University of Sistan and Baluchestan

Geography and Territorial Spatial Arrangement

Print ISSN: 2345 - 2277 Online ISSN: 2783 - 5278

Association of Geography and Planning of Border Areas of Iran

Spatial Heterogeneity Modeling of the Effect of key Variables Affecting the Spatial Distribution of Schools Using Geographic Weighted Regression (Case Study: Ardabil City)

Mohammad Taghi Masoumi [1]✉

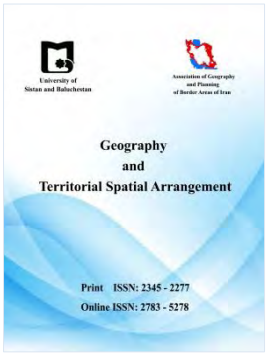
1. Assistant Professor, Department of Geography, Urban Planning, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran.
✉ E-mail: taqi.masoumi@iau.ac.ir

How to Cite: Masoumi, M.T. (2024). Spatial Heterogeneity Modeling of the Effect of key Variables Affecting the Spatial Distribution of Schools Using Geographic Weighted Regression (Case Study: Ardabil City). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 14 (52), 195-198.

DOI: http://dx.doi.org/ 10.22111/GAIJ.2024.49019.3211

Article type:
Research Article

Received:
11/06/2024
Received in revised form:
17/08/2024
Accepted:
24/09/2024
Publisher online:
30/09/2024



Keywords:
heterogeneity, spatial distribution, schools, weighted regression, Ardabil.

ABSTRACT

Today, not paying attention to the correct distribution of educational centers in cities has created many problems for citizens and students. For this reason, it is very important to identify the spatial distribution pattern of schools and the key factors affecting it. The research is correlation type and its purpose is to explain the significant impact of key variables affecting the distribution of schools in the neighborhoods of Ardabil city. OLS regression analysis and GWR have been used in ArcGIS software. The relationship between the spatial distribution of schools and the spatial distribution of the population in Ardabil city was carried out with OLS regression and according to the results, the key variables affecting the spatial distribution of schools were identified. The effect coefficient of each of the key variables was calculated with both types of regression and the maps obtained from the coefficients were analyzed with GIS analytical functions. The result shows that the distribution of schools in Ardabil city did not follow the population distribution, but cultural, religious and sports factors had more effects on this distribution. Thus, the variable of cultural and religious uses has had the greatest impact on the spatial distribution of schools in the old construction areas and its informal settlements, and the least in the newly built areas and towns. Also, the biggest disproportion between the population density and the distribution of schools is seen in the central areas of the city, which are mainly located in the geographical territory of a municipality.

© the Author(s). **Publisher**: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

Introduction

Balanced distribution of service centers, including educational centers, is more important because of the decisive role it plays in the level of knowledge, growth and enhancement of the culture of each society. Educational spaces are among the functions that are increasingly important, and with the youth of our country's population, the need to establish new schools and their optimal and appropriate locations is constantly increasing. Spatial distribution of educational services in terms of direct impact on the comfort of families, reducing the cost of intra-city travel, the fit and coherence of spaces, the beauty of the city is very important, and in general, the cities of Iran, due to the growth without a plan or poorly planned, from this point of view They have problems. Ardabil city, as the capital of Ardabil province, has seen a sharp increase in population growth after becoming the capital of the province, therefore, the recognition of the existing inequalities in the distribution of educational centers (schools) and the identification of key factors affecting it in Ardabil city is the goal of this research.

Study Area

Ardabil city, as the capital of Ardabil province (Figure 1), had an area of 62,890 hectares and a population of 525,702 in 2015. Examining the urbanization process of Ardabil city shows that the urban population has increased significantly in recent years. In addition, the physical growth of Ardabil city in the non-organic stage was much faster than the growth of the population and the real needs of the city and made the city suffer from excessive horizontal expansion. The results of the population growth in Ardabil city show that this city experienced an 8-fold population growth compared to 1335 to 1395 (the population of Ardabil city in 1335 was equal to 65,762 people), while this city compared to The initial period of the census of 1335 (the area of 1335 is less than 800 hectares) has had a physical growth of 9.6 times (Yazdani et al., 2017: 55).

Material and Methods

The current research is applied in terms of purpose and correlational in terms of method. The purpose of this research is to investigate the relationship between the spatial distribution of schools in Ardabil city as a dependent variable with the spatial distribution of possible variables affecting the distribution of the dependent variable. To achieve this goal, ordinary least squares regression analysis and geographical weighted regression have been used in ArcGIS software. In the first stage, the relationship between the spatial distribution of schools and the spatial distribution of the population in Ardabil city was investigated using ordinary least squares regression and according to the results, the key variables affecting the spatial distribution of schools were identified. Then, the relationship between the spatial distribution of the identified independent variables and the spatial distribution of schools was investigated using ordinary least squares regression and geographic weighted regression, and the influence coefficient of each of the key variables on the distribution of schools was calculated, and finally the maps obtained from these coefficients have been analyzed.

Result and Discussion

The Placement of educational centers is a process that requires a system view that the location of these centers should be examined as a part of a whole and in relation to it and other components. In order to increase the efficiency of these centers, it seems necessary to pay attention to the proper distribution, organization and distribution of educational spaces. According to the results obtained from the research, the need to organize educational centers in the city of Ardabil seemed necessary. The purpose of this research was to investigate and identify the key variables affecting the spatial distribution of educational centers in Ardabil city. Based on the results of the research, it was determined that Imam Street in Ardabil city divides Ardabil city into two parts in the southwest-northeast direction, and the population density map in the city also shows that Ardabil city is also divided into two main parts in terms of population density. (Ignoring the details) the areas of the city that are located in the northwest of the Imam street have a higher density compared to the areas located in the southeast of the that street.

Conclusion

The basic assumption is that the distribution of schools is highly affected by the distribution of population density in the city. But the distribution density function of schools shows that the density of schools is mainly in the central areas of the city and near the CBD and does not follow the spatial distribution of the population so that the output of the OLS regression model between the two variables of population density and spatial

distribution indicates that the population density is only 5.5 % justifies the distribution of schools in the city. Therefore, the result obtained from the research shows that the distribution of schools in Ardabil city did not follow the population, but cultural, religious and sports factors had more effects on this distribution. So that the variable of cultural and religious uses in the old construction areas and its informal settlements had the greatest impact on the spatial distribution of schools and had the least impact on the newly built areas and towns. Also, the greatest disproportion between population density and distribution of schools can be seen in the central areas of the city. These localities are mainly located in District 1 of the municipality.
Key words: heterogeneity, spatial distribution, schools, weighted regression, Ardabil.

References

Alirezaei, M., Karimzadeh, H., & Zarei, A. (2021). Spatial analysis of secondary schools in one district of Tabriz metropolis using multi-criteria decision making techniques and GIS. Scientific and Research Quarterly of New Approaches in Human Geography, 13(4), 27-53. *(In Persian)*

20.1001.1.66972251.1400.13.4.2.7

Brundson, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. E. (1996). Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity. Geographical Analysis. 28 (4),281-298.

https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x

Ewendu, S. A., & Olubor, R. O. (2020). Spatial Distribution of Public Secondary Schools in Ikeduru Local Government Area, Imo State, Nigeria. Benin Journal of Educational Studies, 26(1&2), 65-81.

https://beninjes.com/index.php/bjes/article/view/44

Fasihi H. (2019). Analysis of spatial distribution and access to schools in district 20th of Tehran municipality. Jgs, 19 (55), 249-264. *(In Persian)*

10.29252/jgs.19.55.249

Ghazanfarpour, H., Karimi, S., khabbazi, M., & pourkhosravani, M. (2021). Analysis of the Educational Spaces of School in District 2 of Kerman. The Journal of Geographical Research on Desert Areas, 9 *(1)*, 65-86. (*In Persian)*

20.1001.1.2345332.1400.9.1.4.6

Ghoraishi khorasgani, M. S., Nazarzadeh zare, M., & Bahrami, B. (2021). Investigating the Situation of Educational Equity in the Public Schools in Tehran. Journal of School Administration, 9 (1), 262-288. *(In Persian)*

https://jsa.uok.ac.ir/article_61868.html

Hussein, A. M., & Mohameed, A. J. (2020). Spatial Analysis of School Using Geographic Information System (GIS) Case Study AL-JIHAD Scoter. PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology. *17*(5), 1713-1729.

https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/8776

Kasraei, E. (2007). The theory of convergence, spatial dependence and regional growth. . Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi), 41 (6). *(In Persian)*

20.1001.1.00398969.1385.41.6.2.5

Mobaraki, O., esmaeipoor, M., & Mohamadi, M. (2021). Analysis of Spatial Distribution Pattern of Educational Centers (High School) and its Arrangement (Case Study: Sanandaj City). 21(74), 155-178. *(In Persian)*

URL: http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-3580-fa.html

Momeni, M., Azani, M., & Qalandari, R. (2015). Analysis of the spatial distribution of training (high school) Eghlid. Geography (Regional Planning), *5* (18), 87-107. *(In Persian)*

20.1001.1.22286462.1394.5.2.7.5

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2001). Introduction to Linear Regression Analysis (3). John Wiley & Sons.

Okan, E. (2012). Application of Geographic Information System (GIS) in Education, Journal of Technical Science and Technologies,*1*(2), 53-58.

https://doi.org/10.31578/.v1i2.46

Panahi, A., Abbas pour, F., & Abedini, P. (2018). Reviewing and Organizing Site Selection of Elementary Learning Centers through Geographical Information System (Case Study Tabriz Municipality, Region 4). Geographical Planning of Space, 8 (27), 21-34. (*In Persian)*

https://gps.gu.ac.ir/article_65966.html?lang=en

Parvizyan, A., Amanpour, S., Ahmadi, H., & Hajipour, N. (2018). Pathology of Spatial Dispersion of Primary Schools Using GIS, Case Study: Ahvaz 3rd District. Journal of Urban Ecology Researches, *9* (18), 41-56.*(In Persian)*

https://doi.org/10.30473/grup.2018.4454

Pourmohammadi, M. (۱۳۹۰). Urban land use planning. Side Publications. The seventh edition. Tehran. (In Persian)

Pourmohammadi, M., Ghorbani, R., & taghipour, A. A. (2018). The comparative investigation of GWR and OLS methods in estimation of location models. Journal of Geography and Planning, *22* (63), 52-76. *(In Persian)*

https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_7504.html

Razavi, M. M. (2013). Spatial Analysis on Mashhad's House Price By Geographically Weighted Regression. Journal of Urban Ecology Researches, *4*(7), 73-84. *(In Persian)*

20.1001.1.25383930.1392.4.7.5.2

Saad, Q. (2023). Spatial distribution of public elementary schools: a case study of Najran, Saudi Arabia, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, *22* (2), 705-725.

https://doi.org/10.1080/13467581.2022.2049277

Salami Sobhan, M. R., & Mansouri, K. (2021). An Analysis of the Spatial Distribution of Educational Centers and Its Proper Organize (Case Study: Piranshahr City). Geographical Engineering of Territory, *4* (2), 445-459. *(In Persian)*

20.1001.1.25381490.1399.4.8.14.1

Sabahi, R. K. (2022). Analysis of the characteristics of the spatial distribution of secondary education schools in the city of Dujail using GIS, Journal of STEPS for Humanities and Social Sciences *.1* (3). 10-20.

https://doi.org/10.55384/2790-4237.1095

Shamshiri, S., Shahbazi, H., & Taghipour Javi, S. (2017). Analyzing the Relations Between Spatial Variables in Khanmirza Plain: Comparison of Geological Weighted Regression and Ordinary Least Square Models. *Geography and Development*, *15* (48), 95-112. (*In Persian)*

10.22111/GDIJ.2017.3350

Sumari, N ., Tanveer, H., Shao, Zh., & Kira, Ernest. (2019). Geospatial Distribution and Accessibility of Primary and Secondary Schools: A case of Abbottabad City, Pakistan. Proceedings of the ICA. *2*. 1-11.

10.5194/ica-proc-2-125-2019

Yazdani, M. H., Pashazadeh, A. Zad vali, F. (۲۰۱۷). Identifying the factors affecting urban poverty (case example: Ardabil). Research Assistant of Mohaghegh Ardabili University. *(In Persian)*

Zhang, Z., Luan, W., Tian, C., Su, M., & Li, Z. (2021). Spatial Distribution Equilibrium and Relationship between Construction Land Expansion and Basic Education Schools in Shanghai Based on POI Data. Land. 10 (1059). 2-17.

https://doi.org/10.3390/land10101059

جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۲۲۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۵۲۷۸

مدل‌سازی نامانایی فضایی اثرگذاری متغیرهای کلیدی مؤثر بر توزیع فضایی مدارس با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی (نمونهٔ موردی: شهراردبیل)

محمدتقی معصومی[1*]

مقاله پژوهشی

جغرافیا و آمایش شهری–منطقه‌ای
پاییز ۱۴۰۳، سال ۱۴، شمارهٔ ۵۲
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۳
صفحات : ۲۱۶-۱۹۵

واژه‌های کلیدی:
نامانایی، توزیع فضایی، مدارس، رگرسیون وزنی، اردبیل.

چکیده

امروزه عدم توجه به پراکنش صحیح مراکز آموزشی در شهرها، مشکلات عدیده‌ای را برای شهروندان و دانش‌آموزان به‌وجود آورده است. به‌همین دلیل، شناسایی الگوی توزیع فضایی مدارس و عوامل کلیدی مؤثر برآن، اهمیت زیادی دارد. این پژوهش از لحاظ روش از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و هدف آن تبیین تأثیر نامانایی متغیرهای کلیدی مؤثر، بر توزیع مدارس در محلات شهر اردبیل می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، از تحلیل رگرسیون حداقل مربعات معمولی و رگرسیون وزنی جغرافیایی در نرم‌افزار «ArcGIS» استفاده شده است. رابطهٔ بین توزیع فضایی مدارس و توزیع فضایی جمعیت در شهر اردبیل، با رگرسیون حداقل مربعات معمولی انجام شده و با توجه به نتایج، متغیرهای کلیدی مؤثر در توزیع فضایی مدارس شناسایی شده‌اند. ضریب تأثیر هر کدام از متغیرهای کلیدی در توزیع مدارس، با هر دو نوع رگرسیون محاسبه شده و نقشه‌های به‌دست‌آمده از ضرایب مذکور، با توابع تحلیلی«GIS» مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش نشان می‌دهد که توزیع مدارس در شهر اردبیل از توزیع جمعیت پیروی نکرده بلکه عوامل فرهنگی، مذهبی و ورزشی دارای اثرات بیشتری در این توزیع بوده‌اند. به‌طوری‌که متغیر کاربری‌های فرهنگی و مذهبی در نواحی قدیم‌ساخت و سکونتگاههای غیر رسمی آن مانند سلمان‌آباد، میراشرف و کریم-آباد، بیشترین تأثیر و در نواحی و شهرک‌های جدیدالاحداث، کمترین تأثیر را بر توزیع فضایی مدارس داشته‌است. توزیع فضایی مدارس براساس متغیر ورزشی نیز نشان می‌دهد که محلات بعثت، ابوطالب و شهرک سبلان فاز ۲ بیشترین تأثیرپذیری را داشته‌اند. همچنین بیشترین عدم تناسب بین تراکم جمعیت و توزیع مدارس، در محلات مرکزی شهر دیده می‌شود که عمدتا در قلمرو جغرافیایی منطقهٔ یک شهرداری قرار دارند.

مقدمه

تعلیم‌وتربیت به‌عنوان فعالیتی عملی برای ارتقای کیفیت همه‌جانبهٔ انسان، تأثیر مهمی در توسعهٔ مستمر اقتصاد اجتماعی دارد. تضمین آموزش با کیفیت فراگیر و عادلانه یکی از اهداف توسعهٔ پایدار سازمان ملل متحد است و کمبود منابع و عدم تعادل در تخصیص منابع در آموزش پایه، همچنان از موانع اساسی برای دستیابی به این هدف است (Zhang et al.,2021:2). بخش آموزش، یکی از بخش‌های مهم در حوزهٔ توسعه شهری است که با رنسانس جوامع مرتبط است و با توسعهٔ ابعاد سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ارتباطی مستقیم دارد. خدمات آموزشی، اساس خدمات اجتماعی در شهر را تشکیل می‌دهد و توزیع جغرافیایی مدارس باید مطابق با جمعیت و ویژگی‌های مکانی باشد (Sebahi,2022: 2). در دهه‌های اخیر، رشد بیش‌ازحد جمعیت و افزایش شهرنشینی، در بسیاری از

۱- استادیار گروه جغرافیا برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول) taqi.masoumi@iau.ac.ir

کشورهای در حال توسعه، فشار زیادی را بر خدمات شهری وارد کرده است. در بسیاری از موارد، ظرفیت خدمات موجود نمی‌تواند پاسخگوی تقاضای فزایندۀ جمعیت باشد، به‌ویژه این‌که در صورت عدم برنامه‌ریزی قبلی برای این تعداد جمعیت و توزیع خدمات، مشکلات عدیده‌ای پدید خواهد آمد. این امر مستلزم مداخلۀ برنامه‌ریزان و تصمیم گیران برای انجام اقدامات لازم برای ارائۀ خدمات عمومی کارآمد و باکیفیت است که ساکنان به‌دنبال آن هستند (Saad,2023: 708). گسترش آموزش عمومی و فراهم‌آوردن امکانات آموزشی برای کلیۀ افراد اجتماع، یکی از مهم‌ترین وظایف دولت‌هااست (سلیمی‌سبحان و منصوری، ۱۳۹۹: ۴۴۶). آموزش رسمی، هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای در حال توسعه به‌دلیل سهمی که در توسعۀ اقتصادی و اجتماعی دارد، از اولویت برخوردار بوده است. با این حال، در کشورهای در حال توسعه، آموزش رسمی با چالش‌های بسیاری مواجه است که تدوین سیاست‌های مختلف را برای تسهیل دسترسی به آن ضروری می کند. در دهه‌های گذشته دسترسی و استفادۀ کامل از امکانات آموزشی، نه‌تنها برای ارتقای کیفیت آموزش بلکه برای ایجاد فرهنگ سازمانی برای توسعه و تصمیم‌گیری بهتر ضروری می‌نمود. اما موانع و چالش‌ها مانع از دسترسی به آن شده‌اند. مطالعات نشان‌می‌دهد که دسترسی به آموزش در همۀ سطوح به مردم کمک می کند تا به ابزارهایی برای غلبه بر محدودیت‌های توسعه مجهز شوند (Sumari, 2019: 3). آموزش با کیفیت یکی از مسائل مهم در کشورهای در حال توسعه است. از جمله عوامل آموزش، دسترسی و در دسترس‌بودن مدرسه است، زیرا دسترسی به آموزش رسمی با چشم‌انداز بهبود زندگی دانش آموزان مرتبط است(Sebahi,2022: 2). فضاهای آموزشی از جمله کاربری‌های استراتژیک شهری می باشند که بعضا به‌دلیل عدم توجه به شرایط مکانی، به‌صورت ناموزون به‌عنوان کاربری های غیرسازگار با کاربری آموزشی همجوار شده‌اند(علیرضایی و همکاران،۱۴۰۰: ۲۸). در سال‌های اخیر، نابرابری فضایی در توزیع مدارس و امکانات آن مانند: معلمان، دانش‌آموزان، تجهیزات و سایر مواد آموزشی به یکی از ویژگی‌های مهم در اکثر کشورهای در حال توسعه تبدیل شده‌است. توزیع نابرابر مدارس نه‌تنها بر دسترسی به آموزش تأثیر می‌گذارد، بلکه کیفیت آموزش را نیز پایین می‌آورد؛ بنابراین توزیع فضایی مناسب مدارس، شاخص اصلی دستیابی به عملکرد تحصیلی بالاتر در مدارس است که برای رشد یکنواخت دانش‌آموزان در جوامع مختلف برای توسعۀ بهینۀ سرمایۀ انسانی ضروری است. (Ewendu, & Olubor,2020: 69). درواقع توزیع متعادل مراکز خدماتی از جمله مراکز آموزشی به‌دلیل نقش تعیین‌کننده‌ای که در سطح دانش و رشد و اعتلای فرهنگ هر جامعه دارد، مهم‌تر جلوه می‌کند (پناهی و همکاران،۱۳۹۷: ۲۱). فضاهای آموزشی در زمرۀ کارکردهایی است که از اهمیت روزافزونی برخوردار است و با توجه به جوانی جمعیت کشورمان، لزوم تاسیس مدارس جدید و مکان‌یابی بهینه و مناسب آن‌ها بیشتر احساس می‌شود. درواقع خدمات آموزشی که توزیع فضایی آن به لحاظ تأثیر مستقیم در آسایش خانواده‌ها، کاهش هزینۀ سفرهای درون‌شهری، تناسب و انسجام فضاها، زیبایی شهر و ... از حساسیت زیادی برخوردار است و به‌طور عموم شهرهای ایران به‌دلیل رشد بی‌رویه و بدون برنامه، از این نظر دچار مسأله و مشکل هستند (مبارکی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۵۶).

پیشینهٔ تحقیق

در زمینهٔ پیشینهٔ تحقیق در موضوع پراکنش مدارس و مراکز آموزشی در ایران و سایر نقاط جهان، پژوهش‌هایی انجام یافته که به اختصار در ادامه به آن‌ها اشاره شده‌است: غضنفرپور و همکاران(۱۴۰۰)، در تحقیقی به بررسی وضعیت فضاهای آموزشی مدارس ناحیه ۲ کرمان با استفاده از نرم‌افزار «GIS» جهت تحلیل داده‌ها پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داده‌است که مدارس شهر کرمان در مقاطع مختلف، در سطح شهر کرمان از توزیع متعادلی برخوردار نیستند. سلیمی سبحان (۱۳۹۹)، با بررسی توزیع فضایی مراکز آموزشی و ساماندهی آن در شهر پیرانشهر براساس شاخص موران و مدل تحلیل شبکه، به این نتیجه رسیده‌است که این شهر از نظر سازگاری با سایر کاربری‌ها دارای مشکل می‌باشد. فصیحی (۱۳۹۸)، در تحقیقی به تحلیل توزیع فضایی و دسترسی به مدارس در منطقهٔ ۲۰ شهرداری تهران پرداخته‌است نتایج تحقیق نشان می‌دهد که توزیع فضایی مدارس ابتدایی و متوسطهٔ دورهٔ اول و دوم از الگوی نامطلوب خوشه‌ای تبعیت داشته و کاملا نامتوازن بوده است. پرویزیان و همکاران (۱۳۹۷)، در تحقیقی به آسیب‌شناسی پراکنش فضایی مدارس ابتدایی با استفاده از «GIS» در منطقهٔ ۳ اهواز پرداخته‌اند. نتیجه این تحقیق نشان داده‌است که نحوهٔ دسترسی فضایی خانوارها به خدمات آموزشی، در چگونگی پراکندگی مدارس در این شهر مؤثر بوده‌است، همچنین دیگر نتایج این تحقیق نشان‌می‌دهد که مدارس مقطع ابتدایی منطقهٔ ۳ اهواز، از نظر توزیع فضایی در وضعیت نسبتا مناسبی قراردارند. Hussein & Mohameed (2020) در پژوهشی به تحلیل فضایی مدارس منطقهٔ الجهاد اسکاتر بغداد با استفاده از سیستم اطلاعاتی «GIS» پرداخته است. Okan (2012) در پژوهشی، نقش سیستم اطلاعات جغرافیای در آموزش‌وپرورش را مورد مطالعه قرار داده‌است. هدف اصلی این پژوهش، استفاده از تکنولوژی «Web GIS» به‌منظور تحلیل موقعیت جغرافیایی مدارس تفلیس بوده‌است. در نتیجهٔ تحقیق نیز با استفاده از نقشه به تجزیه‌وتحلیل‌های مکانی مدارس و نمایش بصری آن پرداخته شده‌است. بااین حال هدف از این پژوهش بررسی نامانایی فضایی اثرگذاری متغیرهای کلیدی مؤثر بر توزیع مکانی مدارس با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی در شهر اردبیل می‌باشد. شهر اردبیل در طول دهه‌های اخیر به‌واسطهٔ مهاجرپذیر بودن از شهرهای داخلی استان، افزایش جمعیت قابل توجهی داشته است. به همین خاطر، نحوهٔ توزیع مدارس در سطح مناطق شهری با توجه به ایجاد بافت جدید و شهرک‌های مسکونی متعدد، جزء مسائل مهم شهر اردبیل می‌باشد که باعث ایجاد مشکلات عدیده‌ای در سطح شهر برای شهروندان و خود شهر شده‌است.

مبانی نظری

«عدالت»، به‌معنای امکان دست‌یابی همهٔ افراد به حقوقشان و فراهم‌کردن فرصت‌های برابر مطابق با نیازهای خاص هر فرد است. یکی از انواع عدالت آموزشی، عدالت توزیعی است، عدالت توزیعی به معنی توزیع برابر امکانات اولیهٔ اجتماعی برای همه قلمداد می‌شود. به‌عبارت دیگر، عدالت توزیعی بدین معنی است که حکومت باید در توزیع منابع و خدمات آموزشی عدالت و انصاف را رعایت کند. از مفهوم عدالت به روشنی می‌توان دریافت، عدالت مجری می‌خواهد و نیاز به مدیریت دارد. مدیریت دارای اصولی است که اهم این اصول عبارت‌از: سازماندهی، برنامه‌ریزی، نظارت و رهبری است؛ از این‌رو برای تحقق عدالت، بخش اجرای آن مهم است که به مدیریت مدیران برمی‌گردد. در مراکز آموزشی و مدارس نیز، سیاست و عملکرد مدیران آموزشی می‌تواند عدالت اجتماعی را شکل دهد (قریشی خوراسگانی و همکاران،۱۴۰۰، ۲۶۸). خدمات آموزشی از مهمترین خدمات و تسهیلات شهری محسوب می‌شوند که

توزیع فضایی آن به لحاظ تأثیر مستقیم در آسایش خانواده‌ها، کاهش هزینه سفرهای درون‌شهری، تناسب و انسجام فضاها، زیبایی شهر و ... از حساسیت زیادی برخوردار است. کاربری‌های آموزشی از یک طرف به‌دلیل مجاورت با کاربری‌های نامتجانس و ناسازگار و از طرف دیگر پایین‌بودن ظرفیت فضاهای آموزشی از لحاظ فضای باز، زیربنا، کلاس درس و همچنین به‌دلیل توزیع نامناسب فضایی در سطح شهر بهره‌وری بهینه را نخواهد داشت (پورمحمدی، ۱۳۹۰: ۵۲)؛ بنابراین توجه به برنامه‌ریزی برای مکان‌یابی بهینهٔ واحدهای آموزشی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و این امر نیازمند کسب اطلاعات دقیق از منطقه می‌باشد تا با انتخاب روش‌های مناسب، کارایی واحد آموزشی بالا رفته و از اتلاف وقت و صرف هزینه‌های زیاد و اتخاذ تصمیمات نادرست جلوگیری شود و بدیهی است این امر باعث تحقق عدالت اجتماعی و فضایی و کاهش مشکلات خواهد شد (مومنی و همکاران، ۱۳۹۴، ۹۰). در این راستا، استفاده از مدل‌های کمی در حوزهٔ مطالعات شهری، در دهه‌های اخیر رواج بیشتری یافته که در نهایت منجر به شکل‌گیری مدل‌های مکانی گردیده‌است. از رایج‌ترین روش‌ها در حوزهٔ مدل‌های مکانی، مدل‌های رگرسیونی است که امکان بررسی و مدل‌سازی روابط فضایی را فراهم کرده و زمینه را برای درک بهتر و پیش‌بینی عواملی که در پس الگوهای فضایی قرار دارند، فراهم می‌آورد.

مدل حداقل مربعات معمولی

به‌منظور درک ارتباطات بین متغیرهای مختلف فضایی، از روش‌های تحلیل رگرسیونی جهانی مانند تحلیل‌های حداقل مربعات معمولی بهره گرفته می‌شود و در بسیاری از مطالعات، اساس ارتباط بین متغیرهای پاسخ برای متغیر پیش‌بینی شونده است (Montgomery et al., 2001: 64). مسالهٔ مهمی که در داده‌های فضایی وجود دارد این است که الگوهای رگرسیونی معمولی برای دو متغیر مستقل و وابسته فضایی تنها متوسطی از داده‌های غیر فضایی را ارائه‌می‌دهد؛ بنابراین قادر نخواهند بود همبستگی‌های فضایی بین متغیرها را بیان کنند و اغلب در نشان‌دادن واقعیات ارتباطات مختلف فضایی ناتوان هستند (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۶: ۹۶). این روش که به «فردریک گوس» نسبت داده‌می‌شود، با داشتن ویژگی‌های آماری مهم، یکی از قوی‌ترین روش‌های تحلیل رگرسیونی را ایجاد نموده است. روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی از اولین روش‌های متداول در حوزهٔ مدل‌های مکانی می‌باشد. رگرسیون حداقل مربعات معمولی «OLS» یک روش رگرسیون جهانی است (محاسبات را در کل لایه انجام می‌دهد) در این روش فرض بر این است که ناهمسانی فضایی بین مشاهدات برقرار نمی‌باشد؛ بنابراین ملاحظه می‌شود در داده‌ها و مشاهداتی که با جزء مکانی مواجه می‌باشند، استفاده از روش‌های مرسوم و متداول رگرسیونی نظیر حداقل مربعات معمولی چندان مناسب نبوده و به‌کارگیری این روش‌ها منجر به تورش پارامترهای مدل می شود (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۶۳).

مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی

از آن‌جایی که مدل‌های رگرسیون سنتی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های فضایی نمی‌توانند با دقت مناسب توزیع فضایی را شبیه‌سازی کنند (رهنما و همکاران،۱۳۹۳: ۷۴)؛ بنابراین در این زمینه محققان زیادی به‌منظور رفع ابهامات الگوهای آماری جهانی همانند حداقل مربعات معمولی تلاش کرده‌اند و روش‌های محلی‌تری همانند رگرسیون خطی و رگرسیون لاوس را توسعه داده‌اند اما اینها نیز تکنیک‌های غیر فضایی بودند و روش کارا برای

ارائهٔ واقعیات فضایی نیستند (شمشیری و همکاران، ۱۳۹۶: ۹۶). برای همین در سال‌های بعد روشی جدید برای ارتباطات مختلف فضایی به نام رگرسیون وزنی جغرافیایی ارائه گردید که یک روش محلی، مکانی بوده و اجازه می‌دهد روابط مدل‌سازی‌شده در زیرمنطقه‌های، منطقه مورد مطالعه متفاوت باشد. این روش توسط براندسون، فودرینگهام و کارلتون به‌عنوان یکی از روش‌های نوین رگرسیونی مطرح شده‌است (Brunsdon et al, 1996: 281). روش رگرسیون وزنی جغرافیایی یکی از رهیافت‌های نوین در تحلیل داده‌های مکانی است. این روش با در نظر گرفتن وابستگی فضایی و ناهمسانی فضایی در بین داده‌ها و درنهایت نقشه‌هایی که از نتایج مدل‌سازی ارائه می‌دهد در تجزیه‌وتحلیل نهایی نقش مؤثری دارد. منطق سادهٔ به‌کارگیری مدل‌های مکانی و فضایی و همچنین روش رگرسیون وزنی جغرافیایی درواقع پیروی از قانون اول جغرافیا است که بیان می‌کند، هر عاملی مانند نیروهای جاذبهٔ جمعیت، نیروی کار، نیروی سرمایه و ... به متغیر دیگری مربوط است ولی مشاهدات نزدیکتر از مشاهدات دورتر بیشتر به یکدیگر مربوط می‌شوند (کسرایی، ۱۳۸۵: ۳۰).

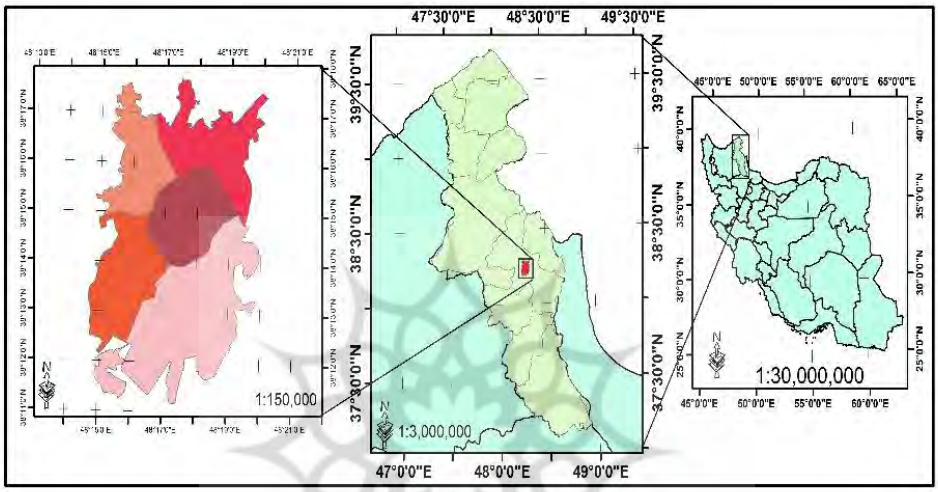
روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر، از نظر هدف از نوع تحقیقات کاربردی و از لحاظ روش از نوع تحقیقات همبستگی یا همخوانی است. هدف تحقیق حاضر بررسی رابطه بین توزیع فضایی مدارس در شهر اردبیل (به‌عنوان متغیر وابسته) با توزیع فضایی متغیرهای احتمالی مؤثر بر توزیع متغیر وابسته مذکور می‌باشد. برای نیل به این هدف، از تحلیل رگرسیون حداقل مربعات معمولی و رگرسیون وزنی جغرافیایی در نرم‌افزار «ArcGIS» استفاده شده‌است چرا که تحلیل رگرسیون امکان مدل‌سازی، بررسی و توضیح ارتباطات فضایی را فراهم می‌آورد و به درک عوامل به‌وجودآورندهٔ الگوهای فضایی و پیش‌بینی مبتنی بر درک مذکور کمک می‌نماید. در مرحلهٔ اول، برای بررسی فرضیهٔ تحقیق مبنی بر وجود رابطه بین توزیع فضایی مدارس و توزیع فضایی جمعیت در شهر اردبیل، رابطهٔ بین توزیع فضایی مدارس و توزیع فضایی جمعیت (تراکم جمعیت) در شهر با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات معمولی بررسی شده و با توجه به نتایج حاصل از آن، متغیرهای کلیدی مؤثر در توزیع فضایی مدارس شناسایی شد. سپس رابطهٔ بین توزیع فضایی متغیرهای تبیینی شناسایی شده و توزیع فضایی مدارس با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات معمولی و رگرسیون وزنی جغرافیایی بررسی و ضریب تأثیر هر کدام از متغیرهای کلیدی در توزیع مدارس محاسبه گردید. در نهایت نقشه‌های به‌دست‌آمده از این ضرایب، مورد تحلیل قرار گرفت. موقعیت مکانی ۴۲۱ مدرسه (در مقاطع ابتدایی، متوسطهٔ اول، متوسطهٔ دوم و هنرستان) در شهراردبیل از نقشهٔ کاربری اراضی شهر اردبیل استخراج و لایهٔ پلیگونی مربوط به آن‌ها با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌صورت لایهٔ نقطه‌ای ذخیره شده‌است. نقشهٔ مرز و محدودهٔ محلات شهر با لایهٔ نقطه‌ای تولیدشده هم‌پوشانی شده و توزیع مدارس در محلات مشخص شده‌است (شکل ۳ سمت راست).

محدودهٔ مورد مطالعه

شهر اردبیل، به‌عنوان مرکز استان اردبیل (شکل ۱) در سال ۱۳۹۵ دارای ۶۲۸۹۰ هکتار مساحت و ۵۲۵۷۰۲ نفر جمعیت بوده‌است. بررسی روند شهرنشینی شهر اردبیل نشان‌می‌دهد که جمعیت شهرنشین طی سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. علاوه بر این، رشد فیزیکی شهر اردبیل در مرحلهٔ غیر ارگانیک بسیار سریع‌تر از

رشد جمعیت و نیازهای واقعی شهر بوده و شهر را دچار گسترش افقی بی‌رویه‌ای ساخته است. نتایج حاصل از رشد جمعیت در شهر اردبیل نشان می‌دهد که این شهر، نسبت به سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ رشد جمعیتی ۸ برابری را تجربه کرده‌است (جمعیت سال ۱۳۳۵ شهر اردبیل برابر با ۶۵۷۶۲ نفر) این در حالی‌است که این شهر نسبت به دورهٔ ابتدایی سرشماری سال ۱۳۳۵ (وسعت سال ۱۳۳۵ کمتر از ۸۰۰ هکتار) رشد فیزیکی ۹/۶ برابری را داشته‌است (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۵۵).



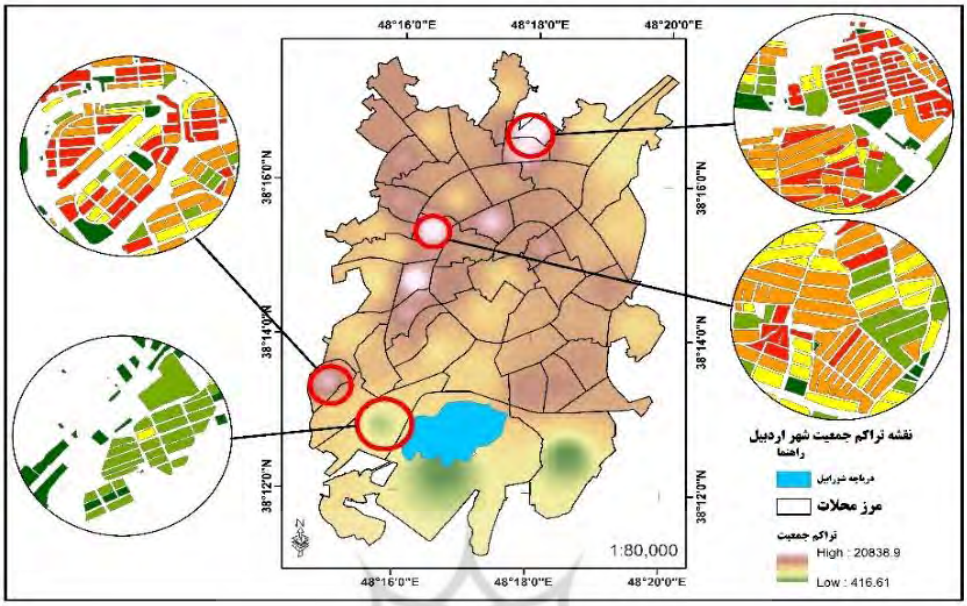
شکل ۱. نقشهٔ محدودهٔ مورد مطالعه

(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

بحث و یافته‌ها

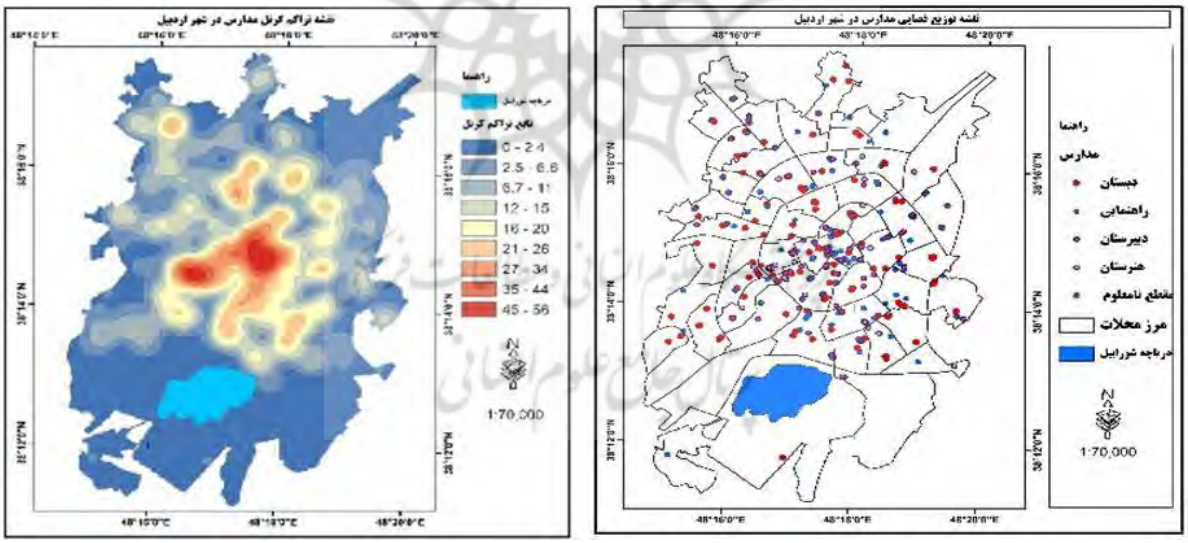
اجرای رگرسیون حداقل مربعات معمولی «OLS»

برای بررسی فرضیهٔ اول تحقیق مبنی بر وجود رابطه بین توزیع فضایی مدارس و توزیع فضایی جمعیت در شهر اردبیل، تراکم جمعیت در محلات شهر با استفاده از داده‌های جمعیتی بلوک‌های سرشماری محاسبه و نقشهٔ تراکم جمعیت تهیه گردید(شکل۲)، سپس با استفاده از تابع تراکم کرنل، توزیع فضایی مدارس به لایهٔ رستری تبدیل شد (به ترتیب شکل ۲ و شکل ۳).



شکل ۲. تابع تراکم کرنل پراکنش جمعیت در شهر اردبیل و مطابقت آن با اطلاعات بلوک‌های سرشماری

(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

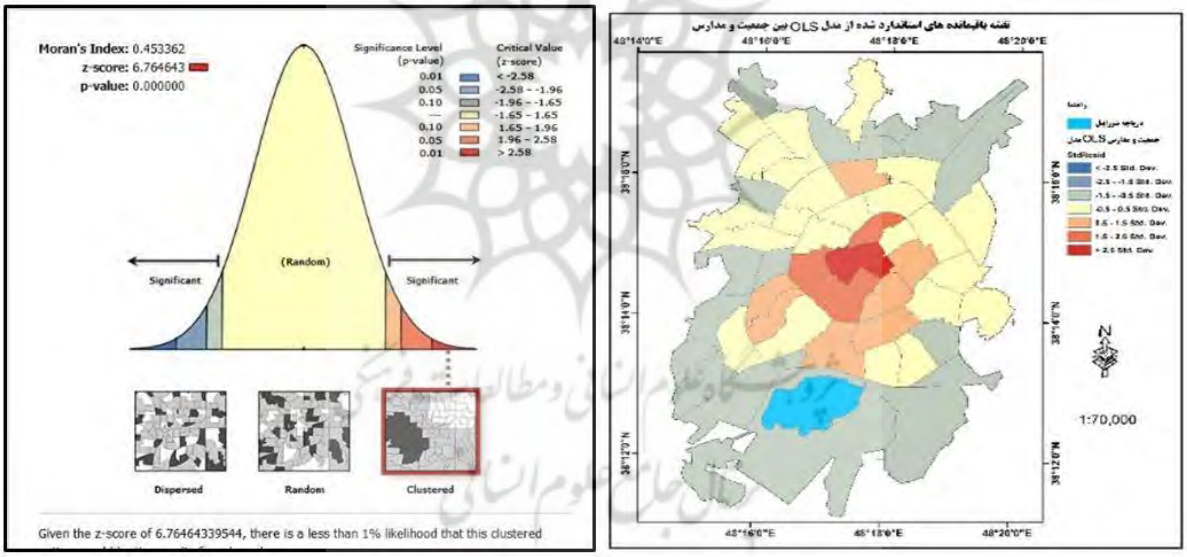


شکل ۳ . توزیع فضایی مدارس در محلات شهر (سمت راست)، تابع تراکم کرنل توزیع فضایی مدارس(سمت چپ)

(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

عدد رقومی پیکسل‌های لایهٔ رستری تراکم کرنل مدارس شهر استخراج و به یک لایهٔ وکتوری تبدیل شد. درواقع به تعداد پیکسل‌های لایهٔ رستری تراکم کرنل مدارس (۶۹۸۸۴ پیکسل) نقطهٔ استخراج و عدد رقومی تراکم کرنل مدارس برای آن‌ها ثبت گردید. سپس میزان تراکم جمعیت برای این نقاط نیز استخراج و ثبت گردیدند. به زبان ساده، لایهٔ نقطه‌ای با دو فیلد عددی (یک فیلد برای متغیر وابسته و یک فیلد برای متغیرهای مستقل) تولید گردید. با توجه به سطح تحلیل این مطالعه که در مقیاس محلات شهری می‌باشد، اطلاعات استخراج‌شده به لایهٔ وکتوری

محلات منتقل و میانگین مقادیر نقاط واقع در محدودهٔ محلات برای هرکدام از متغیرها محاسبه و به‌عنوان نمایندهٔ مقادیر متغیرها در محلات شهر برای محاسبات بعدی و ورود به مدل‌های «OLS» و «GWR» به‌کار گرفته شد. لایهٔ وکتوری محلات با داشتن اطلاعات مربوط به متغیرهای مستقل و وابسته برای محاسبهٔ رگرسیون حداقل مربعات «OLS» به‌کار گرفته شده است. در این مرحله، تراکم جمعیت به‌عنوان متغیر مستقل و تراکم کرنل مدارس به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده و مدل «OLS» اجرا شد. نقشهٔ باقیمانده‌های استاندارد حاصل از اجرای مدل با این دو متغیر، در شکل۴(سمت راست) دیده می‌شود. از شاخص موران برای بررسی توزیع فضایی باقیمانده‌های استاندارد حاصل از مدل به‌کار رفته استفاده شده و خروجی گرافیکی شاخص موران (شکل۴ سمت چپ) نشان‌می‌دهد باقیمانده‌های استاندارد تشکیل خوشه داده‌اند؛ بنابراین مدل متغیرهای کلیدی مؤثر بر توزیع مدارس را از دست داده و گزارش جدولی مدل نیز نشان می‌دهد تراکم جمعیت تنها ۵/۵ درصد داستان توزیع فضایی مدارس در شهر را توضیح می‌دهد. این نتیجه نشان‌می‌دهد که تراکم جمعیت نمی‌تواند به تنهایی به‌عنوان عامل مؤثر در تراکم کرنل مدارس شناخته شود (عدم تأیید فرضیهٔ اول تحقیق)؛ بنابراین لازم است عوامل کلیدی مؤثر بر موضوع شناخته شود.



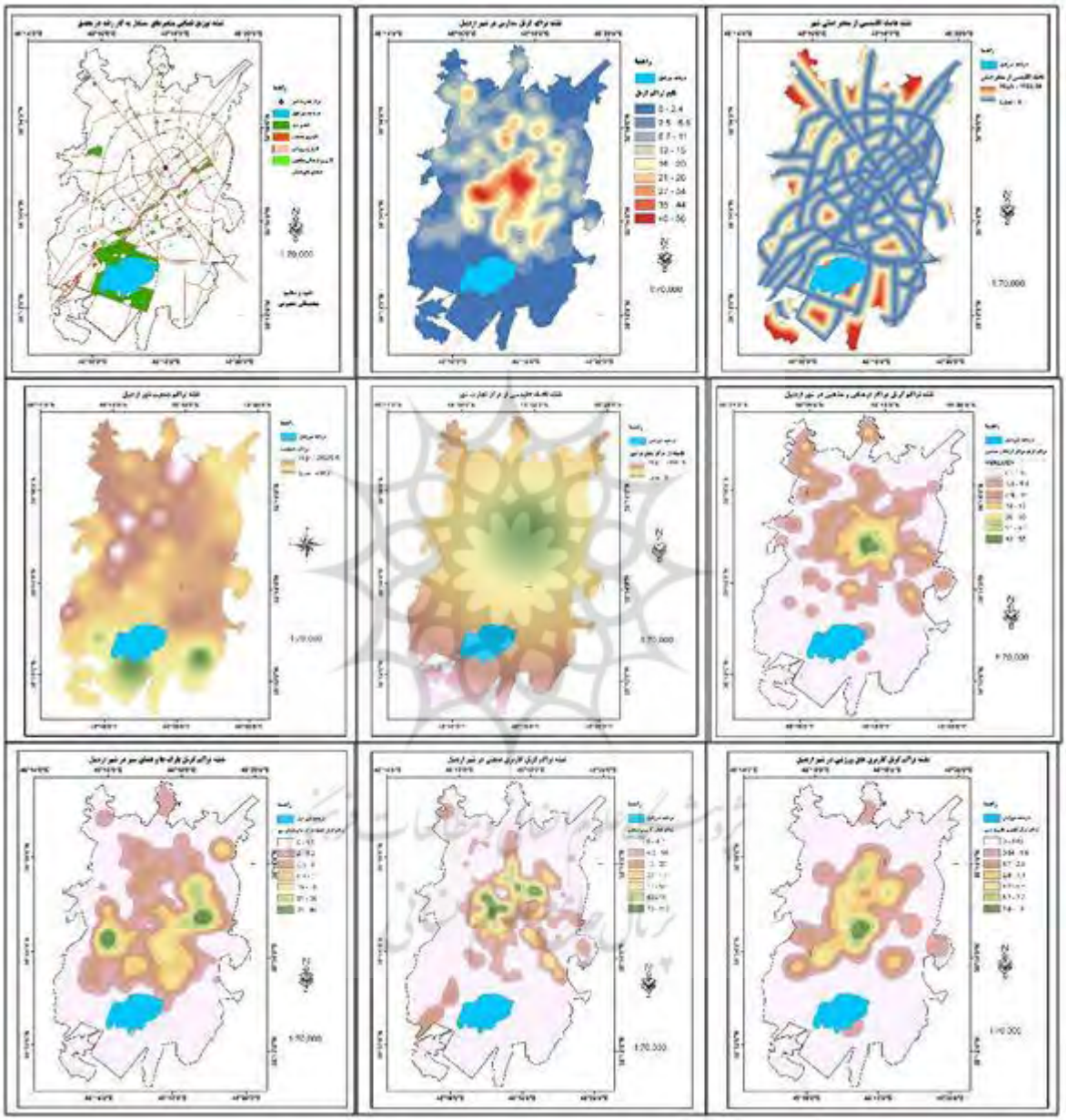
شکل ۴. نقشهٔ باقیمانده‌های مدل رگرسیون حداقل مربعات (OLS) بین جمعیت و تراکم کرنل مدارس (سمت راست)، نمودار خودهمبستگی فضایی باقیمانده‌های استاندارد مدل (سمت چپ)

(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

شناسایی متغیرهای کلیدی و مدل مناسب برای تحلیل

با توجه به خروجی مدل «OLS» با دو متغیر توزیع مدارس و توزیع جمعیت، موقعیت مکانی هفت متغیر، فاصله از خیابان‌های اصلی شهر، فاصله از مرکز تجارت شهر، فاصله از مراکز فرهنگی–مذهبی، فاصله از مراکز ورزشی، فاصله از کاربری‌های صنعتی، فاصله از فضای سبز و تراکم جمعیت به‌عنوان متغیرهای مستقل احتمالا مؤثر بر توزیع فضایی مدارس در شهر بررسی و از نقشهٔ کاربری اراضی شهر استخراج گردید. توزیع فضایی متغیرهای مذکور به-

صورت لایه‌های نقطه‌ای ذخیره و با استفاده از تابع تراکم کرنل و فاصله اقلیدسی، سطوح پیوسته مربوط بـه آن‌هـا و همچنین متغیر وابسته محاسبه گردید (شکل ۵).

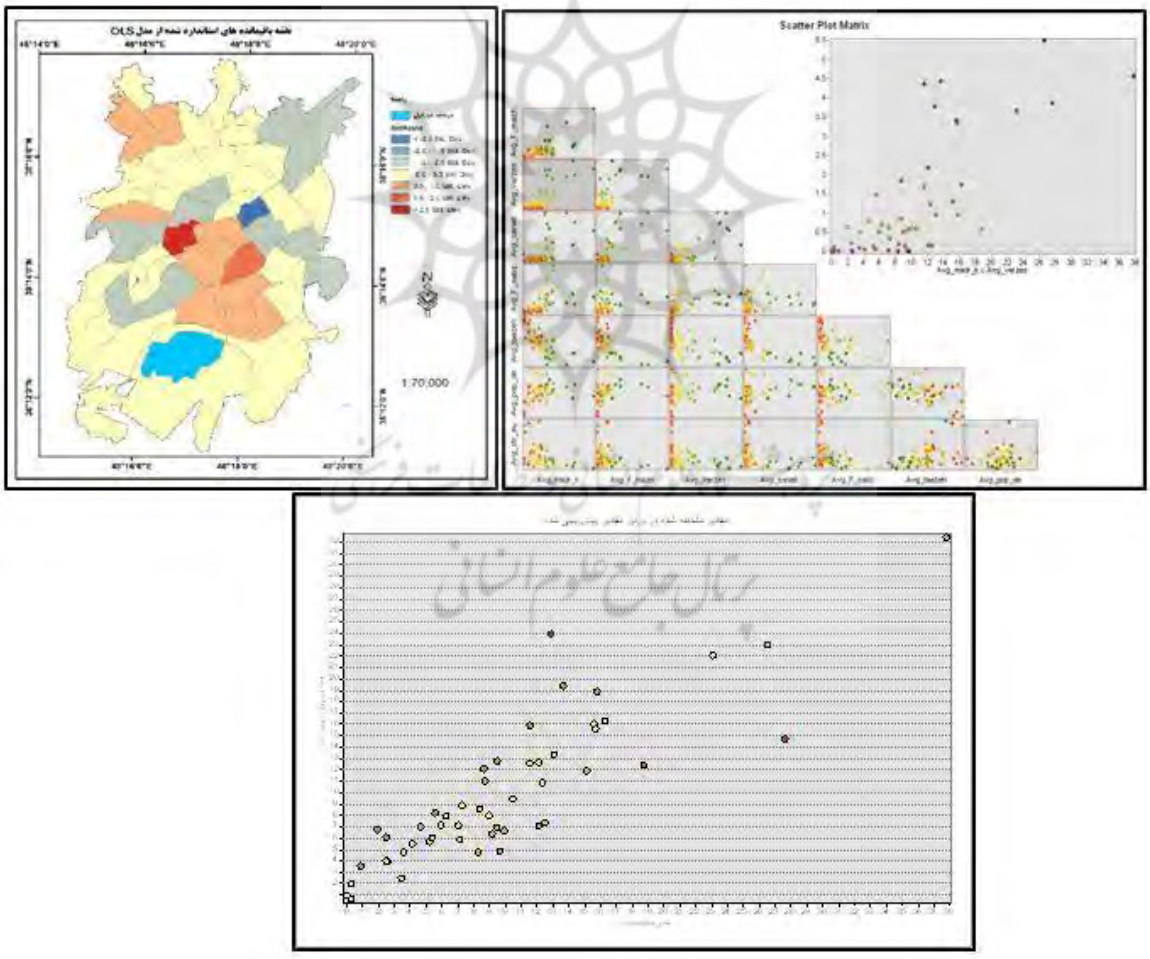


شکل ۵. (از بالا به پایین و از چپ به راست): نقشهٔ توزیع فضایی متغیرهای مستقل در سطح شهر، نقشهٔ تراکم کرنل مدارس در شهر، نقشهٔ فاصله اقلیدسی از معابر اصلی شهر، نقشهٔ تراکم جمعیت شهر، نقشهٔ فاصله اقلیدسی از مرکز تجارت شهر، نقشهٔ تراکم کرنل مراکز فرهنگی و مذهبی، نقشهٔ تراکم کرنل پارک‌ها و فضای سبز، نقشهٔ تراکم کرنل کاربری‌های صنعتی، نقشهٔ تراکم کرنل مراکز ورزشی
(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

عدد رقومی پیکسل‌های لایهٔ رستری تراکم کرنل مدارس شهر استخراج و به یک لایهٔ وکتوری تبدیل‌شد. درواقـع بـه تعداد پیکسل‌های لایهٔ رستری تراکم کرنل مدارس(۶۹۸۸۴ پیکسل)، نقطهٔ اسـتخراج و عـدد رقـومی تـراکم کرنـل مدارس برای آن‌ها ثبت گردید. سپس میزان تراکم جمعیت، فاصله از معابر اصلی، فاصله از مرکز تجارت شهر، تـراکم

کرنل فضای سبز، تراکم کرنل مراکز فرهنگی و مذهبی، تراکم کرنل مراکز ورزشی، تراکم کرنل کاربری‌های صنعتی برای این نقاط نیز استخراج و ثبت گردیدند. به زبان ساده، لایهٔ نقطه‌ای با هشت فیلد عددی (یک فیلد برای متغیر وابسته و هفت فیلد برای متغیرهای مستقل) تولید گردید.

برای بررسی رابطهٔ تراکم کرنل مدارس با عواملی احتمالی مؤثر بر توزیع تابع کرنل مدارس، از نمودار ماتریس پراکندگی استفاده شده است (شکل ۶ بالا راست). در این نمودار، تراکم کرنل مدارس شهر اردبیل به‌عنوان متغیر وابسته و تراکم جمعیت، فاصله از مرکز تجارت شهر، فاصله از معابر اصلی، تراکم کرنل کاربری‌های صنعتی، تراکم کرنل مراکز ورزشی، تراکم کرنل پارک‌ها و فضاهای سبز شهری و تراکم کرنل مراکز فرهنگی و مذهبی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند و رابطهٔ متغیر وابسته با تک‌تک متغیرهای مستقل در آن قابل بررسی است. خروجی حاصل از مدل به دو شکل نقشه باقیمانده‌های استاندارد رگرسیون حداقل مربعات (شکل ۶ بالا چپ) و گزارش متنی است که در ادامه یافته‌های حاصل از اجرای مدل ارائه شده‌است.

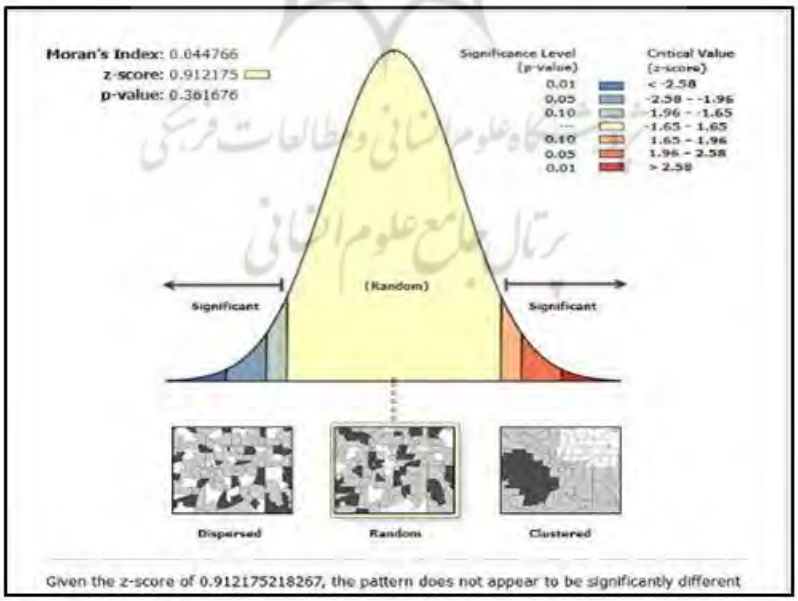


شکل ۶. نمودار ماتریس پراکندگی نشان‌دهندهٔ رابطه تراکم کرنل مدارس با هفت متغیر مستقل احتمالی مؤثر بر توزیع مدارس (سمت راست بالا) و نقشهٔ باقیمانده‌های مدل رگرسیون حداقل مربعات (OLS) بین تراکم کرنل مدارس وهفت متغیر مستقل (سمت چپ بالا) و و نمودار پراکنش مقادیر مشاهده‌شدهٔ تراکم کرنل مدارس در برابر مقادیر پیش‌بینی شده (پایین)

(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

خروجی پیش‌فرض «OLS» (شکل۶ بالا چپ) نقشه‌ای است که به ما نشان می‌دهد مدل چقدر خوب عمل کرده‌است. نواحی قرمز، نواحی با مقادیر کمتر پیش‌بینی شده هستند (جایی که تعداد واقعی مدارس، بیشتر از تعداد پیش‌بینی شده توسط مدل است). مناطق آبی نواحی با مقادیر بیشتر پیش‌بینی شده هستند (جایی که تعداد واقعی مدارس، کمتر از تعداد پیش‌بینی شده توسط مدل است). هنگامی که یک مدل به خوبی عمل می‌کند، پیش‌بینی‌های بیش‌ازحد یا کمتراز حد منعکس‌کنندۀ توزیع تصادفی است و هیچ ساختاری (خوشه‌بندی) در پیش‌بینی‌های بیش‌ازحد یا کمترازحد دیده نمی‌شود. وقتی پیش‌بینی‌های بیش‌ازحد (آبی) و کمترازحد (قرمز) از نظر فضایی با هم خوشه می‌شوند، به این معناست که مدل، یک یا چند متغیر توضیحی کلیدی را از دست داده‌است. به‌عبارتی هر زمان پیش‌بینی‌های بیش‌ازحد یا کمترازحد دارای ساختاری باشند (خوشه‌ای یا پراکنده)، به این معناست که مدل متغیرهای توضیحی کلیدی را از دست داده و نمی‌توان به نتایج اعتماد داشت.

وقتی خودهمبستگی فضایی روی باقیمانده‌های استانداردشده اجرا می‌شود و الگوی تصادفی به‌دست‌می‌آید (نظیر آن‌چه که در مورد مدل با هفت متغیر به‌دست‌آمده) به معنی درست‌بودن مسیر طی‌شده برای اجرای مدل است. بررسی میزان خود همبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران روی نقشۀ خروجی حاصل از اجرای مدل «OLS» با هفت متغیر مستقل، نشان‌دهندۀ توزیع تصادفی باقیمانده‌های استانداردشده هستند (شکل۷). علاوه براین ابزار «OLS» خروجی عددی هم تولید می‌کند. مقدار «Adjusted R-Squared» به‌دست‌آمده از مدل «OLS» برابر ۰/۷۲ است. این نشان می‌دهد که با استفاده از هفت متغیر مستقل به‌کار رفته در تحقیق، مدل، ۷۲ درصد از داستان تراکم کرنل مدارس را توضیح می‌دهد. نمودار پراکنش مقادیر مشاهده‌شده و مقادیر پیش‌بینی شده نیز موقعیت محلات را از نظر برخورداری از مدارس به خوبی نشان می‌دهد (شکل ۶پایین)



شکل ۷. خودهمبستگی فضایی باقیمانده‌های استانداردشده مدل «OLS» با هفت متغیر مستقل و دارای الگوی تصادفی

(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

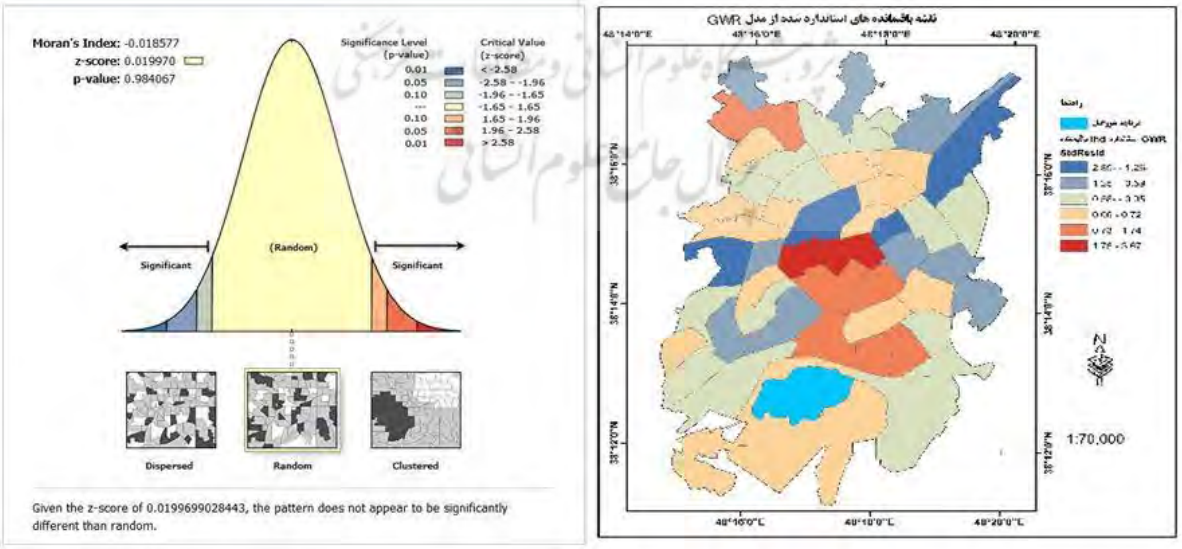
جدول۱. خلاصهٔ نتایج اجرای رگرسیون «OLS» با هفت متغیر مستقل به‌کار رفته در تحقیق و متغیر وابستهٔ تراکم کرنل مدارس در اردبیل

متغیر	مفسر	تراکم کرنل مراکز فرهنگی و مذهبی	تراکم کرنل مراکز ورزشی	تراکم کرنل کاربری‌های صنعتی	تراکم کرنل پارک‌ها و فضای سبز	فاصله از مرکز تجارت شهر	تراکم کرنل تراکم جمعیت	فاصله از معابر اصلی
ضریب	۷/۵۸۶	۰/۴۹۶	۲/۴۷۳	-۰/۱۵	۰/۲۱۳	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۴

(منبع: نویسنده، ۱۴۰۳)

اجرای مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی

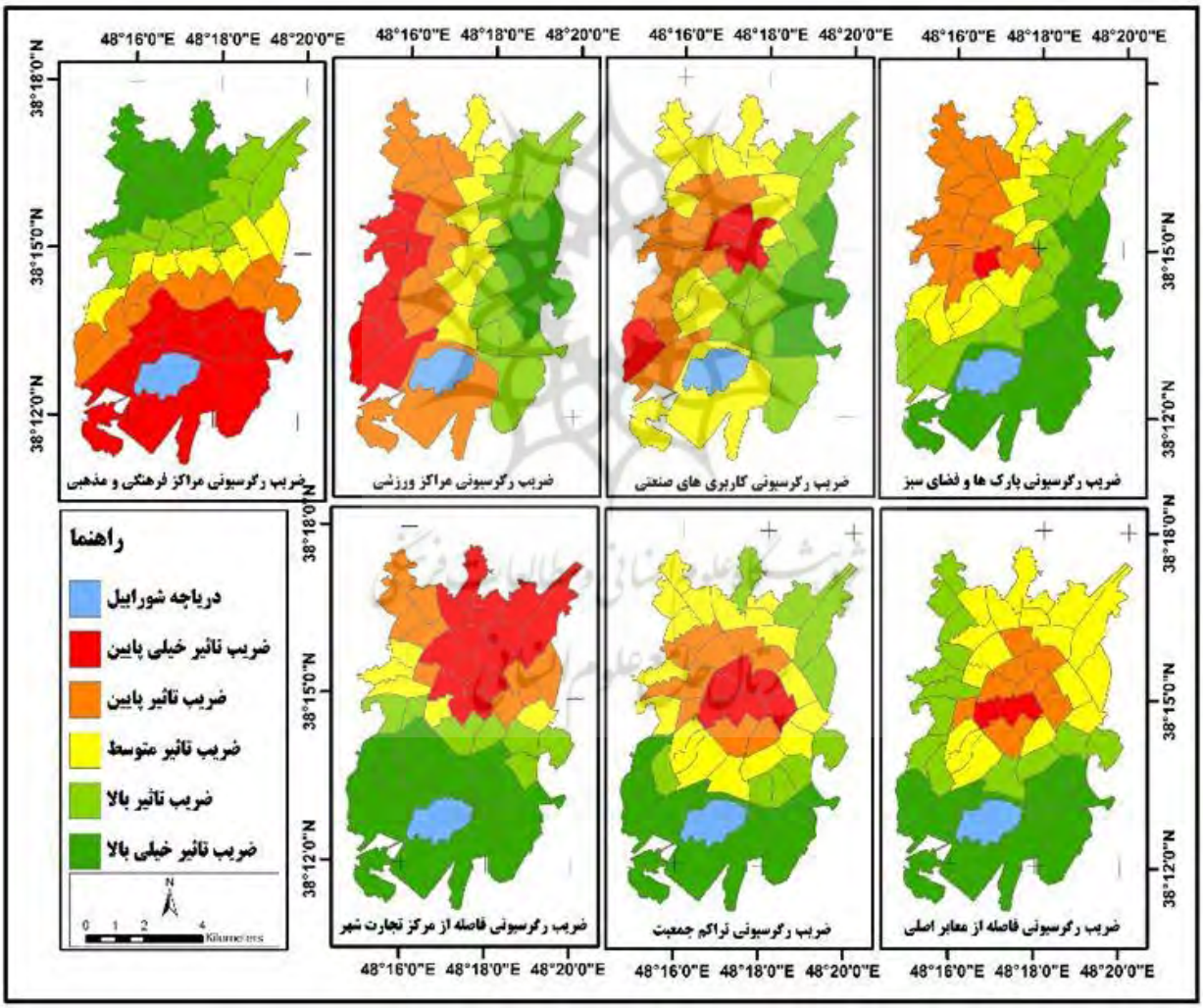
زمانی که در رگرسیون حداقل مربعات معمولی«OLS» تست کوئینکر از نظر آماری معنی‌دار باشد(در این تحقیق میزان این تست ۰/۳۹۷ و از نظر آماری نیز معنادار است)، به این معناست که رابطهٔ برخی یا همه متغیرهای تبیینی با متغیر وابسته غیرثابت است. به زبان ساده، یعنی یک متغیر تبیینی مشخص مثل تراکم جمعیت ممکن است در برخی مکان‌ها یک پیش‌بینی کنندهٔ قوی تراکم مراکز مدارس باشد و در برخی مکان‌ها به‌عنوان پیش‌بینی کنندهٔ ضعیف آن. معناداربودن تست کوئینکر به این معناست که ممکن است بتوان نتایج را با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی بهبود بخشید. وقتی محقق با استفاده از مدل «OLS» متغیرهای تبیینی را شناسایی نمود، اجرای مدل «GWR» ساده‌تر می‌شود و در اغلب موارد مدل «GWR» همان متغییرهای تبیینی و وابستهٔ به‌کار رفته در مدل «OLS» را مورد استفاده قرار می‌دهد. دراین تحقیق مدل وزنی جغرافیایی با همان متغیرهای تبیینی و وابسته که در مدل «OLS» به‌کار رفته بودند اجرا شد و نقشهٔ باقیمانده‌های استاندارد آن در شکل ۸ سمت راست ارائه شده-است.



شکل ۸ . نقشهٔ باقیمانده‌های مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) بین تراکم کرنل مدارس و هفت متغیر مستقل (سمت راست) و خود همبستگی فضایی باقیمانده های استاندارد شده مدل (GWR) با هفت متغیر مستقل و دارای الگوی تصادفی (سمت چپ)

(منبع نویسنده، ۱۴۰۳)

همان‌طوری‌که در شکل ۸ سمت راست دیده می‌شود، باقیمانده‌های استاندارد مدل «GWR»از توزیع پراکنده‌تری نسبت به خروجی مدل «OLS» برخوردارند و میزان «Adjusted R-Squared» حاصل از اجرای مدل «GWR» برابر ۷۸٪ می‌باشد. برای درک بهتر پراکنده‌بودن الگوی توزیع باقیمانده‌های استانداردشدهٔ حاصل از اجرای مدل «GWR» خودهمبستگی فضایی باقی‌مانده‌ها محاسبه‌گردید که پراکندگی توزیع الگوی توزیع باقیمانده‌های استاندارد در آن به وضوح قابل مشاهده است (شکل ۸ سمت چپ). محاسبه‌شدن ضریب تأثیر تک‌تک متغیرهای تبیینی در توزیع متغیر وابسته، یکی از خروجی‌های مفید رگرسیون وزنی جغرافیایی می‌باشد. ضرایب متغیرهای مستقل، با استفاده از نرم‌افزار «ArcGIS» به نقشه تبدیل‌شده و نقشهٔ حاصله اطلاعات جالب توجهی را به تفکیک محلات شهر نشان‌می‌دهد(شکل ۹).



شکل ۹ . نقشهٔ توزیع فضایی ضرایب رگرسیونی متغیرهای‌مستقل با متغیر وابسته‌تراکم کرنل مدارس حاصل از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی

(منبع نویسنده، ۱۴۰۳)

نتیجه‌گیری

مکان‌گزینی مراکز آموزشی، فرآیندی است که نیاز به دید سیستمی دارد و مکان‌یابی این مراکز باید به‌صورت جزئی از یک کل و در ارتباط متقابل آن با سایر اجزا بررسی شود. در جهت افزایش کارایی این مراکز، توجه به نحوهٔ پراکنش و ساماندهی و توزیع مناسب فضاهای آموزشی ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق فوق، لزوم سازماندهی مراکز آموزشی در سطح شهر اردبیل ضروری به نظر می‌رسد. هدف این تحقیق بررسی و شناسایی متغیرهای کلیدی مؤثر بر توزیع فضایی مراکز آموزشی در شهر اردبیل بوده‌است. براساس نتایج تحقیق مشخص گردید که خیابان امام در شهر اردبیل در جهت جنوب غربی–شمال شرقی، شهر اردبیل را به دو قسمت تقسیم کرده است. بررسی نقشهٔ تراکم جمعیت در شهر نیز نشان‌می‌دهد که شهر اردبیل از لحاظ تراکم جمعیت نیز به دو قسمت عمده تقسیم شده است (با صرف‌نظر از جزئیات). مناطقی از شهر که در شمال غربی خیابان مذکور واقع شده‌اند از تراکم بیشتری در مقایسه با نواحی واقع در جنوب شرقی خیابان مذکور برخوردار هستند. انتظار اولیه این بود که توزیع مدارس به میزان بالایی از توزیع تراکم جمعیت در شهر متأثر شوداما تابع تراکم توزیع مدارس نشان‌می‌دهد که تراکم مدارس عمدتا در مناطق مرکزی شهر و در نزدیکی «CBD» بیشتر می‌باشد و از توزیع فضایی جمعیت پیروی چندانی نمی‌کند، به‌طوری‌که خروجی مدل رگرسیون «OLS» بین دو متغیر تراکم جمعیت و توزیع فضایی حاکی است که تراکم جمعیت تنها ۵/۵ درصد توزیع مدارس در شهر را توجیه می‌نماید. خوشه‌ای‌بودن توزیع مقادیر باقیمانده‌های استاندارد مدل مذکور در تحلیل خودهمبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران نیز نشان‌داد که عامل تراکم جمعیت نمی‌تواند چرایی توزیع فضایی موجود مدارس را توضیح دهد؛ بنابراین باید به‌دنبال عوامل کلیدی مؤثر در توزیع کنونی مدارس بود و آن‌ها را شناسایی کرد. اجرای مدل رگرسیون حداقل مربعات معمولی با هفت متغیر کلیدی خیابان‌های اصلی شهر، مرکز تجارت مرکز شهر، مراکز فرهنگی–مذهبی، مراکز ورزشی، کاربری‌های صنعتی، فضای سبز و تراکم جمعیت نشان‌داد که ۷۲ درصد داستان چرایی توزیع مدارس در شهر با استفاده از هفت متغیر کلیدی و مدل «OLS» که اصطلاحا یک مدل جهانی است (به این معنی که در تحلیل‌ها صرفا کل لایه را به‌عنوان یک واحد کل در نظر می‌گیرد) قابل توضیح است و خودهمبستگی فضایی باقیمانده‌های استاندارد ناشی از آن در مقایسه با خروجی مدل «OLS» اجراشده با دو متغیر تراکم جمعیت و تراکم توزیع مدارس، از وضعیت بهتری برخوردار شده و از حالت خوشه‌ای به تصادفی تبدیل شده است. نتایج حاصل از مدل «OLS» نشان‌داد که توزیع فضایی مدارس در شهر اردبیل با متغیرهای فاصله از خیابان‌های اصلی، فاصله از مرکز تجارت شهر و تراکم کرنل کاربری‌های صنعتی رابطهٔ منفی و با توزیع فضایی مراکز فرهنگی–مذهبی، مراکز ورزشی، فضای سبز و تراکم جمعیت رابطهٔ مثبت دارد. معنی‌داربودن تست کوئینکر در مدل رگرسیون «OLS» به معنی غیرثابت‌بودن رابطهٔ همه یا برخی از متغیرهای تبیینی با متغیر وابستهٔ تفسیر شده است؛ بنابراین اجرای ترجیحی رگرسیون وزنی جغرافیایی تجویز گردید. خروجی حاصل از اجرای این رگرسیون با متغیرهای به‌کار رفته در مدل رگرسیون حداقل مربعات معمولی حاکی از توضیح داده شدن ۷۸ درصد داستان چرایی توزیع کنونی مدارس در شهر اردبیل بوده و باقیمانده‌های استاندارد مدل به‌طور یکنواخت در سراسر گسترهٔ جغرافیایی شهر پراکنده شده‌اند و خود همبستگی فضایی آن‌ها با استفاده از شاخص موران نیز حاکی از پراکنده-بودن الگوی توزیع فضایی آن‌هااست. بررسی نقشهٔ توزیع فضایی ضرایب رگرسیونی متغیرهای مستقل نشان‌می‌دهد که تأثیرگذاری متغیر فرهنگی- مذهبی با حرکت از شمال غرب شهر به سمت جنوب شرق کمتر می‌شود به‌گونه‌ای

که این متغیر در محلات میراشرف، اسلام‌آباد، کاظم‌آباد، سلمان‌آباد، کریم‌آباد،ارس و ... بیشترین تـأثیر را بـر توزیـع فضایی مدارس در شهر داشته و کمترین تأثیر آن نیز در شهرک‌های نیـایش، کـوثر، نیـروی انتظـامی، دادگسـتری، الهیه، مخابرات، کشاورزی، رازی، ولایت، سبلان فاز ۲، کارشناسان، ساحلی، نادری و ... دیده می‌شود. در یـک جملـهٔ کوتاه می‌توان گفت متغیر کاربری‌های فرهنگی و مذهبی در نواحی قدیم‌ساخت و سـکونت‌گاههـای غیـر رسـمی آن بیشترین تأثیر را بر توزیع فضایی مدارس داشته و در نواحی و شهرک‌های جدیدالاحـداث کمتـرین تـأثیر را داشـته است. بررسی مشابه بر روی تأثیر متغیر مراکز ورزشی نیز نشان‌می‌دهد که شهر از این نظر به دو نیمهٔ شرقی و غربی تقسیم شده و از میزان تأثیرگذاری این متغیر بر توزیع فضایی مدارس از شرق به غـرب کاسـته مـی‌شـود. بیشـترین تأثیرگذاری این متغیر بر توزیع فضایی مدارس در محلات واقـع در شـرق شـهر از جملـه: شـهرک زرنـاس، محـلات ابوطالب، یعقوبیه، نیار، بعثت، سبلان فاز ۲ و ... و کمترین تأثیرگذاری آن در محلات غربی شهری از جمله گل‌مغـان، بهشت زهرا، ملاباشی، شهرک گلستان، شهرک نیستان، فازهای سـه‌گانـهٔ شـهرک کارشناسـان و ... دیـده مـی‌شـود. بررسی میزان تأثیرگذاری دو متغیر کاربری صنعتی و فضای سبز نیز شهر را به دو نیمهٔ شمال غربی و جنوب شـرقی تقسیم‌کرده و نتایج تا حدی مشابه را ارائه می‌دهند. عدم تناسب بین تـراکم جمعیـت و توزیـع مـدارس در محـلات مرکزی شهر که عمدتا در قلمرو جغرافیایی منطقهٔ یک شهرداری قرار دارند، نکته‌ای است که نمی‌تـوان آن‌را نادیـده گرفت. متغیر تراکم جمعیت کمترین تأثیر را بر توزیع فضایی مدارس در محلات مرکز شهر دارد و بیشترین تأثیر آن در محلات و شهرک‌های جدیدالاحداث در جنوب شهر مشاهده می‌شود. بـه‌طـورکلی مـی‌تـوان گفـت کـه پـراکنش مدارس در کل شهر اردبیل تابعی از جمعیت نبوده و عوامل دیگر مانند: عوامل فرهنگی، مذهبی و ورزشـی(جدول۱) در این پراکنش تأثیرگذار می‌باشند. همچنین بیشترین عدم تناسب بین جمعیت و پراکنش مـدارس نیـز در منطقـهٔ یک شهرداری مشاهده می‌شود.

منابع

پرویزیان، علیرضا؛ امان‌پور، سعید؛ احمدی، هاجر؛ حاجی‌پور، نازنین. (۱۳۹۷). آسیب‌شناسی پراکنش فضایی مدارس ابتدائی بـا اسـتفاده از«GIS» (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ۳ اهواز)، فصلنامهٔ علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۱۸، صص ۵۶-۴۱.
https://doi.org/10.30473/grup.2018.4454

پورمحمدی، محمدرضا؛ قربانی، رسول؛ تقی‌پور، علی‌اکبر. (۱۳۹۷). بررسی تطبیقی رهیافت‌هـای رگرسـیون وزنـی جغرافیـایی و حـداقل مربعات معمولی در برآورد مدل‌های مکان، نشریهٔ علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دورهٔ ۲۲، شمارهٔ ۶۳، صص ۷۶-۵۲.
https://journals.tabrizu.ac.ir/article_7504.html?lang=en

پورمحمدی، محمدرضا. (۱۳۹۰). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات سمت، چاپ هفتم، تهران.

پناهی، علی؛ عباس‌پور، فرناز؛ عابدینی، پریا. (۱۳۹۷). بررسی و ساماندهی مکان‌گزینـی مراکـز آموزشـی ابتـدایی بـا اسـتفاده از سیسـتم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۴ شهرداری تبریز)، مجلهٔ آمایش جغرافیایی فضا، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲۷، صص ۳۴-۲۱.
65966html https://gps.gu.ac.ir/article_

رهنما، محمدرحیم؛ اسدی، امیر؛ رضوی، محمدمحسن. (۱۳۹۲). تحلیل فضایی قیمت مسکن با اسـتفاده از رگرسـیون وزنـی جغرافیـایی (مطالعهٔ موردی: شهر مشهد)، فصلنامهٔ علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دورهٔ۴، شمارهٔ ۷، صص ۷۳ -۸۴.
https://grup.journals.pnu.ac.ir/article_1122.html?lang=fa

سلیمی‌سبحان، محمدرضا؛ منصوری، کامران. (۱۳۹۹). تحلیلی بر توزیع فضایی مراکز آموزشی و ساماندهی مناسب آن (مطالعـهٔ مـوردی: شهر پیرانشهر)، مهندسی جغرافیایی سرزمین، دورهٔ۴، شمارهٔ ۲، صص ۴۵۹-۴۴۵.
https://www.jget.ir/article_117866.html

شمشیری، سجاد؛ شهبازی، حبیب؛ تقی‌پور جاوی، شهاب‌الدین. (۱۳۹۶). تحلیل ارتباطات بین متغیّرهای فضایی در دشت خان‌میرزا: مقایسهٔ کارایی الگوی رگرسیون وزنی جغرافیایی و الگوی حداقل مربعات معمول، نشریهٔ جغرافیا و توسعه، دورهٔ ۱۵، شمارهٔ ۴۸، صص ۹۵-۱۱۵.

Doi: 10.22111/GDIJ.2017.3350

علیرضایی، معصومه؛ کریم‌زاده، حسین؛ زارعی، علی.(۱۴۰۰). تحلیل فضایی مدارس متوسطهٔ ناحیهٔ یک کلانشهر تبریز با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و «GIS»، فصلنامهٔ علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، دورهٔ۱۳، شمارهٔ ۴، صص ۲۷-۵۳ .

https://geography.garmsar.iau.ir/article_687785.html

غضنفرپور، حسین؛ کریمی، صادق؛ خبازی، مصطفی؛ پورخسروانی، محسن. (۱۴۰۰). تحلیل وضعیت فضاهای آموزشی مدارس ناحیهٔ ۲ کرمان، کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۱، صص ۸۶-۵۶.

https://grd.yazd.ac.ir/article_۲۲۲۷.html

فصیحی، حبیب‌اله. (۱۳۹۸). تحلیل توزیع فضایی و دسترسی به مدارس در منطقهٔ ۲۰ شهرداری تهران، نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۵۵، صص ۲۶۴-۲۴۹.

10.29252/jgs.19.55.249

قریشی خوراسگانی، مریم‌سادات؛ نظرزادهٔ زارع، محسن؛ بهرامی، بهنوش. (۱۴۰۰). بررسی وضعیت عدالت آموزشی در مدارس دولتی شهر تهران، فصلنامهٔ مدیریت مدرسه، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۱، صص ۲۸۸-۲۶۲.

https://sid.ir/paper/957320/fa

کسرایی، اسرافیل. (۱۳۸۵). نظریهٔهمگرایی، وابستگی فضایی و رشد منطقه‌ای،مجلهٔتحقیقات‌اقتصادی، دورهٔ ۴۱، شمارهٔ ۶، صص ۶۴–۲۷.
https://jte.ut.ac.ir/article_18163.html?lang=fa

مبارکی، امید؛ اسمعیل‌پور، مرضیه؛ محمدی، مریم. (۱۴۰۰). تحلیل الگوی پراکنش فضایی مراکز آموزشی(مقطع دبیرستان) وساماندهی آن(مطالعهٔ موردی:شهر سنندج)، مجلهٔ فضای جغرافیایی، دورهٔ ۲۱، شمارهٔ ۷۴، صص ۱۷۸-۱۵۵.
URL: http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-۳۵۸۰-۱-fa.html

مؤمنی، مهدی؛ اذانی، مهری؛ قلندری، راضیه. (۱۳۹۴). تحلیلی بر پراکنش مراکز آموزشی (دبیرستان‌ها) در شهر اقلید، فصلنامهٔ جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱۸، صص ۱۰۷-۸۷

https://www.jgeoqeshm.ir/article_65096.html

یزدانی، محمدحسین؛ پاشازاده، اصغر؛ زادولی، فاطمه. (۱۳۹۷). شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر فقر شهری(نمونهٔ موردی: اردبیل)، معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی.

References

Brundson, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. E. (1996). Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity. *Geographical Analysis*. *28* (4),281-298.

https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x

Ewendu, S. A., & Olubor, R. O. (2020). Spatial Distribution of Public Secondary Schools in Ikeduru Local Government Area, Imo State, Nigeria. *Benin Journal of Educational Studies*, *26*(1&2), 65-81.

https://beninjes.com/index.php/bjes/article/view/44

Hussein, A. M., & Mohameed, A. J. (2020). Spatial Analysis of School Using Geographic Information System (GIS) Case Study AL-JIHAD Scoter. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*. *17*(5), 1713-1729.

https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/8776

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2001). Introduction to Linear Regression Analysis (3). *John Wiley & Sons*.

Okan, E. (2012). Application of Geographic Information System (GIS) in Education, *Journal of Technical Science and Technologies,1*(2), 53-58.

https://doi.org/10.31578/.v1i2.46

Saad, Q. (2023). Spatial distribution of public elementary schools: a case study of Najran, Saudi Arabia, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 22* (2), 705-725.

https://doi.org/10.1080/13467581.2022.2049277

Sebahi, R. K. (2022). Analysis of the characteristics of the spatial distribution of secondary education schools in the city of Dujail using GIS, *Journal of STEPS for Humanities and Social Sciences .1* (3). 10-20.

https://doi.org/10.55384/2790-4237.1095

Sumari, N ., Tanveer, H., Shao, Zh., & Kira, Ernest. (2019). Geospatial Distribution and Accessibility of Primary and Secondary Schools: A case of Abbottabad City, Pakistan. *Proceedings of the ICA*. *2*. 1-11.

Doi: 10.5194/ica-proc-2-125-2019

Zhang, Z., Luan, W., Tian, C., Su, M., & Li, Z. (2021). Spatial Distribution Equilibrium and Relationship between Construction Land Expansion and Basic Education Schools in Shanghai Based on POI Data. *Land*. *10* (1059). 2-17.
https://doi.org/10.3390/land10101059

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی