ACECR - Sharif University Branch
Quarterly Journal of
Industrial Technology Development

Examining the criteria for the location of passing load gauges with ANP and Fuzzy DEMATEL methods (Case study: Arta Profile Ardabil Company)

■ **Mohammad Hariri**
Industrial Engineering Department, Al Ghadir Institute of Higher Education, Tabriz, Iran

■ **Mohammad Reza Komari Alaei**
Industrial Engineering Department, Al Ghadir Institute of Higher Education, Tabriz, Iran

■ **Saeed Fazayeli*** +
Industrial Engineering Department, Technical and Engineering faculty, Urmia University, Urmia, Iran

Receive date: 18 May 2024, Revise date: 21 June 2024, & Accept date: 23 June 2024
10.22034/jtd.2025.2029511.1935

ABSTRACT
In most manufacturing environments, it is difficult to ship directly from the manufacturer to the customer. Therefore, a middle point is necessary for the communication between manufacturers and customers. The traditional warehouse is not favored by current companies due to the cost of maintaining the inventory and laborious labor costs of order selection, storage and order taking. Therefore, logistics techniques that can help reduce inventory costs while increasing the flow of goods and shortening the transportation cycle are a significant approach for these companies. A transit loader is a special type of warehouse where the received products are immediately loaded to the exit dock door within 24 hours. As a result, order picking and storage activities can be minimized or eliminated.
The purpose of this research is to investigate the location criteria of transit load (case study: Ardabil Arta Profile Company). The statistical population of this research includes all industrial engineers, production planners based in Arta Profile Company, Ardabil. According to Thomas Saati, 10 industry experts have been selected as a statistical sample. The tool used in this research is a researcher-made questionnaire. In this research, the ANP method is used to prioritize the location of the transit load and to prioritize it, and the Fuzzy DEMATEL method is used to identify the severity of the cause and effect relationships of the transit load location. For this purpose, 28 criteria have been selected according to the opinion of industry experts. The results obtained from the network analysis method show that the first criterion of the vehicle routing problem with a value of 0.34 is higher than the rest of the dimensions. The results of the Fuzzy Dimetal method show that the distribution centers are in the first place, the reduction of delivery/distribution operations is in the second place, and the cost of lateness and early delivery is in the last place.

Keywords:
ANP method, fuzzy dimethyl, transit loading, location.

* Corresponding Author
+ Email: S.fazayeli@urmia.ac.ir

How to cite: Hariri, M., Komari Alaei, M.R., Fazayeli, S. (2025), Examining the criteria for the location of passing load gauges with ANP and Fuzzy DEMATEL methods (Case study: Arta Profile Ardabil Company), Quarterly journal of Industrial Technology Development, 23(60), 3-16.

فصلنامه علمی توسعه تکنولوژی صنعتی

بررسی معیارهای مکان‌یابی بارانداز عبوری با روش ANP و Fuzzy DEMATEL (مطالعه موردی: شرکت آرتا پروفیل اردبیل)

■ محمد حریری[۱]
کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی الغدیر، تبریز، ایران
■ محمدرضا کماری علائی[۲]
استادیار گروه مدیریت کسب و کار، دانشگاه حاجت تپه، آنکارا، ترکیه
■ سعید فضایلی*+
استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۹، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۴/۱ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۳
صفحات: ۱۶-۳
10.22034/jtd.2025.2029511.1935

چکیده

در اکثر محیط‌های تولیدی، ارسال مستقیم از سازنده به مشتری دشوار است. بنابراین یک نقطه میانی برای ارتباط تولیدکنندگان و مشتریان ضروری است. انبار سنتی به دلیل هزینه‌های نگهداری موجودی و هزینه‌های کار پر زحمت انتخاب سفارش، ذخیره‌سازی و سفارش‌گیری موردپسند شرکت‌های کنونی نیست. بنابراین، تکنیک‌های لجستیکی که می‌توانند به کاهش هزینه‌های موجودی کمک کنند و در عین حال جریان کالا را افزایش دهند و چرخه حمل‌ونقل را کوتاه کنند، به‌عنوان یک رویکرد قابل توجه این شرکت‌ها هستند. بارانداز عبوری نوع خاصی از انبار است که در آن محصولات دریافتی بلافاصله ظرف ۲۴ ساعت به درب اسکله خروجی بارگیری می‌شود. در نتیجه، فعالیت‌های انتخاب و ذخیره‌سازی سفارش می‌تواند به حداقل برسد یا حذف شود.

هدف این تحقیق بررسی معیارهای مکان‌یابی بارانداز عبوری با مطالعه موردی: شرکت شرکت آرتا پروفیل اردبیل است. جامعه آماری این تحقیق، شامل کلیه مهندسان صنایع، برنامه‌ریزان تولید مستقر در شرکت آرتا پروفیل اردبیل است. نمونه آماری طبق نظر توماس ساعتی ۱۰ نفر از خبرگان صنعت انتخاب شده‌اند. ابزار مورداستفاده در این تحقیق، پرسشنامه محقق ساخته است. در این تحقیق برای ارجحیت مکان‌یابی بارانداز عبوری و اولویت‌بندی آن از روش ANP و جهت شناسایی شدت روابط علت و معلول مکان‌یابی بارانداز عبوری از روش Fuzzy DEMATEL استفاده شده است. برای این منظور، ۲۸ معیار طبق نظر خبرگان صنعت انتخاب شده‌اند. نتایج بدست آمده حاصل از روش تجزیه و تحلیل شبکه نشان می‌دهد، معیار اول مسئله مسیریابی وسیله نقیله با مقدار ۰,۳۴ نسبت به بقیه ابعاد مقدار بیشتری است. نتایج حاصل از روش دیمتل فازی نشان می‌دهد که مراکز توزیع در رتبه اول، کاهش عملیات تحویل/توزیع در رتبه دوم و .... هزینه دیرکرد و زودکرد در رتبه آخر قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: روش ANP، دیمیتل فازی، بارانداز عبوری، مکان‌یابی.

۱ آدرس پست الکترونیکی: Mohamad.hariri4350@gmail.com
۲ آدرس پست الکترونیکی: Komari.reza@hacettepe.edu.tr
* عهده دار مکاتبات
+ آدرس پست الکترونیکی: S.fazayeli@urmia.ac.ir

نحوه استناددهی به این مقاله: حریری، محمد، کماری علائی، محمدرضا، فضایلی، سعید. (۱۴۰۴). بررسی معیارهای مکان‌یابی بارانداز عبوری با روش ANP و Fuzzy DEMATEL (مطالعه موردی: شرکت آرتا پروفیل اردبیل)، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، (۶۰)۲۳، ۱۶-۳.
ناشر: پژوهشکده توسعه تکنولوژی

۱- مقدمه

تقاضای فزآینده مصرف‌کننده و نیاز به خدمات با کیفیت منجر به افزایش فشار و رقابت شدید بین خرده فروشان شده است؛ فروشگاه‌های بیشتری باز می‌شوند و روش‌های مدرن کسب و کار جدید برای خرده فروشان ظهور پیدا می‌کند. بنابراین چالش پیش‌رو، کاهش هزینه‌ها در حالی که ارزش خدمات را بهبود می‌بخشد، همچنان ادامه دارد (Teece, 2010)

از ابتدای این قرن، خرده‌فروشان آنلاین غول‌پیکر (مانند آمازون و والمارت با ناوگان حمل‌ونقل خود) از بارانداز عبوری به‌عنوان یک مزیت رقابتی در بازار برای کاهش هزینه‌های مربوط به نگهداری موجودی و حمل‌ونقل و در عین حال ارائه خدمات تحویل در روز بعدی به مشتریان بهره برده‌اند. علاوه بر این، شرکت‌های تدارکات شخص ثالث و شرکت‌های حامل به‌عنوان مثال، نکسوس لجستیک[3] و منلو لجستیک[4] علاوه بر خرید، انبارداری، حمل‌ونقل و تحویل، خدمات اتصال متقابل را به مشتریان ارائه می‌دهند. در عمل، در حالی که افزایش هزینه تحویل به دلیل رشد جمعیت شهری در سراسر جهان و تراکم فزاینده کاهش کالا در مناطق شهری، تقاضا برای تحویل در خانه به طرز شگفت انگیزی در حال افزایش است (Goodarzi et al., 2021)

از نقطه نظر تجاری، بارانداز عبوری، همچنین به‌عنوان یک راهبرد کارآمد برای تنظیم جریان محصولات در یک زنجیره تامین، به دلیل مزیت عدم نگهداری یا حداقل نگه داشتن سطح پایین ذخیره سازی موقت و صرفه جویی در مقیاس در حمل‌ونقل ورودی و خروجی، به رسمیت شناخته شده است.

همچنین در اکثر محیط‌های تولیدی، ارسال مستقیم از سازنده به مشتری دشوار است. بنابراین یک نقطه میانی برای ارتباط تولیدکنندگان و مشتریان ضروری است. انبار سنتی دارای چهار عملیات اصلی است: دریافت، ذخیره‌سازی، سفارش‌گیری و ارسال. به این انبارها مراکز توزیع نیز گفته می‌شود که در آن‌ها محصولات به‌صورت بلادرنگ پردازش می‌شوند و طبق برنامه زمانی وارد و خارج می‌شوند. با این وجود، معمولا به دلیل هزینه‌های نگهداری موجودی از انبار و هزینه‌های کار پر زحمت انتخاب سفارش، ذخیره‌سازی و سفارش‌گیری پرهزینه‌ترین عملیات مراکز توزیع سنتی است. بنابراین، تکنیک‌های لجستیکی که می‌توانند به کاهش هزینه های موجودی کمک کنند و در عین حال جریان کالا را افزایش دهند و چرخه حمل و نقل را کوتاه کنند، به‌عنوان یک رویکرد بارانداز قابل توجه هستند. بارانداز عبوری نوع خاصی از انبار است که در آن محصولات دریافتی بلافاصله ظرف ۲۴ ساعت به درب اسکله خروجی بارگیری می‌شود. در نتیجه، فعالیت‌های انتخاب و ذخیره‌سازی سفارش می‌تواند به حداقل برسد یا حذف شود. بارانداز عبوری مزایای بیشتری نسبت به انبار سنتی از نظر کاهش هزینه حمل و نقل و هزینه نگهداری موجودی و افزایش زمان چرخه و رضایت مشتری دارد (Buakum & Wisittipanich, 2019).

با توجه به این که مساله مکان‌یابی بارانداز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش های امروزی صنایع است و حساسیت بیشتری از طرف صنایع تولیدی نسب به این موضوع در جهت کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل مشاهده می‌شود، در نتیجه در این به بررسی معیارهای مکان‌یابی بارانداز عبوری با روش ANP و Fuzzy DEMATEL (مطالعه موردی: شرکت آرتا پروفیل اردبیل) پرداخته خواهد شد.

تحقیق موجود از دو جنبه صورت مساله و روش حل نسبت به تحقیقات پیش دارای نوآوری می باشد. در این تحقیق از تصمیم‌گیری چند شاخصه با تجزیه و تحلیل شبکه و روش آزمایشی و ارزیابی تصمیم‌گیری که از ماتریس‌ها و نمودارها برای تجسم ساختار روابط علّی پیچیده برای شناسائی و اولویت‌بندی معیارهای مکان یابی بارانداز عبوری است، استفاده شده است. در روش تجزیه و تحلیل شبکه جهت ارجحیت و رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارها جهت مکان‌یابی بارانداز عبوری و همچنین جهت شناسائی مکان‌یابی بارانداز عبوری با استفاده از روش ارزیابی و تصمیم‌گیری نمودارها با استفاده از ساختار روابط علی پیچیده از روش دیمتل فازی استفاده شده است.

۲- مرور ادبیات

بارانداز عبوری سوالات بهینه‌سازی متعددی را مطرح می‌کند، اعم از راهبردی، تاکتیکی یا عملیاتی. چندین نویسنده سعی کرده‌اند مقالاتی را که به بخشی از این سوالات می‌پردازند، مرور کنند. قربانی و افشار نجفی یک مساله مکان‌یابی انبارهای بارانداز عبوری و زمان‌بندی وسیله نقلیه در زنجیره تامین چندمحصولی با امکان برداشت و تحویل گسسته ارائه کردند (قربانی و افشارنجفی، ۱۴۰۰). غفاری توران و بدلی به روشی مشابه، عملیات مربوط به بارانداز عبوری را در بعد عملیاتی مورد بررسی

3 Nexus Logistics

4 Nexus Logistics

قرار دادند (غفاری توران و بدلی، ۱۳۹۶). قیاسی و همکاران زمان‌بندی کامیون‌ها در یک انبار بارانداز عبوری مورد توجه قرار دادند. آن‌ها با درنظرگرفتن لجستیک معکوس و مرتب‌سازی محموله‌ها، نگاهی متفاوت به مسأله داشته‌اند (قیاسی و همکاران، ۱۴۰۰). لادیار و همکاران به عملیات کراس داکینگ، تحقیق فعلی در مقابل صنعت پرداختند (Ladier & Alpan, 2016). رضایی و خیرخواه به بررسی ادبیات موضوع بارانداز عبوری در طراحی شبکه‌های لجستیک پرداختند (رضایی و خیرخواه، ۱۳۹۴).

اولین مطالعه در مورد مکان یابی بارانداز عبوری توسط سانگ و سونگ انجام شد (Sung -Sung & Song, 2003 & Yang, 2008) در مساله درنظرگرفته شده، کالاها باید از طریق یک بارانداز عبوری از گره‌های عرضه به تقاضا منتقل شوند (ارسال مستقیم مجاز نیستند). کراس داک‌ها از طریق بهینه‌سازی هزینه‌های عملیاتی و زمان، افزایش رضایت مشتری را تضمین می‌کنند (Javanmard et al., 2014- Mousavi & Tavakkoli-Moghaddam, 2013). گوموش و بوکبلایندر مساله مکان‌یابی بارانداز‌های عبوری را مورد بررسی قرار دادند (Gümüş & Bookbinder, 2004).

راهبرد بارانداز عبوری به‌طور عمده برای سیستم‌های بزرگ با تقاضای بالا و تنوع محصول استفاده می‌شود، زیرا طیف وسیعی از محصولات روزانه از بارانداز تخلیه، دسته بندی و بارگیری می‌شوند (Moghadam et al., 2014- Mousavi & Tavakkoli-Moghaddam, 2013- Dondo & Cerdá, 2014). حسنی گوردزی و همکاران(۲۰۲۰) مشکل مکان یابی بارانداز عبوری قابل اطمینان تحت خطر اختلالات را مورد بررسی قرار دادند (Goodarzi et al., 2021).

بابازاده و همکاران یک مدل بهینه سازی قوی برای مشکل مکان یابی در یک زنجیره تامین پاسخگو متشکل از کارخانه‌ها، انبارها و اسکله‌های بارانداز عبوری را پیشنهاد می‌کند (Babazadeh et al., 2014). پس از آن، رهبری و همکاران از دو مدل قوی برای درنظرگرفتن عدم قطعیت زمان سفر و عمر تازگی محصولات فاسدشدنی در مشکل مسیریابی خودرو با اتصال متقابل (VRPCD) استفاده کردند (Rahbari et al., 2019). در مقاله‌ای از درویشی و همکاران سطح برنامه‌ریزی تاکتیکی متمرکز است. نویسندگان یک رویکرد مبتنی بر روش تصادفی فازی-مقاوم ترکیبی را در برنامه‌ریزی تولید با بارانداز عبوری به کار می‌برند (Darvishi et al., 2020). حسنی گودرزی در مقاله‌ای به مساله مکان بارانداز عبوری قابل اعتماد تحت خطر اختلال پرداختند. آنها به دنبال ایجاد یک شبکه قابل اعتماد از بارانداز عبوری‌ها با درنظرگرفتن اختلالات و مسائل قابلیت اطمینان برای محافظت در برابر خطر ناهمگن شکست بارانداز عبوری بودند (Goodarzi et al., 2020).

تعدادی از مطالعات بررسی‌های دقیقی از ادبیات و شیوه‌های صنعت مربوط به عملیات بارانداز عبوری انجام دادند. به‌عنوان مثال، ون بله و همکاران ادبیات کراس داکینگ را در این حوزه بررسی کردند (Van Belle et al., 2012). لادیار و همکاران آخرین نظرسنجی گسترده مربوط به عملیات بارانداز عبوری را در سال ۲۰۱۶ انجام دادند (Ladier & Alpan, 2016). این مطالعه چندین جنبه از بارانداز عبوری را مورد بحث قرار داد، از دیدگاه راهبردی تا دیدگاه‌های تاکتیکی و عملیاتی. مشکل برنامه‌ریزی کامیون در سطح عملیاتی نیز درنظرگرفته شد. شهمیری و همکاران در مقاله‌ای یک مسئله مسیریابی و زمان بندی برای شبکه های بارانداز عبوری با محصولات فاسد شدنی، وسایل نقلیه ناهمگن و تحویل تقسیمی، ارائه کردند (Shahmiri et al., 2021).

در سال‌های اخیر نیز مقالات متعددی مسئله مکان‌یابی بارانداز عبوری را به‌همراه سایر مسائل مانند زمان‌بندی و مسیریابی مورد مطالعه قرار داده‌اند. عمادآبادی و همکاران مسئله مکان‌یابی تخصیص را در طراحی شبکه زنجیره تأمین چند دوره‌ای و چندمحصولی با درنظرگرفتن اختلال در تسهیلات و مسیرهای ارتباطی مدنظر قرار دادند (عمادآبادی و همکاران، ۱۳۹۸). حسنی گودرزی و همکاران به بررسی مسئله مکان‌یابی بارانداز عبوری قابل اعتماد تحت خطر اختلال پرداختند. آنها بیان داشتند که به دنبال ایجاد یک شبکه قابل اعتماد از بارانداز عبوری‌ها با درنظرگرفتن مشکلات ریسک و قابلیت اطمینان در برابر خطر ناهمگون شکست بارانداز هستند (Goodarzi et al., 2021). موسوی و همکاران یک مدل تصمیم‌گیری جدید برای مرکز بارانداز عبوری در شبکه‌های لجستیکی با ارزش فاصله‌ای و عدم قطعیت فازی شهودی ارائه کردند. آنها اظهار داشتند که بارانداز عبوری یک رویکرد لجستیکی جدید برای ادغام و توزیع موثر محصولات متعدد در شبکه های لجستیکی بوده است (Mousavi et al., 2019). موسی و همکاران یک الگوریتم فراابتکاری کلونی مورچگان برای مساله ایجاد شبکه کراس داکینگ ارائه کردند (Musa et al., 2010).

۳- متدولوژی تحقیق

ابزار گردآوری داده‌های این تحقیق، پرسشنامه بوده است. طبق نظر

توماس ساعتی ۱۰ نفر از خبرگان شرکت پروفیل آرتا اردبیل به‌عنوان جامعه آماری درنظرگرفته شدند. در واقع جامعه آماری کارشناسان این شرکت محدود بوده و نظرسنجی از کل جامعه آماری صورت پذیرفته است. پس از مطالعه و بررسی نظرات خبرگان شرکت و نیز مطالعه ادبیات تحقیق، اقدام به شناسایی معیارهای مکان‌یابی بارانداز عبوری گردید. سپس جهت اولویت‌بندی معیارهای مکان‌یابی بارانداز عبوری، تجزیه و تحلیل با روش ANP انجام شده است. از پرسشنامه دیگری جهت شناسایی روابط و چگونگی تاثیر عوامل و شدت اثر آن‌ها در مکان یابی بارانداز عبوری استفاده گردیده است که با روش Fuzzy DEMATEL تجزیه و تحلیل شده است. از بسته نرم افزارهای سافت گستر و Supper Decision در این تحقیق استفاده شده است.

۳-۱- تحلیل شبکه(ANP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعمیم‌یافته، از طریق درنظرگرفتن وابستگی بین عناصر سلسله مراتبی ایجاد می‌گردد. بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری را نمی‌توان به‌صورت سلسله مراتبی ساختار داد، زیرا آنها شامل تعامل و وابستگی عناصر سطح بالاتر در یک سلسله مراتب هستند. ANP به جای یک سلسله مراتب، توسط یک شبکه نمایش داده می‌شود (ساعتی، ۲۰۰۶). ANP یک تکنیک تصمیم‌گیری جامع است که از طریق آن خروجی از معیار پیروی می‌کند. AHP نقطه شروع در ANP است و شناسایی اولویت‌ها در هر دو روش مشابه و ثابت است. ANP از ۴ مرحله تشکیل شده است:

- مرحله اول: ساخت سلسله مراتبی و ساختار مسئله

ساختار مسئله در هر سلسله مراتبی مستلزم سطوحی مانند اهداف، دیدگاه‌ها، معیارها و انتخاب‌ها است. سلسله مراتب، مقایسه هدف، سطوح عناصر و رابطه بین عناصر را می‌توان از طریق بررسی ایده‌های طوفان فکری تصمیم گیرندگان یا سایر روش‌های مناسب مانند مرور ادبیات شناسایی کرد.

- مرحله دوم: تعیین وزن معیارها و دیدگاه‌ها

جدول ۱: معیارهای درنظر برای مکان‌یابی بارانداز عبوری

ابعاد اصلی	علامت اختصاری	ابعاد اصلی	علامت اختصاری
مراکز توزیع	D_1	ظرفیت ذخیره موقت	D_{15}
کاهش عملیات تحویل /توزیع	D_2	کاهش هزینه‌های موجودی	D_{16}
طراحی مسیرهای تحویل/جمع آوری از انبارهای منفرد با هزینه کم	D_3	کل زمان بارگیری یا تخلیه	D_{17}
تحویل همزمان	D_4	کل زمان ماندگاری	D_{18}
وابستگی به زمان سفر	D_5	انحراف زمان فرآیند کامیون	D_{19}
تراکم ترافیک در ساعات اوج مصرف	D_6	تعداد لمس پالت	D_{20}
ضریب تخفیف حمل-ونقل بین هاب	D_7	طول برنامه یا فاصله زمانی محصولات بارگذاری شده	D_{21}
استراتژی تخصیص تک/چندگانه	D_8	زمان بندی و مسیر یابی وسایل حمل و نقل	D_{22}
ساختار شبکه هاب(شبکه ستارهای)	D_9	مکان‌یابی و مسیریابی مراکز توزیع	D_{23}
تعداد درهای خروجی	D_{10}	یافتن بهترین مکان	D_{24}
مقدار جریان و هزینه حمل و نقل بین گره	D_{11}	بهترین زمان بندی مسیریابی وسایل نقلیه	D_{25}
افزایش جریان کالا	D_{12}	تحویل و تخصیص در درب بارانداز	D_{26}
کوتاه شدن چرخه حمل‌ونقل	D_{13}	آماده سازی سفارش و تحویل	D_{27}
زمان تحویل کوتاه‌تر	D_{14}	هزینه های دیرکرد و زودکرد	D_{28}

در این مرحله کمیته تصمیم‌گیری یک سری مقایسه زوجی مرتبط با اهمیت معیارها و دیدگاه ها ایجاد می‌کند. در این مقایسه‌ها، از شاخص ۱-۹ استفاده می‌شود. در این سطح، وزن معیارها و دیدگاه‌ها با استفاده از یک بردار سوپر ماتریس خاص تامین می‌شود و در ماتریس فوق‌العاده مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساعتی از طریق مقایسه ماتریک زوجی، نرخ سازگاری (C.R.) را معرفی کرد. اگر مقدار $C.R \leq 0.01$ باشد، سازگاری مقایسه ماتریس زوج قابل قبول است.

- مرحله سوم: ساخت و تفکیک سوپر ماتریس

مفهوم سوپرماتریس شبیه فرآیند زنجیره مارکوف است. معیارها و دیدگاه‌ها و وزن‌ها از مرحله دوم برای محاسبه ستون ماتریس فوق العاده استفاده می‌کنند. ترجیح نهایی برای هر عنصر از هر زیرگروه، با توجه به استدلال ساعتی براساس فرآیندهای مارکوف بیان می‌شود. در این حالت، عناصر سوپرماتریس به یک مقدار واحد همگرا می‌شوند که مقادیر آن در هر ردیف از سوپرماتریس برابر خواهد بود. به این ترتیب اولویت گزینه-های مقایسه و ترتیب در هر ردیف امکان‌پذیر است.

در نهایت، سوپرماتریس از طریق ضرب ابرماتریس در خودش محاسبه می‌شود. تا زمانی که مقادیر سطرهای سوپر ماتریس با مقدار مشابه هر یک از ستون‌های ماتریس همگرا شوند. ما این نتیجه را ماتریس محدود می‌نامیم.

- مرحله چهارم: انتخاب بهترین گزینه

بـا توجـه به محدود بودن ماتریس و وزن گزینه‌ها در رابطه با معیـارهـا، می‌توانیم وزن کل هر گزینه را ادغام کنیم. با توجه به اولویت وزن‌ها، گزینه را رتبه‌بندی می‌کنیم.

۳-۲- دیمتل فازی (Fuzzy DEMATEL)

دیمتل فازی برای ارزیابی روابط علی استفاده می شود. این ترکیـب برای ماهیت غیردقیق و ذهنی DEMATEL از روش قضـاوت‌های انسـانی اسـتفاده می‌شود. در تئوری مجموعه‌های فـازی از مجموعـه‌هـای بازه‌ای به جای اعداد واقعی اســتفاده می‌شـود. اصــطلاحات زبان شــناســی به اعداد فازی تبدیل می‌شـوند. روش پیشنهادی برای آشکارسازی روابط بین عوامل و رتبه بندی معیارهای مربوط به نوع روابط و تاثیر درجه شدید هر یک از معیارها مطلوب اســت. تحلیل روش دیمتل فازی به شرح زیر است:

مرحله ۱: معیارهای ارزیابی را تعریف کنید؛

مرحله ۲: گروهی از متخصصان را انتخاب کنید که دانش و تجربه‌ای در مورد مسئله دارند. تاثیر بین عوامل را با استفاده از مقایسه زوجی ارزیابی کنند؛

مرحلـه ۳: تعریف مقیـاس زبانی فازی برای مقابله با مبهم بودن ارزیابی‌های انســانی، متغیر زبانی "نفوذ" با مقیاس پنج سطحی شامل موارد زیر استفاده می‌شود؛

مرحلـه ۴: آیتم‌هـای مقیـاس در تصــمیم‌گیری گروهی پیشـنهاد شـده توسط لی(۱۹۹۴): بدون تاثیر، نفوذ بسیار کم، تـاثیر کم، تاثیر زیاد و تاثیر بســیار زیاد. اعداد فازی برای این اصـطلاحات زبانی در جدول شـماره ۲ آورده شـده اسـت. یک ماتریس رابطه مسـتقیم اولیه را با مقایسه زوجی بدست آورید. مـاتریس رابطـه مســتقیم فـازی اولیـه Z^k را بـا ارائـه روابط تـاثیرگـذاری زوج فـازی بین اجزاء در یک ماتریس n×n که k تعداد متخصـصـان اسـت، توسعه دهید. بر این اساس، ماتریس رابطه مستقیم به صورت $Z^k = [z^k_{ij}]$ ایجاد می‌شود که در آن Z یک ماتریس n × n غیر منفی اســت. Z_{ij} نشــان دهنده تاثیر مستقیم عامل i بر عامل j است و زمانی که i = j، عناصر مورب برای سادگی، $Z_{k\,ij} = 0$ را با این عنوان علامت‌گذاری کنید؛

مرحله ۵: به‌طور کلی ماتریس D را با اســتفاده از عبارات زیر به ماتریس رابطه مسـتقیم فازی نرمال شـده تبدیل کنید. به‌طور کلی ماتریس Z از رابطه مستقیم فازی زیر بدست می‌آید:

$$D = \frac{Z^k}{\max_{1\le i\le n} \sum_{j=1}^{n} Z_{ij}} \qquad i.j = 1.2. \dots . n \qquad (۱)$$

مرحلـه ۶: ماتریس کل رابطه T را با اســتفاده از عبارت زیر محاسـبه کنید، که در آن n × n با هویت I نشـان داده می‌شـود. مقادیر بالا و پایین به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود:

$$T = \left[t_{ij}\right]_{n\times n} \qquad i.j = 1.2. \dots . n \qquad (۲)$$

$$r_i = \sum_{1\le j\le n}^{n} t_{ij} \qquad i = 1.2. \dots . n \qquad (۳)$$

$$c_j = \sum_{1\le i\le n}^{n} t_{ij} \qquad j = 1.2. \dots . n \qquad (۴)$$

مرحلـه ۷: نمودار علی محورافقی $r_i + c_j$ و محور عمودی $(r_i - c_j)$ سـاخته شده است. محور افقی "برجستگی" به درجه اهمیـت عامل اشــاره دارد، درحالی‌که محور عمودی "رابطه" میزان تاثیر را می‌دهد، اگر $r_i - c_j$ نشــان محور مثبت باشــد، عامل در گروه علت است.

اگر گروه منفی باشد، در غیر این صورت، فاکتور در گروه اثر است، نمودارهای علی می‌توانند روابط پیچیده عوامل را به یک مدل ساختاری قابل فهم تبدیل کنند و آگاهی را برای حل مسئله فراهم کنند (سکر و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۲: طیف فازی برای مقایسات زوجی (لی، ۲۰۰۷)

متغییر کلامی	معادل قطعی	معادل فازی
بدون تاثیر	۰	(۰/۲۵ و ۰ و ۰)
تاثیر کم	۱	(۰/۵ و ۰/۲۵ و ۰)
تاثیر متوسط	۲	(۰/۷۵ و ۰/۵ و ۰/۲۵)
تاثیر زیاد	۳	(۱ و ۰/۷۵ و ۰/۵)
تاثیر خیلی زیاد	۴	(۱ و ۱ و ۰/۷۵)

۳-۳- مطالعه موردی

پژوهش حاضـر در شـرکت آرتا پروفیل صـورت گرفته اسـت. ایجاد انبارهای دائمی در شــرایط کنونی (افزایش ســرســام‌آور هزینه‌های خرید زمین، سـاخت سـاختمان و تامین امکانات انبار) توجیه اقتصادی مخصوصا برای شرکت‌های دارای نقدینگی پایین ندارد. با ایجاد انبارهای دائمی، سـرمایه در گردش شـرکت تبدیل به سرمایه ثابت شده و از جریان تولید خارج می‌گردد. لذا با توجه به این مشکلات در شرکت آرتا پروفیل، این شرکت جهت پژوهش انتخاب شده است. قلمرو زمانی این پژوهش از مرداد ۱۴۰۱تا دی ۱۴۰۱ است.

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

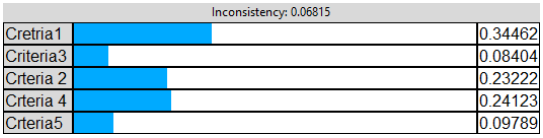
۴-۱- روش ANP

ابتدا مقایســه معیارهای تصــمیم گیری به شــرح زیر انجام می‌شود:

۱. ابعـاد مکـان‌یـابی بارانداز عبوری دارای معیارهای زیر اســت:

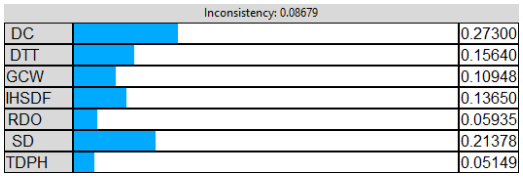
مسیریابی وسیله نقلیه، مسیریابی محل، مکان‌یابی هاب، اندازه‌گیری عملکرد، مسیریابی بارانداز عبوری.

با توجه به شکل شماره ۱، ملاحظه می‌شود که نرخ سازگاری کمتر از ۰,۱ بوده است. بنابراین ناسازگاری بین ابعاد مکان‌یابی بارانداز عبوری وجود ندارد. در این نمودار ابعاد مسئله مسیریابی وسیله نقیله با مقدار ۰,۳۴ نسبت به بقیه ابعاد مقدار بیشتری به خود اختصاص داده است و نشان‌دهنده این است که این بعد در شرکت آرتا پروفیل اردبیل از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۱: مقایسه ابعاد تصمیم‌گیری

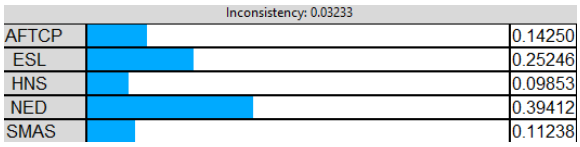
۲. نمودارهای ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری: مراکز توزیع (DC)، تحویل همزمان (SD)، وابستگی به زمان سفر (DTT)، ضریب تخفیف حمل‌ونقل بین هاب (IHSDF)، طراحی مسیرهای تحویل/جمع آوری از انبار های منفرد با هزینه کم (GCW)، کاهش تحویل/عملیات های توزیع (DDO)، تراکم ترافیک در ساعات اوج (TDPH)



شکل ۲: مقایسه ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به ابعاد مساله مسیریابی وسیله نقلیه

با توجه به شکل شماره ۲ ملاحظه می‌شود که نرخ سازگاری کمتر از ۰,۱ بوده است. بنابراین ناسازگاری بین ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری در ابعاد مسئله مسیریابی وسیله نقلیه وجود ندارد. در این نمودار با مدنظر قراردادن ابعاد مسئله مسیریابی وسیله نقلیه، معیار اول (DC) مراکز توزیع با مقدار ۰,۲۷۳ نسبت به بقیه معیارها بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. این امر نشان‌دهنده این است که این معیار برای شرکت آرتا پروفیل اردبیل از اهمیت بالایی نسبت به سایر معیارها دارد.

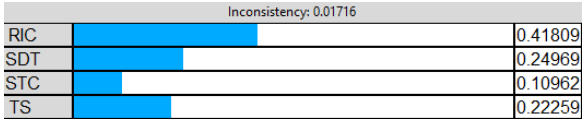
۳. ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به ابعاد مسیریابی مکان‌یابی: تعداد جریان و هزینه حمل‌ونقل بین جفت گره شرکت (AFTCP)، سطح خدمات (مکان‌یابی هاب رقابتی شرکت) (ELS)، ساختار شبکه هاب (شبکه ستاره‌ای) شرکت (HNS)، تعداد درب‌های خروجی (NED)، راهبرد تخصیص (تخصیصی تک یا چند گانه) (SMAS).



شکل ۳: مقایسه ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به ابعاد مسأله مکان‌یابی

با توجه به شکل شماره ۳، ملاحظه می‌شود که نرخ سازگاری کمتر از ۰,۱ بوده است. بنابراین ناسازگاری بین ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری در ابعاد مسیریابی مکان‌یابی وجود ندارد. در این نمودار با مدنظر قراردادن مسیریابی مکان‌یابی، معیار چهارم (NED)، تعداد درب‌های خروجی با مقدار ۰,۳۹۴۱۲ نسبت به بقیه معیارها بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

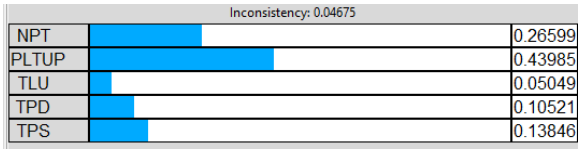
۴. ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به ابعاد مکان‌یابی هاب: کاهش هزینه‌های موجودی شرکت (RIC)، تحویل زمان کوتاه‌تر (SDT)، کوتاه شدن چرخه حمل‌ونقل (STC)، ظرفیت ذخیره موقت (TS).



شکل ۴: مقایسه ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به ابعاد مسأله مکان‌یابی هاب

ملاحظه می‌شود که نرخ سازگاری کمتر از ۰,۱ بوده است. بنابراین ناسازگاری بین ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری در مکان-یابی هاب وجود ندارد. در این نمودار با مدنظر قراردادن ابعاد مکان-یابی هاب، معیار اول (RIC) کاهش هزینه‌های موجودی شرکت با مقدار ۰,۴۱۸۰۹ نسبت به بقیه معیارها بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

۵. ارجحیت معیارهای تصمیم گیری با توجه به ابعاد اندازه‌گیری عملکرد بارانداز عبوری: تعداد لمس پالت (NPT)، طول برنامه یا فاصله زمانی محصولات بارگذاری نشده (PLTUP)، کل زمان بارگیری یا تخلیه (TLU)، کل زمان انحراف پردازش/فرآیند کامیون (TPD)، کل زمان ماندگاری محصول (TPS).



شکل ۵: مقایسه ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به اندزه-گیری عملکرد بارانداز عبوری

ملاحظه می‌شود که نرخ سازگاری کمتر از ۰,۱ بوده است. بنابراین ناسازگاری بین ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری در ابعاد ارزیابی بارانداز عبوری وجود ندارد. در این نمودار با مدنظر

قراردادن ابعاد ارزیابی عملکرد بارانداز عبوری، معیار دوم (PLTUP) طول برنامه یا فاصله زمانی محصولات بارگذاری نشده با مقدار ۰,۴۳۹۸۵ نسبت به بقیه معیارها بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

۶. ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به ابعاد مکان‌یابی بارانداز عبوری: بهترین زمان‌بندی مسیریابی وسایل نقلیه (BVRS)، آماده‌سازی سفارش و تحویل (DAD)، مراکز توزیع (DSC)، تحویل و تخصیص در درب بارانداز (FBL)، هزینه‌های دیرکرد و زودکرد (LEE)، یافتن بهترین مکان (OPD)، مسئله زمان‌بندی و مسیریابی وسایل حمل‌ونقل (VRSP).

Inconsistency: 0.09810		
BVRS		0.29788
DAD		0.12041
DSC		0.14578
FBL		0.06693
LEE		0.10433
OPD		0.20353
VRSP		0.06114

شکل ۶: مقایسه ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری با توجه به ابعاد مکان‌یابی بارانداز عبوری

ملاحظه می‌شود که نرخ سازگاری کمتر از ۰,۱ بوده است. بنابراین ناسازگاری بین ارجحیت معیارهای تصمیم‌گیری در ابعاد مکان‌یابی بارانداز عبوری وجود ندارد. در این نمودار با مدنظر قراردادن ابعاد مکان‌یابی بارانداز عبوری، معیار اول (BVRS) بهترین زمان‌بندی مسیریابی وسایل نقلیه به با مقدار ۰,۲۹۷۸۸ نسبت به بقیه معیارها بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

۷. ارجحیت نهایی معیارهای مکان یابی بارانداز عبوری با توجه به هریک از ابعاد ۵ گانه: کل زمان بارگیری و تخلیه (AL1)، صرفه‌جویی در مقیاس، مکان تاسیسات (AL2)، تصمیم‌گیری راهبردی (AL3)، زمان بندی وسایل حمل‌ونقل (AL4)، مکان تاسیسات (AL5).

با توجه به مجموع محاسبات به‌عمل آمده از طریق مقایسات زوجی و با استفاده از تکنیک ANP طبق اشکال شماره ۷ تا ۱۱ در زیر نشان داده شده‌اند.

Inconsistency: 0.08095		
AL1		0.15217
AL2		0.12939
AL3		0.17668
AL4		0.46007
AL5		0.08169

شکل ۷: ارجحیت بهترین گزینه انتخاب مکان‌یابی بارانداز عبوری با توجه به معیار مسیریابی وسیله نقلیه

Inconsistency: 0.07998		
AL1		0.07517
AL2		0.13225
AL3		0.40570
AL4		0.20986
AL5		0.17702

شکل ۸: ارجحیت بهترین گزینه انتخاب مکان‌یابی بارانداز عبوری با توجه به معیار مسیریابی-مکان‌یابی

Inconsistency: 0.12078		
AL1		0.17774
AL2		0.40087
AL3		0.10235
AL4		0.10162
AL5		0.21741

شکل ۹: ارجحیت بهترین گزینه انتخاب مکان‌یابی بارانداز عبوری با توجه به معیار مکان‌یابی هاب

Inconsistency: 0.05117		
AL1		0.21639
AL2		0.13091
AL3		0.42462
AL4		0.05561
AL5		0.17248

شکل ۱۰: ارجحیت بهترین گزینه انتخاب مکان‌یابی بارانداز عبوری با توجه به معیار اندازه‌گیری عملکرده بارانداز عبوری

Inconsistency: 0.06103		
AL1		0.10501
AL2		0.40063
AL3		0.05512
AL4		0.30130
AL5		0.13794

شکل ۱۱: ارجحیت بهترین گزینه انتخاب مکان‌یابی بارانداز عبوری با توجه به معیار مکان‌یابی بارانداز عبوری

اگر شرکت آرتا پروفیل اردبیل با توجه به معیار اول بخواهد بهترین گزینه را برای مکان‌یابی بارانداز عبوری به‌کار گیرد با توجه به شکل شماره ۷، بهترین گزینه، کل زمان بارگیری و تخلیه است. گزینه‌های صرفه‌جویی در مقیاس، مکان تاسیسات، تصمیم‌گیری راهبردی و زمان‌بندی وسایل حمل و نقل به ترتیب در رده‌های انتخاب بعدی قرار خواهند گرفت. اگر شرکت با توجه به معیار دوم مسیریابی مکان‌یابی بخواهد بهترین گزینه را برای مکان‌یابی بارانداز عبوری به‌کار گیرد با توجه به شکل شماره ۸، بهترین گزینه، صرفه‌جوئی در مقیاس و تعهد شرکت است و گزینه‌های کل زمان بارگیری و تخلیه، زمانبندی وسایل حمل‌ونقل، تصمیم‌گیری راهبردی و مکان تاسیسات به ترتیب در رده‌های انتخاب بعدی قرار خواهند گرفت. اگر شرکت با توجه به معیار سوم بخواهد بهترین گزینه را برای مکان یابی بارانداز عبوری به‌کار گیرد، با توجه به شکل شماره ۹، بهترین گزینه، تصمیم‌گیری راهبردی است وگزینه‌های کل زمان بارگیری و تخلیه، مکان تاسیسات، صرفه جوئی در مقیاس کل زمان بارگیری و تخلیه به ترتیب در رده‌های انتخاب بعدی قرار خواهند گرفت. اگر شرکت با توجه به معیار چهارم بخواهد بهترین گزینه را برای مکان‌یابی بارانداز عبوری به‌کار گیرد، با توجه به شکل شماره ۱۰، بهترین گزینه صرفه‌جوئی در مقیاس است وگزینه‌های مکان تاسیسات، زمان‌بندی وسایل حمل‌ونقل، تصمیم‌گیری راهبردی، کل زمان بارگیری و تخلیه به ترتیب در رده‌های انتخاب بعدی

قرار خواهند گرفت. اگر شرکت آرتا با توجه به معیار پنجم بخواهد بهترین گزینه را برای مکان‌یابی بارانداز عبوری به‌کار گیرد، با توجه به نمودار بهترین گزینه، تصمیم‌گیری راهبردی است وگزینه‌های کل زمان بارگیری و تخلیه، زمان‌بندی وسایل حمل‌ونقل و مکان تاسیسات به ترتیب در رده‌های انتخاب بعدی قرار خواهند گرفت.

۸. ارجحیت نهایی انتخاب بهترین گزینه مکان‌یابی بارانداز عبوری با توجه ابعاد ۵ گانه (مسیر یابی وسیله نقلیه، مسیر یابی مکان‌یابی، مکان‌یابی هاب، اندازه‌گیری عملکرد بارانداز عبوری و مکان‌یابی بارانداز عبوری):

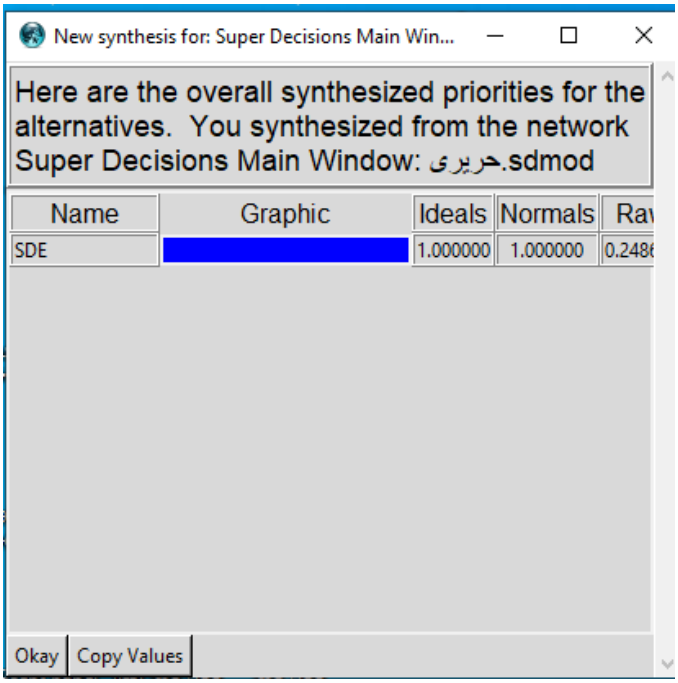
۴-۲- روش دیمتل فازی

گام ۱: برای شناسایی الگوی روابط میان n معیار ابتدا یک ماتریس n×n تشکیل می‌شود. تاثیر عنصر مندرج در هر سطر بر عناصر مندرج در ستون در این ماتریس به‌صورت یک عدد فازی درج می‌شود. اگر از دیدگاه بیش از یک نفر استفاده شود، هریک از خبرگان باید ماتریس موجود را تکمیل کنند. سپس از میانگین ساده نظرات استفاده شده و ماتریس ارتباط مستقیم z را تشکیل داده می‌شود.

با توجه به مجموع محاسبات به‌عمل آمده از طریق مقایسات زوجی و با استفاده از تکنیک ANP طبق شکل شماره ۱۲، تصمیم-گیری راهبردی به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود.

$$z = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \tilde{z}_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{1n} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \qquad (۵)$$

جدول شماره ۳ بخشی از ماتریس ارتباط مستقیم است که همان مقایسات زوجی خبرگان را نشان می دهد. اگر در ارزیابی از چند خبره استفاده شده است، ماتریس زیر میانگین حسابی تمام خبرگان است. تعداد معیارها ۲۸ عدد است که به دلیل محدودیت فقط سه معیار اول و سه معیار آخر در اینجا آورده شده است. همچنین در جدول شماره ۴ طیف کلامی به‌کار رفته در مدل آورده شده است.



شکل ۱۲: انتخاب بهترین گزینه انتخاب مکان‌یابی بارانداز عبوری در شبکه تصمیم‌گیری

جدول ۳: ماتریس ارتباط مستقیم

	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	...	معیار ۲۶	معیار ۲۷	معیار ۲۸
معیار ۱	(0.000,0.000,0.000)	(0.125,0.250,0.500)	(0.150,0.350,0.600)	...	(0.150,0.325,0.525)	(0.175,0.300,0.500)	(0.125,0.250,0.500)
معیار ۲	(0.125,0.250,0.500)	(0.000,0.000,0.000)	(0.050,0.275,0.525)	...	(0.225,0.425,0.675)	(0.100,0.250,0.425)	(0.100,0.225,0.425)
معیار ۳	(0.150,0.375,0.625)	(0.050,0.225,0.450)	(0.000,0.000,0.000)	...	(0.100,0.275,0.500)	(0.200,0.350,0.550)	(0.125,0.300,0.525)
.....	.....	...	.....	...	...	...	...
معیار ۲۶	(0.200,0.350,0.550)	(0.000,0.100,0.275)	(0.200,0.400,0.650)	...	(0.150,0.350,0.575)	(0.100,0.300,0.550)	(0.000,0.000,0.000)
معیار ۲۷	(0.125,0.275,0.500)	(0.175,0.350,0.575)	(0.150,0.300,0.525)	...	(0.200,0.375,0.575)	(0.000,0.000,0.000)	(0.075,0.200,0.425)
معیار ۲۸	(0.225,0.425,0.675)	(0.150,0.350,0.600)	(0.125,0.275,0.500)	...	(0.000,0.000,0.000)	(0.275,0.475,0.700)	(0.150,0.375,0.625)

جدول ۴: طیف کلامی

کد	عبارت کلامی	L	M	U
۱	بدون تاثیر	0	0	0.25
۲	تاثیر خیلی پایین	0	0.25	0.5
۳	تاثیر پایین	0.25	0.5	0.75
۴	تاثیر بالا	0.5	0.75	1
۵	تاثیر خیلی بالا	0.75	1	1

جدول ۵: ماتریس ارتباط فازی مستقیم

	معیار۱	معیار۲	معیار۳	...	معیار ۲۶	معیار ۲۷	معیار ۲۸
معیار۱	(0.150,0.350,0.600)	(0.125,0.250,0.500)	(0.000,0.000,0.000)	...	(0.150,0.325,0.525)	(0.175,0.300,0.500)	(0.125,0.250,0.500)
معیار۲	(0.050,0.275,0.525)	(0.000,0.000,0.000)	(0.125,0.250,0.500)	...	(0.225,0.425,0.675)	(0.100,0.250,0.425)	(0.100,0.225,0.425)
معیار۳	(0.000,0.000,0.000)	(0.050,0.225,0.450)	(0.150,0.375,0.625)	...	(0.100,0.275,0.500)	(0.200,0.350,0.550)	(0.125,0.300,0.525)
.....	....	...	....	...	...	...	...
معیار ۲۶	(0.200,0.350,0.550)	(0.000,0.100,0.275)	(0.200,0.400,0.650)	...	(0.150,0.350,0.575)	(0.100,0.300,0.550)	(0.000,0.000,0.000)
معیار ۲۷	(0.125,0.275,0.500)	(0.175,0.350,0.575)	(0.150,0.300,0.525)	...	(0.200,0.375,0.575)	(0.000,0.000,0.000)	(0.075,0.200,0.425)
معیار ۲۸	(0.225,0.425,0.675)	(0.150,0.350,0.600)	(0.125,0.275,0.500)	...	(0.000,0.000,0.000)	(0.275,0.475,0.700)	(0.150,0.375,0.625)

گام ۲: نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم فازی

برای نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم فازی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r}\right) \qquad (۶)$$

که

$$= max\text{-}(i,j) \quad [\![\left\{ \max_i \sum_{j=1}^{n} u_{ij} \, , \max_j \sum_{i=1}^{n} u_{ij} \right\} \qquad i,j \qquad (۷)$$

$$\in \{1,2,3, \dots, n\}]\!]$$

نتایج در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

گام ۳: محاسبه ماتریس فازی ارتباط کامل

در این گام طبق رابطه شماره ۸ ماتریس فازی روابط کل تشکیل می‌شود.

$$\tilde{T} = \lim_{k\to\infty} (\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}^k) \qquad (۸)$$

در هر درایه عدد فازی ماتریس روابط کل به‌صورت $\tilde{t}_{ij} = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij})$ است و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[l''_{ij}] = x_l \times (I - x_l)^{-1} \qquad (۹)$$

$$[m''_{ij}] = x_m \times (I - x_m)^{-1} \qquad (۱۰)$$

$$[u''_{ij}] = x_u \times (I - x_u)^{-1} \qquad (۱۱)$$

به عبارت دیگر ابتدا معکوس ماتریس نرمال را محاسبه نموده و سپس آن را از ماتریس I کم می‌کنیم و در انتها ماتریس نرمال را در ماتریس حاصل ضرب می کنیم. جدول شماره ۶ ماتریس ارتباط کامل فازی را نشان می‌دهد.

جدول ۶: ماتریس ارتباط فازی کامل

	معیار۱	معیار۲	معیار۳	...	معیار ۲۶	معیار ۲۷	معیار ۲۸
معیار۱	(0.009,0.021,0.036)	(0.008,0.015,0.030)	(0.000,0.000,0.000)	...	(0.009,0.020,0.032)	(0.011,0.018,0.030)	(0.008,0.015,0.030)
معیار۲	(0.003,0.017,0.032)	(0.000,0.000,0.000)	(0.008,0.015,0.030)	...	(0.014,0.026,0.041)	(0.006,0.015,0.026)	(0.006,0.014,0.026)
معیار۳	(0.000,0.000,0.000)	(0.003,0.014,0.027)	(0.009,0.023,0.038)	...	(0.006,0.017,0.030)	(0.012,0.021,0.033)	(0.008,0.018,0.032)
.....	....	...	....	...	...	...	...
معیار ۲۶	(0.012,0.021,0.033)	(0.000,0.006,0.017)	(0.012,0.024,0.039)	...	(0.009,0.021,0.035)	(0.006,0.018,0.033)	(0.000,0.000,0.000)
معیار ۲۷	(0.008,0.017,0.030)	(0.011,0.021,0.035)	(0.009,0.018,0.032)	...	(0.012,0.023,0.035)	(0.000,0.000,0.000)	(0.005,0.012,0.026)
معیار ۲۸	(0.014,0.026,0.041)	(0.009,0.021,0.036)	(0.008,0.017,0.030)	...	(0.000,0.000,0.000)	(0.017,0.029,0.042)	(0.009,0.023,0.038)

گام ۴: فازی‌زدایی مقادیر ماتریس ارتباط کامل

برای فازی زدایی از روش CFCS اپریکویک و زنگ استفاده شده است. مراحل روش فازی زدایی به صورت زیر است:

$$l_{ij}^n = \frac{(l_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{min}^{max}} \qquad (۱۲)$$

$$m_{ij}^n = \frac{(m_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{min}^{max}} \qquad (۱۳)$$

$$u_{ij}^n = \frac{(u_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{min}^{max}} \qquad (۱۴)$$

به طوری که:

$$\Delta_{min}^{max} = \max u_{ij}^t - \min l_{ij}^t \qquad (۱۵)$$

محاسبه کران بالا و پایین مقادیر نرمال:

$$l_{ij}^{s} = \frac{m_{ij}^{n}}{(1 + m_{ij}^{n} - l_{ij}^{n})} \quad (۱۶)$$

$$u_{ij}^{s} = \frac{u_{ij}^{n}}{(1 + u_{ij}^{n} - l_{ij}^{n})} \quad (۱۷)$$

خروجی الگوریتم cfcs یک ماتریس با مقادیر قطعی است.

محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال شده:

$$x_{ij} = \frac{\left[l_{ij}^{s}(1 - l_{ij}^{s}) + u_{ij}^{s} \times u_{ij}^{s}\right]}{\left[1 - l_{ij}^{s} + u_{ij}^{s}\right]} \quad (۱۸)$$

جدول شماره ۷ مقادیر دیفازی شده ماتریس ارتباط کامل را نشان می‌دهد.

جدول ۷: ماتریس ارتباط قطعی کامل

	معیار۱	معیار۲	معیار۳	...	معیار ۲۶	معیار ۲۷	معیار ۲۸
معیار۱	(0.013,0.050,0.669)	(0.012,0.042,0.635)	(0.005,0.029,0.628)	...	(0.014,0.050,0.680)	(0.015,0.049,0.674)	(0.012,0.043,0.637)
معیار۲	(0.007,0.043,0.633)	(0.004,0.026,0.576)	(0.011,0.041,0.626)	...	(0.017,0.053,0.656)	(0.010,0.043,0.638)	(0.010,0.039,0.603)
معیار۳	(0.004,0.029,0.623)	(0.007,0.040,0.621)	(0.013,0.050,0.653)	...	(0.010,0.046,0.667)	(0.016,0.051,0.666)	(0.011,0.045,0.628)
.....	....	...	....	...	...	...	...
معیار ۲۶	(0.016,0.049,0.648)	(0.004,0.033,0.605)	(0.016,0.051,0.647)	...	(0.013,0.050,0.664)	(0.010,0.048,0.659)	(0.004,0.027,0.591)
معیار ۲۷	(0.011,0.044,0.628)	(0.014,0.047,0.606)	(0.013,0.045,0.624)	...	(0.016,0.051,0.647)	(0.004,0.030,0.610)	(0.008,0.038,0.600)
معیار ۲۸	(0.018,0.056,0.691)	(0.013,0.049,0.657)	(0.012,0.046,0.674)	...	(0.005,0.032,0.667)	(0.021,0.060,0.703)	(0.013,0.051,0.661)

گام ۵: محاسبات حد آستانه

تمام مقادیر ماتریس ارتباط کامل قطعی شده که کمتر از میانگین ماتریس ارتباط کامل باشند، با استفاده از رابطه زیر شناسایی و صفر می‌شوند. به عبارت دیگر، آن رابطه علی درنظرگرفته نمی‌شود.

$$TS = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} V_{ij}}{m \times n} \quad (۱۹)$$

$$U_{ij} = \begin{cases} V_{ij} & V_{ij} \geq TS \\ 0 & Others \end{cases} \quad (۲۰)$$

جدول شماره ۸، زیرماتریس ارتباط کامل از آستانه حذف شده است را نشان می دهد. براساس جدول شماره ۸، روابط علی-معلولی بین عناصر ترسیم می‌شود. مقدار آستانه (TS) در این تحقیق برابر ۰,۰۶۲۰ است.

جدول ۸: ماتریس کامل قطعی با حذف مقادیر آستانه

	معیار۱	معیار۲	معیار۳		معیار ۲۶	معیار ۲۷	معیار۲۸
معیار۱	0	0	0.156	...	0.158	0.156	0
معیار۲	0	0	0	...	0.157	0	0
معیار۳	0.153	0	0	...	0.153	0.156	0
...	...	...	...	...	...	...	...
معیار ۲۶	0.152	0	0.154	...	0.152	0	0
معیار ۲۷	0	0	0	...	0	0	0
معیار۲۸	0.163	0.152	0.153	...	0.169	0.154	0.152

جدول ۹: ماتریس کامل قطعی با حذف مقادیر آستانه

	R	D	D+R	D-R
معیار۱)مراکز توزیع	4.213	4.322	8.536	0.109
معیار۲)کاهش عملیات تحویل/توزیع	4.036	4.087	8.123	0.051
معیار۳)طراحی مسیرهای تحویل/جمع-آوری انبارهای منفرد	4.256	4.237	8.493	-0.019
معیار۴)تحویل همزمان	4.22	4.113	8.333	-0.107
معیار۵)وابستگی به زمان سفر	4.223	4	8.223	-0.223
معیار۶)تراکم ترافیک در ساعات اوج مصرف	4.217	4.174	8.391	-0.042
معیار۷)ضریب تخفیف حمل‌ونقل بین هاب	4.19	4.266	8.456	0.076
معیار۸)استراتژی تخصیص تک/چندگانه	4.108	3.923	8.03	-0.185
معیار۹)ساختار شبکه هاب/شبکه ستاره ای	4.244	4.225	8.469	-0.019
معیار۱۰)تعداد درب‌های خروجی	4.42	4.418	8.838	-0.002
معیار۱۱)مقدار جریان حمل‌ونقل بین گره	3.889	4.129	8.019	0.24
معیار۱۲)افزایش جریان کالا	4.231	4.104	8.335	-0.127
معیار۱۳)کوتاه شدن چرخه حمل‌ونقل	4.334	4.285	8.619	-0.049
معیار۱۴)زمان تحویل کوتاه‌تر	4.237	4.174	8.411	-0.064
معیار۱۵)ظرفیت ذخیره موقت	4.403	4.394	8.797	-0.009
معیار۱۶)کاهش هزینه های موجودی	4.476	4.446	8.922	-0.03
معیار۱۷)کل زمان بارگیری/تخلیه	4.186	4.26	8.446	0.074
معیار۱۸)زمان ماندگاری محصول	4.379	4.385	8.764	0.005
معیار۱۹)انحراف فرایندکامیون	4.483	4.304	8.787	-0.18
معیار۲۰)تعداد لمس پالت	4.365	4.359	8.724	-0.006
معیار۲۱)طول برنامه یا فاصله زمانبندی محصول	4.126	4.159	8.285	0.032
معیار۲۲)زمان بندی و مسیریابی وسایل حمل‌ونقل	4.126	3.97	8.096	-0.156
معیار۲۳)مکان‌یابی و مسیریابی مراکز توزیع	3.818	4.183	8.001	0.364
معیار۲۴)یافتن بهترین مکان	4.162	4.165	8.327	0.002
معیار۲۵)بهترین زمان‌بندی مسیریابی وسایل نقلیه	4.041	4.401	8.442	0.36
معیار۲۶)تحویل و تخصیص در درب بارانداز/اسکله	4.066	4.196	8.263	0.13
معیار۲۷)آماده‌سازی سفارش و تحویل	4.373	4.106	8.479	-0.268
معیار۲۸)هزینه دیرکرد و زودکرد	4.393	4.435	8.828	0.042

گام ۶: خروجی نهایی و ایجاد نمودار علی

گام بعدی بدست آوردن مجموع سطرها و ستون های ماتریس T است. مجموع سطرها (D) و ستون ها (R) با توجه به فرمول‌های زیر بدست می‌آوریم.

$$D = \sum_{j=1}^{n} T_{ij} \quad (۲۱)$$

$$R = \sum_{i=1}^{n} \tilde{T}_{ij} \quad (۲۲)$$

سپس با توجه به D و R ، مقادیر D+R و D-R را بدست می‌آوریم که به‌ترتیب نشان‌دهنده میزان تعامل و قدرت تاثیرگذاری عوامل هستند. خروجی نهایی در جدول شماره ۹ آمده است.

شکل شماره ۱۳ نیز الگوی روابط معنی‌دار را نشان می‌دهد. این الگو در قالب یک نمودار هست که در آن محور طولی مقادیر D + R و محور عرضی براساس D - R است. موقعیت و روابط هر عامل با نقطه‌ای به مختصات (D + R,D - R) در دستگاه معین می‌شود.

گام ۷: تفسیر نتایج

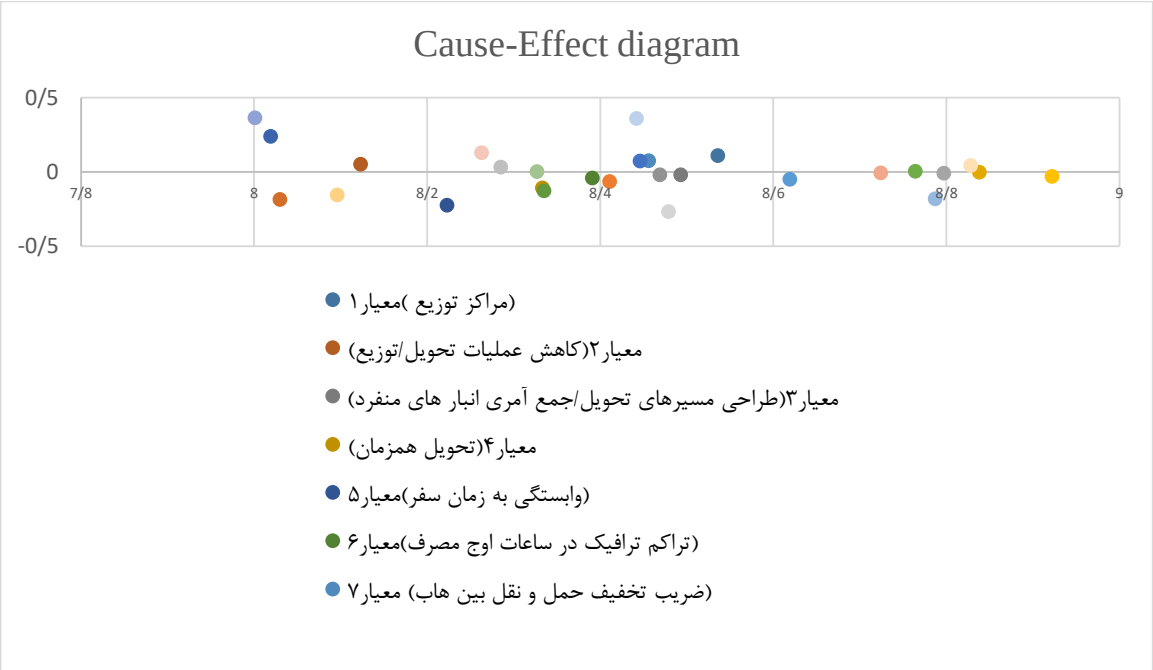
با توجه به نمودار و جدول شماره ۹، هر عامل از چهار جنبه بررسی می‌شود:

- میزان تاثیرگذاری متغیرها: جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق مراکز توزیع معیار ۱ از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است.

- میزان تاثیرپذیری متغیرها: جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق معیار ۱۹، انحراف فرایند کامیون، از بیشترین تاثیر پذیری برخوردار است.

- بردار افقی (D + R) میزان تاثیر و تاثیر عامل موردنظر در سیستم را نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر، هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. در این تحقیق معیار ۱۶، کاهش هزینه‌های موجودی، از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است.

- بردار عمودی (D - R) قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این تحقیق معیار ۱، مراکز توزیع، دارای بیشترین تاثیر است.



شکل ۱۳: الگوی روابط

بردار افقی (D+R)، میزان تاثیر و تاثر عامل موردنظر در سیستم است. به عبارت دیگر، هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس، به ترتیب معیار ۱۶ یعنی کاهش هزینه‌های موجودی، معیار ۱۰ تعداد درب‌های خروجی، معیار ۲۸ هزینه زودکرد و دیرکرد، معیار ۱۵ ظرفیت ذخیره موقت، معیار ۱۹ انحراف فرآیند کامیون، معیار ۱۸ زمان ماندگاری محصول، معیار ۲۰ تعداد لمس پالت، معیار ۱۳ کوتاه شدن چرخه حمل و نقل، هشت معیار اولی هستند که بیشترین تعامل را با دیگر عوامل مورد مطالعه دارند.

بردار عمودی (D-R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علت محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. بر

این اســـاس بـه ترتیب معیار ۲۳ مراکز توزیع، معیار ۲۵ بهترین زمان‌بندی مسـیریابی وسایل نقلیه، معیار ۱۱ مقدار جریان حمل و نقـل بین گره، معیـار ۲۶ تحویل و تخصـــیص در درب بارانداز، معیـار ۱ مکان‌یابی و مســـیریابی مراکز توزیع، معیار ۷ ضـــریب تخفیف حمـل و نقـل بین هاب‌ها، معیار ۱۷ کل زمان بارگیری و تخلیـه، معیار ۲ کاهش عملیات تحویل و توزیع، معیار ۲۸ هزینه زودکرد و دیرکرد، معیار ۲۱ فاصله زمان‌بندی محصول، معیار ۱۸ زمان ماندگاری محصـــول و معیار ۲۴ یعنی یافتن بهترین مکان، عامل‌ها هســـتند و مابقی معیارها، معیارهای وابســـته را تشـــکیل می‌دهند. همچنین قابل توجه است که اکثریت معیارهای عامل از گروه عواملی هستند که تعامل کمتری نیز با سایر معیارها دارند.

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصـــله و روش ANP، مســـئله مســـیریابی وسیله نقیله با مقدار ۰,۳۴ نسبت به بقیه معیارها بیشترین مقدار را به خود اختصـاص داده اسـت و نشـان دهنده این است که این معیار برای شـرکت آرتا پروفیل اردبیل از اهمیت بالایی نسبت به ســـایر معیارها دارد. همچنین ابعاد اندازه گیری عملکرد، مســـیر یابی مکان، مکان‌یابی بارانداز عبوری و مکان‌یابی هاب به ترتیب با داشـــتن مقـادیر ۰,۲۴ ، ۰,۲۳ ، ۰,۰۹۷ و ۰,۰۸۴ بـه ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند. با توجه به نتایج بدســـت آمده، برای شـــرکت آرتا پروفیل اردبیل ضـــروری اســـت که برای مســـئله مسـیریابی وسـیله نقیله تمهیداتی از قبیل: مسـئله مسیریابی با امکان تقسیم چندبخشی در تقاضا (SDVRP) ایجاد کند؛ تقسیم چندبخشـی در تقاضا انجام پذیرد؛ مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با امکان تقسیم تقاضا، توسعه‌ای از مسئله مسیریابی وسیله نقلیه را بوجود می‌آورد و امکان سـرویس‌دهی به مشـتریان با بیشتر از یک وسـیله نقلیه میسر می‌کند و شرکت آرتا پروفیل اردبیل باید در پروســـه کـار خود قرار دهـد. انجـام تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش Fuzzy DEMATEL با اسـتفاده از نرم‌افزار سـافت گسـتر انجام گرفت و نتایج زیر حاصـــل شـــد: در این تحقیق معیار ۱۶ کـاهش هزینه‌های موجودی از بیشـــترین تاثیرگذاری برخوردار اسـت. با توجه به نتایج بدسـت آمده، بدیهی است که شرکت آرتا پروفیـل اردبیـل بـایـد نســـبت به معیار ۱۶ یعنی کاهش هزینه موجودی، حسـاسـیت بیشـتری داشـته باشـد. زیرا هزینه‌های موجودی به‌عنوان یکی از هزینه‌های متغیر تولید به حساب می‌آید کـه بـا افزایش تولیـد، افزایش و بـا کـاهش آن کـاهش می‌یـابد. همچنین انحراف فرایند کامیون در بارانداز عبوری موجب می‌شود که بارانداز‌های عبوری با مشکل بسیاری روبرو شوند.

بـه‌منظور بهبود رونـد تحقیقات آتی و کمک به محققین بعدی پیشـــنهـادهای زیر مطرح می گردد: اســـتفاده مکان‌یابی بارانداز عبوری با اســـتفاده از توابع چندمعیاره و چندهدفه نیز پیشـــنهاد می‌گردد؛ ســـایر معیارهای مکان‌یابی بارانداز عبوری نیز می‌تواند مدنظر قرار گیرد؛ همچنین اســـتفاده از روش‌های فرا ابتکاری در شرکت‌های مشابه می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

فهرست منابع

قربانی، سـهیلا، افشـارنجفی، بهروز. (۱۴۰۰). ارائه مدل و حل مسـئله مکان‌یابی انبارهای متقاطع و زمان‌بندی وسـایل نقلیه در زنجیره تأمین چندمحصولی با امکان برداشت و تحویل گسسته. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۱(۲)، ۴۱-۶۶.
Doi: 10.52547/jimp.11.2.41

غفاری توران، حسین و بدلی، حبیب. (۱۳۹۶). عملیات بارانداز عبوری پژوهش های کنونی در مقایسه با تجربیات صنعتی، مجله مدیریت زنجیره تامین دانشگاه امام حسین(ع)، ۱۹(۵۷)، ۹۳-۱۲۱.

قیاسی، حمیدرضا، موسوی، سید میثم، عظیمی، فرزاد. (۱۴۰۰). زمان بندی کامیون ها در یک انبار متقاطع با در نظر گرفتن لجستیک معکوس و مرتب سازی محموله ها در محیط خاکستری، چهارمین کنفرانس بین المللی محاسبات نرم.
https://civilica.com/doc/1418574

رضائی، سعید، خیر خواه، امیر سامان. (۱۳۹۴): "به کارگیری عملیات بارانداز عبوری در طراحی شبکه‌های لجستیک:دسته بندی و مرور ادبیات"، مجله مدیریت زنجیره تامین، ۱۷ (۴۹). ۱۸-۱۳۵.

عمادآبادی، علی‌اصغر، تیموری، ابراهیم، پیشوایی، میرسامان. (۱۳۹۸). طراحی شبکه زنجیره تأمین چنددوره‌ای و چندمحصولی با درنظرگرفتن اختلال در تسهیلات و مسیرهای ارتباطی (موردمطالعه: طرح اشتراک نشریات)، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۹(۳)،۱۶۳-۱۳۵.

doi: 10.52547/jimp.9.3.135

Babazadeh, R., Jolai, F., Razmi, J., & Pishvaee, M. S. (2014). Developing a robust programming approach for the

responsive logistics network design under uncertainity. International Journal of Industrial Engineering, 21(1).
Buakum, D., & Wisittipanich, W. (2019, March). A literature review and further research direction in cross-docking. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (pp. 471-481).
Darvishi, F., Yaghin, R. G., & Sadeghi, A. (2020). Integrated fabric procurement and multi-site apparel production planning with cross-docking: A hybrid fuzzy-robust stochastic programming approach. Applied Soft Computing, 92, 106267.
Dondo, R., & Cerdá, J. (2014). A monolithic approach to vehicle routing and operations scheduling of a cross-dock system with multiple dock doors. Computers & Chemical Engineering, 63, 184-205.
Hasani Goodarzi, A., Zegordi, S. H., Alpan, G., Nakhai Kamalabadi, I., & Husseinzadeh Kashan, A. (2021). Reliable cross-docking location problem under the risk of disruptions. Operational Research, 21(3), 1569-1612.
Gümüş, M., & Bookbinder, J. H. (2004). Cross-docking and its implications in location-distribution systems. Journal of Business logistics, 25(2), 199-228.
Hasani Goodarzi, A., Zegordi, S. H., Alpan, G., Nakhai Kamalabadi, I., & Husseinzadeh Kashan, A. (2021). Reliable cross-docking location problem under the risk of disruptions. Operational Research, 21(3), 1569-1612.
Ladier, A. L., & Alpan, G. (2016). Cross-docking operations: Current research versus industry practice. Omega, 62, 145-162.
Javanmard, S., Vahdani, B., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2014). Solving a multi-product distribution planning problem in cross docking networks: An imperialist competitive algorithm. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 70(9), 1709-1720.
Moghadam, S. S., Ghomi, S. F., & Karimi, B. (2014). Vehicle routing scheduling problem with cross docking and split deliveries. Computers & chemical engineering, 69, 98-107.
Mousavi, S. M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2013). A hybrid simulated annealing algorithm for location and routing scheduling problems with cross-docking in the supply chain. Journal of manufacturing systems, 32(2), 335-347.
Mousavi, S. M., Antuchevičienė, J., Zavadskas, E. K., Vahdani, B., & 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.
Musa, R., Arnaout, J. P., & Jung, H. (2010). Ant colony optimization algorithm to solve for the transportation problem of cross-docking network. Computers & Industrial Engineering, 59(1), 85-92.
Rahbari, A., Nasiri, M. M., Werner, F., Musavi, M., & Jolai, F. (2019). The vehicle routing and scheduling problem with cross-docking for perishable products under uncertainty: Two robust bi-objective models. Applied Mathematical Modelling, 70, 605-625.
Shahabi-Shahmiri, R., Asian, S., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mousavi, S. M., & Rajabzadeh, M. (2021). A routing and scheduling problem for cross-docking networks with perishable products, heterogeneous vehicles and split delivery. Computers & industrial engineering, 157, 107299.
Sung, C. S., & 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., & 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.
Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. Long range planning, 43(2-3), 172-194.
Van Belle, J., Valckenaers, P., & Cattrysse, D. (2012). Cross-docking: State of the art. Omega, 40(6), 827-846.

Reference (In Persian)

Emadabadi, A.A., Teimoury, E., Pishvaee, M.S. (2019). Design of Multi-Periodical and Multi-Product Supply Chain Network with Regard to Disruption of Facilities and Communication Paths (Case Study: Subscription Plan for Publications), , Industrial Management Perspective, 9(3), 135-163.
Ghaffari Touran, H., Badali, H. (2017).Cross-Docking Operations: Current Research versus Industry Practice, Supply Chain Management, 19(57), 93-121.
Ghiasi, H.R., Musavi, S.M., Azimi, F. (2021). Truck scheduling in a cross-dock warehouse considering reverse logistics and cargo sorting in a gray environment, Fourth International Conference on Soft Computing.
Ghorbani, S., Afshar-Nadjafi, B. (2021). Modeling and Solving the Cross-Docking Centers Location and Vehicle Scheduling Problem in a Multi-Product Supply Chain with Discrete Pick-up and Delivery, Industrial Management Perspective, 11(2), 41-66.
Rezaei, S., Kheirkhah, A.S. (2015). Applying Cross-Docking Operations in Logistics Network Design: Analysis and Literature Review, Supply Chain Management, 17(49), 118-135.