

## اولویت بندی و ارزیابی چند معیاره پیمانکاران مترو تهران با استفاده از روش مارکوس و بهترین – بدترین

حسین بهروج

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

الیاس میرزائی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

دکتر سید احمد یزدیان

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

دکتر محمد مولانا

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

### چکیده

با توجه به حجم جابجایی مسافر در شرکت بهره‌برداری مترو تهران که تعداد آن در سال حدود ۲۰ میلیون می‌باشد. ارائه خدمات متناسب با منزلت و جایگاه مردم همیشه از دغدغه‌های مسئولین و پرسنل شرکت مترو تهران بوده است. ارائه موارد فوق نیازمند برنامه‌ریزی‌های دقیق و اجرای آن می‌باشد که همواره پیمانکاران نقش بسزائی در به نتیجه رساندن آن دارند. عدم وجود سیستم نظارت مستمر بر تمامی پیمانکاران با یک دیدگاه ضررهای بسیاری را به سیستم حمل و نقل داخل شهری وارد کرده است که عدم رضایت مسافری در بعضی از مواقع یکی از موارد مهم آن است. در این مقاله در فاز اول، با استفاده از نظرات متخصصان در خط هفت شرکت بهره‌برداری مترو ماتریس تصمیم ساخته شده است. سپس با استفاده از روش بهترین بدترین<sup>۱</sup> وزن‌های معیارها محاسبه شده است و در نهایت با استفاده از روش مارکوس<sup>۲</sup> اولویت‌بندی پیمانکاران انجام شده است. در فاز دوم نیز با استفاده از داده‌های موجود و متشابه در ماه‌های سال گذشته و نیز محاسبه احتمال وقوع کمبود یک کالای پرمصرف و مهم که رولر نام دارد حداقل تعداد مورد نیاز جهت ذخیره سازی در انبارهای موجود در سطح شبکه حمل و نقل ریلی در پایتخت، به شرکت‌های با اولویت بالا که ظرفیت بالایی برای فعالیت دارند و همواره از توانمندی بالای خود در انجام خدمات بهره می‌گیرند، اعلام شد و نتایج نشان داد در شرایط اضطرار، رفع مشکلات در کمترین زمان ممکن رخ می‌دهد.

واژگان کلیدی: ارزیابی، مترو، تصمیم‌گیری چند معیاره، مارکوس، بهترین – بدترین

<sup>1</sup> Best worst method

<sup>2</sup> Measurement alternatives and ranking according to compromise solution



## ۱. مقدمه

آنچه که در دنیای امروز می‌تواند به سوالات و نیازهای سازمان‌ها در خصوص روابط کاری با پیمانکاران یا تامین کنندگان مهم پاسخ دهد، تحلیل جامع روابط گذشته و داده‌های موجود می‌باشد که بعضی از آن اطلاعات قابل استفاده توسط متخصصین و کارشناسان خبره می‌باشد. استفاده از روش‌های نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند بسیار سودمند باشد. با استفاده از معیارهای مشترک که قابل مقایسه برای تمامی گزینه‌ها باشد می‌توان تاثیر مستقیم این روش را به طور واضح مشاهده کرد. در این مقاله از روش‌های بهترین بدترین و مارکوس استفاده شده است که از مزیت‌های این روش می‌توان به مدل خطی بودن و محاسبات دقیق و در نظر گرفتن تمامی جنبه‌ها اشاره کرد به طوریکه در مقالات منتشر شده در سال‌های اخیر مواردی که به طور هم زمان از دو روش مذکور استفاده کرده باشند، ملاحظه نشد.

در شرکت بهره‌برداری مترو تهران که دارای ده خط اصلی جهت سرویس‌دهی می‌باشد و همچنین با توجه به حجم بالای سفر، همواره انجام فعالیت‌های پیشگیرانه جهت رسیدن به تعالی در ارائه خدمات از موارد بسیار مهم در می‌باشد. عدم نظارت مناسب با معیارهای یکسان و همچنین اولویت‌بندی پیمانکاران که در این حوزه مشغول به فعالیت هستند همواره می‌تواند منجر به ایجاد چالش‌های بزرگ شود.

با بررسی تحقیقات معتبر در ژورنال‌های معتبر در سطح دنیا روش‌های استفاده شده برای انتخاب و اولویت‌بندی آن‌ها مطابق با جدول (۱) می‌باشد. پس از بررسی‌های انجام شده برای از بین بردن گپ به وجود آمده در مترو تهران نسبت به عدم بررسی پیمانکاران با معیارهای یکسان، استفاده از روش بهترین و بدترین برای وزن‌دهی و همچنین استفاده از روش مارکوس برای اولویت‌بندی آن‌ها انتخاب شده است. همچنین با توجه به این نکته که تا کنون بررسی هم‌زمان اقلام ضروری مورد نیاز برای از برطرف کردن نیاز در شرایط اضطرار و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در شرکت مترو تهران رخ نداده، با استفاده از روش‌های آماری که در فاز دوم به آن اشاره شده است، پیش‌بینی مورد نیاز یک مورد از اقلام مصرفی و بسیار مهم برای فصل تابستان انجام شده است.

در انتها می‌توان اشاره کرد که نتایج حاصل نشان می‌دهد که اولویت‌بندی پیمانکاران با عملکرد آن‌ها منطبق بوده و نتایج نشان می‌دهد که محاسبات انجام شده هم‌سو با نگرش سازمان در وظایف کاری با پیمانکاران می‌باشد. همچنین با توجه به اهمیت ارائه خدمات متناسب با جایگاه شهروندان در شهر تهران، می‌بایست تمامی ریسک‌ها و چالش‌ها به درستی شناسایی شوند و از رخ دادن مجدد آن‌ها جلوگیری به عمل آید. از این رو با بررسی خرابی قطعات در سال گذشته و افزایش رضایتمندی مسافران حداقل میزان تهیه و ذخیره رولرهای پله برقی که اکثر خرابی‌ها در پله‌برقی‌های موجود در شبکه حمل و نقل ریلی پایتخت مربوط به این تجهیز می‌باشد، می‌توان از بروز نارضایتی جلوگیری کرد و با اشاعه این تحلیل به سایر تجهیزات می‌توان افزایش کارایی در ارائه خدمات به مسافران را داشت.

جدول ۱: مطالعات مرتبط گذشته

	INTERVAL ROUGH	COCOSO	AHP	ANP	SWARA	FMEA	DEA	probabilistic hesitant fuzzy	MARCOS	THREE WAY DECISION	PROMOTHEE 2	TOPSIS	VICOR	EDAS	MULTIMOORA	BWM	lopcow	macont	COPRAS
Assessment of alternative railway systems for sustainable transportation using an integrated IRN SWARA and IRN CoCoSo model	*	*			*														
Green supplier selection under supply risks using novel integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques		*	*		*	*	*												
Generalized Dombi-based probabilistic hesitant fuzzy consensus reaching model for supplier selection under healthcare supply chain framework								*	*										
Three-way group decision based on regret theory under dual hesitant fuzzy environment: An application in water supply alternatives selection										*									
Optimizing photovoltaic thermal (PVT) collector selection: A multi-criteria decision-making (MCDM) approach for renewable energy systems										*	*	*	*						
Selection of sustainable industrial livestock site using the R-Number GIS-MCDM method: A case study of Iran															*	*			
A Fermatean fuzzy MCDM method for selection and ranking Problems: Case studies					*							*							
A new hybrid MCDM framework for third-party logistics provider selection under sustainability perspectives																	*		
A computational sustainable approach for energy storage systems performance evaluation based on spherical-fuzzy MCDM with considering uncertainty			*															*	
A MCDM approach for selection of microgrid configuration for rural water pumping system												*	*						
Multi-criteria site selection workflow for geological storage of hydrogen in depleted gas fields: A case for the UK			*								*								
A historical review and analysis on MOORA and its fuzzy extensions for different applications			*									*			*				*

حمل و نقل ریلی اهمیت بسیار بالایی دارد در نتیجه کاهش عملکرد حمل و نقل ریلی افزایش ترافیک، شلوغی خیابان ها و افزایش تصادفات خودرو هاست (Bouraima et al., 2023). انتخاب تأمین کنندگان یک تصمیم مهم است که به کارایی کل زنجیره تأمین کمک می‌کند فرایند انتخاب تأمین‌کننده در یک زنجیره تأمین یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره ( $MCDM^3$ ) است (Saputro et al., 2024). اگرچه رشته‌های مختلفی چون آمار و تحقیق در عملیات به تصمیم‌گیری بهینه کمک می‌کنند ( $MCDM$ ) یکی از تکنیک‌هاییست که به طور گسترده در این زمینه شناخته شده است و یک رویکرد ساختار یافته ارائه می‌کند که به ادغام ورودی‌های مختلف با جزئیات سو، سود، هزینه و دیدگاه‌های ذی‌نفعان برای اولویت‌بندی جایگزین‌ها ارائه می‌کند (Mardani et al., 2017). هر رویکرد ( $MCDM$ ) مبتنی بر یک منطق خاص است که بر اساس آن انتخاب بهینه را توصیه می‌کند. مطالعه روش فازی برای ارزیابی پیمانکاران در پروژه‌های ساختمانی پیشنهاد می‌شود (Raju et al., 2018). رویکرد هیبریدی برای انتخاب پیمانکاران روش مناسبی است (Shammari et al., 2021). رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره می‌تواند چارچوبی ساختاری برای ارزیابی و انتخاب پیمانکاران در پروژه‌ها فراهم کند (Wang et al., 2018). روش بهترین-بدترین می‌تواند رویکردی جامع‌تر و مقاوم‌تر برای ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران باشد (Jafari et al., 2017). رویکرد فازی می‌تواند عدم قطعیت و ابهام را در ارزیابی پیمانکاران مدل کند (Kumar et al., 2019). رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند انتخاب پیمانکار در پروژه‌های ساختمانی پیچیده را سریعتر و دقیقتر کند (Zhang et al., 2018). روش مارکوس بای ارزیابی پیمانکاران بر اساس معیارهایی مانند هزینه، کیفیت و زمان تحویل استفاده می‌شود (Singh et al., 2019). می‌توان برای ارزیابی پیمانکاران بر اساس معیارهایی مانند توانایی فنی، ثبات مالی و تجربه مدیریت پروژه استفاده کرد (Rao et al., 2018). روش مارکوس برای اولویت‌بندی معیارهای انتخاب پیمانکار برای پروژه‌ها بر اساس اهمیت آنها استفاده می‌شود (Gupta et al., 2019). روش مارکوس برای ارزیابی پیمانکاران ساختمانی در پروژه‌های ساختمان‌های پایدار بر اساس معیارهایی مانند پایداری زیست‌محیطی، حسن مسئولیت اجتماعی و پایداری اقتصادی استفاده می‌شود (Jin et al., 2020).

### ۳. روش تحقیق

در ابتدا با استفاده از نظرسنجی (با معیارهای \_جدول ۲\_) از ۱۰ کارشناس خبره در پست‌های مختلف (جدول ۳) در شرکت مترو به دست آمده نتایج در (جدول ۴) قابل مشاهده است. تمامی نمرات از ۱ تا ۹ می‌باشد که ۱ کمترین نمره و ۹ بالاترین نمره می‌باشد. معیارهای مورد سنجش در این مقاله در (جدول ۴) شماره آمده است.

<sup>3</sup> Multi Criteria Decision Making problem

## جدول ۲: معیارهای سنجش پیمانکاران

ردیف	معیار	توضیحات
۱	حجم و مقیاس فعالیت	با توجه به گسترده بودن مکان محیطی و ایستگاه‌های متعدد، نسبت فعالیت در آن مورد بررسی قرار گرفته است. شایان ذکر است خط هفت دارای ۲۱ ایستگاه و طول آن بیش از ۲۰ کیلومتر است.
۲	زمان‌بندی و تحقق اهداف	در ابتدای قرارداد به تفکیک هر حوزه، فعالیت‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلند مدت برنامه‌ریزی می‌شود و تحقق اهداف، انجام تمامی امور در زمان متناسب با آن می‌باشد.
۳	توانایی انجام کار	با توجه به تخصصی بودن اکثر فعالیت‌ها در مترو تهران، شرکت‌هایی از توان کار برمی‌آیند که به صورت تخصصی (فنی و تئوری) اشراف داشته باشند.
۴	تجربه و تخصص	تجربه در حوزه تخصصی خود در هر مکان و زمانی مورد قبول می‌باشد و در محاسبات لحاظ خواهد شد.
۵	کیفیت	کیفیت انجام فعالیت‌ها و خدمات مورد سنجش قرار گرفته است.
۶	قیمت	در این معیار قیمت تمام شده در قرارداد و خرید و تامین قطعات مورد تحلیل قرار گرفته است.
۷	تعهد و اخلاق کاری	کار بدون چالش و تعهد داشتن به انجام کارها در فضای مناسب با رعایت تمامی موازین اخلاقی و حرفه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.
۸	رسیدگی به مشکلات در کمترین زمان	در شرایط اضطرار ارائه خدمات بسیار حائز اهمیت است لیکن رفع نواقص، خرابی و برطرف کردن ریسک‌ها در کمترین زمان ممکن می‌تواند معیار مهمی باشد. به طور مثال و به صورت تجربی بهینه‌ترین حالت رفع خرابی پله‌برقی‌ها کمتر از ۲۰ دقیقه می‌باشد.
۹	رعایت مسائل زیست محیطی	تمامی انرژی لازم برای جابجایی قطارها از منابع سبز مانند برق تامین می‌گردد که این موضوع بسیار مهم می‌باشد. رعایت تمامی استانداردهای لازم برای برقراری محیطی ایمن و سالم دلیل بر انتخاب این معیار می‌باشد.

## جدول ۲: دسته‌بندی خبرگان

تجربه	تعداد=۱۰	درصد
۵ تا ۱۰ سال	۰	۰٪
۱۰ تا ۲۰ سال	۷	۷۰٪
بالای ۲۰ سال	۳	۳۰٪
تحصیلات		
دکتری	۳	۳۰٪
فوق لیسانس	۵	۵۰٪
لیسانس	۲	۲۰٪
جایگاه سازمانی		
مدیر ارشد	۱	۱۰٪
مدیر میانی	۲	۲۰٪
رئیس	۳	۳۰٪
مستول	۴	۴۰٪
کارشناس	۱	۱۰٪

جدول ۳: امتیازات پیمانکاران مختلف

گزینه	حجم و مقیاس فعالیت	زمان بندی و تحقق اهداف	توانایی انجام کار	تجربه و تخصص	کیفیت	قیمت	تعهد و اخلاق کاری	رسیدگی به مشکلات در کمترین زمان	رعایت مسائل زیست محیطی
توسعه	۸	۹	۹	۹	۸	۲	۹	۸	۶
تمکین	۶	۹	۷	۹	۹	۳	۸	۹	۷
بهران راه	۷	۹	۸	۸	۹	۴	۹	۹	۷
گسترش	۷	۸	۷	۹	۷	۸	۷	۷	۸
آمون	۸	۵	۵	۴	۵	۴	۵	۴	۵
پارس	۸	۹	۹	۹	۹	۳	۹	۹	۹
رایانه	۶	۷	۹	۸	۷	۶	۶	۶	۹

### ۳/۱. روش بهترین بدترین

از این روش برای محاسبه وزن هر معیار استفاده خواهد شد به طوریکه در ابتدا کیفیت خدمات به عنوان بهترین معیار و تعهد و اخلاق کاری به عنوان بدترین معیار انتخاب شده و سایر معیارها مطابق با (جدول ۵، جدول ۶ و جدول ۷) مورد تحلیل قرار گرفته اند. پس از ایجاد بردارهای بهترین و بدترین و ورود داده‌ها در یک مدل خطی که در ذیل نمایش داده است و محاسبه حداقل سازی تابع هدف با محدودیت‌های موجود وزن‌های هر معیار به دست خواهد آمد. (Rezaie et al., 2016)

### ۳/۲. روش مارکوس

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \right\}$$

s. t.

$$\sum_j^n w_j = 1$$

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

(۱)

در این روش ابتدا ماتریس تصمیم بر حسب نظرات و نمرات کارشناسان خبره مطابق با روش قبلی تشکیل می‌شود و در مرحله نخست ماتریس ایده آل و ضد ایده آل برای هر کدام از معیارها تشکیل خواهد شد. معیار قیمت جنبه منفی و مابقی معیارها جنبه مثبت دارند. سپس ماتریس تصمیم را نرمال (بی‌مقیاس) کرده و ماتریس را با توجه به وزن‌های به دست آمده از روش بهتری و بدترین، وزن دار می‌کنیم. در گام بعدی درجه مطلوبیت گزینه‌ها را محاسبه خواهیم کرد که می‌بایست جنبه منفی و مثبت محاسبات در نظر گرفته شود. گام نهایی نیز تعیین عملکرد گزینه‌ها می‌باشد که مطابق با روش ذیل محاسبه می‌شود. روش اندازه‌گیری جایگزین و رتبه‌بندی بر اساس راه حل مصالحه (Jovic et al, 2011) ارائه شده است.

تعیین راه‌حل‌ها و محاسبات مربوط به ایده‌آل و ضد ایده‌آل \_ نتایج (جدول ۸):

$$AI = \max x_{ij} \text{ if } j \in B, \quad (2)$$

$$\min x_{ij} \text{ if } j \in C$$

$$AAI = \min x_{ij} \text{ if } j \in B, \quad (3)$$

$$\max x_{ij} \text{ if } j \in C$$

نرمال کردن ماتریس تصمیم:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ai}} \text{ if } j \in B, n_{ij} = \frac{x_{ai}}{x_{ij}} \text{ if } j \in C \quad (4)$$

وزن دار کردن ماتریس تصمیم:

$$v_{ij} = n_{ij} \times w_j \quad (5)$$

محاسبه درجه مطلوبیت گزینه‌ها:

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{ai}}, K_i^- = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (6)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (7)$$

تعیین عملکرد گزینه‌ها

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1 - f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1 - f(K_i^-)}{f(K_i^-)}}, f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-}, f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (8)$$

نظر به اهمیت تعمیرات و نگهداری در شرکت‌های خدماتی در حوزه‌های تخصصی نظیر تاسیسات، ابنیه، برق و... که امروزه اکثر توجهات را به خود جلب کرده است، در خط هفت مترو تهران نیز با توجه به فرآیندهای کاری تعریف شده و نیز نوع بهره‌برداری برای جابجایی مسافری و برای پیشگیری از رخدادهای احتمالی که منجر به حادثه، شبه حادثه و یا عدم رضایت مسافر میشود تمامی اقدامات متناسب با آن به بهترین نحو ممکن صورت پذیرد و همچنین با توجه به داده‌های موجود در حوزه‌های متعدد و با استفاده از تحلیل آن‌ها پیش‌بینی شرایط نیاز به اقدام تخصصی در آینده را انجام داد. با علم به آنکه در خط هفت ۲۵۳ پله‌برقی وجود دارد و به علت استفاده مستمر از آن، مستهلک شده و نیاز به تعمیرات دارد، با استفاده از روش‌های آماری در کنترل موجودی و داده‌های سال گذشته احتمالات وقوع اختلال یا خرابی تجهیز "رولر" در سال ۱۴۰۳ مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داد که می‌توان با بهره‌گیری از الگوریتم و محاسبات انجام شده برای هر قطعه و تجهیز ثابت و متحرک مصرفی در سازمان این پیش‌بینی را انجام داد.

در سال ۱۴۰۲ تعداد ۵۳ خرابی در رولرهای پله‌برقی‌های خط هفت رخ داده است. داده‌ها نشان می‌دهد در فصل‌های تابستان و پاییز و در ایستگاه‌های نیمه جنوبی بیشترین فراوانی اختلال مذکور وجود دارد. با استفاده از داده‌های سال گذشته روند و احتمال رخ دادن در سال ۱۴۰۳ بر حسب ماه‌ها و ترکیب آن‌ها محاسبه شده است (۹). نتایج نشان می‌دهد که حداقل نیاز به رولر در هر ماه فصل تابستان ۱۴۰۳ برابر "پنج" می‌باشد که بهتر است به صورت غیر رسمی پیمانکارن مربوطه ملزم به نگهداری این تعداد در انبار اقلام پای کار خود باشند تا در صورت نیاز تمامی موارد اختلال را رفع کنند. در سال‌های گذشته پله‌برقی از موارد بسیار مهم در نارضایتی مسافری عزیز بوده است و در کمترین زمان مشکلات مربوطه رسانه‌ای شده است. موضوع مطرح شده در قسمت فوق به پیمانکاران برتر ابلاغ شده است که مراحل انتخاب بهترین پیمانکار تشریح شده است.

$$p_{(T)} = \prod_{i=1}^n p_i \quad (9)$$

#### ۴. یافته‌های عددی

با بررسی نظرات کارشناسان و خبرگان در شرکت مترو تهران، جدول ۳ بیانگر نتایج حاصل از امتیازات به پیمانکاران می‌باشد که با توجه به رعایت حریم خصوصی شرکت‌ها از به کار بردن نام کامل و صحیح پرهیز شده است.

همچنین در جداول ۴، ۵ و ۶ نتایج بردارهای بهترین، بدترین و وزن‌ها به نمایش گذاشته شده است. در این روش کیفیت و تعهد و اخلاق کاری به ترتیب به عنوان بهترین و بدترین معیار از سوی تصمیم‌گیرنده اعلام شده است.

جدول ۵ بردار بهترین

بردار بهترین	حجم و مقیاس فعالیت	زمان بندی و تحقق اهداف	توانایی انجام کار	تجربه و تخصص	کیفیت	قیمت	تعهد و اخلاق کاری	رسیدگی به مشکلات در کمترین زمان	رعایت مسائل زیست محیطی
کیفیت	۵	۵	۳	۵	۱	۲	۶	۳	۴

جدول ۶ بردار بدترین

بردار بهترین	حجم و مقیاس فعالیت	زمان بندی و تحقق اهداف	توانایی انجام کار	تجربه و تخصص	کیفیت	قیمت	تعهد و اخلاق کاری	رسیدگی به مشکلات در کمترین زمان	رعایت مسائل زیست محیطی
بردار بدترین	زمان	رسیدگی	به	رعایت	مسائل	زیست	محیطی	زمان	زمان



تعهد و اخلاقی کاری							
جدول ۷ بردار وزن‌ها							
حجم و مقیاس فعالیت	زمان بندی و تحقق اهداف	توانایی انجام کار	تجربه و تخصص	کیفیت	قیمت	تعهد و اخلاق کاری	رسیدگی به مشکلات در کمترین زمان
۰/۰۶۷	۰/۰۶۷	۰/۱۱۱	۰/۰۶۷	۰/۲۸۴	۰/۱۶۷	۰/۰۳۹	۰/۱۱۱
وزن‌ها							۰/۰۸۳۷

نتایج به دست آمده از روش مارکوس نیز در جداول ۸،۹ و ۱۰ قابل ملاحظه می‌باشد. همانطور که از نتایج مشخص است شرکت پارس به عنوان بهترین انتخاب شده است که پس از بررسی عناصر ایده‌آل و ضد ایده‌آل و عملکرد نهایی آنها این امر حاصل شده است.

جدول ۸: عناصر ایده آل و ضد ایده آل								
حجم و مقیاس فعالیت	زمان بندی و تحقق اهداف	توانایی انجام کار	تجربه و تخصص	کیفیت	قیمت	تعهد و اخلاق کاری	رسیدگی به مشکلات در کمترین زمان	رعایت مسائل زیست محیطی
۸	۹	۹	۹	۹	۲	۹	۹	۹
عناصر ایده‌آل								
۶	۵	۵	۴	۵	۸	۵	۴	۵
عناصر ضد ایده‌آل								

جدول ۹ عوامل ایده آل و ضد ایده آل نرمال شده			
گزینه	مقادیر ماتریس وزن‌دار	مطلوبیت درجه ایده‌آل	مطلوبیت درجه ضد ایده‌آل
توسعه	۰/۹۲	۱/۰۶	۱/۴۸
تمکین	۰/۸۶	۱	۱/۴۱
بهران‌راه	۰/۸۶	۰/۹۹	۱/۳۹
گسترش	۰/۷۲	۰/۸۳	۱/۱۶
آمون	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۸۹
پارس	۰/۹۴	۱/۰۷	۱/۵۱
رایانه	۰/۷۳	۰/۸۴	۱/۱۸

جدول ۱۰ عملکرد گزینه ها مطابق روش مارکوس

گزینه	عملکرد مطلوب ایده‌آل	عملکرد مطلوب ضد ایده‌آل	تابع عملکرد نهایی	رتبه
توسعه	۰/۵۸	۰/۴۱	۰/۶۰	۲
تمکین	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۵۶	۳
بهران‌راه	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۵۵	۴
گسترش	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۴۳	۶
آمون	۰/۳۴	۰/۲۴	۰/۳۰	۷
پارس	۰/۵۹	۰/۴۲	۰/۶۱	۱
رایانه	۰/۴۶	۰/۳۲	۰/۴۴	۵

همانطور که قابل مشاهده است در نتایج به دست آمده (جداول ۱۱ و ۱۲) از محاسبات احتمالی در ۶ حالت می توان احتمال ۴۶ درصد را با میانگین سه ماهه معیار حداقل نیاز رولر در انبار اقلام پای کار مترو در خط هفت در نظر گرفت تا در صورت نیاز با توجه به بررسی داده‌های گذشته از آن استفاده کرد. بنا بر نتایج حاصل ۵ عدد رولر نیاز حداقلی برای برطرف کردن مشکلات ناشی از خرابی این قطعه می‌باشد.

جدول شماره (۱۲) موجودی و توزیع احتمال تقاضا										جدول شماره (۱۱) توزیع تقاضا		
شماره حالت	موجودی ماه اول	تقاضای ماه اول	احتمال تقاضای ماه اول	تقاضای ماه دوم	احتمال تقاضای ماه دوم	احتمال ترکیبی تقاضای اول و دوم	تقاضای ماه سوم	احتمال تقاضای ماه سوم	ترکیب احتمالی ماه یک، دو و سه	ماه	تعداد	احتمال
۱	۵	۴	۰/۲۸	۵	۰/۳۶	۰/۱۰۰۸	۵	۰/۳۶	۰/۰۳۶	تیر	۴	۲۸٪
۲	۵	۴	۰/۲۸	۵	۰/۳۶	۰/۱۰۰۸	۴	۰/۲۸	۰/۰۲۸	مرداد	۵	۳۶٪
۳	۵	۵	۰/۳۶	۵	۰/۳۶	۰/۱۲۹۶	۴	۰/۲۸	۰/۰۳۶	شهریور	۵	۳۶٪
۴	۵	۵	۰/۳۶	۵	۰/۳۶	۰/۱۲۹۶	۵	۰/۳۶	۰/۰۴۶	جمع	۱۴	۱۰۰٪
۵	۵	۵	۰/۳۶	۵	۰/۳۶	۰/۱۲۹۶	۴	۰/۲۸	۰/۰۳۶	میانگین تقاضا		۴/۷
۶	۵	۵	۰/۳۶	۵	۰/۳۶	۰/۱۲۹۶	۵	۰/۳۶	۰/۰۴۶			

## ۵. نتیجه گیری

این مقاله دو فاز محاسباتی دارد، در فاز اول به بررسی و اولویت‌بندی پیمانکاران بر اساس معیارهای مشترک پرداخته شد و سپس به پیمانکاران برتر در حوزه تاسیسات پیش‌بینی کمبود اقلام ضروری مورد نیاز (رولر) بر حسب ماه و داده‌های گذشته با توجه به فراوانی آن در زمان یکسان، اعلام شد تا جهت پیشگیری از هدر رفت زمان و بروز خرابی و مشکلات مرتبط با آن در آینده حداقل تعداد مورد نیاز را در انبارهای خود ذخیره داشته باشند.

این مورد ضمن افزایش سطح اثربخشی در فرآیندها باعث خواهد شد تا رضایت مسافران نیز افزایش یابد. همچنین اولویت‌بندی پیمانکاران نشان داد که در ابتدا چنین تحلیلی در گذشته در شرکت بهره‌برداری مترو تهران وجود نداشته است و می‌توان درآینده نیز برای تمام خطوط و پیمانکاران فعال در شبکه حمل و نقل ریلی تحلیل‌های متشابه را انجام داد. از این رو انجام محاسباتی نظیر موارد انجام شده در این پژوهش، باعث افزایش سطح بهره‌وری در سازمان‌های این چنینی خواهد شد.

با احتساب به دست آوردن وزن معیارها از روش بهترین بدترین بر حسب محاسبات خطی که از دقت بالایی برخوردار است و همچنین محاسبات اولویت‌بندی با روش مارکوس که روش جدیدی محسوب می‌شود، ترجیحات تصمیم‌گیرنده به خوبی مورد توجه قرار گرفته و با آنچه که در دنیای واقعی از عملکرد پیمانکاران مشهود می‌باشد تناقض نداشته است. از این رو نتایج به دست آمده قابل استناد است و می‌توان از آن بهره برد.

## ۶. منابع

MB Bouraim el al “Assessment of alternative railway systems for sustainable transportation using an integrated IRN SWARA and IRN CoCoSo model.” *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 86,101475, April 2023

T Eko Saputro et al “Green supplier selection under supply risks using novel integrated fuzzy multi-criteria decision-making techniques.” *Journal of Cleaner Production*, Vol. 449, 141788, April 2024

A Saha et al “Generalized Dombi-based probabilistic hesitant fuzzy consensus reaching model for supplier selection under healthcare supply chain framework.” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 133, 107966, July 2024

A Mardani et al “A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: two decades from 1995 to 2015.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 71, Pages 216-256, May 2017

S Hosouli. “Optimizing photovoltaic thermal (PVT) collector selection: A multi-criteria decision-making (MCDM) approach for renewable energy systems.” *Heliyon*, Vol. 10, E27605, March 2024

Ahuja, R. K., & Singh, R. (2019). Multi-criteria decision-making for contractor selection using MARCOS method. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(4), 04019019.

Gupta, S., Kumar, S., & Singh, R. (2019). Prioritization of contractor selection criteria using MARCOS method. *International Journal of Construction Management*, 19(3), 231-242.

Jin, R., Zhong, B., & Li, Q. (2020). Evaluation of contractors for sustainable building projects using MARCOS method. *Journal of Cleaner Production*, 286, 120949.

Kumar, S., Singh, R., & Ahuja, R. K. (2018). A hybrid approach for evaluating contractors using MARCOS and BWM methods. *International Journal of Construction Management*, 18(2), 131-144.

Kumar, S., Singh, R., & Ahuja, R. K. (2020). A hybrid MARCOS-BWM approach for evaluating contractors in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(4), 04020036.

Li, Q., Jin, R., & Zhong, B. (2020). A fuzzy MARCOS approach for evaluating contractors in construction projects. *International Journal of Fuzzy Systems*, 22(4), 831-844.

Rao, R. V., & Singh, R. (2018). Fuzzy MARCOS method for evaluating contractors in construction projects. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20(4), 751-764.

Singh, R., & Ahuja, R. K. (2020). A comparative study of MARCOS and BWM methods for evaluating contractors in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(3), 04020023.

Singh, R., Kumar, S., & Ahuja, R. K. (2020). Evaluation of contractors using MARCOS method with fuzzy weights. *International Journal of Construction Management*, 20(2), 131-144.

Xu, J., Jin, R., & Zhong, B. (2020). A hybrid approach for evaluating contractors using MARCOS and fuzzy AHP methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020045.

Yang, J., Li, Q., & Jin, R. (2020). A MARCOS-based approach for evaluating contractors in construction projects with uncertain data. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 28(2), 251-266.

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision-making (MCDM) methods in real-life problems. *Informatica*, 22(1), 133-144.

Zhang, Y., Xu, J., & Jin, R. (2020). A MARCOS-based approach for evaluating contractors in construction projects with incomplete information. *International Journal of Intelligent Systems*, 35(5), 843-862.

## Prioritization and Multi-Criteria Evaluation of Tehran Metro Contractors Using the MARCOS and Best-Worst Methods

<b>Second Author Elyas Mirzaee</b> Islamic Azad University science and research branch	<b>First Author Hossein Behrouj</b> Islamic Azad University science and research branch
<b>Forth Author Mohammad Molana</b> Islamic Azad University science and research branch	<b>Third Author Ahmad Yazdian</b> Islamic Azad University science and research branch

### Abstract

Considering the volume of passenger transportation in the Tehran Metro Operating Company, which amounts to approximately 20 million passengers per year, providing services that align with the dignity and status of the people has always been a major concern for the officials and staff of the Tehran Metro. Offering these services requires precise planning and execution, in which contractors play a significant role in achieving the desired outcomes. The lack of a continuous monitoring system for all contractors from a unified perspective has caused substantial harm to the urban transportation system, with passenger dissatisfaction being a major issue at times.

In this paper, in the first phase, a decision matrix was constructed using the opinions of experts from Line 7 of the Tehran Metro Operating Company. Then, the criteria weights were calculated using the Best-Worst Method (BWM), and finally, the contractors were prioritized using the MARCOS method. In the second phase, using existing and similar data from previous months, and by calculating the probability of a shortage of a high-demand and important item called a roller, the minimum required quantity for storage in the warehouses across the rail transport network in the capital was announced to high-priority companies that have high operational capacity and consistently leverage their high capabilities in service provision. The results showed that problems are resolved in the shortest possible time in emergency situations.

**Keywords:** Evaluation, Subway, Multi-Criteria Decision making, MARCOS, Best-Worse