

Paper Type: Original Article



Selecting the Optimal Location for Deploying Smart Lockers Using a Combined Best-Worst and Marcus Method: A Case Study of Babol City

Sajjad Mohseni Andargoli¹ , Abdullah Arasteh^{1,*}, Ali Divsalar¹

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Materials and Industrial Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran; sajjadmohseni@stu.nit.ac.ir; arasteh@nit.ac.ir; ali.divsalar@nit.ac.ir.

Citation:



Mohseni Andargoli, S., Arasteh, A., & Divsalar, A. (2025). Selecting the optimal location for deploying smart lockers using a combined best-worst and marcus method: A case study of Babol city. *Management sciences and decision analysis*, 3(2), 68–76.

Received: 01/06/2024

Reviewed: 28/06/2024

Revised: 18/08/2024

Accepted: 22/11/2024

Abstract

Purpose: With the expansion of e-commerce, particularly during the COVID-19 pandemic, numerous challenges have arisen in the delivery process, most notably in the last-mile delivery stage. This study aimed to identify the optimal location for deploying smart lockers in Babol City as an efficient solution to facing logistical and environmental challenges.

Methodology: First, by reviewing the literature and surveying experts, six main criteria were identified, including resilience, environmental, social, economic, convenience, and accessibility. Then, the Best-Worst Method (BWM) was used to weight the criteria, and the Multi-Attribute Ranking and Compromise Solution (MARCOS) method was used to rank the location options. The combination of these two methods enabled Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) with higher accuracy.

Findings: The analysis of the results showed that the criteria of “convenience and accessibility” are of the most significant importance in choosing the location of lockers. At the same time, “resilience” has the least weight among the criteria. Finally, “Shahriar Passage” was selected as the most suitable location for deploying smart lockers in the city of Babol.

Originality/Value: This research, which combines the MCDM methods BWM and MARCOS, provides an accurate and practical model for locating smart lockers. From an innovative perspective, the present study is the first case study in Iran to specifically address the location of smart lockers in an urban context, providing a model for other cities.

Keywords: Location, Last step of delivery, Smart locker, Best-worst method, MARCOS method.

Corresponding Author: arasteh@nit.ac.ir

10.22105/msda.v3i2.88



Licensee. **Management Sciences and Decision Analysis**. 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>).



انتخاب مکان بهینه جهت استقرار لاکرهای هوشمند با به کارگیری روش ترکیبی بهترین-بدترین و مارکوس: مطالعه موردی شهر بابل

سجاد محسنی اندارگلی^۱، عبدالله آراسته^۲، علی دیوسالار^۱

^۱گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی مواد و صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران.

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف انتخاب مکان بهینه برای استقرار لاکرهای هوشمند در شهر بابل انجام شده است. ضرورت تحقیق به چالش‌های مربوط به تحویل کالا در آخرین گام زنجیره تأمین، به‌ویژه افزایش خرید اینترنتی در دوران کرونا، برمی‌گردد.

روش‌شناسی پژوهش: ابتدا معیارهای کلیدی با مرور ادبیات و نظرسنجی از خبرگان شناسایی شد. سپس با استفاده از روش بهترین-بدترین به معیارها وزن داده شد و برای رتبه‌بندی مکان‌ها، از روش مارکوس استفاده گردید. تحلیل‌ها با مشارکت چهار خبره انجام و داده‌ها به کمک میانگین هندسی تجمیع شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد معیار «راحتی و دسترسی» بیشترین اهمیت را در مکان‌یابی لاکرها دارد و «تاب‌آوری» کم‌ترین وزن را دارد. از میان ۱۰ مکان بررسی‌شده، پاساژ شهریار به‌عنوان بهترین محل برای استقرار لاکر هوشمند انتخاب شد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: این مطالعه، نخستین تحقیق موردی در ایران در زمینه مکان‌یابی لاکرهای هوشمند با استفاده از ترکیب روش‌های *BWM* و *MARCOS* است. مدل ارائه‌شده می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری برای سایر شهرها در زمینه توسعه لجستیک شهری باشد.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، لاکر هوشمند، آخرین گام تحویل، روش بهترین-بدترین، روش مارکوس.

۱- مقدمه

توسعه فناوری، رشد صنعت، خرید آنلاین در دوران شیوع اپیدمی کرونا و تغییر سلیقه مشتریان باعث شده است که کسب‌وکارها بر روی آخرین گام تحویل تمرکز کنند. آخرین گام تحویل به مرحله نهایی عملیات زنجیره‌تأمین اشاره دارد و به فرآیندی گفته می‌شود که در آن یک محصول از مرکز توزیع خارج شده و در اختیار خریداران قرار می‌گیرد. بسیاری از کشورها راهکارهای جدیدی را برای افزایش رضایت مشتری توسعه داده‌اند که به‌دلیل مشکلات جدی در تحویل و ضعف در خدمات تحویل، سبب نارضایتی مشتریان شده است [1]. آخرین گام تحویل یکی از عوامل اصلی افزایش ترافیک وسایل نقلیه تجاری در لجستیک شهری محسوب می‌شود. از جمله نقاط ضعف اساسی که به‌طور قابل توجهی عملکرد سیستم حمل‌ونقل را با در نظرگیری رویکرد تحویل درب منزل کاهش می‌دهد، می‌توان به میزان بالای تفکیک‌پذیری، فشردگی زمان تحویل، آلودگی‌های زیست‌محیطی، هزینه‌های حمل‌ونقل مجدد و محدود بودن فضای باری وسایل نقلیه اشاره نمود. افزایش علاقه به خرید از راه دور باعث رشد این نوع از روش‌های تحویل شده است و در بین گزینه‌های تحویل کالا، رویکرد تحویل درب منزل از بیشترین محبوبیت برخوردار می‌باشد [2]. جهت مقابله با چالش‌های موجود در آخرین گام تحویل، نیاز به یافتن یک یا چند گزینه جایگزین تحویل وجود دارد که هم مشتری و هم شرکت‌های تأمین‌کننده خدمات لجستیکی را راضی کند [3]. یکی از مهم‌ترین گزینه‌های جایگزین تحویل که کارایی آن در بسیاری از پژوهش‌ها به اثبات رسیده است، روش تحویل مبتنی بر لاکرهای هوشمند می‌باشد. لاکرهای هوشمند به‌نوعی نقاط جمع‌آوری و تحویل بدون نظارتی هستند که در مناطق عمومی

مانند مراکز خرید، ایستگاه‌های مترو، پارک‌ها و هایپرمارکت‌ها نصب می‌شوند و بسته‌ها برای مدت محدودی در آن‌ها نگهداری می‌شوند تا مشتریان با استفاده از بارکد مرجع، سفارش خود را دریافت کنند [4].

انتخاب مکان برای قراردادن یک لاکر هوشمند انتخاب ساده‌ای نیست، زیرا تعداد مشتریان بالقوه که به‌منظور دسترسی به لاکرهای هوشمند، عمدتاً به این ویژگی وابسته است. مکان نامناسب می‌تواند به معنای زیان اقتصادی شدید از نظر سرمایه‌گذاری‌های مورد انتظار بدون بازگشت و همچنین از نظر فرصت‌های از دست رفته برای سود باشد. مدل‌های زیادی در متون علمی در رابطه با مکان‌یابی تسهیلات وجود دارد که می‌توان آن‌ها را برای مکان‌یابی لاکر هوشمند نیز به کار برد. در این پژوهش به دنبال یافتن پاسخ به این پرسش هستیم که چگونه می‌توان با توجه به ملاحظات اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، تاب‌آوری و دسترسی، مکان‌های مناسبی جهت راه‌اندازی و نصب لاکرهای هوشمند به‌منظور بهبود عملکرد لجستیک شهری در آخرین گام تحویل انتخاب نمود؟

به‌منظور مکان‌یابی لاکرهای هوشمند در شهر بابل گام‌های زیر طی شده است:

گام ۱- مشخص نمودن مکان‌های پتانسیل مطابق نظر خبرگان.

گام ۲- مشخص نمودن معیارهای تاثیرگذار در مکان‌یابی لاکرهای هوشمند در شهر بابل به کمک ادبیات تحقیق و همچنین نظر خبرگان.

گام ۳- وزن‌دهی به معیارها به کمک *BWM*.

گام ۴- رتبه‌بندی مکان‌های پتانسیل به کمک روش *MARCOS*.

در ادامه بررسی جامعی بر ادبیات تحقیق انجام شده و خلاصه‌ای از مقالاتی که از رویکرد *MCDM* استفاده کرده‌اند در جدول ۱ جمع‌آوری شده است.

در سال ۲۰۲۳ مسلم و پیلا [5]، [6] برای مکان‌یابی لاکرها در ایرلند-دوبلین با در نظر گرفتن گزینه‌های ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ‌های خصوصی، اداره پست، مراکز تجاری، مناطق مسکونی پرجمعیت، پیاده‌راه‌ها و معیارهای ترافیک، زیست‌محیطی، امنیت، دسترسی و قابلیت اطمینان از رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی فازی کروی^۱ استفاده کردند. روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۲ یکی از روش‌های *MCDM* است که اولین بار توسط توماس ساعتی ارایه شد [4]. این روش به محققان این امکان را می‌دهد تا به‌صورت سلسله‌مراتبی، معیارها و گزینه‌ها را سازمان‌دهی نمایند و با استفاده از مقایسات زوجی، وزن‌های نسبی برای هر معیار را تعیین کنند. مفهوم فازی کروی به منطق فازی اشاره دارد که عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها به‌صورت کروی مدلسازی می‌شود. در این نوع فازی، علاوه‌بر مقدار عضویت، اطلاعات بیشتری درباره عدم قطعیت‌ها و نظرات افراد ارایه می‌شود. این ویژگی‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا بهتر بتوانند ترجیحات و نظرات خود را بیان و اعمال نمایند. از مزایای روش *SF AHP* می‌توان به مدیریت عدم قطعیت با بیان نظرات در قالب اعداد فازی، تحلیل دقیق‌تر پیچیدگی‌ها در شرایط عدم قطعیت و تصمیم‌گیری گروهی و رسیدن به توافق در مورد گزینه‌های مختلف اشاره کرد [4]. روش *SF AHP* یک ابزار قدرتمند برای تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده و مبهم برای اتخاذ تصمیمات بهتر می‌باشد [4]. از این رو، رویکردی مناسب و کارا برای انتخاب مکان مناسب برای استقرار سیستم‌هایی مانند لاکرهای هوشمند محسوب می‌شود.

در سال ۲۰۲۴ مسلم و همکاران [7] برای مکان‌یابی لاکرها در ایرلند-دوبلین با در نظر گرفتن گزینه‌های ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ‌های خصوصی، اداره پست، مراکز تجاری، مناطق مسکونی پرجمعیت، پیاده‌راه‌ها و معیارهای ترافیک، زیست‌محیطی، امنیت، دسترسی و قابلیت اطمینان از رویکرد نظریه دمپستر-شافر/فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی-ارزیابی ترکیبی مبتنی بر فاصله^۳ استفاده کردند. این رویکرد ترکیبی از روش *AHP*، منطق فازی و انتخاب بر اساس فاصله‌های ترکیبی است که عدم قطعیت و ابهام در ارزیابی‌ها با استفاده از مجموعه‌های فازی مدلسازی

¹ Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process (SF AHP)

² Analytic Hierarchy Process (AHP)

³ Dempster-Shafer Theory/ Analytic Hierarchy Process-Combinative Distance-based Assessment (DF AHP-DF CODAS)

می‌شود. وزن‌های نسبی معیارها در شرایط واقعی‌تر و با توجه به نظرات تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود. رویکرد ارزیابی بر اساس فاصله‌های ترکیبی، یکی از روش‌های *MCDM* است که ارزیابی و انتخاب گزینه‌ها بر اساس فاصله‌های ترکیبی میان گزینه‌ها و معیارها می‌باشد و به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که گزینه‌ها را بر اساس نزدیک‌بودن به یک نقطه ایده‌آل یا دوربودن از یک نقطه نامطلوب رتبه‌بندی کنند.

در سال ۲۰۲۴ مسلم و پیلا [8] برای مکان‌یابی لاکرها در ایرلند-دوبلین با در نظر گرفتن گزینه‌های ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ‌های خصوصی، اداره پست، مراکز تجاری، مناطق مسکونی پرجمعیت، پیاده‌راه‌ها و معیارهای ترافیک، زیست‌محیطی، امنیت، دسترسی و قابلیت اطمینان از رویکرد روش ارزیابی مبتنی بر فاصله اقلیدسی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی کروی^۱ استفاده کردند. رویکرد روش ارزیابی مبتنی بر فاصله اقلیدسی^۲ یک روش تجمیع است که از فاصله‌های اقلیدسی برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده می‌کند. در این روش تصمیم‌گیرندگان گزینه‌ها را بر اساس نزدیکی یا فاصله آن‌ها از معیارهای تعیین‌شده ارزیابی می‌کنند. ترکیب *SF AHP* و ارزیابی با فواصل اقلیدسی امکان ارزیابی دقیق‌تر و انتخاب بهترین گزینه در شرایط عدم قطعیت را فراهم می‌کند [4].

در سال ۲۰۲۳ سیلوا و همکاران [9] برای بهینه‌سازی آخرین گام تحویل در پورتو-پرتهال با در نظر گرفتن گزینه‌های لاکرهای هوشمند، خودروهای الکتریکی، جمع‌سپاری و دوچرخه‌های الکتریکی و معیارهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی-تکنیکی برای رتبه‌بندی اولویت‌ها بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل^۳ استفاده کردند. رویکرد تکنیک ترتیب اولویت بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل^۴ همانند روش *AHP* یک روش تصمیم‌گیری محسوب می‌شود که بر اساس فاصله گزینه‌ها از یک راه‌حل ایده‌آل و یک راه‌حل نامطلوب عمل می‌کند. در این روش، گزینه‌ها بر اساس فاصله‌شان از بهترین و بدترین گزینه‌ها ارزیابی می‌شوند. در نهایت گزینه‌ای به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود که کم‌ترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل و بیشترین فاصله را به راه‌حل نامطلوب داراست. در ترکیب دو رویکرد *AHP* و رتبه‌بندی بر اساس کم‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل ابتدا برای تعیین وزن معیارها از رویکرد *AHP* استفاده می‌شود و سپس این وزن‌ها برای ارزیابی گزینه‌ها بر اساس فاصله‌شان از راه‌حل ایده‌آل و نامطلوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزایای ترکیب این دو رویکرد به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا بتوانند پیچیدگی‌های موجود در مسایل را بهتر مدیریت کنند و تصمیمات مناسب‌تری اتخاذ نمایند.

در سال ۲۰۲۲ دی آرانوخو و همکاران [10] برای انتخاب بهترین روش تحویل در برزیل با در نظر گرفتن گزینه‌های کامیونت‌ها، حمل‌ونقل چندوجهی، لاکرهای هوشمند، پهبادها، موتورسیکلت و معیارهای امنیت، سرعت، هزینه، نقطه تحویل، ردیابی مرسولات و خدمات ارزش افزوده از رویکرد فرآیند سلسله‌مراتبی فازی تطبیقی^۵ استفاده کردند [4]. این رویکرد از منطق تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و *AHP* برای حل مسایل پیچیده و مدل‌سازی عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها و نظرات تصمیم‌گیرندگان استفاده می‌کند. در شرایطی که داده‌های قطعی در دسترس نیست این رویکرد می‌تواند به‌عنوان ابزاری دقیق و موثر در مدیریت تصمیم‌گیری عمل کند و به دلیل قابلیت تطبیق با شرایط مختلف نیازهای خاص تصمیم‌گیرندگان را برطرف می‌کند. این رویکرد می‌تواند در زمینه‌های مختلف مانند مدیریت پروژه، ارزیابی ریسک، انتخاب تامین‌کننده و سایر مسایل در شرایط نامشخص و پیچیده استفاده شود و بهبود کیفیت تصمیمات را فراهم آورد [4].

در سال ۲۰۲۲ کاووس و همکاران [11] برای مکان‌یابی لاکرها در استانبول-ترکیه با در نظر گرفتن گزینه‌های مرکز اداری، منطقه پارکینگ، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، سوپرمارکت‌ها، پمپ بنزین‌ها یا مراکز خرید و معیارهای ویژگی‌های فیزیکی، انعطاف‌پذیری، مالی، اجتماعی، راحتی و نزدیکی از رویکرد روش بهترین-بدترین^۶ و روش سازمان‌دهی رتبه‌بندی ترجیحات برای ارزیابی غنی‌سازی با منطق فازی^۷ است، استفاده کردند. روش *B-BWM* یکی از تکنیک‌های *MCDM* است که برای تعیین وزن‌های نسبی معیارها و اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود. در این تکنیک، تصمیم‌گیرنده در ابتدا بهترین و بدترین معیار را انتخاب کرده و سپس با مقایسات زوجی، اولویت سایر معیارها را نسبت به بهترین و بدترین معیار تعیین می‌کند. علاوه بر این که این روش برای تصمیم‌گیرندگان ساده و قابل فهم است، به دلیل تمرکز بر بهترین و بدترین معیار می‌تواند به کاهش عدم قطعیت در ارزیابی‌ها کمک کند. تکنیک بدترین بهترین برای تعیین وزن‌ها و اولویت‌ها از محاسبات ریاضی استفاده می‌کند و این امر منجر به

¹ Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process-Euclidean Distance Based Assessment Method (SF AHP-EDBAM)

² Euclidean Distance Based Assessment Method (EDBAM)

³ Analytic Hierarchy Process- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (AHP-TOPSIS)

⁴ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

⁵ Adaptive Fuzzy Hierarchical Process (AFHP)

⁶ Best-Worst Method (B-BWM)

⁷ Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation with Fuzzy Logic (PF-WASPAS)

ارزیابی‌های دقیق‌تر می‌شود. روش *PF-WASPAS* یک تکنیک *MCDM* است که برای ارزیابی پیشرفته و اولویت‌بندی گزینه‌ها در شرایط عدم قطعیت طراحی شده است. در مرحله اول معیارهای مربوط به تصمیم‌گیری و گزینه‌ها تعریف می‌شوند و در ادامه داده‌های مربوط به گزینه‌ها به صورت عددی یا فازی جمع‌آوری می‌شوند. در صورتی که داده‌ها به صورت عددی جمع‌آوری شده باشند، باید به مقادیر فازی تبدیل شوند تا عدم قطعیت را در ارزیابی‌ها در نظر گرفته شود. در این رویکرد همانند *BWM* یا روش *AHP*، وزن‌های نسبی هر معیار محاسبه شده و گزینه‌ها بر اساس معیارهای تعیین شده ارزیابی می‌شوند. این مرحله شامل محاسبه نمره کل هر گزینه بر اساس وزن‌های معیارها می‌باشد. از مزایای این روش می‌توان به مدیریت عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی، بهره‌وری از ترکیب دو رویکرد مدل محصول وزنی^۱ و مدل مجموع وزنی^۲ و انعطاف‌پذیری در به کارگیری در زمینه‌های مختلف انتخاب تأمین‌کننده، ارزیابی ریسک و مدیریت پروژه اشاره کرد. رویکرد *WSM* یکی از روش‌های *MCDM* است که از مدل جمع وزنی معیارها برای ارزیابی استفاده می‌کند. مراحل این روش به این صورت است که ابتدا برای هر معیار یک وزن تعیین می‌شود. سپس برای هر گزینه، مقدار مربوط به هر معیار محاسبه می‌شود. در پایان، نمره کلی هر گزینه محاسبه می‌شود. رویکرد *WPM* نیز یک مدل ضرب وزنی *MCDM* است که در آن گزینه‌ها بر اساس ضرب وزنی معیارها ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. یکی از مزیت‌های این روش این است که در شرایطی که معیارها به صورت غیر خطی به یکدیگر وابسته هستند، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [4].

در سال ۲۰۲۰ ون دوین و همکاران [12] برای ارزیابی لاکرها در آمستردام با در نظر گرفتن گزینه‌های سوپرمارکت، پمپ بنزین، خیابان‌های تجاری شهری، مکان‌های حومه‌ای متنوع با پارکینگ فراوان، پست‌های شریانی حومه شهر و مراکز خرید و معیارهای قابلیت دسترسی، خدمات مشتری، کارایی، امکان‌سنجی، ایمنی، پایداری و قابلیت اطمینان از رویکرد تحلیل هزینه-اثربخشی^۳ و تحلیل چندمعیاره^۴ استفاده کردند [4]. رویکرد *CEA* یک تکنیک تحلیلی است که برای ارزیابی هزینه‌ها و اثرات مرتبط با گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به‌ویژه در زمینه بهداشت و درمان برای مقایسه هزینه‌ها و اثربخشی درمان، مداخلات بهداشتی و سیاست‌ها کاربرد فراوان دارد [4]. این رویکرد در ادبیات به عنوان ابزار تصمیم‌گیری و *CEA* در نظر گرفته شده است که به مقایسه هزینه‌ها و نتایج ناشی از مداخلات متنوع باری می‌رساند [4]. هدف اصلی این رویکرد، شناسایی گزینه‌ها با بالاترین تأثیر و کم‌ترین هزینه می‌باشد. از مزایای این روش می‌توان به مواردی مانند کمک به تصمیم‌گیری آگاهانه، شفاف‌سازی هزینه‌ها و اثرات و امکان مقایسه گزینه‌های مختلف اشاره کرد. این روش معایبی نیز دارد از جمله این روش نیاز به داده‌های دقیق و معتبر دارد و یا ممکن است اثرات غیرقابل اندازه‌گیری باقی بمانند و در نهایت تحلیل‌ها تحت تأثیر فرضیات قرار گرفته و نتایج مناسبی را ارائه ندهند [4]. رویکرد *MCA* یک تکنیک سینماتیک تحلیل چندمعیاره است به منظور ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس چندین معیار مختلف استفاده می‌شود و به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا در شرایط پیچیده و چندبعدی تصمیمات بهتری اتخاذ نمایند [4]. مراحل این روش شامل شناسایی گزینه‌ها، تعریف معیارها، وزن‌دهی به معیارها و تعیین اهمیت نسبی هر معیار، ارزیابی گزینه‌ها به صورت کمی یا کیفی، محاسبه نمره کلی هر گزینه و اولویت‌بندی گزینه‌ها می‌باشد. این تکنیک دارای مزایا و معایب می‌باشد که مزایا عبارتند از امکان بررسی چندین معیار به طور هم‌زمان و کمک به تصمیم‌گیرندگان در شرایط پیچیده و معایب آن شامل داده‌های دقیق و معتبر نیاز دارد و ممکن است تحت تأثیر سوگیری‌های انسانی قرار گیرد.

در سال ۲۰۲۳ مسلم و همکاران [5]، [6] برای مکان‌یابی لاکرها در ایرلند-دوبلین با در نظر گرفتن گزینه‌های پارکینگ‌های خصوصی، مناطق مسکونی پرجمعیت، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، اداره پست، مراکز تجاری، پیاده‌راه‌ها و معیارهای ترافیک، دسترسی و قابلیت اطمینان از رویکرد *SF AHP-EDBAM* استفاده کردند.

در سال ۲۰۲۳ پورمحمدرضا و اکبری جوکار [13] برای بهینه‌سازی آخرین گام تحویل در با در نظر گرفتن گزینه‌های تحویل درب منزل، تحویل شخصی و تحویل با قیمت‌های مختلف و معیارهای در دسترس بودن، قابلیت دسترسی، امنیت، تأثیر زیست‌محیطی، تعداد کارکنان تاسیسات، مقاومت در برابر بلایا، روش‌های استفاده، مقررات و ظرفیت از رویکرد تحلیل نسبت ارزیابی وزنی گام به گام، راهکار سازش ترکیبی^۵ استفاده کردند. رویکرد تحلیل نسبت ارزیابی وزنی گام به گام^۶ یک روش برای تعیین وزن معیارها بر اساس نظرات کارشناسان در مواقعی که اطلاعات دقیق کمی در دسترس است، می‌باشد [14]. مراحل کار به این صورت است که ابتدا کارشناسان به هر معیار یک وزن نسبت می‌دهند سپس وزن‌های اولیه با

¹ Weighted Product Model (WPM)

² Weighted Sum Model (WSM)

³ Cost-Effectiveness Analysis (CEA)

⁴ Multi-Criteria Analysis (MCA)

⁵ Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis Combined Compromise Solution (SWARA-COCOSO)

⁶ Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)

توجه به اهمیت نسبی معیارها تنظیم می‌شوند. این فرآیند به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود تا وزن‌های نهایی برای هر معیار مشخص شود [14]. رویکرد راهکار سازش ترکیبی^۱ یک روش MCDM است که بر اساس مفهوم تعادل و سازش، بهترین گزینه‌ها را با توجه به معیارهای مختلف و در عین حال کاهش هزینه‌ها و افزایش منفعت‌ها تعیین می‌کند [14]. این رویکرد از روش‌های مختلفی مانند محاسبه فاصله‌ها و تحلیل‌های مقایسه‌ای برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده می‌کند و به دنبال یافتن گزینه‌هایی است که بهترین تعادل را بین هزینه و منفعت ارائه می‌دهند. با ترکیب این دو رویکرد، این امکان برای تصمیم‌گیرندگان فراهم می‌شود که وزن‌های دقیق برای معیارها را تعیین کنند و گزینه‌های موجود را بر اساس این وزن‌ها ارزیابی نمایند. در نتیجه فرآیند تصمیم‌گیری دقیق‌تر و کارآمدتر خواهد بود [14].

در سال ۲۰۲۳ وانگ و همکاران [15] برای رتبه‌بندی راه‌حل‌های آخرین گام تحویل در ویتمام با در نظر گرفتن گزینه‌های وسایل نقلیه بدون آلاینده، لاکرهای هوشمند، دریافت از فروشگاه‌های راحت، وسایل نقلیه خودران و تحویل جمع‌سپاری و معیارهای قابلیت اطمینان، کارایی، انعطاف‌پذیری، امکان اجرا، قابلیت ردیابی و امنیت اطلاعات، هزینه‌های اجرا و کنترل انطباق با برنامه‌ریزی شهری، صدای مشتری، تغییرپذیری، همکاری ذی‌نفعان، آلودگی هوا و صرفه‌جویی در انرژی از رویکرد MARCOS استفاده کردند. رویکرد MARCOS یکی از تکنیک‌های MCDM برای ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس چندین معیار مختلف است. این روش می‌تواند گزینه‌های مختلف را بر اساس معیارهای متعدد و گاهی متضاد ارزیابی و گزینه‌ای که بهترین تعادل را بین معیارها ایجاد نماید، شناسایی کند. در ابتدا گزینه‌ها و معیارهای مهم برای ارزیابی گزینه‌ها مشخص شده و سپس وزن نسبی هر معیار تعیین می‌شود و عملکرد هر گزینه در هر یک از معیارها جمع‌آوری می‌گردد. در ادامه، نمره هر گزینه محاسبه شده و گزینه‌ها رتبه‌بندی شده و بهترین گزینه شناسایی می‌شود. از آنجایی که رویکرد MARCOS قابلیت ارزیابی هم‌زمان معیارهای مختلف را دارد، به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا بتوانند وزن‌های نسبی معیارها را تعیین کرده و گزینه‌های برتر را بر اساس نیازها و اولویت‌های خود انتخاب کنند. این روش قادر است در شرایطی که داده‌های دقیق در دسترس نیست، عدم قطعیت و ابهام در داده‌ها و نظرات را مدیریت کند. علاوه بر این، رویکرد MARCOS امکان تجزیه و تحلیل حساسیت را فراهم می‌کند تا تاثیر تغییرات در وزن‌ها و معیارها بر نتایج نهایی بررسی شود. از طرفی، نتایج به دست آمده در این روش معمولاً قابل فهم و شفاف هستند و منجر به تصمیمات آگاهانه‌تری خواهند شد [14].

جدول ۱- مرور ادبیات با تمرکز بر مکان‌یابی لاکرهای هوشمند با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره.

Table 1- Literature review focusing on smart locker location with a multi-criteria decision-making approach.

ردیف	مقاله	رویکرد MCDM	معیارها	گزینه‌ها	مطالعه موردی
1	مسلم و پیلا [5]	SF AHP	ترافیک، زیست‌محیطی، امنیت، دسترسی و قابلیت اطمینان	ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ‌های خصوصی، اداره پست، مراکز تجاری، مناطق مسکونی پرجمعیت و پیاده‌راه‌ها	دوبلین
2	مسلم و همکاران [7]	DF AHP-DF CODAS	ترافیک، زیست‌محیطی، امنیت، دسترسی و قابلیت اطمینان	ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ‌های خصوصی، اداره پست، مراکز تجاری، مناطق مسکونی پرجمعیت و پیاده‌راه‌ها	دوبلین
3	مسلم و پیلا [8]	SF AHP-EDBAM	ترافیک، زیست‌محیطی، امنیت، دسترسی و قابلیت اطمینان	ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ‌های خصوصی، اداره پست، مراکز تجاری، مناطق مسکونی پرجمعیت و پیاده‌راه‌ها	دوبلین
4	سیلوا و همکاران [9]	AHP-TOPSIS	زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی	لاکرهای هوشمند، خودروهای الکتریکی، جمع‌سپاری و دوچرخه‌های الکتریکی	پورتو-پرتغال
5	دی آرائوخو و همکاران [10]	AFHP	امنیت، سرعت، هزینه، نقطه تحویل، ردیابی مرسولات و خدمات ارزش افزوده	کامیونت‌ها، حمل‌ونقل چندوجهی، لاکرهای هوشمند، پهبادها و موتورسیکلت	برزیل

¹ Combined Compromise Solution (COCOSO)

جدول ۱- ادامه.
Table 1- Continued.

ردیف	مقاله	رویکرد MCDM	معیارها	گزینه‌ها	مطالعه موردی
6	کاووس و همکاران [11]	B-BWM and PF-WASPAS	ویژگی‌های فیزیکی، انعطاف‌پذیری، مالی، اجتماعی، راحتی و نزدیکی	مرکز اداری، منطقه پارکینگ، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، سوپرمارکت‌ها و پمپ بنزین‌ها یا مراکز خرید	استانبول-ترکیه
7	ون‌دوین و همکاران [12]	از سه روش CEA، MCA و شبیه‌سازی استفاده شده	قابلیت دسترسی، خدمات مشتری، کارایی، امکان‌سنجی، ایمنی، پایداری و قابلیت اطمینان	سوپرمارکت، پمپ بنزین، خیابان‌های تجاری شهری، مکان‌های حومه‌ای متنوع با پارکینگ فراوان، پست‌های شریانی حومه شهر و مراکز خرید	آمستردام
8	مسلم و پیلا [6]	SF AHP-EDBAM	ترافیک، دسترسی و قابلیت اطمینان	پارکینگ‌های خصوصی، مناطق مسکونی پرجمعیت، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، اداره پست، مراکز تجاری و پیاده‌راه‌ها	ایرلند-دوبلین
9	پورمحمد رضا و اکبری جواکر [13]	SWARA-COCOSO	در دسترس بودن، قابلیت دسترسی، امنیت، تاثیر زیست‌محیطی، تعداد کارکنان تاسیسات، مقاومت در برابر بلایا، روش‌های استفاده، مقررات و ظرفیت	تحويل درب منزل، تحويل شخصی و تحويل با قیمت‌های مختلف	-
10	وانگ و همکاران [15]	MARCOS	قابلیت اطمینان، کارایی، انعطاف‌پذیری، امکان اجرا، قابلیت ردیابی و امنیت اطلاعات، هزینه‌های اجرا و کنترل انطباق با برنامه‌ریزی شهری، صدای مشتری، تغییرپذیری، همکاری ذی‌نفعان، آلودگی هوا و صرفه‌جویی در انرژی	وسایل نقلیه بدون الاینده؛ ویتنام لاکرهای هوشمند؛ دریافت از فروشگاه‌های راحتی؛ وسایل نقلیه خودران و تحويل جمع‌سپاری	ویتنام
11	پژوهش فعلی	BWM-MARCOS	راحتی و دسترسی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و تاب‌آوری	۱۰ نقطه پتانسیل در سطح شهر بابل برای مکان‌یابی لاکرهای هوشمند	بابل

BWM-۲

تکنیک BWM از تکنیک‌های نوین و کارآمد تصمیم‌گیری چندشاخصه است که برای وزن‌دهی شاخص‌ها و عوامل تصمیم‌گیری به‌کار می‌رود. در روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه از جمله روش AHP شاخص‌ها و زیرشاخص‌های تصمیم‌گیری را می‌توان از طریق مقایسه زوجی و تحلیل نظرات خبرگان رتبه‌بندی کرد و از با اهمیت‌ترین به کم‌اهمیت‌ترین، آن‌ها را مرتب کرد؛ اما در BWM، مطلوب‌ترین و نامطلوب‌ترین شاخص‌ها به‌وسیله تصمیم‌گیرنده تعیین شده و پس از آن، مقایسه زوجی میان هر یک از این دو شاخص که بهترین و بدترین می‌باشند، با شاخص‌های دیگر انجام می‌گیرد. یکی از ویژگی‌های برجسته BWM تعداد مقایسات کمتر و انسجام منطقی بیشتر است که در سال‌های اخیر این روش را مورد توجه محققان قرار داده است. در این روش تصمیم‌گیرنده ابتدا بهترین و بدترین معیارها را مشخص کرده و مقایسات بین معیارها را انجام می‌دهد. سپس مساله به یک مساله برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌گردد، به این صورت که وزن شاخص‌ها به‌گونه‌ای به‌دست آید که انحراف مطلق اوزان مینیمم گردد [16].

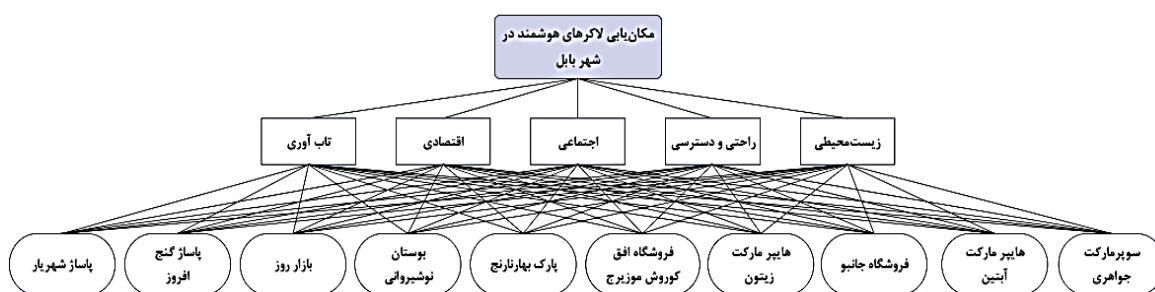
۳- روش MARCOS

روش MARCOS برای نخستین بار به وسیله استویچ و همکاران [16] جهت رتبه بندی تامین کنندگان در صنایع بهداشتی معرفی شد. در این روش با استفاده از روابط میان گزینه ها نقاط مرجع و گزینه ها (گزینه های ایده آل و ضد ایده آل)، ارزیابی صورت می گیرد. به کمک روابط بیان شده، درجه سودمندی گزینه ها مشخص شده و در رابطه با گزینه های ایده آل و ضد ایده آل یک رتبه بندی سازشی انجام می گردد [14].

لاکرهاى هوشمند راه حلى نوآورانه برای تسهیل فرآیند تحویل هستند و به کاربران این امکان را می دهند که بسته های خود را در نقاط مشخص و قابل دسترسی دریافت کنند. این سیستم ها زمان انتظار و ترافیک ناشی از مراجعات مکرر را کاهش می دهند. در این راستا، روش های مختلفی برای تعیین مکان های بهینه برای استقرار این لاکرها وجود دارد. یکی از این روش ها، روش MARCOS است که به دلیل قابلیت های منحصر به فرد خود در تحلیل چندمعیاره و ارزیابی گزینه ها مورد توجه قرار گرفته است. این روش با استفاده از معیارهای مختلف، مانند دسترسی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و تاب آوری به تصمیم گیرندگان کمک می کند تا بهترین گزینه ها را شناسایی کنند. روش MARCOS به ویژه در شرایطی که عدم قطعیت و پیچیدگی های زیادی وجود دارد بسیار کارا است [14]. با توجه به این که انتخاب مکان مناسب برای لاکرهاى هوشمند می تواند تاثیر زیادی بر کارایی لجستیک و رضایت مشتریان داشته باشد. استفاده از روشی مانند MARCOS که قادر به تجزیه و تحلیل دقیق داده ها و ارایه نتایج قابل اعتماد است، از اهمیت بالایی برخوردار است [14]. در این مطالعه، به بررسی کاربرد روش MARCOS در مکان یابی لاکرهاى هوشمند خواهیم پرداخت. با تجزیه و تحلیل داده های مربوط به موقعیت های مختلف و استفاده از معیارهای تعیین شده، هدف ما شناسایی مکان هایی است که می تواند که می تواند بیشترین بهره وری را برای سیستم تحویل فراهم کنند [14]. نتایج این تحقیق می تواند به تصمیم گیرندگان و سیاست گذاران کمک کند تا با اتخاذ تصمیمات درست، به بهبود فرآیندهای تحویل و افزایش رضایت مشتریان بپردازند. در نهایت، با توجه به رشد روز افزون تجارت الکترونیک و تغییرات در الگوهای مصرف، ضرورت استفاده از روش های نوین و کارآمد در مکان یابی لاکرهاى هوشمند بیش از پیش احساس می شود. این پژوهش افزون بر بررسی روش MARCOS، تاثیر آن را بر کارایی مکان یابی لاکرهاى هوشمند نیز تحلیل و ارزیابی کرده است.

۴- محدوده مورد مطالعه، معیارها و مکان های پتانسیل جهت مکان یابی لاکرهاى هوشمند

محدوده این مطالعه شهر بابل می باشد. ساختار سلسله مراتبی معیارها و مکان های پتانسیل جهت مکان یابی لاکرهاى هوشمند در شهر بابل در شکل ۱ ترسیم شده است.



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی معیارها و مکان های پتانسیل جهت مکان یابی لاکرهاى هوشمند در شهر بابل.

Figure 1- Hierarchical structure of criteria and potential locations for locating smart lockers in the city of Babol.

۵- تعیین وزن معیارها با روش BWM

در این پژوهش از ۴ خبره استفاده شده است و به این دلیل که خبرگان در انتخاب بدترین و بهترین معیار نظری یکسان نداشتند به منظور تعیین وزن بهینه معیارها برای هر کدام از خبره ها یک مدل حل شده است (۴ مدل)، آنگاه جهت جمعیت قضاوت خبرگان از وزن های به دست آمده از مدل BWM برای هر کدام از خبرگان میانگین هندسی گرفته شد. نتایج مربوط به وزن معیارها و نرخ سازگاری بنابر روش BWM در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- وزن معیارها بنا بر روش BWM.

Table 2- Weight of criteria according to the BWM method.

معیار	تاب‌آوری	اقتصادی	اجتماعی	راحتی و دسترسی	زیست‌محیطی	نرخ سازگاری معیارها
خبره ۱	0.087	0.261	0.087	0.391	0.174	0.200
خبره ۲	0.068	0.182	0.068	0.273	0.409	0.143
خبره ۳	0.081	0.216	0.108	0.378	0.216	0.333
خبره ۴	0.074	0.481	0.062	0.235	0.148	0.286
میانگین هندسی	0.077	0.265	0.079	0.312	0.218	-
رتبه	5	2	4	1	3	-

بنابر این مقادیر (جدول ۲) می‌توان اظهار داشت که مجموع میزان سازگاری حاضر، قابل قبول می‌باشد و نتایج مورد پذیرش واقع می‌شوند.

۶- رتبه‌بندی مکان‌ها پتانسیل جهت استقرار لاکر هوشمند با روش MARCOS

در پژوهش حاضر از تکنیک MARCOS برای رتبه‌بندی مکان‌های پتانسیل جهت استقرار لاکر هوشمند در شهر بابل استفاده شده است. این رویکرد یکی از جدیدترین و بهترین روش‌های MCDM برای انتخاب بهترین راهکار است. به منظور رتبه‌بندی مکان‌های پتانسیل (۱۰ مکان) نخست پرسشنامه MARCOS مطابق با طیف ۹ تایی ساعتی طراحی شده است، آن‌گاه این پرسشنامه‌ها را در اختیار ۴ خبره قرار داده و در ضمن تبیین روش از آن‌ها درخواست شد تا پرسشنامه را تکمیل کنند، بعد از تکمیل شدن این پرسشنامه‌ها جمع‌آوری گردیدند و سپس به منظور تجمیع این پرسشنامه‌ها از ۴ پرسشنامه میانگین هندسی گرفته شد و آن‌گاه مراحل تکنیک MARCOS بر پرسشنامه‌ی تجمیع شده پیاده شد. نتایج رتبه‌بندی مکان‌ها پتانسیل جهت استقرار لاکر هوشمند با روش MARCOS در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳- نتایج رتبه‌بندی مکان‌ها پتانسیل جهت استقرار لاکر هوشمند با روش MARCOS.

Table 3 - Results of ranking potential locations for smart locker deployment using the Marcus method.

رتبه	وزن	مکان
1	0.8369	پاساژ شهریار
6	0.6805	پاساژ گنج افروز
10	0.4249	بازار روز
5	0.7042	بوستان نوشیروانی
9	0.5225	پارک بهارنارنج
7	0.6755	فروشگاه افق کوروش موزیرج
4	0.7189	هایپر مارکت زیتون خورشیدکلا
3	0.7285	فروشگاه جانبو
8	0.5583	هایپر مارکت آبتین
2	0.7341	سوپرمارکت جواهری

مطابق جدول ۳ پاساژ شهریار با توجه به معیارهای تعیین شده، بالاترین امتیاز را دارا است و به عنوان بهترین مکان به منظور احداث لاکر هوشمند در شهر بابل در نظر گرفته می‌شود. دیگر مکان‌های پتانسیل و رتبه‌بندی در جدول ۳ مشخص شده‌اند.

۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

ابتدا بررسی جامعی از ادبیات علمی صورت گرفت و مقالاتی که از رویکرد MCDM استفاده کرده‌اند در جدول جمع‌آوری شده است. با این حال، این مرور نشان داد که تنها تعداد کمی از مطالعات، به مکان‌یابی لاکرهای هوشمند براساس رویکرد MCDM پرداخته‌اند. عدم بررسی آن در داخل کشور، زمینه‌ای اساسی برای تحقیقات علمی در این حوزه به شمار می‌آید. در این مطالعه، از رویکرد MCDM استفاده شد و معیارها مطابق مطالعه ادبیات تحقیق و نظرات خبرگان مشخص شدند. وزن‌دهی معیارها با استفاده از روش BWM انجام شده و در ادامه بهترین مکان با استفاده از روش MARCOS مشخص شد. از میان پنج معیار مشخص شده، معیار راحتی و دسترسی به عنوان مهم‌ترین معیار و معیار تاب‌آوری به عنوان کم‌اهمیت‌ترین

معیار انتخاب شد. نتایج روش *MARCOS* نشان داد که پاساژ شهریار با امتیاز نهایی ۰/۸۳۶۹ به عنوان مناسب ترین مکان و بازار روز با امتیاز نهایی ۰/۴۲۴۹ به عنوان نامناسب ترین مکان شناخته شد.

منابع

- [1] Joerss, M., Neuhaus, F., & Schröder, J. (2016). How customer demands are reshaping last-mile delivery. *The mckinsey quarterly*, 17, 1–5. <https://B2n.ir/bp5134>
- [2] Iwan, S., Kijewska, K., & Lemke, J. (2016). Analysis of parcel lockers' efficiency as the last mile delivery solution – the results of the research in Poland. *Transportation research procedia*, 12, 644–655. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.018>
- [3] Emeç, U., Çatay, B., & Bozkaya, B. (2016). An adaptive large neighborhood search for an e-grocery delivery routing problem. *Computers & operations research*, 69, 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.11.008>
- [4] Lagorio, A., & Pinto, R. (2020). The parcel locker location issues: an overview of factors affecting their location. *International conference on information systems, logistics and supply chain* (pp. 414–421). ILS conference. <https://www.researchgate.net/publication/350726102>
- [5] Moslem, S., & Pilla, F. (2023). A hybrid decision making support method for parcel lockers location selection. *Research in transportation economics*, 100, 101320. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2023.101320>
- [6] Moslem, S., & Pilla, F. (2023). Addressing last-mile delivery challenges by using euclidean distance-based aggregation within spherical Fuzzy group decision-making. *Transportation engineering*, 14, 100212. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100212>
- [7] Moslem, S., Gündoğdu, F. K., Saylam, S., & Pilla, F. (2024). A hybrid decomposed fuzzy multi-criteria decision-making model for optimizing parcel lockers location in the last-mile delivery landscape. *Applied soft computing*, 154, 111321. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111321>
- [8] Moslem, S., & Pilla, F. (2024). Planning location of parcel lockers using group analytic hierarchy process in spherical fuzzy environment. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 24, 101024. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101024>
- [9] Silva, V., Amaral, A., & Fontes, T. (2023). Towards sustainable last-mile logistics: A decision-making model for complex urban contexts. *Sustainable cities and society*, 96, 104665. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104665>
- [10] de Araújo, F., dos Reis, J. G., da Silva, M., & Aktas, E. (2022). A fuzzy analytic hierarchy process model to evaluate logistics service expectations and delivery methods in last-mile delivery in Brazil. *Sustainability*, 14(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su14105753>
- [11] Yalcin Kavus, B., Ayyildiz, E., Gulum Tas, P., & Taskin, A. (2023). A hybrid Bayesian BWM and Pythagorean fuzzy WASPAS-based decision-making framework for parcel locker location selection problem. *Environmental science and pollution research*, 30(39), 90006–90023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23965-y>
- [12] Van Duin, J. H. R., Wiegman, B. W., van Arem, B., & van Amstel, Y. (2020). From home delivery to parcel lockers: A case study in Amsterdam. *Transportation research procedia*, 46, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.161>
- [13] Pourmohammadreza, N., & Akbari Jokar, M. R. (2023). A novel two-phase approach for optimization of the last-mile delivery problem with service options. *Sustainability*, 15(10), 8098. <https://doi.org/10.3390/su15108098>
- [14] Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001>
- [15] Wang, C. N., Chung, Y. C., Wibowo, F. D., Dang, T. T., & Nguyen, N. A. T. (2023). Sustainable last-mile delivery solution evaluation in the context of a developing country: A novel OPA-Fuzzy MARCOS approach. *Sustainability*, 15(17), 12866. <https://doi.org/10.3390/su151712866>
- [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>