

Original Article

Iranian Remote Sensing GIS
Journal of Sensing

A Combined Approach Utilizing Geographic Information Systems and Spatial Equity Indicators to Prioritize the Development of Bus Rapid Transit Lines until 1410 (Case Study of Isfahan, Iran)

Iman Baharloo^{1*}, Ali Akbar Matkan², Alireza Vafaeinejad³, Ahmad Khadim al-Husseini⁴

Affiliation

1. Dep. of Science and Research, Faculty of Natural Resources and Environment, Dep. of Remote Sensing and GIS, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4. Faculty of Geography, Islamic Azad University, Najaf Abad Branch, Isfahan, Iran

Citation:

Baharloo, I., Matkan, A. A., Vafaeinejad, A., Khadim al-Husseini, A., A Combined Approach Utilizing Geographic Information Systems and Spatial Equity Indicators to Prioritize the Development of Bus Rapid Transit Lines until 1410 (Case Study of Isfahan, Iran), *Iran J Remote Sens GIS*. 17(1): 129-150.

ABSTRACT

Introduction: In recent decades, rapid urbanization and insufficient urban planning have disrupted urban cohesion and spatial integrity. "The concept of 'spatial equity' has developed as an essential framework in urban planning discourse to alleviate spatial inequalities arising from urban fragmentation. In urban environments, spatial inequalities, uneven distribution of services, and environmental challenges are often interrelated. This underscores the significance of addressing issues such as service allocation in urban spaces, particularly within the context of developing countries. In alignment with global trends and national macro-policies, the discourse on spatial equity has gained significant attention within the realm of Iranian urban studies, as it is recognized as a fundamental component for achieving sustainable development. A well-structured and extensive public transportation system is pivotal for urban life, facilitating public mobility and ensuring equitable access to essential services. Integrating spatial equity principles in public transportation development can significantly enhance system efficiency while improving citizens' access to urban service centers without extensive construction. Isfahan, Iran's third-largest metropolis, faces rising intra-city travel, declining quality of life, environmental pollution, and disrupted spatial equity due to population growth and physical expansion. **Material and methods:** The metropolis of Isfahan, being the third-largest in Iran, has witnessed substantial population growth and physical development in recent years. Consequently, it now faces various challenges, such as an increase in intra-city travel, a decline in quality of life, worsening environmental pollution, and growing spatial disparities. The existing public transportation system is inadequate in meeting the needs of its residents, resulting in inefficient urban service management. As such, investing in and developing suitable public transportation infrastructure has become a pivotal strategy to address these concerns and foster a more sustainable and equitable urban environment. Assessing public transportation, a critical factor shaping urban structures, is essential for addressing these challenges. To improve equitable access to public transportation, comprehensive studies in Isfahan have proposed the establishment of 21 Bus Rapid Transit (BRT) lines. This research applies a multi-criteria decision-making approach, incorporating Shannon Entropy and COPRAS models, to prioritize BRT line development with a focus on spatial justice. The planning horizon for this study extends to 2031 (1410 in the Iranian calendar). A key novelty of this research lies in the integration of Geographic Information Systems (GIS) with spatial justice indicators to guide BRT line prioritization.

Results and discussion: First, the performance of existing BRT lines was assessed using permeability, proximity, and accessibility metrics, while spatial equity was quantified using the Gini coefficient and Lorenz curve. Subsequently, the Gini coefficient for each proposed BRT line was calculated and compared with the current value to evaluate the potential impact of each line. The Shannon Entropy method was employed to assign weights to the importance of the criteria, prioritizing proximity, permeability, and accessibility, respectively. Finally, the COPRAS method was utilized to rank the 21 proposed BRT lines for development by 2031.

Conclusion: Results suggest that, despite the Ayatollah Ghafari Terminal to Sheikh Saduq line (14.9 km) falling within the medium-length category, it should be considered the top priority for implementation when taking into account the other relevant criteria.

Key Words: Spatial Equity, Public Transportation, Shannon Entropy, Copras, Lorenz Curve, Gini Coefficient

* Corresponding Author: iman.baharloo@gmail.com
DOI: <https://doi.org/10.48308/gisj.2024.232377.1166>

Received: 2023.07.15
Accepted: 2024.01.27





رویکرد ترکیبی به سیستم اطلاعات مکانی برای اولویت‌بندی توسعه خطوط اتوبوس سریع‌السیر با استفاده از مدل آنتروپی شانون و کوپراس با تأکید بر مفاهیم عدالت فضایی تا افق ۱۴۱۰ (نمونه موردی: شهر اصفهان) ایمان بهارلو^{۱*}، علی‌اکبر متکان^۲، علیرضا وفائی‌نژاد^۳، احمد خادم‌الحسینی^۴

سمت

۱. گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. دانشکده جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد، اصفهان، ایران

چکیده

سابقه و هدف: رشد سریع جمعیت شهری در چند دهه اخیر و نارسایی مدیریت شهری در پاسخگویی به نیاز شهروندان یکپارچگی شهری را دستخوش تغییر کرده است؛ برای رفع چالش‌ها و مشکلات ناشی از ازمهم‌گسیختگی شهر، مفهوم «عدالت فضایی» با هدف کاهش نابرابری‌های فضایی، وارد مباحث برنامه‌ریزی شهری شد. در واقع، بین نابرابری فضایی، توزیع ناعادلانه خدمات و مشکلات زیست‌محیطی و کالبدی در سطح شهر، همواره رابطه‌ای چرخشی وجود دارد و همین به اهمیت یافتن موضوعی همچون توزیع خدمات در سطح شهر، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، منجر شده است. در ایران نیز، به‌تبع تحولات جهانی و با توجه به سیاست‌های کلان کشور و شعار عدالت، به‌منزله اصل محوری هرگونه توسعه، بحث عدالت فضایی در حوزه مطالعات شهری مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه حمل‌ونقل عمومی و رفت‌وآمد آسان در شهر از جنبه‌های اصلی حیات شهری است، برخورداری از سیستم حمل‌ونقل کامل، منظم و گسترده از نیازهای اولیه شهر محسوب می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، توسعه و ایجاد حمل‌ونقل عمومی منطبق بر معیارهای عدالت فضایی می‌تواند، علاوه بر بهبود و اصلاح سیستم حمل‌ونقل عمومی، نقش بسزایی در دسترسی مناسب شهروندان به مراکز خدماتی شهر داشته باشد؛ چراکه ضمن نیاز نداشتن به توسعه مراکز خدماتی در کل شهر، امکان دسترسی آسان و سریع شهروندان را به این مراکز فراهم می‌کند. در این راستا، توزیع و پراکنش خدمات حمل‌ونقل عمومی از جمله موضوعاتی است که در حوزه عدالت فضایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به‌دیدگر سخن، به‌دلیل مشکلات متعدد، از جمله نبود زمین مناسب و کافی در سطح شهر، کمبود اعتبارات مالی در ایجاد مراکز جدید خدماتی و برگشت نداشتن هزینه‌های تأسیس، نبود زیرساخت‌های تأسیساتی و مسائلی از این دست، احداث مراکز خدماتی در تمامی سطح شهر منطقی نیست. از سوی دیگر وجود شبکه حمل‌ونقل ناکارآمد و دسترسی نداشتن مناسب شهروندان به خدمات، علاوه بر این بردن عدالت فضایی، به نارسایی مدیریت خدمات شهری منجر می‌شود. در این راستا، توسعه زیرساخت‌های مناسب در حوزه حمل‌ونقل عمومی یکی از راهکارهای اساسی است.

مواد و روش‌ها: شهر اصفهان در جایگاه سومین کلان‌شهر ایران، با افزایش تمرکز جمعیت و توسعه فیزیکی در سال‌های اخیر، با مشکلات متعددی مانند افزایش سفرهای درون‌شهری، کاهش کیفیت زندگی، افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی و برهم خوردن عدالت فضایی مواجه شده است. ارزیابی وضعیت حمل‌ونقل عمومی، به‌منزله عنصر ساختاردهنده شکل و ماهیت کالبدی، اجتماعی و فضایی شهر از مواردی است که می‌تواند در حل این مسائل مؤثر باشد. از دیگر نتایج مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر اصفهان حاکی از آن است که به‌منظور دسترسی متوازن شهروندان به خطوط حمل‌ونقل عمومی، ایجاد ۲۱ خط اتوبوس سریع‌السیر پیشنهاد شده است. بنابراین هدف این مطالعه اولویت‌بندی توسعه خطوط اتوبوس سریع‌السیر، با ترکیب مدل آنتروپی شانون و کوپراس، با تأکید بر مفاهیم عدالت فضایی تا افق ۱۴۱۰ است. وجه تمایز تحقیق حاضر تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی با شاخص‌های عدالت مکانی، به‌منظور اولویت‌بندی خطوط اتوبوس سریع‌السیر با هدف اجرائی است.

نتایج و بحث: از این‌رو، در گام نخست، وضعیت خطوط اتوبوس سریع‌السیر در شاخص‌های نفوذپذیری، مجاورت و دسترسی‌پذیری محاسبه شد و ضریب جینی و منحنی لورنز وضعیت فعلی به دست آمد. در گام دوم، با محاسبه ضریب جینی هریک از خطوط پیشنهادی، به‌صورت جداگانه، و مقایسه با مقدار فعلی، میزان اثرگذاری خطوط پیشنهادی ارزیابی شد. سپس اهمیت معیارهای مورد نظر، به‌روش آنتروپی شانون، وزن‌دهی شد که به‌ترتیب، سه معیار مجاورت، نفوذپذیری و دسترسی اولویت ۱ تا ۳ به‌منظور وزن‌دهی شاخص‌ها مشخص گردید. در پایان، با استفاده از روش کوپراس، ۲۱ خط اتوبوس پیشنهادی با هدف توسعه تا افق ۱۴۱۰، اولویت‌بندی شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد، اگرچه خط پایانه آیت‌الله غفاری به انتهای شیخ صدوق با طول ۱۴/۹ کیلومتر، درزمره خطوط با طول متوسط است، با در نظر گرفتن سایر معیارها باید اجرای آن را در اولویت قرار داد.

کلیدواژه‌ها: عدالت فضایی، حمل و نقل عمومی، آنتروپی شانون، کوپراس، منحنی لورنز، ضریب جینی

استناد: بهارلو، ا.، متکان، ع. ا.، وفائی‌نژاد، ع.، خادم‌الحسینی، ا.، رویکرد ترکیبی به سیستم اطلاعات مکانی برای اولویت‌بندی توسعه خطوط اتوبوس سریع‌السیر با استفاده از مدل آنتروپی شانون و کوپراس با تأکید بر مفاهیم عدالت فضایی تا افق ۱۴۱۰ (نمونه موردی: شهر اصفهان)، نشریه سنجش از دور و GIS ایران، سال ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴: ۱۲۹-۱۵۰.



۱- مقدمه

«عدالت فضایی» به معنی توزیع عادلانه و دموکراتیک منافع و مسئولیت‌های اجتماعی در فضا، با مقیاس‌های گوناگون است (Williams, 2013). بر مبنای این تعریف، عدالت بُعدی فضایی دارد و می‌توان از نگرشی فضایی، برای تشخیص بی‌عدالتی در شهر بهره برد (Bromberg et al., 2007). به‌طور کلی، در عدالت فضایی، با دو رویکرد اصلی با عنوان توزیع فضایی و فرایندهای تصمیم‌رو به‌رو هستیم. در رویکرد اول، پاسخ به پرسش‌هایی دربارهٔ توزیع فضایی همچون دسترسی به خدمات شهری، حمل‌ونقل عمومی، فرصت‌های شغلی، مراقبت‌های بهداشتی، و برخورداری از کیفیت خوب هوا و دیگر موارد مدنظر قرار می‌گیرد (عدالت توزیعی). رویکرد دوم نیز بر فرایندهای تصمیم‌سازی، مانند وجود داشتن رویکردهای تبعیض‌آمیز در شکل‌دهی به فضای شهری، تأکید دارد (عدالت ساختاری). به بیان دیگر، عدالت فضایی را می‌توان هم محصول و هم فرایند در نظر گرفت. عدالت فضایی محصول‌گرا در قالب الگوهای توزیعی در حوزه‌های جغرافیایی معنی می‌یابد؛ حال آنکه عدالت فضایی فرایندی بر فرایندهای شکل‌دهندهٔ فضا تمرکز دارد. عدالت فضایی محصول‌گرا بیشتر به ارزیابی وضع کنونی شهرها، از منظر برابری‌های فضایی، می‌پردازد اما هدف از عدالت فضایی فرایندگرا بررسی و ارزیابی فرایندهای شکل‌دهنده به فضاست که بر دو بخش برنامه‌های توسعه و قوانین و مقررات و ساختارهای مدیریتی حاکم بر برنامه‌ریزی تأکید می‌کند (Dadashpoor & Alwandipour, 2016).

در این راستا، دل‌بوسک و کوریه^۱ (۲۰۱۱) با استفاده از منحنی لورنز، وضعیت عدالت مکانی در دسترسی به سیستم حمل‌ونقل عمومی را در شهر ملبورن استرالیا بررسی کردند. این پژوهشگران معتقد بودند، باینکه عدالت مکانی یکی از مهم‌ترین موضوعات در حوزهٔ حمل‌ونقل عمومی است، روش ساده‌ای برای ارزیابی آن وجود ندارد. از این‌رو روشی جدید را با استفاده از منحنی لورنز و ضریب جینی پیشنهاد کردند.

نتایج تحقیق نشان داد که ۷۰٪ از جمعیت این شهر تقریباً به ۱۹٪ از خدمات حمل‌ونقل عمومی دسترسی دارند (معادل با ضریب جینی ۰/۶۸). این رقم، در مقایسه با آمار کارمندان و شاغلان استفاده‌کننده از سیستم حمل‌ونقل عمومی، برابر با ۲۳٪ است (ضریب جینی ۰/۶۲). همچنین به‌منظور ارزیابی عدالت افقی، جمعیت به گروه‌های متفاوتی از منظر سن، میزان درآمد و مالکیت خودروی شخصی تقسیم شدند. نتایج حاکی از آن است که جوانان و افراد دارای حقوق پایین، در داخل شهر ملبورن، از دسترسی مطلوبی برخوردارند اما افراد فاقد خودروی شخصی، در سرتاسر شهر، در مناطقی سکونت دارند که تقاضای سیستم حمل‌ونقل عمومی بالاست. لیتمن^۲ (۲۰۱۳) مفهوم «عدالت» در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل عمومی را واکاوی و بیان کرد؛ بدین‌گونه که مفهوم کلی «عدالت در حمل‌ونقل عمومی» شامل دو نوع رویکرد «عدالت افقی»^۳ و «عدالت عمودی»^۴ است. در عدالت افقی، بر برتری نداشتن افراد بر یکدیگر تأکید می‌شود؛ به عبارت دیگر، از برتری دادن اشخاص یا گروه‌ها بر دیگری اجتناب می‌شود و بدون در نظر گرفتن نیاز یا توانایی افراد، خدمات یکسان در اختیار آنها قرار می‌گیرد اما، در عدالت عمودی، منابع با توجه به توانایی‌های متفاوت افراد و نیازهای آنان توزیع می‌شود. طبق این دو نوع رویکرد، دو گونه چشم‌انداز در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل عمومی ایجاد می‌شود؛ در رویکرد عدالت افقی، تمرکز بر بازدهی بالای وسایل حمل‌ونقل عمومی، با هدف استفادهٔ حداکثر مردم برای دسترسی به مراکز تجاری مهم و کاهش ترافیک خیابان‌ها قرار دارد. در مقابل، عدالت عمودی بر دسترسی بیشتر افراد نیازمند، همچون گروه‌های کم‌درآمد یا جوانان، به سامانهٔ حمل‌ونقل عمومی تأکید می‌کند. ریگاردی^۵ و

1. Delbosch & Curri
2. Litman
3. Horizontal Equity
4. Vertical Equity
5. Ricciardi

سکونت کمتر از پنجاه مترمربع، به ترتیب برابر با ۰/۴۵، ۰/۴۹، ۰/۵، ۰/۵۴ و ۰/۶ است.

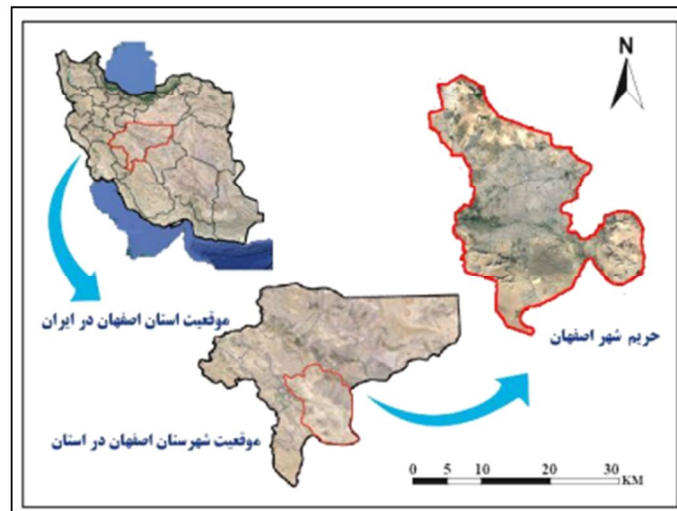
شهر اصفهان سومین کلان‌شهر ایران محسوب می‌شود؛ این شهر، با افزایش تمرکز جمعیت و توسعه فیزیکی در سال‌های اخیر، با مشکلات متعددی همچون افزایش سفرهای درون‌شهری، کاهش کیفیت زندگی، افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی و برهم خوردن عدالت فضایی دست‌به‌گریبان شده است. ارزیابی وضعیت حمل‌ونقل عمومی (به‌منزله عنصر ساختاردهنده به شکل و ماهیت کالبدی، اجتماعی و فضایی شهر) از جمله مواردی است که می‌تواند در حل این مسائل مؤثر باشد. از این‌رو هدف این تحقیق بررسی میزان دسترسی عادلانه شهروندان به شبکه حمل‌ونقل عمومی، با تأکید بر اتوبوس سریع‌السیر از دو منظر وضع کنونی و پیشنهادی (در افق ده‌ساله ۱۴۱۰) است.

۲- مواد و روش‌ها

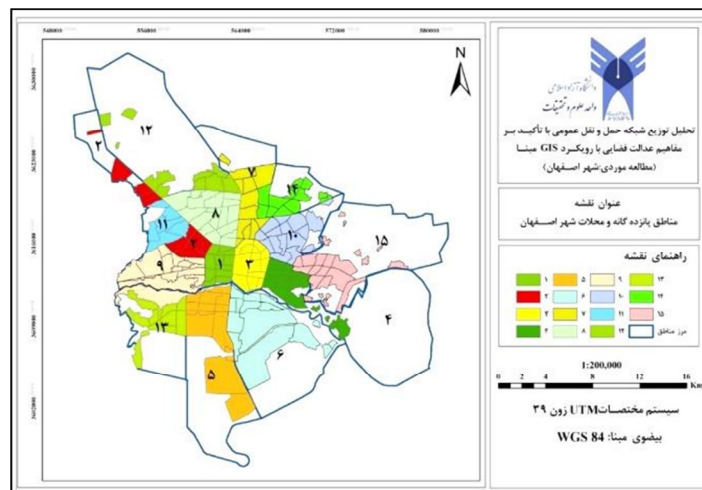
شهر اصفهان، با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی، پس از تهران و مشهد، سومین شهر بزرگ ایران محسوب می‌شود. این شهر در شمال‌غرب استان اصفهان واقع شده و با پهنای حدود ۵۵۰ کیلومترمربع و ۱۸۳۵۹۷۸ نفر، جمعیتی معادل ۱/۳۹٪ استان را در خود جای داده است. براساس آخرین تقسیمات شهرداری در سال ۱۳۹۲، اصفهان دارای پانزده منطقه شهری و ۱۷۸ محله است. محلات شهر اصفهان مطابق دستورالعمل وزارت کشور و ترجیحاً با حفظ پیشینه تاریخی و فرهنگی محلات قدیم تعریف شده‌اند. منطقه ۸، با جمعیت ۲۶۶۵۲۷ نفر، پرجمعیت‌ترین و منطقه ۶، با وسعت ۵۳/۳۴۹۹ هکتار، وسیع‌ترین منطقه اصفهان‌اند. موقعیت شهر اصفهان در کشور و وسعت مناطق آن در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

همکاران (۲۰۱۵) میزان عدالت مکانی در دسترسی به خدمات حمل‌ونقل عمومی را در مورد سه گروه متفاوت شامل افراد سالخورده، افراد کم‌درآمد و افراد فاقد خودرو شخصی، برحسب میزان تقاضا و جمعیت آنان، در شهر پرت^۱ استرالیا بررسی، و نتیجه را با آمار شهر ملبورن استرالیا مقایسه کردند. به بیان دیگر، در این تحقیق، وضعیت عدالت مکانی در این شهر (در جایگاه بزرگ‌ترین شهر استرالیای غربی) در دو بعد عدالت افقی و عمودی، با ملبورن (که دومین شهر پرجمعیت کشور پهناور استرالیاست) مقایسه شد. نتایج تحقیق بیان می‌کند توزیع ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی و میزان دسترسی به آنها برای این سه گروه، در مقایسه با کل جمعیت شهر پرت، وضعیت مطلوبی ندارد و کمترین دسترسی را در این زمینه، افراد سالخورده دارند. این پژوهشگران، با توجه به جمعیت شهر پرت، ضریب جینی معادل ۰/۵۲٪ را پیشنهاد کردند که در مقایسه با شهر ملبورن با ضریب جینی ۰/۶۲٪، وضعیت بهتری ایجاد خواهد کرد. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد ۷۰٪ جمعیت شهر پرت به ۳۳٪ از خدمات حمل‌ونقل عمومی دسترسی دارند؛ در صورتی که این رقم در ملبورن برابر با ۱۹٪ است. به عبارت دیگر ۷۰٪ جمعیت ملبورن به ۱۹٪ خدمات دسترسی دارند. این نتایج حاکی از وضعیت مطلوب خدمات حمل‌ونقل در شهر پرت استرالیاست. متکان^۲ و همکاران (۲۰۲۱) نیز، در پژوهشی، وضعیت شبکه حمل‌ونقل ریلی را در شهر اصفهان ارزیابی کردند. نتایج این تحقیق بیان می‌کند ضرایب جینی، در دسترسی به شبکه مترو در شهر اصفهان، در بررسی عدالت افقی بیشتر از عدالت عمودی مشاهده می‌شود. این نکته از بی‌عدالتی بسیار در توزیع دسترسی گروه‌های حساس و نیازمند اجتماعی به شبکه مترو خبر می‌دهد؛ به گونه‌ای که ضریب جینی در دسترسی شهروندان به تمامی خطوط، در عدالت افقی، برابر با ۰/۴۲ و در عدالت عمودی، در پنج طبقه شامل افراد بیشتر از شصت سال، کمتر از پانزده سال، بدون ماشین شخصی، مهاجران، و خانوارهای با مساحت

1. Perth
2. Matkan



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر اصفهان

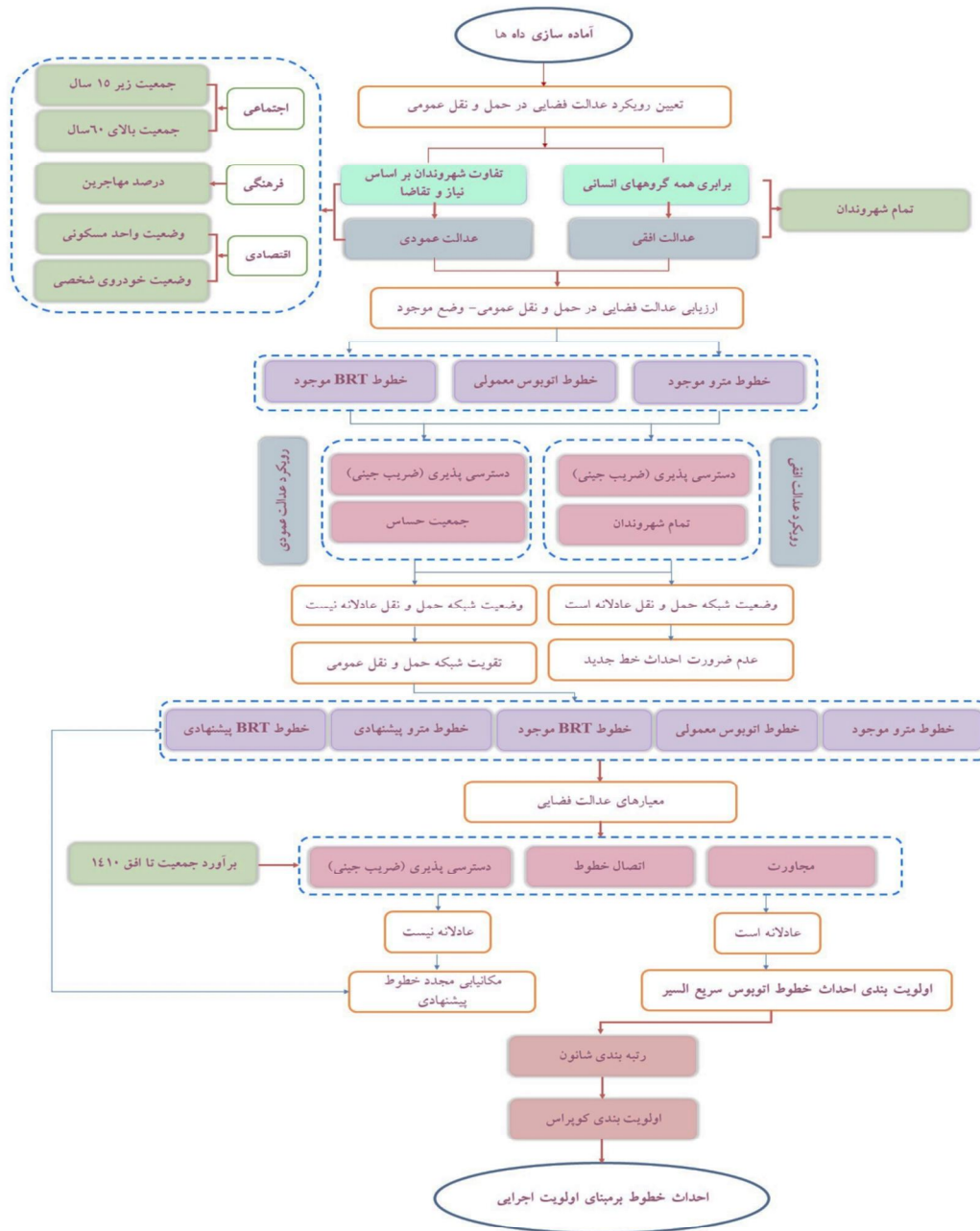


شکل ۲. مناطق پانزده‌گانه شهر اصفهان

شهری و برآورد جمعیت و مکانمندسازی آن تا سال ۱۴۱۰ می‌شود. همچنین به‌منظور تحلیل شبکه، خطای توپولوژیک خطوط شامل گره کاذب^۱، گره معلق^۲ و رعایت اتصالات^۳ در تقاطعات و پل‌ها رفع شد. منظور از داده‌های ثانویه نیز داده‌های تولیدشده بر مبنای شاخص‌های عدالت فضایی است. فلوچارت ۱ روش انجام شدن این تحقیق را نشان می‌دهد.

داده‌های مورد نیاز در این پژوهش از «مرکز معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سرمایه انسانی» و «معاونت حمل‌ونقل و ترافیک» شهرداری اصفهان دریافت شده است. داده‌های به‌کاررفته در تحقیق حاضر در دو گروه داده‌های اولیه و ثانویه قرار می‌گیرد: داده‌های اولیه مشتمل بر تمامی لایه‌های مکانی پایه است. آماده‌سازی داده‌ها شامل زمین‌مرجع کردن لایه‌های اطلاعاتی، با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ شهری در دست، مکانمندسازی جمعیت برحسب نقشه‌های ۱:۲۰۰۰

1. Pseud Node
2. Dangle
3. Connectivity



فلوچارت ۱. روش انجام شدن این تحقیق

۲-۱- تعیین شاخص‌های عدالت فضایی در حمل‌ونقل

عمومی، با تأکید بر اتوبوس سریع‌السیر

با توجه به هدف پژوهش حاضر و تأثیر شیوه‌های متفاوت حمل‌ونقل در حال حاضر مانند مترو، اتوبوس

معمولی و اتوبوس سریع‌السیر در شیوه توسعه و ایجاد مد جدید، شاخص‌های مجاورت، نفوذپذیری معابر و دسترسی‌پذیری برای ارزیابی عدالت فضایی شهر اصفهان در حمل‌ونقل عمومی انتخاب شد. از این رو

شاخص‌های نام‌برده، با در نظر گرفتن تأثیر مدهای دیگر، اولویت ایجاد خطوط اتوبوس‌السیار را محاسبه می‌کند. در ادامه، روش محاسبه هریک از پارامترهای بیان‌شده توضیح داده می‌شود.

شاخص مجاورت

در تعریف دسترسی، آن را نزدیکی نسبی یا مجاورت^۱ مکانی به مکان دیگر (محل) می‌دانند. دسترسی اساساً بر دو نوع است: (۱) دسترسی نسبی؛ (۲) دسترسی ترکیبی (Tsou et al., 2005). دسترسی نسبی میزان ارتباط یا تعامل بین دو نقطه مشخص و سایر نقاط را در فضایی جغرافیایی توصیف می‌کند و دسترسی ترکیبی بیانگر ارتباط و یا تعامل بین یک نقطه و سایر نقاط، در فضایی جغرافیایی است. بنابراین نوع دسترسی، با فاصله و زمان رسیدن از مکانی به مکان دیگر، سنجیده می‌شود (Pourahmad et al., 2021). این تابع، در جعبه‌ابزار تحلیل شبکه، فاصله نزدیک‌ترین عارضه نقطه‌ای یا خطی به عارضه مورد نظر را شناسایی می‌کند.

شاخص دسترسی

دسترسی‌پذیری^۲ بیانگر میزان مسافت طی‌شده، به‌صورت پیاده، از کاربری مبدأ به کاربری‌های مقصد است. آپاریسیو^۳ و همکاران (۲۰۰۸) مناسب‌ترین روش در محاسبه دسترسی پیاده را استفاده از فاصله تحت شبکه معرفی کردند. در این پژوهش، میزان دسترسی‌پذیری مناطق مسکونی تا نزدیک‌ترین ایستگاه‌های اتوبوس تندرو بر مبنای تقاضا و به‌روش OD Cost Matrix^۴ محاسبه شد. در تهیه این نقشه‌ها، پس از ایجاد ماتریس مبدأ-مقصد، فاصله ۳۴۳۱۲۰ پارسل مسکونی تا ایستگاه‌های اتوبوس تندرو به‌صورت تحلیل شبکه محاسبه شد.

شاخص اتصال (نفوذپذیری)

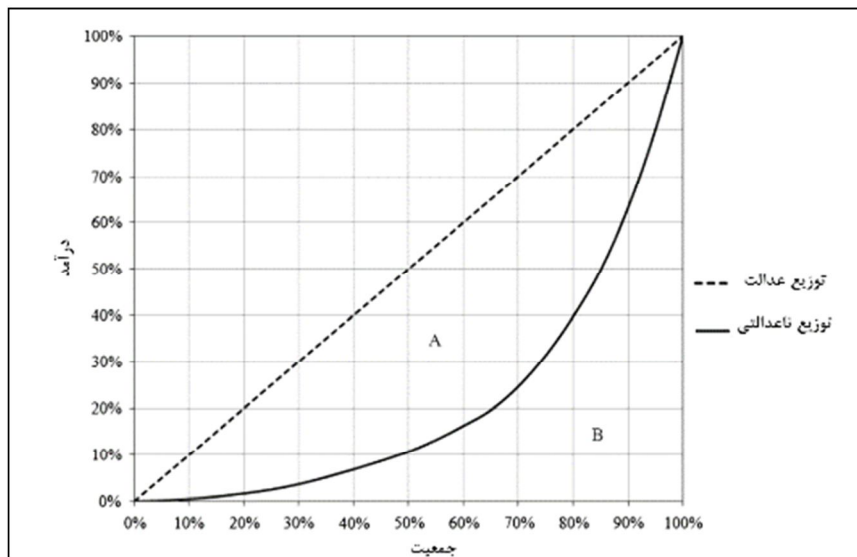
از موارد تأثیرگذار در گسترش پیاده‌روی و تردد بهتر، اتصال معبر با سایر معابر است. مفهوم عینی اتصال بیانگر وجود ارتباط فضایی با بخش‌های گوناگون است؛

بدین معنی که هرچه مقدار اتصال بیشتر باشد، تعداد ارتباط‌های فضای مورد نظر با دیگر فضاها افزایش خواهد داشت (Lotfi & Bakhtiari, 2014). بدین ترتیب مسیرهای دارای شاخص اتصال بالا از ویژگی‌هایی همچون تعدد تقاطع‌ها و کوتاه بودن مسیر برخوردارند و افزایش این موارد بیانگر ظرفیت بالای پیاده‌روی است. از مفهوم کاربردی اتصال می‌توان در بررسی شبکه ارتباطی بهره برد. بر این اساس، مقدار عددی اتصال بیان‌کننده تعداد دسترسی‌های منتهی به مقاصد مورد نظر است. در این تحقیق، تعداد ارتباطات و اتصالات در شبکه در مورد مدهای متفاوت حمل‌ونقل محاسبه شد.

منحنی لورنز

این منحنی را ماکس لورنز^۵، اقتصاددان امریکایی، در سال ۱۹۰۵ و برای بیان میزان نابرابری‌ها در درآمد توسعه داد. این منحنی توزیع متغیری خاص را با توزیع یکسان همان متغیر مقایسه می‌کند. در نمایش گرافیکی منحنی لورنز، محور x درصد تجمعی جمعیت و محور y درصد تجمعی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. از آنجا که صفر درصد جمعیت به صفر درصد منابع دسترسی دارند و صد درصد جمعیت صاحب صد درصد منابع‌اند، نقاط ابتدایی و انتهایی این منحنی، به ترتیب، صفر و یک است (Kanu & Okezie, 2021). خطی که این دو نقطه را به هم متصل می‌کند خط عدالت نام دارد که در حالت عدالت کامل در توزیع، منحنی لورنز بر خط ۴۵ درجه کاملاً منطبق می‌شود. هرچه فاصله منحنی لورنز از خط ۴۵ درجه بیشتر باشد، نابرابری افزایش می‌یابد و در شرایط کاملاً ناعادلانه و یا نابرابر، این خط بر محور Xها منطبق می‌شود (شکل ۴).

1. Near Line
2. Accessibility
3. Apparicio
4. Origin-Destination
5. Max O. Lorenz



شکل ۴. نمودار منحنی لورنز

ضریب جینی

برای بیان میزان ناعدالتی، از ضریب جینی استفاده می‌شود که گرادو جینی، آماردان ایتالیایی، آن را در سال ۱۹۱۰ ابداع کرد (Gastwirth, 1972). ضریب جینی عبارت است از نسبت ناحیه بین منحنی لورنز و خط ۴۵ درجه به کل ناحیه زیر این خط. درواقع، اگر مساحت ناحیه بین منحنی لورنز و خط ۴۵ درجه را A فرض کنیم و مساحت کل ناحیه زیر خط برابری نیز B باشد، ضریب جینی مطابق رابطه (۱) برابر است با:

$$j = \frac{A}{A+B} \quad (1)$$

گرچه مقیاس مذکور، در ابتدای کار، برای سنجش توزیع درآمدها به کار گرفته شده است، می‌توان از آن در بررسی آمارهای هر نوع الگوی توزیعی استفاده کرد. ارزش ضریب جینی بین ۰ و ۱ است. ۰ حالتی است که عدالت کامل وجود دارد و همه اعضا سهم یکسانی از منابع دارند و عدد ۱ بیانگر ناعدالتی کامل است. شاخص مورد اشاره، هرچه کوچک‌تر و به ۰ نزدیک‌تر باشد، توزیع عادلانه‌تر و هرچه به ۱ نزدیک‌تر باشد، توزیع نامتعادل‌تر است. زمانی که ضریب جینی کمتر از ۰/۲ باشد، برابری کامل در توزیع وجود دارد. اگر این

ضریب بین ۰/۲ تا ۰/۳ باشد، برابری در توزیع تا حد بسیاری رعایت شده است. ضریب بین ۰/۳-۰/۴ بیانگر نابرابری در توزیع، ۰/۴-۰/۶ نشان‌دهنده نابرابری زیاد و در نهایت، ضریب بیش از ۰/۶ گویای نابرابری کامل در توزیع است. در این پژوهش، برای محاسبه ضریب جینی از رابطه (۲) استفاده شده است.

$$G = \left(\sum_{i=1}^n x_i y_{i+1} \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_{i+1} y_i \right) \quad (2)$$

در این معادله، X درصد تجمعی جمعیت و Y درصد تجمعی خدمات شهری، به تفکیک نوع کاربری است (Omranikhou et al., 2013).

رتبه‌بندی به‌روش آنتروپی شانون

روش آنتروپی^۱ یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه برای محاسبه وزن معیارهاست. این روش، که شانون (1984) آن را معرفی کرد، برای اندازه‌گیری عدم قطعیت متغیر تصادفی به کار می‌رود (Lin, 1991). با استفاده از این مدل، می‌توان به تعادل فضایی استقرار

1. Entropy

(۴) محاسبه فاصله هر شاخص از آنتروپی آن (d_j): در این مرحله، باید فاصله هر یک از شاخص‌ها را از مقدار آنتروپی آن که در مرحله قبل محاسبه شد، به دست آوریم. برای این کار، از رابطه (۵) استفاده می‌شود.

$$d_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه (۵)}$$

(۵) محاسبه وزن هر شاخص: در این مرحله، وزن هر شاخص با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum d_j} \quad \text{رابطه (۶)}$$

روش رتبه‌بندی کوپراس

کوپراس^۱ یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۲ است که بهترین گزینه را در بین مجموعه‌ای از گزینه‌های عملی، از طریق تعیین فاصله راه‌حل با نسبت راه‌حل ایده‌آل و نسبت به بدترین راه‌حل، اختصاص می‌دهد (Zavadskas et al., 2007). به عبارت دیگر، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی یا رتبه‌بندی گزینه‌های گوناگون است که از وزن معیارها استفاده می‌کند. اولین بار این روش برای تعیین اولویت و میزان مؤثر بودن گزینه‌ها توسعه داده شد. این روش برای ارزیابی ارزش هر دو معیار کمینه و بیشینه به کار می‌رود و تأثیر این معیارها، در ارزیابی نتایج، جداگانه در نظر گرفته می‌شود. همچنین این روش، در عین سادگی، بسیار کاربردی و قدرتمند است و برای محاسبه آن به عملیات پیچیده ریاضی نیازی نیست. در سال‌های اخیر، استفاده از روش کوپراس به‌منزله یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، افزایش یافته و دلیل آن سادگی محاسبه، رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها و در نظر گرفتن معیارهای مثبت و منفی است. در این روش، تأثیر حداکثرسازی و حداقل‌سازی معیارها در ارزیابی نتیجه به‌صورت مجزا در نظر گرفته می‌شود. رویه اصلی آن شامل چندین گام است که در ادامه گفته می‌شود.

جمعیت و تعداد شهرها در سطح شبکه شهری، استانی، منطقه‌ای و ملی پی برد. در واقع، این مدل بیانگر تأثیر وجودی شاخص جمعیت در تحقق هر یک از گونه‌های تعادل یا تمرکز منطقه مورد مطالعه است. در ماتریس تصمیم‌گیری، آنتروپی می‌تواند پراکندگی مقادیر شاخص‌ها را نیز نشان دهد. هرچه پراکندگی مقادیر شاخصی در گزینه‌ها بیشتر (آنتروپی کمتر) شود، اهمیت آن شاخص در تصمیم‌گیری بیشتر است زیرا در تصمیم‌گیری، به تشابه نداشتن گزینه‌ها بیشتر توجه می‌شود. اگر آنتروپی به سمت صفر میل کند، از تمرکز بیشتر و یا افزایش تمرکز یا نبود تعادل در توزیع جمعیت، در مکان مورد مطالعه، حکایت دارد و حرکت به طرف ۱ و بیشتر از آن توزیع متعادل‌تری در نحوه استقرار جمعیت را نشان می‌دهد. در ادامه، روش محاسبه آنتروپی شرح داده می‌شود.

(۱) تشکیل جدول تصمیم‌گیری: جدول تصمیم‌گیری به‌منزله ورودی روش آنتروپی در نظر گرفته می‌شود.
(۲) نرمال‌سازی جدول تصمیم‌گیری: مرحله دوم، در روش آنتروپی، نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس کردن جدول تصمیم‌گیری است. برای نرمال‌سازی، از روش نرمال‌سازی ساده یا همان میانگین حسابی استفاده می‌شود. رابطه نرمال‌سازی ساده بدین صورت است (درواقع، مؤلفه‌های هر ستون به مجموع هر ستون تقسیم می‌شود):

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad J=1, \dots, n \quad \text{رابطه (۳)}$$

(۳) محاسبه آنتروپی هر شاخص: در این مرحله باید آنتروپی هر یک از شاخص‌ها را با استفاده از رابطه (۴) محاسبه کرد. در این معادله، m تعداد گزینه‌ها، P_i مقدار احتمالی ارزش شاخص از دید گزینه‌ی A_m و K مقدار ثابت برای تعدیل آنتروپی هر شاخص بین ۰ و ۱ است.

$$E = S(P_1, P_2, \dots, P_m) = -k \cdot \sum_{i=1}^m P_i \cdot \ln(P_i)$$

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

1. COPRAS
2. MCDM

(۵) تعیین اهمیت نسبی گزینه‌ها (Q_i): در این گام، با استفاده از رابطه (۱۰)، اهمیت نسبی گزینه‌ها را مشخص می‌کنیم. در این معادله، S_{\min} برابر است با حداقل مقدار S_i .

$$Q_i = S_{+i} + \frac{S_{-min} \times \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-i} \times \sum_{i=1}^m \left(\frac{S_{-min}}{S_{-i}}\right)} \quad i = 1, \dots, m$$

رابطه (۱۰)

(۶) محاسبه سودمندی کمی گزینه‌ها (U_i): در این مرحله، با استفاده از رابطه (۱۱)، میزان سودمندی هر یک از گزینه‌ها را به دست می‌آوریم. Q_{\max} بزرگ‌ترین مقدار اهمیت نسبی است و مقدار سودمندی گزینه‌ها همواره بین ۰ تا ۱۰۰٪ است. در پایان، گزینه‌ها را براساس مقدار سودمندی آنها رتبه‌بندی می‌کنیم. هرچه مقدار سودمندی گزینه‌ای بیشتر باشد، اولویت آن نیز بیشتر خواهد بود. مقدار Q نشان‌دهنده میزان ارزش و اهمیت هر یک از گزینه‌ها برحسب معیارهاست و مقدار بالای ارزش به اهمیت و مطلوبیت بیشتر گزینه‌ها اشاره دارد.

$$u_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \times 100\%$$

رابطه (۱۱)

۳- نتایج تحقیق

در حال حاضر، شبکه حمل‌ونقل همگانی اتوبوس شهر اصفهان متشکل از ۱۸۰ خط درون‌شهری، به صورت رفت و برگشت، با طول حدود ۲۴۴۷ کیلومتر است. از این خطوط، هفت خط سریع‌السیار و با طول ۱۲۲ کیلومتر (مجموع رفت و برگشت چهارده خط) و مابقی خطوط اتوبوس معمولی است (۱۴۵ خط با طول ۲۳۲۵ کیلومتر). شایان ذکر است که براساس مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک، ۳۰۷ کیلومتر از خطوط فعلی اتوبوس‌های معمولی برای احداث ۲۱ خط سریع‌السیار در آینده پیش‌بینی شده است. جدول ۱ اطلاعات توصیفی خطوط اتوبوس‌رانی شهر اصفهان را بیان می‌کند.

(۱) ایجاد ماتریس تصمیم مسئله: در این رابطه، X_{ij} مقدار ارزیابی گزینه A_m در رابطه با معیار A_j ، و همچنین m تعداد گزینه‌ها و n تعداد معیارهاست.

(۲) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: در گام دوم، جدول تصمیم‌گیری را نرمال (بی‌مقیاس یا هنجارسازی) می‌کنیم. برای نرمال‌سازی، از روش نرمال‌سازی ساده یا همان میانگین حسابی استفاده می‌شود. رابطه نرمال‌سازی ساده بدین صورت است:

$$R = [r_{ij}]_{m \times n} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

درواقع، مؤلفه‌های هر ستون به مجموع هر ستون تقسیم می‌شود. در این معادله، r_{ij} مقدار نرمال‌شده گزینه A_m در معیار A_j و W_j وزن معیار A_j است. مجموع وزن نرمال‌شده موزون گزینه‌ها، در یک معیار، همواره برابر است با وزن آن معیار.

(۳) تعیین ماتریس تصمیم نرمال‌شده موزون: در این مرحله، با استفاده از وزن شاخص‌ها (معیارها)، ماتریس تصمیم نرمال‌شده موزون را محاسبه می‌کنیم. برای تشکیل ماتریس تصمیم نرمال‌شده موزون، در صورتی که وزن شاخص‌ها (معیارها) مسئله به صورت زیر باشد، از رابطه (۸) استفاده می‌کنیم.

$$W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$$

$$D = [y_{ij}]_{m \times n} = r_{ij} \times w_j \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m y_{ij} = w_j$$

رابطه (۸)

(۴) محاسبه مجموع مقادیر نرمال‌شده موزون: در این مرحله، با استفاده از رابطه (۹)، مجموع مقادیر نرمال‌شده موزون را برای معیارهای سود (مثبت) و همچنین معیارهای هزینه (منفی)، محاسبه می‌کنیم. در این رابطه، y_{+ij} و y_{-ij} به ترتیب مقدار نرمال‌شده موزون برای معیارهای سود و هزینه است.

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^n y_{+ij} \quad S_{-i} = \sum_{j=1}^n y_{-ij}$$

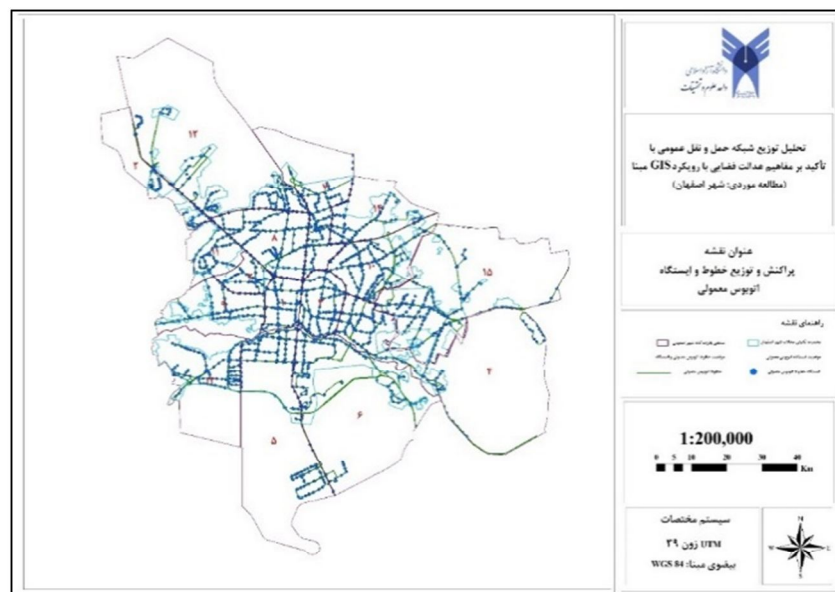
رابطه (۹)

جدول ۱. اطلاعات آماری خطوط اتوبوس معمولی و سریع‌السیار

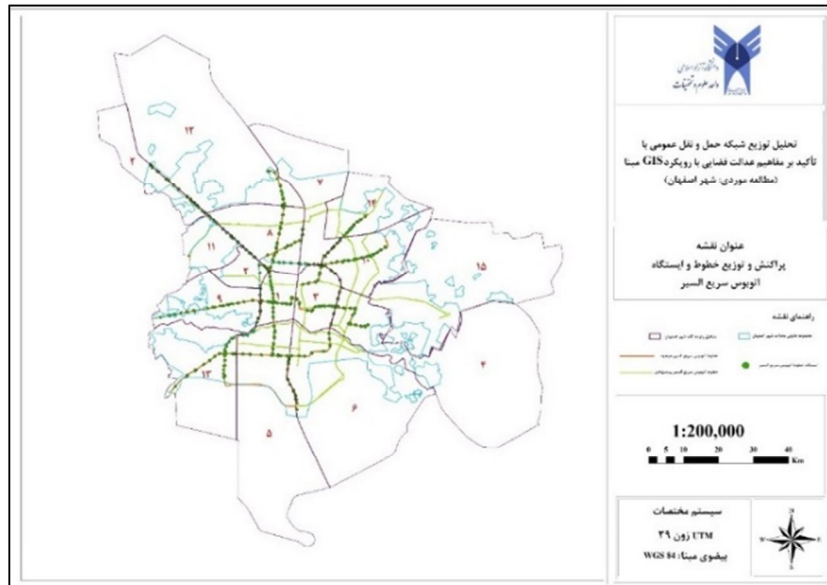
تعداد کل خطوط	تعداد ایستگاه‌ها	وضعیت خط	تعداد خط معمولی	تعداد خط سریع‌السیار	تعداد خطوط در دست مطالعه
۱۸۰	۲۸۱۲	رفت و برگشت	۱۴۵	۷	۲۱
			۲۳۲۵ کیلومتر	۱۲۲ کیلومتر	۳۰۷ کیلومتر

با توجه به مطالب یادشده، بیان چند نکته درباره نحوه توسعه خطوط حمل‌ونقل عمومی درخور توجه است: (۱) در حال حاضر، هیچ‌گونه برنامه‌ای برای توسعه خطوط اتوبوس معمولی وجود ندارد؛ (۲) خطوط اتوبوس سریع‌السیار بر بستر خطوط اتوبوس معمولی ایجاد شده‌اند. به عبارت دیگر این خطوط با تغییر کاربری خطوط اتوبوس معمولی، همراه با ایجاد زیرساخت مناسب از منظر به‌سازی و نصب تجهیزات، به خطوط سریع‌السیار تبدیل می‌شوند. از آنجاکه شبکه معابر و خطوط حمل‌ونقل، در نظامی واحد، اسکلت اصلی کالبد فیزیکی شهر را تشکیل می‌دهند، تصمیم‌گیری درباره توسعه و احداث خطوط جدید در مدهای متفاوت حمل‌ونقل مستلزم رویکردی یکپارچه و نظام‌مند است. بنابر تحقیقات

انجام‌شده، شهر اصفهان تا افق ۱۴۱۰ فقط سه خط مترو خواهد داشت. بر این اساس، خط ۱ در حال بهره‌برداری است و خط ۲ در مراحل اجرا و بهره‌برداری قرار دارد. از این رو اولویت‌بندی این خطوط و همچنین توسعه خطوط اتوبوس معمولی تا افق ۱۴۱۰ مدنظر نیست؛ بنابراین اولویت اجرای خطوط اتوبوس سریع‌السیار بر مبنای شاخص‌های عدالت فضایی بررسی خواهد شد. از سوی دیگر با توجه به هزینه‌های گزاف احداث خطوط و تجهیزات، شامل تهیه زیرساخت، خرید اتوبوس، آزادسازی و تعریض معابر، امکان اجرایی کردن تمامی خطوط وجود ندارد. از این رو، پیش از هرگونه اقدام عملیاتی برای ساخت و اجرا، خطوط پیشنهادی باید براساس اصول عدالت مکانی ارزیابی و اولویت‌بندی شوند.



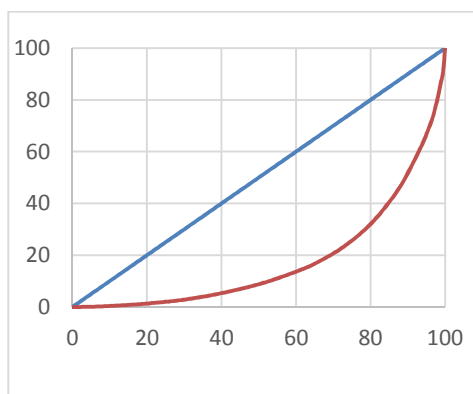
شکل ۵. پراکنش و توزیع خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس معمولی شهر اصفهان



شکل ۶. پراکنش و توزیع خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس سریع‌السیر

۳-۱: ارزیابی وضعیت فعلی خطوط اتوبوس سریع‌السیر از منظر معیارهای عدالت فضایی

بنابر محاسبات انجام‌شده، ضریب جینی دسترسی کنونی شهروندان به خطوط اتوبوس سریع‌السیر معادل ۰/۶۴۴ است. نمودارهای شکل ۷ نتایج ارزیابی وضعیت فعلی دسترسی شهروندان به خطوط اتوبوس سریع‌السیر را نشان می‌دهد. در این زمینه، یکی از راهکارهای مدیریتی برای بهبود دسترسی به شبکه حمل‌ونقل عمومی، با شاخص‌های عدالت فضایی، اولویت‌بندی احداث خطوط پیشنهادی مدهای حمل‌ونقل است. از آنجاکه احداث خطوط اتوبوس سریع‌السیر در شهر اصفهان تا افق ۱۴۱۰ مدنظر است، اولویت اجرای این خطوط بر مبنای شاخص‌های عدالت فضایی (مجاورت، اتصال و دسترسی) بررسی شد. پس از تعیین اهمیت هریک از معیارها به روش آنتروپی شانون، اولویت اجرای خطوط ۲۱ گانه اتوبوس سریع‌السیر به روش کوپراس مشخص شد.

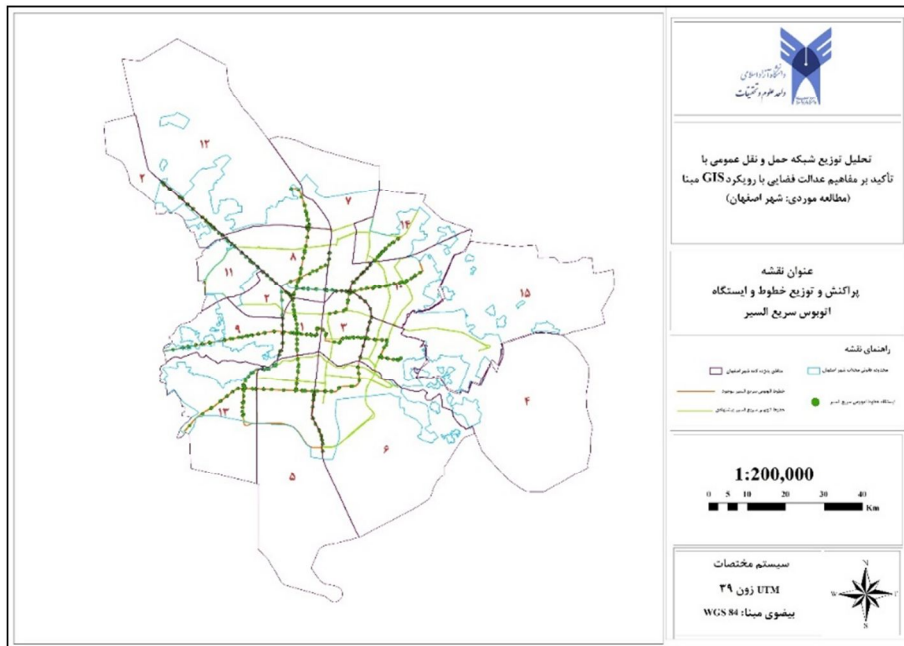


شکل ۷. منحنی لورنز دسترسی تمامی شهروندان به خطوط اتوبوس سریع‌السیر

حمل‌ونقل عمومی (مترو، اتوبوس معمولی و سریع‌السیر) و خطوط پیشنهادی با یکدیگر، شاخص‌های مجاورت، اتصال پذیری و دسترسی پذیری به‌منزله شاخص‌های عدالت فضایی، برای ارزیابی خطوط پیشنهادی، تعیین شد. نقشه شکل ۸ و جدول ۲ اطلاعات مکانی و توصیفی ۲۱ خط پیشنهادی اتوبوس سریع‌السیر را نشان می‌دهد.

۳-۲: اولویت‌بندی احداث خطوط اتوبوس سریع‌السیر بر مبنای معیارهای عدالت فضایی

با توجه به هم‌پوشانی و مجاورت خطوط فعلی



شکل ۸. پراکنش و توزیع خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس سریع‌السیر اصفهان

جدول ۲. اطلاعات آماری خطوط پیشنهادی اتوبوس سریع‌السیر اصفهان

شماره خط	مبدأ	مقصد	طول خط	مجموع خطوط	شماره خط	مبدأ	مقصد	طول خط	مجموع خطوط
۱	تقاطع شهید طیاره	پایانه صفه	۱۵/۹	۳۴/۹	۱۲	شهرک نگین	پایانه آبشار	۲۱/۵	۳۱
	ارغوانیه	رهنان	۱۹			پایانه زاینده‌رود	۹/۵		
۲	ارغوانیه	رهنان	۱۹	۴۰/۵	۱۳	شهرک نگین	پایانه آبشار	۲۱/۵	۳۷/۴
	شهرک نگین	پایانه آبشار	۲۱/۵			تقاطع شهید طیاره	۱۵/۹		
۳	ارغوانیه	رهنان	۱۹	۳۵/۷	۱۴	شهرک نگین	پایانه آبشار	۲۱/۵	۳۸/۲
	آیت‌الله غفاری	رهنان	۱۶/۷			رهنان	۱۶/۷		
۴	آیت‌الله غفاری	رهنان	۱۶/۷	۲۹/۷	۱۵	شهرک نگین	پایانه آبشار	۲۱/۵	۳۴/۵
	انتهای جانبازان	آبشار	۱۳			انتهای جانبازان	۱۳		
۵	پایانه آیت‌الله غفاری	انتهای شیخ صدوق	۱۴/۹	۳۳/۹	۱۶	پایانه آبشار	پایانه زاینده‌رود	۹/۵	۲۵/۴
	ارغوانیه	رهنان	۱۹			تقاطع شهید طیاره	۱۵/۹		

ادامهٔ جدول ۲

شمارهٔ خط	مبدأ	مقصد	طول خط	مجموع خطوط	شمارهٔ خط	مبدأ	مقصد	طول خط	مجموع خطوط
۶	ارغوانیه	رهنان	۱۹	۲۸/۵	۱۷	پایانهٔ آبشار	پایانهٔ زاینده‌رود	۹/۵	۲۲/۵
	پایانهٔ آبشار	زاینده‌رود	۹/۵			انتهای جانبازان	آبشار	۱۳	
۷	پایانهٔ آیت‌الله غفاری	انتهای شیخ صدوق	۱۴/۹	۳۶/۴	۱۸	پایانهٔ آبشار	زاینده‌رود	۹/۵	۲۶/۲
	شهرک نگین	پایانهٔ آبشار	۲۱/۵			آیت‌الله غفاری	رهنان	۱۶/۷	
۸	پایانهٔ آیت‌الله غفاری	انتهای شیخ صدوق	۱۴/۹	۲۴/۴	۱۹	تقاطع شهید طیاره	پایانهٔ صفه	۱۵/۹	۳۲/۶
	پایانهٔ آبشار	پایانهٔ زاینده‌رود	۹/۵			آیت‌الله غفاری	رهنان	۱۶/۷	
۹	پایانهٔ آیت‌الله غفاری	انتهای شیخ صدوق	۱۴/۹	۳۰/۸	۲۰	تقاطع شهید طیاره	پایانهٔ صفه	۱۵/۹	۲۸/۹
	تقاطع شهید طیاره	پایانهٔ صفه	۱۵/۹			انتهای جانبازان	آبشار	۱۳	
۱۰	پایانهٔ آیت‌الله غفاری	انتهای شیخ صدوق	۱۴/۹	۳۱/۶	۲۱	آیت‌الله غفاری	رهنان	۱۶/۷	۲۹/۷
	آیت‌الله غفاری	رهنان	۱۶/۷			انتهای جانبازان	آبشار	۱۳	
۱۱	پایانهٔ آیت‌الله غفاری	انتهای شیخ صدوق	۱۴/۹	۲۷/۹		مجموع طول خطوط پیشنهادی			
	انتهای جانبازان	آبشار	۱۳						

۳-۳- معیارهای عدالت فضایی در اولویت‌بندی خطوط

اتوبوس سریع‌السير

معیار مجاورت

بنابر مطالب گفته‌شده، هدف اصلی از محاسبهٔ معیار مجاورت تعیین میزان پوشش‌دهی شبکهٔ حمل‌ونقل عمومی است. بر این اساس، مقدار مجاورت بالا به پوشش‌دهی بیشتر شبکه اشاره دارد و از این‌رو، برای

احداث، اولویت بالاتری کسب می‌کند. بنابراین، در گام نخست، دسترسی نسبی هریک از ایستگاه‌های اتوبوس سریع‌السير فعلی با ایستگاه‌های متروی فعلی محاسبه شد. سپس خطوط پیشنهادی سریع‌السير به تحلیل شبکه افزوده و میزان نزدیکی خط پیشنهادی به خط متروی فعلی (خط شماره ۱ و ۲) برآورد شد.

معیار اتصال

همان‌گونه که بیان کردیم، این عامل میزان ارتباط و پیوستگی خطوط شبکه حمل‌ونقل عمومی را مشخص می‌کند. کاربرد این شاخص، در اولویت‌بندی خطوط اتوبوس سریع‌السیر، تعیین‌کننده میزان جابه‌جایی بالای مسافران است. در این راستا، مقادیر بیان‌شده حاکی از پیوستگی بیشتر شبکه حمل‌ونقل و دسترسی بهتر شهروندان به خدمات حمل‌ونقل عمومی است. بنابر نتایج، بیشترین میزان نفوذپذیری معادل ۲۳، مختص خط شماره ۱۴ و کمترین میزان نفوذپذیری برابر با ۱۷ و متعلق به خط شماره ۲ است (جدول ۳).

دسترسی‌پذیری محاسبه شد. مقادیر به‌دست‌آمده در محاسبه ضریب جینی و منحنی لورنز به کار رفت. به‌عبارت‌دیگر، از آنجاکه در محاسبه ضریب جینی مقدار دسترسی برحسب جمعیت محاسبه می‌شود، درنهایت، ضریب جینی به‌منزله معیار دسترسی به کار رفت. جدول ۴ و نمودار شکل ۹ نتایج محاسبه ضریب جینی را به‌تفکیک ۲۱ خط پیشنهادی، با رویکرد عدالت افقی، نشان می‌دهد. شایان ذکر است که مقدار ضریب جینی برای هر خط، با در نظر گرفتن خطوط فعلی و افزودن سایر خطوط پیشنهادی، جداگانه به دست آمد.

جدول ۳. مقادیر محاسبه‌شده تعداد اتصالات در خطوط

پیشنهادی اتوبوس سریع‌السیر شهر اصفهان					
شماره خط	مقدار اتصال	شماره خط	مقدار اتصال	شماره خط	مقدار اتصال
۱	۱۹	۸	۱۹	۱۵	۱۸
۲	۱۷	۹	۲۰	۱۶	۲۰
۳	۲۱	۱۰	۲۰	۱۷	۲۲
۴	۱۹	۱۱	۱۸	۱۸	۲۲
۵	۲۰	۱۲	۲۰	۱۹	۱۸
۶	۲۱	۱۳	۲۱	۲۰	۲۱
۷	۱۹	۱۴	۲۳	۲۱	۲۱
			مجموع	۴۱۹	

جدول ۴. مقادیر محاسبه‌شده ضریب جینی (دسترسی) در

خطوط پیشنهادی اتوبوس سریع‌السیر شهر اصفهان					
شماره خط	ضریب جینی	شماره خط	ضریب جینی	شماره خط	ضریب جینی
۱	۰/۶۴۸	۸	۰/۶۶۰	۱۵	۰/۶۵۴
۲	۰/۶۴۹	۹	۰/۶۶۰	۱۶	۰/۶۵۵
۳	۰/۶۴۲	۱۰	۰/۶۴۸	۱۷	۰/۶۴۴
۴	۰/۶۴۱	۱۱	۰/۶۴۰	۱۸	۰/۱۸۴۰
۵	۰/۶۴۸	۱۲	۰/۶۴۸	۱۹	۰/۶۶۳
۶	۰/۶۴۹	۱۳	۰/۶۴۸	۲۰	۰/۶۶۱
۷	۰/۶۴۴	۱۴	۰/۶۴۸	۲۱	۰/۶۶۶

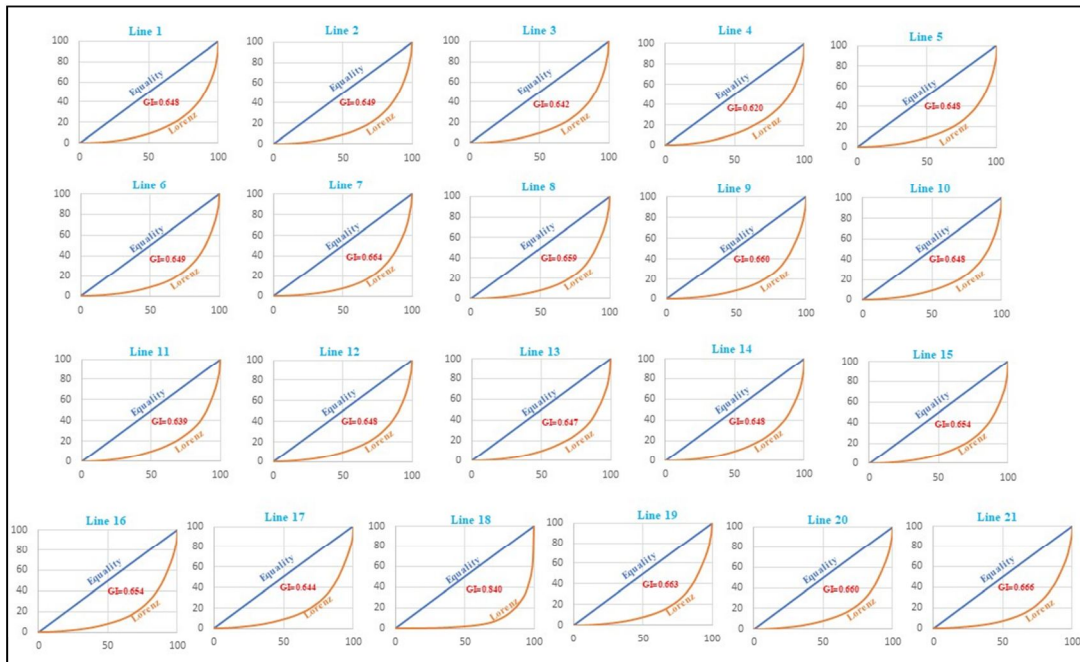
۳-۴- وزن دهی خطوط پیشنهادی براساس آنتروپی

شانون

همان‌گونه که بیان شد، به‌منظور تصمیم‌گیری درمورد اولویت اجرای خطوط پیشنهادی براساس اصول عدالت فضایی، سه معیار دسترسی‌پذیری، نفوذپذیری و مجاورت تعیین شد. با توجه به اینکه معیارهای مورد اشاره دارای اهمیت متفاوتی‌اند، با استفاده از روش وزن‌دهی آنتروپی، اهمیت هر یک از شاخص‌ها به‌تفکیک به دست آمد. شایان ذکر است که مبنای محاسبه وزن معیارها رویکرد عدالت افقی است. در ادامه، نتایج محاسبه وزن معیارها بیان می‌شود.

معیار دسترسی‌پذیری (ضریب جینی)

طبق مطالب پیشین، در این پژوهش، میزان دسترسی‌پذیری بلوک‌های جمعیتی تا نزدیک‌ترین ایستگاه اتوبوس تندرو، بر مبنای تقاضا و به‌روش OD Cost Matrix محاسبه شد. نتیجه مشتمل بر فاصله بلوک‌های جمعیتی تا نزدیک‌ترین ایستگاه اتوبوس سریع‌السیر فعلی است. شایان ذکر است، پس از تعیین نزدیک‌ترین خط اتوبوس سریع‌السیر کنونی، یکی از ۲۱ خط پیشنهادی به تحلیل شبکه افزوده و بار دیگر



شکل ۹. نمودار منحنی لورنز در خطوط پیشنهادی اتوبوس سریع‌السیر، به تفکیک خطوط، با رویکرد عدالت افقی

جدول ۵. تهیه ماتریس تصمیم برای وزندهی خطوط پیشنهادی

شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذ پذیری	شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذ پذیری
1	0/850745524	3	19	12	0/850092562	4	20
2	0/856018139	3	17	13	0/846195492	4	21
3	0/840878982	4	21	14	0/809001396	4	23
4	0/810814551	3	19	15	0/850365823	3	18
5	0/850092562	4	20	16	0/838883752	4	20
6	0/858428336	4	21	17	0/849311001	4	22
7	0/884107476	3	19	18	1/214559104	4	22
8	0/873091088	3	19	19	0/874731605	3	18
9	0/873091088	4	20	20	0/869384336	4	21
10	0/850092562	4	20	21	0/885690235	4	21
11	0/838883752	3	18	مجموع	18/27445937	76	419

جدول ۶. نرمال‌سازی جدول تصمیم‌گیری برای وزندهی خطوط پیشنهادی

شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذ پذیری	شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذ پذیری
1	0/0465538	0/039473684	0/045346062	12	0/046518069	0/052631579	0/047732697
2	0/046842324	0/039473684	0/040572792	13	0/046304817	0/052631579	0/050119332
3	0/046013891	0/052631579	0/050119332	14	0/044269512	0/052631579	0/054892601
4	0/04436873	0/039473684	0/045346062	15	0/046533022	0/039473684	0/042959427
5	0/046518069	0/052631579	0/047732697	16	0/04590471	0/052631579	0/047732697
6	0/046974212	0/052631579	0/050119332	17	0/046475301	0/052631579	0/052505967
7	0/048379405	0/039473684	0/045346062	18	0/066462109	0/052631579	0/052505967
8	0/047776576	0/039473684	0/045346062	19	0/047866347	0/039473684	0/042959427
9	0/047776576	0/052631579	0/047732697	20	0/047573738	0/052631579	0/050119332
10	0/046518069	0/052631579	0/047732697	21	0/048466016	0/052631579	0/050119332
11	0/04590471	0/039473684	0/042959427	مجموع			

جدول ۷. محاسبه آنتروپی هر شاخص برای وزن‌دهی خطوط پیشنهادی

شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری	شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری
1	0/046899747	0/04190599	0/046074535	12	0/046875482	0/050901406	0/047695323
2	0/047095353	0/04190599	0/042706831	13	0/046730475	0/050901406	0/049276899
3	0/046532131	0/050901406	0/049276899	14	0/045330062	0/050901406	0/05232972
4	0/045399031	0/04190599	0/046074535	15	0/046885638	0/04190599	0/04441247
5	0/046875482	0/050901406	0/047695323	16	0/046457539	0/050901406	0/047695323
6	0/047184574	0/050901406	0/049276899	17	0/046846426	0/050901406	0/050821132
7	0/048127676	0/04190599	0/046074535	18	0/059183985	0/050901406	0/050821132
8	0/047724749	0/04190599	0/046074535	19	0/047784908	0/04190599	0/04441247
9	0/047724749	0/050901406	0/047695323	20	0/047588613	0/050901406	0/049276899
10	0/046875482	0/050901406	0/047695323	21	0/048185362	0/050901406	0/049276899
11	0/046457539	0/04190599	0/04441247	مجموع	0/046875482	0/050901406	0/047695323

جدول ۸. محاسبه فاصله هر شاخص از آنتروپی آن

نفوذپذیری	مجاورت	دسترسی	آنتروپی
0/99907548	0/996966195	0/998765003	آنتروپی هر شاخص
0/00092452	0/003033805	0/001234997	میزان انحراف هر شاخص

جدول ۹. محاسبه وزن هریک از شاخص‌های عدالت فضایی

نفوذپذیری	مجاورت	دسترسی	شاخص‌های عدالت فضایی
0/178020922	0/584174338	0/23780474	وزن هر شاخص
2	1	3	رتبه

بهترین گزینه را بین مجموعه‌ای از گزینه‌های عملی اختصاص می‌دهد. با استفاده از این روش، اولویت اجرای خطوط ۲۱ گانه تعیین می‌شود. شایان ذکر است که در تعیین اولویت خطوط پیشنهادی، معیارهای عدالت فضایی به‌منزله وزن شاخص به کار رفت. نتایج محاسبه در جدول‌های ۱۰ تا ۱۳ بیان شده است. شایان ذکر است که به‌منظور محاسبه نفوذپذیری، از تعداد اتصالات^۱ در شبکه خطوط حمل‌ونقل استفاده شد.

بر این اساس، اهمیت شاخص‌های عدالت فضایی، به‌ترتیب، عبارت است از مجاورت و نفوذپذیری و دسترسی.

۵-۳- روش رتبه‌بندی کوپراس

همان‌طور که بیان شد، کوپراس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که از طریق تعیین فاصله راه‌حل با نسبت راه‌حل ایده‌آل و نیز بدترین راه‌حل،

جدول ۱۰. ایجاد ماتریس تصمیم برای رتبه‌بندی کوپراس

شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری	شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری
1	0/011070714	0/023059513	0/008072548	12	0/011062217	0/030746018	0/008497419
2	0/011139327	0/023059513	0/007222806	13	0/011011505	0/030746018	0/00892229
3	0/010942321	0/030746018	0/00892229	14	0/0105275	0/030746018	0/009772032
4	0/010551094	0/023059513	0/008072548	15	0/011065773	0/023059513	0/007647677
5	0/011062217	0/030746018	0/008497419	16	0/010916358	0/030746018	0/008497419
6	0/01117069	0/030746018	0/00892229	17	0/011052047	0/030746018	0/009347161
7	0/011504852	0/023059513	0/008072548	18	0/015805004	0/030746018	0/009347161
8	0/011361496	0/023059513	0/008072548	19	0/011382844	0/023059513	0/007647677
9	0/011361496	0/030746018	0/008497419	20	0/01131326	0/030746018	0/00892229
10	0/011062217	0/030746018	0/008497419	21	0/011525448	0/030746018	0/00892229
11	0/010916358	0/023059513	0/007647677	مجموع			

1. Nodes

جدول ۱۱. نرمال‌سازی ماتریس تصمیم برای رتبه‌بندی کوپراس

شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری	شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری
1	0/0465538	0/039473684	0/045346062	12	0/046518069	0/052631579	0/047732697
2	0/046842324	0/039473684	0/040572792	13	0/046304817	0/052631579	0/050119332
3	0/046013891	0/052631579	0/050119332	14	0/044269512	0/052631579	0/054892601
4	0/04436873	0/039473684	0/045346062	15	0/046533022	0/039473684	0/042959427
5	0/046518069	0/052631579	0/047732697	16	0/04590471	0/052631579	0/047732697
6	0/046974212	0/052631579	0/050119332	17	0/046475301	0/052631579	0/052505967
7	0/048379405	0/039473684	0/045346062	18	0/066462109	0/052631579	0/052505967
8	0/047776576	0/039473684	0/045346062	19	0/047866347	0/039473684	0/042959427
9	0/047776576	0/052631579	0/047732697	20	0/047573738	0/052631579	0/050119332
10	0/046518069	0/052631579	0/047732697	21	0/048466016	0/052631579	0/050119332
مجموع	0/04590471	0/039473684	0/042959427				

جدول ۱۲. تعیین ماتریس تصمیم نرمال‌شده موزون

شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری	شماره خط	دسترسی	مجاورت	نفوذپذیری
1	0/011070714	0/023059513	0/008072548	12	0/011062217	0/030746018	0/008497419
2	0/011139327	0/023059513	0/007222806	13	0/011011505	0/030746018	0/008922229
3	0/010942321	0/030746018	0/008922229	14	0/0105275	0/030746018	0/009772032
4	0/010551094	0/023059513	0/008072548	15	0/011065773	0/023059513	0/007647677
5	0/011062217	0/030746018	0/008497419	16	0/010916358	0/030746018	0/008497419
6	0/01117069	0/030746018	0/008922229	17	0/011052047	0/030746018	0/009347161
7	0/011504852	0/023059513	0/008072548	18	0/015805004	0/030746018	0/009347161
8	0/011361496	0/023059513	0/008072548	19	0/011382844	0/023059513	0/007647677
9	0/011361496	0/030746018	0/008497419	20	0/01131326	0/030746018	0/008922229
10	0/011062217	0/030746018	0/008497419	21	0/011525448	0/030746018	0/008922229
مجموع	0/010916358	0/023059513	0/007647677		0/23780474	0/584174338	0/178020922

جدول ۱۳. مجموع مقادیر نرمال‌شده موزون برای معیارهای مثبت و منفی، اهمیت نسبی گزینه‌ها، محاسبه سودمندی کمی گزینه‌ها و رتبه‌بندی خطوط براساس معیارهای عدالت فضایی

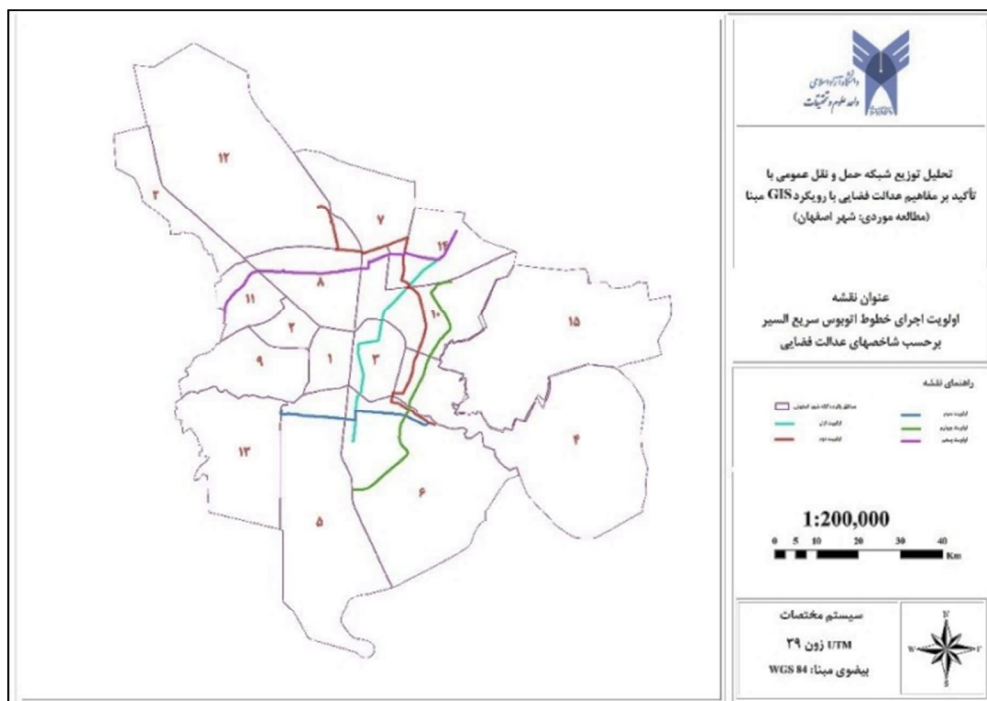
شماره خط	مجموع مقادیر نرمال‌شده موزون برای معیارهای مثبت	مجموع مقادیر نرمال‌شده موزون برای معیارهای منفی	اهمیت نسبی گزینه‌ها	محاسبه سودمندی کمی گزینه‌ها	رتبه
1	0/019143262	0/023059513	0/6033176	99/92809336	3
2	0/018362132	0/023059513	0/60253647	99/79871409	8
3	0/019864611	0/030746018	0/457995365	75/85822714	16
4	0/018623642	0/023059513	0/60279798	99/84202818	6
5	0/019559636	0/030746018	0/45769039	75/80771383	18
6	0/02009298	0/030746018	0/458223734	75/89605212	14
7	0/0195774	0/023059513	0/603751738	100	1
8	0/019434044	0/023059513	0/603608382	99/97625584	2
9	0/019858915	0/030746018	0/457989668	75/85728367	17
10	0/019559636	0/030746018	0/45769039	75/80771383	18
11	0/018564034	0/023059513	0/602738372	99/8321553	7
12	0/019559636	0/030746018	0/45769039	75/80771383	18
13	0/019933795	0/030746018	0/458064548	75/86968608	15
14	0/020299531	0/030746018	0/458430285	75/93026341	12
15	0/01871345	0/023059513	0/602887788	99/85690317	5
16	0/019413776	0/030746018	0/45754453	75/78355493	21
17	0/020399207	0/030746018	0/458529961	75/94677288	11
18	0/025152165	0/030746018	0/463282919	76/73400996	9
19	0/019030521	0/023059513	0/603204859	99/90941993	4
20	0/02023555	0/030746018	0/458366303	75/91966612	13
21	0/020447738	0/030746018	0/458578491	75/95481103	10

«پایانه آیت‌الله غفاری- انتهای شیخ صدوق و شهرک نگین- پایانه آبشار»، «پایانه آیت‌الله غفاری- انتهای شیخ صدوق» و «مسیر تقاطع شهید طیاره- پایانه صفا و مسیر ارغوانیه- رهنان» است. نقشه شکل ۱۰ موقعیت مکانی خطوط یادشده را نشان می‌دهد.

در پایان، پس از اعمال وزن و اهمیت شاخص‌های عدالت فضایی و ترکیب آن با مقادیر ضریب جینی در مورد ۲۱ خط پیشنهادی، نتایج ارزیابی طبق جدول ۱۴ محاسبه شد. مطابق محتوای این جدول، سه اولویت نخست اجرای خطوط اتوبوس سریع‌السیر، به ترتیب،

جدول ۱۴. اولویت‌های نخست تا پنجم احداث خطوط پیشنهادی اتوبوس سریع‌السیر شهر اصفهان

ردیف	مبدأ	مقصد	نوع خط	اولویت اجرا
۱	پایانه آیت‌الله غفاری	انتهای شیخ صدوق	رفت و برگشت	اول
۲	شهرک نگین	پایانه آبشار	رفت و برگشت	دوم
۳	پایانه آبشار	پایانه زاینده‌رود	رفت و برگشت	سوم
۴	تقاطع شهید طیاره	پایانه صفا	رفت و برگشت	چهارم
۵	آیت‌الله غفاری	رهنان	رفت و برگشت	پنجم



شکل ۱۰. نقشه اولویت اجرای خطوط اتوبوس سریع‌السیر برحسب شاخص‌های عدالت فضایی

۴- نتیجه‌گیری

در این زمینه، یکی از راهکارهای مدیریتی به‌منظور بهبود دسترسی به شبکه حمل‌ونقل عمومی، با شاخص‌های عدالت فضایی، اولویت‌بندی احداث خطوط پیشنهادی مدهای حمل‌ونقل است. از آنجاکه در شهر اصفهان، تا افق ۱۴۱۰، احداث خطوط اتوبوس سریع‌السیر مدنظر است، اولویت این کار بر مبنای شاخص‌های عدالت فضایی (مجاورت، اتصال و دسترسی) بررسی شد. پس از تعیین اهمیت هریک از معیارها به روش آنتروپی شانون، اولویت ایجاد خطوط ۲۱گانه این اتوبوس‌ها با استفاده از روش کوپراس مشخص شد. در پایان، خاطر نشان می‌کنیم که در این پژوهش، ضمن تعیین وضعیت فعلی الگوی فضایی مدهای متفاوت حمل‌ونقل عمومی (اتوبوس عادی، اتوبوس سریع‌السیر و مترو) با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی، درباره توسعه شبکه حمل‌ونقل عمومی در افق ۱۴۱۰ آینده‌نگری انجام شد؛ در نتیجه، این فرصت در اختیار تصمیم‌گیران و مدیران شهری قرار می‌گیرد که بر اساس میزان و سطح برخورداری جمعیت از خدمات حمل‌ونقل شهری، راهبردها و سیاست‌های مناسبی برگزینند. خروجی این تحقیق را می‌توان یکی از اسناد راهبردی توسعه حمل‌ونقل عمومی شهر اصفهان در نظر گرفت. به عبارت دیگر، بر حسب مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر اصفهان، این پژوهش در اصلاح و توسعه شبکه معابر کاربرد دارد. به‌منظور توسعه این روش در تحقیقات آتی، می‌توان موارد دیگری به مدل مورد نظر افزود؛ از جمله، پارامترهایی همچون تعداد مسافر جابه‌جا شده در خط‌های گوناگون، هزینه‌های اجرایی کردن هریک از خطوط، کیفیت و تعداد اتوبوس‌های خطوط کنونی.

۵- منابع

- Apparicio, P., Abdelmajid, M., Riva, M. & Shearmur, R., 2008, **Comparing Alternative Approaches to Measuring the Geographical Accessibility of Urban**
- Brenner, N. & Schmid, C., 2015, **Towards a New Epistemology of the Urban?**, *City*, 19(2-3), PP. 151-182, <https://doi.org/10.1080/13604813.2015.1014712>.
- Bromberg, A., Morrow, G.D. & Pfeiffer, D., 2007, Editorial Note: **Why Spatial Justice?**, *Critical Planning*, 14, PP. 1-6.
- Dadashpoor, H. & Alvandipour, N., 2016, **Spatial Justice in Urban Scale in Iran; Meta- Study of Selected Articles' Theoretical Framework**, *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 21(3), PP. 67-80, <https://doi.org/10.22059/jfaup.2016.61103>.
- Delai Milan, E. & Khairuddin, R., 2017, **Measuring Spatial Justice in the Context of the Public Transportation System with a Network Analysis Model (Case Study: Districts 2, 3, 4 and 5 of Tehran)**, *Journal of New Attitudes in Human Geography*, 9(3), PP. 19-39, <https://sid.ir/paper/502206>.
- Delbosc, A. & Currie, G., 2011, **Using Lorenz Curves to Assess Public Transport Equity**, *Journal of Transport Geography*, 19(6), PP. 1252-1259, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.02.008>.
- Dorling, D., 2015, **Injustice: Why Social Inequality Still Persists**, Policy Press, <https://doi.org/10.2307/j.ctt22p7k9n>.
- Gastwirth, J.L., 1972, **The Estimation of the Lorenz Curve and Gini Index**, *Review of Economics and Statistics*, 54(3), PP. 306-316, <https://doi.org/10.2307/1937992>.
- Barbieri, G.A., Benassi, F., Mantuano, M. & Prisco, M.R., 2019, **In Search of Spatial Justice. Towards a Conceptual and Operative Framework for the Analysis of Inter-and Intra-Urban Inequalities Using a Geo-Demographic Approach. The Case of Italy**, *Regional Science Policy & Practice*, 11(1), PP. 109-121, <https://doi.org/10.1111/rsp3.12158>.

- Kanu, I.M. & Okezie, A.C., 2021, **Income Distribution Pattern among Cocoa Farmers in Abia State, Nigeria: The Lorenza Curve and Mean per Capita Household Expenditure Approach**, International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences, 5(1), PP. 21-28, <https://doi.org/10.31015/jaefs.2020.2.9>.
- Lin, J., 1991, **Divergence Measures Based on the Shannon Entropy**, IEEE Transactions on Information theory, 37(1), PP. 145-151, <https://doi.org/10.1109/18.61115>.
- Litman, T., 2013, **Evaluating Transportation Equity Guidance for Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning**, Victoria Transport Policy Institute, <https://doi.org/10.1186/1476-072x-7-7>.
- Lotfi, S. & Bakhtyari, H., 2014, **Reorganizing Circulation System in Urban Neighborhoods Fabric with Analyzing Street Connectivity Based on New Urbanism Movement with Space S: Case Study: Kashmar**, Journal of Motaleate Shahri, 3, PP. 3-16, <https://doi.org/10.34785/J011.2018.006>.
- Matkan, A., Vafaeinezhad, A., Baharloo, I. & Khademolhoseini, A., 2021, **The Access to the City's Rail Transport Network Using the Gini Index and Curve Lorenz in Horizon 2031**, Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, 13(1), PP. 117-132, <https://doi.org/10.52547/gisj.13.1.117>.
- Omranihou, H., Shafiee, H., Habibi, F. & Askari, R., 2013, **Equity in Geographical Distribution of Dialysis Beds and Nephrologists Based on The Lorenz Curve and Gini Coefficient Need Indices: Case of Iran**, Journal of Hakim, 16, PP. 20-27, <https://hakim.tums.ac.ir/article-1-1125-fa.html>.
- Pourahmad, A., Rezaeinejad, H. & Hosseini, A., 2021, **Analyzing the Level of Access to Leisure Spaces within the City Using Network Analysis Method: The Case Study of Neighborhoods in District 9 of Tehran**, Journal of Environmental Science and Technology, 23(4), PP. 1-20, DOI: 10212?jid=10212.
- Ricciardi, A.M., Xia, J.C. & Currie, G., 2015, **Exploring Public Transport Equity between Separate Disadvantaged Cohorts: A Case Study in Perth, Australia**, Journal of Transport Geography, 43, PP. 111-122, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.011>.
- Tsou, K.W., Hung, Y.T. & Chang, Y.L., 2005, **An Accessibility-Based Integrated Measure of Relative Spatial Equity in Urban Public Facilities**, Cities, 22(6), PP. 424-435, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2005.07.004>.
- Williams, J., 2013, **Toward a Theory of Spatial Justice**, Annual Meeting of the Western Political Science Association, Los Angeles, CA "Theorizing Green Urban Communities" Panel Thursday, <https://doi.org/10.18861/ania.2024.14.1.3831>.
- Zavadskas, E.K., Kaklauskas, A., Peldschus, F. & Turskis, Z., 2007, **Multi-Attribute Assessment of Road Design Solutions by Using the COPRAS Method**, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 2(4), PP. 195-203, <https://doi.org/10.3846/1648-4142.2008.23.183-193>.

This Page is Intentionally Left Blank