



<https://gep.ui.ac.ir/?lang=en>
Geography and Environmental Planning
E-ISSN: 2252- 0910
Document Type: Research Paper
Vol. 34, Issue 1, No.89, Spring 2023, pp. 1- 4
Received: 08/04/2022 Accepted: 02/10/2022

Measuring Accessibility to Medical Centers in Isfahan City Using 2SFCA Method

Ansar Gholami¹, Babak Mirbagheri^{2*}, Ali Akbar Matkan³, Alireza Shakiba⁴

1- M.S. of Remote Sensing and GIS, Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
ansargholami6@gmail.com

2- Assistant Professor, Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
b_mirbagheri@sbu.ac.ir

3- Professor of the Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
a-matkan@sbu.ac.ir

4- Associate Professor of the Center for Remote Sensing and GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
a-shakiba@sbu.ac.ir

Abstract

One of the most important challenges facing policymakers and urban planners in recent decades is the issue of accessibility to a variety of urban services. The main purpose of this study was the calculation of the accessibility of census blocks to medical centers using the Two-Step Floating Catchment Area (2SFCA) method in Isfahan City. In the present study, according to the conditions with and without the limitations of the accessibility radii, different types of distance decay functions were used. The results showed that the 2SFCA method with the use of the cumulative opportunity negative linear function had the highest average of correlation for calculating accessibility to medical centers in comparison with other functions. Calculation of average accessibility in the 15 main regions of Isfahan City showed that the central regions (3, 1, and 5) had the highest decrease and the marginal regions (9, 8, and 11) had the highest increase in the unlimited compared to the limited mode. In general, based on the obtained results of 2SFCA method and the calculated Gini index, the level of inequality in accessibility of census blocks to health services was high in Isfahan City and this

*Corresponding Author

Gholami, A., Mirbagheri, B., Matkan, A. A., & Shakiba, A. (2023). Measuring the accessibility to medical centers in Isfahan city using 2SFCA method. *Geography and Environmental Planning*, 34 (1), 1 - 4.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



10.22108/GEP.2022.133178.1511



20.1001.1.20085362.1402.34.1.7.2

inequality increased in terms of accessibility to both hospitals and clinics. Since the extended 2SFCA method has a high capability for assessing supply and demand, as well as catchment area, application of this method can provide a great help for managers and planners in the assessment of the population's access to a variety of services, such as emergency services and healthcare.

Keywords: spatial accessibility, 2SFCA method, distance decay function, medical centers, Isfahan

Introduction

One of the most important challenges faced by policymakers and urban planners in recent decades has been the subject of access to a variety of urban services. Hospital and clinic centers as the most important urban facilities play an important role in serving people. Handling access to healthcare requires examining the factors, such as spatial distribution of services and demands. Distribution of healthcare centers can affect ease of accessibility for applicants. As health is the basis of social, economic, political, and cultural developments of human societies, identifying deprived areas in terms of accessibility and planning for equitable accessibility to health services for all members of society are essential.

Methodology

In the present study, the Two-Step Floating Catchment Area Method (2SFCA) was employed to calculate the access of census blocks to medical centers (hospitals and clinics) in the city of Isfahan for limited and unlimited accessibility radii. To define the most appropriate distance decay function in the 2SFCA method, the average of Pearson's correlation coefficient between the accessibility values obtained from different distance decay functions was used. The distance decay function with the highest mean correlation of accessibility values compared to other functions was determined as the most appropriate function in the 2SFCA method. Also, the Lorenz curve and Gini coefficient were applied to compare inequalities of access to medical centers in Isfahan.

Results and Discussion

The results showed that the use of the negative linear cumulative opportunity distance decay function had the highest average correlation in the accessibility values compared to other functions. In the case of limited accessibility radius, the central regions and some northwest and east areas had the highest accessibility to hospitals. In the case of unlimited radius, the central areas had the most accessibility, while accessibility decreased as the distance from these areas increased. Calculation of the average accessibility in the 15 main regions of Isfahan showed that the central (3, 1 and 5) and marginal (9, 8, and 11) regions had the highest decrease and increase in the unlimited compared to the limited mode, respectively. Also, the sensitivity analysis of accessibility to hospitals showed that Al-Zahra and Hazrat Zahra hospitals in Districts 5 and 14 had the greatest impacts on the accessibility of census blocks to hospital services in Isfahan City. Comparing the accessibility of census blocks to both hospitals and clinics with accessibility only to hospitals showed an increase in accessibility in the central areas of the city due to the greater concentration of clinics in those areas. However, in the case of combination of hospitals and clinics, the Gini coefficient was equal to 0.60, which showed an increase of 0.04 compared to the case of accessibility only to hospitals, which indicated that inequality was higher in the combinatorial case.

Conclusion

Considering the supply and demand simultaneously, the 2SFCA method can provide a more realistic assessment of the accessibility status of census blocks to medical services. In general, based on the obtained results by this method and due to considering the limited radius of accessibility and calculating the Gini index, the level of inequality in the accessibility of census blocks to health services was high in Isfahan City, while this inequality increased in the case of accessibility to both hospitals and clinics.

References

- Apparicio, P., Gelb, J., Dubé, A. S., Kingham, S., Gauvin, L., & Robitaille, É. (2017). *The approaches to measuring the potential spatial access to urban health services revisited: distance types and aggregation-error issues*. International Journal of Health Geographics, 16(1), 1-24.
- Bryant Jr, J. and Delamater, P. L. (2019). *Examination of spatial accessibility at micro- and macro-levels using the enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method*. Annals of GIS, 25(3), 219-229.
- Chatterjee, S. and Hadi, A. S. (2006). *Regression analysis by example*. 4th Ed., John Wiley & Sons.
- Chen, X. and Jia, P. (2019). *A comparative analysis of accessibility measures by the two-step floating catchment area (2SFCA) method*. International Journal of Geographical Information Science, 33(9), 1739-1758.
- Dai, D. (2010). *Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit*. Health & Place, 16(5), 1038-1052.
- Dewulf, B., Neutens, T., De Weerd, Y., & Van de Weghe, N. (2013). *Accessibility to primary health care in Belgium: an evaluation of policies awarding financial assistance in shortage areas*. BMC Family Practice, 14(1), 1-13.
- Goswami, S., Murthy, C. A., & Das, A. K. (2018). *Sparsity measure of a network graph: Gini index*. Information Sciences, 462, 16-39.
- Hashtarkhani, S., Kiani, B., Bergquist, R., Bagheri, N., Vafaeinejad, R., & Tara, M. (2020). *An age-integrated approach to improve measurement of potential spatial accessibility to emergency medical services for urban areas*. The International Journal of Health Planning and Management, 35(3), 788-798.
- Jamtsho, S., Corner, R., & Dewan, A. (2015). *Spatio-temporal analysis of spatial accessibility to primary health care in Bhutan*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 4(3), 1584-1604.
- Kiran, K. C., Corcoran, J., & Chhetri, P. (2020). *Measuring the spatial accessibility to fire stations using enhanced floating catchment method*. Socio-Economic Planning Sciences, 69, 100-673.
- Luo, W. (2004). *Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians*. Health & Place, 10(1), 1-11.
- Luo, W. and Qi, Y. (2009). *Health & place: An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians*. Health & Place, 15(4), 1100-1107.
- Luo, W. and Wang, F. (2003). *Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region*. Environment and Planning B: Planning and Design, 30(6), 865-884.
- McGrail, M. R. and Humphreys, J. S. (2014). *Measuring spatial accessibility to primary health care services: Utilising dynamic catchment sizes*. Applied Geography, 54, 182-188.
- Ngui, A. N. and Apparicio, P. (2011). *Optimizing the two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility to medical clinics in Montreal*. BMC Health Services Research, 11(1), 1-12.
- Peng, Z. R. (1997). *The jobs-housing balance and urban commuting*. Urban Studies, 34(8), 1215-1235.
- Park, J. and Goldberg, D. W. (2022). *An Examination of the Stochastic Distribution of Spatial Accessibility to Intensive Care Unit Beds during the COVID-19 Pandemic: A Case Study of the Greater Houston Area of Texas*. Geographical Analysis.
- Radke, J. and Mu, L. (2000). *Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs*. Geographical Information Sciences, 6(2), 105-112.

- Wang, F. (2000). *Modeling Commuting Patterns in Chicago in a GIS Environment: A Job Accessibility Perspective*. Professional Geographer, 52(1), 120-133.
- Wang, L. (2007). *Immigration, ethnicity, and accessibility to culturally diverse family physicians*. Health and Place, 13(3), 656-671.
- Wang, F. (2012). *Measurement, optimization, and impact of health care accessibility: a methodological review*. Annals of the Association of American Geographers, 102(5), 1104-1112.
- Zhang, S., Song, X., & Zhou, J. (2021). *An equity and efficiency integrated grid-to-level 2SFCA approach: spatial accessibility of multilevel healthcare*. International Journal for Equity in Health, 20(1), 1-14.



سنجش قابلیت دسترسی به مراکز درمانی در شهر اصفهان با استفاده از روش 2SFCA

انصار غلامی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

ansargholami6@gmail.com

بابک میرباقری*، استادیار مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

b_mirbagheri@sbu.ac.ir

علی اکبر متکان، استاد مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

a-matkan@sbu.ac.ir

علیرضا شکیبا، دانشیار مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

a-shakiba@sbu.ac.ir

چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری طی دهه‌های اخیر، مسئله دسترسی به انواع خدمات شهری است. هدف پژوهش حاضر، محاسبه دسترسی بلوک‌های جمعیتی به مراکز درمانی با استفاده از روش توسعه یافته حوزه نفوذ شناور دو مرحله‌ای (2SFCA) در شهر اصفهان است. در پژوهش حاضر، روش 2SFCA با استفاده از توابع افت فاصله در دو حالت با محدودیت و بدون محدودیت شعاع دسترسی به کار گرفته شد. نتایج نشان‌دهنده آن بود که روش 2SFCA با استفاده از تابع فرصت تجمعی خطی منفی بیشترین متوسط همبستگی را در دسترسی در مقایسه با سایر توابع داراست. محاسبه میانگین دسترسی در مناطق پانزده‌گانه شهر اصفهان حاکی از آن بود که مناطق مرکزی (۳،۱ و ۵) بیشترین کاهش و مناطق حاشیه‌ای (۸، ۹ و ۱۱) بیشترین افزایش دسترسی را در حالت بدون محدودیت نسبت به حالت با محدودیت داشته‌اند. به‌طور کلی نتایج حاصل از به‌کارگیری روش 2SFCA و محاسبه ضریب جینی نشان‌دهنده آن است که میزان نابرابری در دسترسی بلوک‌های جمعیتی به خدمات درمانی در شهر اصفهان زیاد بوده است و این میزان نابرابری در حالت توأمان دسترسی به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به قابلیت بالای روش 2SFCA توسعه یافته به دلیل در نظر گرفتن واقع‌بینانه تر عرضه، تقاضا، حوزه نفوذ و میزان فاصله، استفاده از این روش برای ارزیابی میزان دسترسی به انواع خدمات به‌خصوص خدمات اضطراری و درمانی به مدیران و برنامه‌ریزان شهری کمک بسزایی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: دسترسی مکانی، روش 2SFCA، تابع افت فاصله، مراکز درمانی، اصفهان

*نویسنده مسئول

غلامی، انصار، میرباقری، بابک، متکان، علی اکبر و شکیبا، علیرضا. (۱۴۰۱). سنجش قابلیت دسترسی به مراکز درمانی در شهر اصفهان با استفاده از روش 2SFCA. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۴ (۱)، ۹۸-۷۷.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



10.22108/GEP.2022.133178.1511



20.1001.1.20085362_1402.34.1.7.2

مقدمه

جمعیت شهرهای ایران طی دهه‌های اخیر به دلیل مهاجرت‌های بی‌رویه و رشد فزاینده جمعیت افزایش یافته است. این مسئله، باعث ایجاد تغییرات در ساختار و بافت شهرها و در نهایت افت کارکرد خدمات شهری شده است (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۰). یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری طی دهه‌های اخیر دسترسی به انواع خدمات شهری است. در این میان، ارائه خدمات بهداشتی و درمانی در شهرها عاملی بسیار مهم در افزایش کیفیت زندگی شهری بوده است؛ بنابراین دسترسی عادلانه و برابر به این خدمات در سطح شهر مسئله‌ای ضروری به شمار می‌رود. توزیع جغرافیایی خدمات درمانی و زمان صرف‌شده برای رسیدن به مراکز درمانی اهمیت زیادی در مطالعات اکولوژیکی مرتبط با بیماری‌ها در شهرها دارد (شکویی، ۱۳۷۲: ۱۰۷). مسئله دسترسی به خدمات درمانی نیازمند بررسی عواملی نظیر توزیع مکانی خدمات و تقاضاست. نحوه توزیع خدمات درمانی سهولت دسترسی متقاضیان این خدمات را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. با در نظر گرفتن سلامتی به‌عنوان محور توسعه اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی کلیه جوامع بشری، شناسایی نقاط محروم از نظر دسترسی و برنامه‌ریزی برای دسترسی عادلانه همه افراد جامعه به خدمات درمانی ضروری است.

محاسبه دسترسی به خدمات شهری به‌طور عمده دارای دو هدف است: ۱. ارزیابی خدمات در پاسخ به این سؤال که آیا خدمات پاسخگوی نیاز جمعیتی است؛ ۲. ارزیابی میزان نابرابری در قسمت‌های مختلف شهر از لحاظ دسترسی به خدمات (Chen & Jia, 2019, 1). دسترسی از دو جنبه مکانی^۱ و غیر مکانی^۲ مطالعه می‌شود. در دسترسی غیر مکانی بیشتر بر جنبه‌های اقتصادی و فرهنگی تأکید می‌شود. این در حالی است که در دسترسی مکانی فاصله و فراهم‌بودن خدمات مورد توجه قرار می‌گیرد (Guagliardo, 2004, 2).

به‌طور کلی، نحوه سنجش دسترسی مکانی به چهار گروه عمده تحت عناوین ذیل تقسیم می‌شود: ۱. نزدیکی^۳ (محاسبه ساده فاصله یا زمان بین مبدأ و مقصد)؛ ۲. دسترسی منطقه‌ای^۴ (تأکید بر توزیع مکانی نقاط عرضه و تقاضا در یک منطقه)؛ ۳. مدل جاذبه^۵ (در نظر گرفتن تعامل میان نقاط با توجه به پارامتر مقاومت سفر^۶)؛ ۴. مدل حوزه نفوذ شناور (FCA^۷) که در آن نسبت عرضه و تقاضا برای هر نقطه تقاضا به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود (Kiran et al., 2020, 6). از میان موارد فوق گفته می‌شود، دو مدل جاذبه و FCA - که پایه روش مورد استفاده در پژوهش حاضر است - در واقع حالت ارتقایافته دو گروه اول است. مدل جاذبه بر مبنای قانون جاذبه نیوتن عمل می‌کند و از آن برای ارتقای مدل‌های مبتنی بر FCA نیز استفاده شده است.

روش FCA نخستین بار برای ارزیابی دسترسی شغلی در پورتلند (Peng, 1997) و شیکاگو (Wang, 2000) در

-
1. Spatial
 2. Aspatial
 3. Proximity
 4. Regional availability
 5. Gravity model
 6. Travel resistance
 7. Floating Catchment Area

ایالات متحده استفاده شد؛ همچنین Luo (2004) از این روش برای یافتن مناطق با کمبود خدمات درمانی در ایالت ایلینوی ایالات متحده استفاده کرده است.

در این میان Mu & Radke (2000) دسترسی به خدمات اجتماعی را از طریق روش تجزیه مکانی^۱ محاسبه کردند. این روش احتمال خدمت‌رسانی را به ساکنان در منطقه‌ای خدمات اجتماعی محاسبه می‌کند. سپس مجموع این احتمالات را در مکان‌هایی محاسبه می‌کند که خدمات مختلف با همدیگر همپوشایی دارند. در ادامه Luo & Wang (2003) روش Mu & Radke را توسعه دادند و از آن برای ارزیابی دسترسی به خدمات درمانی در شهر شیکاگو در ایالات متحده استفاده کردند. آنها اندازه‌گیری دسترسی مکانی را در دو مرحله (مرحله اول، محاسبه نسبت عرضه (تعداد پزشکان) به تقاضا (جمعیت) و مرحله دوم، محاسبه مجموع کل این نسبت‌ها برای هر بلوک جمعیتی براساس قرارگیری در حوزه «دسترسی هر بلوک) محاسبه کردند؛ همچنین این روش را تحت عنوان روش حوزه نفوذ شناور دو مرحله‌ای (2SFCA^۲) نام نهادند. در سال‌های بعد پیشنهاد‌های متعددی در راستای توسعه این روش ارائه شد.

تاکنون محققان متعددی از روش 2SFCA برای سنجش میزان دسترسی جمعیت به خدمات بهداشتی و درمانی استفاده کرده‌اند؛ از جمله Wang (2007) برای محاسبه دسترسی مهاجران چینی به خدمات درمانی شهر تورنتو کانادا، Luo & Qui (2009) و Dai (2010) به ترتیب در محاسبه دسترسی به خدمات پزشکان و مراقبت‌های بهداشتی در ایالت ایلینوی و کلان‌شهر دیترویت در ایالات متحده، لاوی و ممدوحی (۱۳۹۱) برای سنجش دسترسی به مراکز درمانی در منطقه ۱۰ شهر اصفهان، Dewulf et al. (2013) و McGrail & Humphreys (2014) به ترتیب در محاسبه دسترسی به مراکز درمانی در کشورهای بلژیک و استرالیا، Hashtarkhani et al. (2020) در سنجش دسترسی افراد در بازه‌های سنی متفاوت به خدمات اورژانس در شهر مشهد، Zhang et al. (2021) برای محاسبه دسترسی به مراکز درمانی در استان Hubei کشور چین و Park & Goldberg (2022) برای محاسبه میزان دسترسی به تخت‌های مراقبت ویژه در زمان شیوع بیماری COVID-19 در شرایط قطعیت‌نداشتن در منطقه کلان‌شهری هیوستون در ایالت تگزاس ایالات متحده.

در ایران نیز علاوه بر تحقیقات لاوی و ممدوحی (۱۳۹۱) و Hashtarkhani et al. (2020)، نوری و طوسی (۱۳۹۶) و محمودی و همکاران (۱۳۹۹) از روش 2SFCA به ترتیب در ارزیابی دسترسی به ایستگاه‌های اتوبوس در شهر اردبیل و دسترسی به پارک‌های شهری در منطقه ۱۱ شهرداری تهران در راستای عدالت فضایی استفاده کرده‌اند. یکی از موارد اجتناب‌ناپذیری که همواره باید در اجرای روش 2SFCA مدنظر قرار گیرد، تعیین شعاع دسترسی (حوزه نفوذ) است. میان تحقیقات فوق Wang (2007) و Dai (2010) و لاوی و ممدوحی (۱۳۹۰) با در نظر گرفتن یک شعاع ثابت، دسترسی‌ها را برای هر یک از بلوک‌های جمعیتی واقع در نواحی تحت پوشش محاسبه کرده‌اند. از طرف دیگر Dewulf et al. (2013) از روش 2SFCA با در نظر گرفتن شعاع‌های مختلف دسترسی استفاده کرده‌اند. این در حالی است که McGrail & Humphreys (2014) این روش را با در نظر گرفتن شعاع دسترسی به صورت پویا بر مبنای سکونت افراد در فواصل مختلف از شهرهای اصلی به کار گرفته‌اند.

1. Spatial decomposition

2. Two-Step Floating Catchment Area method

همچنین Zhang et al. (2021) حوزه‌های نفوذ شناور را در سطوح مختلف با تعیین مقادیر ماکزیمم و مینیمم محاسبه کردند. ضمن اینکه Luo & Qui (2009)، Hashtarkhani et al. (2020) و Park & Goldberg (2022) شعاع دسترسی را از طریق تقسیم‌بندی حوزه‌ها به صورت گسسته بر مبنای زمان سفر تعریف کردند. در پژوهش حاضر نیز برای هر یک از مراکز درمانی شعاع دسترسی ثابت و در عین حال متفاوتی با توجه به ماهیت این مراکز (بیمارستان عمومی، تخصصی و درمانگاه‌ها) در نظر گرفته شده است.

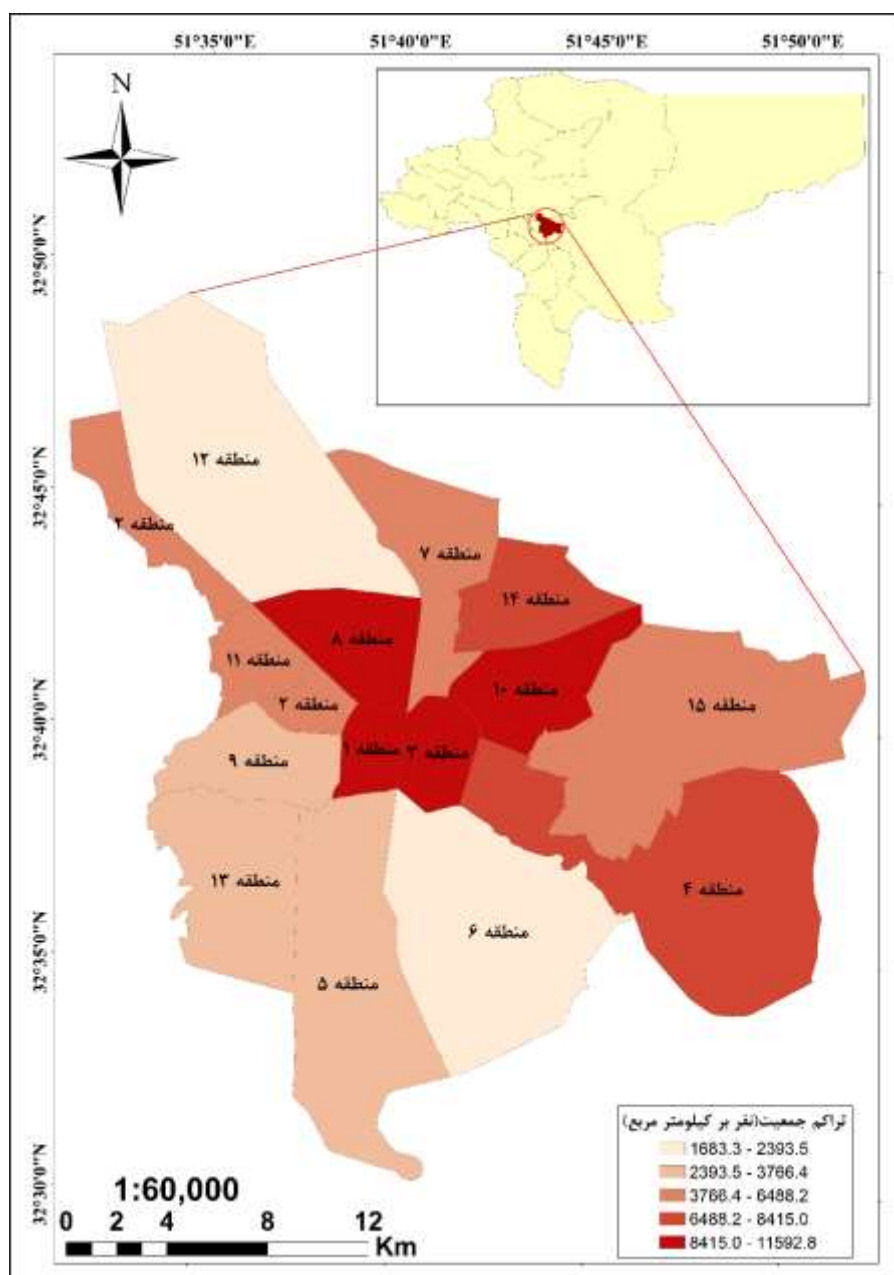
یکی از مهم‌ترین جنبه‌های توسعه روش 2SFCA استفاده از توابع افت فاصله برای وزن‌دهی بر مبنای دوری و نزدیکی و زمان سفر است (Bryant et al. (2019), p. 220). میان پژوهش‌هایی که در آنها از تابع افت فاصله استفاده شده است، گفته می‌شود، به‌کارگیری تابع Gaussian (رابطه ۷) از سایر توابع متداول‌تر بوده است؛ نظیر پژوهش‌های Wang (2007)، Luo & Qui (2009)، Dai (2010) و Hashtarkhani et al. (2020).

در این میان Chen & Jia (2019) با انجام یک روش ابتکاری از همبستگی میان مقادیر دسترسی به دست‌آمده از توابع مختلف افت فاصله، برای انتخاب بهترین تابع به منظور محاسبه دسترسی‌ها به فروشگاه‌های مواد غذایی در ایالت آرکانزاس ایالات متحده استفاده کرده‌اند که از این ایده در پژوهش حاضر نیز استفاده شده است.

با توجه به اهمیت عدالت، دسترسی به خدمات به‌خصوص در کلان‌شهرها از جمله اصفهان - به‌عنوان سومین شهر پرجمعیت ایران (براساس سرشماری ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران) - و لزوم سنجش این موضوع با روشی دقیق و واقع‌بینانه‌تر، در پژوهش حاضر میزان دسترسی مکانی بلوک‌های جمعیتی واقع در مناطق پانزده‌گانه شهرداری اصفهان به مراکز درمانی با استفاده از روش 2SFCA و به‌کارگیری تابع افت فاصله در دو حالت با محدودیت و بدون محدودیت شعاع دسترسی محاسبه و میزان نابرابری در دسترسی ارزیابی شد. ضمن اینکه ارزیابی دسترسی با در نظر گرفتن شعاع‌های دسترسی متفاوت، تحلیل حساسیت دسترسی به مراکز بیمارستانی و سنجش میزان نابرابری در دسترسی به مراکز درمانی در دو حالت دسترسی به بیمارستان‌ها و توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها از جمله نوآوری‌های این پژوهش به شمار می‌رود.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (شهر اصفهان) در شمال غرب شهرستان اصفهان با مساحت حدود ۵۵۰ کیلومتر مربع قرار دارد. جمعیت شهر اصفهان مطابق با آمارنامه معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سرمایه انسانی شهرداری اصفهان در سال ۹۹ معادل ۲۰۰۸۸۳۶ نفر برآورد شده است. این شهر، سومین شهر پرجمعیت ایران و طبق آخرین تقسیمات شهری سال ۱۳۹۲ دارای ۱۵ منطقه و ۱۱۹ محله است. شکل (۱) محدوده منطقه مطالعاتی و نقشه مناطق پانزده‌گانه شهر اصفهان را به همراه تراکم جمعیت آنها نمایش می‌دهد. براساس داده‌های دریافت‌شده از شهرداری اصفهان (در زمان انجام پژوهش) این شهر ۲۱ بیمارستان عمومی، ۸ بیمارستان تخصصی و ۹۷ درمانگاه دارد که بیشتر آنها در مرکز شهر قرار دارند. میان مناطق شهرداری اصفهان، مناطق ۱، ۳، ۵، ۶ بیشترین و مناطق ۲، ۹، ۱۱ و ۱۴ کمترین تعداد مراکز درمانی را دارد.



شکل (۱) منطقه مطالعاتی تحقیق (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Figure (1) Study area of the research

داده‌های تحقیق

داده عرضه

یکی از داده‌های مهم و موردنیاز برای به دست آوردن میزان دسترسی به خدمات مدنظر، داده‌های عرضه است که دو روش برای تعیین آن وجود دارد: استفاده از تعداد پزشکان (Ngui & Apparicio, 2011, 3) یا تعداد تخت‌ها در مراکز درمانی (Apparicio et al., 2017, 5). در پژوهش حاضر، از تعداد تخت‌های موجود در مراکز درمانی استفاده شده است. مراکز عرضه خدمات درمانی مدنظر در این پژوهش شامل: بیمارستان‌های (تخصصی - عمومی) و

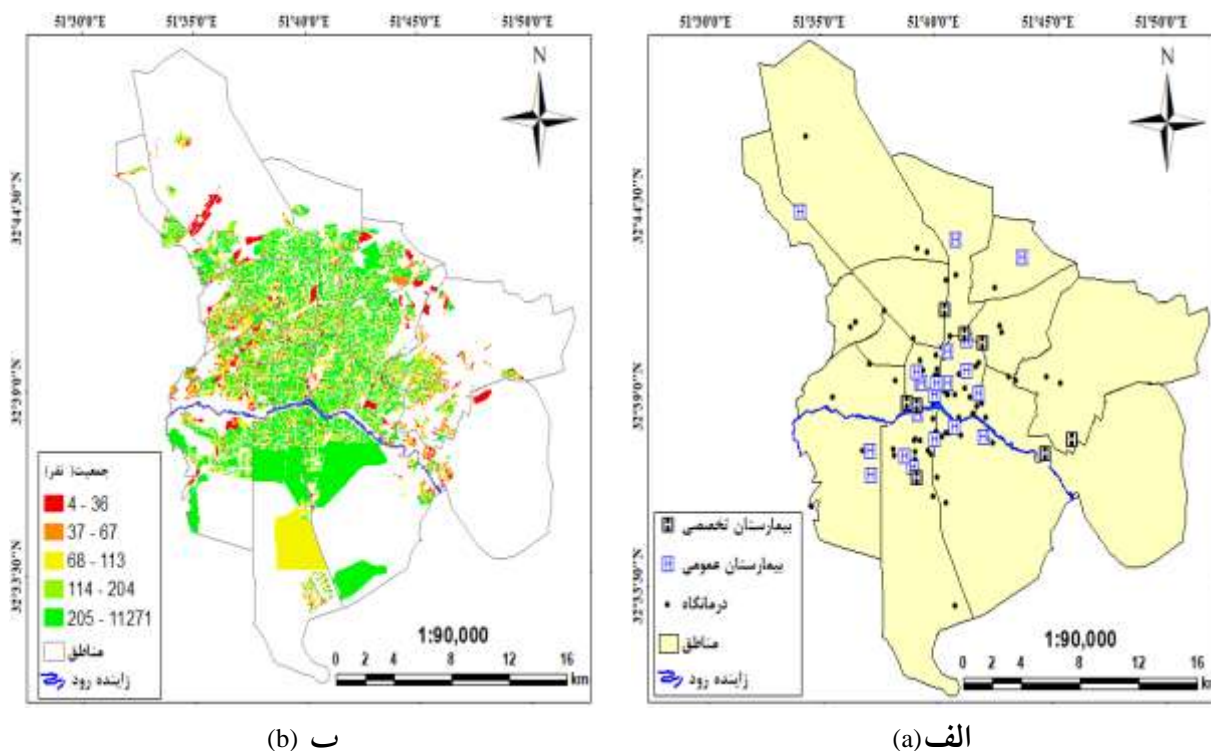
درمانگاه‌ها در شهر اصفهان است (شکل ۲. الف). برای مراکز درمانگاهی به‌طور متوسط ۱۰ تخت برای هر کدام از درمانگاه‌ها به‌عنوان ظرفیت در نظر گرفته شد. شایان ذکر است، منبع داده‌های اشاره‌شده فوق شهرداری اصفهان است.

داده تقاضا

در این پژوهش از بلوک‌های جمعیتی مربوط به سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران به‌عنوان داده تقاضا استفاده شده است. بلوک‌ها به نقاط جمعیتی تبدیل و به‌عنوان نقاط مبدأ استفاده می‌شوند. در نهایت میزان دسترسی برای هریک از نقاط محاسبه و این مقدار دوباره به بلوک‌های جمعیتی برای نمایش بهتر دسترسی انتقال داده می‌شود. شکل ۲. ب نشان‌دهنده نقشه بلوک‌های جمعیتی در سال ۱۳۹۵ است.

شبکه معابر

همچنین در پژوهش حاضر، برای به دست آوردن فاصله بین بلوک‌های جمعیتی (تقاضا) و نقاط خدمات درمانی (عرضه) از داده‌های شبکه معابر شهر اصفهان و تحلیل ماتریس هزینه مبدأ-مقصد^۱ براساس این داده استفاده شد. این داده فاقد خطای توپولوژیک بوده است و معابر یک‌طرفه و دوطرفه نیز از یکدیگر تفکیک شده‌اند.



شکل (۲) داده‌های پایه: الف) پراکنندگی نقاط تقاضا (مراکز درمانی)، ب) بلوک‌های جمعیتی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

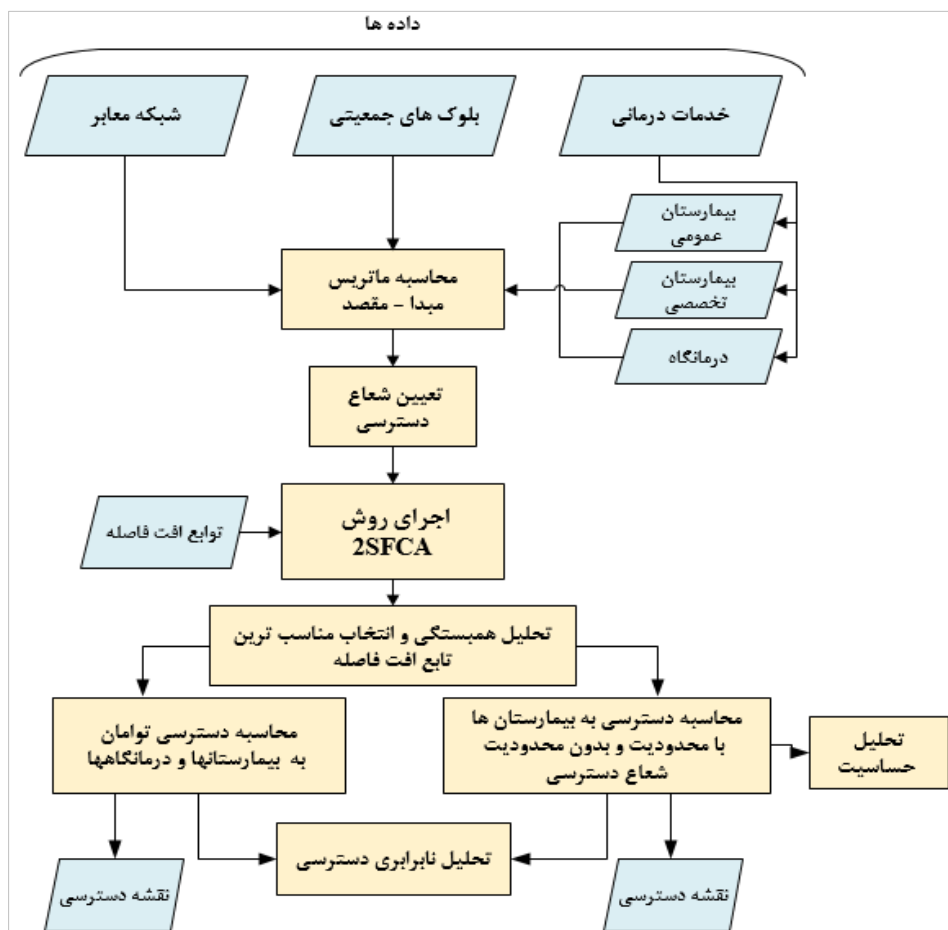
Figure (2) Primary data: (a) Distribution of the demand points (medical centers); (b) Census blocks

1. Origin-Destination Cost Matrix

روش‌شناسی پژوهش

مراحل انجام پژوهش

شکل (۳) فلوجارت مراحل انجام پژوهش را نمایش می‌دهد.



شکل (۳) فلوجارت انجام پژوهش (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Figure (3) The flowchart of the research

در این پژوهش پس از آماده‌سازی داده‌ها، ابتدا ماتریس مبدأ-مقصد (بلوک‌های جمعیتی - مراکز درمانی) محاسبه شد. سپس برای انتخاب مناسب‌ترین تابع افت فاصله در روش 2SFCA، همبستگی بین مقادیر دسترسی به دست آمده برای بلوک‌های جمعیتی با توابع مختلف افت فاصله، محاسبه و مناسب‌ترین تابع انتخاب شد. سپس بر مبنای تابع افت فاصله منتخب، دسترسی بلوک‌های جمعیتی به بیمارستان‌ها با محدودیت و بدون محدودیت شعاع دسترسی و همچنین دسترسی توأمان آنها به مراکز بیمارستانی و درمانگاه‌ها با روش 2SFCA محاسبه شد. ضمن اینکه تحلیل حساسیت دسترسی به بیمارستان‌های شهر اصفهان به منظور یافتن بیمارستان‌ها با اثرگذاری بیشتر نیز انجام شد. پس از تولید نقشه‌های دسترسی در سطح بلوک‌های جمعیتی، میزان نابرابری در دسترسی به مراکز درمانی مناطق پانزده‌گانه شهر اصفهان در حالت‌های مختلف محاسبه و با یکدیگر مقایسه شد.

روش 2SFCA

در پژوهش حاضر، از روش 2SFCA برای محاسبه میزان دسترسی بلوک‌های جمعیتی به مراکز درمانی استفاده شده است. این روش در دو مرحله اجرا می‌شود. در مرحله اول، برای ناحیه تحت پوشش هر مرکز درمانی تمام جمعیتی جستجو می‌شود که در آستانه مسافتی سفر به آن مرکز قرار دارد. سپس نسبت ظرفیت هر مرکز درمانی بر مجموع جمعیتی محاسبه می‌شود که در شعاع دسترسی آن قرار دارد. در مرحله دوم، هر بلوک جمعیتی به‌عنوان یک مرکز در نظر گرفته شده و مجموع نسبت‌ها برای هر بلوک جمعیتی، که ممکن است به چندین بیمارستان دسترسی داشته باشند، تجمیع می‌شود.

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های روش 2SFCA اولیه، این است که در آن فرض می‌شود، خدمات در ناحیه تحت پوشش مرکز خدماتی به‌طور کامل در دسترس و خارج از آن دسترس‌ناپذیر است. برای غلبه بر این محدودیت و محاسبه میزان دسترسی به‌صورت تدریجی و نزدیک به واقعیت از تابع افت فاصله استفاده می‌شود که در واقع نسخه توسعه‌یافته روش 2SFCA است؛ در نتیجه میزان دسترسی بلوک‌های جمعیتی مطابق روابط ذیل محاسبه می‌شود:

(Wang, 2012, 1106; Chen & Jia, 2019, 5)

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in (d_{kj} \leq d_0)} P_k f(d_{kj})} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن R_j نسبت عرضه به تقاضا و برابر نسبت تخت به جمعیت در ناحیه تحت پوشش مرکز درمانی j در شعاع d_0 است. S_j تعداد تخت‌های مرکز درمانی j ، P_k جمعیت بلوک k و d_{kj} فاصله بلوک جمعیتی k تا مرکز درمانی j و f نیز تابع افت فاصله است. بر این اساس میزان دسترسی بلوک جمعیتی i (Ai) براساس روش 2SFCA برابر است با:

(Wang, 2012, 1106; Chen & Jia, 2019, 5)

$$A_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} R_j f(d_{ij}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

بنابراین براساس رابطه فوق میزان دسترسی بلوک جمعیتی i برابر با مجموع میزان نسبت‌های عرضه به تقاضا در شعاع دسترسی بلوک جمعیتی i در تابع افت فاصله است. برای دسترسی به مراکز درمانی اندازه ناحیه یا آستانه (d_0) تعیین شده است که فراتر از این آستانه تعامل فضایی (دسترسی) وجود ندارد.

پیاده‌سازی روش 2SFCA

تعیین شعاع دسترسی

در این پژوهش، دو حالت کلی برای پیاده‌سازی روش 2SFCA در نظر گرفته شده است:

حالت اول: محاسبه دسترسی بلوک‌های جمعیتی به مراکز بیمارستانی است که خود شامل دو حالت با محدودیت و بدون محدودیت شعاع دسترسی است (جدول ۱). در حالت با محدودیت برای هرکدام از مراکز درمانی (بیمارستان عمومی-تخصصی) شعاع دسترسی در نظر گرفته شده است؛ همچنین مقادیر دسترسی برای بلوک‌هایی تجمیع می‌شود که دسترسی متناسب را با هر دو مرکز درمانی داشته باشند؛ اما در حالت بدون محدودیت همان‌طور که از نام آن مشخص

است، هیچ محدودیتی از نظر شعاع دسترسی در نظر گرفته نمی‌شود. حالت با محدودیت در واقع دسترسی را به صورت واقع‌بینانه‌تری بررسی می‌کند (که از مزیت‌های روش 2SFCA توسعه یافته است). شایان ذکر است، در نظر گرفتن شعاع دسترسی به میزان ۳۲ کیلومتر که کل شهر اصفهان را پوشش می‌دهد، به منزله حالت بدون محدودیت خواهد بود.

حالت دوم: این حالت نیز مشابه حالت اول همراه با محدودیت است. با این تفاوت که در این حالت مراکز درمانگاهی نیز به بیمارستان‌ها افزوده می‌شوند و متناسب با شعاع دسترسی، که برای درمانگاه‌ها و بیمارستان‌ها تعریف شده است، مقادیر دسترسی بلوک‌های جمعیتی محاسبه می‌شود (جدول ۲).

همان‌طور که در جداول (۱) و (۲) مشاهده می‌شود، مطابق با پژوهش‌های انجام شده شعاع دسترسی برای بیمارستان‌های عمومی ۲ کیلومتر و برای مراکز درمانگاهی ۰/۷۵ کیلومتر تعیین شده است (تقوایی و ذاکری، ۵۸۳: ۱۳۹۲)؛ همچنین برای بیمارستان‌های تخصصی با توجه به نیازهای حیاتی کلیه جمعیت ساکن در شهر به استفاده از این مراکز، محدودیتی از نظر شعاع دسترسی در نظر گرفته نشده است.

جدول (۱) حالت‌های محاسبه دسترسی به بیمارستان‌ها (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table (1) Accessibility to hospitals measurement types

شعاع دسترسی	نوع مرکز درمانی	حالت دسترسی
۲ کیلومتر	بیمارستان عمومی	با محدودیت
۳۲ کیلومتر	بیمارستان تخصصی	
۳۲ کیلومتر	بیمارستان عمومی	بدون محدودیت
	بیمارستان تخصصی	

جدول (۲) حالت‌های محاسبه دسترسی به مراکز بیمارستانی و درمانگاهی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table (2) Accessibility to hospitals and clinics measurement types

شعاع دسترسی	نوع مرکز درمانی	حالت دسترسی
۲ کیلومتر	بیمارستان عمومی	با محدودیت
۳۲ کیلومتر	بیمارستان تخصصی	
۰,۷۵ کیلومتر	درمانگاه	

توابع افت فاصله

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، علاوه بر شعاع دسترسی، به کارگیری تابع افت فاصله نیز از جمله جنبه‌های توسعه روش 2SFCA است. از مهم‌ترین توابع افت فاصله به تابع گوسی^۱ (GAUSS)، نمایی^۲ (EXP)، تراکم کرنل^۳ (KD) و فرصت تجمعی خطی منفی^۴ (CUML) اشاره می‌شود (Chen & Jia, 2019: 6) که در پژوهش حاضر نیز به کار گرفته شده‌اند. جدول (۳) نشان‌دهنده روابط توابع مختلف افت فاصله براساس فاصله (d) و شعاع

1. Gaussian function
2. Exponential function
3. Kernel density
4. Cumulative-opportunity negative Linear

دسترسی (d_0) است. ضریب اصطکاک^۱ سفر (β) نیز برای توابع EXP و GAUSS تعریف شده است که خود تابعی از شعاع دسترسی است (Chen & Jia, 2019: 9).

با توجه به تعدد توابع افت فاصله قابل استفاده در روش 2SFCA، در این پژوهش برای هر حالت، توابع افت فاصله‌ای استفاده شد که مقادیر دسترسی بلوک‌های جمعیتی حاصل از به‌کارگیری آنها بیشترین متوسط همبستگی را با مقادیر دسترسی به‌دست آمده از سایر توابع افت فاصله داشته باشد. برای محاسبه مقادیر همبستگی بین دو روش مختلف 2SFCA از ضریب همبستگی پیرسون مطابق رابطه (۳) استفاده شد (Chatterjee & Hadi, 2006: 24).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن x_i و y_i مقادیر دسترسی به‌دست آمده برای بلوک i با دو روش مختلف 2SFCA، \bar{x} و \bar{y} برابر با متوسط دسترسی‌ها و n برابر با کل بلوک‌های جمعیتی است.

جدول (۳) توابع افت فاصله و پارامترهای مرتبط در روش 2SFCA (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table (3) Distance decay functions and the related parameters in 2SFCA method

تابع	رابطه	ضریب اصطکاک (β)
CUML	رابطه (۴) $F_{(d)} = 1 - d/d_0$	-
EXP	رابطه (۵) $F_{(d)} = e^{-\beta d}$	رابطه (۶) $\beta = -\frac{\ln 0.01}{d_0}$
GAUSS	رابطه (۷) $F_{(d)} = e^{-d^2/\beta}$	رابطه (۸) $\beta = -\frac{d_0^2}{\ln 0.01}$
KD	رابطه (۹) $F_{(d)} = 0.75 \left[1 - \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \right]$	-

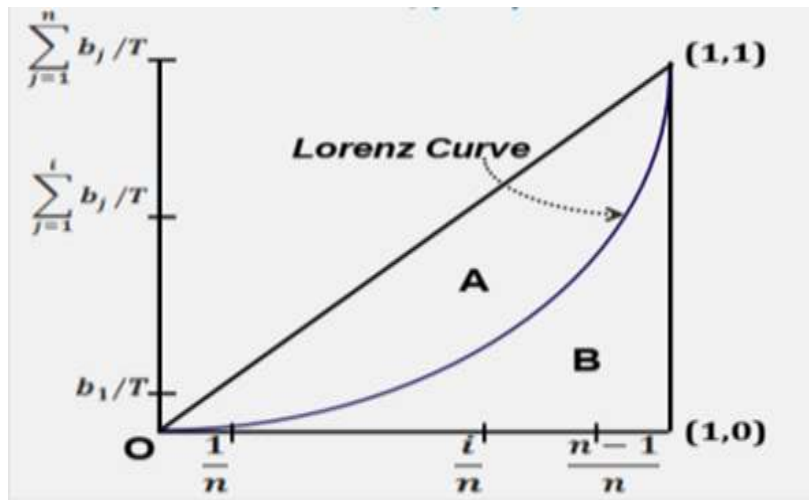
تحلیل نابرابری دسترسی

در پژوهش حاضر، برای اندازه‌گیری نابرابری دسترسی، از ضریب جینی^۲ استفاده شده است. این شاخص، میزان نابرابری را در توزیع خدمات اندازه‌گیری می‌کند و مقدار آن بین صفر و یک قرار می‌گیرد. مقادیر بیشتر ضریب جینی نشان‌دهنده میزان نابرابری بیشتر است. ضریب جینی به‌طور معمول از طریق منحنی لورنز^۳ محاسبه می‌شود (شکل ۴). این منحنی از درصد تجمعی متغیرها (جمعیت به دسترسی) به دست می‌آید (Jamtsho et al., 2015, 1597). به عبارت دیگر، یک نقطه روی منحنی لورنز نشان‌دهنده درصد تجمعی مقدار کل دسترسی (محور عمودی) است که به درصد تجمعی جمعیت (محور افقی) اختصاص یافته است. مطابق شکل (۴) اگر ناحیه بین خط برابری (خط نیم‌ساز) و منحنی لورنز A باشد و سطح زیر منحنی لورنز B باشد، آنگاه این ضریب مطابق رابطه (۱۰) به دست می‌آید (Goswami et al., 2018, 19):

1. Impedance coefficient
2. Gini coefficient
3. Lorenz curve

$$(Gini\ coefficient = A / (A + B))$$

رابطه (۱۰)



شکل (۴) منحنی لورنز و خط برابری (Goswami et al., 2018:19)

Figure (4) Lorenz curve and line of equality (Goswami et al., 2018:19)

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل آنها

انتخاب بهترین تابع افت فاصله برای محاسبه دسترسی‌ها

جداول (۴)، (۵) و (۶) نتایج حاصل از تحلیل همبستگی را برای انتخاب بهترین تابع افت فاصله به منظور محاسبه دسترسی در حالت‌های مختلف نمایش می‌دهند. جدول (۴) که نشان‌دهنده این همبستگی در حالت محدودیت شعاع دسترسی به بیمارستان‌ها است، حاکی از بیشتر بودن میزان همبستگی مقادیر دسترسی با توابع CUMML و GAUSS نسبت به دیگر توابع است. جدول (۵) نشان‌دهنده این همبستگی در شرایط بدون محدودیت شعاع دسترسی است که تمام مقادیر همبستگی زیادی ۹۰ درصد هستند. در نهایت در جدول (۶) که نشان‌دهنده مقادیر همبستگی در حالت دسترسی توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌هاست، همچنان توابع CUMML و GAUSS همبستگی زیادی را با سایر توابع افت فاصله داراست.

جدول (۴) همبستگی بین مقادیر دسترسی به بیمارستان‌ها با توابع مختلف افت فاصله با محدودیت شعاع دسترسی (منبع:

نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table 4: Correlation between values of hospital accessibility with different types of distance decay functions and limited accessibility radius

Models	CUMML	EXP	GAUSS	KD
CUMML	1	0.906	0.946	0.994
EXP	0.906	1	0.968	0.861
GAUSS	0.946	0.968	1	0.906
KD	0.994	0.861	0.906	1

جدول (۵) همبستگی بین مقادیر دسترسی به بیمارستان‌ها با توابع مختلف افت فاصله بدون محدودیت شعاع دسترسی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table (5) Correlation between values of hospital accessibility with different types of distance decay functions and unlimited accessibility radius

Models	CUML	EXP	GAUSS	KD
CUML	1	0.972	0.996	0.982
EXP	0.972	1	0.979	0.912
GAUSS	0.996	0.979	1	0.967
KD	0.982	0.912	0.967	1

جدول (۶) همبستگی بین مقادیر دسترسی به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها با توابع مختلف افت فاصله با محدودیت شعاع دسترسی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table (6) Correlation between values of hospital and clinic accessibility with different types of distance decay functions and limited accessibility radius

Models	CUML	EXP	GAUSS	KD
CUML	1	0.917	0.956	0.995
EXP	0.917	1	0.972	0.876
GAUSS	0.956	0.972	1	0.921
KD	0.995	0.876	0.921	1

جدول (۷) نیز نشان‌دهنده متوسط ضریب همبستگی بین توابع مختلف افت فاصله است. برای بیمارستان‌ها، در حالت با محدودیت شعاع دسترسی، بیشترین مقدار متوسط همبستگی را تابع CUML با $(\bar{r} = 0.948)$ و کمترین متوسط همبستگی را تابع EXP با $(\bar{r} = 0.911)$ داراست. در حالت بدون محدودیت شعاع دسترسی نیز بیشترین مقدار متوسط همبستگی مربوط به تابع CUML با $(\bar{r} = 0.983)$ و کمترین مقدار مربوط به تابع KD با $(\bar{r} = 0.953)$ است. برای حالت توأمان بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، بیشترین مقدار متوسط همبستگی را تابع CUML با $(\bar{r} = 0.956)$ و کمترین مقدار را تابع EXP با $(\bar{r} = 0.921)$ داراست؛ بنابراین در هر سه حالت محاسبه دسترسی‌ها، تابع CUML بیشترین متوسط همبستگی را با سایر توابع افت فاصله دارد؛ برای همین در کلیه حالات محاسبه دسترسی از تابع افت فاصله CUML در روش 2SFCA استفاده شده است.

جدول (۷) متوسط همبستگی بین مقادیر دسترسی برحسب توابع مختلف افت فاصله (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

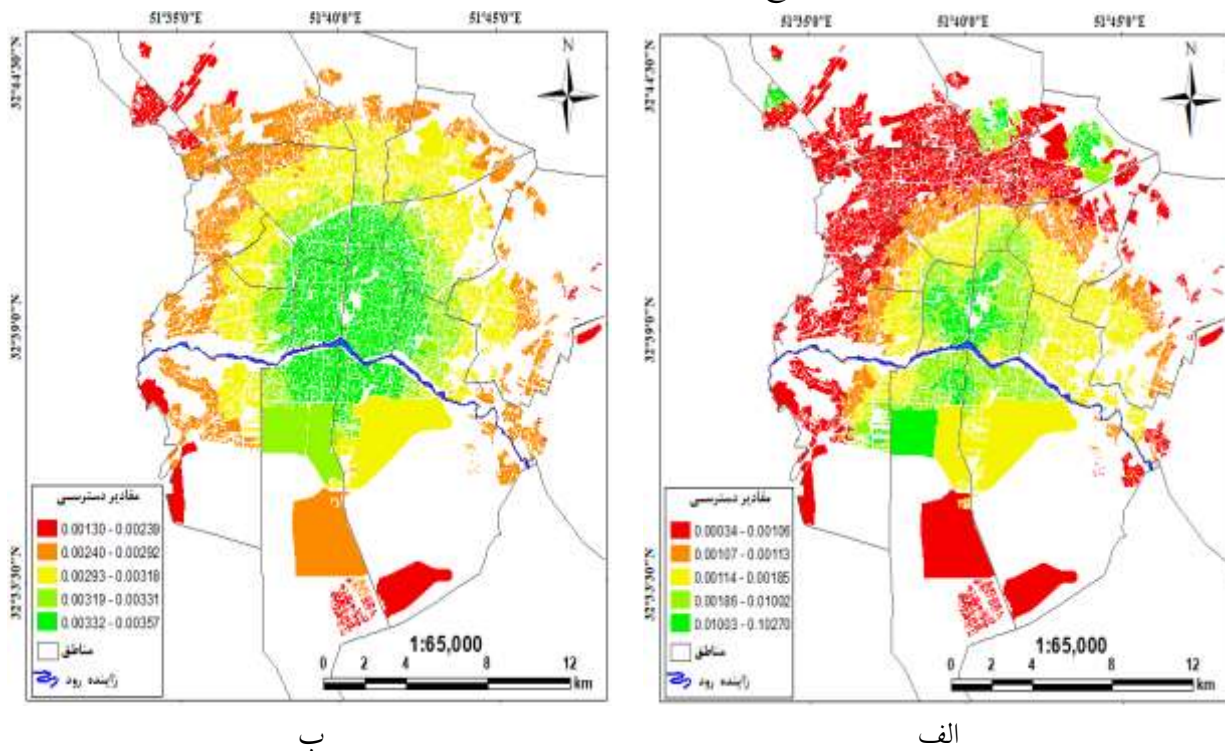
Table (7) Average of the correlations between values of accessibility in terms of different types of distance decay functions

حالت با محدودیت						حالت بدون محدودیت		
بیمارستان‌ها			بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها			بیمارستان‌ها		
Models	Rank	\bar{r}	Models	Rank	\bar{r}	Models	Rank	\bar{r}
CUML	1	0.948	CUML	1	0.956	CUML	1	0.983
GAUSS	2	0.940	GAUSS	2	0.949	GAUSS	2	0.980
KD	3	0.920	KD	3	0.930	EXP	3	0.954
EXP	4	0.911	EXP	4	0.921	KD	4	0.953

محاسبه دسترسی ها

دسترسی به مراکز بیمارستانی

شکل (۵. الف) مقادیر دسترسی بلوک‌های جمعیتی به مراکز بیمارستانی را با روش 2SFCA و تابع افت فاصله CUMML در حالت وجود محدودیت در شعاع دسترسی نمایش می‌دهد.



شکل (۵) مقادیر دسترسی به بیمارستان‌ها در شهر اصفهان به روش 2SFCA: الف) با محدودیت شعاع دسترسی؛ ب) بدون محدودیت شعاع دسترسی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Figure 5. Accessibility to hospitals values based on 2SFCA method in Isfahan : (a) With limited accessibility radius; (b) With unlimited accessibility radius

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مناطق مرکزی و نواحی از شمال و شمال شرقی و جنوب غربی شهر بیشترین مقادیر دسترسی را دارند. مناطق مرکزی شهر دارای بیشترین تراکم تعداد بیمارستان است و بسیاری از بلوک‌ها در این حالت به چندین بیمارستان دسترسی دارند. درباره قسمت‌هایی از شمال و شمال شرق شهر هم که دارای مقادیر دسترسی زیادی است، بیمارستان‌هایی با ظرفیت زیاد از نظر تعداد تخت وجود داشته است یا تعداد جمعیت کمتری در ناحیه تحت پوشش این بیمارستان‌ها به چشم می‌خورد. سایر مناطق مقادیر دسترسی پایین‌تری به بیمارستان‌های عمومی و تخصصی دارند. کمترین میزان دسترسی مربوط به نواحی شمال غربی است. این نواحی فاقد دسترسی مناسب به بیمارستان‌های عمومی بوده است و از بیمارستان‌های تخصصی نیز فاصله زیادی دارد.

شکل (۵. ب) دسترسی به مراکز بیمارستانی را در حالت بدون محدودیت شعاع دسترسی نمایش می‌دهد؛ همان‌طور که در این نقشه مشاهده می‌شود، قسمت‌های مرکزی شهر دارای مقادیر دسترسی زیادی هستند؛ همچنین

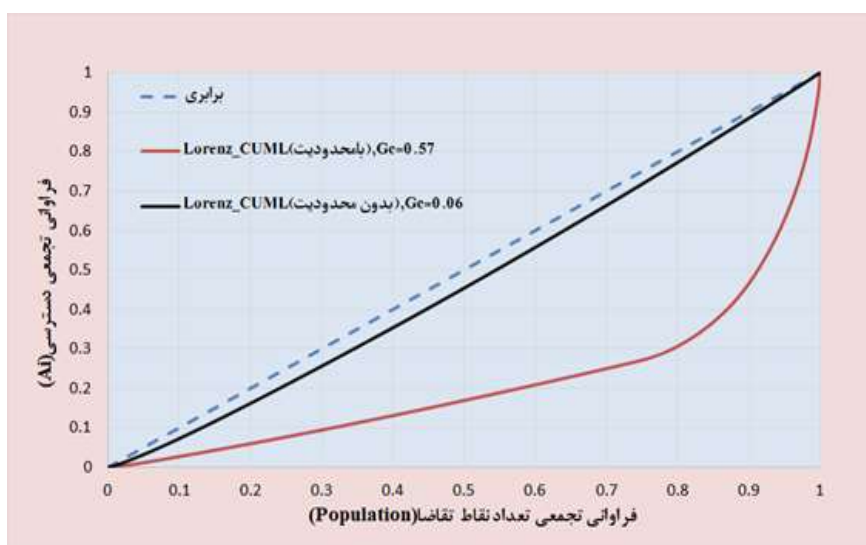
به صورت مدور اطراف مرکز شهر میزان دسترسی به مراکز بیمارستانی متوسط است. قسمت‌هایی از شمال غرب شهر و جنوب غرب به صورت محلی (لکه‌های قرمز رنگ)، مقدار دسترسی کمتری دارند. در این حالت با برداشته شدن محدودیت‌های شعاع دسترسی، با این فرض که هر شخص بدون محدودیت به تمام بیمارستان‌ها در نقاط مختلف شهر دسترسی دارد. به طور تقریبی دسترسی‌ها متعادل تر شده است. در واقع در این حالت تعیین مناطق با کمترین و بیشترین مقادیر دسترسی تحت تأثیر توزیع مراکز درمانی یا فاصله بین بلوک‌های جمعیتی و مراکز درمانی است. شاخص‌های آماری به دست آمده از مقادیر دسترسی در دو حالت فوق نیز نشان‌دهنده مقدار انحراف استاندارد نسبت به حالت با محدودیت، کمتر و مقدار میانگین دسترسی به بیمارستان‌ها در حالت بدون محدودیت بیشتر است (جدول ۸).

جدول (۸) شاخص‌های آماری مقادیر دسترسی به بیمارستان‌ها (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table (8) Statistical indices of accessibility to hospitals values

حالت دسترسی	شاخص‌های آماری	
	با محدودیت	میانگین
انحراف معیار		0.005566
بدون محدودیت	میانگین	0.003012
	انحراف معیار	0.000326

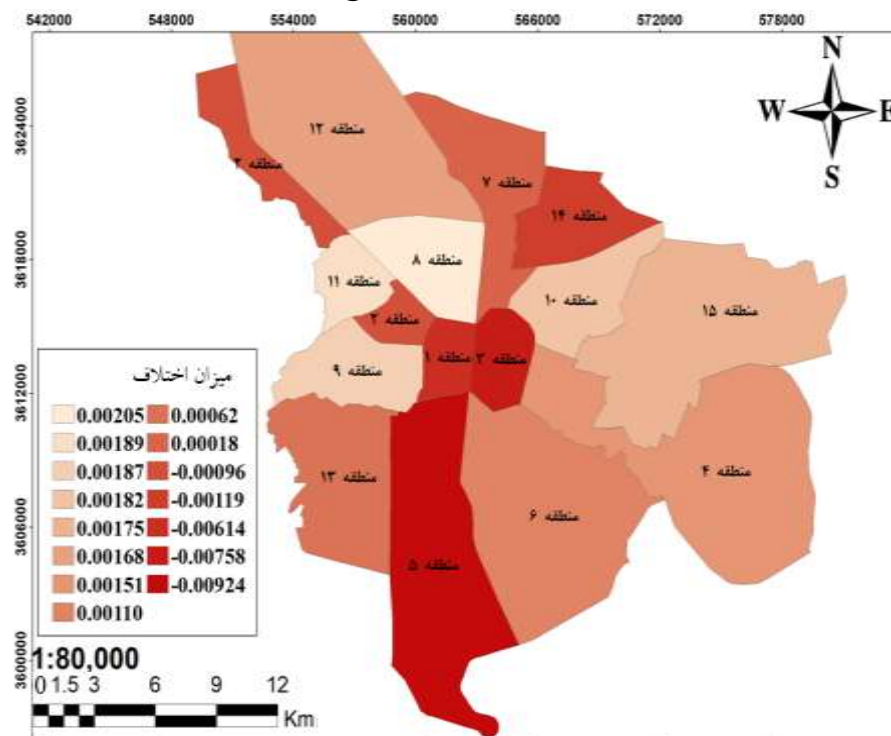
شکل (۶) منحنی لورنز حاصل از مقادیر دسترسی را در این دو حالت نمایش می‌دهد؛ همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود. منحنی لورنز در حالت با محدودیت نسبت به حالت بدون محدودیت، فاصله بیشتری از خط برابری دارد. ضرایب جینی مربوط به این دو حالت نیز به ترتیب برابر $0/57$ و $0/06$ است. نتایج نشان‌دهنده در حالت با محدودیت، ۲۰ درصد از مجموع دسترسی‌ها به حدود ۵۰ درصد از جمعیت و ۸۰ درصد از مجموع دسترسی‌ها به مابقی جمعیت تعلق دارند.



شکل (۶) منحنی لورنز در حالت‌های با محدودیت و بدون محدودیت شعاع دسترسی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Figure (6) Lorenz curve under limited and unlimited accessibility radius cases

شکل (۷) نشان‌دهنده نقشه اختلاف میانگین دسترسی مناطق پانزده‌گانه در حالت بدون محدودیت با حالت با محدودیت شعاع دسترسی است. مطابق این نقشه، میانگین دسترسی مناطق ۵، ۳ و ۱ در حالت بدون محدودیت به ترتیب بیشترین کاهش را نسبت به حالت با محدودیت دارند؛ همچنین مناطق حاشیه‌ای شهر (۸، ۱۱ و ۹) به ترتیب بیشترین افزایش متوسط دسترسی را دارند؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود، در حالت بدون محدودیت، میزان دسترسی در برخی مناطق مرکزی کاهش یافته است. این بدان علت است که در این حالت، تمام جمعیت در شعاع دسترسی به بیمارستان‌ها قرار دارند؛ بنابراین با توجه به رابطه جمعیت با معکوس دسترسی - مطابق رابطه (۱) - مقادیر دسترسی نسبت به حالت‌های با محدودیت کمتر است که جمعیت کمتری در شعاع دسترسی بیمارستان‌ها قرار می‌گیرد.



شکل (۷) نقشه اختلاف مقادیر دسترسی در حالت بدون محدودیت با حالت با محدودیت شعاع دسترسی در مناطق پانزده‌گانه

شهرداری اصفهان (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Figure 7. Difference between the accessibility values under limited and unlimited accessibility radius cases in 15 districts of Isfahan city

تحلیل حساسیت دسترسی به بیمارستان‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر هر یک از بیمارستان‌ها بر دسترسی بلوک‌های جمعیتی، میزان دسترسی به ترتیب با حذف هر یک از بیمارستان‌ها محاسبه و نتیجه آن با حالتی مقایسه شد که در آن تمامی بیمارستان‌ها حضور دارند. نتایج نشان‌دهنده آن است که در صورت حذف بیمارستان‌های الزهرا (س) و حضرت زهرا (س) بیشترین کاهش دسترسی‌ها رخ می‌دهد؛ بنابراین این بیمارستان‌ها اثرگذارترین بیمارستان‌ها هستند؛ همچنین در غیاب بیمارستان صدوقی و بیمارستان خانواده به ترتیب کمترین میزان کاهش دسترسی وجود دارد. بیمارستان صدوقی در منطقه ۳

است. این بیمارستان در شعاع دسترسی خود بیشترین فشار جمعیتی و تعداد تخت متوسطی دارد و به علت رابطه معکوس جمعیت با دسترسی، بلوک‌های تحت پوشش کمترین میزان دسترسی را دارند. بیمارستان خانواده نیز در شعاع دسترسی خود تنها تعداد محدودی از بلوک‌ها را پوشش می‌دهد. جدول (۹) پنج بیمارستانی را، که بیشترین و کمترین تأثیر را بر میزان دسترسی بلوک‌های جمعیتی در شهر اصفهان دارند، به همراه میزان کاهش دسترسی در صورت حضور نداشتن آنها نمایش می‌دهد.

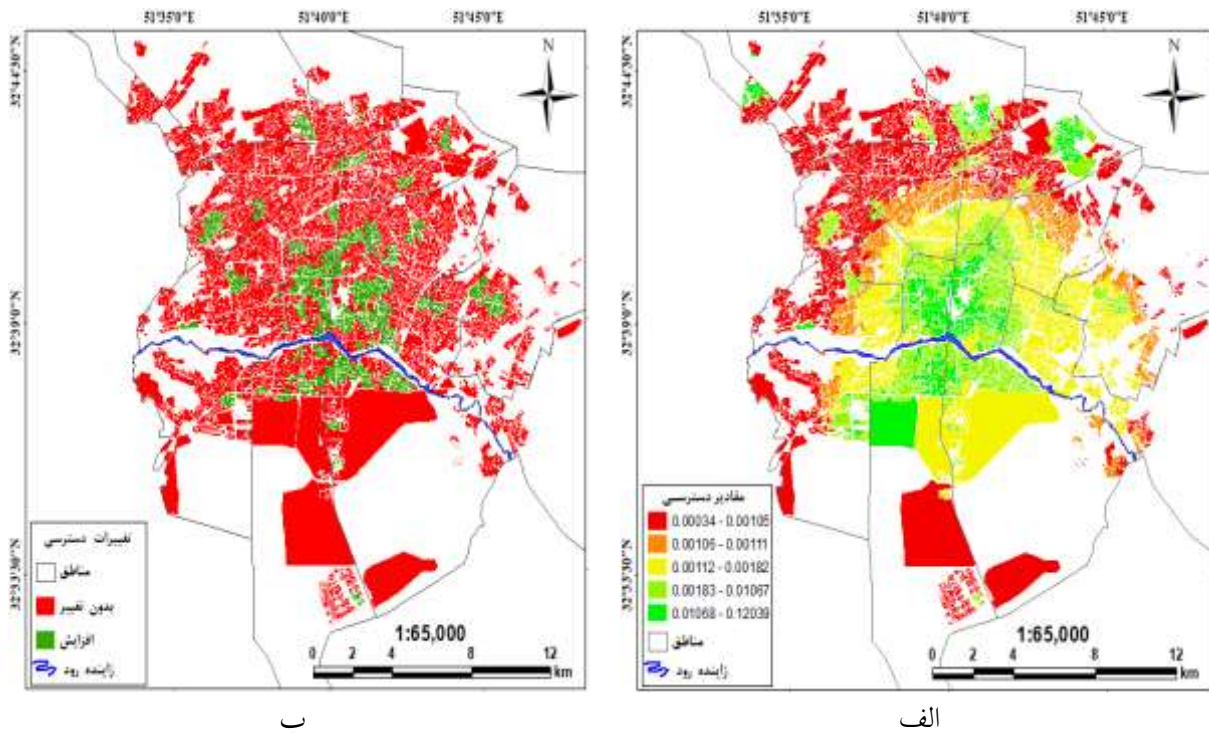
جدول (۹) تحلیل حساسیت دسترسی بلوک‌های جمعیتی به بیمارستان‌ها (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table (9) Sensitivity analysis of the census blocks to hospitals

کمترین تأثیر		بیشترین تأثیر		
میزان کاهش دسترسی در صورت حذف بیمارستان	نام بیمارستان	میزان کاهش دسترسی در صورت حذف بیمارستان	نام بیمارستان	ردیف
۱,۶۸	شهید صدوقی	۷,۳۶	الزهرا (س)	۱
۱,۹۸	خانواده	۵,۹۵	حضرت زهرا (س)	۲
۲,۰۵	رز	۴,۳۵	حضرت علی اصغر (ع)	۳
۲,۱۷	حجت ابن الحسن العسگری	۴,۱۹	فارابی	۴
۲,۱۹	اصفهان	۴,۰۳	کودکان امام حسین (ع)	۵

محاسبه دسترسی توأمان به مراکز بیمارستانی و درمانگاهی

در پژوهش حاضر، با توجه به ماهیت دسترسی به مراکز درمانگاهی دسترسی توأمان به مراکز بیمارستانی و درمانگاهی در حالت با محدودیت محاسبه شد (شکل ۸. الف)؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود، الگوی کلی دسترسی‌ها مشابه الگوی دسترسی به مراکز بیمارستانی است. به طوری که دسترسی در مرکز شهر بیشتر است و با فاصله از مرکز شهر کاهش می‌یابد. اختلافات جزئی‌تر در شکل (۸. ب) مشاهده می‌شود. این شکل نشان‌دهنده اختلاف دسترسی توأمان به مراکز بیمارستانی و درمانگاهی با دسترسی به مراکز بیمارستانی است. در قسمت عمده‌ای از مناطق هیچ‌گونه تغییری در مقادیر دسترسی وجود ندارد. این مناطق فاقد دسترسی متناسب با ناحیه تحت پوشش مراکز درمانگاهی هستند؛ همچنین مناطقی نیز مشاهده می‌شود که مقادیر دسترسی در آنها (بیشتر در مناطق مرکزی شهر (۱ و ۳)) به علت قرار گرفتن در محدوده دسترسی متناسب با درمانگاه‌ها (۷۵۰ متری) افزایش یافته است. به علاوه، به صورت پراکنده در مناطق حاشیه‌ای شهر نیز دسترسی افزایش یافته است.



شکل (۸) الف) مقادیر دسترسی توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها به روش 2SFCA، ب) اختلاف مقادیر دسترسی توأمان به

مراکز بیمارستانی و درمانگاهی با دسترسی به مراکز بیمارستانی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Figure (8) (a) Accessibility to both hospitals and clinics values based on 2SFCA method (b) Difference between the accessibility to both hospitals and clinics values and accessibility to only hospitals

شاخص‌های آماری مقادیر دسترسی نیز در جدول (۱۰) نمایش داده شده است؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین و انحراف معیار مقادیر دسترسی در حالت حضور توأمان بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها بیشتر از دسترسی به بیمارستان‌ها به تنهایی است. البته این نکته را باید مدنظر داشت که این افزایش میانگین به علت افزایش مقادیر دسترسی در مناطق مرکزی شهر است و در عین حال، افزایش انحراف معیار نیز نشانه‌ای از افزایش اختلاف میان دسترسی‌ها در بلوک‌های جمعیتی در سطح شهر اصفهان است.

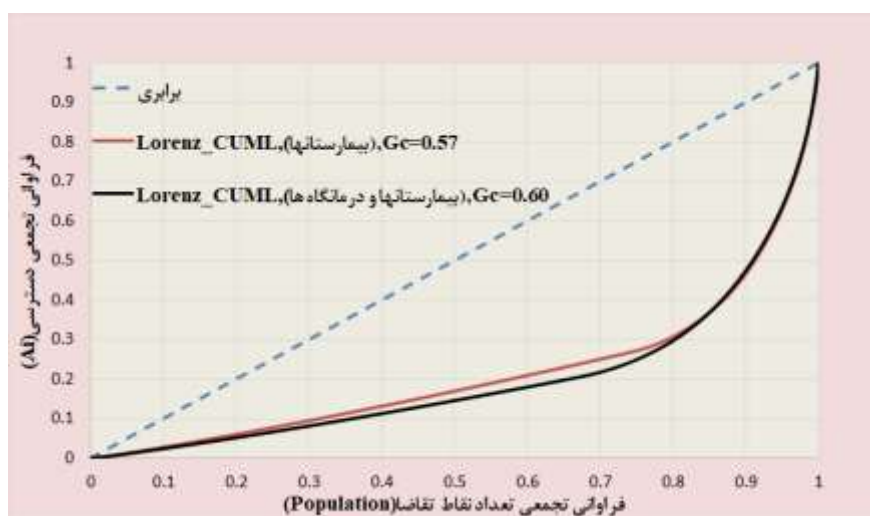
جدول (۱۰) شاخص‌های آماری دسترسی توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Table 10. Statistical indices of accessibility to both hospitals and clinic values

مراکز درمانی	شاخص‌های آماری	
	بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها (با محدودیت شعاع دسترسی)	میانگین
	انحراف معیار	0.006342

شکل (۹) منحنی لورنز حاصل از مقادیر دسترسی به دست آمده را در دو حالت دسترسی به بیمارستان‌ها و دسترسی به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها به صورت توأمان نمایش می‌دهد. مطابق این شکل، منحنی لورنز در حالت حضور توأمان بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، نسبت به منحنی لورنز در حالت حضور فقط بیمارستان‌ها، فاصله بیشتری از خط برابری

دارد؛ همچنین ضرایب جینی مربوط به این دو حالت نیز به ترتیب برابر $0/60$ و $0/57$ است؛ بنابراین میزان نابرابری در حالت دسترسی توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها بیشتر است. در تفسیر این نتیجه گفته می‌شود، یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر ضرایب جینی، پراکنش یا توزیع فضایی مراکز درمانی نسبت به بلوک‌های جمعیتی و از آنجایی که توزیع درمانگاه‌ها در سطح شهر بیشتر در مناطق مرکزی است، دسترسی در حالت توأمان بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها برای گروه‌های محدودی از بلوک‌ها افزایش می‌یابد که بیشتر در قسمت‌های مرکزی شهر قرار دارند و میزان نابرابری به علت همین تمرکز زیاد به‌طور کلی نسبت به حالتی بیشتر می‌شود که دسترسی فقط بر مبنای مراکز بیمارستانی محاسبه شده است.



شکل (۹) منحنی لورنز در دو حالت دسترسی توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها و دسترسی به بیمارستان‌ها (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱)

Figure 9. Lorenz curve in cases of accessibility to both hospitals and clinics and accessibility to only hospitals

نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر، در مقایسه با تحقیقات مشابه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارد؛ به‌عنوان مثال، در پژوهش لاوی و ممدوحی (۱۳۹۱) نیز روش 2SFCA برای تعیین میزان دسترسی به خدمات درمانی در شهر اصفهان (منطقه ۱۰ شهرداری) به کار گرفته شده است. با این حال، در این پژوهش از توابع افت فاصله استفاده نشده است. نتایج پژوهش فوق نشان داده است که نواحی مرکزی و غربی این منطقه دسترسی بیشتری نسبت به سایر نواحی دارند. آنچه از نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر برای منطقه ۱۰ دیده می‌شود (شکل‌های ۵ و ۸) میزان دسترسی بیشتر بلوک‌های جمعیتی واقع در نواحی غربی نسبت به سایر نواحی است. به‌طوری‌میزان دسترسی به‌تدریج از شرق به غرب افزایش می‌یابد. این نتیجه تا حدی (بدون در نظر گرفتن نواحی مرکزی) منطبق بر نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش لاوی و ممدوحی (۱۳۹۱) است.

همچنین نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر که بیان‌کننده مقادیر بیشتر دسترسی به مراکز درمانی در مناطق مرکزی شهر اصفهان است، با نتیجه تحقیقات دیگری همخوانی دارد؛ از جمله Hashtarkhani et al. (2020) که نشان داد، به‌طور کلی مناطق واقع در حومه شهر مشهد میزان دسترسی پایین‌تری را به خدمات اورژانس نسبت به مرکز شهر

دارا هستند و (Park & Goldberg (2022 که نشان داد، مناطق دور از مرکز دسترسی ناکافی را به مراقبت‌های بهداشتی در منطقه کلان‌شهری هیوستون در ایالت تگزاس آمریکا دارند.

به طور کلی محاسبه دسترسی در دو مرحله با توجه به اینکه در نظر گرفتن شعاع‌های دسترسی متفاوت و همچنین توابع افت فاصله در روش 2SFCA به صورت واقع‌بینانه‌تری میزان دسترسی به خدمات مختلف را در مقایسه با روش 2SFCA اولیه محاسبه می‌کند. ضمن اینکه انتخاب تابع افت فاصله بر مبنای همبستگی میان مقادیر دسترسی، میزان اطمینان نسبت به استفاده از تابع افت فاصله معینی را نسبت به حالتی بالاتر می‌برد که تابع افت فاصله به صورت از پیش تعیین شده انتخاب می‌شود.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر از روش 2SFCA توسعه‌یافته برای به دست آوردن مقادیر دسترسی بلوک‌های جمعیتی به مراکز درمانی در کلان‌شهر اصفهان استفاده شد. بر این اساس، روش فوق در دو حالت با محدودیت و بدون محدودیت شعاع دسترسی و همچنین دو حالت دسترسی به بیمارستان‌ها و توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها اجرا شد. به علاوه، وضعیت دسترسی‌ها از نظر نابرابری و تغییرات آنها در حالت‌های فوق نیز بررسی شد.

انتخاب تابع افت فاصله از جمله مراحل مهم در روش 2SFCA توسعه‌یافته است. به علت تنوع موجود در توابع افت فاصله، در این پژوهش تابعی انتخاب شد که نتایج دسترسی به دست آمده از آن به طور متوسط دارای بیشترین همبستگی با مقادیر دسترسی حاصل از اجرای روش 2SFCA با سایر توابع افت فاصله در حالت‌های مختلف باشد. در نهایت میان این توابع، تابع CUMUL دارای شرایط فوق بود و از آن در محاسبه مقادیر دسترسی در تمامی حالت‌ها استفاده شد.

نتایج حاصل از محاسبه دسترسی بلوک‌های جمعیتی به بیمارستان‌ها در هر دو حالت با محدودیت و بدون محدودیت شعاع دسترسی نشان‌دهنده آن بود که مناطق مرکزی شهر دارای میزان دسترسی بیشتری به بلوک‌های شهری نسبت به سایر مناطق هستند؛ اما میزان نابرابری دسترسی در حالت با محدودیت شعاع دسترسی - یعنی در صورتی که شعاع دسترسی منطبق بر استانداردهای در نظر گرفته شده باشد - به میزان چشمگیری افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، در صورت حذف محدودیت شعاع دسترسی، دسترسی به بیمارستان‌ها در مناطق مرکزی شهر به علت فشار جمعیتی بیشتر - با وجود افزایش کلی مقادیر دسترسی - کاهش می‌یابد. با در نظر گرفتن محدودیت شعاع دسترسی که در واقع انطباق بیشتری دارد، با آنچه در واقعیت رخ می‌دهد و از مزیت‌های روش 2SFCA توسعه‌یافته است، میزان نابرابری در دسترسی به بیمارستان‌ها در شهر اصفهان معادل ۰/۵۶ است. اگرچه میزان نابرابری در حالت نبود محدودیت به میزان بسیار زیادی کاهش می‌یابد، به علت در نظر نگرفتن محدودیت شعاع دسترسی برای بیمارستان‌های عمومی نماد کاملی از واقعیت موجود نیست؛ همچنین نتیجه تحلیل حساسیت دسترسی مکانی به بیمارستان‌ها نشان‌دهنده آن بود که دو بیمارستان الزهرا (س) و حضرت زهرا (س) به ترتیب بیشترین اثرگذاری را بر میزان دسترسی بلوک‌های جمعیتی دارا هستند.

همچنین نتایج ارزیابی دسترسی بلوک‌های جمعیتی به صورت توأمان به بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها نیز نشان‌دهنده آن بود که اگرچه به طور کلی میزان دسترسی نسبت به حالت پیشین بیشتر شده، میزان نابرابری در دسترسی مکانی به خدمات درمانی افزایش یافته است. علت این نابرابری در توزیع نامتعادل درمانگاه‌ها و تمرکز آنها در قسمت‌های مرکزی شهر جستجو می‌شود؛ در نتیجه در مجموع گفته می‌شود، با توجه به استانداردهای دسترسی به خدمات درمانی، نابرابری در دسترسی مکانی به خدمات درمانی (بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها) در سطح کلان‌شهر اصفهان قابل مشاهده است.

به کارگیری روش 2SFCA توسعه یافته در ارزیابی میزان دسترسی به خدمات اضطراری و درمانی به دلیل در نظر گرفتن هم‌زمان عرضه، تقاضا، حوزه نفوذ و میزان فاصله، پشتیبان مناسبی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مدیریت شهری است. در ضمن، از آنجایی که به طور معمول معیارهای مرتبط با دسترسی یکی از ارکان مهم در پروژه‌های مرتبط با مکان‌یابی هستند، پیشنهاد می‌شود، با توجه به قابلیت‌های روش 2SFCA، از نقشه‌های حاصل از این روش، در تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی^۱ استفاده شود.

منابع و مأخذ

- ابراهیم‌زاده، عیسی، احمدنژاد، محسن، ابراهیم‌زاده آسمین، حسین، شفیعی، یوسف (۱۳۸۹). برنامه‌ریزی و سامان‌دهی فضایی-مکانی خدمات بهداشتی و درمانی با استفاده از GIS مورد: شهر زنجان، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، شماره ۷۳، صص ۳۹-۵۸.
- تقوایی، مسعود، ذاکری، الهه (۱۳۹۲). تحلیل پراکنش فضایی خدمات بیمارستانی و درمانگاهی با استفاده از GIS و مدل Topsis (مورد: شهر اصفهان). مدیریت اطلاعات و سلامت، شماره ۴، صص ۵۹۱-۵۸۱.
- شکویی، حسین (۱۳۷۲). جغرافیای اجتماعی شهرها، اکولوژی اجتماعی شهر، مؤسسه انتشارات جهاد دانشگاهی.
- گلستان نژاد، ابوالقاسم (۱۳۹۴). اطلس کلان‌شهر اصفهان، معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان.
- لاوی، مریم، ممدوحی، امیررضا (۱۳۹۱). توسعه یک مدل توصیفی دسترسی فضایی به خدمات درمان عمومی با استفاده از روش حوزه نفوذ شناور دومرحله‌ای (مطالعه موردی: منطقه ۱۰ شهرداری اصفهان). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۴، شماره ۴، صص ۷۹-۹۲.
- محمودی، سمیه، جلوخانی نیارکی، محمدرضا، ارگانی، میثم (۱۳۹۹). ارزیابی دسترسی به پارک‌های شهری به کمک شاخص‌های مکانی برای رسیدن به آرمان‌های شهر عدالت محور (مطالعه موردی: منطقه ۱۱ شهر تهران)، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره ۸، شماره ۳، صص ۵۳۰-۵۱۱.
- نوری، علیرضا، ندایی طوسی، سحر (۱۳۹۶). ارزیابی یکپارچه عدالت بالفعل فضایی در دسترسی به تسهیلات پایه شهری به روش ارزیابی چند معیاره فضایی؛ مورد پژوهی: شهر اردبیل. صفة، دوره ۲۷، شماره ۳، صص ۱۳۶-۱۰۵.

- Apparicio, P., Gelb, J., Dubé, A. S., Kingham, S., Gauvin, L., & Robitaille, É. (2017). **The approaches to measuring the potential spatial access to urban health services revisited: distance types and aggregation-error issues.** *International journal of health geographics*, 16(1), 1-24.
- Bryant Jr, J., & Delamater, P. L. (2019). **Examination of spatial accessibility at micro-and macro-levels using the enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method.** *Annals of GIS*, 25(3), 219-229.
- Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2006). *Regression analysis by example, Fourth Edition.* John Wiley & Sons.
- Chen, X., & Jia, P. (2019). **A comparative analysis of accessibility measures by the two-step floating catchment area (2SFCA) method.** *International Journal of Geographical Information Science*, 33(9), 1739–1758.
- Dai, D. (2010). **Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit.** *Health & place*, 16(5), 1038-1052.
- Dewulf, B., Neutens, T., De Weerd, Y., & Van de Weghe, N. (2013). **Accessibility to primary health care in Belgium: an evaluation of policies awarding financial assistance in shortage areas.** *BMC Family Practice*, 14(1), 1-13.
- Goswami, S., Murthy, C. A., & Das, A. K. (2018). **Sparsity measure of a network graph: Gini index.** *Information Sciences*, 462, 16-39.
- Hashtarkhani, S., Kiani, B., Bergquist, R., Bagheri, N., VafaeiNejad, R., & Tara, M. (2020). **An age-integrated approach to improve measurement of potential spatial accessibility to emergency medical services for urban areas.** *The International journal of health planning and management*, 35(3), 788-798.
- Jamtsho, S., Corner, R., & Dewan, A. (2015). **Spatio-temporal analysis of spatial accessibility to primary health care in Bhutan.** *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3), 1584-1604.
- Kiran, K. C., Corcoran, J., & Chhetri, P. (2020). **Measuring the spatial accessibility to fire stations using enhanced floating catchment method.** *Socio-Economic Planning Sciences*, 69, 100673.
- Luo, W. (2004). **Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians.** *Health & place*, 10(1), 1-11.
- Luo, W., & Qi, Y. (2009). **Health & Place An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians.** *Health & Place*, 15(4), 1100–1107.
- Luo, W., & Wang, F. (2003). **Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region.** *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6), 865–884.
- McGrail, M. R., & Humphreys, J. S. (2014). **Measuring spatial accessibility to primary health care services: Utilising dynamic catchment sizes.** *Applied Geography*, 54, 182-188.
- Ngui, A. N., & Apparicio, P. (2011). **Optimizing the two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility to medical clinics in Montreal.** *BMC health services research*, 11(1), 1-12.

- Peng, Z. R. (1997). **The jobs-housing balance and urban commuting**. *Urban Studies*, 34(8), 1215–1235.
- Park, J., & Goldberg, D. W. (2022). **An Examination of the Stochastic Distribution of Spatial Accessibility to Intensive Care Unit Beds during the COVID-19 Pandemic: A Case Study of the Greater Houston Area of Texas**. *Geographical Analysis*.
- Radke, J., & Mu, L. (2000). **Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs**. *Geographic Information Sciences*, 6(2), 105–112.
- Wang, F. (2000). **Modeling Commuting Patterns in Chicago in a GIS Environment: A Job Accessibility Perspective**. *Professional Geographer*, 52(1), 120–133.
- Wang, L. (2007). **Immigration, ethnicity, and accessibility to culturally diverse family physicians**. *Health and Place*, 13(3), 656–671.
- Wang, F. (2012). **Measurement, optimization, and impact of health care accessibility: a methodological review**. *Annals of the Association of American Geographers*, 102(5), 1104-1112.
- Zhang, S., Song, X., & Zhou, J. (2021). **An equity and efficiency integrated grid-to-level 2SFCA approach: spatial accessibility of multilevel healthcare**. *International Journal for Equity in Health*, 20(1), 1-14.