



Urban Logistics in Historic Centers by Using of Multi-criteria Evaluation in the Geographical Information System in the City of Saqqez

Abolfazl Ghanbari¹✉, Sadra Karimzadeh², Bahman Mardani³

1. (Corresponding Author) *Department of Remote Sensing and Geographic Information System, Faculty of Planning and Environmental Science, University Tabriz, Tabriz, Iran*

E-mail: a_ghanbari@tabrizu.ac.ir

2. *Department of Remote Sensing and Geographic Information System, Faculty of Planning and Environmental Science, University Tabriz, Tabriz, Iran*

E-mail: sa.karimzadeh@tabrizu.ac.ir

3. *Department of Remote Sensing and Geographic Information System, Faculty of Planning and Environmental Science, University Tabriz, Tabriz, Iran*

E-mail: mardani.bahman111@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:

Received:

30 March 2025

Received in revised form:

25 May 2025

Accepted:

30 June 2025

Available online:

5 August 2025

Keywords:

Urban logistics,
Multi-criteria evaluation,
suitability map,
geographic information
system,
Saqqez.

ABSTRACT

This research aims to investigate the relationship between urban transportation and land use, texture, zoning and urban planning in order to create urban logistics strategies to help land use planning and organize logistics flows in the center of Saqqez city. This method is mainly based on the use of geographic information system, which is used to detect and accumulate cargo vehicles in the production centers of cargo trips in the central region of Saqqez city. Finally, it has been used as a factor to identify urban logistics strategies and criteria in order to improve urban logistics in Saqqez city. In addition, by using multi-criteria evaluation in geographic information system, it has been used to identify suitability map related to urban logistics activity and compatible with land use. Also, from the multi-criteria decision-making model (FUZZY AHP), the weight of the criteria and then the suitability map in the environment (ARC GIS) have been operationalized. However, the results of the final suitability based on the aggregation of the five policies indicate the suitability of the Eastern, Northern and southern towards the city center

Cite this article: Ghanbari, A., Karimzadeh, S., & Mardani, B. (2025). Urban Logistics in Historic Centers by Using of Multi-criteria Evaluation in the Geographical Information System in the City of Saqqez. *Human Geography Research Quarterly*, 57 (2), 83-103.

<http://doi.org/10.22059/jhgr.2024.365418.1008633>



© The Author (s)

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

The logistics city brings a new concept in land use planning and management of urban logistics flows, solving problems related to the movement of urban goods, while seeking a balance between the required efficiency of urban transportation and existing social costs. The concept of urban logistics is defined as the process of complete optimization of logistics and transportation and the activity of private companies in the urban area due to the increase in traffic and fuel consumption in an economic market. The importance of logistics in Saqqez city reduces traffic in the city center, which has a high traffic level, as well as reducing traffic, more penetration, security, reducing transportation costs, timely distribution of goods, and reducing pollution. The purpose of this research is to conduct urban logistics based on multi-criteria evaluation (MCE) in the geographic information system environment for possible strategies to be applied in Saqqez city in order to control traffic and reduce traffic. It is also an examination of the relationship between logistics and form, texture, zoning, and land use. Finally, the question that the current research seeks to answer is, what strategy can be used to control these problems?

Methodology

The current research method is analytical-descriptive. The information layers of the detailed city plan have been prepared by Saqqez Municipality. And the data related to the unloading and loading places has been prepared by taking the coordinates of the points by GPS. In this way, based on the opinion of experts and opinion leaders, information criteria were weighted with the help of software using the process of hierarchical analysis. In order to measure the appropriateness of logistics, it was investigated using 18 criteria in the form of five policies. And the map related to each criterion was operationalized in the form of five policies in the ArcMap environment, and all the policies were overlapped and the suitability map was obtained. In order to

investigate the relationship between urban logistics and zoning, land use, urban form and texture, as well as to validate and evaluate the sensitivity of the results of this research, use the maximum entropy model in 5 functions and 2500 repetitions for each relationship.

Results and discussion

Checking the situation of loading and unloading places: In order to check the situation of unloading and loading in Saqqez city, the transportation distance of these places with the geometric center of the city, the historical context of the city and also the places of demand. were analyzed through linear regression analysis. results show that there is a significant relationship between the distance from the date center and the distance from the geometric center with the place of demand.

Suitability of urban logistics

The policy of improving the level of access to unloading and loading elements: According to this policy, the maximum length of the network is related to the very high suitability class (71.885 meters in the entire main road network of Saqqez) and the lowest is related to the very low suitability class (1.667 meters in the entire main road network).

Policy to increase efficiency in final distribution: The results obtained from this policy, based on the fuzzification of the layers, the highest amount of network length corresponds to the high suitability class (44.915 meters in the entire main road network) and the lowest amount corresponds to the very low suitability class (3.780 meters in the entire main road network) Is.

The policy of reducing handling time: The results of the layers' fuzzification show that the highest amount of network length corresponds to the low suitability class (88.919 meters in the entire main road network of Saqqez city) and the lowest amount corresponds to the medium suitability class (13.278 meters in the entire main network) passages).

The policy of improving the level of access to facilities and basic equipment: The results of this policy show that the

maximum length of the network is related to the high suitability class (66.322 meters in the entire main road network) and the lowest is related to the very low suitability class (2.364 meters in the entire main road network).

Policy to achieve sustainable logistics: Based on the results obtained from the fuzzy overlapping of the layers (parameters), the maximum length of the network corresponds to the medium fitness class (76.403 meters in the entire main road network) and the lowest value corresponds to the very low fitness class (9.189) meters in the entire main network of roads).

The overlap of the five policies: Based on the results obtained from the fuzzy overlapping of the layers for all parameters, the highest amount of network length corresponds to the high suitability class (71.106 meters in the entire main road network) and the lowest amount corresponds to the very low suitability class (7.586 meters in the entire network) main roads).

Investigating the relationship between logistics and zoning, land use, city form and texture:

Logistics and city zoning: Therefore, commercial areas, residential areas with low density and residential areas with medium density are considered as the most important factors affecting the existence of logistic optimal points, respectively.

Logistics and urban land use: Therefore, the commercial use of residential areas with low density, residential areas with medium density, green space, urban facilities and equipment, and education are the most important factors affecting the presence of logistics optimal points, respectively.

Logistics and urban form: Therefore, the planned urban form is more important than the organic urban form in the presence of optimal logistic points.

Logistics and urban Texture: Therefore, the effect of various types of urban textures on the presence of logistics optimal points is respectively related to compact texture, scattered texture and semi-compact texture.

Conclusion

The results of the final suitability based on the aggregation of the five policies show

the suitability of the east, north and south towards the city center.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

لجستیک شهری در مراکز تاریخی با استفاده از ارزیابی چند معیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهر سقز

ابوالفضل قنبری^۱✉، صدرا کریم‌زاده^۲، بهمن مردانی^۳

- ۱- نویسنده مسئول، گروه سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: a_ghanbari@tabrizu.ac.ir
- ۲- گروه سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: sa.karimzadeh@tabrizu.ac.ir
- ۳- گروه سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mardani.bahman111@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۱/۱۰

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۰۳/۰۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۴/۰۹

تاریخ چاپ:

۱۴۰۴/۰۵/۱۴

واژگان کلیدی:

لجستیک شهری،
تحلیل ارزیابی چند معیاره،
نقشه مطلوبیت،
سیستم اطلاعات جغرافیایی،
سقز.

برنامه‌ریزی لجستیک به‌عنوان یکی از موارد مهم در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل بار و کالا از اهمیت بالایی برخوردار است. نوآوری پژوهش حاضر، بررسی رابطه بین لجستیک و فرم، بافت، منطقه بندی و کاربری زمین می‌باشد همچنین مسائل مربوط به سیاست‌ها، قوانین و مداخلات زیرساختی را جهت برنامه‌ریزی کاربری زمین ترویج داده‌شده و به بررسی لجستیک شهری در مراکز تاریخی شهر با استفاده از ارزیابی چند معیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته‌شده است. این پژوهش درصدد بررسی رابطه بین حمل‌ونقل شهری با کاربری زمین، بافت، منطقه بندی و برنامه‌ریزی شهری به‌منظور ایجاد استراتژی‌های لجستیک شهری جهت کمک به برنامه‌ریزی کاربری زمین و سازمان‌دهی جریان‌های لجستیکی در مرکز شهر سقز است. این روش عمدتاً مبتنی بر استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است که برای تشخیص تجمع وسایل نقلیه باری در مراکز تولید سفرهای باری در منطقه مرکزی شهر سقز علاوه بر این با استفاده از ارزیابی چند معیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی برای شناسایی نقشه تناسب مرتبط با فعالیت لجستیک شهری و سازگار با کاربری زمین استفاده‌شده است. همچنین از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (FUZZY AHP) وزن معیارها و سپس نقشه تناسب در محیط (ARC GIS) عملیاتی شده است. با این‌وجود نتایج تناسب نهایی بر اساس تجمع سیاست‌های پنج‌گانه حاکی از تناسب بالای محور شرقی، شمالی و جنوبی به مرکز شهر است. با تهیه نقشه‌های تناسب بر اساس هر یک از سیاست‌های پنج‌گانه امکان شبیه‌سازی سیاست‌ها و اقدامات لجستیک شهری بر اساس این سیاست‌ها فراهم گردید.

استناد: قنبری، ابوالفضل؛ کریم‌زاده، صدرا و مردانی، بهمن. (۱۴۰۴). لجستیک شهری در مراکز تاریخی با استفاده از ارزیابی چند معیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهر سقز. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۷ (۲)، ۸۳-۱۰۳.

<https://doi.org/10.22059/jhgr.2024.365418.1008633>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

© نویسندگان



مقدمه

واژه لجستیک در واقع اصطلاحی است که به مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی که در ارتباط با پشتیبانی از عملیات اطلاق می‌شود. معناهای دیگر مانند هنر زندگی کردن، علم طرح‌ریزی و محاسبه را نیز برای آن استفاده شده است در گذشته کم‌وبیش در زمینه پشتیبانی از واحدهای نظامی مورد استفاده قرار گرفته است و مفاهیم خاص نظامی از آن استخراج شده است (مشبکی، ۱۳۸۷). در سال‌های اخیر، توجه مدیران به دلایل مختلف به سیستم‌های لجستیک معطوف شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود برخی مدیران به این نتیجه رسیده‌اند که تمرکز بر بهبود کارایی موردی کارکردهایی از قبیل تأمین، تولید و یا عملیات فروش به‌تنهایی، اگر کل سیستم را از حالت تعادل خارج نکند که می‌کند، کاری بی‌بهره خواهد بود (عرب‌شاهی و همکاران، ۱۳۹۸). لجستیک شهری یک نقش مهم را در ساخت سیستم‌های حمل‌ونقل شهری کارا، دوستدار محیط‌زیست و امن بازی می‌کند در کلان‌شهرها به دلیل نیاز به سطوح بالاتری از خدمات از نظر زمان رسیدن کالا و ردیابی کالا در محیط تجارت الکترونیک، مشکلات پیچیده‌ای مرتبط با حمل‌ونقل شهری به وجود می‌آید. سیاست‌های لجستیک شهری جهت تأمین کالا و خدمات بهتر با هزینه کمتر برای مشتریان و همچنین کاهش تأثیرات مخرب محیطی و افزایش امنیت مورد نیاز است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۵). مهندسی حمل‌ونقل مبتنی بر راهبردهای بهینه سازی چستی حمل‌ونقل یعنی جابجایی می‌باشد و هدف از بهینه سازی سامانه حمل‌ونقل در مهندسی افزایش و تسهیل جابجایی است (احمدی نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). لجستیک فرآیندی است که شامل تمام فعالیت‌ها در ارتباط با جریان کالا از تولید به مصرف است و تعریف مراکز لجستیکی محلی است که تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا اعم از حمل‌ونقل و توزیع در سطوح جغرافیایی، ملی، بین‌المللی، منطقه‌ای صورت می‌گیرد. ایجاد شهر لجستیک در کشوری مانند ایران نیازمند زیرساخت فراوان است. بهبود فعالیت لجستیکی نیازمند مراکز لجستیکی است و شهر لجستیک نیازمند زیرساخت است (یگانگی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱).

اهمیت لجستیک در شهر سقز باعث روان‌سازی ترافیک در بخش مرکزی شهر که از سطح ترافیک بالایی برخوردار است و همچنین کاهش ترافیک، نفوذ بیشتر، امنیت، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، توزیع به‌موقع کالا، کاهش آلودگی می‌شود. مشکلات شهر سقز در زمینه لجستیک شامل ترافیک زیاد در مرکز شهر و سختی تردد در آن‌ها، فقدان تشکیلات منسجم و توانمند در امور اجرایی طرح‌های ترافیکی، کم‌عرض بودن اکثر خیابان‌ها جهت تردد، نبود روگذر و زیرگذر در داخل شهر جهت راحتی تردد، کم بودن تعداد پارکینگ‌های عمومی در محدوده بازار و پارک کردن وسایل نقلیه در کنار خیابان‌ها است. در نهایت سؤالی که تحقیق حاضر در پی پاسخگویی به آن است با چه استراتژی می‌توان این معضلات را کنترل کرد؟

هدف از پژوهش حاضر، بررسی لجستیک شهری مبتنی بر ارزیابی چند معیاره (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای استراتژی‌های امکان‌پذیر جهت اعمال در شهر سقز به‌منظور کنترل ترافیک و روان‌سازی ترافیک می‌باشد. و نیز بررسی رابطه لجستیک با فرم، بافت، منطقه بندی و کاربری زمین است.

مبانی نظری

سیستم‌های لجستیکی کارآمد و سازگار با محیط‌زیست به رقابت‌پذیری شهرها از نظر توسعه اقتصادی کمک می‌کند. با توجه به گسترش مناطق شهری و رشد نسبی فعالیت‌های اقتصادی، امکانات لجستیکی و موقعیت‌هایی که در مناطق خارج از مراکز شهر و حومه هستند رشد پیدا می‌کند. امروزه تصمیمات گرفته‌شده روی کاربری زمین در داخل این قلمروها در ارتباط با موقعیت و ویژگی‌ها و امکاناتی که شبکه لجستیک جهانی در ارتباط با چشم‌انداز، منابع مورد استفاده و

جغرافیای اقتصادی و اجتماعی در ناحیه‌های مادر شهری برای دهه‌های آینده انجام می‌گیرد (Cidell, 2011). حمل‌ونقل رابطه نزدیکی با کاربری زمین دارد و کاربری زمین نیز از ارکان شهرسازی می‌باشد و شهرسازی در مقوله ترافیک شهری از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از مشکلات ترافیکی در شهرها نبود مدیریت واحد بین مدیران شهرساز و متولیان ترافیک شهر است. تا زمانی که مکان‌یابی فضا و کاربری‌های فرهنگی و آموزشی و نظایر آن‌ها صرفاً بر اساس میزان مقدرات و یا نازل بودن قیمت زمین صورت گیرد نه تنها حجم سفرهای زائد کاهش نمی‌یابد، بلکه کنترل ترافیک نیز سخت خواهد شد (مهدی زاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۶). بین عامل‌های کاربری اراضی شهری، مدیریت و حمل‌ونقل ارتباط تنگاتنگ وجود دارد. بدین ترتیب که کاربری اراضی شهری موجب تولید سفر می‌شود حمل‌ونقل و ترافیک را به وجود می‌آورد در نتیجه سیستم کاربری اراضی و حمل‌ونقل شکل می‌گیرد. لذا، هدایت و کنترل این سیستم بر عهده مدیریت حمل‌ونقل و کاربری اراضی شهری است (اسدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۷). گسستگی نظام برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری و حمل‌ونقل شهری باعث بی‌نظمی در تولید و توزیع سفر و در نتیجه مشکلات ترافیکی در شهر می‌شود (رهنا و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۴). فرم شهری و طراحی محلات نقش مهمی در انتخاب وسیله سفر و مسافت طی شده ایفا می‌کند (نیک‌پور و همکاران، ۱۳۹۶: ۳). لجستیک شهری مفهومی است که سعی در تعامل سیستم‌های حمل‌ونقل بار شهری، با در نظر گرفتن تمام ذینفعان و جابجایی‌ها در مناطق شهری دارد (Crainic et al, 2009). لجستیک شهری چندین هدف را در ارتباط پویایی، پایداری، زیست‌پذیری، انعطاف‌پذیری دنبال می‌کند (کاربابایی و همکاران، ۱۳۹۷). لجستیک شهری یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های بخش حمل‌ونقل است اگر چه ۱۰ تا ۱۵ درصد ترافیک شهر، مسئول یک‌چهارم انتشار CO_2^1 و یک‌سوم انتشار NOx^2 و نیمی از ذرات معلق تولیدشده توسط بخش حمل‌ونقل در شهرهای بزرگ اروپایی را تشکیل می‌دهد (Dablanc, 2011). مفهوم لجستیک شهری به‌عنوان فرآیند بهینه‌سازی کامل لجستیک و حمل‌ونقل و فعالیت شرکت‌های خصوصی در ناحیه شهری با توجه به افزایش ترافیک و مصرف سوخت در یک بازار اقتصادی تعریف می‌شود (Taniguchi, 2001). از آنجایی که اهمیت لجستیک به دلیل کاهش دادن هزینه‌های سازمان با ایجاد مطلوبیت زمانی و مکانی برای کالا می‌باشد، روش‌هایی مانند لجستیک ناب، برون‌سپاری، لجستیک مجازی، لجستیک معکوس، لجستیک یکپارچه و مدیریت زنجیره تأمین و روش‌های لجستیکی به دنبال ایجاد مزیت رقابتی برای سازمان و افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های لجستیکی به‌عنوان بخش مهمی از هزینه‌های تولید می‌باشند به‌گونه‌ای که توسعه و به‌کارگیری مؤثر علم لجستیک و بهره‌گیری از مفاهیم علمی در مدیریت زنجیره تأمین کالا طی سنوات گذشته در برخی از کشورها موجب کاهش ۵٪ تولید ناخالص ملی گردیده است (عربشاهی و همکاران، ۱۳۹۸). تولید ناخالص در کشورهای در حال توسعه بین ۱۵ تا ۲۰ درصد اما در کشورهای توسعه‌یافته به کمتر از ۸ درصد کاهش یافته است (Nora Marei et al., 2021: 3).

لجستیک شهری یک نقش مهم را در ساخت سیستم‌های حمل‌ونقل شهری کارا، دوستدار محیط‌زیست و امن بازی می‌کند در کلان‌شهرها به دلیل نیاز به سطوح بالاتری از خدمات از نظر زمان رسیدن کالا و ردیابی کالا در محیط تجارت الکترونیک، مشکلات پیچیده‌ای مرتبط با حمل‌ونقل شهری به وجود می‌آید. سیاست‌های لجستیک شهری جهت تأمین کالا و خدمات بهتر با هزینه کمتر برای مشتریان و همچنین کاهش تأثیرات مخرب محیطی و افزایش امنیت موردنیاز است (سعیدی و همکاران ۱۳۹۵). مهندسی حمل‌ونقل مبتنی بر راهبردهای بهینه سازی چستی حمل‌ونقل یعنی جابجایی می‌باشد و هدف از بهینه سازی سامانه حمل‌ونقل در مهندسی افزایش و تسهیل جابجایی است (احمدی

1. Carbon Dioxide

2. Nitrogen Oxides

نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). شهر لجستیک مفهوم جدیدی را در برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مدیریت جریان‌های لجستیک شهری، حل مشکلات مربوط به جابجایی کالاهای شهری به ارمغان می‌آورد، درحالی‌که به دنبال تعادلی بین کارایی موردنیاز حمل‌ونقل شهری و هزینه‌های اجتماعی موجود است (محصول تراکم ترافیک، اثرات زیست‌محیطی و ... حفاظت انرژی). همچنین به دنبال بررسی رابطه بین حمل‌ونقل شهری و شکل، طراحی، منطقه بندی و برنامه‌ریزی شهری برای ایجاد استراتژی‌های لجستیک شهری است که از برنامه‌ریزی کاربری زمین و سازمان‌دهی جریان‌های لجستیکی در مرکز شهر پشتیبانی می‌کند. این روش عمدتاً مبتنی بر استفاده از تکنیک‌های ژئوپردازش است که برای تشخیص تمرکز فضایی مراکز تولید سفر باری از نظر سفرهای بالقوه تولیدشده در منطقه مرکزی سالوادور استفاده می‌شود. علاوه بر این، روش ارزیابی چند معیاره (MCE) در (GIS) سیستم اطلاعات جغرافیایی برای شناسایی نقشه‌های تناسب مرتبط با فعالیت‌های لجستیک شهری و سازگار با کاربری زمین استفاده شده است (Viana et al., 2019). لجستیک شهری و حمل‌ونقل بار فعالیت‌های ضروری برای شهرها هستند و شامل تعاملات پیچیده بین بخش عمومی و خصوصی است. شهرها در حال رشد هستند و لجستیک شهری اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. با این حال حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی، تحویل، بارگیری و تخلیه نیز اثرات منفی مربوط به مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، سروصدا و ایمنی ایجاد می‌کند. در نتیجه مقامات دولتی باید طیف وسیعی از ابتکارات را برای کاهش این تأثیرات در نظر بگیرند و اطمینان حاصل کنند که لجستیک شهری می‌تواند به‌طور کارآمد عمل کند (Browne et al, 2021). شهر لجستیک سیاست‌ها، قوانین، مداخلات زیرساختی را جهت برنامه‌ریزی کاربری زمین ترویج می‌دهد این معیارها می‌تواند با شرایط خاص ترکیب شده و کمبودهای ناشی از یک مدل پیچیده را به حداقل برساند جابجایی کالا در مناطق شهری در سال‌های اخیر رو به افزایش است و همچنین به ارتباطی که این مشکل با حفظ و نگهداری از مراکز تاریخی شهر دارد وابسته است در حقیقت در مراکز تاریخی به‌ویژه در اروپای مرکزی که شامل مکان‌های تجاری، اداری، فرهنگی که اغلب همراه با تراکم جمعیت هستند بیشتر به چشم می‌خورد (Lang et al, 2008). یکی از ضروری‌ترین نیازهای شهرها، بهبود سیستم حمل‌ونقل و کاستن از حجم حرکت‌های ترافیکی درون‌شهری است (سرتیاک و همکاران، ۱۴۰۲). حمل‌ونقل و جابه‌جایی کالا و مسافر یکی از اساسی‌ترین نیازهای بشر است که همواره به‌منزله شاخصی مطرح و بسیار مهم، در برنامه‌ریزی‌های کلان هر جامعه موردتوجه ویژه قرار دارد (حکمت‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). بهنگامی که شرکت‌ها جهت حمل‌ونقل بار از ¹(TGCs) نوعی کامیون باری استفاده می‌کنند. الگوی کاربری زمین شهری و الگوی فضایی به الگوی تقاضای حمل‌ونقل بار تبدیل می‌شوند توانایی یک ²(GIS) برای یکپارچه‌سازی عملیات پایگاه داده، مانند ضبط، ذخیره‌سازی، دست‌کاری، تجزیه و تحلیل و ارائه داده‌ها و همچنین انتخاب، جستجوی اطلاعات و تجزیه و تحلیل آماری همراه با امکان تحلیل جغرافیایی ارائه‌شده توسط نقشه‌ها، برای سازمان‌دهی، پیش‌بینی و شبیه‌سازی رویدادهای فضایی و برنامه‌ریزی استراتژی مفید است. تصمیم‌گیری چند معیاره ³(MCDM) به کاربرد ارزیابی چند معیار ⁴(MCE) در یک زمینه فضایی که در آن گزینه‌ها، معیارها و سایر عناصر مسئله تصمیم‌گیری و ابعاد فضایی را به‌طور صریح نشان می‌دهد. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره است که برای نشان دادن یک مسئله با استفاده از ساختارهای سلسله‌مراتبی استفاده می‌شود سپس برای گزینه‌ها برحسب اولویت تصمیم‌گیری بسط داده می‌شود (Saaty, 2008). تأثیر ناشی از یک یا چند متغیر از کاربری اراضی مرتبط با لجستیک شهری تأمین محل بارگیری و تخلیه بار، مکان

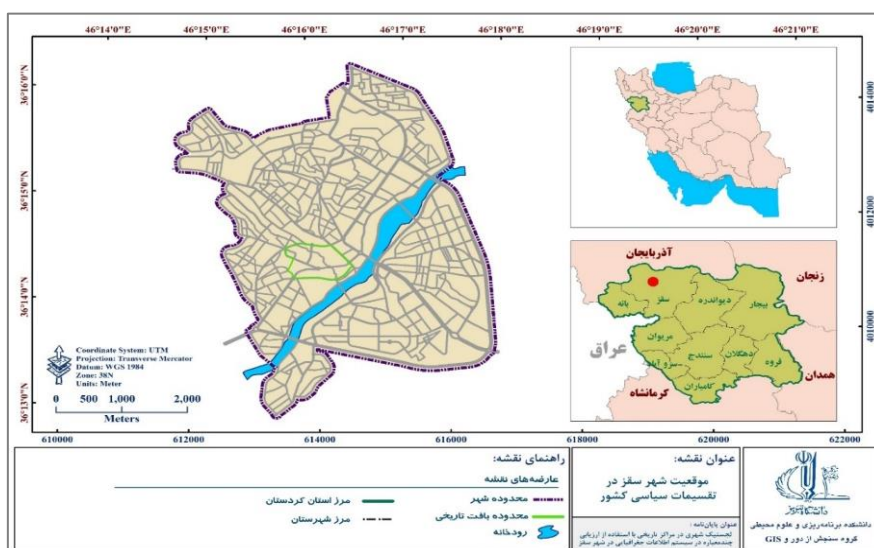
1. Telefonica Germany Customer Service

2. Geographic Information System

3. Criteria decision-making

4. Multi-Criteria Evaluation

دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی قرار دارد. جمعیت این شهر بر اساس آخرین سرشماری (۱۳۹۵) برابر با ۱۶۵۲۵۸ نفر است. این شهر با فاصله ۱۹۰ کیلومتری شهر سنندج (مرکز استان کردستان)، از شمال و شمال غرب به استان آذربایجان غربی و شهر بوکان، از جنوب غرب به شهرستان و شهر بانه، از جنوب شرق به شهرستان و شهر دیواندره از شرق و جنوب شرقی به شهرستان و شهر مریوان محدود می‌شود. روند توسعه فیزیکی شهر سقز از سال ۱۳۳۵ تاکنون نشان از توسعه فیزیکی ناموزون و بدون توجه به معیارهای شهرسازی و زیست‌محیطی دارد. مطالعات نشان می‌دهد که طی دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۵۵ الگوی توسعه شهری به تبع از شبکه ارتباطی به صورت شعاعی و در سال‌های بعد توسعه شهری به دلیل وجود موانع طبیعی در ضلع غربی شهر به تدریج از حالت شعاعی به شکل فشرده تبدیل شده و احداث پل بر روی شاخه اصلی چم سقز زمینه توسعه شهر را به طرف ضلع شرقی این رودخانه فراهم ساخته است. توسعه شهر طی دوره زمانی ۴۵-۱۳۳۵ حالت شعاعی داشته و عموماً در طول شبکه‌های ارتباطی تحقق یافته، شهر سقز در فرآیند توسعه تا سال ۱۳۴۵ به رشد کالبدی خود در پیرامون هسته قدیمی و عمدتاً به سمت شرق و جنوب غرب ادامه داده است.



شکل ۲. نقشه موقعیت شهر سقز در شهرستان و کشور

وضعیت تأسیسات حمل بار در شهر سقز

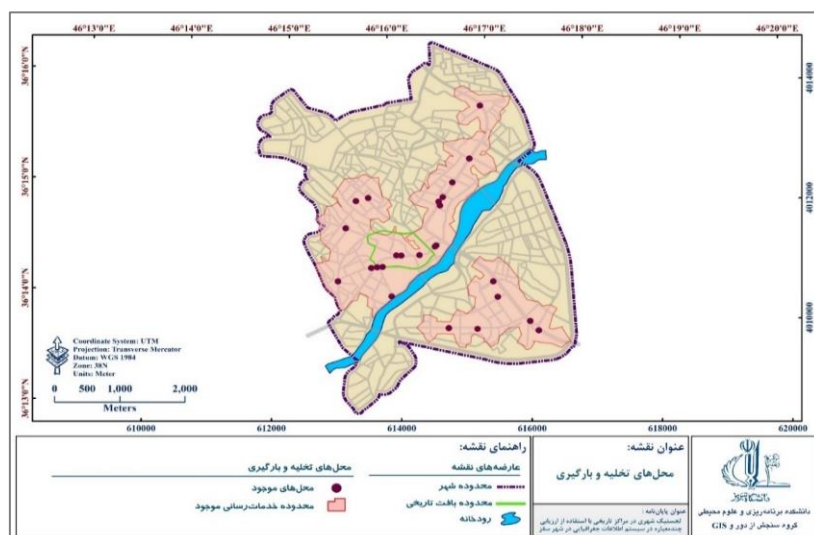
در حال حاضر ۲۵ محل تخلیه و بارگیری در سطح شهر سقز وجود دارد که از این تعداد ۱۹ محل در بخش غربی (۷۶ درصد) و تنها ۶ محل در نیمه شرقی (۲۴ درصد) شهر سقز قرار دارد. توزیع فضایی این محل‌ها نیز بسیار نامناسب بوده به گونه‌ای که محل‌های تخلیه و بارگیری موجود در بخش غربی بیشتر در دو بلوار کردستان و جمهوری قرار دارند. علاوه بر این، محدوده خدمات‌رسانی این محل‌ها تنها ۵۶۲ هکتار از ۱۶۵۷ هکتار محدوده شهر سقز را پوشش می‌دهند.

استخراج لایه‌های پایه معابر اصلی

به منظور تعیین شبکه معابر اصلی، با استفاده از داده‌های گردآوری‌شده، ابتدا شبکه معابر شهری اصلی به صورت پهنه‌ای^۱ ترسیم گردید. سپس مرز لایه پلی گنی معابر با استفاده از ابزار Polygon To Line به لایه خطی تبدیل و در

1. Polygon

نهایت با استفاده از ابزار Collapse Dual Lines To Centerline محور^۱ (خط میانی) شبکه معابر اصلی ترسیم شده و جهت رفع خطاهای احتمالی، از طریق قوانین توپولوژی^۲ مورد بازبینی قرار گرفت. در ادامه لایه خطی معابر با استفاده از ابزار Create Routes به لایه مسیر تبدیل شد. همچنین، لایه قطعات مسیر^۳ با استفاده از برش لایه پهنه‌ای معابر بر اساس داده‌های لایه مسیر و تقاطع‌های موجود تهیه گردید.



شکل ۳. نقشه موقعیت شهر سفر در شهرستان و کشور

بررسی وضعیت محل‌های تخلیه و بارگیری

ابتدا لایه‌های نقطه‌ای مرکز هندسی و بخش تاریخی شهر با استفاده از ابزار Feature To Point ایجاد گردید. در ادامه با استفاده از ابزار Create Random Points ۵۰۰ نقطه تصادفی در داخل محدوده شهری محدوده مورد مطالعه ایجاد و در یک لایه جداگانه ذخیره شد. سپس با استفاده از لایه معابر شهری که برای انجام تحلیل‌های شبکه بهینه‌شده بود (لایه مسیر)، به همراه لایه‌های نقطه‌ای مرکز هندسی، بخش تاریخی شهر و محل‌های تخلیه و بارگیری Network Dataset محدوده مورد مطالعه تهیه و ماتریس فاصله (OD Cost Matrix) برای لایه‌های محل‌های تخلیه و بارگیری (به عنوان مبدأ) و لایه‌های مرکز هندسی شهر، مرکز بخش تاریخی و محل‌های تقاضا (به عنوان مقصد) تهیه گردید. در ادامه بر اساس نتایج به دست آمده از ماتریس فاصله تأثیرپذیری میانگین فاصله تا محل‌های تقاضا از دو پارامتر فاصله تا مرکز هندسی شهر و فاصله تا بخش تاریخی شهر، از طریق تحلیل رگرسیون خطی مورد آزمون قرار گرفت. تحلیل رگرسیونی، روشی آماری برای بررسی رابطه متغیرها و به‌طور کلی پژوهش‌های علی است. در این روش رابطه متغیر یا متغیرهای مستقل با متغیر وابسته نشان داده می‌شود ساده‌ترین مدل رگرسیون، مدل رگرسیون خطی است که تنها شامل یک متغیر مستقل و یک متغیر وابسته با رابطه خطی است (مؤمنی و همکاران، ۱۳۸۸).

سنجش تناسب لجستیک

تکنیک ارزیابی چند معیاره به ما امکان می‌دهد مجموعه‌ای از معیارها را برای دستیابی به یک تصمیم مطابق با یک هدف خاص ترکیب کنیم (long et al., 2023). فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یک روش آماری پرکاربرد است و

1. Axe
2. Topology
3. Route segment

به‌عنوان یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره است (Saini et al, 2016). فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) پیشنهادشده توسط ساعتی (۱۹۸۰)، به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی‌های چندمعیاره پیچیده در زمینه‌های مختلفی استفاده‌شده است (Emrouznejha & Marra, 2017; Subramanian & Ramanathan, 2012). این روش به دلیل سهولت استفاده، ساختاردهی سیستماتیک مسائل و محاسبه وزن معیارها و اولویت‌دهی به گزینه‌ها، عملکرد مناسبی دارد. بااین‌وجود، علیرغم محبوبیت تحلیل سلسله‌مراتبی، این روش اغلب به دلیل ناتوانی آن در مدیریت کافی عدم قطعیت و عدم دقت مرتبط با ادراک تصمیم‌گیرندگان به اعداد دقیق مورد انتقاد قرار می‌گیرد (Beula & Prasad, 2013; Deng, 1999). عدم اطمینان موجود در قضاوت‌های ترجیحی، عدم اطمینان اولویت‌بندی آلترناتیوها را افزایش می‌دهد و به همان نسبت، تعیین توافق (ثبات منطقی) اولویت‌ها را مشکل می‌سازد. AHP فازی برای اجتناب از این مخاطرات عملکردی توسعه یافت تا مسائل سلسله‌مراتبی دارای ابهام را حل کند (طالقانی و همکاران، ۱۳۹۱). در این پژوهش مجموعه‌های فازی پیشنهادشده توسط لطفعلی زاده (۱۹۶۵)، با فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، ترکیب‌شده است. (فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی یا FAHP)، این روش مزیت AHP را حفظ می‌کند و به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (Mardani et al., 2015).

تعیین معیارها

بر پایه بررسی‌های نظری صورت گرفته در خصوص موضوعات قابل‌بررسی در مقوله سنجش تناسب لجستیک و همچنین داده‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده از پیمایش میدانی، ۱۸ معیار در قالب پنج سیاست تعیین شد.

جدول ۱. معیارهای به‌کاررفته در تحقیق

سیاست	معیار
ارتقاء سطح دسترسی به عناصر تخلیه و بارگیری	F01 فاصله از کاربری‌های حمل‌ونقل و انبارداری
	F02 فاصله از محل تخلیه و بارگیری
	F03 فاصله از کاربری‌های تجاری
	F04 فاصله از کاربری‌های تولیدی و کارگاهی
	F05 فاصله از کاربری‌های آموزشی
	F06 فاصله از کاربری‌های اداری
	F07 فاصله از کاربری‌های بهداشتی - درمانی
	F08 فاصله از کاربری‌های فراغت و تفریحی
	F09 فاصله از کاربری‌های فرهنگی و اجتماعی
	F10 فاصله از مناطق مسکونی با تراکم کم
	F11 فاصله از مناطق مسکونی با تراکم متوسط
	F12 فاصله از مناطق مسکونی با تراکم بالا
کاهش زمان جابجایی	F13 سطح دسترسی‌های شهری
	F14 فاصله از مرکز شهر
ارتقاء سطح دسترسی به تأسیسات و تجهیزات پایه	F15 فاصله از پارکینگ
	F16 فاصله از تأسیسات و تجهیزات عمومی
دستیابی به لجستیک پایدار	F17 فاصله از پوشش سبز
	F18 فاصله از بافت تاریخی

در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، انجام مقایسات بین گزینه‌های مختلف تصمیم بر اساس هر شاخص و قضاوت در مورد اهمیت شاخص با انجام مقایسات زوجی انجام می‌پذیرد. این کار با انجام مقایسات دوجه‌دو بین عناصر تصمیم (مقایسه

زوجی) و از طریق تخصیص امتیازات عددی که نشان‌دهنده ارجحیت یا اهمیت بین دو عنصر تصمیم است، صورت می‌گیرد. خبرگان مربوطه شامل اساتید دانشگاهی، کارشناس ترافیکی، مدیران شهرداری که پرسشنامه‌های مربوطه در اختیار آن‌ها قرار گرفت تعداد پرسشنامه مورد استفاده در این پژوهش ده عدد هست.

مراحل روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

مرحله ۱. رسم نمودار سلسله‌مراتبی؛ مرحله ۲. تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی؛ مرحله ۳. تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری اعداد فازی؛ مرحله ۴. محاسبه ماتریس S برای هر یک از سطریهای ماتریس مقایسه زوجی؛ مرحله ۵. محاسبه درجه بزرگی S ها نسبت به همدیگر؛ مرحله ۶. محاسبه وزن معیارها و گزینه ها در ماتریس‌های مقایسه زوج و مرحله ۷. محاسبه بردار وزن نهایی: در مرحله آخر، بردار وزن به دست آمده از مرحله قبل که نرمال نشده بود، را نرمالایز می‌کنیم تا بردار وزن نهایی که هدف نهایی ما از محاسبات فازی است را به دست آوریم.

تهیه لایه‌های شبکه‌ای

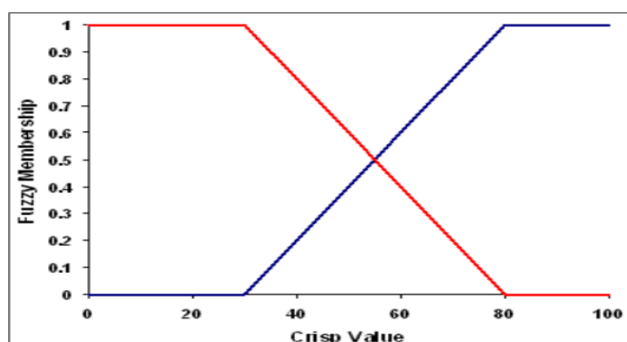
در این بخش برای هر یک از معیارها در محیط نرم‌افزار ArcMap لایه شبکه‌ای تهیه گردید. به منظور تهیه لایه‌های شبکه‌ای، ابتدا با استفاده از ابزار Buffer لایه بافر ۱۰ متر لایه پهنه‌ای شبکه معابر اصلی تهیه و به عنوان محدوده تحلیل در نظر گرفته شد (لایه محدوده تحلیل). در تهیه تمامی معیارها به جز معیار سطح دسترسی‌های شهری از ابزار Euclidean Distance استفاده شده است. برای ارزش‌گذاری لایه شبکه‌ای سطح دسترسی‌های شهری، با توجه به سلسله‌مراتب دسترسی‌های شهری محدوده مورد مطالعه، در یک طیف پنج‌تایی (۱ تا ۵) به دسترسی‌های شهری امتیاز داده شد و سپس بر این اساس امتیاز شبکه معابر به تفکیک قطعات لایه قطعات مسیر (۸۹۷ قطعه) تعیین گردید. در ادامه با استفاده از ابزار Polygon to Raster لایه شبکه‌ای سطح دسترسی‌های شهری تهیه گردید.

جدول ۳. وزن معیارهای تحقیق

سیاست	عوامل	وزن نسبی	وزن نهایی
ارتقاء سطح دسترسی به عناصر تخلیه و بارگیری	F01	فاصله از کاربری‌های حمل‌ونقل و انبارداری	۰/۴۰۰
	F02	فاصله از محل تخلیه و بارگیری	۰/۰۸۹
	F03	فاصله از کاربری‌های تجاری	۰/۲۲۷
	F04	فاصله از کاربری‌های تولیدی و کارگاهی	۰/۱۲۸
	F05	فاصله از کاربری‌های آموزشی	۰/۰۲۵
	F06	فاصله از کاربری‌های اداری	۰/۰۵۳
	F07	فاصله از کاربری‌های بهداشتی - درمانی	۰/۰۷۹
	F08	فاصله از کاربری‌های فراغتی و تفریحی	۰/۰۲۹
	F09	فاصله از کاربری‌های فرهنگی و اجتماعی	۰/۰۱۹
	F10	فاصله از مناطق مسکونی با تراکم کم	۰/۰۸۶
کاهش زمان جابجایی	F11	فاصله از مناطق مسکونی با تراکم متوسط	۰/۱۱۸
	F12	فاصله از مناطق مسکونی با تراکم بالا	۰/۲۱۱
	F13	سطح دسترسی‌های شهری	۰/۷۱۴
	F14	فاصله از مرکز شهر	۰/۲۸۶
ارتقاء سطح دسترسی به تأسیسات و تجهیزات پایه	F15	فاصله از پارکینگ	۰/۳۳۳
	F16	فاصله از تأسیسات و تجهیزات عمومی	۰/۶۶۷
	F17	فاصله از پوشش سبز	۰/۳۳۳
دستیابی به لجستیک پایدار	F18	فاصله از بافت تاریخی	۰/۶۶۷

فازی سازی نتایج

در این مرحله لایه‌های شبکه‌ای در مرحله قبل با استفاده از توابع عضویت^۱، به صورت مجموعه‌های فازی^۲ درآمد و فازی سازی شدند. در این تحقیق از ابزار Fuzzy Membership و توابع عضویت فازی خطی^۳ استفاده شده است. تابع عضویت فازی خطی یک تابع خطی را بین مقادیر حداقل و حداکثر تعیین شده اعمال می‌کند. به هر چیزی که کمتر از حداقل باشد صفر (قطعاً عضو نیست) و هر چیزی بالاتر از حداکثر یک (قطعاً یک عضو) اختصاص داده می‌شود. اگر حداقل از حداکثر بیشتر باشد، یک رابطه خطی منفی (یک شیب منفی) برقرار می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴. تغییرات تابع عضویت خطی فازی، خط آبی: تابع عضویت خطی فازی مثبت، خط قرمز: تابع عضویت خطی فازی منفی

همپوشانی داده‌ها

لایه‌های شبکه‌ای فازی تهیه شده در مرحله قبل در این مرحله باهم ترکیب می‌گردند. از آنجایی که با توجه به خروجی تحلیل سلسله‌مراتبی هر کدام از معیارها اهمیت نسبی متفاوتی دارند، لذا، در این بخش ابتدا لایه مربوط به هر معیار در ضریب وزنی مستخرج از تحلیل سلسله‌مراتبی ضرب و سپس از طریق ابزار Fuzzy Overlay با یکدیگر ترکیب شدند. در نهایت، معابر اصلی شهری محدوده مورد مطالعه در پنج سطح تناسب (بسیار بالا، بالا، متوسط، پایین و بسیار پایین) دسته‌بندی شدند.

تحلیل ارتباط لجستیک شهری با منطقه بندی، کاربری زمین، فرم و بافت

به منظور بررسی رابطه بین معابر بهینه لجستیک شهری و ناحیه بندی، کاربری زمین، فرم و بافت شهری و همچنین اعتبارسنجی و بررسی حساسیت نتایج این تحقیق، از مدل حداکثر آنتروپی^۴ در ۵ اجرا و ۲۵۰۰ تکرار برای هر رابطه (ناحیه بندی، کاربری زمین، فرم و بافت شهری) استفاده گردید. مدل حداکثر آنتروپی یک تکنیک داده کاوی مبتنی بر یادگیری ماشین است که احتمال توزیع را در رابطه با عوامل محیطی تنها با استفاده از حضور نقاط (نقاط بهینه شناسایی شده) ارزیابی می‌کند. مدل حداکثر آنتروپی یادگیری ماشین را برای پیش بینی توزیع‌های ناشناخته بر اساس اصل حداکثر آنتروپی ترکیب می‌کند. فرمول ریاضی مدل حداکثر آنتروپی ساده و دقیق است، که تفسیر مکانیسم مدل سازی آن را آسان می‌کند. مدل حداکثر آنتروپی قادر است تا ویژگی‌های متنوعی را برای توصیف اثرات عوامل فضایی و برآورد اهمیت و تعاملات متغیرهای فضایی ترکیب کند. توسعه الگوریتم‌های یادگیری ماشین، کارایی یافتن توزیع تقریبی با

1. Membership Functions (MF)
2. Fuzzy Sets
3. Fuzzy Linear
4. Maximum Entropy (MaxEnt) Model

حداکثر آنتروپی را بهبود می‌بخشد. مدل حداکثر آنتروپی یک همبستگی بین مقادیر متغیرهای توضیحی و مکان‌های حضور ایجاد می‌کند. این مدل به دلیل توانایی بالای پیش‌بینی و عملکرد مناسب، حتی با حجم نمونه کم و در اختیار نداشتن نقاط عدم حضور شناخته‌شده است (Zhang & Wang, 2022). در سال‌های اخیر، مدل حداکثر آنتروپی به تدریج در مدل‌سازی جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفته شده است. به عنوان نمونه، ویلسون (۲۰۱۰)، کاربرد مدل حداکثر آنتروپی را در تحلیل مدل‌سازی شهری و منطقه‌ای را بررسی کرد. ژانگ و همکاران (۲۰۲۰)، مدل حداکثر آنتروپی و مدل CA را برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری و پوشش زمین مورد استفاده قرار داد. به منظور تعیین نقاط بهینه، در محیط GIS ابتدا بر روی خط میانی (محور) معابر اصلی شهر سقز به فاصله هر ۱۰ متر یک نقطه ایجاد گردید. سپس مقادیر نهایی تناسب لجستیک شهری از طریق ابزار Zonal Statistics برای هر نقطه محاسبه شد. در نهایت نقاطی که مقادیر آن‌ها در سطح بسیار بالای تناسب لجستیک قرار داشتند به عنوان نقاط بهینه لجستیک شهری (۲۸۵۳ نقطه) در نظر گرفته شدند. در این مقاله نقاط بهینه به داده‌های یادگیری (۷۵ درصد) و داده‌های آزمون (۲۵ درصد) تقسیم شدند. همچنین برای ارزیابی دقت مدل‌های ساخته‌شده در روش حداکثر آنتروپی، منحنی مشخصه عملیاتی دریافت‌کننده یا منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) استفاده شده است؛ به عبارت دیگر، ناحیه زیر این منحنی (AUC) برای تعیین کمیت عدم قطعیت مفید است.

در این بخش در راستای اهداف تحقیق، ابتدا به بررسی وضعیت محل‌های تخلیه و بارگیری پرداخته شده است. در ادامه پس از بررسی هر یک از پارامترهای تحقیق، تناسب لجستیک شهری به تفکیک هر یک از سیاست‌های پنج‌گانه لجستیک و همچنین سیاست جامع لجستیک شهری تعیین گردیده است. به منظور بررسی رابطه بین لجستیک شهری و کاربری، فرم، بافت و ناحیه‌بندی شهری با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین روابط بین آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

یافته‌ها

بررسی وضعیت محل‌های تخلیه و بارگیری

جهت بررسی وضعیت محل‌های تخلیه و بارگیری شهر سقز، فاصله حمل‌ونقلی این محل‌ها با مرکز هندسی شهر، بخش تاریخی شهر و همچنین محل‌های تقاضا مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی دقیق‌تر، تأثیرپذیری میانگین فاصله تا محل‌های تقاضا از دو پارامتر فاصله تا مرکز هندسی شهر و فاصله تا بخش تاریخی شهر، از طریق تحلیل رگرسیون خطی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه میزان تأثیرپذیری (ضریب همبستگی) فاصله از محل‌های تقاضا از فاصله تا مرکز هندسی بیشتر از فاصله تا بخش تاریخی شهر است؛ اما بین فاصله از محل‌های تقاضا و هر دو آن‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بدین معنی که با کاهش فاصله محل‌های تخلیه و بارگیری با افزایش فاصله مسافت بیشتری طی می‌کند.

تناسب لجستیک شهری

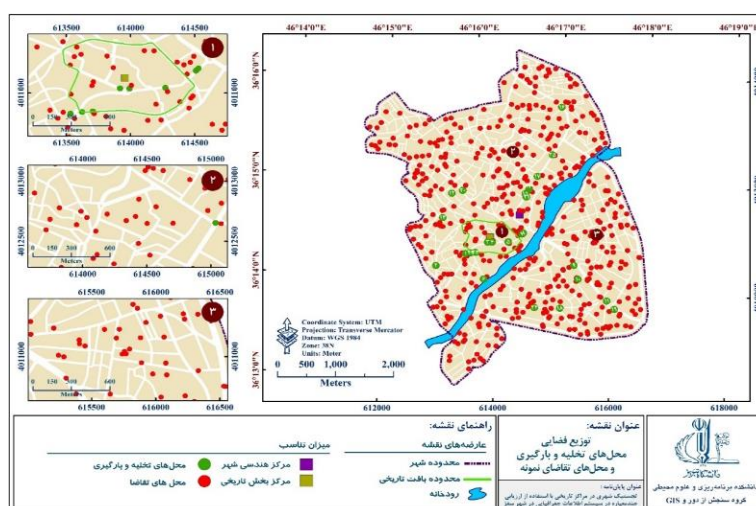
پس از وزن دهی به عوامل، لایه‌های اطلاعاتی رستری که قبلاً طبقه‌بندی شده است، با استفاده از ابزار توابع عضویت فازی به صورت مجموعه‌های فازی درآمده و فازی سازی شدند. در ادامه نتایج بر اساس هر یک از سیاست‌های پنج‌گانه و همچنین کل سیاست‌ها محاسبه گردید.

سیاست ارتفاع سطح دسترسی به عناصر تخلیه و بارگیری

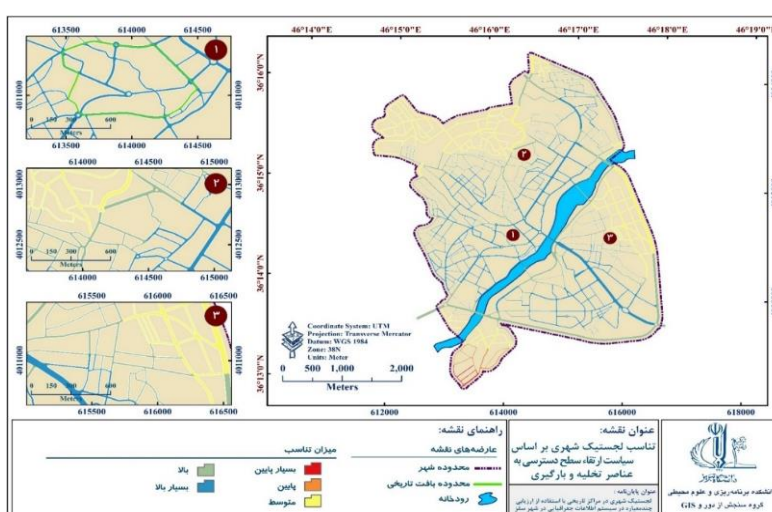
در این تحقیق از دو پارامتر فاصله از کاربری‌های حمل‌ونقل و انبارداری و فاصله از محل تخلیه و بارگیری جهت تهیه نقشه تناسب لجستیک در راستای سیاست ارتفاع سطح دسترسی به عناصر تخلیه و بارگیری استفاده گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از همپوشانی فازی لایه‌ها (پارامترها)، بیشترین میزان طول شبکه مربوط به طبقه تناسب بسیار بالا (۷۱/۸۸۵) متر در کل شبکه اصلی معابر شهر سقز) و کمترین میزان مربوط به طبقه تناسب بسیار پایین (۱/۶۶۷) متر در کل شبکه اصلی معابر) است. علاوه بر این، بیشترین طول شبکه معابر اصلی در بافت تاریخی مربوط به تناسب بسیار بالا (۸۹/۴۳) درصد) است.

جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی محل‌های تخلیه و بارگیری

فاصله تا مرکز هندسی	فاصله تا بخش تاریخی
۰/۹۲۵۰۹	۰/۷۱۸۲۴
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۵
p-value	



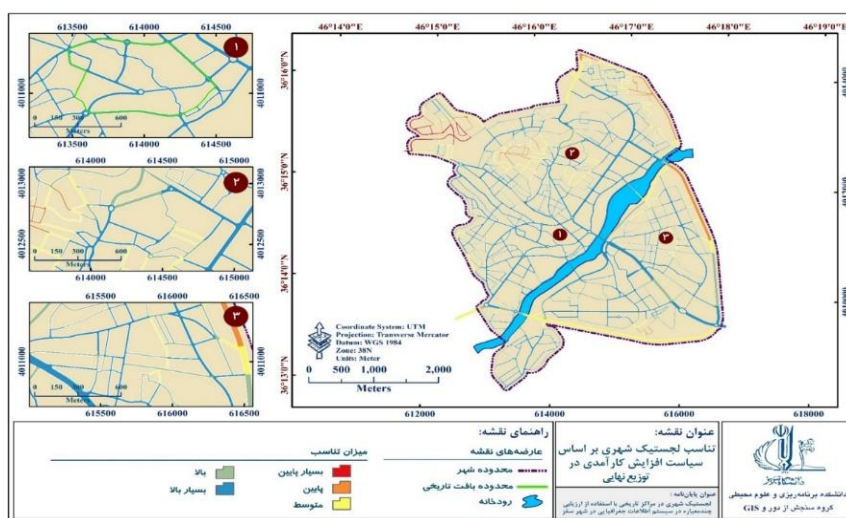
شکل ۵. نقشه توزیع فضایی محل‌های تخلیه و بارگیری و محل‌های تقاضای نمونه



شکل ۶. نقشه تناسب لجستیک بر اساس سیاست ارتفاع سطح دسترسی به عناصر تخلیه و بارگیری

سیاست افزایش کارآمدی در توزیع نهایی

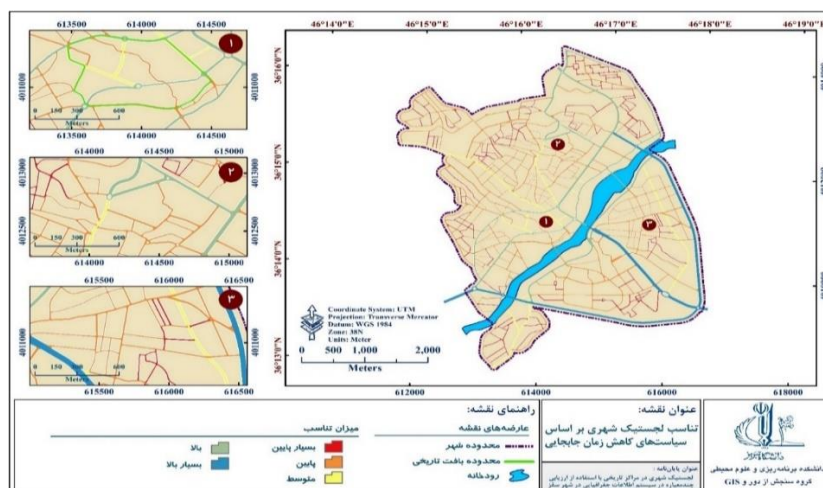
به منظور تهیه نقشه تناسب لجستیک در راستای سیاست افزایش کارآمدی در توزیع نهایی از ده پارامتر فاصله از کاربری‌های شهری (تجاری، تولیدی و کارگاهی، آموزشی، اداری، بهداشتی - درمانی، فراغتی و تفریحی، فرهنگی و اجتماعی، مسکونی با تراکم کم، مسکونی با تراکم متوسط و مسکونی با تراکم بالا) استفاده گردید. بر اساس نتایج به دست آمده از همپوشانی فازی لایه‌ها (پارامترها)، بیشترین میزان طول شبکه مربوط به طبقه تناسب بالا (۴۴/۹۱۵) متر در کل شبکه اصلی معابر و کمترین میزان مربوط به طبقه تناسب بسیار پایین (۳/۷۸۰) متر در کل شبکه اصلی معابر است.



شکل ۷. نقشه تناسب لجستیک بر اساس سیاست افزایش کارآمدی در توزیع نهایی

سیاست کاهش زمان جابجایی

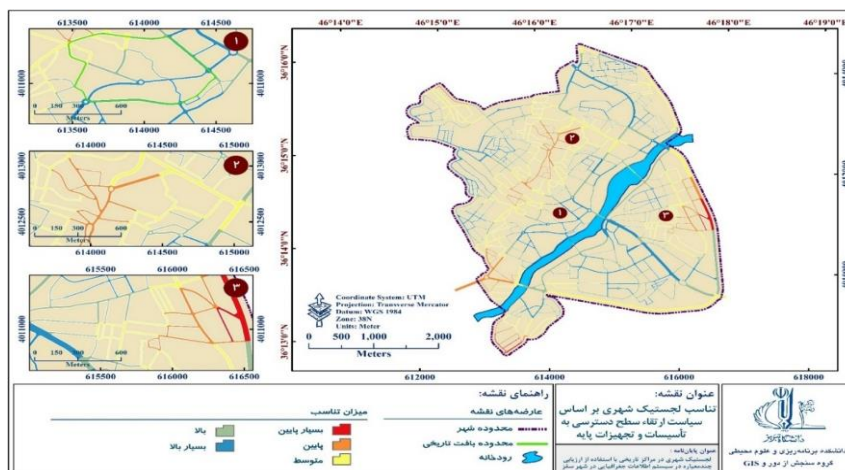
به منظور تهیه نقشه تناسب لجستیک در راستای سیاست کاهش زمان جابجایی از دو پارامتر سطح دسترسی‌های شهری (خیابان‌ها و میدان‌ها) و فاصله از مرکز شهر استفاده گردید. بر اساس نتایج به دست آمده از همپوشانی فازی لایه‌ها (پارامترها)، بیشترین میزان طول شبکه مربوط به طبقه تناسب پایین (۸۸/۹۱۹) متر در کل شبکه اصلی معابر شهر سقز و کمترین میزان مربوط به طبقه تناسب متوسط (۱۳/۲۷۸) متر در کل شبکه اصلی معابر است. علاوه بر این، بیشترین طول شبکه معابر اصلی در بافت تاریخی مربوط به تناسب بالا (۴۰/۶۸) درصد است.



شکل ۸. نقشه تناسب لجستیک بر اساس سیاست کاهش زمان جابجایی

سیاست ارتقاء سطح دسترسی به تأسیسات و تجهیزات پایه

به‌منظور تهیه نقشه تناسب لجستیک در راستای سیاست ارتقاء سطح دسترسی به تأسیسات و تجهیزات پایه از دو پارامتر فاصله از پارکینگ و فاصله از تأسیسات و تجهیزات عمومی استفاده گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از همپوشانی فازی لایه‌ها (پارامترها)، بیشترین میزان طول شبکه مربوط به طبقه تناسب بالا (۶۶/۳۲۲) متر در کل شبکه اصلی معابر و کمترین میزان مربوط به طبقه تناسب بسیار پایین (۲/۳۶۴) متر در کل شبکه اصلی معابر است. بیشترین طول شبکه معابر اصلی در بافت تاریخی مربوط به تناسب بسیار بالا (۴۵/۴۶ درصد) است.

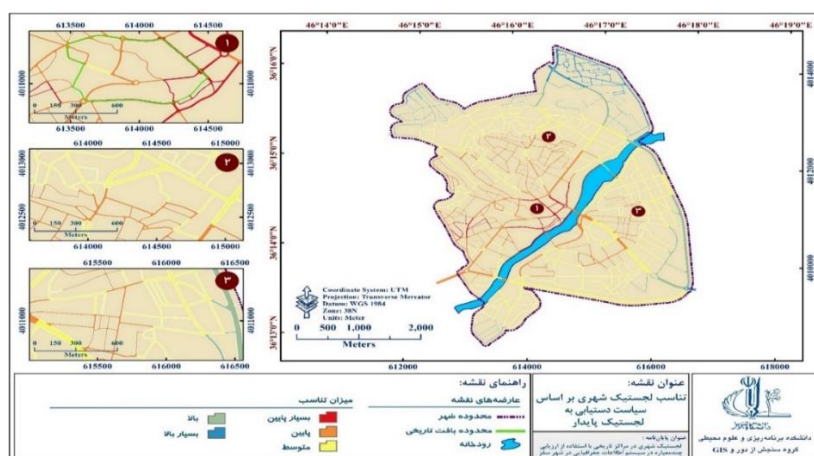


شکل ۹. نقشه تناسب لجستیک بر اساس سیاست ارتقاء سطح دسترسی به تأسیسات و تجهیزات پایه

سیاست دستیابی به لجستیک پایدار

به‌منظور تهیه نقشه تناسب لجستیک در راستای سیاست دستیابی به لجستیک پایدار از دو پارامتر فاصله از پوشش سبز و فاصله از بافت تاریخی استفاده گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از همپوشانی فازی لایه‌ها (پارامترها)، بیشترین میزان طول شبکه مربوط به طبقه تناسب متوسط (۷۶/۴۰۳) متر در کل شبکه اصلی معابر و کمترین میزان مربوط به طبقه

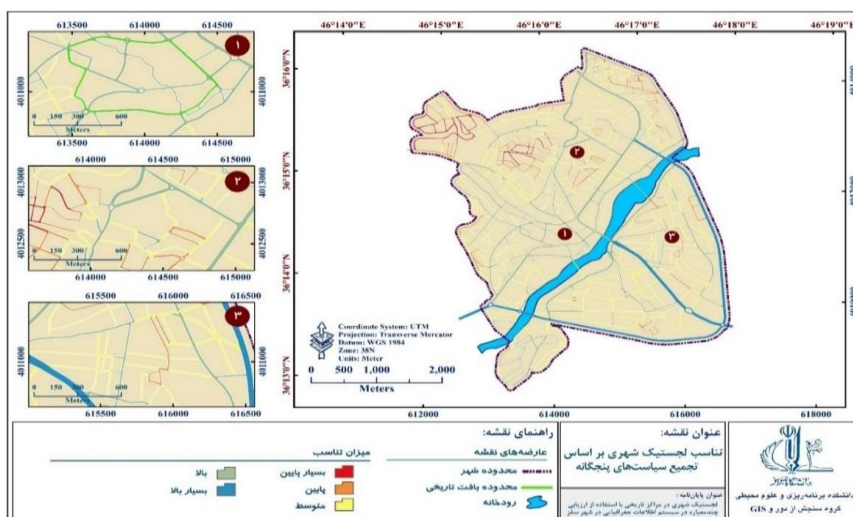
تناسب بسیار پایین (۹/۱۸۹) متر در کل شبکه اصلی معابر) است. بیشترین طول شبکه معابر اصلی در بافت تاریخی مربوط به تناسب پایین (۵۶/۶۴ درصد) است.



شکل ۱۰. نقشه تناسب لجستیک بر اساس سیاست دستیابی به لجستیک پایدار

تجميع سياست‌هاى پنج‌گانه

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از همپوشانی فازى لایه‌ها برای کل پارامترها، بیشترین میزان طول شبکه مربوط به طبقه تناسب بالا (۷۱/۱۰۶ متر در کل شبکه اصلی معابر) و کمترین میزان مربوط به طبقه تناسب بسیار پایین (۷/۵۸۶ متر در کل شبکه اصلی معابر) است.



شکل ۱۲. نقشه تناسب لجستیک بر اساس تجميع سياست‌هاى پنج‌گانه

بررسى رابطه بين لجستیک و ناحیه بندى، کاربرى زمین، فرم و بافت شهر

به‌منظور بررسی رابطه بین معابر بهینه لجستیک شهری و ناحیه بندى، کاربرى زمین، فرم و بافت شهری و همچنین اعتبارسنجی و بررسی حساسیت نتایج این پژوهش، از روش حداکثر آنتروپی در ۵ اجرا و ۲۵۰۰ تکرار برای هر رابطه (ناحیه‌بندى، کاربرى زمین، فرم و بافت شهری) استفاده گردید. برای ارزیابی دقت مدل‌های ساخته‌شده در روش حداکثر

آنتروپی، منحنی مشخصه عملیاتی دریافت‌کننده یا منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) استفاده شده است؛ به عبارت دیگر، ناحیه زیر این منحنی (AUC) برای تعیین کمیت عدم قطعیت مفید است.

لجستیک و ناحیه‌بندی شهر

منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) را برای میانگین اجراها به همراه انحراف معیار آن برای نقاط بهینه لجستیک و ناحیه‌بندی شهری نشان می‌دهد. سطح زیر نمودار (AUC) برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا ۰/۸۳۷۵ برای داده‌های آزمون ۰/۸۳۴۹ و میانگین AUC ۰/۸۳۲ است که نشانگر دقت بسیار مناسب مدل است. با توجه به اینکه میانگین AUC بیشتر از مقدار هدف (۰/۷) است، اجرای مدل‌ها موفق بوده است. درصد سهم نسبی محدوده‌های شهری در نقاط بهینه لجستیک شهری ارائه شده است. هر چه سهم بیشتر باشد، تأثیر آن محدوده در حضور نقاط بهینه لجستیک بیشتر است. بر این اساس، محدوده‌های تجاری با سهم ۵۲ درصد مهم‌ترین عامل اثرگذار بر حضور نقاط بهینه لجستیک به شمار می‌رود. محدوده‌های مسکونی با تراکم کم و مسکونی با تراکم متوسط به ترتیب با سهم ۲۲ و ۱۸/۹ درصدی در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند.

لجستیک و کاربری زمین شهری

سطح زیر نمودار (AUC) برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا ۰/۸۵۰۱ برای داده‌های آزمون ۰/۸۴۶۹ و میانگین AUC ۰/۸۴۳ است که نشانگر دقت بسیار مناسب مدل است. با توجه به اینکه میانگین AUC بیشتر از مقدار هدف ۰/۷ است، اجرای مدل‌ها موفق بوده است. کاربری تجاری با سهم ۴۳/۹ درصد مهم‌ترین عامل اثرگذار بر حضور نقاط بهینه لجستیک به شمار می‌رود. محدوده‌های مسکونی با تراکم کم و مسکونی با تراکم متوسط به ترتیب با سهم ۱۹/۵ و ۱۷/۷ درصدی در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند.

جدول ۵. درصد سهم نسبی محدوده‌های شهری در نقاط بهینه لجستیک شهری

نام محدوده	درصد	درصد تجمعی
تجاری	۵۲	۵۲
مسکونی با تراکم کم	۲۲	۷۴
مسکونی با تراکم متوسط	۹/۱۸	۹/۹۲
آموزشی	۳/۳	۹۶/۲
اداری	۱/۷	۷۹/۹
مسکونی با تراکم بالا	۱/۴	۹۹/۳
تولیدی و کارگاهی	۰/۷	۱۰۰

جدول ۶. درصد سهم نسبی کاربری‌های شهری در نقاط بهینه لجستیک شهری

کاربری	درصد	درصد تجمعی
تجاری	۴۳/۹	۴۳/۹
مسکونی با تراکم کم	۱۹/۵	۶۳/۴
مسکونی با تراکم متوسط	۱۷/۷	۸۱/۱
فضای سبز	۳/۸	۸۴/۹
تأسیسات و تجهیزات شهری	۲/۹	۸۷/۸
آموزشی	۲/۶	۹۰/۴
فراغتی و تفریحی	۱/۸	۹۲/۲

۹۳/۹	۱/۷	پارکینگ
۹۵/۵	۱/۶	حمل و نقل و انبارداری
۹۶/۹	۱/۴	بهداشتی - درمانی
۹۸/۳	۱/۴	اداری
۹۹/۲	۰/۹	مسکونی با تراکم بالا
۹۹/۶	۰/۴	فرهنگی و اجتماعی
۱۰۰	۰/۴	تولیدی و کارگاهی

لجستیک و فرم شهری

سطح زیر نمودار (AUC) برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا ۰/۸۷۸۴ برای داده‌های آزمون ۰/۸۸۰۳ و میانگین AUC ۰/۸۷۶ است که نشانگر دقت بسیار مناسب مدل است. با توجه به اینکه میانگین AUC بیشتر از مقدار هدف ۰/۷ است اجرای مدل‌ها موفق بوده است. بر اساس نتایج، فرم شهری برنامه‌ریزی شده با سهم ۵۳/۳ درصد و فرم شهری ارگانیک با سهم ۴۶/۹ درصد در رتبه دوم اهمیت قرار دارند.

جدول ۷. درصد سهم نسبی انواع فرم شهری در نقاط بهینه لجستیک شهری

نوع فرم	درصد	درصد تجمعی
برنامه‌ریزی شده	۵۳/۱	۵۳/۱
ارگانیک	۴۶/۹	۱۰۰

لجستیک و بافت شهری

سطح زیر نمودار (AUC) برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا ۰/۸۵۶۲۱ برای داده‌های آزمون ۰/۸۵۵۶ و میانگین AUC ۰/۸۵۳ است که نشانگر دقت بسیار مناسب مدل است. با توجه به اینکه میانگین AUC بیشتر از مقدار هدف ۰/۷ است، اجرای مدل‌ها موفق بوده است. بافت فشرده با سهم ۵۱ درصد مهم‌ترین عامل اثرگذار بر حضور نقاط بهینه لجستیک به شمار می‌رود. بافت پراکنده و بافت نیمه فشرده نیز به ترتیب با سهم ۲۵/۳ و ۲۳/۷ درصدی در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند.

جدول ۸. درصد سهم نسبی انواع بافت شهری در نقاط بهینه لجستیک شهری

نوع بافت	درصد	درصد تجمعی
بافت فشرده	۵۱	۵۱
بافت پراکنده	۲۵/۳	۷۶/۳
بافت نیمه فشرده	۲۳/۷	۱۰۰

بحث

امروزه جمعیت بالایی در مناطق شهری زندگی می‌کنند، درحالی‌که انتظار می‌رود این میزان در سال‌های آینده نیز افزایش یابد. این پدیده شهرنشینی منجر به افزایش تقاضا برای حمل و نقل شهری شده است. به گونه‌ای که حمل و نقل بار شهری یک جزء اساسی در زندگی یک شهر را تشکیل می‌دهد. با این حال، حمل و نقل شهری به‌طور هم‌زمان، نه تنها شامل مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی نیز می‌شود. در واقع، حمل و نقل شهری از نظر ایمنی، ازدحام و آلودگی (هوا و صوتی) دارای اثرات منفی است. علاوه بر این، رشد جمعیت شهری، همراه با سایر روندها، مانند توسعه تجارت الکترونیک و تحویل کالاها در خانه، همراه با جمعیت سالمند، منجر به افزایش تقاضا برای کالاها و خدمات و در

نتیجه افزایش تقاضای حمل‌ونقل شهری شده است. از این‌رو، حرکت به سمت یک سیستم حمل‌ونقل شهری پایدارتر مستلزم تغییرات و نوآوری در بخش دولتی و خصوصی است. در حال حاضر برنامه‌ریزی لجستیک شهری رویکردی استراتژیک و یکپارچه برای مقابله با پیچیدگی حمل‌ونقل شهری است. هدف اصلی برنامه‌ریزی لجستیک شهری بهبود دسترسی و کیفیت زندگی جهت دستیابی به تحرک پایدار شهری است. با مقایسه تحقیق حاضر با سایر تحقیقات با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در مطالعات داخلی و خارجی بیشتر تحقیق‌هایی انجام شده با هدف برنامه‌ریزی لجستیک شهری و بررسی استراتژی‌های انعطاف‌پذیر در شهر است و همچنین جنبه نوآوری تحقیق حاضر با مطالعات انجام شده این است که در تحقیق حاضر به بررسی رابطه بین لجستیک و فرم، بافت، منطقه بندی و کاربری زمین پرداخته شده است.

نتیجه‌گیری

نقشه‌های تناسب حاصل از ترکیب تجزیه و تحلیل چندمعیاره نشان می‌دهد که در صورت تأکید بر سیاست ارتقاء سطح دسترسی به عناصر تخلیه و بارگیری عمدتاً معابر محورهای شمالی جنوبی و شرقی غربی بخش مرکزی شهر از تناسب لجستیک شهری بسیار بالایی برخوردار هستند. دلیل این امر وجود کاربری‌های حمل‌ونقل و انبارداری و محل‌های تخلیه و بارگیری در چنین محدوده‌هایی است. نتایج نقشه‌های تناسب لجستیک بر اساس سیاست افزایش کارآمدی در توزیع نهایی نیز به جز در بخش‌هایی از فرم ارگانیک شهر نتایج نسبتاً مشابهی ارائه می‌دهد. این در حالی است که تناسب بسیار بالای لجستیک شهری بر اساس سیاست کاهش زمان جابجایی با دو سیاست قبلی کاملاً متفاوت بوده و عمدتاً در معابر سطح یک به واسطه توان بالا در جابجایی سریع و کاهش زمان سفر وجود دارد. به دلیل کمبود تأسیسات و تجهیزات پایه در بخش قدیمی‌تر شهر و همچنین نزدیکی به بافت تاریخی شهر و دوری از پهنه‌های سبز شهری مناطق بخش مرکزی شهر؛ معابر این محدوده‌ها تناسب بسیار پایین و یا پایینی به ترتیب در سیاست ارتقاء سطح دسترسی به تأسیسات و تجهیزات پایه و سیاست دستیابی به لجستیک پایدار داشته‌اند و عمدتاً معابر مناطق پیرامونی شهر از تناسب بالا و بسیار بالایی برخوردار بودند. با این وجود نتایج تناسب نهایی بر اساس تجمیع سیاست‌های پنج‌گانه حاکی از تناسب بالای محور شرقی، شمالی و جنوبی به مرکز شهر است.

همچنین، با بررسی رابطه بین لجستیک و ناحیه‌بندی، کاربری زمین، فرم و بافت شهری مشخص گردید که محدوده‌های تجاری، محدوده‌های مسکونی با تراکم کم و مسکونی با تراکم متوسط (منطقه بندی) و کاربری تجاری محدوده‌های مسکونی با تراکم کم، مسکونی با تراکم متوسط، فضای سبز، تأسیسات و تجهیزات شهری و آموزشی (کاربری زمین) مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر حضور نقاط بهینه لجستیک به شمار می‌رود که این امر نشان‌دهنده ارتباط منطقه بندی و کاربری زمین با تناسب لجستیک شهری است. علاوه بر این، فرم شهری برنامه‌ریزی شده نسبتاً بیشتر از فرم شهری ارگانیک در حضور نقاط بهینه لجستیک نقش داشته؛ و بافت فشرده و پراکنده اثرگذاری بیشتری نسبت به بافت نیمه فشرده بر حضور نقاط بهینه لجستیک داشته‌اند.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- احمدی‌نژاد، محمود؛ دانایی‌فرد، حسن؛ شیخ‌اسلامی، عبدالرضا و جعفرپور، امیر. (۱۳۹۵). ارائه الگوی مدیریت راهبردی حمل‌ونقل جمهوری اسلامی ایران. *مطالعات مدیریت راهبردی دفاع ملی*، ۳(۱۰)، ۶۷-۱۰۲.
- اسدی، مهدیه؛ رهنما، محمدرحیم و لگزیان، محمد. (۱۳۹۱). بررسی رابطه متقابل مدیریت کاربری زمین و وضعیت حمل‌ونقل و ترافیک شهری (مطالعه موردی: مجتمع تجاری الماس شرق مشهد). *مدیریت شهری*، ۱۰(۳۰)، ۱۳۱-۱۴۴.
- آیتی مهدیزاده، محمد؛ هاشمیان بجنورد، اسماعیل؛ نادری، ناهید و خورشیدی، علیرضا. (۱۳۸۹). ارائه مدلی برای مدیریت یکپارچه حمل‌ونقل و ترافیک شهری در کلان‌شهرهای ایران (مدیریت حمل‌ونقل). *فصلنامه پژوهش‌های مدیریت/انتظامی*، ۵(۳)، ۴۱۸-۴۴۳.
- حکمت‌نیا، حسن؛ انصاری، ژینوس و گیوچی، سعید. (۱۳۹۳). بهینه‌سازی حمل‌ونقل درون‌شهری یزد و علل وقوع تصادفات رانندگی. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۴۶(۲)، ۲۹۳-۳۱۰. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2014.51565>
- رهنما، محمدرحیم و آفتاب، احمد. (۱۳۹۴). بررسی ارتباط متقابل کاربری‌های ورزشی و حمل‌ونقل شهری در مشهد. *جغرافیا و توسعه*، ۳۸(۲)، ۳۱-۴۶.
- سرتیاک، شیوا؛ رحیمی، امیر مسعود؛ زعیم‌دار، مژگان؛ جوزی، سیدعلی؛ خالدی، حمیدرضا. (۱۴۰۲). ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری در مواقع بحران با استفاده از نرم‌افزار ترنسکد (مطالعه موردی: شهر اصفهان). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۵(۳)، ۴۷-۸۶. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2022.324644.1008311>
- سعیدی، فرشاد و تیموری، ابراهیم. (۱۳۹۵). طراحی شبکه توزیع لجستیک شهری با رویکرد نظریه صف. *مطالعات مهندسی صنایع و مدیریت تولید*، ۳(۲)، ۶۶-۸۴.
- طالقانی، محمد؛ شاهرودی، کامبیز و صانعی، فرزانه. (۱۳۹۱). مقایسه تطبیقی AHP و AHP فازی در رتبه‌بندی ترجیحات خرید (مورد مطالعه: صنعت لوازم‌خانگی). *تحقیق در عملیات در کاربردهای آن*، ۹(۱)، ۸۱-۹۱.
- عرب‌شاهی، معصومه. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر استراتژی لجستیک، اثربخشی خدمات مشتری بر رقابت‌پذیری شرکت‌های تولید مواد غذایی با نقش میانجی اثربخشی هماهنگی لجستیک. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*.
- مشبکی، اصغر. (۱۳۸۷). مدیریت لجستیک بایدها و نبایدها. *کنترلر*، ۲(۵-۶)، ۷۹-۹۴.
- مؤمنی، منصور و فعال قیومی، منصور. (۱۳۸۸). مقایسه انواع تحلیل‌های رگرسیونی برای داده‌های حسابداری. *بررسی حسابداری و حسابرسی*، ۱۶(۵۸)، ۱۰۳-۱۱۲.
- نیک‌پور، عامر؛ لطفی، صدیقه و رضازاده، مرتضی. (۱۳۹۶). تحلیل رابطه میان فرم شهر و شاخص دسترسی. *فصلنامه برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*، ۷(۳)، ۸۵-۱۰۶.
- یگانگی، کامران؛ عبوضی، الهام. (۱۳۹۱). مدل مفهومی از ایجاد شهر لجستیکی در کشورهای درحال توسعه. مقاله ارائه‌شده در پنجمین کنفرانس لجستیک و زنجیره تأمین.

References

- Ahmadinejad, M., Danaeefard, H., Sheikholeslami, A., & Jafarpour, A. (2016). A strategic management model for the transportation system of the Islamic Republic of Iran. *National Defense Strategic Management Studies*, 3(10), 67–102. [in Persian]
- Arabshahi, M., & Ghelin Sidi, S. (2019). *Examining the impact of logistics strategy and customer service effectiveness on competitiveness of food production companies with the mediating role of logistics coordination effectiveness* [Master's thesis, University Name]. [in Persian]
- Asadi, M., Rahnama, M. R., & Laghzian, M. (2012). Examining the reciprocal relationship between land use management and urban transportation and traffic: Case study of the Almas Shargh Commercial Complex in Mashhad. *Urban Management*, 10(30), 131–144. [in Persian]
- Ayati Mehdizadeh, M., Hashemian Bojnord, E., Naderi, N., & Khorshidi, A. (2010). Presenting a model for integrated urban transportation and traffic management in Iran's metropolises (Transportation Management). *Police Management Research Quarterly*, 5(3), 418–443. [in Persian]
- Beula, T. M. N., & Prasad, G. E. (2013). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21(3), 726–731. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.1999.07.003>
- Browne, M., Holguin-Veras, J., & Allen, J. (2001, July 22–27). *Urban logistics and freight transport* [Paper presentation]. 8th World Conference on Transport Research, Seoul, Korea.
- Chakraborty, A. R., Das, D., Nath, B. R., & Kumar, M. U. (2016). Analytic hierarchy process and multi-criteria decision-making approach for selecting the most effective soil erosion zone in Gomati river basin analytic. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 5(1), 595–600.
- Cidell, J. (2011). Distribution centers among the rooftops: The global logistics network meets. *Geographical Analysis*, 35(4), 832–851. <https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2011.01124.x>
- Crainic, T. G., Ricciardi, N., & Storchi, G. (2009). Models for evaluating and planning city logistics systems. *Transportation Science*, 43(4), 432–454. <https://doi.org/10.1287/trsc.1090.0279>
- Dablanc, L. (2011). City distribution, a key element of the urban economy: Guidelines for practitioners. In C. Macharis & S. Melo (Eds.), *City distribution and urban freight transport: Multiple perspectives* (pp. 13–36). Edward Elgar.
- Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21(3), 215–231. [https://doi.org/10.1016/S0888-613X\(99\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0888-613X(99)00025-0)
- Dey, P. K., & Ramcharan, E. K. (2008). Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1384–1395. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.022>
- Emrouznejad, A., & Marra, M. (2017). The state of the art development of AHP (1979–2017): A literature review with a social network analysis. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6653–6675. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1334976>
- Hekmatnia, H., Ansari, Z., & Givchi, S. (2014). Optimization of urban transportation in Yazd and the causes of traffic accidents. *Human Geography Research Quarterly*, 46(2), 293–310. [in Persian]
- Long, C., Pang, Y., & Wang, Z. (2023). Study of the sustainability of a forest road network using GIS-MCE. *Forests*, 14(12), 2410. <https://doi.org/10.3390/f14122410>
- Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications—Two decades review from 1994 to 2014. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 4126–4148. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.003>
- Mareš, N., & Savy, M. (2021). Global South countries: The dark side of city logistics. Dualisation vs bipolarisation. *Transport Policy*, 100, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.11.002>
- Mikhailov, L., & Tsvetinov, P. (2004). Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process. *Applied Soft Computing*, 5(1), 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2003.07.001>

- Momeni, M., & Faal Ghomi, M. (2009). Comparing different regression analyses for accounting data. *Accounting and Auditing Review*, 16(58), 103–112. [in Persian]
- Moshebaki, A. (2008). "Logistics management": Do's and don'ts. *Controller*, 2(5–6). [in Persian]
- Nikpour, A., Lotfi, S., & Rezazadeh, M. (2017). Analyzing the relationship between urban form and accessibility index. *Spatial Planning Quarterly (Geography)*, 7(3), 85–106. [in Persian]
- Rahnama, M. R., & Aftab, A. (2015). Examining the mutual relationship between sports facilities and urban transportation in Mashhad. *Geography and Development*, 38, 31–46. [in Persian]
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Saeedi, F., & Teymouri, E. (2016). Designing an urban logistics distribution network using queue theory. *Studies in Industrial Engineering and Production Management*, 3(2), 66–84. [in Persian]
- Sartiak, S., Rahimi, A. M., Zaeemdar, M., Jozi, S. A., & Khaledi, H. R. (2023). Evaluation of urban transportation systems in times of crisis using TransCAD software: Case study of Isfahan City. *Human Geography Research Quarterly*, 55(3), 47–86. [in Persian]
- Srivanit, M., & Selanon, P. (2017). GIS-based land suitability analysis to support Transit Oriented Development (TOD) master plan: A case study of the campus station of Thammasat University and its surrounding communities. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology (BUILT)*, 9, 49–60.
- Subramanian, N., & Ramanathan, R. (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 215–241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.036>
- Tadić, S., Zečević, S., & Krstić, M. (2017). Assessment of the political city logistics initiatives sustainability. *Transportation Research Procedia*, 30, 285–294.
- Taleghani, M., Shahroudi, K., & Sanaei, F. (2012). Comparative analysis of AHP and fuzzy AHP in ranking purchase preferences (Case study: Home appliance industry). *Operations Research and Its Applications*, 9(1), 81–91. [in Persian]
- Taniguchi, E. (2001). *Concept of city logistics*. Kyoto University. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.031>
- Viana, M. S., & Delgado, J. P. M. (2019). City logistics in historic centers: Multi-criteria evaluation in GIS for city of Salvador (Bahia–Brazil). *Case Studies on Transport Policy*, 7(4), 772–780. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.09.002>
- Wilson, A. (2010). Entropy in urban and regional modelling: Retrospect and prospect. *Geographical Analysis*, 42(4), 364–394. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2010.00797.x>
- Yeganeghi, K., & Ayouzi, E. (2012). *A conceptual model for establishing logistics cities in developing countries* [Conference paper]. Logistics and Supply Chain Conference, 5th Edition. [in Persian]
- Zhang, B., & Wang, H. (2022). Exploring the advantages of the maximum entropy model in calibrating cellular automata for urban growth simulation: A comparative study of four methods. *GIScience & Remote Sensing*, 59(1), 71–95. <https://doi.org/10.1080/15481603.2021.2013795>
- Zhang, Y., Liu, X., Chen, G., & Hu, G. (2020). Simulation of urban expansion based on cellular automata and maximum entropy model. *Science China Earth Sciences*, 63, 701–712. <https://doi.org/10.1007/s11430-019-9554-1>