

Dvv.. oping eee e age Rank Algoii mmmnoocial NttwokkAaa.ysis oor Cross-ookkigg ccc aiiioP Proll mm

(Document Type: Research Paper)

Mahnaz Hosseinzadeh*

Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran,
Tehran, Iran, mhosseinzadeh@ut.ac.ir

Kheironesa Ghaffari Delarestaghi

Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran,
Tehran, Iran, kheironesaghafari@ut.ac.ir

Mansoor Momeni

Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran,
Tehran, Iran, mmomeni@ut.ac.ir

Purpose: Cross-docking is a strategy in logistics management in which products from one or more suppliers are distributed directly to customers with a minimum loading or storage time. Cross docks act more as an inventory coordinator than as a storage warehouse. Finding a proper location is a critical issue in cross-docking. The page rank algorithm in social networks is one of the methods used to locate the accessible nodes in urban-networks. However, in the application of page rank algorithm in the location problems, only location access to the other nodes of the network has been considered, whereas, in cross docks' location problem, the distance between the nodes, directly and indirectly, is of high importance due to the one-way nature of some routes and the average closeness of the cross docks to all nodes of the network in general. Thus, this research aims to develop the page rank algorithm in cross docks' location problem, recognizing the distance between nodes with a weighted distanced adjacency matrix, besides considering the access and closeness to the different nodes of the network.

Design/methodology/approach: The page rank algorithm developed by Agryzkov et al. (2012) in a way that the binary adjacency matrix of the path between nodes is changed into a weighted adjacency matrix, in which each element of the matrix in a row 'i' and column 'j' denotes the distance between ith and jth locations in the map. Besides, the main criteria of the Social Network Analysis (SNA) approach, such as Closeness centrality and Eigenvector centrality, also used to develop the model. Finally, the maximum covering location model in the network has been created by considering the output of the developed page rank algorithm as the input. To investigate the validity of the developed algorithm, it is applied in a practical cross docking problem and is solved by using the GAMS software.

Findings: The developed page rank algorithm was applied to find the best locations of cross docks for an online store in the western half of district 3 in Tehran. The location points identified by the

* Corresponding author

algorithm seem reasonable since they have access to the main highways allowing for easy and timely delivery of orders to customers distributed all over the investigated area.

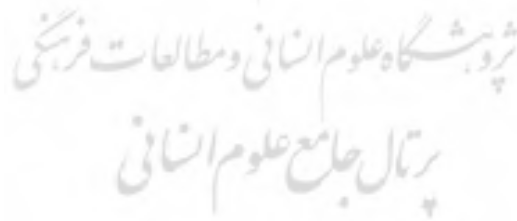
Research limitations/implications: Authors did not consider limitations such as the cost of renting and purchasing warehouse and the physical and traffic feasibility of the location points in the developed model. As a suggestion for future study, the model can be further developed by considering such features.

Practical implications: By using the developed algorithm, the time of delivering goods and services to the customers by online stores would reduce, which not only increases the customers' satisfaction but it also declines the company's costs, significantly.

Social implications: Timely delivery of orders to customers elevates customers' feeling of safety and trust. Thus, it augments the online shopping habit of customers, leading to saving time, energy, and cost.

Originality/value: Previously, the page ranking algorithm used in finding the best locations of advertising billboards in the urban map. Regarding the nature of a billboard location problem, only access/lack of access to a point determines the importance of a place, while in cross-docking location problem, in addition to access points, the distance of these warehouses, directly and indirectly, and the average proximity of them to all points of the network is of great importance. The algorithm developed in this study, in comparison with the previous version, not only considers the access of location points but also reflects the proximity of points through direct or indirect paths.

Keywords: Cross dock location problem, Social Network Analysis (SNA) approach, Page rank algorithm



مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۱، شماره ۲، پیاپی ۲۱، تابستان ۱۳۹۹

دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰

صص: ۶۹-۸۸ (نوع مقاله: پژوهشی)

توسعه الگوریتم رتبه‌بندی صفحات در تحلیل شبکه‌های اجتماعی برای مکان‌یابی انبارهای عبوری

مهناز حسین‌زاده^{۱*}، خیرالنساء غفاری دلارستانی^۲، منصور مومنی^۳

۱- استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکاه مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، mhosseinzadeh@ut.ac.ir

۲- کارشناس ارشد گروه مدیریت صنعتی، دانشکاه مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، kheironesaghafari@ut.ac.ir

۳- استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکاه مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، mmomeni@ut.ac.ir

چکیده: انبار عبوری، استراتژی‌ای در مدیریت لجستیک است که در آن، محصولات از یک یا چند تأمین‌کننده به‌طور مستقیم به مشتریان با حداقل زمان بارگیری و یا ذخیره‌سازی توزیع می‌شود. انبار عبوری، بیشتر از اینکه نقش ذخیره‌کننده داشته باشد، به‌عنوان هماهنگ‌کننده موجودی‌ها عمل می‌کند. یکی از مسائل مهم در حوزه انبارهای عبوری، مکان‌یابی مناسب این انبارهاست. الگوریتم رتبه‌بندی صفحات در شبکه‌های اجتماعی، از جمله روش‌هایی است که برای مکان‌یابی نقاط پرتردد در شبکه نقاط شهری استفاده شده است؛ با این حال، در کاربرد الگوریتم رتبه‌بندی صفحات در مسائل مکان‌یابی فقط به ملاک دسترسی مکان‌ها به سایر نقاط شبکه توجه شده است؛ در حالی که در احداث انبارهای عبوری، فاصله این انبارها به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم با توجه به یک‌طرفه‌بودن برخی مسیرها و متوسط نزدیکی این انبارها به‌طور کلی به همه نقاط شبکه نیز اهمیت بسیاری دارد؛ بنابراین، در این پژوهش کوشیده شده است مدل رتبه‌بندی صفحات در مسائل مکان‌یابی با لحاظ‌کردن فاصله نقاط و در نظر گرفتن ماتریس مجاورت ارزشی و متوسط نزدیکی و دسترسی آنها به نقاط مختلف شبکه توسعه یابد. بدین‌منظور، از شاخص‌های رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی، مانند مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بردار ویژه نیز برای توسعه مدل بهره‌گرفته شده است. درنهایت، مدل مکان‌یابی حداکثر پوشش در شبکه با لحاظ‌کردن خروجی الگوریتم توسعه‌یافته رتبه‌بندی صفحات به‌عنوان ورودی مدل ایجاد و برای یک نمونه کاربردی حل شده است.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی انبارهای عبوری، رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی، الگوریتم رتبه‌بندی صفحات

در فضای رقابتی کنونی، ناب و چابک بودن، دو عنصر استراتژیک مهم برای بسیاری از تولیدکنندگان در زنجیره تأمین^۱ است. در این بین، نقش تأثیرگذار مراکز توزیع در تحویل به موقع کالا به مشتری و کاهش هزینه‌های نگهداری موجودی، توجه بسیاری از مدیران زنجیره تأمین را به خود جلب کرده است. از آنجایی که انبار عبوری^۲، جزء اصلی طراحی زنجیره تأمین ناب است، امروزه، در بیشتر شرکت‌های بزرگ، مانند رنو، تویوتا، پست امریکا، فروشگاه‌های زنجیره‌ای وال مارت، فروشگاه اینترنتی آمازون و... استفاده می‌شود. سازوکار این نوع انبارها به این صورت است که کالاهای جمع‌آوری شده از تأمین‌کنندگان مختلف، با ناوگان حمل‌ونقل، به انبار منتقل و متناسب با مقاصدشان بسته‌بندی، مرتب‌سازی و برچسب‌گذاری می‌شود؛ به گونه‌ای که در کمتر از ۲۴ ساعت باید از انبار خارج شود (کوچوکوگلو و اوزترک، ۲۰۱۹). درحقیقت، در این فرایند، عملیات انبارکردن کالاها به حداقل می‌رسد و گاهی در کمتر از ۲ ساعت، کالاها به مقصدهایشان منتقل می‌شود. مسائل تصمیم‌گیری در انبارهای عبوری به پنج دسته کلی تقسیم می‌شود. یک دسته، مسائل زمان‌بندی^۳ است که هدف آنها کاهش زمان عملیات است (بودنار و همکاران، ۲۰۱۷). دسته دیگر، مسائل مسیریابی^۴ است که هدف آنها پیدا کردن مسیر بهینه برای کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و هزینه‌های ثابت وسایل نقلیه است (نصیری و همکاران، ۲۰۱۸). دسته دیگر، ذخیره موقت^۵ کالاها در زمانی است که کالاها به علت نبود هماهنگی بین کامیون‌های ورودی و خروجی باید ذخیره شود و هدف در این مسائل، به حداقل رساندن فاصله حمل کالاهاست (محتشمی، ۲۰۱۵). طراحی داخلی^۶ انبارهای عبوری، دسته دیگر از این مسائل تصمیم‌گیری است که هدف آنها افزایش کارایی انبارهای عبوری است (استفان و بویسن، ۲۰۱۱). مکان‌یابی^۷ نیز یکی از تصمیم‌های مهم دیگر درباره انبارهای عبوری است. پژوهشگران پیشین، این مسائل را با هدف به حداقل رساندن هزینه کالا از انبار عبوری به قسمت‌های مختلف و با محدودیت‌هایی، مانند نوع وسیله نقلیه، میزان مشخص تقاضا، ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم بین تأمین‌کننده و مشتری، میزان ظرفیت و تعداد انبارهای عبوری بررسی کرده‌اند (ون بله و همکاران، ۲۰۱۲). بارسینگ و همکاران (۲۰۱۸) با رویکرد متفاوتی به مسائل مکان‌یابی انبارهای عبوری توجه کردند. آنها از رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی^۸ برای حل مسائل مکان‌یابی بهره بردند و با در نظر گرفتن شبکه ارتباط بین نقاط مختلف، مکان بهینه انبارهای عبوری را تعیین کردند. آنها در روش خود، نقاط دارای انسجام شبکه و تراکم کلی زیاد از نظر جریان مواد و تبادلات فیزیکی را بهترین نقاط احداث انبارهای عبوری مشخص کردند؛ با این حال، تلقی آنها از نقاط مهم در شبکه فقط نقاطی بود که مرکزیت درجه^۹ زیادی (تعداد ارتباطات مستقیم زیاد) داشتند؛ درحالی که آنها فاصله نقاط مختلف را مدنظر قرار ندادند. یکی از مباحث مهم در مسائل مکان‌یابی انبارهای عبوری، موضوع حداکثر پوشش^{۱۰} قراردادن نقاط مختلف در شبکه با انبارهای عبوری است. در تعیین مکان انبارهای عبوری، دو نکته مهم است: (۱) انبارهای عبوری در مکان‌هایی احداث شود که به خیابان‌ها (راه‌های ارتباطی میان مکان‌های مختلف) دسترسی زیادی دارد و (۲) انبارهای عبوری در مکان‌های احداث شود که به‌طور متوسط به همه نقاط شبکه نزدیک باشد. با توجه به این دو نکته، به نظر می‌رسد نقاطی که در شبکه مرکزیت درجه، مرکزیت بردار ویژه^{۱۱} و مرکزیت نزدیکی^{۱۲} بالایی دارد، نقاط با اولویت بیشتر برای احداث انبارهای عبوری تلقی می‌شود؛ اما نکته مهم این است که محاسبه این شاخص‌ها در شبکه فقط برای ماتریس‌های متقارن امکان‌پذیر است؛ در حالی که در شبکه ارتباطی بین مکان‌های مختلف یک منطقه برای احداث

انبار عبوری ممکن است بعضی مسیرها یک‌طرفه باشد و بنابراین، محاسبه شاخص‌های مدنظر را با هدف ما غیرممکن می‌کند؛ برای مثال، ممکن است یک منطقه، مرکزیت درجه‌درونی^{۱۳} زیادی داشته باشد؛ یعنی خیابان‌های زیادی به این منطقه وارد شود؛ اما خروج از این منطقه دشوار باشد؛ یعنی بیشتر خیابان‌های ورودی، یک‌طرفه باشد و بنابراین، خروج از این منطقه دشوار باشد؛ یعنی مرکزیت درجه‌بیرونی^{۱۴} کوچکی داشته باشد و این امر، تحلیل ما را دشوار می‌کند. برای رفع این مشکل، استفاده از الگوریتم رتبه‌بندی صفحات^{۱۵}، ایده مناسبی به نظر می‌رسد. الگوریتم رتبه‌بندی صفحات را نخستین‌بار، شرکت گوگل برای رتبه‌بندی صفحات مختلف در شبکه استفاده کرد و شهرت زیادی دارد. این الگوریتم، اهمیت صفحات اینترنتی را براساس تعداد لینک‌های مهمی مشخص می‌کند که از صفحات مهم به آن صفحه زده شده است. این الگوریتم، حالت بازگشتی دارد؛ به عبارتی، اهمیت یک صفحه به اهمیت صفحاتی بازمی‌گردد که به آن صفحه لینک زده است. این الگوریتم از مفهوم احتمال ورود به یک صفحه در بلندمدت برای رتبه‌بندی استفاده می‌کند؛ به گونه‌ای که با توجه به شبکه ارتباطات فعلی، احتمالات ورود یا دسترسی‌های مستقیم را محاسبه و با استفاده از فرایند زنجیره مارکوف، احتمال ورود به هر صفحه در بلندمدت را (با احتساب دسترسی‌های غیرمستقیم) لحاظ می‌کند.

آگریزکو و همکاران (۲۰۱۲)، نخستین‌بار، الگوریتم رتبه‌بندی صفحات را در مسئله مکان‌یابی در نقشه شهری به کار بردند. آنها در پی رتبه‌بندی اهمیت مکان‌های مختلف در شهر برای نصب آگهی‌نماهای تبلیغاتی بودند. این پژوهشگران در شبکه خود، میدان‌ها و چهارراه‌ها را به‌عنوان گره و خیابان‌ها و کوچه‌ها را به‌عنوان کمان‌های ارتباطی میان نقاط در نظر گرفتند. آنها کوشیدند با استفاده از الگوریتم رتبه‌بندی صفحات، پراهمیت‌ترین نقاط را با توجه به دسترسی بیشتر آنها انتخاب کنند. علاوه بر این، آنها در الگوریتم رتبه‌بندی صفحات خود، شاخص دیگری را افزودند که در واقع، نشان‌دهنده ویژگی خود نقاط بود و مدل را توسعه دادند؛ به گونه‌ای که علاوه بر دسترسی ارتباطی نقاط، ویژگی‌های دیگری همچون وجود رستوران‌ها را نیز در مدل خود لحاظ کردند. در مدل آگریزکو و همکاران، فاصله نقاط مختلف لحاظ نشده و فقط دسترسی نقاط مدنظر قرار گرفته است؛ به عبارتی، ماتریس مجاورت مدل آنها ماتریسی صفر و یک است که فقط به وجود یا نبود دسترسی توجه کرده است؛ در حالی که در مسئله تعیین مکان انبارهای عبوری، فاصله میان نقاط، یعنی انتخاب محلی که به‌طور متوسط به سایر نقاط شبکه هم دسترسی دارد و هم نزدیک است، اهمیت بسیاری دارد. همچنین، محلی ممکن است فقط با یک نقطه دیگر در شبکه در ارتباط باشد؛ اما آن تک‌نقطه، خود راه‌های ارتباطی بسیار با نقاط دیگر داشته باشد که در نتیجه، دسترسی برای محل مدنظر را نیز افزایش می‌دهد و این موارد در مدل‌های پیشین در نظر گرفته نشده است؛ بنابراین، در این پژوهش، مدل آگریزکو و همکاران با در نظر گرفتن فاصله نقاط و دسترسی‌های مستقیم و غیرمستقیم توسعه داده می‌شود (آگریزکو و همکاران، ۲۰۱۲).

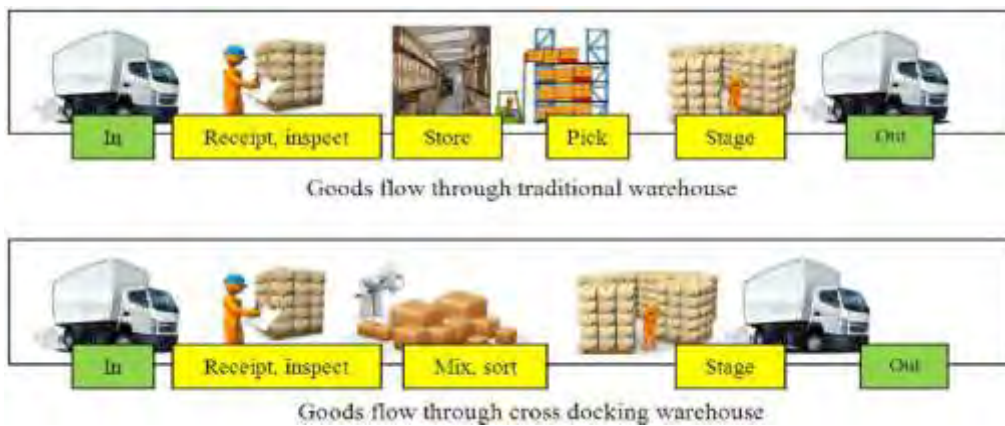
همچنین، اگر هدف، انتخاب یک مکان برای انتخاب انبارهای عبوری باشد، خروجی مدل مذکور، یک رتبه‌بندی از نقاط است که بهترین آنها را به‌عنوان مکان انبار عبوری منتخب می‌توان انتخاب کرد؛ اما اگر هدف، انتخاب چندین انبار باشد، آنگاه، علاوه بر شاخص‌های مذکور باید این امر مدنظر قرار گیرد که انبارها فاصله مشخصی با یکدیگر داشته باشد و تا حد ممکن، بیشترین نقاط شبکه را پوشش دهد؛ بنابراین، علاوه بر مسئله مذکور، مسئله حداکثر پوشش در مکان‌یابی مطرح می‌شود؛ بر این اساس، در این پژوهش، با در نظر گرفتن مورد مذکور، خروجی

مدل توسعه‌یافته رتبه‌بندی صفحات با در نظر گرفتن فواصل میان نقاط به‌عنوان ورودی یک مسئله حداکثر پوشش در مکان‌یابی در نظر گرفته می‌شود و بدین ترتیب، بهترین مکان‌ها برای انبارهای عبور مدنظر تعیین می‌شود. یکی از مباحث مهم، مسئله انبارهای عبوری در فروشگاه‌های برخط است. رشد روزافزون خرید برخط و رقابت فروشگاه‌های برخط، موجب رقابت برای دستیابی به مصرف‌کنندگان شده است. به همین منظور، فروشگاه‌های برخط به استفاده از استراتژی‌های کارآمد برای جلب رضایت مشتری و کاهش هزینه‌ها روی آورده‌اند که یکی از این استراتژی‌های مؤثر، استراتژی انبار عبوری است. براساس اطلاعات به‌دست‌آمده، فروشگاه بامیلو از استراتژی انبارهای عبوری استفاده می‌کند؛ پس مسئله تعیین مکان بهینه انبارهای عبوری برای آنها یک امر ضروری است. در این پژوهش، برای بررسی قابلیت کاربر مدل توسعه‌یافته درعمل، انبارهای عبوری فروشگاه بامیلو برای یک منطقه در شهر تهران، مکان‌یابی می‌شود.

۲- مبانی نظری پژوهش

۲-۱- انبار عبوری

در محیط رقابتی امروز، حمل‌ونقل سریع و بهره‌وری در یک زنجیره تأمین، به یکی از عوامل حیاتی رشد سازمان تبدیل شده است. برای رقابت، شرکت‌های لجستیک باید به‌طور مداوم، راهبردهای کارآمد را برای کاهش هزینه‌ها و همچنین دستیابی به رضایت مشتری به کار گیرند. انبار عبوری، استراتژی‌ای در مدیریت لجستیک است که در آن، محصولات از یک یا چند تأمین‌کننده یا کارخانه تولیدی به‌طور مستقیم به مشتریان با حداقل زمان بارگیری و یا ذخیره‌سازی ارسال می‌شود (ویستپانیچ و هنگمیچای، ۲۰۱۷). انبار عبوری، نیازمند دریافت، ادغام و نگهداری کالا تا زمان حمل آن به مقاصد است؛ بنابراین، اقلام باید پیش از ارسال به مشتری، در انبار عبوری گردآوری شود و پس از اینکه عملیات وزن‌کردن، بسته‌بندی و طبقه‌بندی براساس مقصد انجام شد، در کمترین زمان ممکن با وسایل نقلیه خروجی برای مشتریان فرستاده شود. انبار عبوری، بیشتر از اینکه نقش ذخیره‌کننده داشته باشد، به‌عنوان هماهنگ‌کننده موجودی‌ها عمل می‌کند. معمولاً، کالاها کمتر از ۲۴ ساعت در انبار عبوری ذخیره می‌شود و انبار عبوری باید در پایان روز کاری تخلیه شود. انبارهای عبوری برای برخی از کالاها و محصولات نسبت به سایر محصولات، از جمله محصولات پرسرعت با تقاضای ثابت یا واریانس کم تقاضا، کالاهای فاسدشدنی نیازمند حمل‌ونقل فوری، کالاهای با کیفیت زیاد که نیازی به بازرسی‌های کیفیت در طی فرایند دریافت ندارد، محصولاتی که از قبل برچسب خورده است (نوار کدگذاری شده، RFID) و آماده فروش به مشتری است، قابلیت بهره‌گیری بیشتری دارد (حسینی گودرزی و همکاران، ۲۰۱۸). برای پیاده‌سازی انبار عبوری مؤثر، مدیران باید به عوامل اصلی، توجه کافی داشته باشند؛ به‌عنوان مثال، تأمین‌کننده باید فعالیت مطمئن با زمان تأخیر کوتاه‌مدت داشته باشد؛ زیرا هیچ موجودی اضافی بین نقاط عرضه و تقاضا وجود ندارد و همچنین باید اطلاعات از طریق کل زنجیره تأمین در دسترس باشد (تخمه‌چی و همکاران، ۲۰۱۵). شکل شماره ۱، سیستم توزیع سنتی و سیستم توزیع از طریق انبارهای عبوری را مقایسه می‌کند.



شکل ۱- مقایسه سیستم توزیع سنتی و سیستم توزیع از طریق انبارهای عبوری

مزایای استفاده از انبار عبوری به جای انبارهای سنتی، شامل کاهش هزینه‌ها (هزینه‌های انبار، هزینه‌های نگهداری موجودی، هزینه جابه‌جایی، هزینه‌های نیروی انسانی)، کاهش زمان تدارک و تحویل (از تأمین‌کننده به مشتری)، ارتقای سرویس‌دهی به مشتری، کاهش فضای نگهداری، کاهش دوره گردش موجودی، کاهش نگهداری بیش‌ازحد، کاهش ریسک زیان و خسارت است. همچنین، مزایای استفاده از انبار عبوری به جای تحویل نقطه‌به‌نقطه، شامل کاهش هزینه‌ها (هزینه‌های حمل‌ونقل، هزینه‌های نیروی انسانی)، ادغام محموله‌ها، ارتقای بهره‌برداری از منابع (برای مثال استفاده از حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه)، تطبیق بهتر میان کالای حمل‌شده و مقدار تقاضاست (ون بله و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول شماره ۱، برخی پژوهش‌ها درباره مکان‌یابی انبارهای عبوری را ارائه می‌کند.

جدول ۱- برخی پژوهش‌ها درباره مکان‌یابی انبارهای عبوری

اهداف	محدودیت‌ها			الگوریتم حل	تابع هدف		نام نویسنده / نویسندگان و سال انتشار
	پاسخگویی کامل تقاضا	ظرفیت تسهیلات	تعداد تسهیلات		تک‌هدفه	چند هدفه	
به حداقل رساندن هزینه‌ها برای انتخاب بهترین مجموعه از مراکز توزیع و انبارهای عبوری	×		×	تبریه‌سازی شده	×		جایارامان و روس (۲۰۰۳)
به حداقل رساندن هزینه‌ها، شامل هزینه‌های مکان‌یابی انبار عبوری و تخصیص وسیله نقلیه	×	×		جست‌وجوی ممنوع-تابو	×		سونگ و سانگ (۲۰۰۳)
به حداقل رساندن هزینه‌ها			×	لینگو-سیپلکس	×		گوموس و بوکیندر (۲۰۰۴)
بهینه‌سازی: هزینه‌های مسافت طی شده، هزینه‌های به‌کارگیری جاده‌های بی‌کیفیت، مزایای نزدیکی به امکانات، هزینه‌های نگهداری مواد برای هر نوع محصول موجود و هزینه ثابت ساخت انبار	×			الگوریتم ژنتیک		×	ماکوئی و همکاران (۲۰۰۶)

اهداف	محدودیت‌ها			الگوریتم حل	تابع هدف		نام نویسنده/ نویسندگان و سال انتشار
	پاسخگویی کامل تقاضا	ظرفیت تسهیلات	تعداد تسهیلات		تک‌هدفه	چند هدفه	
به حداقل رساندن هزینه‌ها برای انتخاب بهترین مجموعه از مراکز توزیع و انبارهای عبوری	x		x	تبریه‌شد شبیه‌سازی شده با جست‌وجوی ممنوع	x		روس و جایارامان (۲۰۰۸)
به حداقل رساندن هزینه‌ها، شامل هزینه‌های مکان‌یابی انبار عبوری و تخصیص وسیله نقلیه	x	x		شاخه و ارزش	x		سونگ و سانگ (۲۰۰۸)
به حداقل رساندن هزینه‌های ثابت و متغیر و بیشینه‌سازی انعطاف‌پذیری کارخانه	x			بهینه‌سازی ازدحام ذرات تاگوچی ترکیبی (HTPSO)		x	باجلاوس و همکاران (۲۰۰۸)
به حداقل رساندن هزینه‌های ثابت انبار عبوری، هزینه عملیاتی انبار عبوری و هزینه حمل‌ونقل	x	x	x	الگوریتم ترکیبی تبریه‌شد شبیه‌سازی شده با جست‌وجوی تابو	x		موسوی و همکاران (۲۰۱۳a)
به حداقل رساندن هزینه‌های کل، شامل هزینه نگهداری موجودی و هزینه حمل‌ونقل				اکتشافی جدید دو گامی	x		موسوی و همکاران (۲۰۱۳b)
حداقل کردن هزینه‌های نگهداری موجودی در انبار، هزینه‌های حمل‌ونقل، هزینه‌های ثابت و هزینه‌های عملیاتی در انبار				رویکرد ترکیبی	x		موسوی و همکاران (۲۰۱۴)
به حداقل رساندن هزینه مسافت طی شده، هزینه ثابت برای ساخت انبار عبوری و بیشینه‌سازی مزایای نزدیکی به امکانات	x			تبریه‌شد شبیه‌سازی شده		x	تخمه‌چی و همکاران (۲۰۱۵)
هزینه حمل‌ونقل مستقیم، هزینه ثابت و متغیر انبار، هزینه حمل‌ونقل		x		بهینه‌سازی مبتنی بر بیوجغرافی	x		حسنی گودرزی و زگوردی (۲۰۱۶)
به حداقل رساندن هزینه ثابت و هزینه حمل‌ونقل و موجودی			x	الگوریتم رقابتی امپریالیستی خودسازگار	x		موسوی و همکاران (۲۰۱۷)
مکان‌یابی انبارهای عبوری با هدف به حداقل رساندن هزینه ثابت بازگشایی انبارهای عبوری و به حداقل رساندن حمل‌ونقل، شامل هزینه‌های عملیاتی و هزینه‌های توزیع کامیون‌ها	x		x	الگوریتم ترکیبی ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی ذرات	x		رحمان‌دوست و سلطانی (۲۰۱۹)
ارائه یک الگوریتم تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی فازی برای انتخاب بهترین مکان انبارهای عبوری		x		کدنویسی در بسته ویژوال بیسیک برای کاربردها در نرم‌افزار اکسل		x	موسوی و همکاران (۲۰۱۹)
مکان‌یابی انبارهای عبوری با هدف بهینه‌سازی ظرفیت انبارهای عبوری		x	x	دو الگوریتم آزادسازی لاگرانژ			حسنی گودرزی و همکاران (۲۰۲۰)

۲-۲- رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی

نظریه شبکه‌های اجتماعی برای کشف و تفسیر الگوهای ارتباط میان موجودیت‌های اجتماعی به وجود آمده است. اساس شبکه‌های اجتماعی از وجود ارتباطات اجتماعی میان موجودیت‌های اجتماعی مختلف تشکیل شده است؛ به بیان دیگر، هر شبکه اجتماعی از تعدادی گره تشکیل شده که با مجموعه‌ای از ارتباطات به یکدیگر متصل شده است. روش تحلیل شبکه‌های اجتماعی، روابط موجودیت‌های اجتماعی را ترسیم و روش‌ها، مدل‌ها و ابزارهای نظام‌مند زیادی برای توصیف و تحلیل روابط موجود در شبکه‌ها ارائه می‌دهد. از شاخص‌های مهم تحلیل شبکه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

مرکزیت درجه

مرکزیت درجه یک گره در شبکه، تعداد ارتباطات مستقیم آن گره با سایر گره‌های موجود در شبکه را نشان می‌دهد. مرکزیت درجه درونی، تعداد ارتباطات ورودی به گره و مرکزیت درجه بیرونی، تعداد ارتباطات خارج‌شده از گره را نشان می‌دهد. برای مکان‌یابی انبارهای عبوری، ما باید با مکان انتخابی به کوچه‌ها و خیابان‌های مختلفی دسترسی داشته باشیم؛ بنابراین، از شاخص مرکزیت درجه استفاده می‌کنیم که به صورت رابطه شماره ۱ تعریف شده است:

$$C_D(v_i) = \sum_{j=1}^n a_{ji} + \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

به گونه‌ای که $C_D(v_i)$ ، نشان‌دهنده مرکزیت درجه، a_{ij} درجه بیرونی گره و a_{ji} درجه درونی گره i را نشان می‌دهد (گرانسپین و همکاران، ۲۰۱۴).

مرکزیت نزدیکی

معیاری است که متوسط نزدیکی یک گره را به تمام گره‌های موجود در شبکه اندازه‌گیری می‌کند. گره‌ای که به طور متوسط به تمام گره‌ها نزدیک باشد، مرکزیت نزدیکی زیادی دارد. نزدیکی از معکوس متوسط فاصله یک گره با دیگر گره‌های شبکه حاصل می‌شود و تعریف ریاضی آن به صورت رابطه شماره ۲ است.

$$C_c(v_i) = \frac{1}{\sum_{i \neq j} d(i,j)} \quad (2)$$

به گونه‌ای که $d(i,j)$ ، کوتاه‌ترین فاصله بین دو گره i و j است. نکته مهم این است که نزدیکی و دسترسی، دو معیار کاملاً متفاوت است؛ به این علت که یک گره ممکن است به گره دیگر نزدیک باشد؛ اما امکان دسترسی به آن را نداشته باشد؛ به عنوان مثال، می‌توان به مسیرهای یک‌طرفه اشاره کرد که گاهی اوقات، امکان دسترسی کوچه‌ها و خیابان‌های نزدیک به یکدیگر را غیرممکن می‌کند و این موضوع در مکان‌یابی، اهمیت دارد (پریانتا و تریسنا، ۲۰۱۹).

مرکزیت بردار ویژه

معیاری است که اهمیت گره‌ها را براساس گره‌های مجاورش اندازه‌گیری می‌کند. اگر گره‌ای به گره‌ای که مرکزیت درجه زیادی دارد، متصل باشد، بر اثر آن، اهمیتش افزایش می‌یابد (رابطه شماره ۳).

$$C_e(x_i) = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n A_{ij} x_j \quad (3)$$

در اینجا، λ یک مقدار ثابت است که مقدار ویژه خوانده می‌شود، A_{ij} ماتریس مجاورت شبکه را نشان می‌دهد و x_j نشان‌دهنده گره‌ای است که با گره i در ارتباط است. معیارهای بردار ویژه و دسترسی، دو موضوع کاملاً متفاوت را مطرح می‌کند؛ زیرا یک گره ممکن است دسترسی کمی به سایر گره‌ها داشته باشد؛ اما به گره‌ای متصل باشد که دسترسی آن زیاد است و این امر، خود جایگاه ویژه‌ای برای گره مدنظر ایجاد می‌کند (آیدین و همکاران، ۲۰۲۰).

۲-۳- الگوریتم رتبه‌بندی صفحات

الگوریتم رتبه‌بندی صفحات را نخستین بار، شرکت گوگل برای رتبه‌بندی صفحات مختلف استفاده کرده است و شهرت زیادی دارد. این الگوریتم، اهمیت صفحات اینترنتی را براساس تعداد لینک‌های مهمی مشخص می‌کند که از صفحات مهم به آن صفحه زده شده است. این الگوریتم، حالت بازگشتی دارد؛ به عبارتی، اهمیت یک صفحه به اهمیت صفحاتی بازمی‌گردد که به آن صفحه لینک زده است. این الگوریتم از مفهوم احتمال ورود به یک صفحه در بلندمدت برای رتبه‌بندی استفاده می‌کند؛ به گونه‌ای که با توجه به شبکه ارتباطات فعلی، احتمالات ورود یا دسترسی‌های مستقیم را محاسبه و با استفاده از فرایند زنجیره مارکوف، احتمال ورود به هر صفحه در بلندمدت را (با احتساب دسترسی‌های غیرمستقیم) لحاظ می‌کند (تو و همکاران، ۲۰۱۸).

در این الگوریتم، شبکه صفحات تحت پوشش گوگل به صورت یک گراف جهت‌دار مدل‌سازی می‌شود. متغیرها، مجموعه‌ها و پارامترهای این الگوریتم در جدول شماره ۲ بیان شده است (آگریزکو و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۱- متغیرها، مجموعه‌ها و پارامترهای الگوریتم رتبه‌بندی صفحات

نماد	تعریف
i, j	مجموعه گره‌های شبکه که شامل $1, 2, \dots, n$ است.
N	تعداد گره‌ها در شبکه
c_i	تعداد ارتباطات خروجی از گره (صفحه) p_i به گره‌های دیگر
λ	مقدار ویژه
π	بردار ویژه
P	ماتریس گذار
B	ماتریس پرش تصادفی
α	ضریب تعادل
G	ماتریس گوگل

اگر ماتریس $A = (a_{ij})_{i,j=1}^n \in R^{n \times n}$ ، نشان‌دهنده ماتریس مجاورت صفر و یک شبکه باشد، هر درایه این ماتریس، نشان‌دهنده وجود یا نبود مسیر از گره i به گره j است. الگوریتم رتبه‌بندی صفحات به جای ماتریس مجاورت مذکور، ماتریسی موسوم به p_{ij} را به صورت رابطه شماره ۴ تعریف می‌کند؛ به گونه‌ای که اگر c_i ، $i = 1, \dots, n$ نشان‌دهنده تعداد صفحات ارتباطی (لینک خروجی) از گره i باشد، آنگاه هر درایه ماتریس، این احتمال را نشان می‌دهد که از گره i لینک بعدی به گره j باشد.

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{c_i} & \text{if } c_i \neq 0 \\ 0 & \text{other case} \end{cases} \quad 1 \leq i, j \leq n \quad (4)$$

ماتریس P به‌گونه‌ای است که ستون‌های آن، صفحات خروجی و سطرهاى آن، صفحات ورودی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مجموع درایه‌های هر ستون ماتریس، برابر یک است و همه درایه‌ها بزرگ‌تر یا مساوی صفر است، چنین ماتریسی مربوط به فرایند زنجیره مارکوف است و ماتریس انتقال مارکوف نامیده می‌شود. در این ماتریس، همواره یکی از مقادیر ویژه، یک است ($\lambda = 1$) و بردار ویژه‌ای متناظر (π) با این مقدار وجود دارد که تمام درایه‌های آن، کمتر یا مساوی یک و بزرگ‌تر یا مساوی صفر با مجموع یک است.

$$P\pi = 1\pi \quad (5)$$

بردار ویژه π را، بردار رتبه‌بندی صفحات می‌نامیم.

در زنجیره مارکوف با انجام دادن پیاده‌روی تصادفی بر گراف جهت‌دار و با شروع از یک صفحه در هر گام، به‌طور تصادفی یک لینک از صفحه‌ای که در آن قرار داریم، انتخاب و آن را دنبال می‌کنیم. این کار را تا n گام لازم ادامه می‌دهیم تا ماتریس به حالت پایدار برسد؛ یعنی ستون‌های ماتریس، درایه‌های برابر داشته باشد. این ستون‌ها همان بردار ویژه ما برای رتبه‌بندی صفحات است. درایه‌های ماتریس احتمال در n گام به‌صورت رابطه شماره ۶ تعریف می‌شود:

$$(p^m)_{ij} = \text{Prob}(x_{n+m} = i | x_n = j) \quad (6)$$

به عبارتی، توان حدی ماتریس گذار، حالت تعادل در بلندمدت را برای انتقال از یک نقطه به نقطه دیگر در شبکه نشان می‌دهد.

در آخر، برای رفع نقایص احتمالی، ماتریس گوگل به‌صورت رابطه شماره ۷ تعریف می‌شود تا احتمال پرش تصادفی به یک صفحه بدون اینکه از صفحه‌ای به آن لینک زده شود نیز لحاظ شود.

$$G = \alpha P + (1 - \alpha)B \quad (7)$$

α در بازه بسته صفر و یک قرار دارد که به آن، ضریب تعادل گویند و برای ایجاد پرش‌های تصادفی از یک صفحه به صفحه دیگر استفاده می‌شود که معمولاً برابر با $0/85$ در نظر گرفته می‌شود. α احتمال ورود به صفحه مدنظر با لینک‌هایی که به این صفحه زده می‌شود و $(1 - \alpha)$ احتمال پرش تصادفی و بدون در نظر گرفتن هیچ لینکی است. B (رابطه شماره ۸) ماتریس پرش تصادفی به نقطه λ ام در میان n در شبکه است که احتمال این پرش برای هر گره در شبکه، برابر با $\frac{1}{n}$ در نظر گرفته می‌شود.

$$B = \frac{1}{n} I_n \quad (۸)$$

آگریکو و همکارانش (۲۰۱۲)، الگوریتم رتبه‌بندی صفحات را در نقشه شهری برای حل مسئله مکان‌یابی آگهی‌نماهای پژوهشی به کار گرفتند. در این مسئله، گره‌ها نشان‌دهنده تقاطع‌ها و میدان‌ها و یال‌ها نشان‌دهنده خیابان‌ها و کوچه‌ها بود. آنها با استفاده از رتبه‌بندی صفحات مشخص کردند در چه مکان‌هایی، آگهی‌نماهای تبلیغاتی نصب کنند تا بیشتر در معرض دیده شدن باشد؛ یعنی مسئله دسترسی برای آنها مهم بود؛ اما آنها فاصله نقاط مختلف را در تعیین محل نادیده گرفتند. آنها برای حل مسئله خود، الگوریتم رتبه‌بندی صفحات را به گونه‌ای توسعه دادند که علاوه بر دسترسی مکان‌ها، ویژگی‌های خاص خود نقاط را نیز لحاظ کنند. مراحل الگوریتم توسعه‌یافته آنها به شرح ذیل است:

مرحله ۱: به دست آوردن ماتریس انتقال P با توجه به ماتریس مجاورت صفر و یک شبکه.

مرحله ۲: تعیین ویژگی‌های مختلف k_j در ارتباط با هر گره و تشکیل ماتریس $D_{n \times k}$. در ماتریس D سطرها نشان‌دهنده نقاط و ستون‌های ویژگی‌های مختلف نقاط است و هر درایه ماتریس، ارزش هر گره p_i در هر ویژگی k_j را نشان می‌دهد.

مرحله ۳: تعیین ماتریس D موزون، به گونه‌ای که اگر میزان تأثیرگذاری ویژگی‌های مختلف با یکدیگر متفاوت باشد و $\vec{v}_0 = R^{k \times 1}$ نشان‌دهنده بردار وزن ویژگی‌های مختلف باشد، آنگاه، ماتریس موزون به صورت رابطه شماره ۹ تعریف می‌شود.

$$D \cdot \vec{v}_0 = \vec{v} \quad (۹)$$

مرحله ۴: نرمال کردن ماتریس \vec{v} به صورت رابطه شماره ۱۰.

$$\vec{v}^* = \left(\frac{v_1}{\|v\|}, \frac{v_2}{\|v\|}, \dots, \frac{v_n}{\|v\|} \right) \quad (۱۰)$$

مرحله ۵: ایجاد ماتریس $M' = (1 - \alpha)P + \alpha v$ به گونه‌ای که $V \in R^{n \times n}$ ماتریسی است که تمامی عناصر آن در سطر نام برابرند با \vec{v}_i^* .

مرحله ۶: محاسبه بردار ویژه مربوط به مقدار ویژه ۱ برای ماتریس M' . این بردار رتبه است.

۳- روش شناسی پژوهش

همانگونه که گفته شد، مسئله مکان‌یابی انبارهای عبوری، یکی از مسائل مهم در حوزه تحقیق در عملیات و در حوزه کاربردی زنجیره تأمین تلقی می‌شود. بررسی پیشینه نشان می‌دهد با توجه به شبکه گسترده نقشه شهری، استفاده از رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی در حل این مسئله، کارایی بسیاری دارد؛ اما استفاده از شاخص‌های

شبکه، معمولاً برای شبکه‌های متقارن کاربرد دارد؛ در حالی که در نقشه شهری، لزوماً راه‌های ارتباطی (کمان‌های شبکه)، ماهیت دوطرفه ندارد؛ بنابراین، در این پژوهش برای رفع این مشکل از الگوریتم رتبه‌بندی صفحات در شبکه‌های اجتماعی بهره گرفته شده است. همچنین، در کاربرد الگوریتم رتبه‌بندی صفحات در مسائل مکان‌یابی فقط به ملاک دسترسی نقاط به یکدیگر توجه شده است؛ اما در احداث انبارهای عبوری، فاصله این انبارها به صورت مستقیم و غیرمستقیم و متوسط نزدیکی این انبارها به‌طور کلی به همه نقاط شبکه، اهمیت بسیاری دارد؛ از این‌رو، در این پژوهش کوشش شده است مدل رتبه‌بندی صفحات در مسائل مکان‌یابی انبارهای عبوری توسعه یابد.

بدین منظور، نخست، گره‌ها یا نقاط شبکه در قالب‌هایی شامل سه‌راهی‌ها، چهارراه‌ها و میدان‌ها و کمان‌های جهت‌دار به‌عنوان مسیر ارتباطی مستقیم میان این نقاط تعریف شده است؛ سپس، به جای ماتریس مجاورت صفر و یک تعریف‌شده در الگوریتم رتبه‌بندی صفحات، از ماتریس مجاورت ارزشی، حاوی فاصله میان نقاط شبکه بهره گرفته شده است. در مرحله بعد، تعریف جدیدی از ماتریس گذار الگوریتم رتبه‌بندی صفحات با توجه به مفهوم فاصله میان نقاط در ماتریس مجاورت ارائه شده است. پس از آن، شاخص‌های مهم مرکزیت در رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی، شامل مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بینابینی نقاط، به‌عنوان ویژگی هر نقطه در نظر گرفته می‌شود و در کنار ارزش هر نقطه در ماتریس گذار، این ویژگی‌ها نیز لحاظ می‌شود و رتبه‌بندی نهایی نقاط با توجه به تمامی موارد مذکور، شامل دسترسی مستقیم، دسترسی غیرمستقیم، متوسط نزدیکی به کلیه نقاط شبکه و دسترسی به نقاط با دسترسی زیاد در شبکه با مدل توسعه‌یافته محاسبه می‌شود. در نهایت، مدل مکان‌یابی حداکثر پوشش در شبکه با لحاظ کردن خروجی الگوریتم توسعه‌یافته رتبه‌بندی صفحات به‌عنوان ورودی مدل، ایجاد و برای یک نمونه کاربردی برای فروشگاه اینترنتی بامیلو حل شده است.

برای جمع‌آوری داده‌های مکانی از نقشه گوگل^{۱۶} استفاده شده است که در قسمت نقشه موتور گوگل، امکان نقطه‌گذاری را برای کاربر فراهم می‌کند. نقشه گوگل، یک سرویس نقشه‌برداری وب است که شرکت گوگل، آن را ساخته است. این برنامه، شامل تصاویر ماهواره‌ای، عکاسی هوایی، نقشه‌های خیابان، نمای پانوراما ۳۶۰ درجه از خیابان‌ها، شرایط ترافیک در زمان واقعی و برنامه‌ریزی مسیر برای پیمودن با پای پیاده، ماشین، دوچرخه و یا حمل‌ونقل عمومی است (منگ و پینگ، ۲۰۱۱). کدنویسی مدل در نرم‌افزار پایتون انجام شده است. شاخص‌های مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بینابینی با استفاده از نرم‌افزار UCINET محاسبه و مدل حداکثر پوشش با استفاده از نرم‌افزار Gamz حل شده است.

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- روش پیشنهادی برای مکان‌یابی انبارهای عبوری

همانگونه که گفته شد، ماتریس مجاورت در این الگوریتم، ماتریس مجاورت ارزشی است؛ یعنی هر یال، نشان‌دهنده فاصله مستقیم میان دو گره i و j بدون وجود هیچ گره واسطه در این مسیر است؛ در صورتی که چنین مسیری وجود داشته باشد.

گام‌های الگوریتم پیشنهادی عبارتند از:

۱- تشکیل ماتریس مجاورت موزون $A_{n \times n}$ ، اگر امکان تردد از نقطه i به نقطه j وجود داشته باشد، آنگاه، $a_{ij} = d_{ij}$ ، به گونه‌ای که d_{ij} نشان‌دهنده فاصله نقطه i به نقطه j است و اگر امکان تردد از نقطه i به نقطه j وجود نداشته باشد، آنگاه $a_{ij} = 0$.

۲- تشکیل ماتریس موزون گذار $P_{n \times n}$ ، (رابطه شماره ۱۱).

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{d_{ij}}{\sum_{j=1}^n d_{ij}} & \text{if } a_{ij} \neq 0 \\ 0 & \text{other case} \end{cases} \quad 1 \leq i, j \leq n \quad (11)$$

هر درایه این ماتریس، احتمال این را که از گره i لینک بعدی به گره j باشد، با توجه به دسترسی مستقیم نقطه i به نقطه j و فاصله این مسیر را در صورت دسترسی نشان می‌دهد.

۳- تعیین مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بردار ویژه هر گره با استفاده از ماتریس مجاورت موزون به عنوان ویژگی آن گره و تشکیل ماتریس $D_{n \times 2}$ در ماتریس D سطرها نشان‌دهنده نقاط و ستون‌ها به ترتیب، ویژگی‌های مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بردار ویژه نقاط است. نقطه‌ای که بیشترین مرکزیت نزدیکی را دارد، به طور متوسط به کلیه نقاط شبکه نسبت به بقیه نزدیک‌تر است. نقطه‌ای که مرکزیت بردار ویژه زیادی دارد، ممکن است خود، دسترسی زیادی نداشته باشد؛ اما به نقاطی نزدیک باشد که دسترسی‌های گسترده‌ای دارند؛ برای مثال، ممکن است یک تقاطع، تنها دو مسیر ارتباطی با دو تقاطع دیگر داشته باشد؛ اما تقاطع دیگری که با آن در ارتباط است، دسترسی‌های مختلفی به خیابان‌ها و اتوبان‌های مختلف داشته باشد.

مرکزیت نزدیکی هر گره i عبارت است از $C_c(x_i) = \frac{1}{\sum_{i \neq j} d(i, j)}$ ؛ به گونه‌ای که $d(i, j)$ کوتاه‌ترین فاصله بین دو گره i و j است. مرکزیت بردار ویژه گره i عبارت است از $C_e(x_i) = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n A_{ij} x_j$ ؛ به گونه‌ای که λ مقدار ویژه، A_{ij} ماتریس مجاورت شبکه و x_j نشان‌دهنده گره‌ای است که با گره x_i در ارتباط است. محاسبه مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بردار ویژه در گراف موزون با استفاده از امکانات نرم‌افزارهای تحلیل شبکه‌های اجتماعی، مانند UCINET امکان‌پذیر است.

۴- محاسبه بردار وزن \vec{v} ؛ به گونه‌ای که $D \cdot \vec{v}_0 = \vec{v}$. بردار \vec{v}_0 بردار وزن، دو ویژگی مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بردار ویژه را نشان می‌دهد. وزن هر یک از دو ویژگی در مسئله انتخاب مکان مناسب برای انبارهای عبوری، یکسان و برابر با ۵/۰ در نظر گرفته می‌شود.

۵- نرمال کردن بردار \vec{v} تا مقادیری بین صفر و یک داشته باشد و با ماتریس P در یک مقیاس جمع‌پذیر باشد؛ به گونه‌ای که $\vec{v}^* = \left(\frac{v_1}{\|v\|}, \frac{v_2}{\|v\|}, \dots, \frac{v_n}{\|v\|} \right)$.

۶- تشکیل ماتریس $M' = (1 - \alpha)P + \alpha v$. برداری $n \times 1$ است و P ماتریسی $n \times n$ ؛ بنابراین، برای اینکه این دو ماتریس، جمع‌پذیر باشد، ماتریس v را تشکیل می‌دهیم؛ به گونه‌ای که v ماتریسی $n \times n$ است که هر ستون آن، برابر است با بردار \vec{v} .

۷- محاسبه توان حدی ماتریس M' برای محاسبه احتمال دسترسی به یک گره در بلندمدت. در ماتریس M'_{ij} ستون‌ها نشان‌دهنده گره‌های (تقاطع‌ها، میدان‌ها و چهارراه‌های) ورودی و سطرها نشان‌دهنده گره‌های خروجی است. این ماتریس، ماتریس انتقال مارکوف نامیده می‌شود. در این ماتریس، همواره یکی از مقادیرهای ویژه، یک است ($\lambda = 1$) و بردار ویژه‌ای متناظر (π) با این مقدار وجود دارد که تمام درایه‌های آن، کمتر یا مساوی یک و بزرگ‌تر یا مساوی صفر با مجموع یک است؛ به‌گونه‌ای که $M'\pi = 1\pi$. بردار ویژه π را بردار رتبه‌بندی صفحات می‌نامیم. توان حدی ماتریس M' ، حالت تعادل در بلندمدت را برای سطح دسترسی یک نقطه در شبکه نشان می‌دهد.

۸- توسعه مدل مکان‌یابی حداکثر پوشش برای احداث مکان انبارهای عبوری. با در دست داشتن بردار π ، ارزش هر نقطه از نظر دسترسی و نزدیکی به سایر نقاط شبکه، به‌طور کلی به‌ترتیب به دست می‌آید؛ اما اگر هدف، انتخاب بیش از یک نقطه، به‌عنوان انبار عبوری باشد، ممکن است در بردار π ، بالاترین رتبه‌ها مربوط به نقاطی باشد که بسیار به یکدیگر نزدیک است؛ اما نکته مهم این است که نقاط انتخاب‌شده برای استقرار انبارهای عبوری باید فاصله مطلوبی با یکدیگر داشته و در شبکه توزیع شده باشد تا هر یک، بخشی از مناطق شبکه را به‌صورت معقولی پوشش دهد؛ بنابراین، مدل برنامه‌ریزی خطی در قالب روابط شماره ۱۲-۱۵ توسعه داده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که رتبه حاصل از گام ۸ به‌عنوان ضرایب تابع هدف مدل به‌صورت رابطه شماره ۱۲ تعریف می‌شود. شاخص‌ها و پارامترهای مدل در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- شاخص‌ها و پارامترهای استفاده‌شده در مدل حداکثر پوشش

نماد	تعریف
i	شاخص گره‌های شبکه که شامل $1, 2, \dots, n$ است.
n	تعداد گره‌ها در شبکه
m_i	رتبه گره i به‌دست‌آمده از الگوریتم رتبه‌بندی صفحات توسعه‌یافته
L	تعداد نقاط تقاضاشده برای ساخت انبارهای عبوری
c	حداقل تعداد گره‌هایی که باید هر انبار عبوری پوشش دهد.
D	حداقل فاصله تعیین‌شده بین گره i (انبار عبوری) و گره j
d_{ij}	حداقل فاصله مستقیم یک‌طرفه بین گره i (انبار عبوری) و گره j

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n m_i x_i - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} y_{ij} \quad (12)$$

به‌گونه‌ای که

$$\begin{cases} x_i = 1 & \text{اگر نقطه } i \text{ به عنوان انبار عبوری انتخاب شود} \\ x_i = 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_{ij} = 1 & \text{اگر نقطه } j \text{ با انبار عبوری پوشش داده شود} \\ y_{ij} = 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

تابع هدف در پی به حداکثر رساندن مجموع امتیاز نقاط از نظر رتبه به دست آمده از الگوریتم رتبه بندی صفحات توسعه یافته و به حداقل رساندن مجموع فاصله انبار عبوری با نقاط تحت پوشش آن است. محدودیت های مدل عبارتند از:

$$\sum_{i=1}^n x_i = L \quad (13)$$

به گونه ای که L عبارت است از تعداد نقاط تقاضا شده برای ساخت انبارهای عبوری.

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \geq c - M(1 - x_i) \quad i = 1, \dots, n \quad (14)$$

رابطه شماره ۱۴، حداقل نقاط پوشش توسط هر انبار عبوری را در صورت انتخاب شدن نشان می دهد.

$$x_i - y_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (15)$$

رابطه شماره ۱۵ تضمین می کند که در صورت انتخاب نشدن نقطه i انبار عبوری، نقطه ای با این نقطه پوشش داده نمی شود؛ به عبارتی، اگر x_i برابر یک باشد، یا می تواند نقاط i را پوشش دهد یا خیر. اگر x_i برابر صفر باشد، هیچ نقطه ای را پوشش نمی دهد.

۲-۴- مثال عددی

در این بخش، مکان مناسب برای انبارهای عبوری فروشگاه اینترنتی بامیلو در نیمه غربی منطقه سه تهران شناسایی می شود. داده های پژوهش از نقشه گوگل جمع آوری شده و با استفاده از موتور گوگل، نقاط شامل سه راهی، چهارراه و میدان، علامت گذاری و فاصله مستقیم میان نقاط در صورت وجود مسیر مستقیم بین دو نقطه استخراج شده است. بدین ترتیب، شبکه ارتباطی، شامل ۱۵۵۶ گره و ۲۹۷۹ یال در بخشی از منطقه نظر گرفته شده است. شکل شماره ۲، علامت گذاری نقاط روی نقشه را نشان می دهد.



شکل ۲- علامت‌گذاری نقاط، شامل سهراهی‌ها، چهارراه‌ها و میدان‌ها در نیمه غربی منطقه سه تهران

با تشکیل ماتریس مجاورت موزون فاصله میان نقاط، ماتریس گذار با استفاده از رابطه محاسبه شده است. بخشی از ماتریس گذار در شکل شماره ۳ نمایش داده شده است.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	0.000	0.432	0.000	0.000	0.588	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.353	0.000	0.000	0.581	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.310	0.000	0.000	0.578	0.214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.274	0.000	0.000	0.417	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.308	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.311	0.000	0.000	0.241	0.265	0.000	0.000	0.000	0.183	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.391	0.000	0.000	0.258	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.343	0.000	0.000	0.295	0.000	0.000	0.362	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.417	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.330	0.000	0.154	0.000	0.384	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.298	0.000	0.495	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.304	0.000	0.000	0.000	0.177	0.311	0.213	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.318	0.000	0.000	0.000	0.404	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.230	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.325	0.491
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.281
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

شکل ۳- بخشی از ماتریس گذار نقاط در منطقه سه تهران

در گام بعدی، مقدار مرکزیت درجه و مرکزیت بردار ویژه برای هر گره با استفاده از نرم‌افزار UCINET محاسبه شده است و سپس، بردار \vec{v}^* با محاسبه میانگین مقدار مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بردار ویژه برای هر گره در شبکه و محاسبه مجموع موزون این مقادیر برای هر نقطه (وزن ۰/۵ برای هر ویژگی) و نرمال‌کردن مقدار حاصل، محاسبه شده است. جدول شماره ۴، مقادیر بردار \vec{v}^* را برای برخی از نقاط شبکه نمایش می‌دهد.

جدول ۳- بخشی از مقادیر بردار \vec{V}^* برای برخی نقاط شبکه

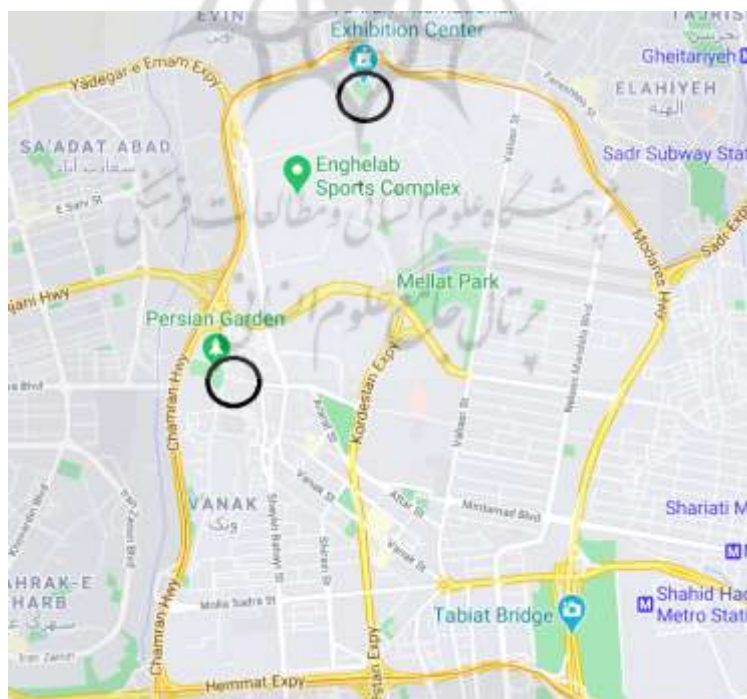
۱۰۲	۱۰۱	۱۰۰	۹۹	۹۸	۹۷	۹۶	۹۵	۹۴	گره
۰/۰۱۱۸	۰/۰۱۱۹	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۳۰	۰/۰۱۳۰	۰/۰۱۳۲	v_i^*
۱۱۱	۱۱۰	۱۰۹	۱۰۸	۱۰۷	۱۰۶	۱۰۵	۱۰۴	۱۰۳	گره
۰/۰۱۱۰	۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۱۸	۰/۰۱۱۸	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۱۹	۰/۰۱۱۰	۰/۰۱۱۰	v_i^*

در مرحله بعد، ماتریس $M' = (1 - \alpha)P + \alpha V$ محاسبه و توان حدی آن به عنوان رتبه هر گره در شبکه محاسبه شده است. مقدار $\alpha = 0.15$ در نظر گرفته شده و مقدار ϵ برای همگرایی عناصر هر ستون، 0.00005 در نظر گرفته شده است. جدول شماره ۵، بخشی از خروجی الگوریتم رتبه بندی صفحات را برای گره اول در شبکه نشان می دهد.

جدول ۴- برخی از مقادیر ستون مربوط به گره اول در ماتریس M'

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	گره
۰/۰۰۰۱۵۱۵	۰/۰۰۰۱۵۱۸	۰/۰۰۰۱۵۴۳	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۵۰۵	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۵۲۳	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۵	M'

در گام بعدی، مدل حداکثر پوشش نقاط برای احداث دو انبار عبوری توسعه یافته است که هر یک حداقل ۷۵۰ گره در شبکه را پوشش می دهد؛ به گونه ای که خروجی گام قبل، به عنوان ورودی مدل در قالب ضرایب متغیرهای $x_i, i = 1, \dots, n$ یعنی m_i لحاظ شده است. مدل با استفاده از نرم افزار Gamz، حل و نتایج حل مدل در شکل شماره ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴- نتایج حاصل از مدل حداکثر پوشش برای انتخاب مکان مناسب انبارهای عبوری در بخشی از منطقه سه تهران

۵- بحث

با توجه به نتایج حل مدل برای انتخاب دو انبار عبوری در نیمه غربی منطقه سئ تهران، مشاهده می‌شود نقاط انتخابی با توجه به مجاورت آنها با خیابان سئول و نمایشگاه بین‌المللی تهران، به‌عنوان خیابان‌ها و راه‌های اصلی و مهمی که دسترسی‌های زیادی به سایر نقاط دارد، نتایج، مناسب و منطقی است. احداث انبار عبوری در محل نمایشگاه‌های بین‌المللی تهران با توجه به دسترسی به اتوبان چمران، مدرس و صدر، دسترسی به نقاط شرقی منطقه را امکان‌پذیر می‌کند. همچنین، با توجه به اینکه این مکان، فضای آزاد زیاد قابل تخصیصی را از سوی شهرداری به متقاضیان دارد، از نظر عملیاتی نیز برای انتخاب انبار عبوری امکان‌پذیر است. علاوه بر این، نقاط انتخابی به‌طور متوسط به نقاطی که در محدوده پوشش آنها قرار دارد، نزدیک است و انتخاب آنها به‌عنوان مکانی برای ساخت انبار عبوری از نظر شاخص‌های در نظر گرفته‌شده، کاملاً توجیه‌پذیر است. گفتنی است در انتخاب این نقاط با توجه به الگوریتم توسعه‌داده‌شده، به دسترسی‌های یک‌طرفه یا دوطرفه نیز توجه شده و فقط وجود مسیر ارتباطی بین دو مکان، ملاک انتخاب انبارهای عبوری قرار نگرفته است.

پیش از این، الگوریتم رتبه‌بندی صفحات در مسئله مکان‌یابی در نقشه شهری به کار گرفته شده بود و با استفاده از این الگوریتم، اهمیت مکان‌های مختلف در شهر برای نصب آگهی‌نماهای تبلیغاتی رتبه‌بندی شده بود (آگریزکو و همکاران، ۲۰۱۲)؛ با این حال، با توجه به ماهیت مسئله نصب آگهی‌نماهای تبلیغاتی فقط دسترسی داشتن یا نداشتن به یک نقطه، اهمیت یک مکان را برای انتخاب تعیین می‌کرد؛ در حالی که در مسئله مکان‌یابی انبارهای عبوری، علاوه بر دسترسی نقاط، فاصله این انبارها به صورت مستقیم و غیرمستقیم و متوسط نزدیکی این انبارها به‌طور کلی به همه نقاط شبکه، اهمیت بسیاری دارد. الگوریتم توسعه‌یافته در این پژوهش در مقایسه با الگوریتم آگریزکو و همکاران (۲۰۱۲) فقط به دسترسی نقاط توجه نمی‌کند؛ بلکه با وارد کردن شاخص فاصله نقاط، به‌عنوان ورودی مدل و مدنظر قراردادن مسیرهای یک‌طرفه یا دوطرفه، به نزدیکی نقاط از طریق مسیرهای مستقیم یا مسیرهای غیرمستقیم نیز توجه می‌کند و البته آنچه در این مدل بررسی نشده است، زمان دسترسی نقاط به یکدیگر به‌عللی همچون وجود ترافیک و غیره است که از محدودیت‌های مدل است.

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به توسعه الگوریتم رتبه‌بندی صفحات در مسئله مکان‌یابی انبارهای عبوری توجه شد. با توجه به اینکه در مسئله مکان‌یابی انبارهای عبوری، علاوه بر دسترسی نقاط، فاصله این انبارها به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم و متوسط نزدیکی این انبارها به‌طور کلی به همه نقاط شبکه، اهمیت بسیاری دارد، به جای ماتریس مجاورت صفر و یک تعریف‌شده در الگوریتم رتبه‌بندی صفحات، ماتریس مجاورت ارزشی، حاوی فاصله میان نقاط شبکه به کار رفت و تعریف جدیدی از ماتریس گذار الگوریتم رتبه‌بندی صفحات با توجه به مفهوم فاصله میان نقاط در ماتریس مجاورت ارائه شد. علاوه بر این، شاخص‌های مرکزیت نزدیکی و مرکزیت بردار ویژه نقاط، به‌عنوان ویژگی هر نقطه در نظر گرفته شد و رتبه‌بندی نهایی مکان‌های بالقوه برای انبارهای عبوری با توجه به دسترسی مستقیم، دسترسی غیرمستقیم، متوسط نزدیکی به کلیه نقاط شبکه و دسترسی به نقاط با دسترسی زیاد در شبکه با مدل توسعه‌یافته محاسبه شد. درنهایت، با توجه به اینکه ممکن است هدف، انتخاب بیش از یک نقطه

به عنوان انبار عبوری باشد و با توجه صرف به رتبه‌های حاصل از الگوریتم توسعه‌یافته رتبه‌بندی صفحات، ممکن است بالاترین رتبه‌ها مربوط به نقاطی باشد که بسیار به یکدیگر نزدیک است؛ بنابراین، برای لحاظ‌شدن فاصله منطقی بین انبارهای عبوری در شبکه، مدل مکان‌یابی حداکثر پوشش در شبکه با لحاظ‌کردن خروجی الگوریتم توسعه‌یافته رتبه‌بندی صفحات، به عنوان وزن نقاط در تابع هدف، ایجاد و برای یک نمونه کاربردی برای فروشگاه اینترنتی بامیلو حل شده است؛ در نتیجه، حل مدل با استفاده از نرم‌افزار Gamz، مکان‌های انتخابی برای انبارهای عبوری در منطقه سئ تهران، از نظر منطقی، مکان‌های مناسبی به نظر می‌رسد.

با این حال، محدودیت‌های مهمی، از جمله هزینه اجاره یا خرید انبار در مکان‌های پیشنهادی یا امکان‌پذیری فیزیکی و ترافیکی این نقاط در مدل توسعه‌داده در نظر گرفته نشده است. ویژگی‌های منفی، مانند نرخ هزینه، ترافیک و غیره می‌تواند در توسعه‌های دیگر مدل، به ویژه در ماتریس ویژگی نقاط به صورت معکوس لحاظ شود. این امری است که برای پژوهش‌های بعدی می‌تواند در دستور کار پژوهشگران قرار گیرد.

References

- Agryzkov, T., Oliver, J.L., Tortosa, L., and Vicent, J.F. (2012). "An algorithm for ranking the nodes of an urban network based on the concept of PageRank vector". *Applied Mathematics and Computation*, 219: 2186–2193.
- Aydın, U., Karadayi, M.A., and Ülengin, F. (2020). "How Efficient Airways Act as Role Models and in What Dimensions? A Superefficiency DEA Model Enhanced by Social Network Analysis". *Journal of Air Transport Management*, 82: 101725.
- Bachlaus, M., Pandey, M.K., Mahajan, C., Shankar, R., and Tiwari, M.K. (2008). "Designing an integrated multi-echelon agile supply chain network: a hybrid taguchi-particle swarm optimization approach". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(6): 747–761.
- Barsing, P., Daultani, Y., Vaidya, O.S., and Kumar, S. (2018). "Cross-docking Centre Location in a Supply Chain Network: A Social Network Analysis Approach". *Global Business Review*, 19(3): 218-234.
- Bodnar, P., Koster, R., and Azadeh, K. (2017). "Scheduling Trucks in a Cross-Dock with Mixed Service Mode Dock Doors". *Transportation Science*, 51 (1): 112–31.
- Grunspan, D.Z., Wiggins, B.L., and Goodreau, S.M. (2014). "Understanding Classrooms through Social Network Analysis: A Primer for Social Network Analysis in Education Research". *Life Sciences Education*, 13: 167–78.
- Gümüş, M., and Bookbinder, J.H. (2004). "Cross-Docking and Its Implications in Location-Distribution Systems". *Journal of business Logistics*, 25(2): 199-228.
- Hasani Goodarzi, A., Nahavandi, N., and Zegordi, S.H. (2018). "A multi-objective imperialist competitive algorithm for vehicle routing problem in crossdocking networks with time windows". *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 11(1): 1-23.
- Hasani Goodarzi, A., and Zegordi, S.H. (2016). "A Location- Routing Problem for Cross-Docking Networks: A Biogeography-Based Optimization Algorithm". *Computers and Industrial Engineering*, 102: 132–46.
- Hasani Goodarzi, A., Zegordi, S.H., Alpan, G., Kamalabadi, I.N., and Kashan, A.H. (2020). "Reliable cross-docking location problem under the risk of disruptions", *Operational Research*, <https://doi.org/10.1007/s12351-020-00583-5>.
- Jayaraman, V., and Ross, A. (2003). "A simulated annealing methodology to distribution network design and management". *European Journal of Operational Research*, 144(3): 629–645.
- Kucukoglu, I., and Ozturk, N. (2019). "A Hybrid Meta-Heuristic Algorithm for Vehicle Routing and Packing Problem with Cross-Docking". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30 (8), 2927–43.

- Makui, A. Haerian, L., and Eftekhar, M. (2006). "Designing a multi- objective nonlinear cross-docking location allocation model using genetic algorithm". *Journal of Industrial Engineering International*, 2(3): 27-42.
- Meng, B., and Ping, L.Z. (2011). "The Research on Network Map Service Based Upon Google Map". Proceedeng of the *3rd International Conference on Computer Technology and Development*, Chengdu, China, DOI: <https://doi.org/10.1115/1.859919.paper294>.
- Mohtashami, A. (2015). "Scheduling Trucks in Cross Docking Systems with Temporary Storage and Repetitive Pattern for Shipping Trucks". *Applied Soft Computing*, 36: 468–86.
- Mousavi S.M., Tavakkoli-Moghaddam R., Siadat A., and Vahdani B. (2013a). *A Hybrid Simulated Annealing Algorithm for Location of Cross-Docking Centers in a Supply Chain*. In: Blesa M.J., Blum C., Festa P., Roli A., Sampels M. (eds) Hybrid Metaheuristics. HM 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 7919. Berlin: Springer.
- Mousavi, S.M., Siadat, A., Tavakkoli-Moghaddam, R., and Vahdani, B. (2013b). "A two-stage mathematical model for cross-docking distribution planning solved by a two-stage heuristic algorithm", *2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Bangkok, 2013, pp. 1358-1362, doi: 10.1109/IEEM.2013.6962632.
- Mousavi, S. M., Antuchevičienė, J., Zavadskas, E. K., Vahdani, B., and Hashemi, H. (2019). "A new decision model for cross-docking center location in logistics networks under interval-valued intuitionistic fuzzy uncertainty". *Transport*, 34(1): 30-40. <https://doi.org/10.3846/transport.2019.7442>
- Mousavi, S.M., Vahdani, B. Tavakkoli-Moghaddam, R., and Hashemi, H. (2014). "Location of Cross-Docking Centers and Vehicle Routing Scheduling under Uncertainty: A Fuzzy Possibilistic-Stochastic Programming Model". *Applied Mathematical Modelling*, 38 (7–8): 2249–2264.
- Mousavi, S.M., and Vahdani, B. (2017). "A robust approach to multiple vehicle location-routing problems with time windows for optimization of cross-docking under uncertainty". *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 32(1): 46-62.
- Nasiri, M.M., Rahbari, A., Werner, F., and Karimi, R. (2018). "Incorporating Supplier Selection and Order Allocation into the Vehicle Routing and Multi-Cross-Dock Scheduling Problem". *International Journal of Production Research*, 56(19): 6527–52.
- Priyanta, S., and Trisna, I.N.P. (2019). "Social Network Analysis of Twitter to Identify Issuer of Topic Using PageRank". *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(1): 107–11.
- Rahmandoust, A., and Soltani, R. (2019). "Designing a location-routing model for cross docking in green supply chain". *Uncertain Supply Chain Management*, 7(1): 1-16.
- Ross, A., and Jayaraman. V. (2008). "An evaluation of new heuristics for the location of cross-docks distribution centers in supply chain network design". *Computers & Industrial Engineering*, 55(1): 64–79.
- Stephan, K., and Boysen, N. (2011). "Vis-à-Vis vs. Mixed Dock Door Assignment: A Comparison of Different Cross Dock Layouts". *Operations Management Research*, 4 (3–4): 150–63.
- Sung, C.S., and Song, S.H. (2003). "Integrated service network design for a cross-docking supply chain network". *Journal of the Operational Research Society*, 54(12): 1283–1295.
- Sung, C.S., and Yang, W. (2008). "An exact algorithm for a cross-docking supply chain network design problem". *Journal of the Operational Research Society*, 59(1), 119-136.
- Tokhmehchi, N., Najafi, S.E., and Hadji Molana, S.M. (2015). "A Multi-Objective Model in Cross Docks Location Problems Considering Data Envelopment Analysis". *Indian Journal of Science and Technology*, 8(35). DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i35/68775.
- Tu, X., Jiang, G., Song, Y., and Zhang, X. (2018). "Novel Multiplex PageRank in Multilayer Networks", *IEEE Access*, 6: 12530-12538.
- Van Belle, J., Valckenaers, P., and Cattrysse, D. (2012). "Cross-docking: State of the art". *Omega*, 40(6): 827–846.

- Wisittipanich, W., and Hengmeechai, P. (2017). "Truck scheduling in multi-door cross docking terminal by modified particle swarm optimization". *Computers and Industrial Engineering*, 113: 793-802.

-
- ¹. supply chain
 - ². Cross dock
 - ³. truck scheduling
 - ⁴. vehicle routing
 - ⁵. temporary storage
 - ⁶. layout design
 - ⁷. location of cross dock
 - ⁸. social network analysis
 - ⁹. Degree centrality
 - ¹⁰. maximum covering
 - ¹¹. Eigen vector centrality
 - ¹². Closeness centrality
 - ¹³. In-degree centrality
 - ¹⁴. Out-degree centrality
 - ¹⁵. Page rank
 - ¹⁶. google maps

