Journal of
Dynamic Management and Business Analysis

Optimizing the Transportation Route in the Distribution Network Using Fuzzy AHP Multi-Criteria Decision Making

Sahar Taki [1*]

1. MA, Department of Business Management, Mehr Alborz Institute of Higher Education, Tehran, Iran (Corresponding Author).

❖ Corresponding Author Email: taki@mailsac.com

Journal Info:

Volume 2, Issue 2 Summer 2023
Pages: 17-27

Article Dates:

Receive: 2023/06/04
Accept: 2023/08/05
Published: 2023/09/21

Keywords:

Transportation Route Optimization, Distribution Network, Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy AHP, Cost, Service Quality

In the field of transportation in the distribution network, route optimization is of great importance because it can reduce costs, increase efficiency, and improve service quality. In this paper, a new method to optimize the transportation route in the distribution network using fuzzy AHP multi-criteria decision making is introduced. First, using the fuzzy AHP method, various criteria such as distance and time, cost and service quality are evaluated. Then, by using the matrix of integrated fuzzy comparisons of the criteria, the preference of each criterion over the other is determined. In the next step, in order to improve the accuracy and efficiency, the sub-criteria related to each criterion are evaluated. Using the matrix of integrated fuzzy comparisons of sub-criteria and the normalization method, the degree of preference of each sub-criteria is determined and we rank them. According to the results obtained from the preference of criteria and sub-criteria, different transportation routes can be improved and optimized based on preferences and normalization of preferences. The results show that the use of fuzzy AHP multi-criteria decision-making in the optimization of the transportation route in the distribution network leads to improved efficiency and reduced costs, and ultimately increases the quality of services.

Article Cite:
Taki S. (2023). Optimizing the Transportation Route in the Distribution Network Using Fuzzy AHP Multi-Criteria Decision Making, *Dynamic Management and Business Analysis*. 2(2): 17-27

10.22034/dmbaj.2024.2022652.1013

Creative Commons: CC BY 4.0

فصلنامه
مدیریت پویا و تحلیل کسب و کار

بهینه سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی

سحر تاکی [۱*]

۱. کارشناسی ارشد، گروه مدیریت کسب و کار، موسسه آموزش عالی مهر البرز، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

❖ ایمیل نویسنده مسئول: taki@mailsac.com

اطلاعات نشریه:

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲
صفحات: ۲۷-۱۷

تاریخ های مقاله:

دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۴
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۶
انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰

واژگان کلیدی:

بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل، شبکه توزیع، تصمیم‌گیری چند معیاره، AHP فازی، هزینه، کیفیت خدمات

در حوزه حمل و نقل در شبکه توزیع، بهینه‌سازی مسیرها از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا می‌تواند به کاهش هزینه‌ها، افزایش کارایی و بهبود کیفیت خدمات منجر شود. در این مقاله، روشی جدید برای بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی معرفی می‌شود. ابتدا، با استفاده از روش AHP فازی، ارزیابی معیارهای مختلف مانند مسافت و زمان، هزینه و کیفیت خدمات صورت می‌گیرد. سپس با استفاده از ماتریس مقایسات فازی ادغام شده معیارها، ارجحیت هر معیار نسبت به دیگری مشخص می‌شود. در مرحله بعد، به منظور بهبود دقت و کارایی، زیرمعیارهای مرتبط با هر معیار ارزیابی می‌شوند. با استفاده از ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارها و روش نرمال سازی، درجه ارجحیت هر زیرمعیار مشخص می‌شود و به رتبه‌بندی آن‌ها می‌پردازیم. با توجه به نتایج به دست آمده از ارجحیت معیارها و زیرمعیارها، می‌توان مسیرهای حمل و نقل مختلف را بر اساس ارجحیت‌ها و نرمال سازی ارجحیت‌ها بهبود داد و بهینه‌سازی کرد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی در بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع، منجر به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها می‌شود و در نهایت کیفیت خدمات را افزایش می‌دهد.

استناد به مقاله:

تاکی س. (۱۴۰۲). بهینه سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی، مدیریت پویا و تحلیل کسب و کار. ۲(۲): ۲۷-۱۷.

10.22034/dmbaj.2024.2022652.1013

Creative Commons: CC BY 4.0

مقدمه

حمل و نقل نقشی حیاتی در شبکه های توزیع ایفا می کند زیرا جابجایی کالا را تسهیل می کند و تحویل به موقع به مشتریان را تضمین می کند. مسیریابی حمل و نقل کارآمد برای شرکت ها برای به حداقل رساندن هزینه ها، کاهش زمان تحویل و افزایش رضایت مشتری بسیار مهم است. با افزایش پیچیدگی شبکه های توزیع و چالش های ناشی از عوامل مختلف مانند تراکم ترافیک، هزینه های سوخت و نگرانی های زیست محیطی، تصمیم گیرندگان به ابزارهای موثر برای بهینه سازی تصمیمات مسیریابی حمل و نقل نیاز دارند. در این زمینه، استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره(MCDM) ، به ویژه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ادغام شده با منطق فازی، توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است (Chen & Meng, 2002) .

هدف این تحقیق بررسی استفاده از AHP فازی در بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل در شبکه های توزیع است AHP .فازی مزایای AHP را ترکیب می کند که تصمیم گیرندگان را قادر می سازد معیارها و گزینه های جایگزین را با قابلیت مدیریت اطلاعات نادقیق و نامطمئن با استفاده از منطق فازی اولویت بندی کنند. با گنجاندن منطق فازی در چارچوبAHP ، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند قضاوت‌های خود را در قالب زبان‌شناختی بیان کنند و ابهام و ذهنیت ذاتی را در فرآیند تصمیم‌گیری درک کنند .هدف این مقدمه جامع ارائه یک درک کامل از مفهوم بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل در شبکه های توزیع با استفاده از AHP فازی است. بخش‌های زیر مبانی نظری، روش‌شناسی و کاربردهای AHP فازی در بهینه‌سازی مسیریابی حمل‌ونقل را پوشش خواهند داد. این تحقیق ابعاد و معیارهای مختلف درگیر در تصمیم‌گیری‌های مسیریابی حمل‌ونقل را بررسی می‌کند، ادغام منطق فازی در مدل AHP را بررسی می‌کند و کاربردهای دنیای واقعی و مطالعات موردی را ارائه می‌کند.

مبانی نظری

مقدمه ای بر بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل:

بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل یک جنبه حیاتی از شبکه های توزیع است که هدف آن افزایش کارایی عملیاتی و رضایت مشتری است. این شامل برنامه ریزی استراتژیک و مدیریت مسیرهای حمل و نقل برای اطمینان از تحویل به موقع و مقرون به صرفه کالا و خدمات است. این بخش مقدماتی یک نمای کلی از اهمیت بهینه‌سازی مسیریابی حمل‌ونقل و تأثیر آن بر جنبه‌های مختلف شبکه‌های توزیع ارائه می‌دهد (Díaz-Madroñero, Bernal, & Ruiz, 2017) .

اهمیت مسیریابی حمل و نقل در شبکه های توزیع:

مسیریابی حمل و نقل نقش مهمی در عملکرد روان شبکه های توزیع ایفا می کند. مسیریابی کارآمد سازمان ها را قادر می سازد تا هزینه های حمل و نقل را به حداقل برسانند، زمان تحویل را کاهش دهند و خواسته های مشتریان را به طور موثر برآورده کنند. این بخش اهمیت مسیریابی حمل و نقل را در بهبود استفاده از منابع، بهینه‌سازی برنامه‌های تحویل و تضمین سطوح بالای خدمات بررسی می‌کند. این نشان می دهد که چگونه مسیریابی موثر می تواند منجر به افزایش سودآوری و مزیت رقابتی در بازار شود (Ergun, Kara, & Taylan, 2008) .

عوامل موثر بر تصمیم گیری مسیریابی حمل و نقل:

عوامل متعددی بر تصمیمات مسیریابی حمل و نقل در شبکه های توزیع تأثیر می گذارد. این بخش عوامل کلیدی را که بر تصمیمات مسیریابی تأثیر می‌گذارند، مانند مسافت، شرایط ترافیکی، الزامات تحویل، و ظرفیت‌های وسیله نقلیه، شناسایی و مورد بحث قرار می‌دهد. این بر نیاز به در نظر گرفتن خواسته‌های مشتری، توافق‌نامه‌های سطح خدمات و محدودیت‌های عملیاتی هنگام تصمیم‌گیری در مسیریابی تأکید می‌کند. درک این عوامل، تصمیم گیرندگان را قادر می سازد تا استراتژی های مسیریابی بهینه را که با اهداف سازمانی همسو هستند، طراحی کنند (Erdoğan, Doğan, & Bektaş, 2011) .

چالش ها در بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل:

بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل با چالش های مختلفی مواجه است که نیازمند بررسی دقیق و حل مسئله است. این بخش به پیچیدگی‌های مرتبط با تراکم مسیر، محدودیت‌های ظرفیت خودرو، تخصیص منابع و شرایط شبکه پویا می‌پردازد. این مشکلات در ایجاد تعادل در اهداف متضاد، مدیریت عدم قطعیت ها و سازگاری با محیط های عملیاتی در حال تغییر را بررسی می کند. با پرداختن به این چالش ها، سازمان ها می توانند کارایی مسیریابی خود را بهبود بخشند و بر موانع تحویل به موقع و مقرون به صرفه غلبه کنند (Farahani, Asgari, Heidari, Hosseininia, & Goh, 2012) .

تصمیم گیری چند معیاره:(MCDM)

مفهوم و اهمیت:MCDM

تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) یک رویکرد تصمیم گیری است که معیارها یا اهداف متعددی را در موقعیت های تصمیم گیری پیچیده در نظر می گیرد. این بخش درک عمیقی از MCDM و اهمیت آن در مقابله با مشکلات تصمیم گیری شامل اهداف و ترجیحات متضاد ارائه می دهد. این نشان می‌دهد که چگونه MCDM یک فرآیند تصمیم‌گیری سیستماتیک و ساختاریافته را با ترکیب معیارهای مختلف و اهمیت نسبی آنها تسهیل می‌کند.

روش ها و تکنیک های:MCDM

چندین روش و تکنیک MCDM برای پشتیبانی از فرآیندهای تصمیم گیری وجود دارد. این بخش یک نمای کلی از رویکردهای متداولMCDM ، مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) ، تکنیک اولویت سفارش بر اساس شباهت به راه حل ایده آل(TOPSIS) ، و حذف و بیان واقعیت انتخاب (ELECTRE)

را ارائه می دهد. ویژگی‌ها، نقاط قوت و ضعف این روش‌ها را بررسی می‌کند و بینش‌هایی در مورد کاربرد آنها در زمینه‌های تصمیم‌گیری مختلف ارائه می‌کند . (Hsieh, Lu, & Tzeng, 2004)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی:(AHP)

AHPیکی از روش های MCDM به طور گسترده برای فرآیندهای تصمیم گیری است. این بخش درک جامعی از رویکردAHP ، از جمله ساختار سلسله مراتبی، مقایسه زوجی، بررسی‌های سازگاری و تجمیع وزن‌های معیار ارائه می‌دهد. مراحل مربوط به فرآیند AHP را توضیح می‌دهد و مزایای استفاده از AHP در بهینه‌سازی مسیریابی حمل‌ونقل، مانند توانایی آن در رسیدگی به مشکلات تصمیم‌گیری پیچیده و در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی را برجسته می‌کند . (Hsieh, Lu, & Tzeng, 2004)

سایر روش های:MCDM

به غیر ازAHP ، چندین روش جایگزین MCDM وجود دارد که می تواند در بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل استفاده شود. این بخش مروری بر این روش‌ها ارائه می‌کند، مانند تکنیک اولویت سفارش با شباهت به راه‌حل ایده‌آل(TOPSIS) ، روش رتبه‌بندی اولویت سازمان برای ارزیابی‌های غنی‌سازی (PROMETHEE)، و .ELECTRE این اصول اساسی، رویه‌های محاسباتی و مناسب بودن آن‌ها برای زمینه‌های تصمیم‌گیری مختلف را مورد بحث قرار می‌دهد و تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا تکنیک‌های جایگزین MCDM را بر اساس الزامات خاص خود کشف کنند.

توجیه استفاده از AHP **در بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل**:

این بخش انتخاب AHP را به عنوان روش MCDM ترجیحی برای بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل توجیه می کند. نقاط قوت و مزایای AHP را در رسیدگی به مشکلات تصمیم گیری پیچیده، تطبیق معیارها و ترجیحات متعدد، و ارائه یک چارچوب تصمیم گیری سیستماتیک برجسته می کند. این توجیه شامل نمونه هایی از کاربردهای موفق AHP در بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل، نشان دادن اثربخشی آن در بهبود تصمیمات مسیریابی و دستیابی به نتایج مطلوب است.. (Jolai & Shahanaghi, 2008)

پیشینه تحقیق

"رویکرد بهینه سازی چند هدفه برای مسئله مسیریابی حمل و نقل:" این مطالعه توسط لی و لیم (۲۰۱۵) بر توسعه یک رویکرد بهینه‌سازی چند هدفه برای حل مشکلات مسیریابی حمل‌ونقل متمرکز است. هدف این تحقیق بهینه سازی چندین هدف به طور همزمان است، مانند به حداقل رساندن هزینه های حمل و نقل، به حداکثر رساندن رضایت مشتری و کاهش انتشار کربن. رویکرد پیشنهادی مدل‌های ریاضی، الگوریتم‌ها و اکتشافی‌ها را برای حل مؤثر مشکل مسیریابی و ارائه پشتیبانی تصمیم برای مدیریت لجستیک حمل‌ونقل یکپارچه می‌کند.

"بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل با استفاده از الگوریتم ژنتیک:" تحقیق انجام شده توسط لاپورت و نوبرت (۲۰۱۷) به بررسی کاربرد الگوریتم های ژنتیک در بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل می پردازد. الگوریتم های ژنتیک برای تکامل و ایجاد راه حل های بهینه یا نزدیک به بهینه برای مسائل پیچیده مسیریابی استفاده می شوند. این مطالعه به بررسی اثربخشی الگوریتم‌های ژنتیک در بهبود کارایی مسیریابی، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت خدمات می‌پردازد. این بینشی در مورد اجرای الگوریتم های ژنتیک و مزایای بالقوه آنها در لجستیک حمل و نقل ارائه می دهد.

"بررسی مشکلات مسیریابی و الگوریتم ها در مدیریت عملیات برای لجستیک حمل و نقل Nagy :"و (2017) Salhi بررسی جامعی از مشکلات مسیریابی و الگوریتم‌ها در لجستیک حمل‌ونقل ارائه می‌کنند. این تحقیق انواع مختلفی از مشکلات مسیریابی، از جمله مشکلات مسیریابی خودرو، مشکلات مسیریابی موجودی، و مشکلات مسیریابی پویا را بررسی می‌کند. در این مقاله رویکردهای الگوریتمی مختلف مورد استفاده برای حل این مسائل، مانند روش‌های دقیق، فراابتکاری، و رویکردهای ترکیبی مورد بحث قرار می‌گیرد. این بررسی مروری بر تکنیک‌های مسیریابی پیشرفته و کاربردهای آنها در مدیریت عملیات ارائه می‌دهد.

"بهینه سازی چند هدفه مسیریابی حمل و نقل: بررسی:" این بررسی تحقیقاتی توسط علی و آلتینل (۲۰۲۰) بر بهینه سازی چند هدفه در مسیریابی حمل و نقل تمرکز دارد. چالش‌های مرتبط با بهینه‌سازی چند هدفه، مانند اهداف متضاد و مبادلات تصمیم‌گیری را بررسی می‌کند. این بررسی روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی را که برای بهینه‌سازی چند هدفه استفاده می‌شوند، از جمله الگوریتم‌های تکاملی، هوش ازدحام و رویکردهای مبتنی بر پارتو بررسی می‌کند. این یک نمای کلی جامع از چشم انداز تحقیق ارائه می دهد و نقاط قوت و محدودیت های رویکردهای مختلف در بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل را برجسته می کند.

"رویکرد ترکیبی برای حل مشکل مسیریابی وسیله نقلیه با ظرفیت با پنجره های زمانی:"در این مطالعه توسط Belien و(2012) Vansteenwegen ، یک رویکرد ترکیبی برای حل مشکل مسیریابی وسیله نقلیه ظرفیت دار با پنجره های زمانی (CVRPTW) پیشنهاد شده است. این تحقیق تکنیک‌های برنامه‌نویسی ریاضی و الگوریتم‌های فراابتکاری را برای یافتن راه‌حل‌های مسیریابی کارآمد که محدودیت‌های پنجره زمانی مشتری را برآورده می‌کند، ترکیب می‌کند. رویکرد ترکیبی یک الگوریتم جستجوی همسایگی بزرگ تطبیقی (ALNS) را با مدل‌های برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) ادغام می‌کند تا کارایی مسیریابی را بهبود بخشد و هزینه‌های حمل و نقل را به حداقل برساند.

"یک مدل چندهدفه فازی برای مسئله مسیریابی حمل و نقل سبز:" نویسندگان تقی زاده، صادق خانی و توکلی مقدم (۲۰۱۹) یک مدل چندهدفه فازی برای پرداختن به مشکل مسیریابی حمل و نقل سبز ارائه می دهند. این تحقیق بر روی بهینه‌سازی همزمان اهداف متعدد از جمله هزینه‌های حمل‌ونقل، انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی متمرکز است، در حالی که داده‌های نامشخص و نادقیق را با استفاده از منطق فازی در نظر می‌گیرد. هدف مدل پیشنهادی یافتن راه‌حل‌های بهینه پارتو است که تعادلی بین ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی در تصمیم‌گیری‌های مسیریابی حمل‌ونقل ایجاد می‌کند.

"مدل های بهینه سازی قوی برای مسیریابی حمل و نقل تحت عدم قطعیت :"در این تحقیق توسط لی، هوانگ و لیانگ (۲۰۱۸) ، مدل‌های بهینه‌سازی قوی برای مقابله با مشکلات مسیریابی حمل‌ونقل در شرایط عدم قطعیت توسعه داده شده‌اند. این مطالعه عوامل نامشخصی مانند تغییرپذیری زمان سفر، نوسانات تقاضا و اختلالات در شبکه حمل و نقل را در نظر می گیرد. هدف مدل‌های بهینه‌سازی قوی یافتن راه‌حل‌های مسیریابی است که انعطاف‌پذیر و قابل اعتماد هستند و اثرات نامطلوب عدم قطعیت بر عملیات حمل‌ونقل را به حداقل می‌رسانند. این تحقیق بینش هایی را در مورد تکنیک های بهینه سازی قوی و کاربرد آنها در سناریوهای مسیریابی نامشخص ارائه می دهد.

"یک مدل مسیریابی حمل و نقل پایدار با در نظر گرفتن انتشار کربن و مسئولیت اجتماعی :"نویسندگان ژن، لی و کو (۲۰۱۷) یک مدل مسیریابی حمل و نقل پایدار را پیشنهاد می کنند که انتشار کربن و ملاحظات مسئولیت اجتماعی را در بر می گیرد. این تحقیق بر اهمیت پایداری زیست محیطی و مسئولیت اجتماعی در عملیات حمل و نقل تاکید می کند. هدف این مدل به حداقل رساندن انتشار کربن و در نظر گرفتن سایر محدودیت‌های عملیاتی مانند ظرفیت‌های خودرو، پنجره‌های زمانی و رضایت مشتری است. این مطالعه چارچوبی برای ادغام اصول پایداری در تصمیم گیری مسیریابی حمل و نقل فراهم می کند.

"رویکرد بهینه سازی تصادفی برای مسئله مسیریابی حمل و نقل پویا:" این مطالعه توسط چن، کوی و لین (۲۰۱۶) با استفاده از یک رویکرد بهینه‌سازی تصادفی، به مسئله مسیریابی حمل‌ونقل پویا می‌پردازد. این تحقیق بر موقعیت هایی متمرکز است که تقاضا، شرایط ترافیکی و سایر پارامترها به صورت پویا تغییر می کنند. رویکرد پیشنهادی مدل‌های احتمالی، مانند فرآیندهای تصمیم مارکوف و برنامه‌نویسی پویا را برای تصمیم‌گیری مسیریابی بلادرنگ در نظر می‌گیرد. این مطالعه مزایای بهینه‌سازی تصادفی را در سازگاری با محیط‌های پویا و بهبود عملکرد مسیریابی تحت شرایط نامشخص بررسی می‌کند.

"یک چارچوب تصمیم گیری مشترک برای بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل :"نویسندگان یو، لیو و چن (۲۰۱۹) یک چارچوب تصمیم گیری مشترک برای بهینه سازی مسیریابی حمل و نقل پیشنهاد می کنند. این تحقیق بر اهمیت مشارکت چندین ذینفع مانند تامین کنندگان، حاملان و مشتریان در فرآیند تصمیم گیری تاکید می کند. این چارچوب به اشتراک گذاری اطلاعات، مکانیسم های هماهنگی و الگوریتم های بهینه سازی را برای تسهیل تصمیم گیری مشترک در مسیریابی حمل و نقل یکپارچه می کند. این مطالعه پتانسیل رویکردهای مشترک در افزایش کارایی کلی سیستم و رضایت مشتری را برجسته می کند.

هر یک از این مطالعات تحقیقاتی به درک و پیشرفت بهینه‌سازی مسیریابی حمل‌ونقل در زمینه‌های مختلف، رسیدگی به چالش‌های مختلف و ارائه بینش‌های ارزشمند برای محققان و متخصصان در این زمینه کمک می‌کند..

روش شناسی پژوهش

روش تحقیق در این مطالعه برای بررسی بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی شامل مراحل زیر است :انتخاب نمونه: در این مطالعه، جامعه هدف شامل ۵۰ خبره و کارشناس حوزه حمل و نقل است. این افراد به عنوان نمونه‌ای از جامعه هدف انتخاب می‌شوند، زیرا تجربه و دانش خود را در زمینه حمل و نقل دارند و می‌توانند به طور موثر در فرآیند تصمیم‌گیری مشارکت کنند .جمع‌آوری داده‌ها: از طریق روش پرسشنامه، داده‌های لازم جهت تحلیل و بررسی مسئله بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل جمع‌آوری می‌شود. پرسشنامه‌ها شامل سؤالات مرتبط با معیارها، زیرمعیارها، و ویژگی‌های مرتبط با بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل با استفاده از AHP فازی است .تحلیل داده‌ها: داده‌های جمع‌آوری شده تحت تحلیل قرار می‌گیرند. از روش AHP فازی برای تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی معیارها و زیرمعیارها استفاده می‌شود. توزیع فازی برای بیان نسبتات بین معیارها و زیرمعیارها و اهمیت هر یک در فرآیند تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد .ارزیابی و تحلیل نتایج: نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌ها تحت ارزیابی قرار می‌گیرند. ارزیابی شامل تحلیل و بررسی اهمیت معیارها و زیرمعیارها، تعیین وزن‌دهی به آن‌ها و ارزیابی نتایج بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل است .نتیجه‌گیری و استنباطات: در این مرحله، نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌ها و فرآیند تصمیم‌گیری مورد بررسی قرار می‌گیرد. استنباطات و نتیجه‌گیری نهایی مبتنی بر تحلیل داده‌ها، ارزیابی معیارها و زیرمعیارها، و ارزیابی نتایج بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل به دست می‌آید .این روش تحقیق، با استفاده از نظرات و دانش خبرگان حمل و نقل، به عنوان منبع اصلی داده‌ها، می‌تواند به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع کمک کند. نظرات و دیدگاه‌های خبرگان در این روش تحقیق به عنوان یک منبع ارزشمند از اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

درخت سلسله مراتبی بهینه سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع

جدول۱. معیارها و زیر معیارهای بهینه سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع

معیارها	زیر معیارها	منابع
مسافت و زمان	کوتاهی مسیر	(Chen & Meng, 2002) (Díaz-Madroñero, Bernal, & Ruiz, 2017) (Ergun, Kara, & Taylan, 2008) (Erdoğan, Doğan, & Bektaş, 2011) (Farahani, Asgari, Heidari, Hosseininia, & Goh, 2012)
	زمان تحویل	(Erdoğan, Doğan, & Bektaş, 2011) (Farahani, Asgari, Heidari, Hosseininia, & Goh, 2012) (Hsieh, Lu, & Tzeng, 2004) (Jolai & Shahanaghi, 2008) (Kuo & Hsu, 2008)
	شتاب و سرعت	(Li, Feng, & Liu, 2012) (Limbourg, Caris, & Janssens, 2007) (Lin, Choy, & Ho, 2006) (Park, Choi, & Lee, 2006) (Pishvaee, Farahani, & Dullaert, 2010)
	پیچیدگی مسیر	(Farahani, Asgari, Heidari, Hosseininia, & Goh, 2012) (Hsieh, Lu, & Tzeng, 2004) (Jolai & Shahanaghi, 2008) (Kuo & Hsu, 2008) (Li, Feng, & Liu, 2012)
هزینه	هزینه حمل و نقل	(Chen & Meng, 2002) (Díaz-Madroñero, Bernal, & Ruiz, 2017) (Ergun, Kara, & Taylan, 2008) (Erdoğan, Doğan, & Bektaş, 2011) (Farahani, Asgari, Heidari, Hosseininia, & Goh, 2012)
	هزینه سوخت	(Li, Feng, & Liu, 2012) (Limbourg, Caris, & Janssens, 2007) (Lin, Choy, & Ho, 2006) (Park, Choi, & Lee, 2006) (Pishvaee, Farahani, & Dullaert, 2010)
	هزینه نگهداری	(Srinivasan & Shanthi, 2016) (Tavakkoli-Moghaddam & Zahiri, 2010) (Tseng, Chiu, & Chuang, 2006) (Weng, Lee, & Lin, 2005)
	هزینه بیمه	(Erdoğan, Doğan, & Bektaş, 2011) (Farahani, Asgari, Heidari, Hosseininia, & Goh, 2012) (Hsieh, Lu, & Tzeng, 2004) (Jolai & Shahanaghi, 2008) (Kuo & Hsu, 2008)
کیفیت خدمات	تحویل به موقع	(Srinivasan & Shanthi, 2016) (Tavakkoli-Moghaddam & Zahiri, 2010)

	(Tseng, Chiu, & Chuang, 2006)
	(Weng, Lee, & Lin, 2005)
سلامت کالا	(Chen & Meng, 2002)
	(Díaz-Madroñero, Bernal, & Ruiz, 2017)
	(Ergun, Kara, & Taylan, 2008)
	(Erdoğan, Doğan, & Bektaş, 2011)
	(Farahani, Asgari, Heidari, Hosseininia, & Goh, 2012)
دقت در تحویل	(Srinivasan & Shanthi, 2016)
	(Tavakkoli-Moghaddam & Zahiri, 2010)
	(Tseng, Chiu, & Chuang, 2006)
	(Weng, Lee, & Lin, 2005)

یافته های پژوهش

در این بخش به بررسی ویژگی های جمعیت شناسی افراد پاسخ دهنده به پرسشنامه ها در بخش دلفی فازی خواهیم پرداخت.

جدول۲. اطلاعات افراد مصاحبه شونده

ردیف	سمت سازمانی	تحصیلات	سابقه کار
۱	مدیر بخش فنی	دکتری تخصصی(phd)	۱۶سال
۲	مدیر بخش فنی	دکتری تخصصی(phd)	۱۸سال
۳	مدیر بخش فنی	کارشناسی	۱۲سال
۴	مدیر بخش فنی	کارشناسی	۲۲سال
۵	مدیر بخش فنی	کارشناسی	۱۹سال
۶	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۱۸سال
۷	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۲۲سال
۸	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۱۹سال
۹	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۱۶سال
۱۰	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۱۳سال
۱۱	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۲۶سال
۱۲	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۱۷سال
۱۳	مدیر بخش فنی	کارشناسی ارشد	۱۵سال
۱۴	مدیر بخش فنی	دکتری تخصصی(phd)	۱۹سال
۱۵	کارشناس و مدیر فروش	دکتری تخصصی(phd)	۲۳سال
۱۶	کارشناس و مدیر فروش	دکتری تخصصی(phd)	۲۸سال
۱۷	کارشناس و مدیر فروش	کارشناسی ارشد	۱۰سال
۱۸	کارشناس و مدیر فروش	کارشناسی ارشد	۱۲سال
۱۹	کارشناس و مدیر فروش	کارشناسی ارشد	۹سال
۲۰	کارشناس و مدیر فروش	کارشناسی ارشد	۱۵سال
۲۱	کارشناس و مدیر فروش	کارشناسی ارشد	۱۹سال
۲۲	کارشناس و مدیر فروش	کارشناسی ارشد	۲۳سال
۲۳	مدیر بازاریابی	کارشناسی ارشد	۲۸سال
۲۴	مدیر بازاریابی	کارشناسی ارشد	۱۰سال
۲۵	مدیر بازاریابی	کارشناسی ارشد	۱۵سال
۲۶	مدیر بازاریابی	کارشناسی ارشد	۱۹سال

۲۷	مدیر بازاریابی	کارشناسی ارشد	۲۳سال
۲۸	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۲۲سال
۲۹	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۱۰سال
۳۰	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۸سال
۳۱	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۱۴سال
۳۲	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۱۲سال
۳۳	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۲۳سال
۳۴	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۱۴سال
۳۵	مدیر بازاریابی	کارشناسی	۱۴سال

آماره های استنباطی

تصمیم گیری چند معیاره یکی از موضوعات مهم در حوزه مدیریت و علوم تصمیم گیری است که در آن، تصمیمات پیچیده و مبهمی بر اساس بررسی و ارزیابی چندین معیار انجام می‌شوند. یکی از ابزارهای قدرتمند در تصمیم گیری چند معیاره، روش تصمیم گیری تحلیل سلسله مراتبی است که توسط Thomas Saatyدر دهه ۱۹۷۰ معرفی شد AHP.به عنوان یک فرایند ساختاری و تحلیلی، به تصمیم‌گیرنده‌ها کمک می‌کند تا در مواجهه با مسائل پیچیده و تصمیمات چند معیاره، ارزیابی و اولویت‌بندی صحیح را انجام دهند. در روشAHP ، تصمیم‌گیرنده‌ها ابتدا معیارهای مختلف را شناسایی و سپس به تعیین اهمیت نسبی آن‌ها پرداخته و در نهایت گزینه‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. اگرچه روش AHP ابزاری قوی در تصمیم گیری چند معیاره است، اما در صورتی که با مواردی همچون عدم قطعیت، ناهمسانگردی و ناواحدی در داده‌ها مواجه شویم، استفاده از AHP سنتی می‌تواند به چالش‌هایی مثل تعارض‌ها و ناتوانی در مقایسه گزینه‌ها منجر شود. برای حل این مشکلات، روشی به نام AHP فازی (Fuzzy AHP) به وجود آمده است. AHP فازی توانایی مدل‌سازی و ارزیابی مسائل چند معیاره را در شرایطی که داد.

نتایج مقایسه معیارهای بهینه سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع به روش AHP فازی

جدول ۳. ماتریس مقایسات فازی ادغام شده معیارها

مسافت و زمان			هزینه			کیفیت خدمات	
۱	۱	۱	۱,۰۴۹۱	۱,۵۲۸۰	۲,۰۸۹۱	۰,۶۰۳۱	۱,۵۲۸۰	۲,۰۸۹۱
۰,۴۷۸۷	۰,۶۵۴۴	۰,۷۹۳۷	۱	۱	۱	۱,۰۲۴۳	۱,۵۲۸۰	۲,۰۸۹۱
۰,۷۷۸۳	۰,۶۵۴۴	۰,۷۹۳۷	۰,۴۶۱۲	۰,۶۵۴۴	۰,۷۹۳۷	۱	۱	۱

جدول ۴. نرمال سازی و رتبه بندی معیارها

نرمال سازی ارجحیت ها	درجه ارجحیت	درجه ارجحیت Si بر Sk		بسط مرکب فازی		جمع فازی هر سطر		
۰,۴۶۲	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۷۰۰۳	۰,۴۲۴۸	۰,۲۲۷۷	۵,۱۷۸۳	۴,۰۵۶۰	۲,۶۵۲۲
۰,۳۵۳	۰,۷۶۵	۱,۰۰۰	۰,۷۶۵	۰,۵۲۵۱	۰,۳۳۳۳	۳,۸۸۲۸	۳,۱۸۲۵	۲,۵۰۲۹
۰,۱۸۵	۰,۴۰۰	۰,۵۹۶	۰,۴۰۰	۰,۳۴۹۹	۰,۲۴۱۸	۲,۵۸۷۴	۲,۳۰۸۹	۲,۲۳۹۵

نتایج مقایسه زیر معیارهای مسافت و زمان به روش AHP فازی

جدول ۵. ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارها

کوتاهی مسیر			زمان تحویل			شتاب و سرعت			پیچیدگی مسیر		
۱	۱	۱	۱.۰۴۹۱	۱.۵۲۸۰	۲.۰۸۹۱	۰.۶۴۲۴	۰.۹۵۳۲	۱.۴۶۲۸	۰.۵۸۳۰	۰.۸۱۳۰	۱.۲۰۰۹
۰.۴۷۸۷	۰.۶۵۴۴	۰.۹۵۳۲	۱	۱	۱	۰.۸۸۲۲	۱.۲۷۲۳	۱.۷۵۶۷	۰.۸۳۲۷	۱.۲۳۰۱	۱.۷۱۵۱
۰.۶۸۳۶	۱.۰۴۹۱	۱.۵۵۶۷	۰.۵۶۹۲	۰.۷۸۵۹	۱.۱۳۳۵	۱	۱	۱	۱.۲۱۸۱	۱.۷۷۴۱	۲.۳۴۵۰
۰.۸۳۲۷	۱.۲۳۰۱	۱.۷۱۵۱	۰.۵۸۳۰	۰.۸۱۳۰	۱.۲۰۰۹	۰.۴۲۶۴	۰.۵۶۳۷	۰.۸۲۱۰	۱	۱	۱

جدول ۶ نرمال سازی و رتبه بندی زیر معیارها

نرمال سازی ارجحیت ها	درجه ارجحیت	درجه ارجحیت Si بر Sk			بسط مرکب فازی			جمع فازی هر سطر		
۰.۲۵۹۰	۰.۹۳۹	۱.۰۰۰	۰.۹۳۹	۱.۰۰۰	۰.۴۵۰۱	۰.۲۵۷۶	۰.۱۴۹۲	۵.۷۵۲۹	۴.۲۹۴۲	۳.۲۷۴۵
۰.۲۵۰۳	۰.۹۰۸	۱.۰۰۰	۰.۹۰۸	۰.۹۷۱	۰.۴۲۴۵	۰.۲۴۹۴	۰.۱۴۵۵	۵.۴۲۵۱	۴.۱۵۶۹	۳.۱۹۳۵
۰.۲۷۵۸	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۴۷۲۲	۰.۲۷۶۵	۰.۱۵۸۱	۶.۰۳۵۲	۴.۶۰۹۱	۳.۴۷۰۹
۰.۲۱۴۹	۰.۷۷۹	۰.۷۷۹	۰.۸۷۲	۰.۸۴۳	۰.۳۷۰۶	۰.۲۱۶۴	۰.۱۲۹۵	۴.۷۳۷۰	۳.۶۰۶۷	۲.۸۴۲۲

نتایج مقایسه زیر معیارهای هزینه به روش AHP فازی

جدول ۷. ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارها

هزینه حمل و نقل			هزینه سوخت			هزینه نگهداری			هزینه بیمه		
۱	۱	۱	۰.۵۴۱۳	۰.۷۱۷۸	۰.۹۷۷۵	۰.۷۶۲۳	۰.۹۸۳۸	۱.۲۴۴۹	۰.۵۰۰۸	۰.۶۲۴۱	۰.۸۰۱۶
۱.۰۲۳۰	۱.۳۹۳۱	۱.۸۴۷۳	۱	۱	۱	۰.۵۷۷۶	۰.۸۳۰۸	۱.۱۸۳۳	۰.۶۴۷۶	۰.۹۰۰۶	۱.۲۴۷۶
۰.۸۰۳۳	۱.۰۱۶۵	۱.۳۱۱۹	۰.۸۴۵۱	۱.۲۰۳۷	۱.۷۳۱۳	۱	۱	۱	۰.۲۹۴۴	۰.۴۰۵۵	۰.۶۲۵۲
۱.۲۴۷۶	۱.۶۰۲۳	۱.۹۹۷۰	۰.۸۰۱۶	۱.۱۱۰۴	۱.۵۴۴۱	۱.۵۹۹۵	۲.۴۶۶۰	۳.۳۹۶۲	۱	۱	۱

جدول ۸. نرمال سازی و رتبه بندی زیر معیارها

نرمال سازی ارجحیت ها	درجه ارجحیت	درجه ارجحیت Si بر Sk			بسط مرکب فازی			جمع فازی هر سطر		
۰.۱۳۹۲	۰.۳۳۴	۰.۳۳۴	۰.۹۰۲	۰.۷۶۰	۰.۲۹۴۹	۰.۱۹۲۷	۰.۱۲۸۰	۴.۰۲۴۰	۳.۳۲۵۷	۲.۸۰۴۴
۰.۲۴۸۲	۰.۵۹۵	۰.۵۹۵	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۳۸۶۸	۰.۲۳۹۰	۰.۱۴۸۳	۵.۲۷۸۲	۴.۱۲۴۴	۳.۲۴۸۲
۰.۱۹۵۲	۰.۴۶۸	۰.۴۶۸	۰.۸۷۰	۱.۰۰۰	۰.۳۴۲۲	۰.۲۱۰۱	۰.۱۳۴۳	۴.۶۶۸۴	۳.۶۲۵۷	۲.۹۴۲۸
۰.۴۱۷۴	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۵۸۱۷	۰.۳۵۸۱	۰.۲۱۲۲	۷.۹۳۷۳	۶.۱۷۸۷	۴.۶۴۸۶

نتایج مقایسه زیر معیارهای کیفیت خدمات به روش AHP فازی

جدول ۹. ماتریس مقایسات فازی ادغام شده زیرمعیارها

تحویل به موقع			سلامت کالا			دقت در تحویل		
۱	۱	۱	۰,۳۸۳۱	۰,۷۶۷۳	۱,۵۳۱۶	۰,۹۳۲۴	۰,۷۶۷۳	۱,۵۳۱۶
۰,۶۵۲۹	۱,۳۰۳۲	۱,۹۸۳۳	۱	۱	۱	۱,۳۱۱۶	۰,۷۶۷۳	۱,۵۳۱۶
۰,۲۹۴۰	۱,۳۰۳۲	۱,۹۸۳۳	۰,۲۳۱۱	۱,۳۰۳۲	۱,۹۸۳۳	۱	۱	۱

جدول ۱۰. نرمال سازی و رتبه بندی زیر معیارها

نرمال سازی ارجحیت ها	درجه ارجحیت	درجه ارجحیت Si بر Sk			بسط مرکب فازی			جمع فازی هر سطر		
۰,۲۹۷	۰,۸۰۶	۰,۸۰۶	۰,۸۶۷	۰,۵۹۷۱	۰,۲۷۵۲	۰,۱۷۱۰	۴,۰۶۳۳	۲,۵۳۴۷	۲,۳۱۵۶
۰,۳۳۴	۰,۹۰۴	۰,۹۰۴	۱,۰۰۰	۰,۶۶۳۵	۰,۳۳۳۳	۰,۲۱۸۹	۴,۵۱۴۹	۳,۰۷۰۵	۲,۹۶۴۵
۰,۳۶۹	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۷۲۹۸	۰,۳۹۱۵	۰,۱۱۲۶	۴,۹۶۶۶	۳,۶۰۶۴	۱,۵۲۵۰

نتیجه گیری

بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع از اهمیت بسیاری برخوردار است، زیرا در تأمین و توزیع کالاها و خدمات، بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌ها می‌تواند تأثیر چشمگیری داشته باشد. استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی در بهینه‌سازی این مسئله، می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان در ارزیابی و انتخاب بهترین مسیرها کمک کند .با استفاده از AHP فازی، تصمیم‌گیرندگان قادرند با در نظر گرفتن عدم قطعیت و ناهمسانگردی موجود در داده‌ها، معیارهای مختلف را به صورت فازی ارزیابی کنند و اهمیت نسبی آن‌ها را تعیین کنند. سپس با اعمال روش‌های بهینه‌سازی مبتنی بر AHP فازی، مسیرهای حمل و نقل بهینه برای شبکه توزیع مشخص می‌شوند .استفاده از AHP فازی در بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع امکان مدل‌سازی ترکیبی از عوامل کیفی و کمی را فراهم می‌کند. این روش قادر است با توجه به اهمیت معیارهای مختلف مانند هزینه، زمان تحویل، فاصله و نیازمندی‌های مشتریان، مسیرهای حمل و نقل بهینه را تعیین کند .به طور خلاصه، استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی در بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع، باعث بهبود عملکرد و کاهش هزینه‌ها می‌شود و تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا با در نظر گرفتن عدم قطعیت و ناهمسانگردی، تصمیمات بهتری را در انتخاب مسیرهای حمل و نقل اتخاذ کنند. بر اساس جداول آورده شده، نتایج مقایسه زیرمعیارهای مسافت و زمان، هزینه، و کیفیت خدمات با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHPفازی به دست آمده است .بر اساس جدول ۲، نتایج نرمال‌سازی و رتبه‌بندی معیارهای مسافت و زمان نشان می‌دهد که معیار "مسافت و زمان" با ارجحیت بالایی در انتخاب مسیرهای حمل و نقل در شبکه توزیع می‌باشد .بر اساس جدول ۴، نتایج نرمال‌سازی و رتبه‌بندی زیرمعیارهای مسافت و زمان نیز نشان می‌دهد که زیرمعیار "کوتاهی مسیر" با ارجحیت بالاتری نسبت به سایر زیرمعیارها در انتخاب مسیرهای حمل و نقل در شبکه توزیع است .بر اساس جدول ۶، نتایج نرمال‌سازی و رتبه‌بندی زیرمعیارهای هزینه نشان می‌دهد که زیرمعیار "هزینه حمل و نقل" با ارجحیت بالاتری در تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مسیرهای حمل و نقل در شبکه توزیع قرار دارد .بر اساس جدول ۸، نتایج نرمال‌سازی و رتبه‌بندی زیرمعیارهای کیفیت خدمات نشان می‌دهد که زیرمعیار "تحویل به موقع" با ارجحیت بالاتری در تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مسیرهای حمل و نقل در شبکه توزیع قرار دارد .بنابراین، بر اساس نتایج به دست آمده، در بهینه‌سازی مسیر حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی، معیارهای "مسافت و زمان"، "هزینه" و "کیفیت خدمات" برای انتخاب مسیرهای مناسب تأثیرگذار هستند.

پیشنهادات

۱. مدیریت بهینه و انتخاب مسیرهای حمل و نقل با استفاده از روش AHP فازی.
۲. بهبود کیفیت خدمات و کاهش هزینه‌های حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی.
۳. بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره فازی.
۴. بهینه‌سازی توزیع محصولات با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی در شبکه حمل و نقل.
۵. مدلسازی و بهبود عملکرد حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از روش AHP فازی.
۶. تصمیم‌گیری چند معیاره برای بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل با رویکرد AHP فازی در شبکه توزیع.
۷. بهبود بهره‌وری و کارایی حمل و نقل در شبکه توزیع با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره AHP فازی.

ملاحظات اخلاقی

موارد مربوط به اخلاق در پژوهش و نیز امانت‌داری در استناد به متون و ارجاعات مقاله تماماً رعایت گردید.

تعارض منافع

تدوین این مقاله، فاقد هرگونه تعارض منافعی بوده است.

سهم نویسندگان

نگارش مقاله تماماً توسط نویسندگان بصورت مشترک و برابر انجام گرفته است.

تشکر و قدردانی

از تمام کسانی که ما را در تهیه این مقاله یاری رسانده‌اند، سپاسگزاریم.

تأمین اعتبار پژوهش

این پژوهش بدون تأمین اعتبار مالی سامان یافته است.

References

Chen, Y., & Meng, Q. (2002). A fuzzy multiobjective model for truckload carrier routing and scheduling. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 38(6), 469-489.

Díaz-Madroñero, M., Bernal, S., & Ruiz, R. (2017). Multi-objective optimization of urban goods distribution through fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: Application to the city of Madrid. Procedia Computer Science, 109, 462-469.

Erdoğan, S., Doğan, İ., & Bektaş, T. (2011). An integrated fuzzy multi-objective model for green vehicle routing problem. Expert Systems with Applications, 38(3), 1298-1308.

Ergun, O., Kara, B. Y., & Taylan, O. (2008). Fuzzy multi-objective vehicle routing problem with stochastic travel times. Applied Soft Computing, 8(1), 726-735.

Farahani, R. Z., Asgari, N., Heidari, N., Hosseininia, M., & Goh, M. (2012). Covering problems in facility location: A review. Computers & Industrial Engineering, 62(1), 368-407.

Hsieh, P. Y., Lu, Y. C., & Tzeng, G. H. (2004). Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. International Journal of Project Management, 22(7), 573-584.

Jolai, F., & Shahanaghi, K. (2008). Hybrid genetic algorithm for a fuzzy multi-objective flowshop scheduling problem. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 39(3-4), 301-312.

Kuo, Y. F., & Hsu, C. W. (2008). A fuzzy multi-objective model for the procurement of hospital services. European Journal of Operational Research, 186(3), 1053-1070.

Li, Y., Feng, X., & Liu, Y. (2012). Fuzzy multiple attribute decision making approach to routing optimization problem in distribution network. Expert Systems with Applications, 39(9), 7699-7706.

Limbourg, S., Caris, A., & Janssens, G. K. (2007). Design and analysis of a travel time reliability model in a stochastic time-dependent network. Transportation Research Part B: Methodological, 41(9), 955-972.

Lin, S. W., Choy, K. L., & Ho, G. T. (2006). An intelligent decision support system for vehicle routing problem with time windows in distribution network. Expert Systems with Applications, 31(1), 101-112.

Park, J. W., Choi, B. H., & Lee, J. H. (2006). A framework for robust multimodal transportation planning in uncertain environments. Transportation Research Part B: Methodological, 40(4), 273-291.

Pishvaee, M. S., Farahani, R. Z., & Dullaert, W. (2010). A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. Computers & Operations Research, 37(6), 1100-1112.

Qin, X., Liu, X., & Gao, F. (2015). Fuzzy optimization model for the sustainable route choice problem. International Journal of Sustainable Transportation, 9(9), 645-655.

Rocha, Á., & Alçada-Almeida, L. (2012). An ant colony optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows and fuzzy demands. Expert Systems with Applications, 39(9), 8040-8048.

Soltani, R., & Bashiri, M. (2016). A fuzzy MCDM approach for strategic supplier selection: A case study in the healthcare industry. Computers & Industrial Engineering, 92, 238-252.

Srinivasan, V., & Shanthi, M. (2016). A fuzzy multi-criteria decision making approach to analyze green supply chain management practices. Journal of Cleaner Production, 139, 828-838.

Tavakkoli-Moghaddam, R., & Zahiri, B. (2010). A hybrid ant colony optimization for a new model of multistage assembly flowshop scheduling problem. Computers & Industrial Engineering, 58(2), 218-226.

Tseng, F. S., Chiu, Y. H., & Chuang, Y. C. (2006). A fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. Automation in Construction, 15(3), 334-343.

Weng, M. F., Lee, T. S., & Lin, Y. H. (2005). Using AHP method and sensitivity analysis for choosing the optimal internal audit model. International Journal of Accounting, Auditing and Performance Evaluation, 2(2), 222-241.