساس شاخص تعالی، گزینه ای که بالاترین شاخص ارزیابی^۱ را داشته باشد، بهترین رتبه را کسب می کند.

۲-۲- روش BWM

در مسایل تصمیم گیری، تعیین اهمیت نسبی بین معیارها (وزن معیار) موضوعی کلیدی و مهم است. به منظور ارزیابی وزن معیارها، چندین روش در چند دهه اخیر معرفی شده است. روش BWM که توسط رضایی [17]، [18] معرفی شد، وزن معیارهای مساله را با استفاده از مقایسه های نسبتا کمتری نسبت به روش های دیگر مانند AHP و فرایند تحلیل شبکه ای^۲ محاسبه می کند [19]. در این پژوهش از BWM برای تعیین اهمیت و وزن معیارها استفاده شده است. در زیر نحوه محاسبه و تعیین وزن معیارها با استفاده از BWM آورده شده است.

مرحله ۱- تعیین مجموعه ای از معیارهای تصمیم گیری ($C_1, C_2, \dots, C_n$) توسط تصمیم گیرندگان.

مرحله ۲- تعیین معیارهای بهترین (CB) و بدترین (CW).

مرحله ۳- محاسبه مقایسه زوجی بین بهترین (CB) و سایر معیارها بر اساس امتیاز بین ۱ و ۹ (نمره ۱ به معنای اولویت برابر و نمره ۹ به معنای ترجیح شدید). در این مرحله در نهایت بردار A_B به دست می آید، به طوری که a_{Bj} نشان دهنده ترجیح بهترین معیار بر معیار j است و کاملاً مسلم است که $a_{BB} = 1$.

مرحله ۴- مقایسه زوجی بین بدترین (CW) و سایر معیارها بر اساس امتیاز بین ۱ تا ۹ محاسبه کنید (نمره ۱ به معنای اولویت برابر و امتیاز ۹ به معنای ترجیح شدید). در این مرحله در نهایت بردار A_W به دست می آید.

مرحله ۵- محاسبه وزن بهینه $w^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$. برای محاسبه وزن بهینه معیارها از مدل (۷) استفاده می شود.

$$\text{Min } \xi.$$

s.t.

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi.$$

$$|w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi. \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1.$$

$$w_j \geq 0 \quad \text{for all } j.$$

۳- نتایج محاسباتی

۳-۱- مطالعه موردی

معدن سنگ آهن گهرزمین در منطقه معدنی گل گهر، در فاصله ۵۰ کیلومتری شهرستان سیرجان در استان کرمان و در محدوده طول جغرافیایی $55^{\circ}15'$ تا $55^{\circ}24'$ شرقی و عرض جغرافیایی $29^{\circ}3'$ تا $29^{\circ}7'$ شمالی واقع شده است. بر اساس مطالعات و اطلاعات جمع آوری شده و مطالعات فنی-اقتصادی مقدماتی صورت پذیرفته، مشخص شده است که معدن سنگ آهن گهرزمین دارای ذخیره زمین شناسی بالغ بر ۶۵۰ میلیون تن می باشد. در حال حاضر سه خط تولید کنسانتره هرکدام به ظرفیت ۲ میلیون تن در سال و خط ۱ گندله سازی با ظرفیت اسمی سالانه ۵ میلیون تن و تولید ۱۶%

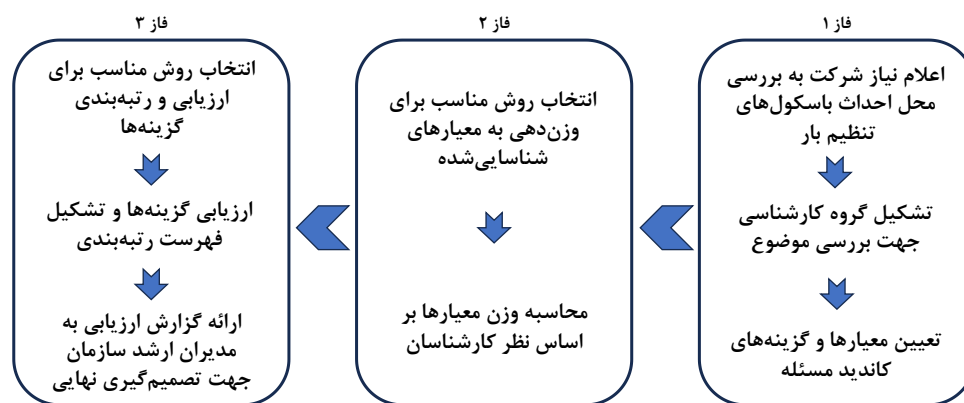
¹ Evaluation Index (EI)

² Analytic Network Process (ANP)

گندله کشور در حال بهره‌برداری است. در پژوهش حاضر مکان‌یابی محل استقرار باسکول‌های تنظیم بار در زنجیره تامین معدن سنگ آهن گهرزمین به منظور بهبود شرایط موجود و ارایه نتایج کاربردی تحت شرایط پایداری موردبررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲- مکان‌یابی باسکول‌های تنظیم بار با استفاده از روش ERASA

در این بخش از روش ERASA برای ارزیابی مکان‌های بالقوه جهت استقرار باسکول‌های تنظیم بار در شرکت معدنی و صنعتی گهرزمین استفاده شده است. این بخش یک تصویر تجربی از نحوه استفاده از روش ERASA در مساله انتخاب مناسب‌ترین مکان ارایه می‌کند. باتوجه به اهمیت سرعت بخشیدن به بارگیری کامیون‌های حمل بار، استراتژی شناسایی مکان مناسب جهت استقرار باسکول‌های تنظیم بار برای محصولات مختلف در دستور کار قرار گرفته است. پنج نفر از کارکنان شرکت گهرزمین (کارشناس اول: رئیس سفارشات، کارشناس دوم: مدیر سفارشات و انبارها، کارشناس سوم: رئیس انبارهای صادراتی، کارشناس چهارم: رئیس انبار محصول و کارشناس پنجم: سرپرست سیستم‌های توزین) در ارزیابی گزینه‌ها و معیارها در این مطالعه مشارکت داشته‌اند. پس از تشکیل یک گروه ارزیابی تخصصی، ابتدا مکان‌های کاندید مشخص شده و سپس معیارهای مختلف و لازم برای ارزیابی گزینه‌ها فهرست گردیده است. در نهایت کار اصلی گروه ارزیابی با تعیین وزن معیارها باتوجه به استراتژی‌های کلان شرکت و اهمیت ابعاد مختلف و ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارهای تعیین شده آغاز می‌شود. مراحل روش حل مساله در شکل ۱ نشان داده شده است. جدول‌های ۱ و ۲ به ترتیب مکان‌های کاندید و معیارهای ارزیابی را نشان می‌دهد. بر اساس گروه ارزیابی، ۴ گزینه و ۷ معیار شناسایی شد. شکل ۲ همچنین مکان سایت‌های کاندید را در منطقه شرکت نشان می‌دهد. باتوجه به حجم بیشتر بارگیری محصول گندله نسبت به کنسانتره (نسبت تقریبی ۴ به ۱) در محاسبات مربوط به گزینه ۴ در ماتریس تصمیم‌گیری این نسبت رعایت شده است.



شکل ۱- فرآیند حل مساله.

Figure 1- Problem-solving process.

جدول ۱- معرفی سایت‌های کاندید احداث باسکول‌های تنظیم بار.

Table 1- Introducing candidate sites for the construction of load-regulating scales.

گزینه‌ها	شرح
گزینه ۱	محوطه کنار درب خروجی شرکت
گزینه ۲	محوطه ابتدای جاده ورودی به دیوهای گندله
گزینه ۳	محوطه انتهای دیوهای کنسانتره (مکان فعلی باسکول‌ها)
گزینه ۴	محوطه ابتدای جاده ورودی به دیوهای گندله (ویژه گندله) و محوطه انتهای دیوهای کنسانتره (ویژه کنسانتره)

جدول ۲- معرفی معیارهای ارزیابی با در نظر گرفتن جنبه‌های پایداری.

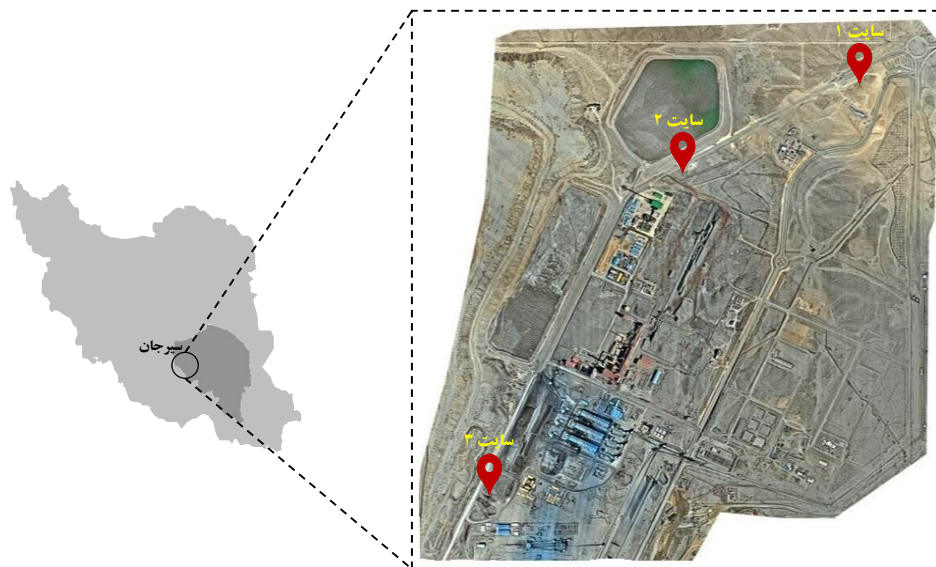
Table 2- Introducing evaluation criteria taking into account sustainability aspects.

نماد	نوع معیار	معیار	نوع پایداری
C1	کیفی	زیرساخت‌های منطقه	اقتصادی
C2	کیفی	سهولت دسترسی	اجتماعی
C3	کیفی	امکان گسترش	اقتصادی

جدول ۲- ادامه.

Table 2- Continued.

نماد	نوع معیار	معیار	نوع پایداری
C4	کمی	هزینه احداث	اقتصادی
C5	کیفی	خطرات زیست محیطی و ایمنی	زیست محیطی
C6	کمی	مسافت	اقتصادی
C7	کیفی	ترافیک	اجتماعی



شکل ۲- محل قرارگیری سایت های کاندید در منطقه شرکت.

Figure 2- Location of candidate sites in the company's area.

۳-۳- محاسبه وزن معیارها

برای تعیین وزن معیارهای مساله مکان یابی، پس از تعیین معیارها با نظر همه کارشناسان، هر یک از کارشناسان به طور مستقل مهم ترین و کم اهمیت ترین معیار را تعیین می کنند و طبق مرحله های ۳ و ۴ بردارهای A_B و A_W تعیین می گردد. در مرحله بعد وزن بهینه معیارها توسط هر متخصص تعیین می شود. میانگین وزن هر معیار، وزن نهایی را در مساله مشخص می کند.

جدول ۳- تعیین بردارهای A_B و A_W .Table 3- Determining vectors A_B and A_W .

A_W								A_B							
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	CW	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	CB
4	7	2	3	1	2	1.2	C3	1.5	1	3	2	7	3	5	C6
3	5	2	6	1.2	2	1	C1	2	1.2	3	1	5	3	6	C4
2	7	2.5	3	1	2.5	1.2	C3	2	1	2	2	7	3	6	C6
2.2	4	2	5	1	2	1.2	C3	2	1.1	3	1	5	3	4	C4
4	6	2	2	1.2	3	1	C1	1.4	1	3	3	5	2	6	C6

باتوجه به وزن های به دست آمده از ارزیابی هر یک از کارشناسان و باتوجه به اهمیت نظر کارشناسان مختلف (در این پژوهش وزن نظر کارشناسان برابر در نظر گرفته شده است) وزن نهایی معیارها به دست می آید. باتوجه به BWM و نتایج جدول ۳، وزن نهایی معیارها در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- وزن هر معیار ارزیابی.

Table 4- The weight of each evaluation criterion.

C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
0.093	0.362	0.120	0.181	0.052	0.120	0.072	کارشناس ۱
0.096	0.263	0.105	0.315	0.063	0.105	0.053	کارشناس ۲
0.090	0.345	0.172	0.172	0.049	0.115	0.057	کارشناس ۳
0.104	0.269	0.099	0.296	0.059	0.099	0.074	کارشناس ۴
0.099	0.356	0.119	0.119	0.071	0.177	0.059	کارشناس ۵
0.096	0.319	0.123	0.217	0.059	0.123	0.063	وزن میانگین

۳-۴- رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

پس از تعیین مقادیر وزنی معیارها، از روش جدید *ERASA* برای رتبه‌بندی گزینه‌ها باتوجه به معیارها و گزینه‌های معرفی شده استفاده می‌شود. تصمیم‌گیرندگان از پنج مقیاس ارزیابی برای معیارهای کیفی استفاده می‌کنند، شامل: بسیار ضعیف=۱، ضعیف=۳، متوسط=۵، خوب=۷، خیلی خوب=۹. ابتدا برآوردهای تصمیم‌گیرندگان تجمیع شده و طبق جدول ۵ ماتریس تصمیم اولیه به دست می‌آید. ماتریس‌های نرمال شده، وزنی و اعتباری به ترتیب در جدول ۶ تا جدول ۸ نشان داده شده‌اند. همچنین شاخص *EI* و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۵- ماتریس تصمیم‌گیری.

Table 5- Decision matrix.

C7 (-)	C6 (-)	C5 (-)	C4 (-)	C3 (+)	C2 (+)	C1 (+)	گزینه‌ها
4	4240	3	17	5	7	5.5	A1
5	4270	5	16.8	5	6	5	A2
5	7760	6	4	6	3	6	A3
2	4240	5.2	13	5.2	7	5.2	A4

جدول ۶- ماتریس نرمال شده.

Table 6- Normalized matrix.

C7 (-)	C6 (-)	C5 (-)	C4 (-)	C3 (+)	C2 (+)	C1 (+)	گزینه‌ها
0.5	1	1	0.2353	0.8333	1	0.9166	A1
0.4	0.9929	0.6	0.2381	0.8333	0.8571	0.8333	A2
0.4	0.5463	0.5	1	1	0.4286	1	A3
1	1	0.5769	0.3077	0.8667	1	0.8666	A4

جدول ۷- ماتریس نرمال شده وزن دار.

Table 7- Weighted normalized matrix.

C7 (-)	C6 (-)	C5 (-)	C4 (-)	C3 (+)	C2 (+)	C1 (+)	گزینه‌ها
0.048	0.319	0.123	0.05106	0.04916	0.123	0.05775	A1
0.0384	0.3167	0.0738	0.05167	0.04916	0.1054	0.0525	A2
0.0384	0.1743	0.0615	0.217	0.059	0.0527	0.063	A3
0.096	0.319	0.0709	0.06677	0.0511	0.123	0.0546	A4

جدول ۸- ماتریس اعتباری.

Table 8- Credit Matrix.

C7 (-)	C6 (-)	C5 (-)	C4 (-)	C3 (+)	C2 (+)	C1 (+)	گزینه‌ها
-0.0072	0.1447	0.0615	-0.0456	-0.003	0.0703	0.0008	A1
-0.0168	0.1402	-0.0085	-0.045	-0.003	0.0351	-0.0045	A2
-0.0168	-0.108	-0.0208	0.1659	0.0098	-0.0483	0.0105	A3
0.0576	0.1447	-0.0114	-0.0299	-0.001	0.0703	-0.0024	A4

جدول ۹- رتبه بندی نهایی گزینه ها.

Table 9- Final ranking of options.

رتبه	EI	گزینه ها
2	0.2215	A1
3	0.0975	A2
4	-0.0077	A3
1	0.2279	A4

۴- تحلیل حساسیت

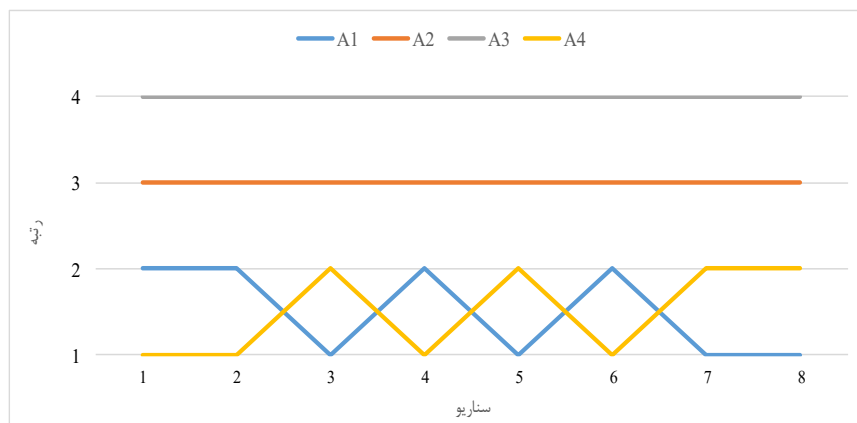
۴-۱- آنالیز وزن معیارها

برای بررسی تاثیر تغییرات وزن معیارها بر رتبه بندی گزینه ها، وزن معیارها در سناریوهای مختلف مطابق جدول ۱۰ تغییر داده شده و سپس تاثیر این تغییرات بر رتبه بندی گزینه ها مطابق شکل ۳ بررسی شده است.

جدول ۱۰- وزن های جدید معیارها بر اساس سناریوهای مختلف.

Table 10- New weights of criteria based on different scenarios.

معیارها							سناریوها
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
0.063	0.123	0.059	0.217	0.123	0.319	0.096	1 (مساله اصلی)
0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	2 (وزن یکسان)
0.048	0.163	0.079	0.188	0.131	0.265	0.126	3
0.115	0.111	0.098	0.149	0.171	0.221	0.135	4
0.087	0.131	0.118	0.111	0.208	0.187	0.158	5
0.124	0.137	0.134	0.071	0.237	0.132	0.165	6
0.098	0.178	0.165	0.105	0.126	0.157	0.171	7
0.083	0.198	0.195	0.065	0.113	0.148	0.198	8

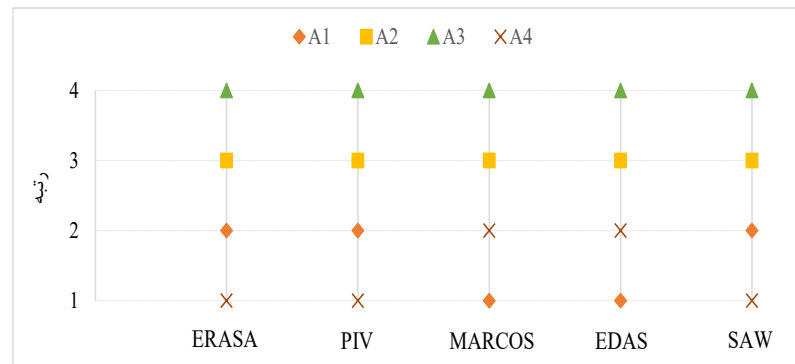


شکل ۳- رتبه بندی گزینه ها بر اساس وزن های مختلف.

Figure 3- The rank of alternatives according to different scenarios.

۴-۲- مقایسه رتبه‌بندی با سایر روش‌های MCDM

مساله موردبررسی با استفاده از برخی روش‌های MCDM دیگر (از جمله *EDAS*, *MARCOS*, *SAW*) نیز بررسی شده است و نتایج بررسی و رتبه‌بندی بر اساس هر روش در شکل ۳ نشان داده شده است. طبق بررسی‌های انجام‌شده، نتایج روش *ERASA* با روش‌های *SAW* و *PIV* یکسان است.



شکل ۴- رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس روش‌های مختلف MCDM.

Figure 4- The rank of alternatives according to different MCDM methods.

۵- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

باتوجه به اهمیت بارگیری به موقع محصولات و تسریع عملیات‌های مرتبط با آن، به منظور افزایش بهره‌وری زنجیره تامین، فروش به موقع و جلب رضایت مشتری در کنار رعایت اصول انبارداری و جلوگیری از انباشت زیاد محصولات، در این مقاله مکان مناسب استقرار سیستم‌های توزین تنظیم بار در شرکت معدنی و صنعتی گهرزمین مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر این اساس با نظر کارشناسان مربوطه و بررسی‌های صورت گرفته ۴ سناریو جهت احداث باسکول‌های تنظیم بار در نظر گرفته شده است. همچنین ۷ معیار مختلف با در نظر گرفتن ابعاد پایداری جهت ارزیابی سایت‌های بالقوه تعیین شده است. نتایج حاصل از بررسی مساله با استفاده از روش *ERASA* که یکی از جدیدترین روش‌های ارایه شده در *MCDM* محسوب می‌شود حاکی از برتری سناریوی ۴ نسبت به سایر سناریوها دارد. بر اساس این سناریو باسکول‌های تنظیم بار در کنار هر محصول احداث می‌گردد. به طوری که کامیون‌های حمل بار محصول پس از بارگیری در محل دیوهای مخصوص هر محصول در نزدیکی دیوی مربوطه تنظیم بار می‌گردند.

در پایان برای تحقیقات آتی استفاده از مفهوم *VAB* در تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و همچنین در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت توصیه می‌گردد.

منابع

- [1] Żak, J., & Wkegliński, S. (2014). The selection of the logistics center location based on MCDM/A methodology. *Transportation research procedia*, 3, 555–564. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.034>
- [2] Aditi., Kaul, A., Darbari, J. D., & Jha, P. C. (2019). A fuzzy MCDM model for facility location evaluation based on quality of life. In *Soft computing for problem solving: Socpros 2018*, (pp. 687-697). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0035-0_56
- [3] Wang, C. N., Nguyen, V. T., Thai, H. T. N., & Duong, D. H. (2018). Multi-criteria decision making (MCDM) approaches for solar power plant location selection in Viet Nam. *Energies*, 11(6), 1504. <https://doi.org/10.3390/en11061504>
- [4] Karacsan, A., Kaya, I., & Erdougan, M. (2020). Location selection of electric vehicles charging stations by using a fuzzy MCDM method: A case study in Turkey. *Neural computing and applications*, 32(9), 4553–4574. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3752-2>
- [5] Wang, R., Li, X., Xu, C., & Li, F. (2020). Study on location decision framework of electric vehicle battery swapping station: Using a hybrid MCDM method. *Sustainable cities and society*, 61, 102149. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102149>
- [6] Aydin, N., & Seker, S. (2021). Determining the location of isolation hospitals for COVID-19 via Delphi-based MCDM method. *International journal of intelligent systems*, 36(6), 3011–3034. <https://doi.org/10.1002/int.22410>
- [7] Sahin, M. (2021). Location selection by multi-criteria decision-making methods based on objective and subjective weightings. *Knowledge and information systems*, 63(8), 1991–2021. <https://doi.org/10.1007/s10115-021-01588-y>

- [8] Xuan, H. A., Trinh, V. V., Techato, K., & Phoungthong, K. (2022). Use of hybrid MCDM methods for site location of solar-powered hydrogen production plants in Uzbekistan. *Sustainable energy technologies and assessments*, 52, 101979. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.101979>
- [9] Nenzhelele, T., Trimble, J. A., Swanepoel, J. A., & Kanakana-Katumba, M. G. (2023). MCDM model for evaluating and selecting the optimal facility layout design: A case study on railcar manufacturing. *Processes*, 11(3), 869. <https://doi.org/10.3390/pr11030869>
- [10] Kabak, M., & Keskin, I. (2018). Hazardous materials warehouse selection based on GIS and MCDM. *Arabian journal for science and engineering*, 43(6), 3269–3278. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-3063-z>
- [11] Ocampo, L., Genimelo, G. J., Lariosa, J., Guinitaran, R., Borrromeo, P. J., Aparente, M. E., ... , & Bongo, M. (2020). Warehouse location selection with TOPSIS group decision-making under different expert priority allocations. *Engineering management in production and services*, 12(4), 22–39. <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0025>
- [12] Ak, M. F., & Acar, D. (2021). Selection of humanitarian supply chain warehouse location: A case study based on the MCDM methodology. *Avrupa bilim ve teknoloji dergisi*, (22), 400–409. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejosat/issue/59649/849896>
- [13] Saha, A., Pamucar, D., Gorcun, O. F., & Mishra, A. R. (2023). Warehouse site selection for the automotive industry using a fermatean fuzzy-based decision-making approach. *Expert systems with applications*, 211, 118497. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118497>
- [14] Mittal, R., & Obaid, A. (2023). Sustainable warehouse location selection in humanitarian supply chain: Multi-criteria decision-making approach. *International journal of mathematical, engineering & management sciences*, 8(2), 316-335. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2023.8.2.019>
- [15] Sanjari Parizi, M., Sazvar, Z., Nayeri, S., & Mehralizade, R. (2024). Novel decision-making methods for the sustainable warehouse location selection problem considering the value alteration boundaries and accumulation of alternatives. *Clean technologies and environmental policy*, 26(9), 2977–3002. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02759-5>
- [16] 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. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>
- [17] Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53(1), 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
- [18] Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64(1), 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001>
- [19] Paramanik, A. R., Sarkar, S., & Sarkar, B. (2022). OSWMI: An objective-subjective weighted method for minimizing inconsistency in multi-criteria decision making. *Computers & industrial engineering*, 169, 108138. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108138>