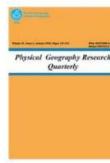




Institute of Geography

Journal of Geographical Urban Planning Research

Journal Hopepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir



Research Paper

Spatial analysis of the effect of city form on fuel consumption in karaj metropolis

Kiyan Shakarami ^a, Mohammad Rahim Rahnama ^{a*}, Mohammad Ajza Shokouhi ^a

^a Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Human Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

Keywords:

Spatial Analysis,
City form,
Gasoline Consumption,
Geographically Weighted
Regression,
Karaj city.



ABSTRACT

Today, as the population of cities increases, environmental issues have surrounded the city and its citizens, so that experts seek to use the best solutions to deal with this problem. One of the effective strategies is to design the optimal form of cities. Therefore, the purpose of this study is to analyze the effect of city form on fuel consumption in the Karaj metropolis. In order to analyze the data, General G statistical test, and the Moran model have been used to determine the pattern of gasoline consumption in Karaj, and Geographically Weighted Regression (GWR) has been used to determine the spatial variation between city form variables (mixed-use, accessibility) and gasoline consumption. The results show that central neighborhoods 5,1,7,8,9; such as Dehghanvila 1 and 2, Hyderabad, Weast Golshahr 1 and 2, Movaheden town, East Golshahr, Mehrvila, and Kuye Karmandan have the highest accessibility index, and Mehrshahr suburbs, districts 10 and 6 have the lowest accessibility index to services, administrative, commercial, educational. Also, according to the value; Scorse = and value 0 = P-Value, it has been found that the pattern of gasoline consumption in Karaj is clustered. The accessibility index in the central areas of the city has the most appropriate average distance (less than 8 km) and these neighborhoods have the highest level of accessibility. Also, according to the obtained R2value, there is a high spatial relationship between the mixed-use index and gasoline consumption. That is, according to these two variables, the city form index justifies 95% of gasoline consumption at the level of confidence.

Received:

27 December 2021

Received in revised form:

1 March 2022

Accepted:

27 April 2022

pp.143-163

Citation: Shakarami, K., Rahnama, M. R., & Shokouhi, M. A. (2022). Spatial analysis of the effect of city form on fuel consumption in karaj metropolis. *Journal of Geographical Urban Planning Research*, 10 (1), 143-163.



<http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2022.328696.1569>

* Corresponding author (Email: monsefmahmoud@yahoo.com)

Copyright © 2022 The Authors. Published by University of Tehran. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

Today, the increasing urban population, along with unsustainable consumption patterns, is putting increasing pressure on land, water, energy, and other essential land resources. This situation can be beyond the limits of natural and economic resources and the bearing capacity of cities and endanger its ability to manage life in the long run. However, in the current situation, it can make fundamental changes in cities and human settlements due to the availability of knowledge and technology to human beings, and provide the best strategies for improving cities according to environmental conditions and the needs of citizens. One of the most important strategies in this field is to reduce the fuel of urban machinery. In fact, the main problem is that statistics show that about 19 percent of energy consumption and more than a quarter of the world's carbon dioxide emissions come from transportation. According to the forecasts, fuel consumption in the transportation sector will increase by 50% from 2005 to 2030 and by 80% by 2050. Today, most of the conferences and seminars held around the world on global warming and national energy security place great emphasis on reducing fuel consumption, especially fuels that produce high levels of environmental pollutants. Also in many types of research that have been done in the field of fuel consumption and reduction of its pollution around the world, most researchers emphasize that in the current situation, the most important solution is to reduce urban fuel consumption. And today, many countries are looking to reduce gasoline consumption to reduce dependence on oil as well as air pollution. For example, in a country like; The United States, passenger vehicles make 16% of total greenhouse gas emissions. In Iran, the transportation sector is one of the largest energy-consuming sectors, so that in the last 10 years, energy consumption in the transport sector has grown by 6.67 percent annually, while the growth rate of final energy consumption in other sectors has been 5.47 percent faster. According to the International Energy Agency, Iran is among the top ten countries with 521 million tons of carbon dioxide emissions in the world in

2015. Karaj metropolis is no exception to this rule and factors such as: proximity to the capital, the exhaustion of the public transport fleet, the lack of subway lines, and the lack of BRT have led to the excessive use of personal vehicles for intra-city traffic, which has led to increased fuel consumption in the metropolis. Thus, on a 3-year average, the metropolis of Karaj consumed about 490 million liters of gasoline per year. Which shows a high figure.

Methodology

The research method is descriptive-analytical, and the purpose is applied. The data and information required for the research have been collected in two ways: library (study of documents, plans, articles, etc.) and referring to related organizations (municipality, National Company for Distribution of Petroleum Products, etc.). The statistical sample of the research is 173 neighborhoods of Karaj city and 35 refueling stations (gasoline) that have been used for spatial analysis. For spatial analysis, there are different models for measuring spatial autocorrelation statistics, which in the present study used the Moran model and G / Clustering (Getis-Ord General G) High / Low statistics in GIS software. Also, in order to show the spatial distribution of the pattern governing energy consumption (gasoline consumption), Hot Spot Analysis of Amartgis-Ard Gi has been used to show that where the data are clustered high or low. Finally, the Geographic Weight Regression (GWR) tool is used to determine the spatial variation between the independent and dependent variables.

Results and discussion

Using local weight regression, the effect of accessibility index as an important index of city form on gasoline consumption has been estimated. The value of R² of the accessibility variable is equal to 0.88. That is, the city form index justifies 88% of gasoline consumption according to this variable at the 95% confidence level. Also, the value of AICc2 indicates a low number, which indicates better compliance of the model with observational data. The descriptive statistic Pridicted shows significant changes in that it clearly shows

the spatial variation between the independent variable and the dependent variable towards the marginal regions and to some extent the center of the regions (1,10,8,8,7). In other words, contrary to the current practice, the relationship between accessibility and gasoline consumption in these areas and neighborhoods is expected to change spatially towards these areas. Also, the user mixing index, the value of R² of the user mixing variable is equal to 0.87. That is, the city form index justifies 87% of gasoline consumption according to this variable at the 95% confidence level.

Conclusion

According to the final conclusion of the spatial analysis of this research it can be said in the current situation, there is a spatial correlation of over 70% between the form of Karaj city and gasoline consumption. Thus, the obtained R² in both indicators of the city form is above 75% and in fact, shows a high level of significance. Also in the analysis of gasoline consumption pattern, Moran statistic and G statistic confirm that gasoline consumption follows a cluster pattern. In fact, according to the results of these two statistics, it can be said that the data have a high spatial correlation. Thus, 462 / 10Z-Score = is significant at the level of 0.01 And the value of 0 = P-Value is rejected based on the null hypothesis. The value of

these two parameters indicates the pattern of the spatial distribution of clusters of gasoline consumption data in the neighborhoods of Karaj. Also, the value of Predicted obtained in both indicators (accessibility and user mixing) shows a high spatial correlation with gasoline consumption, and of course, spatial changes can be expected from urban areas: 8, 9, 1, and 5 to suburban areas and neighborhoods of the city. Finally, it can be said that a significant relationship has been confirmed between the city form variable and gasoline consumption.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

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

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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



تحلیل فضایی تأثیر فرم شهر بر مصرف سوخت کلان‌شهر کرج

کیان شاکرمی^۱ – گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محمد رحیم رهنما^۱ – گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محمد اجزاء شکوهی^۱ – گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

امروزه با افزایش جمعیت شهرها مسائل زیستمحیطی شهر و شهروندان را احاطه کرده است، به طوری که کارشناسان به دنبال استفاده از بهترین راهکارها جهت مقابله با این مسئله هستند، و یکی از استراتژی‌ها موثر طراحی فرم بهینه شهرها است. لذا هدف تحقیق حاضر تحلیل فضایی تأثیر فرم شهر بر مصرف سوخت کلان‌شهر کرج است. در جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری عمومی G و مدل Moran عمومی جهت تعیین الگوی مصرف بنzin شهر کرج، و از ابزار رگرسیون وزنی جغرافیا (GWR) برای تعیین تغییرات فضایی بین متغیر فرم شهر (اختلاط کاربری، دسترسی پذیری) و مصرف بنzin استفاده شده است. نتایج نشان داد؛ محلات مرکزی مناطق ۵، ۱۷، ۸، ۹ مانند؛ دهستان ویلای اویل و دوم، حیدرآباد، گلشهر غربی ۱ و ۲، شهرک موحدان، گلشهر شرقی، مهرویلا و کوی کارمندان دارای بالاترین شاخص دسترسی پذیری و محلات حاشیه مهرشهر، منطقه ۱۰ و ۶ دارای کمترین شاخص دسترسی پذیری به خدمات، امور اداری، تجاری، آموزشی هستند. همچنین با توجه مقدار Scorse = ۰ و مقدار P-Value = ۰ مشخص شد که الگوی مصرف بنzin شهر کرج خوش‌ای است. شاخص دسترسی پذیری در مناطق مرکزی شهر دارای مناسبترین میانگین فاصله (کمتر از ۸ کیلومتر) است و این محلات دارای بالاترین سطح دسترسی پذیری هستند. همچنین با توجه به مقدار R² به دست آمده بین شاخص اختلاط کاربری و مصرف بنzin رابطه فضایی بالایی برقرار است؛ یعنی شاخص فرم شهر با توجه به این دو متغیر در سطح اطمینان ۹۵٪ مصرف بنzin را توجیه می‌کند.

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:

تحلیل فضایی، فرم شهر، مصرف بنzin، رگرسیون جغرافیایی وزنی، شهر کرج.



تاریخ دریافت:

۱۴۰۰/۱۰/۰۷

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۰/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۰۲/۰۷

صص. ۱۴۳-۱۶۳

استناد: شاکرمی، کیان؛ رهنما، محمد رحیم و شکوهی، محمد اجزاء (۱۴۰۱). تحلیل فضایی تأثیر فرم شهر بر مصرف سوخت کلان‌شهر کرج. مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۰ (۱)، ۱۴۳-۱۶۳.

doi: <http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2022.328696.1569>

مقدمه

امروزه شهرها، مکان اصلی کار و زندگی بخش عمد نسل بشر شده‌اند. و متعاقباً در سطح جهان، جمعیت شهرها در حال رشد است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰٪ از جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند (Akande, 2019:476). تداوم این گونه رشد شهرنشینی با مشکلات اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی، بحران آفرین و هشداری بر ناپایداری شهرها است (غفاریان بهمن و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۶). در این افزایش جمعیت شهری به همراه الگوی مصرف ناپایدار، فشار فزاینده‌ای را بر زمین، آب، انرژی و سایر منابع ضروری زمین وارد می‌کند. این وضعیت می‌تواند فراسوی حدود منابع طبیعی و اقتصادی و ظرفیت تحمل شهرها باشد و توانایی اداره زندگی آن را در درازمدت به مخاطره بیندازد (شاھینی فر و حبیبی، ۱۳۹۴: ۴۲).

در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته نیز علی‌رغم و ضعیت اجتماعی و اقتصادی پایدار، نرخ شهری بسیار زیاد را نشان می‌دهند؛ و اخیراً، زندگی در مناطق شهری این کشورها به دلیل افزایش دمای شهری و آلودگی هوا همراه با گرم شدن کره زمین، به طور فزاینده‌ای ناراحت‌کننده است (Kim, 2019:41). این مسئله در کشورهای در حال توسعه اهمیت بالاتری دارد زیرا که کمود و ناقص بودن اطلاعات در زمینه مصرف انرژی در شهرهای این کشورها باعث شده بهینه‌سازی ساخت شهر و برنامه‌ریزی شهری در این ارتباط محدود باشد (Sikder, 2018:11). با وجود این شرایط، امروزه به‌واسطه وجود داشت و تکنولوژی در دسترس بشر می‌تواند تغییراتی اساسی در شهرها و محل سکونت انسانی ایجاد نماید و با توجه به شرایط محیط‌زیست و نیازهای شهروندان، بهترین استراتژی‌ها را در جهت بهروزرسانی شهرها ارائه نماید. (Surkyn, 2004:56). یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های کلیدی در این زمینه کم کردن سوت ماشین‌آلات شهری است. در اینجا مسئله اصلی اینجاست که آمارها نشان می‌دهد، حدود ۱۹ درصد از مصرف انرژی و بیش از یک‌چهارم دی‌اکسید کربن انتشار یافته در جهان، ناشی از حمل و نقل می‌باشد؛ و بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته مصرف سوت در بخش حمل و نقل از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ به میزان ۵۰ درصد و تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۸۰ درصد افزایش خواهد یافت (عبدی نیا و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۱۶).

به طوری که امروزه در اکثر همایش‌ها و کنفرانس‌هایی که در سراسر جهان در ارتباط با گرمايش جهانی و امنیت ملی انرژی برگزار می‌شود، تأکید بسیاری بر کاهش مصرف سوت و بخصوص سوت‌های محیطی زیاد تولید می‌کنند انجام می‌گیرد (Jhang et al, 2020: 2). همچنین در تحقیقات بسیاری که در زمینه مصرف سوت و کاهش آلودگی‌های ناشی از آن در سراسر دنیا انجام گرفته اکثر محققان تأکیدارند که در شرایط کنونی مهم‌ترین راهکار کاهش مصرف سوت شهری است (Barakat, 2016: 3110; Ceviz, 2005: 920; Martin, 2019: 2005). و امروزه برای کاهش وابستگی به نفت و هم برای کاهش آلودگی هوا، بسیاری از کشورها به دنبال کاهش مصرف بنزین هستند. به طور مثال در کشوری مانند ایالات متحده، و سایل نقلیه مسافربری ۱۶٪ از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهند (Banzhaf & Kasim, 2019: 1).

سیاست‌های کاهش مصرف بنزین به طور کلی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: سیاست‌های مبتنی بر قیمت و سیاست‌های عملکردی، سیاست‌های مبتنی بر قیمت مانند مالیات بر بنزین که در کشورهای مختلف متفاوت است به طور مثال در میان کشورهای OECD، آمریکا به مقدار ۵,۵۴ کمترین مقدار مالیات را بر سوت پس‌انداز می‌کند، ۰,۰۶٪، آلمان ۳,۶۴٪ و انگلستان بیشترین میزان مالیات به مقدار ۴,۳۹٪ می‌باشد (OECD, 2016). اما یکی از سیاست‌های عملکردی، جهت دستیابی به توسعه پایدار، کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای که در دو دهه اخیر بیشتر

موردنویجه محققان و سیاستمداران قرار گرفته، اصلاح فرم شهر می‌باشد (حاجی پور و فروزان، ۱۳۹۳: ۱۸) لذا با وجود این پیامدها و شدت گرفتن مشكلات زیست محیطی در شهرها، در راستای چاره‌اندیشی برای بحران‌های به وجود آمده، تلاش‌ها به شناخت الگوهای رشد و توسعه‌ی شهری و تحقیق فرم شهری پایدار معطوف شده است (رضازاده، ۱۳۹۵: ۳). در این میان گروهی از برنامه ریزان، طرفدار پخش وسیع‌تر و پراکنده‌تر شهرها بوده و گروه دیگر در مقابل گروه اول، به تجمع و تمرکز بیشتر شهرها اعتقاد داشته و بیان می‌کنند که مسائل و مشکلات شهری را بایستی از راه بالا بردن تراکم در مناطق شهری و تمرکز کردن کاربری‌های شهری در کنار یکدیگر از بین برد (رهنمای و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۲۱). به طوری که معتقدند، فرم شهری جمع‌وجور و فشرده یکی از شاخصه‌های مهم مطرح شده در زمینه کاهش مصرف انرژی می‌باشد (Resch, 2016: 801). بر طبق گزارش سازمان ملل متحد، فرم شهر دارای تأثیر مستقیم بر مصرف انرژی (و دستیابی به تو سعه پایدار) می‌باشد. در این‌بین بعضی از زوایای ارتباط بین فرم شهر و میزان مصرف انرژی به خوبی توصیف شده‌اند ولی چنین مطالعاتی عمدتاً یا بر روی بخش حمل و نقل تمرکز می‌کنند و یا مدل‌های موجود مصرف انرژی در بخش ساختمانی بر ساختمان‌های منفرد تمرکز می‌کنند و درنتیجه اهمیت پدیده‌های بزرگ مقیاس تر نادیده گرفته می‌شود (Marique & Reiter, 2011). فرم شهری و طراحی محلات نقش مهمی را در انتخاب وسیله سفر و مسافت طی شده بازی می‌کنند به طوری که تراکم جمعیتی، کاربری زمین و حمل و نقل گستره‌ای ارتباط مستقیم با سفر به وسیله اتومبیل دارند (Hankey & Marshal, 2010: 2884).

لذا انتخاب فرم کالبدی شهر مناسب با الگوی مصرف انرژی، به یکی از مهم‌ترین موضوعات و مسائل برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده است. زیرا غلبه الگوی شهر ماشینی بر سایر الگوهای شهری باعث ترویج و تشویق فرم کالبدی شهر پراکنده، حومه‌نشینی و عواقب ناشی از آن، از جمله افزایش مصرف انرژی، جایی محل کار و زندگی، تفکیک کاربری‌ها و آسودگی زیست محیطی شده است (قریانی، ۱۳۸۴: ۱۱). و با توجه به اینکه مشخص شده است که شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری (فرم شهر) چگونه بر مصرف انرژی اثرگذار است. لذا مهم است که ویژگی‌ها و میزان مصرف انرژی ساکنان را برای ارائه پیشنهادات مؤثری برای بهینه سازی مصرف انرژی در آینده اهمیت دهیم (Yang et al, 2019: 171). بخش حمل و نقل امروزه یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های مصرف کننده انرژی در ایران است، به طوری که در ۱۰ سال اخیر مصرف انرژی در بخش حمل و نقل سالیانه ۶/۶ درصد رشد داشته است، که میزان رشد مصرف نهایی انرژی در سایر بخش‌ها ۵/۴۷ درصد سریع‌تر بوده است(عبدی‌نیا، ۱۳۹۶: ۹).

طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، ایران در سال ۲۰۱۵ با انتشار ۵۲۱ میلیون تن گاز دی‌اکسید کربن جز ده کشور اول جهان است (آمارنامه فرآورده‌های نفتی، ۱۳۹۵). ادامه چنین وضعیتی در آینده پیامدهای سیاسی، اقتصادی، محیط زیستی زیادی را برای کشور در پی خواهد داشت که باید بدان توجه خاص شود. در این میان کلانشهر کرج، در بحث فرم شهری، تراکم جمعیتی و توسعه فضایی، در طی دوره‌های زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۵ روند متفاوتی طی کرده است. به طوری که آمارها نشان می‌دهد؛ در سال ۱۳۹۵ تراکم جمعیتی این شهر ۷۲/۶۳ نفر در هکتار بوده است اما در سال ۱۳۹۵ به ۱۱۱ نفر در هکتار رسیده است. به طور کلی تغییرات زمانی تراکم شهر منجر به تغییراتی در فرم شهری کرج شده است به طوری که؛ تراکم شهری بین سال ۱۳۹۵-۱۳۴۵ روند نزولی داشته است و شهر در این دوره زمانی دچار پراکنده رویی شده است. در ادامه بین سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۷۵ تراکم شهر روندی سعودی داشته است، لذا شهر به صورت فشرده رشد کرده است (شماعی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۹). در زمینه مصرف سوخت‌کلان شهر کرج عواملی از قبیل؛ نزدیکی به پایتخت، فرسودگی ناوگان حمل و نقل عمومی، نداشتن خطوط مترو داخل شهری و نداشتن بی آرتی، باعث استفاده بیش از حد از وسائل

شخصی برای عبور و مرور درون شهری شده است که این مسئله باعث بالا رفتن میزان مصرف سوخت در سطح این کلان شهر شده است. به طوری در یک میانگین ۳ ساله کلان شهر کرج حدود ۴۹۰ میلیون لیتر بنzin در سال مصرف داشته است. که رقم بالایی را نشان می‌دهد. لذا با توجه به موضوعات و مسائل مطرح شده هدف اصلی تحقیق حاضر، تحلیل و ارزیابی تأثیر فرم شهر بر مصرف سوخت کلان شهر کرج است. و در راستای این هدف پاسخگویی به سوالات زیر ضروری است؛ ۱- فرم شهر کرج با توجه به شاخص‌های فرم شهری (دسترسی پذیری، اختلاط کاربری) در چه وضعیتی قرار دارد؟ ۲- الگوی مصرف بنzin در سطح شهر کرج در چه وضعیتی قرار دارد؟ ۳- بین فرم شهر و مصرف بنzin چه رابطه معناداری برقرار است؟

طبق مطالعات و بررسی‌های انجام شده تو سط پیتر نیوتن^۱ بر روی شهرهای استرالیا، همراه با بررسی الگو سازی زمین- کاربری اراضی - حمل و نقل - محیط‌زیست و غیره، نتایج زیر در رابطه با شکل شهری و مصرف انرژی حاصل شده است. شهر متراکم کارآمدترین مصرف سوخت در تمام اشکال شهری را پدیدار می‌سازد. این شکل شهری نسبت به وضع موجود سایر فرم‌های شهری ۴۳ درصد کمتر سوخت مصرف می‌کند (مرتضوی، ۱۳۹۶: ۶). تأثیرات تراکم شهری بر روی مصرف انرژی پیچیده است. مراکز مصرفی انرژی بسیار متتمرکز و فشردگی الگوهای کاربری دانه‌های شهری، فواید زیادی را برای توزیع انرژی و طراحی سامانه‌ی حمل و نقل به همراه دارند (Hui & sam, 2001). نتایج تحقیق سردره (۱۳۹۲)، در ارتباط با فرم شهر و مصرف انرژی نتایج داد که؛ میزان تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر مصرف انرژی در کلان شهرهای ایران بیش از ۱۰ درصد است. همچنین نتایج تحقیق رستگاری (۱۳۹۵) در زمینه فرم شهر و مصرف انرژی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد؛ میزان رضایتمندی از سفرهای شهری در محلاتی که به مرکز شهر نزدیک‌تر هستند، مانند محله ۲۰۲ و ۲۰۳ که دارای فرم‌های متراکم‌تر، اختلاط کاربری و سطح دسترسی بالاتر بودند. عبادی نیا (۱۳۹۶) در پژوهشی در ارتباط با فرم شهر از شاخص‌های چون تراکم، طراحی، دسترسی پذیری و فاصله تا حمل و نقل عمومی استفاده است. درنهایت نتایج به دست آمده نشان داد؛ در فاز اول نتایج حاصل از مدل‌هایی چون دسترسی هنسن، آتروپی شانون و تحلیل شبکه در GIS و همچنین روابط همبستگی و رگرسیون چند متغیره میان ۵ متغیر پایدار فرم شهر و VKT^۲ حاصل از تردد خودروها نشان داد که بیش از همه شاخص دسترسی پذیری به مراکز اشتغال می‌تواند باعث کاهش VKT گردد. نتایج تحقیق جیمز و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد؛ از دهه ۱۹۸۰، بسیاری از توسعه شهرهای جدید در چین به طور چشمگیری از شکل شهری سنتی به عابر پیاده دوچرخه محور تغییر رویکرد دادند. همچنین در تحقیق کنت^۳ و همکاران (۲۰۱۲) چند شهر به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است و تأثیر شکل شهر بر مصرف انرژی در سطح محلات مورد آنالیز و ارزیابی قرار گرفته شده است. یافته‌های تحقیق اسرو و همکاران (۲۰۱۲) که بر روی یک شهر متواسط اندام در کشور اسپانیا انجام شده و اثرات PM10 NCO مورد آنالیز قرار گرفته شده است. نتایج نشان داد؛ به کارگیری سیستم‌های جدید در وسائل نقلیه جهت کم کردن آلاینده‌های شهری فقط می‌توان بخش اندک و ناچیزی از شدت آلاینده‌ها را کاهش دهد. از طرف دیگر طراحی شهری محلی و در مقیاس کوچک و متوسط می‌تواند تأثیر بسیاری در کاهش آلودگی‌های محیطی و آلاینده‌ها داشته باشد. همچنین یافته‌های تحقیق حسیه^۴ و همکاران (۲۰۱۷) در ارتباط با تراکم فرم

1 . Peter newton

2 . vehicle Kilometer Travel

3 . James dal

4 . Kenneth

5 . Acero

6 . Hsieh

شهری و کاربری زمین نشان داد؛ استفاده از فرم متراکم شهری می‌تواند تأثیرگذاری بالایی در زمینه استفاده مناسبتر از کاربریهای شهری داشته باشد. یونگلینگ^۱ و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی ابعاد مختلف فرم شهر از جمله اثرگذاری بر مصرف انرژی پرداختند که نتایج تحقیق موید این مطالب بود؛ که بین فرم شهر و مصرف انرژی رابطه معناداری وجود دارد. لذا باید ابعاد فرم شهر بازبینی تازه صورت گیرد. جوانروodi و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی فرم شهر و بعد بلند مرتبه سازی آن پرداختند؛ نتایج تحقیق نشان داد که بلند مرتبه سازی شهرها در صورتی که مبتنی بر برنامه‌ریزی فرم فشرده شهری باشد نتایج بهتری در زمینه صرفه جویی در حامل‌های مختلف انرژی خواهد داشت. نتایج تحقیق، Liu و شین (۲۰۱۱)، در زمینه فرم شهری نشان داد؛ فرم شهر تأثیرگذاری بالایی بر حمل و نقل و سفر خانوارها دارد و در واقع شکل پراکنده شهر منجر به هزینه‌های بالا و صرف زمان بیشتری بر خانوارها می‌شود که قاعده‌تا تعداد سفرها را کاهش می‌دهد. آلوبیدی^۲ (۲۰۱۶)، در زمینه ارتباط بین فرم شهر و گرمایش شهر بغداد به این نتیجه رسید که؛ تراکم بیش از حد در نقاطی از شهر منجر به ایجاد جزاير گرمایی می‌شود. شجاع و همکاران (۲۰۱۳)، فراتحلیلی بر تحقیقات صورت گرفته در زمینه فرم شهر انجام دادند که نتایج نشان داد؛ بسیاری از تحقیقاتی که در این حوزه انجام شده است در زمینه تأثیر فرم شهر بر مصرف انرژی بوده است. همچنین مصرف انرژی در حوزه حمل و نقل و سوخت، مصرف برق و گاز، آب و فاضلاب شهری در تحقیقات فرم شهرها بیشتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مبانی نظری

فرم شهر به طور کلی به مفهوم الگوی فضایی عناصر کالبدی بزرگ، بی‌حرکت و دائمی در شهر نظیر ساختمان‌ها، خیابان‌ها، تجهیزات، تپه‌ها، رودخانه‌ها و شاید هم درختان می‌باشد. به این عناصر واژه‌های مشخص کننده گوناگونی که تعیین کننده نوع کاربری، کیفیت و یا چگونگی مالکیت آن‌ها باشد ضمیمه می‌شود. معمولاً فرم شهری را توزیع فضایی کاربری اراضی و ویژگی‌های جمعیتی (کل جمعیت، تعداد خانوار، اشتغال و غیره) تعریف می‌کنند (Zhang et al, 2016: 139). به طور اختصاصی ساختار شهری با رویکردها و روش‌های مختلف نظیر شهر فشرده، چندمرکزی و فرم‌های شهری اسپرال، شهر حاشیه‌ای، شهر لبه‌ای و شهر اقماری بررسی و تحلیل شده است (Diosalar و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۱). اسیکدر و همکارانش نیز در معرفی ویژگی‌های فرم شهر، اعتقاددارند؛ که مصرف انرژی و تولید به عنوان دو پارامتر اصلی تأثیرگذار بر پایداری شهرها هستند که برنامه ریزان و شهر سازان در تدوین و طراحی فرم شهرها باید به این پارامترها توجه ویژه داشته باشند (Skider et al, 2018:11). فرم شهری رابطه بین یک شهر و مناطق اطراف آن را نشان داده و تأثیر اقدامات انسانی را بر محیط درون و بیرون آن به نمایش می‌گذارد با توجه به نحوه توزیع فعالیت‌ها، فرم شهر شاید مهم‌ترین وسیله‌ای باشد که یک شهر به‌واسطه آن خودش را عرضه می‌کند (Grimm et al, 2008: 757) فرم شهر ظرفی است که امکان می‌دهد فعالیت‌های شهری در آن به وقوع بیرونند. با توجه به ماهیت پیچیده فرم شهر، متخصصان مختلفی از دیدگاه خاص به آن پرداخته‌اند (نیک پور، ۱۳۹۴: ۱۲). در واقع، در نیمه دوم قرن بیستم فرم شهرها تغییرات چشمگیری به خود دیده است و اکثر برنامه ریزان شهری، برنامه‌های شهرها را در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیستمحیطی مدنظر قراردادند (Ogel, 2017:2)؛ زیرا که در نتایج بسیاری از تحقیقاتی که در زمینه فرم شهرها انجام گرفته نتایج به طور

1 . Yongling

2 . Javanroodi

3 . Liu & Shen

4 . Han & Jia

گسترهای نشان می‌دهد که فرم شهر با توسعه پایدار شهر دارای ارتباطی مستقیم و دوسویه است (Emekci, 2017; Zhang et al, 2016). همچنین امروزه بحث اصلی در زمینه کاهش مصرف انرژی به شکل شهر بر می‌گردد زیرا که با یک طرح مناسب می‌توان از زمین‌های شهری بیشترین استفاده را نمود و خطوط ارتباطی حمل و نقل، شبکه آب و فاضلاب، شبکه برق شهری و گازرسانی را با کمترین هزینه ممکن و کمترین مساحت به کارگیری شده را در سطح شهر طراحی و پیاده نمود (Lam, 2000:648).

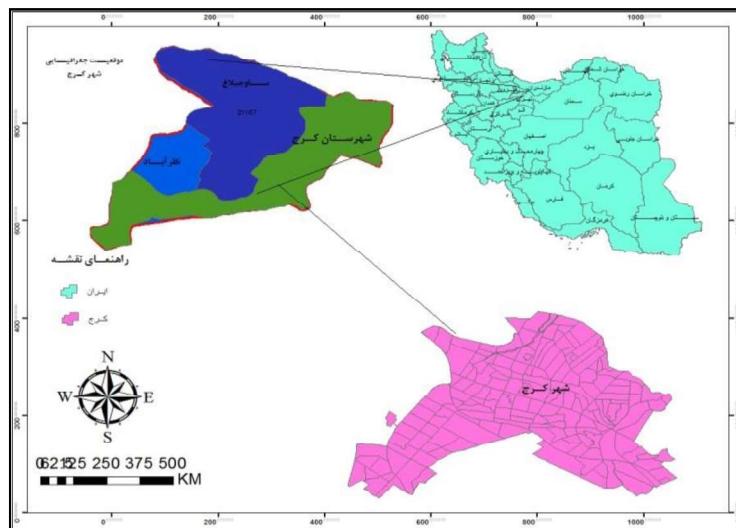
روش پژوهش

روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و هدف کاربردی است. داده‌ها و اطلاعات موردنیاز تحقیق به دو روش کتابخانه‌ای (مطالعه اسناد، طرح‌ها، مقالات و غیره) و مراجعه به سازمان‌های مرتبط (شهرداری، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی وغیره) جمع‌آوری شده است. برای تهیه نقشه علاوه بر لایه جی ای اسی محلات و مناطق شهر کرج با استفاده از داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده شاخص‌های فرم شهر محا سبه گردید (به این صورت که برای محا سبه شاخص اختلاط کاربری مساخت هر کدام از این کاربری‌ها نسبت به سایر کاربری‌ها با استفاده از آنتروپی شانون سنجیده شده و عدد نهایی به دست‌آمده نشان‌دهنده میزان اختلاط کاربری هر محله است) و وارد جدول GIS گردید. همچنین داده‌های مصرف بنزین شهر یزای دوره ۳ ساله (۱۳۹۷-۱۳۹۹) میانگین گیری گردید و عدد به دست آمده برای هر نقطه وارد GIS شد. نمونه آماری تحقیق ۱۷۳ محله شهر کرج و ۳۵ ایستگاه سوخت‌گیری (بنزین) هستند که جهت تحلیل فضایی مورداستفاده قرار گرفته شده است. در بخش تحلیل فضایی ایستگاه‌های پمپ بنزین از مدل IDW استفاده شده است. برای پوشش دهی نقاط مجهول (نقاطی که دارای ایستگاه‌های سوخت نمی‌باشند) از روش پوشش دهی فضایی IDW استفاده شده است. در این روش عموماً از نقاط معلوم یک میانگین وزن دار می‌گیریم و نتیجه را برای نقطه مجهول ثبت می‌کنیم. در روش درون‌یابی IDW فرض ما بر این است که تأثیر هر پدیده مناسب با توانی از معکوس فاصله آن است، بنابراین تأثیر پدیده‌ی موردنظر با افزایش فاصله، کاهش می‌یابد. برای محا سبه این شاخص اختلاط کاربری از مد آنتروپی شانون در قالب ۵ کاربری اصلی (آموزشی، تجاری، اشتغال، اداری و خدمات) استفاده شده است. مقدار صفر نشان‌دهنده همگونی و تک کاربری بودن محلات و مقدار ۱ نشان‌دهنده تنوع و اختلاط کاربری‌ها است. برای محاسبه شاخص دسترسی‌پذیری از ابزار GIS استفاده شده است. جهت تحلیل فضایی، مدل‌های متفاوتی برای اندازه گیری آماره‌های خودهمبستگی فضایی وجود دارد که در تحقیق حاضر از مدل Moran عمومی و آماره G عمومی (Getis-Ord General G) Clustering (Getis-Ord General G) در نرم‌افزار GIS استفاده شده است؛ و همچنین بهمنظور نشان دادن توزیع فضایی الگوی حاکم بر مصرف انرژی (صرف بنزین) از تحلیل لکه‌های داغ (Hot Spot Analysis) آمارگتیس-آرد جی (Getis-Ord Gi) استفاده شده است؛ که در کجای داده‌ها مقادیر زیاد و یا کم خوبه‌بندی شده‌اند؛ و درنهایت از ابزار رگرسیون وزنی جغرافیا (GWR) برای تعیین تغییرات فضایی بین متغیر مستقل ووابسته استفاده شده است.

مطالعه مورد مطالعه

با تصویب قانون تاسیس استان البرز در سال ۱۳۸۹، براساس آخرین تقسیمات سیاسی استان البرز، شهرستان کرج با مساحت ۱۴۰۶ کیلومتر مریع به مرکزیت شهر کرج، دارای دو بخش، ۶ دهستان، ۶ شهر و ۷۴ آبادی دارای سکنه است. ۹۹,۹۶ درصد جمعیت شهرنشین شهرستان کرج در بخش مرکزی سکونت دارند؛ زمانی که استان البرز تأسیس شد، اشتهرار و فردیس نیز بخشی از شهرستان بودند، اما شهرستان اشتهرار در سال ۱۳۹۱ و شهرستان فردیس در خرداد

سال ۱۳۹۲ از این شهرستان جدا شدند. هم اکنون کرج مرکز استان البرز، مرکز شهرستان کرج و یکی از کلان شهرهای ایران است. این شهر با ۱۳۹۲۴۹۲ تن جمعیت چهارمین شهر پرجمعیت ایران است. کرج دارای ده منطقه شهری و ۱۷۳ محله است. موقعیت جغرافیایی کرج در کشور و استان البرز در شکل ۱، ترسیم شده است.



شکل شماره ۱. موقعیت جغرافیایی شهر کرج

بحث و یافته‌ها

در این بخش یافته‌های پژوهش اطلاعات و داده‌های گردآوری شده با استفاده از آزمون‌های آماری یا روش‌های تحلیل داده‌ها بررسی شده است. لذا برای این منظور جداول آزمون‌های آماری یا نقشه‌ها و نمودارها ذکر شده و هر کدام به طور جداگانه تحلیل و تفسیر شده است. ابتدا وضعیت موجود شاخص‌های فرم شهر (دسترسی پذیری و اختلاط کاربری) مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت که نتایج بدست آمده به شرح زیر است:

مرواری بر ادبیات دسترسی و پایداری در سال ۱۹۵۹ تا ۲۰۱۱ آزمون ۲۰۱۱ میلادی فرصت خوبی را برای گزینش مدل سنجش شاخص دسترسی پذیری فراهم کرد که سرانجام مدل زیر با توجه به اطلاعات در دسترس انتخاب شد.(رهنمای آقاجانی، ۱۳۹۲: ۴۸). فرمول به شرح زیر است:

$$A_{ij} = \sum_{i=1}^n S_j \cdot d_{ij}$$

A_{ij} = معیار نسبی دسترسی منطقه I به فعالیت منطقه J

S_j = اندازه فعالیت در منطقه J، به عنوان نمونه تعداد مشاغل، جمعیت و غیره

D_{ij} = فاصله زمانی، مکانی و یا هزینه بین منطقه I و J. (نیکپور و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۳).

برای محاسبه شاخص دسترسی پذیر ابتدا لازم است که لایه پولیگونی محلات شهر تبدیل به لایه نقطه‌ای شود بنابراین ابتدا با استفاده از دستور Feature to point استفاده از دستور Generate near table فاصله جغرافیایی نقاط نسبت به هم‌دیگر سنجیده می‌شود. در واقع با استفاده از این دستور می‌توان هم فاصله محله را نسبت به محله مجاور سنجش کرد و هم فاصله محله را نسبت به همه محلات

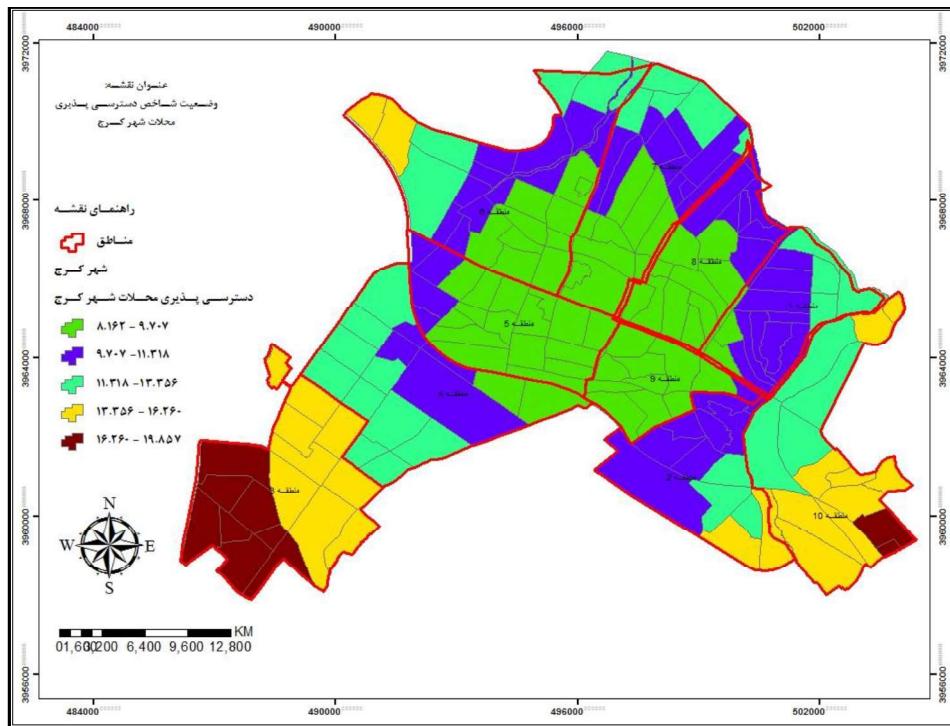
که در اینجا فاصله جغرافیایی هر محله نسبت به همه محلات محاسبه شده است. در مرحله بعد جدول خروجی به شکل ماتریس وارد Excel گردید و عدد فاصله جغرافیایی هر محله جمع گردید. سپس در این مرحله با بهره گیری از فرمول بالا و استفاده از عدد میانگین فاصله دسترسی پذیری به کاربریها در هر یک از محلات ۱۷۳ گانه شهر کرج به عنوان عامل جاذبه (Sj)، و همچنین اندازه گیری فاصله بین محلات به عنوان عامل فاصله (dij) شاخص دسترسی پذیری بین محلات شهر کرج محاسبه گردید.

جدول شماره ۱. ضریب شاخص دسترسی پذیری محلات شهر کرج

ردیف	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات
	دسترسی پذیری ی (کیلو)	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات	محلات
۱	تپل شرقی	۱۷۲۸۸	بلمان	۱۰۷۸۴	موزک شهر	۹/۵۴۱	فاز ۴ شرقی	۱۰۷۸۹	نگاهگاه	۱۰۹۳۷	تپل نور	۱۷۲۲۶	تپل احصاری	۱۷۱۱۸	سهرابیه	۱۷۲۸۸	
۲	کلیده	۱۷۲۹۲	سرجوب ویه	۱۰۷۸۹	نگاهگاه کارزاری	۸/۸۸۳	مهربانی غربی	۱۰۷۸۰	نگاهگاه هنر	۱۱۱۲۶	تپل نور	۱۱۱۲۶	تپل سیپ	۱۶۲۴۹	تپل غربی	۱۷۲۹۲	
۲	تپل غربی	۱۷۲۹۳	حصار	۱۰۷۸۴	صیاح	۸/۸۶۴	گلبهشت	۹/۸۶۵	نگاهگاه	۱۲۵۱۲	باقسلان غربی ۱	۱۰۵۲۹	حصار ۱	۱۱۷۵۲	مهراشت	۱۷۲۹۳	
۲	کلیده	۱۷۲۹۴	عزالش شرقی	۱۱۱۲۲	ذهب آن خیروالد	۸/۸۶۰	طرکتی	۹/۸۶۷	پدیداری	۱۲۶۲۸	بیارچشم	۱۰۷۷	حصار ۱	۱۱۱۹۲	حسن ایا	۱۷۲۹۴	
۵	کلیده	۱۷۲۹۷	کاخ	۱۰۷۸۵	حسن لاده اون	۸/۸۶۴	گلزار شرقی	۸/۸۶۰	فازا	۱۲۵۲۰	ایضی بین پهنهن	۹/۸۶۸	سم سازی رازی	۱۷۱۰۷	اکبریاد	۱۷۲۹۷	
۶	کلیده	۱۷۲۹۸	موازاب خوده	۱۰۷۸۶	شیدر بقشه	۸/۸۶۱	گلشهر شرقی	۸/۸۶۴	شیدر	۱۱۱۲۶	پارسان	۸/۸۲۲	بلغ استنسی	۱۱۱۲۴	اکبریاد	۱۷۲۹۸	مریوانه
۷	کلیده کور	۱۷۲۹۹	عزالش غربی	۱۱۱۲۴	اکرلا	۸/۸۶۴	نقط و پاش دوم	۹/۸۶۲	تپل ایون	۱۱۱۱۲	ماهن	۹/۱۱۵	بل	۱۰۷۷۱	فازا	۱۷۲۹۹	
۸	کلیده	۱۷۳۰۰	شیدنی	۱۱۱۱۹	ترک لاد	۸/۸۶۵	دقائق و پاش اول	۱۰۷۶	تپیت میون	۱۱۱۲۶	فریه کلی ۲	۱۰۱۰۸	حصار ۱	۱۱۱۲۰	ریحانه	۱۱۱۳۶	حصار
۹	کوئی مهر	۱۷۳۰۱	طلائی	۱۰۱۰۶	شکر لاد	۸/۸۶۴	شیدر مودهان	۸/۸۶۲	چگنی	۱۱۱۱۱	شتران	۱۰۱۸۱	بلغ ایش	۱۱۱۲۸	شیدنی	۱۰۱۹۱	
۱۰	کاغ مژده	۱۷۳۰۲	سروچل	۱۰۱۰۵	سردهد لاد	۸/۸۶۵	کوک کارشناس	۸/۸۶۴	د	۱۰۱۱۵	بل	۱۰۱۷۱	پس چونی	۱۰۱۹۵	شیدر	۱۶۲۶۶	پردهان
۱۱	گلستان یکم	۱۷۳۰۳	پلار	۱۱۱۱۰	خلخ لاد-پارک	۸/۸۶۰	کوئی حسن	۹/۸۶۱	نقلا	۱۰۱۷۱	پل	۱۰۱۷۱	پل	۱۰۱۷۱	گلستان یکم	۱۷۳۰۳	
۱۲	فازه	۱۷۳۰۴	ظیبیه ۱	۱۰۱۹۲	کلاک بالین	۸/۸۶۵	چهارم دستگاه	۹/۸۶۲	چوکلاد	۱۰۱۷۷	ورزشگاه تفلان	۱۰۱۸۵	باقسلان غربی ۳	۹/۸۶۵	گلزار چونی	۱۰۱۹۴	
۱۳	ازلانی	۱۷۳۰۵	ظیبیه ۲	۱۰۱۸۱	صفت لاد	۸/۸۷۴	کوئی قائم	۸/۸۷۰	خطی	۱۰۱۸۱	ایقلی طا	۹/۸۶۱	ظفر	۱۰۱۱۸	چهاران	۱۷۳۰۵	
۱۴	قی تبه ۱	۱۷۳۰۶	ظیبیه ۳	۱۰۱۸۱	شیدر خام	۸/۸۷۸	مهربانی شرقی	۸/۸۶۰	چهل	۱۰۱۹۹	فاز ۴ گیومنش	۹/۱۱۳	پل	۹/۷۳۸	پهاران	۱۶۲۸۵	
۱۵	فازه شرقی	۱۷۳۰۷	ظیبیه ۴	۱۰۱۸۲	موسی تحقیقات	۸/۸۵۵	مهربانی	۸/۸۵۵	چهل	۱۰۱۸۵	فاز ۴ گیومنش	۱۰۱۰۴	شیدر ۲۲	۸/۹۱۶	گلشیده	۱۷۱۶۹	
۱۶	فازه دو غربی	۱۷۳۰۸	ظیبیه ۵	۱۰۱۸۳	کلاک احمدیه	۹/۸۶۱	پدر و پیال	۸/۸۶۴	بلغ ایچ	۱۰۱۲۰	شیدر سهر	۹/۱۱۶	چولان	۸/۷۶۵	گلشیده	۱۷۲۶۵	
۱۷	فازیک	۱۷۳۰۹	ظیبیه ۶	۱۰۱۸۴	شیدر چهل تما	۱۰۱۸۵	نیمه	۸/۸۶۵	کوئی	۱۰۱۷۰	تلان روزانه شیر	۸/۶۴۴	کوئی گیو	۹/۱۷۵	حصاری	۱۲۱۱۵	
۱۸	فازیک شرقی	۱۷۳۱۰	کوئی بخت	۱۰۱۷۷	کلاک بالا	۹/۸۳۷	لیسب بیرونی	۸/۸۴۹	کوئی حلال	۱۰۱۳۰	شیدر کوت	۸/۸۵۷	شاهن پاش	۹/۶۴۴	رضاشیر	۱۱۱۲۴	
۱۹	حیل	۱۷۳۱۱	کوئی دنیا	۱۰۱۷۶	مجتمع فرهنگی نام	۹/۸۴۲	کارخانه گذ	۸/۸۴۷	کوئی	۱۰۱۲۹	معلج	۸/۶۴۵	چولان	۱۰۱۲۲	مالک شهر	۱۲۱۵۶	رجب لاد
۲۰	قی تبه ۲	۱۷۳۱۲	چهل تما	۱۰۱۷۷	کلاک تو	۹/۸۶۷	دولت لاد	۸/۸۴۶	شیدر فرز	۱۰۱۲۲	مولی لاد	۹/۴۹۶	شیدر رازی	۱۰۱۸۴	شیدر رازی	۱۷۳۱۲	
۲۱	قی تبه ۲	۱۷۳۱۳	پلمان	۱۰۱۷۷	کلاک	۹/۸۵۶	کوئی اصنایع ها و	۸/۸۶۰	چهار گلشیده	۱۰۱۱۴	ناهنجان پاش	۹/۶۱۶	شیدر شاهن	۱۰۱۸۷	حصاری	۱۶۱۱۱	طلائی
۲۲	شیان لاد	۱۷۳۱۴	سرجوب ویه	۱۰۱۷۸	حصار بالا	۱۰۱۷۸	دشکنه و نهاد	۹/۸۷۱	فاز ۴ شرقی	۱۰۱۳۱	شیدر شرقی	۱۰۱۸۱	شیدر شرقی	۱۰۱۷۱۰	گلستان	۱۷۲۴۸	شیان لاد

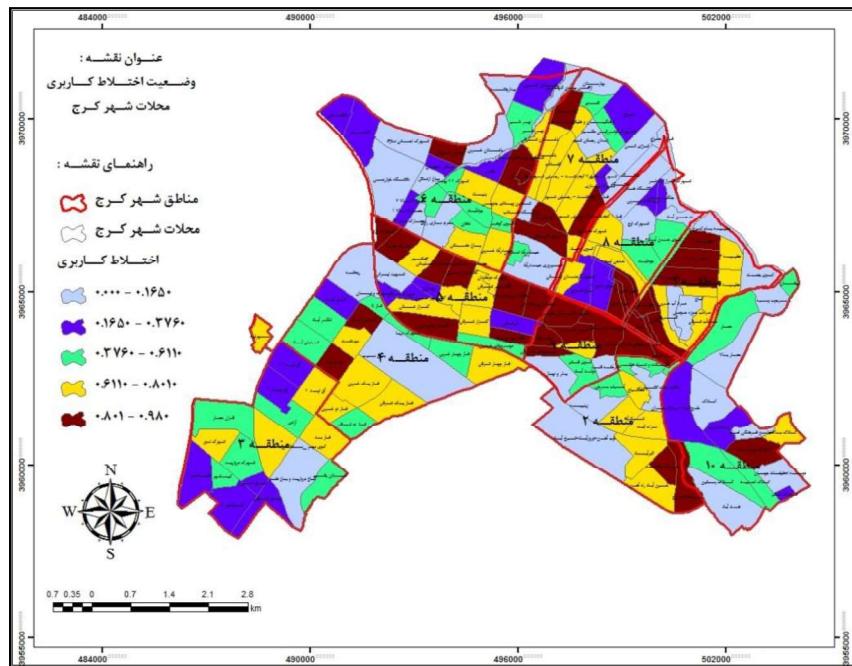
در این مرحله و بعد از اینکه شاخص دسترسی پذیری محلات ۱۷۳ گانه شهر کرج محاسبه گردید و در قالب (جدول ۱) ارائه گردید. همچنین توزیع فضایی این شاخص در قالب نقشه زیر ارائه گردید (شکل ۲). و با توجه به نقشه زیر مشخص است که مناطق مرکزی شهر دارای بالاترین سطح دسترسی پذیری هستند (میانگین فاصله دسترسی پذیری به کاربریها) همچنین منطقه ۳، قسمتهایی از منطقه ۱۰ دارای کمترین میزان دسترسی پذیری هستند که البته از دلایل این موضوع

وجود باغات و فضای سبز بیشتر در منطقه ۱۰ و تجمع کاربریها در مناطق مرکزی شهر است.



شکل شماره ۲. توزیع فضایی شاخص دسترسی‌پذیری در سطح محلات شهر کرج

در این مرحله شاخص اختلاط کاربری به عنوان یکی از متغیرهای تعیین‌کننده فرم شهر برای کلان‌شهر کرج محاسبه گردید. برای تعیین این شاخص از کوچک‌ترین سطح فضایی شهر (محله) به عنوان نمونه آماری کار استفاده شده است، زیرا که در محاسبه این شاخص و ارائه توزیع فضایی آن هر چه سطح فضایی کوچک‌تر باشد، نتیجه تحلیل فضایی بهتر ارائه می‌گردد. به همین منظور محلات ۱۷۳ گانه شهر کرج از نظر شاخص اختلاط کاربری مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت. برای محاسبه این شاخص از مدل آنتروپی شanon استفاده شده است برای تعیین میزان اختلاط کاربری محلات از کاربری: اداری، آموزشی، خدماتی، تجاری و درمانی استفاده شده است. نتایج بدست آمده مؤید این مطلب است که در زمینه اختلاط کاربری محلاتی مانند؛ گلشهر غربی ۱، دهقان ویلای ۱، دهقان ویلای ۲، کوی کارمندان جنوبی، گلزار جنوبی، رجب آباد، عظیمه یک، عظیمه دو دارای بیشترین اختلاط کاربری هستند. درواقع با توجه به نقشه اختلاط کاربری مشخص است که مناطق مرکزی شهر دارای اختلاط کاربری بالاتری هستند؛ و مناطق حاشیه‌ای شهر دارای اختلاط کاربری ضعیفی هستند. با توجه به نقشه شماره ۳ مشخص است که محلاتی که دارای عدد نزدیک به صفر هستند دارای اختلاط کاربری پایین و محلات که عدد نزدیک به ۱ را دارند اختلاط کاربری بالاتری دارا هستند. و همانطور که مشخص است محلات مناطق ۱۰ و ۶ دارای کمترین میزان اختلاط کاربری هستند.



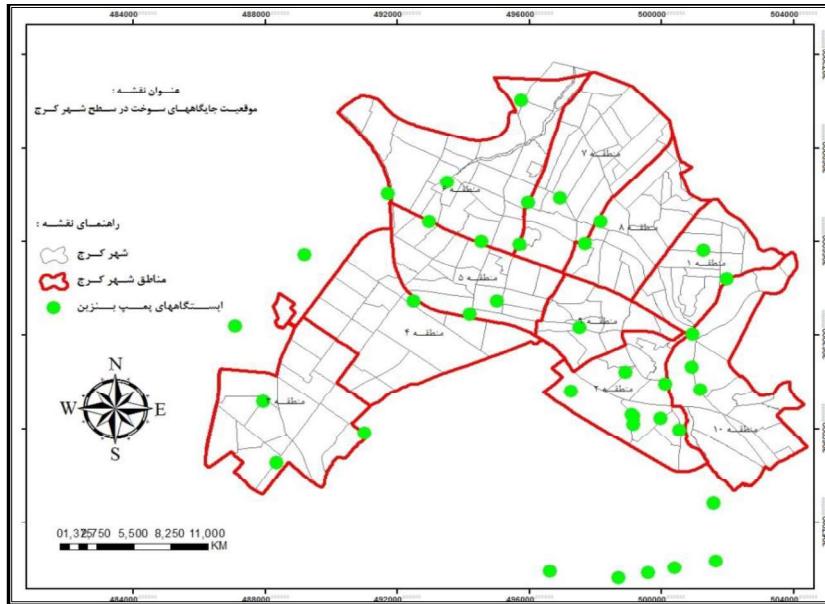
شکل شماره ۳. میزان اختلاط کاربری محلات شهر کرج

در این بخش از تحقیق آمار میزان مصرف بنزین در طی ۳ سال گذشته ۳۵ ایستگاه سوختگیری شهر کرج میانگین‌گیری و ارائه گردید. ذکر این نکته ضروری است که در سال سوم (۱۳۹۹) با توجه به داده‌های موجود فقط ده‌ماهه اول سال استفاده شده است.

جدول شماره ۲. میانگین مصرف سوخت بنزین در ایستگاه‌های مختلف شهر کرج در طی دوره سه ساله

ایستگاه	میانگین مصرف ۳ ساله بر حسب میلیون لیتر	ایستگاه	میانگین مصرف ۳ ساله بر حسب میلیون لیتر	ایستگاه	میانگین مصرف ۳ ساله بر حسب میلیون لیتر	ایستگاه	میانگین مصرف ۳ ساله بر حسب میلیون لیتر	ایستگاه	میانگین مصرف ۳ ساله بر حسب میلیون لیتر
۱۴/۶۷	A29	۱۳/۱۲	A22	۲۰/۱۱	A15	۱۸/۴۷	A8	۲۷/۱	A1
۱۸/۲۳	A30	۳۶/۱۲	A23	۱۷/۵۶	A16	۲۵/۲	A9	۳۰/۱	A2
۲۵/۱۲	A31	۲۴/۲۱	A24	۲۰/۴۳	A17	۳۶/۹۱	A10	۲۱/۴۴	A3
۲۲/۱۶	A32	۳۳/۳۲	A25	۲۷/۱۲	A18	۲۴/۵۸	A11	۷/۷۹	A4
—	A33	۱/۶۵	A26	۱۲/۴۸	A19	۲۸/۳۴	A12	۳۲/۱۲	A5
—	A34	۳۴/۸۹	A27	۱۵/۲۳	A20	۱۷/۰۳	A13	۲۰/۴۳	A6
—	A35	۲۴/۶۷	A28	۱۴/۷۶	A21	۲۵/۷۵	A14	۲۵/۳۰	A7
۴۹.۶۶۳۵۶۶۶۶									

مجموع میانگین مصرف ۳ ساله شهر کرج



شکل شماره ۴. موقعیت ایستگاههای سوخت گیری(بنزین) شهر کرج

در اینجا با توجه به اینکه تعداد ایستگاههای سوخت گیری کمتر از محلات شهر کرج است برای پوشش دهی نقاط مجھول (نقاطی که دارای ایستگاههای سوخت نمی‌باشند) از روش پوشش دهی فضایی IDW استفاده شده است. در این روش عموماً از نقاط معلوم یک میانگین وزن دار می‌گیریم و نتیجه را برای نقطه مجھول ثبت می‌کنیم. در روش درون‌بازی IDW فرض ما براین است که تأثیر هر پدیده متناسب با توانی از معکوس فاصله آن است، بنابراین تأثیر پدیده‌ی موردنظر با افزایش فاصله، کاهش می‌یابد.

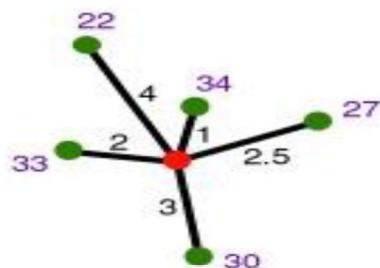
در این مدل محدوده‌ی موردنظر تبدیل به ماتریسی با سلول‌های هماندازه می‌شود. مختصات مکانی ماتریس و اندازه هر پیکسل آن روشن بوده و دارای واحد اندازگیری است.

در این شبکه سلول‌ها به دو صورت‌اند:

سلول‌های با مقدار متغیر معلوم(اندازه‌گیری شده)

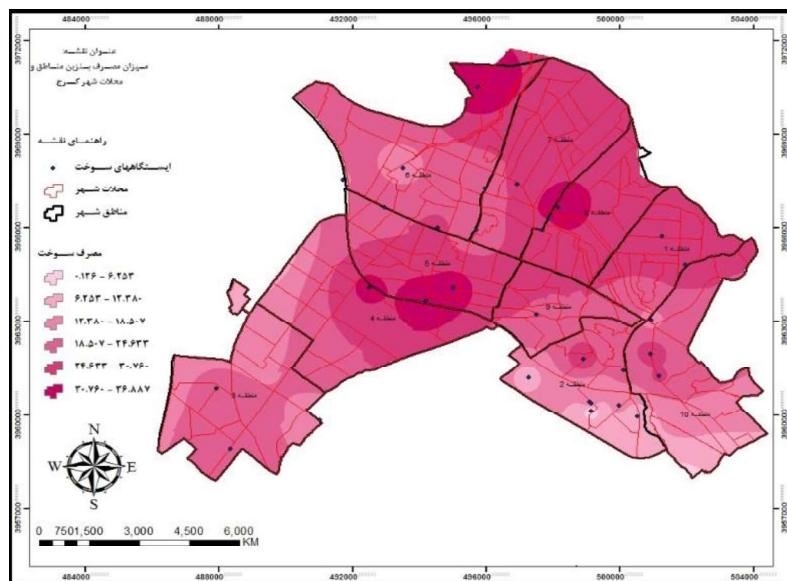
سلول‌های با مقدار نامعلوم(اندازه‌گیری نشده)

برای برآورد ارزش سلول‌هایی که ارزش نامعلوم دارند، با استفاده از سلول‌های اطراف در یک شعاع مشخص، مطابق شکل زیر، عددی محاسبه می‌گردد.



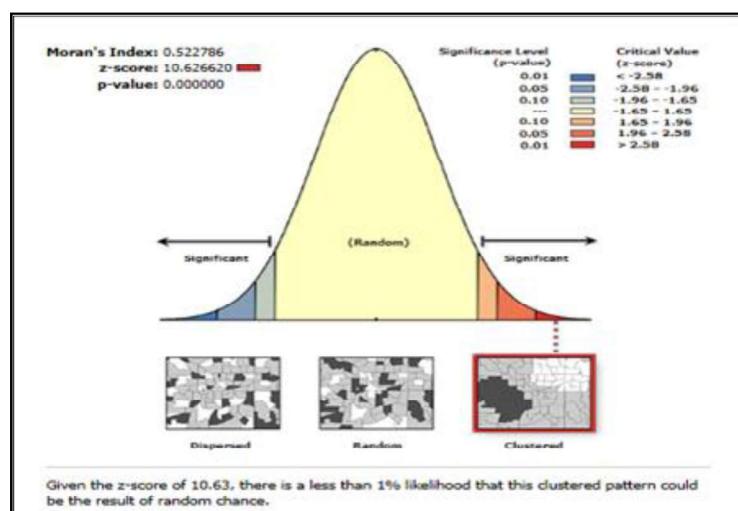
شکل شماره ۵. نمودار فرضی محاسبات نقاط مجھول با استفاده از نقاط معلوم با استفاده از مدل IDW

همان‌طور که از نقشه IDW به دست‌آمده از پراکندگی مصرف بنزین کلان‌شهر کرج به دست‌آمده میزان مصرف در محلات حاشیه‌ای در مناطق ۳، ۷، ۸ و ۶ و محلات مناطق مرکزی ۵ و ۸ دارای مقدار بیشتری است.



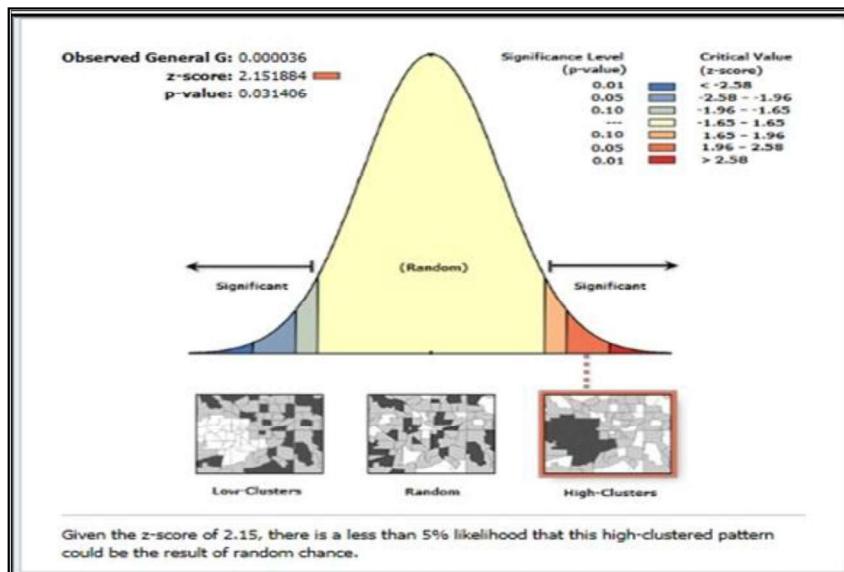
شکل شماره ۶. نقشه IDW مصرف بنزین شهر کرج

در این مرحله برای تحلیل الگوی مصرف بنزین شهر کرج از مدل موران استفاده شده است. مدل موران، یکی از شاخص‌های تحلیل فضایی است که بر دو اصل مهم توزیع مشخصی از شاخص‌ها، و متکی بودن بر ارزش‌های همسایگی دارد. نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در توزیع فضایی فرسودگی این شاخص، $Morans\ Index=0/522$ است. از آنجاکه مقدار آن مثبت و نزدیک به یک است، می‌توان گفت داده‌ها خودهمبستگی فضایی دارند همچنین. $Z=10/462$ ؛ $P-Value=0.01$ معنادار است؛ و مقدار $=0.000000$ $p-value$ بنا بر این فرضیه صفر دمی شود و این مقدار از این دو پارامتر نشان‌دهنده الگوی توزیع فضایی خوش‌های داده‌های مصرف بنزین در سطح محلات شهر کرج هستند.



شکل شماره ۷. الگوی توزیع فضایی مصرف بنزین شهر کرج براساس مدل موران

از آنجاکه در تحلیل موران نمی‌توان به شناسایی انواعی از طبقه‌بندی الگوهای فضایی پرداخت، ازین‌رو برای رفع این نقص از تحلیل آماره عمومی G استفاده می‌شود. لذا در اینجا مقدار $G = 0.00036$ و امتیاز $Z\text{-Score} = 2/151 = 0.015$ است. بنابراین با توجه به اینکه مقدار Z مثبت است، می‌توان گفت الگوی مصرف بنزین از نوع خوش‌ای با نقاط تمرکز بالا است. که نشان می‌دهد که نقاط مصرفی با تمرکز بالا در مجاورت یکدیگر قرار دارند.



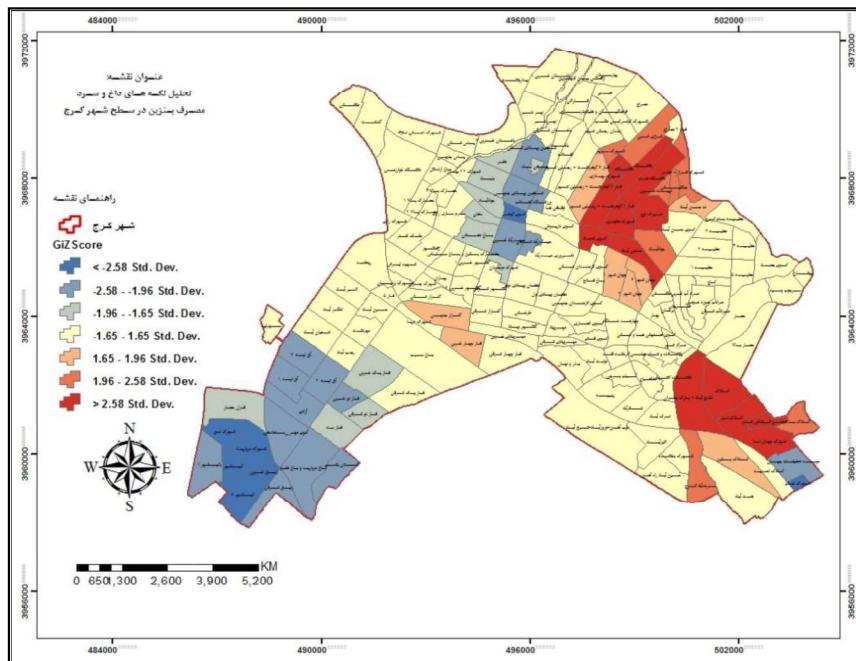
شکل شماره ۸. آماره G مصرف بنزین در سطح شهر کرج

در مرحله بعدی و تحلیل لکه‌های داغ و سرد مصرف بنزین شهر کرج باید به این نکته توجه کرد که؛ برای اینکه یک عارضه لکه داغ تلقی شود و از نظر آماری معنادار باشد باید هم خودش و هم عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند دارای مقادیر بالا باشند (عسگری، ۱۳۹۰: ۷۶). فرمول آن به شرح زیر است:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j - \bar{X}\sum_{j=1}^n w_{ij}}{s\sqrt{\left[n\sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2\right] / n - 1}}$$

در این فرمول \bar{X} مقدار خصیصه برای عارضه i و w_{ij} وزن فضایی بین عارضه i و j و n برابر با تعداد کل عارضه‌ها می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل این دستور در ابزار GIS و همان‌طور که از (شکل ۸) مشخص است؛ بیشتر محلات شهر کرج از لحاظ مصرف بنزین دارای آماره Z بالاتر و مساوی از سطح معناداری هستند و در طیف دامنه‌ای ۱-تا+۲ قرار گرفته‌اند. درواقع محلات مناطق ۸ که شامل محلاتی مانند؛ فاز ۱ و ۲ گوهردشت، دانشگاه هنر، کوی بعثت، شهرک اوج، شهرک مطهری، کوی اتحاد، شهرک بهداری، جوادآباد دارای لکه‌های قرمز و طیف آماره Z بالاتر از ۲ هستند. و در منطقه ۱۰ محلاتی مانند؛ شهرک جهان‌نما، مجتمع فرهنگی امام، کلاک، کلاک نو، خلچ آباد و

کلاک بالا دارای آماره Z بالاتر از ۱ هستند. و مناطقی مانند: موسسه تحقیقات و شهرک خاتم در منطقه ۱۰ و محلاتی مانند: کیانمهر ۱، کیانمهر ۲، باغ مردارید، زنق شرقی، زنق غربی، قزل حصار، کوی مهر و شهرک مردارید در منطقه ۳ شهر کرج دارای آماره Z منفی هستند و از لحاظ معناداری شاخص دارای اختلاف بالایی با سایر محلات شهر هستند. و همچنین با توجه به نتایج آزمون مناطقی مانند منطقه ۵ و سه شهر کرج که دارای وضعیت اسپرال و پراکنده‌گی بالاتری هستند مصرف بنزین بیشتری دارند.



شکل شماره ۹. تحلیل لکه‌های داغ و سرد مصرف بنزین در سطح شهر کرج

در این مرحله با استفاده از آزمون رگرسیون وزنی جغرافیایی به عنوان یکی از آزمون‌های تحلیل آمار فضایی، ارتباط فضایی بین فرم محلات شهر کرج به عنوان متغیر مستقل با متغیر وابسته (میزان مصرف بنزین) محاسبه شده است. GWR تکنیک آماری فضایی محلی است. هنگامی که واحد سنجش متغیر مورد بررسی از مکانی به مکان دیگر متفاوت می‌شود، این رگرسیون برای تحلیل ناهمسانی فضایی به کار می‌رود فرمول رگرسیون وزنی به شرح زیر است:

$$\hat{y} = \beta_0(\mu_i, v_i) + \sum_k \beta_k(\mu_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad \beta_0(\mu_i, v_i)\beta_k(\mu_i, v_i)N(0, \sigma^2)$$

در این رابطه (μ_i, V_t) مختلف هر موقعیتی از i است. $\beta_0(\mu_i, V_t)$ محل تقاطع برای موقوفیت α پارامتری محلی است که متغیر م مستقل x_k را در موقعیت i تخمین می‌زند و ε_i خطای تصادفی با فرض $N(0, \sigma^2)$ (فرض نرمال بودن) است. برای مجموعه داده‌های پارامتری محلی، $\beta_k(\mu_i, V_t)$ با استفاده از مراحل حداقل مربعات وزنی تخمین زده می‌شود. وزن‌های W_{it} برای $i, t = 1, 2, \dots, n$ در هر موقعیت i به عنوانتابع پیوسته‌ای از فواصل میان موقعیت i و موقعیت دیگر به دست می‌آید. (رفیعیان و زاهد، ۱۳۹۷: ۳۷۱). در واقع تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیا خروجی‌های مختلفی را ارائه می‌دهد که در بین خروجی‌های ارائه شده، مقادیر R و R^2 تعدیل شده (Adjusted R²) مهم‌ترین مقادیر هستند که نشان‌دهنده خوبی و دقت مدل مورداً استفاده هستند و هرچه این اعداد به ۱ نزدیک‌تر

باشد نشان دهنده این است که متغیر مستقل مورداستفاده به خوبی تغییرات متغیر وابسته را شرح می‌دهد. لذا با استفاده از رگرسیون وزنی محلی میزان تأثیر شاخص دسترسی‌پذیری به عنوان شاخص مهم فرم شهر بر مصرف بنزین برآورد شده است، مقدار R^2 متغیر دسترسی‌پذیری برابر با 0.88 است: یعنی شاخص فرم شهر با توجه به این متغیر در سطح اطمینان 95% به میزان 88 درصد از مصرف بنزین را توجیه می‌کند. همچنین مقدار $AICc^2$ عدد پایینی را نشان می‌دهد که این مو ضوع نشان دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است. آماره تو صیفی (Predicted قابل پیش‌بینی) تغییرات چشمگیری را نشان می‌دهد بهطوری که مشخصاً تغییرات فضایی بین متغیر مستقل و متغیر وابسته را به سمت مناطق حاشیه‌ای و تا حدودی مرکز مناطق ($10, 10, 76$) نشان می‌دهد. یعنی انتظار می‌رود برخلاف رویه کنونی ارتباط بین دسترسی‌پذیری و مصرف بنزین در این مناطق و محلات به سمت این مناطق از لحاظ فضایی تغییر پیدا کند.

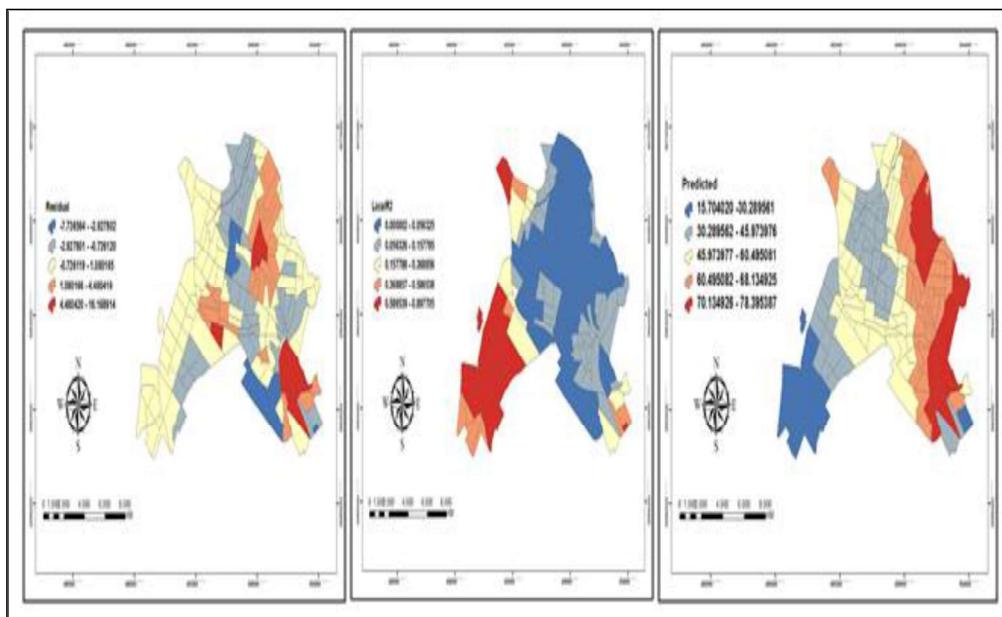
جدول شماره ۳. رگرسیون وزنی شاخص دسترسی‌پذیری

Predicted Residual	Squares	AdjustedR ²	Sigma ¹	AICc ²	R ²	متغیر
۰/۷۰	۱۵۲/۹۵	۰/۷۶	۱/۲۵	۶۶۶/۰۹	۰/۸۸	دسترسی‌پذیری

همان‌طور که از نقشه شماره 10 مشخص است همبستگی فضای بین شاخص دسترسی‌پذیری و مصرف بنزین در سطح شهر کرج بیش از 50% است و این همبستگی در محلات حاشیه شهر و مناطق 3 و 4 (مهرشهر) بیشتر است بهطوری که در محلات؛ گلستان یکم، باغ مروارید، کیانمهر $1, 2$ و 3 شهرک مروارید، کوی مهر، مهردشت، رجب آباد، اخگرآباد، شعبان آباد، آق تپه، فاز یک غربی و فاز یک شرقی، طالقانی و گلداشت به اوج خود می‌رسد که از دلایل این موضوع، فاصله زیاد با مرکز شهر، کمبود خدمات و امکانات در این قسمت‌های شهر و تجمع در مراکز شهر و کمبود ایستگاه‌های سوخت‌گیری اشاره کرد. همچنین مطابق با نقشه preduct به دست آمده این میزان ضریب همبستگی در سطح 70% معنادار است و تغییرات فضایی به سمت مناطق شرقی شهر مناطق $1, 10$ پیش‌بینی شده است.

۱. سیگما: شاخص انحراف معيار باقی مانده‌هاست و کوچکتر بودن آن نشانه برتری مدل است.

۲. آکاییک: یکی از شاخص‌های بسیار مفید برای مقایسه مدل‌های رگرسیون است که مقدار پایین آن نشان دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است.



شکل شماره ۱۰. آماره‌های توصیفی (StdResid, R2, Pridicted) شاخص دسترسی پذیری

مقدار R^2 متغیر اختلاط کاربری برابر با ۰/۸۷ است؛ یعنی شاخص فرم شهر با توجه به این متغیر در سطح اطمینان ۹۵٪ به میزان ۸۷ درصد از مصرف بنزین را توجیه می‌کند. همچنین مقدار AICc2 عدد پایینی را نشان می‌دهد که این موضوع نشان‌دهنده انتطاق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است. آماره توصیفی Pridicted تغییرات فضایی بین متغیر مستقل و متغیر وابسته را به سمت محلات حاشیه‌ای مناطق (۱۰) نشان می‌دهد. یعنی انتظار می‌رود برخلاف رویه کنونی ارتباط بین اختلاط کاربری و مصرف بنزین در این مناطق و محلات به سمت این مناطق ازلحاظ فضایی تغییر پیدا کند.

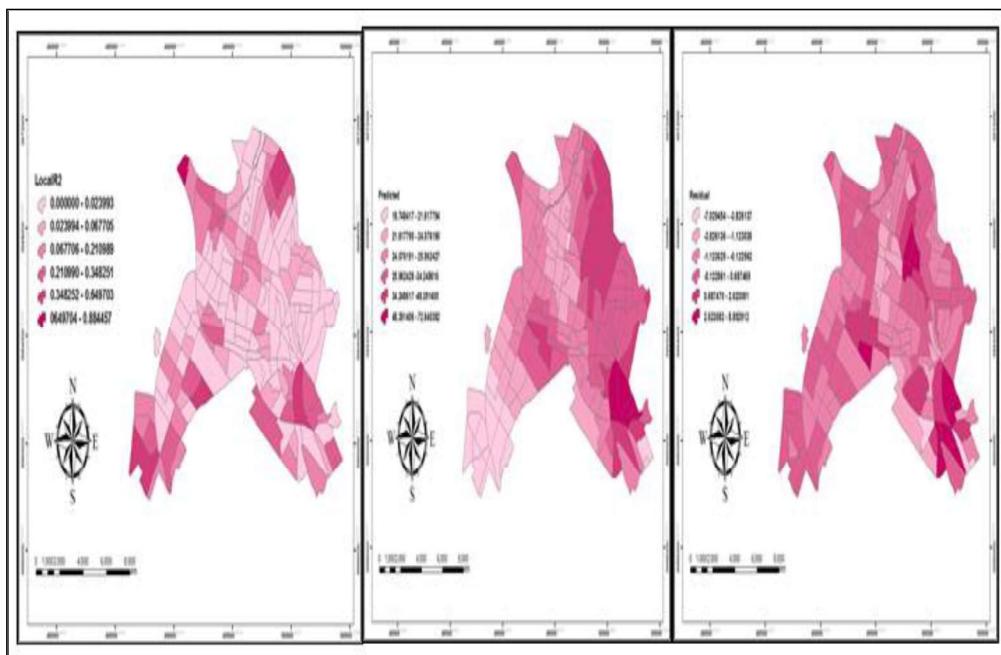
جدول شماره ۴. رگرسیون وزنی شاخص اختلاط کاربری

Pridicted	Squares Residual	AdjustedR2	Sigma1	AICc2	R2	متغیر
۰/۷۰	۳۸۴/۹۵	۰/۷۸	۱/۹۲	۷۸۵/۰/۹	۰/۸۷	اختلاط کاربری

با توجه به نقشه‌های خروجی شکل ۱۱ شاخص اختلاط کاربری با مصرف بنزین دارای همبستگی فضایی بالای است یعنی فرم شهر با مصرف بنزین دارای ارتباط فضایی بیش از ۸۰٪ است. البته این موضوع در مناطق ۸، ۱۰ و ۵ دارای ارتباط بیشتری است. در خروجی Pridicted این ارتباط فضایی دارای ۷۰٪ است و تغییرات فضایی در مناطق ۱، ۹ و حاشیه ۸ و ۷ قابل انتظار است.

۱- سیگما: شاخص انحراف میار باقی مانده‌هاست و کوچکتر بودن آن نشانه برتری مدل است.

۲- آکاییک: یکی از شاخص‌های بسیار مفید برای مقایسه مدل‌های رگرسیون است که مقدار پایین آن نشان دهنده انتطاق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است.



شکل شماره ۱۱. آماره‌های توصیفی (StdResid, R2, Predicted,)

نتیجه‌گیری

همچنین نتایج تحقیقات عرفانیان و همکاران در سال (۱۳۹۲) نشان داد؛ که مدل GWR یک ابزار ساده و مفید در تشخیص میزان همبستگی مختلف مکانی می‌باشد؛ بنابراین با نتایج تحقیق حاضر در بعد تحلیل مکان همخوانی دارد. نتایج پژوهش ریان-شیانگ لی^۱ (۲۰۱۸)، در نهایت راهکارهایی از جمله فشرده‌سازی را برای کاهش مصرف مفید دانستند. همچنین نتایج تحقیق جلالی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد؛ مناسبترین راهکارها کاهش مصرف سوخت شهری نیز عبارتند از: ۱- گسترش شبکه حمل و نقل عمومی؛ ۲- تدوین و اجرای استانداردهای کارایی مصرف سوخت ناوگان؛ ۳- آگاه کردن کاربران از روش‌های گوناگون حمل و نقل. همچنین روش تحقیق هادی پور و شراره پور در زمینه مصرف سوخت شهری اراک از نظر بکارگیری ابزار تحلیل در GIS و نتایج تحقیق با پژوهش حاضر همخوانی دارد. لذا با توجه به نتایج تحقیقات فوق نوادری تحقیق حاضر را می‌توان در زمینه تحلیل فضایی در سطح کوچکترین سطح فضایی شهر یعنی محلات شهر کرج (۱۷۳)، تهیه نقشه مقدار پیش‌بینی شده Predicted که برای برنامه‌ریزی اینده شهر مهم است ذکر نمود. انتخاب فرم کالبدی شهر مناسب با الگوی مصرف انرژی، به یکی از مهم‌ترین موضوعات و مسائل برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده است. زیرا غلبه الگوی شهر ماشینی بر سایر الگوهای شهری باعث ترویج و تشویق فرم کالبدی شهر پراکنده، خوبه‌نشینی و عوابق ناشی از آن، از جمله افزایش مصرف انرژی، جدایی محل کار و زندگی، تفکیک کاربری‌ها و آلودگی زیستمحیطی شده است. با توجه به اهمیت این موضوع، هدف تحقیق حاضر تحلیل تأثیر فرم شهر بر مصرف بنzinین کلان شهر کرج است، متغیر مستقل تحقیق فرم شهر با شاخص‌های (دسترسی‌پذیر، اختلاط کاربری) و متغیر وابسته مصرف بنzinین بوده است. در زمینه شاخص دسترسی‌پذیری محلات جنوبی تر منطقه ۱، ۷، ۸، ۱۰ و محلات مناطق ۵ و ۶ دارای و ضعیت منابعی هستند و محلات مناطق ۳، ۱۰ و قسمتهای غربی منطقه ۶ از و ضعیت منابعی در زمینه

دسترسی پذیری برخوردار نیستند. همچنین در بحث اختلاط کاربری مناطق حاشیه شهر وضعیت مطلوبی دارا نیستند و محلات مرکزی دارای اختلاط کاربری بالا و تقریباً نزدیک به یک هستند. در بحث تحلیل فضایی می‌توان گفت؛ در شرایط کنونی یک همبستگی فضایی بالای ۷۰٪ بین فرم شهر کرج و مصرف بنزین وجود دارد. به طوری که R2 به دست آمده در هر دو شاخص فرم شهر بالای ۷۵٪ در صد بوده و درواقع سطح معناداری بالا را نشان می‌دهد. همچنین در تحلیل الگوی مصرف بنزین، آماره موران و آماره G مؤید این مطلب هستند که مصرف بنزین از یک الگوی خوش‌های تبعیت می‌کند. درواقع با توجه نتایج این دو آماره می‌توان گفت داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی بالایی هستند. به طوری که با این نتایج فرضیه صفر رد می‌شود و این مقدار از این دو پارامتر نشان‌دهنده الگوی توزیع فضایی خوش‌های داده‌های مصرف بنزین در سطح محلات شهر کرج هستند. همچنین مقدار Pridicted به دست آمده در هر دو شاخص (دسترسی پذیری و اختلاط کاربری) همبستگی فضایی بالایی را با مصرف بنزین نشان می‌دهد و البته تغییرات فضایی از مناطق شهری؛ ۸، ۹، ۱۰ و ۵ را به سمت مناطق و محلات حاشیه‌ای شهر قابل انتظار است. درنهایت می‌توان گفت با توجه به اینکه بین متغیر فرم شهر و مصرف بنزین رابطه معنادار تأیید شده است، لذا پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

- ❖ برنامه‌ریزی در زمینه توسعه جایگاه‌های سوخت در مناطق ۳ و ۴ مهرشهر و محلات حاشیه شهر
- ❖ برنامه‌ریزی در جهت توزیع مناسب خدمات آموزشی، اداری و مکان‌های تجاری جهت دسترسی پذیری مناسب اکثر مناطق و محلات شهر به آن‌ها جهت کاهش مصرف سوخت بخصوص در مناطق ۶ و ۳.
- ❖ توسعه حمل و نقل عمومی جهت کاهش استفاده از اتومبیل شخصی و مصرف بنزین در سطح شهر به خصوص در مناطق ۱، ۸، ۹ و ۵.
- ❖ برنامه‌ریزی در جهت افزایش اختلاط کاربری در سطح محلات حاشیه شهر جهت کاهش سفر و متعاقباً مصرف بنزین؛ مناطق ۶ و ۳.
- ❖ فشرده‌سازی گام‌به‌گام محلات و مناطق شهر
- ❖ پیاده محوری سازی مناطق و محلات شهر جهت دسترسی به خدمات و امکانات موردنیاز شهروندان.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

- (۱) حاجی پور، خلیل و فروزان، نرجس. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی؛ نمونه موردی: شهر شیراز. نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، ۱۹ (۴)، ۲۶-۱۷.
- (۲) دیوسالار، اسدالله؛ کیانزاد تجنکی، سید قاسم و عیدی بوراء، محمد. (۱۳۹۸). تحلیل تطبیقی و سنجه ساخت و شکل شهری (مطالعه موردی: شهر بابل). مطالعات محیطی هفت حصار، ۱/۲۹، ۳۹-۵۰.
- (۳) رستگاری، حمزه. (۱۳۹۵). بررسی تطبیقی تأثیر فرم شهر بر رفتار سفر شهری و مصرف سوخت وسایل نقلیه. مطالعات محیطی هفت حصار، ۶ (۱۹)، ۳۰-۱۹.
- (۴) رضازاده، مرتضی. (۱۳۹۵). تأثیر فرم شهر بر الگوی مصرف انرژی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.
- (۵) رفیعیان، مجتبی؛ فتح جلالی، آرمان و داداشپور هاشم. (۱۳۹۰). بررسی و امکان سنجی تأثیر فرم و تراکم بلوک‌های مسکونی بر مصرف انرژی شهر، نمونه موردی شهر جدید هشتگرد. مجله آرمان شهر، ۴ (۶)، ۱۶-۱۰۷.
- (۶) رهنما، محمدرحیم و آقاجانی، حسین. (۱۳۹۲). تحلیل شاخص دسترسی در کلان شهر مشهد. جغرافیا توسعه ناحیه‌ای،

- (۱۱) رهنما، محمدرحیم و عباس زاده، غلامرضا. (۱۳۸۷). صول، مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر. مشهد: انتشارات جهاددانشگاهی.
- (۱۲) سرده، علی اکبر. (۱۳۹۵). سنجش تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر رفتارهای ترافیکی و میزان مصرف انرژی ساکنین مطالعه موردنی مناطق شهر تهران. رساله دکترا، دانشگاه مازندران.
- (۱۳) شاهینی فر، مصطفی و حبیبی، میرسالار. (۱۳۹۵). کاربرد روش جای پای اکولوژیک در ارزیابی پایداری جغرافیای ناحیه‌ای (مطالعه موردنی: شهرستان کرمانشاه). آمیش محیط، ۳(۳۲)، ۶۲-۴۱.
- (۱۴) پورجعفر، شجاع و طبیان، منوچهر. (۱۳۹۸). فراتحلیل رابطه فرم شهر و انرژی: مروری بر رویکردها، روش‌ها، مقیاس‌ها و متغیرها. *دانش شهرسازی*، ۳(۱)، ۰۷-۸۵.
- (۱۵) عبادی نیا، فهیمه؛ اجزاء شکوهی، محمد؛ رهنما، محمدرحیم و خوارزمی، امیدعلی. (۱۳۹۵). ارزیابی سناپیوهای حملونقل کم کربن شهر مشهد با استفاده از رویکرد جایپای بومشناختی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۹، ۱۲۹-۱۱۵.
- (۱۶) عسگری، علی. (۱۳۸۹). تحلیل امار فضایی با GIS. سازمان فناوری اطلاعات شهرداری کرج.
- (۱۷) غفاریان بهرمان، محمد؛ پریزادی، طاهر؛ شمامی، علی؛ خطیبی زاده، محمدرضا و شهسوار، امین. (۱۳۹۵). تحلیل فضایی زیست پذیری محلات شهری مورد مطالعه: منطقه ۱۸ تهران. *پژوهش‌های محیط‌رسانی*، ۷(۴۱)، ۴۳-۵۸.
- (۱۸) قربانی، رسول. (۱۳۸۴). تراکم و ساماندهی فضاهای شهری (مورد مطالعه: تبریز)، پایان نامه دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز.
- (۱۹) عرفانیان، مهدی؛ حسین خواه، مریم و علیجانپور، احمد. (۱۳۹۲). مقدمه‌ای بر روش‌های رگرسیون چند متغیره و GWR در مدلسازی مکانی اثرات کاربری اراضی بر کیفیت آب. *نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری*، ۱(۱)، ۵۷۳-۵۵۳.
- (۲۰) جلالی نائینی، احمدرضاء؛ مددوحی، امیررضا؛ علیمرادی، مهرداد و مجتبه‌زاده، مینا. (۱۳۹۰). راهبردها و راهکارهای مدیریت مصرف سوخت در حمل و نقل شهری: اولویت بندی بر اساس روش نمودار هسه. *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۱۶(۱)، ۷۵-۹۶.
- (۲۱) نیک پور، عامر؛ لطفی، صدیقه و رضازاده، مرتضی. (۱۳۹۴). تحلیل رابطه میان فرم شهر و شاخص دسترسی (مورد مطالعه: شهر بابلسر). *برنامه‌ریزی فضایی*، ۳(۷)، ۱۰۶-۸۵.

References

- 1) Akande, A., Cabral, P., Gomes, P., & Casteleyn, S. (2019). The Lisbon ranking for smart sustainable cities in Europe. *Sustainable Cities and Society*, 44, 475-487.
- 2) Alobaydi, D., Bakarman, M. A., & Obeidat, B. (2016). The Impact of Urban Form Configuration on the Urban Heat Island: The Case Study of Baghdad, Iraq. *Procedia Engineering*, 145, 820-827.
- 3) Asgari, A. (2011). *Spatial statistics analysis with GIS*. Karaj Municipality Information Technology Organization. [in Persian].
- 4) Banzhaf, H. S., & Kasim, M. T. (2019). Fuel consumption and gasoline prices: The role of assortative matching between households and automobiles. *Journal of environmental economics and management*, 95, 1-25.
- 5) Barakat, Y., Awad, E. N., & Ibrahim, V. (2016). Fuel consumption of gasoline ethanol blends at different engine rotational speeds. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(3), 309-315.
- 6) Divasalar, A., Kianjad, S., & Abdi Bora, M, (2020). Comparative analysis and measurement of urban construction and shape (Case study: City of Babylon). *Environmental Studies Seven Fences*, 8 (29), 39-50. [in Persian].
- 7) Ebadi Nia, F., Ajzashokuhi, M., Rahnama, M., & Kharazmi, M.A. (2015). Evaluation of low carbon transportation scenarios in Mashhad using the approach of ecological footprint. *geography and environmental hazards*, 19, 129-115. [in Persian].
- 8) Emekci, S., & Kayasü, S. (2017). Urban Form and Sustainability: The Case Study of Gaziantep in Turkey. *International Conference on Advances on Sustainable Cities*, Porto, Portugal, 15 - 17 November 2017, 95-110
- 9) Erfanian, M., Hosseinkhah, M., & Aljanpour, A. (2013). Introduction to multivariate regression

- methods OLS and GWR in spatial modeling of land use effects on water quality. *Journal of Watershed Management Promotion and Development*, 1 (1), 553-573.[in Persian].
- 10) Ghaffarian, B., Mohammad, P., Taher, S., Khatibizadeh, A., Mohammad, R., & Shahsavar, A. (2016). Spatial analysis of livability of urban areas studied: District 18 of Tehran. *Environmental Research*, 7 (41), 45 -58. [in Persian].
 - 11) Gorbani. R. (2014). *Density and organization of urban spaces (Case study: Tabriz)*. PhD thesis in Geography and Urban Planning, University of Tabriz. [in Persian].
 - 12) Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *science*, 319 (5864), 756-760.
 - 13) Hajipour, K., & Forouzan, N. (2014). The effect of city form on the amount of functional energy consumption in the residential sector, case study: Shiraz. *Journal of Fine Arts - Architecture and Urban Planning* , 19 (4), 17-26. [in Persian].
 - 14) Hsieh, S., Schüler, N., Shi, Z., Fonseca, J. A., Maréchal, F., & Schlueter, A. (2017). Defining density and land uses under energy performance targets at the early stage of urban planning processes. *Energy Procedia*, 122, 301-306.
 - 15) Hui, S. C. (2001). Low energy building design in high density urban cities. *Renewable energy*, 24(3-4), 627-640
 - 16) Jalali, N., Mamdouhi, A., & Alimoradi, M. (2012). Strategies and strategies for fuel consumption management in urban transportation: Prioritization based on Hesse diagram method. *Journal of Planning and Budgeting*, 16 (1), 75-96. [in Persian].
 - 17) Javanroodi, K., Nik, V. M., & Mahdavinejad, M. (2019). A novel design-based optimization framework for enhancing the energy efficiency of high-rise office buildings in urban areas. *Sustainable Cities and Society*, 49, 101597.
 - 18) Jhang, S. R., Lin, Y. C., Chen, K. S., Lin, S. L., & Batterman, S. (2020). Evaluation of fuel consumption, pollutant emissions and well-to-wheel GHGs assessment from a vehicle operation fueled with bioethanol, gasoline and hydrogen. *Energy*, 209, 118436.
 - 19) Kim, K., Yi, C., & Lee, S. (2019). Impact of urban characteristics on cooling energy consumption before and after construction of an urban park: The case of Gyeongui line forest in Seoul. *Energy & Buildings*, 191, 42–51
 - 20) Lam, JC. (2000). Shading effects due to nearby buildings and energy implications. *Energy Conversion and Management*, 47 (7):647–59
 - 21) Li, X. X. (2018). Linking residential electricity consumption and outdoor climate in a tropical city. *Energy*, 157, 734-743.
 - 22) Marique, A. F., & Reiter, S. (2011). A method to evaluate the energy consumption of suburban neighborhoods. *HVAC & R Research*, 18 (1-2), pp 88-99.
 - 23) Martin, JC., Millington, P., Campbell, B., Barron, L., & Fisher, S. (2019). On-board generation of hydrogen to improve in-cylinder combustion and after-treatment efficiency and emissions performance of a hybrid hydrogen-gasoline engine. *Int J Hydrogen Energy*, 44(25),12880-12889.
 - 24) Mörtberg, U., Goldenberg, R., Kalantari, Z., Kordas, O., Deal, B., Balfors, B., & Cvetkovic, V. (2017). Integrating ecosystem services in the assessment of urban energy trajectories – A study of the Stockholm Region. *Energy Policy*, 100, 338-349.
 - 25) Nikpour, A., Lotfi, S., & Rezazadeh, M. (2015). Analysis of the relationship between city form and access index (Case study: Babolsar city). *Spatial Planning*, 7 (3), 85-106. [in Persian].
 - 26) OECD., (2016). *Consumption Tax Trends 2016*. https://read.oecd-ilibrary.org/taxation/consumption-tax-trends-2016_ctt-2016-en.
 - 27) Ogle, J., Delparte, D., & Sanger, H. (2017). Quantifying the sustainability of urban growth and form through time: An algorithmic analysis of a city's development. *Applied Geography*, 88, 1-14.
 - 28) Pourjafar,S. and Tabibian.M (2018). Meta-analysis of the relationship between city form and energy: An overview of approaches, methods, scales and variables. *Urban Planning Knowledge*, 3 (1), 85-107. [in Persian].
 - 29) Rafieian, M., Fath, J., & Dadashpour, H. (2011). Investigation and Feasibility Study of the Effect of Form and Density of Residential Blocks on Energy Consumption of the City, Case Study of Hashtgerd New City. *Armanshahr Magazine*, 4 (6), 107-116. [in Persian].
 - 30) Rahnama, M., & Abbaszadeh, G. (2008). *Principles, Foundations and Models of Measuring the Physical Form of the City*. Mashhad: Jihaddaneshgahi Publications. [in Persian].
 - 31) Rastegari, H. (2016). A Comparative Study of the Effect of City Form on Urban Travel Behavior and Vehicle Fuel Consumption. *Haft Hesar Environmental Studies*, 6 (19), 19-30. [in Persian].
 - 32) Resch, E., Bohan, R., Kvamsdal, T., & Lohne, J. (2016). Impact of urban density and building height

- on energy use in cities. *SBE16 Tallinn and Helsinki Conference; Build Green and Renovate Deep*, 5-7 October 2016.
- 33) Rezazadeh, M. (2016). *The effect of city form on energy consumption pattern*. Master Thesis, University of Mazandaran. [in Persian].
- 34) Sallee, James M., West, Sarah E., & Fan, Wei. (2016). Do consumers recognize the value of fuel economy? Evidence from used car prices and gasoline price fluctuations. *J. Publ. Econ.* 135, 61-73.
- 35) Sardreh, A. (2016). *Measuring the effect of urban form indicators on traffic behaviors and energy consumption of residents, a case study of Tehran*. PhD thesis, University of Mazandaran. [in Persian].
- 36) Shahinifar, M., & Habibi, M. (2016). Application of ecological footprint method in assessing the stability of regional geography (Case study: Kermanshah city). *Environmental Management*, 9 (32), 41-62 . [in Persian].
- 37) Sikder, S. K., Nagarajan, M., Kar, S., & Koetter, T. (2018). A geospatial approach of downscaling urban energy consumption density in mega-city Dhaka, Bangladesh. *Urban climate*, 26, 10-30.
- 38) Small, Kenneth A., & Van Dender, K. (2007). Fuel efficiency and motor vehicle travel: the declining rebound effect. *Energy J.* 28, (1), 25-52.
- 39) Surkyn, J., & Lesthaege, R. (2004). Value orientations and the second demographic transition in Northern, Western and Southern Europe: anupdate. *Demographic Research*, 3 (3), 45–99.
- 40) Yang, Y., Liu, J., Lin, Y., & Lin, Q. (2019). The impact of urbanization on China's residential energy consumption. *Structural Change and Economic Dynamics*, 49, 170–182
- 41) Yin, C., Yuan, M., Lu, Y., Huang, Y., & Liu, Y. (2018). Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model. *Science of The Total Environment*, 634, 696-704.
- 42) Zhang, Y., Bert, G., & Krista S., (2016). Exploring the link between urban form and work related transportation using combined satellite image and census information: Case of the Great lakes region. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, number, 47, 139–159.