The Journal of Geographical Research on Desert Areas
11th Year – No. 1- Spring and Summer 2023, pp. 103-120
Home page: http://grd.yazd.ac.ir/
P-ISSN: 2345-332X E-ISSN: 2588-7009

Original Research Article

Spatial analysis of the household energy consumption patterns in the neighborhoods of Birjand City

Mostafa Amirfakhrian[1*], Sahar Sofalgar[2]

[1] Assistant professor, Department of Geography at Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[2] Ma student of geography and urban planning at Ferdowsi University of Mashhad, Iran

10.22034/GRD.2023.18954.1548

Received:
September 8, 2022
Accepted:
November 1, 2022

Keywords:
Energy consumption, Spatial analysis, City form, Physical characteristics, Birjand City

Abstract

Energy and its consumption pattern are among the basic issues related to sustainable development. An important part of the difference among the energy consumption patterns of cities is explained by the city form and its spatial characteristics. Therefore, the present study seeks to measure the pattern of gas consumption in the domestic part of Birjand using spatial analysis methods. The study is descriptive-analytical, and the research variables include energy consumption, population, building quality, age of the building, area of residential uses, building facade and urban form. The study area also includes 5353 residential plots in five neighborhoods of Birjand City which have different physical and socio-economic characteristics. In the first step, after collecting the data related to gas consumption by the residential units, a spatial database was created with the ArcGis software. The physical characteristics of each piece were collected in this database. In the following, the findings were analyzed using classical statistical methods (such as correlation coefficient, analysis of variance and Shannon's entropy) and spatial statistical methods (such as density models, two-way Moran and spatial autocorrelation). The results showed that energy consumption has a negative correlation with the variables of building age, population and building quality, and a positive correlation with the entropy coefficient. This means that, in addition to their short lifespan and lower population density, new buildings are not able to effectively reduce energy consumption. On the other hand, despite their high population, organic urban textures have a lower amount of energy consumption. This issue shows the necessity of paying attention to building renewal processes and its effect on energy consumption, as compared to older textures. In addition, it shows that paying attention to the spatial patterns of consumption is a key point in improving the energy consumption pattern.

E-ISSN: 2588-7009 /© 2023. Published by Yazd University. This is an open access article under the CC BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[*] **Corresponding Author:** Mostafa Amirfakhrian
Address: Department of Geography at Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Email: amirfakhrian@um.ac.ir

Extended Abstract

1. Introduction

Energy and its consumption pattern are among the basic issues related to sustainable development. In a city, an important part of the energy consumption pattern is explained by the city form and its spatial characteristics. Therefore, the present study seeks to measure the pattern of gas consumption in the domestic part of Birjand using spatial analysis methods. Birjand is a city in South Khorasan Province with an area of 3305 hectares. It is located in a dry climate. Considering the per capita difference of energy consumption in different parts of the city and its different status in terms of physical characteristics and urban form, these characteristics seem to be effective in energy consumption. Therefore, the present study attempts to answer the question 'What is the relationship between physical characteristics and urban form and the amount of gas energy consumption in this city'? The issue is investigated in five urban neighborhoods with different formal and physical characteristics.

2. Research Methodology

The study is descriptive-analytical, and the research variables include energy consumption, population, building quality, age of the building, area of residential uses, building facade and urban form. The study area also includes 5353 residential plots in five neighborhoods of Birjand City which have different physical and socio-economic characteristics. In the first step, after collecting the data related to gas consumption by the residential units, a spatial database was created with the ArcGis software. The physical characteristics of each piece were collected in this database. In the following, the findings were analyzed using classical statistical methods (such as correlation coefficient, analysis of variance and Shannon's entropy) and spatial statistical methods (such as density models, two-way Moran and spatial autocorrelation).

3. Results and discussion

The results showed that energy consumption has a negative correlation with the variables of building age, population and building quality and a positive correlation with the entropy coefficient. This means that, in addition to their short lifespan and lower population density, the new parts of the city cannot effectively reduce energy consumption. Despite their high population, the organic texture of the city has a lower amount of energy consumption. This issue shows the necessity of paying attention to tissue renewal processes and its effect on energy consumption. Moreover, it shows that paying attention to the spatial patterns of consumption is a key point in improving the energy consumption pattern.

4. Conclusion

Energy consumption is one of the important issues related to the current and future life of cities. The costs of the supply and distribution of energy on the one hand and its harmful effects on the environment on the other hand have raised the importance of moving towards the sustainable development of cities. Meanwhile, in countries like Iran, due to the cheap price of fuel, the issue of energy and its optimal consumption has a lower position in the development direction. In this regard, as this study also showed, it is not possible to optimize energy consumption and modify the consumption pattern, regardless of the characteristics and spatial differences (even on urban scales). This issue is especially of concern in big cities that have a high variety of living patterns and lifestyles. Therefore, setting a single pattern for them is inappropriate. The findings of this study showed that the consumption pattern is a function of many variables that can have different conditions in each situation. Based on the general result of this study, an important part of the differences among consumption patterns is explained by the spatial factors. Therefore, the modification of the consumption pattern is an aim to achieve under the synergy of various specialties. Part of this issue depends on the understanding of spatial patterns.

کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی
سال یازدهم، شماره اول، بهار و تابستان۱۴۰۲، صفحات ۱۲۰ - ۱۰۳
Home page: http://grd.yazd.ac.ir/
P-ISSN: 2345-332X E-ISSN: 2588-7009

مقاله پژوهشی

تحلیل فضایی الگوی مصرف انرژی‌بخش خانگی در محلات شهر بیرجند

مصطفی امیرفخریان [۱*]، سحر سفالگر [۲]

[۱]استادیار گروه آموزشی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
[۲]دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری در دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

10.22034/GRD.2023.18954.1548

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۶/۱۷
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۸/۱۰

چکیده

انرژی و الگوی مصرف آن ازجمله موضوعات اساسی مرتبط با توسعه پایدار است. دریک شهر، بخش مهمی از تفاوت در الگوی مصرف انرژی را فرم‌شهر و ویژگی‌های مکانی آن تبیین می‌کند. براین اساس، مطالعه حاضر درصدداست با تکیه‌بر روش‌های تحلیل فضایی، الگوی مصرف گاز در بخش خانگی شهر بیرجند را موردسنجش قرار دهد. مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی و متغیرهای تحقیق شامل: مصرف انرژی، جمعیت، کیفیت ابنیه، قدمت بنا، وسعت قطعات، نمای ساختمان و فرم شهری است. محدوده موردمطالعه نیز شامل ۵۳۵۳ قطعه مسکونی، در ۵ محله شهر بیرجند باویژگی های متفاوت کالبدی، اجتماعی-اقتصادی است. درگام اول پس از جمع‌آوری داده‌های مرتبط با مصرف گاز به تفکیک واحدهای مسکونی، اقدام به تشکیل پایگاه‌اطلاعات‌مکانی درمحیط ArcGis گردید. همچنین در این پایگاه ویژگی‌های کالبدی هر قطعه نیز جمع‌آوری شد. در ادامه با بهره‌گیری از روشهای آمارکلاسیک (ضریب همبستگی، تحلیل واریانس وآنتروپی‌شانون) و روشهای آمارفضایی (نظیر مدلهای تراکمی، موران‌دوطرفه وخودهمبستگی فضایی)، اقدام به تحلیل یافته‌ها شد. نتایج نشان دادکه مصرف انرژی با متغیرهای قدمت‌بنا، جمعیت و کیفیت ابنیه رابطه معکوس و با ضریب آنتروپی رابطه مستقیم دارد. این بدان معنی است که بافتهای نوساز، علاوه بر عمرکم و تراکم کمتر جمعیت، نتوانسته‌اند در کاهش مصرف انرژی اثرگذار باشند. دردیگرسو بافتهای ارگانیک با وجود جمعیت بالا، میزان‌کمتری از مصرف انرژی را نشان می‌دهند. این موضوع ضرورت توجه به فرایندهای نوسازی بافت و اثرگذاری آن بر مصرف انرژی را در مقایسه با بافت های با قدمت بالاتر نشان می‌دهد. از سوی دیگر مبین آن است که توجه به الگوهای مکانی مصرف، از جمله نکات کلیدی در اصلاح الگوی مصرف انرژی خواهد بود.

کلیدواژه‌ها:
مصرف انرژی، تحلیل فضایی، فرم شهر، ویژگی‌های کالبدی، شهر بیرجند

E-ISSN: 2588-7009 /© 2023. Published by Yazd University. This is an open access article under the CC BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

*نویسنده مسئول: مصطفی امیرفخریان
آدرس: دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
ایمیل: amirfakhrian@um.ac.ir

۱ مقدمه

افزایش جمعیت شهرنشین جهان و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی ازجمله چالش‌های مهم محدوده‌های شهری در قرن ۲۱ است (لو[1] و دانگ، ۲۰۲۲: ۱). اتخاذ سیاست‌هایی در جهت کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری انرژی یکی از اولویت‌های اصلی در راستای نیل به اهداف توسعه پایدار شهری بشمار می‌آید (موتانی و تودسکی[2]، ۲۰۲۱: ۲).

در محیط‌های شهری، عدم یکپارچگی حوزه برنامه‌ریزی‌شهری و حوزه برنامه‌ریزی انرژی سبب تناقض در دیدگاه‌ها و عدم دستیابی شهرها به اهداف حوزه انرژی پایدار شده است (دی پاسکالی و بگاینی[3]، ۲۰۱۹: ۴). به‌عنوان‌مثال در تدوین طرح‌های توسعه شهری، برنامه‌ریزان اغلب با توجه به شاخص‌های کالبدی و درجه توسعه‌یافتگی هر محدوده و بدون توجه به عملکرد انرژی، اقدام به برنامه‌ریزی می‌کنند (یو و همکاران، ۲۰۲۱: ۳). ازاین‌رو از دغدغه‌های اصلی مدیریت انرژی در مناطق شهری، توجه به پارامترهای برنامه‌ریزی شهریِ مؤثر، در مصرف انرژی است (لنگ و همکاران[4]، ۲۰۲۰: ۸).

مروری بر مطالعات پیشین تکیه‌بر عواملی همچون نقش کاربری مسکونی و اختلاط کاربری در کاهش مصرف انرژی و تولید گاز co2(جی و همکاران[5] ۲۰۲۲)، فرم شهری و پیکربندی خیابان‌ها در بهبود مصرف انرژی (لی و همکاران[6]، ۲۰۱۸)، (رفیعیان، فتح جلالی و داداش‌پور، ۱۳۹۰) و (حاجی‌پور و فروزان،۱۳۹۳)، رشد افقی و افزایش مصرف انرژی (میونیز و روهاس[7] ۲۰۱۹)، ساختار شهر و توسعه چندهسته‌ای (ین و همکاران[8]۲۰۱۵)، فرم شهری، ترکیب کاربری‌ها و شکل ساختمان‌ها (سیلوا و همکاران[9]، ۲۰۱۷)، نقش ساختمان‌های ناکارآمد در بهره‌وری مصرف انرژی (یانگ و همکاران[10] ۲۰۱۸)، مصرف انرژی و فرم ساختمان و فرم فشرده (نیک‌پور و همکاران،۱۳۹۷) و الگوی ساختمان و ساختار شبکه ارتباطی (فرخی، ایزدی و کریمی،۱۳۹۷) اهمیت بیشتری دارند.

در ارتباط بافرم شهری و مصرف انرژی، مرور مطالعات بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۹ درمجموع ۷ دسته مجزا را نشان می‌دهد: ۱- تأکید بر بخش ساختمان و شاخص‌های مربوط تراکم، ۲- نوع کاربری زمین، ۳- حمل‌ونقل، ۴- ساختمان‌ها و حمل نقل، ۵- فرم شهری و رابطه آن با تغییر اقلیم، جزایر حرارتی، آسایش اقلیمی و پایداری، ۶- فرم شهری و بارهای حرارتی و ۷- فرم شهری و مدیریت انرژی (شجاع، پور جعفر و طبیبیان، ۱۳۹۸).

با توجه به مطالب یادشده، مطالعه پیش رو به دنبال آن است تا با تکیه‌بر مدل‌های تحلیل فضایی، الگوی مصرف انرژی گاز در بخش خانگی را در محدوده شهر بیرجند موردبررسی قرار دهد. یافته‌ها و ادبیات مطالعه نشان می‌دهد که مصرف انرژی با موضوعاتی همچون کیفیت ابنیه، قدمت بنا، وسعت قطعات، نمای ساختمان و فرم شهری در رابطه است. از دیگرسو رویکردهای فعلی در توسعه پایدار تکیه ویژه‌ای بر کاهش مصرف انرژی دارد. این در حالی است که نوسازی بافت‌های فرسوده، کمک شایانی به کاهش مصرف انرژی نکرده است. ازاین‌رو اهمیت دارد تا به شکلی دقیق، این موضوع موردسنجش واقع شود که متغیرهای کالبدی مرتبط با بافت شهری در خصوص کاهش مصرف انرژی در حال حاضر چگونه عمل می‌کنند؟ با توجه به ماهیت تحلیل‌های فضایی، تکیه‌بر نمایش تفاوت‌های مکانی مصرف انرژی و ارتباط آن با ویژگی‌های مرتبط بافرم شهر و ویژگی‌های کالبدی است. بیرجند، شهری در استان خرسان جنوبی با وسعتی معادل ۳۳۰۵ هکتار است که پس از جدا شدن خراسان جنوبی از استان خرسان بزرگ در سال ۱۳۸۳ به‌عنوان مرکز استان ارتقاء یافت (اسکندری ثانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۶۲). این شهر در محدوده اقلیمی خشک قرار دارد که از ویژگی‌های آن تابستان‌های گرم-خشک و زمستان‌های سرد-خشک است. با توجه به تفاوت سرانه مصرف انرژی در قسمت‌های مختلف شهر بیرجند و وضعیت متفاوت آن ازنظر ویژگی‌های کالبدی، فرم شهری، به نظر می‌رسد این ویژگی‌ها در میزان مصرف انرژی آن اثرگذار باشد. براین اساس مطالعه حاضر تلاش دارد در قالب این سؤال که «چه ارتباطی بین ویژگی‌های کالبدی و فرم شهری و میزان مصرف انرژی گاز در این شهر وجود دارد»؟ به بررسی موضوع در پنج محله با ویژگی‌های فرمی و کالبدی متفاوت در این شهر بپردازد.

نوآوری پژوهش در شیوه تحلیل و مقیاس مطالعه است. بهره‌گیری از مدل فضایی موران دوطرفه، تفاوت‌های فضایی در مقیاس قطعات مسکونی را روشن می‌سازد. این موضوع سبب خواهد شد تا با گذر از تعمیم ضرایب کلی، وضعیت هر محدوده به شکل دقیق در ارتباط با متغیرهای موردنظر مشخص شود و تصویر کامل‌تری از این ارزیابی حاصل شود. امری که در مطالعات پیشین مشاهده نمی‌شود. در مطالعات پیشین عمدتاً با تکیه‌بر ضرایب، درصدد تعمیم نتایج بر کل محدوده بوده‌اند. ازاین‌رو یافته‌های مطالعه می‌تواند در خصوص اثرگذاری و ارتباط متغیرها، وضعیت متفاوتی را نشان دهد.

---

1 Liu
2 Mutani and Todeschi
3 Pascali and Bagaini
4 Leng et al
5 Ji et al
6 Li et al
7 Muñiz & Rojas
8 Yin et al
9 Silva et al
10 Yang et al

۲ مبانی نظری

مسائل برنامه‌ریزی انرژی، فرآیند تعیین چشم‌انداز بلندمدت برای یک سیستم انرژی است که عمدتاً توسط سازمان‌های دولتی انجام می‌شود (باتیا[1]، ۲۰۱۴: ۱۹). در این میان مدیران محلی به‌عنوان مهم‌ترین ذی‌نفعان در فرآیندهای برنامه‌ریزی مصرف انرژی شهری، شناخته می‌شوند چراکه درک و شناخت جامع‌تری از شرایط محلی و سیاست‌های اجرایی در حوزه انرژی در سطح محلی دارند (یو و همکاران[2]، ۲۰۲۱: ۱۵۹).

ازجمله موضوعات مرتبط با مصرف انرژی در مناطق شهری، ویژگی‌های کالبدی آن‌ها است. در این رابطه گزارش سازمان ملل به تأثیر فرم شهر بر مصرف انرژی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار تاکید بیشتری دارد (ماریکو و ریتر[3]، ۲۰۱۲: ۹۱). زیرا افزایش درک چگونگی رابطه میان فرم شهری و مصرف انرژی درزمینهٔ سیاست‌گذاری در ارتباط با مفاهیم توسعه پایدار شهری بسیار مؤثر است. در این رابطه نتایج تحقیقات لی و همکاران (۲۰۱۸) در شهر نینگبو چین با استفاده از مدل رگرسیون چند سطحی و کنترل متغیرهای جمعیتی، اقتصادی و اجتماعی نشان می‌دهد که پیکربندی خیابان‌ها، چگونگی سایه‌اندازی متقابل ساختمان‌ها و سایهٔ درختان بر روی ابنیه، تراکم محله‌ها و همچنین تعداد خانوار در هر آپارتمان در بهبود مصرف برق در فصل تابستان بسیار تأثیرگذار است به‌نحوی‌که افزایش تراکم در محله، در ماه‌های تابستان باعث کاهش قابل‌توجه مصرف انرژی می‌شود. از منظری دیگر برخی یافته‌ها حکایت از آن دارد که بهبود اختلاط کاربری در سطح شهرها و کاهش مسافت بین کاربری‌ها ردپای کردن را در شهرها کاهش می‌دهد (جی و همکاران،۲۰۲۲). براین اساس حامیان رویکرد شهر پایدار، سیستم‌های شهری متراکم و فشرده را مناسب‌ترین الگو برای کاهش مصرف انرژی پیشنهاد می‌کنند (ین و همکاران،۲۰۱۵). شواهد موجود نشان از آن دارد که در برخی شهرها، فرم شهری به میزان ۷۸ درصد در مصرف انرژی مؤثر بوده و ارتباط شاخص‌های تعداد طبقات، ترکیب کاربری و مساحت طبقات با مصرف انرژی بیش از سایر موارد است (سیلوا و همکارن،۲۰۱۷). مرور مطالعات انجام‌شده توسط شجاع، پور جعفر و طبیبیان بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد که مطالعات صورت گرفته در حوزهٔ رابطهٔ میان فرم شهری و مصرف انرژی را می‌توان در ۷ دستهٔ: ۱- فرم شهری (با تاکید بر بخش ساختمان و یا یکی از شاخص‌های مربوطه به‌ویژه تراکم) و انرژی، ۲- فرم شهری (با تاکید بر کاربری زمین) و انرژی، ۳- فرم شهری (با تاکید بر حمل‌ونقل) و انرژی، ۴- فرم شهری (با تاکید بر بخش ساختمان و حمل نقل) و انرژی) ۵- فرم شهری و رابطه آن با تغییر اقلیم، جزایر حرارتی، آسایش اقلیمی و پایداری، ۶- فرم شهری و بارهای حرارتی و ۷- فرم شهری و مدیریت انرژی یا برنامه‌ریزی و سیاست‌های انرژی طبقه‌بندی نمود.

همچنین تجربیات جهانی در این خصوص بیانگر اقدامات مؤثر برخی از کشورها در حوزه انرژی در مناطق شهری است. تجربه کشورهایی نظیر مالزی (صحرایی نژاد، ۱۴۰۰: ۱۰۰)، کره جنوبی (شهرهای هوشمند کره جنوبی، ۲۰۱۶: ۱۵) و انگلیس (برک پور و مسنن زاده،۱۳۹۰، ۴۷) ازجمله این موارد است. در حوزه انرژی، دو رویکرد کلی در طرح‌های توسعه شهری انگلستان دنبال می‌شود. در رویکرد اول، بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌عنوان یکی از اهداف کلیدی ملی و بین‌المللی، در قلب برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای انگلیس قرارگرفته است. در رویکرد دوم، تمرکز بر تدوین سیاست‌هایی برای تولید و حفاظت انرژی است. درواقع انعکاس سیاست‌های کاهش مصرف انرژی در اجزای ساخت شهر اعم از شبکه حمل‌ونقل، نظام مراکز و نظام کاربری‌ها دسته‌بندی‌شده است (برک پور و مسنن زاده، ۱۳۹۰: ۴۷).

در مقایسه با گذشته امروزه، سیاست‌گذاری در حوزه بهبود بهره‌وری انرژی در محیط‌های شهری، بیشتر موردتوجه است (وندر هون[4]، ۲۰۱۳). یافته‌ها نشان از آن دارد که برای دستیابی به درک جامع در این حوزه، بایستی چندین معیار در یک مدل با یکدیگر ادغام شوند. لذا برای دستیابی به نتایج قابل‌اعتماد نیاز به همکاری بین‌رشته‌ای و ترکیب ابزار و روش‌ها در زمینه‌های مختلف وجود دارد (کوان و لی[5]، ۲۰۲۱).

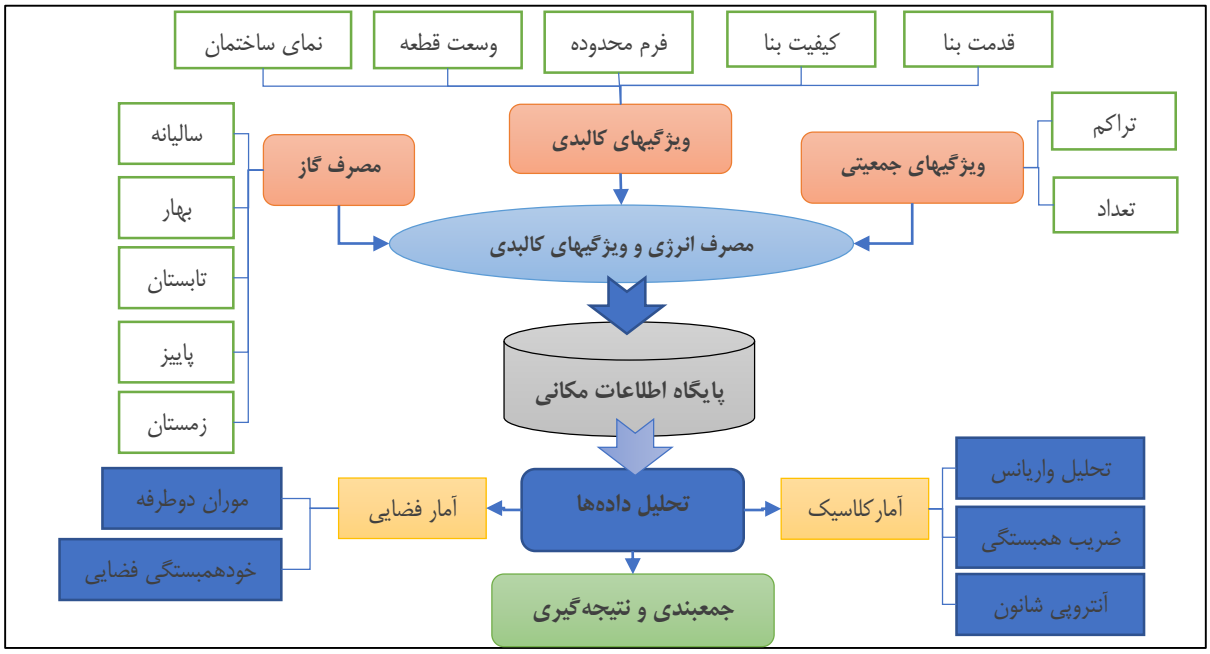
۳ داده‌ها و روش

روش با توجه به هدف و سؤال اصلی، از روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده‌شده است. با مطالعات اسنادی، متغیرهای کالبدی اثرگذار در مصرف انرژی شناسایی گردید. در گام بعدی با مراجعه به اداره گاز شهرستان بیرجند، داده‌های مربوط به مصرف گاز در محلات هدف به تفکیک قطعات مسکونی اخذ گردید. همچنین اطلاعات مربوط به ویژگی‌های کالبدی با استفاده از پایگاه اطلاعات مکانی شهر بیرجند جمع‌آوری شد. در گام بعد با تشکیل پایگاه اطلاعات مکانی در محیط ArcGis، اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی از محدوده موردنظر برحسب شاخص‌های شناسایی‌شده گردید.

متغیرهای تحقیق شامل مصرف گاز به تفکیک ۵۳۵۳ قطعه مسکونی محلات هدف از یکسو و متغیرهای کالبدی مرتبط با ویژگی‌های هر قطعه شامل وسعت، کیفیت ابنیه، قدمت ابنیه، نمای ساختمان و همچنین جمعیت ساکن در هر واحد مسکونی از سوی دیگر

[1] Bhatia
[2] Yu et al
[3] Marique & Reiter
[4] Van der Hoeven
[5] Quan & Li

بوده است. علاوه بر این شاخص فشردگی نیز به‌عنوان شاخص فرم بافت، به‌عنوان یکی دیگر از متغیرهای مرتبط با موضوع، مدنظر قرار گرفت. در گام بعدی با استفاده از ۱) تحلیل‌های آماری کلاسیک همچون ضریب آنتروپی، تحلیل واریانس و ضریب همبستگی و ۲) تحلیل‌های آماری فضایی نظیر خودهمبستگی فضایی دوطرفه و شاخص موران، اقدام به سنجش میزان ارتباط متغیرهای تحقیق با میزان مصرف گاز در محلات هدف شد. نتایج حاصله در دو سطح کلان (در سطح کلیه محلات) و محلی (در سطح قطعات مسکونی در هر محله) در قالب نقشه، نمودار و جدول، تهیه و نهایتاً از کنارهم قرار دادن لایه‌های تهیه‌شده، اقدام به ترکیب داده‌ها با یکدیگر و نتیجه‌گیری نهایی شد. به‌منظور انجام تحلیل‌ها از نرم‌افزارهای ArcGis، Spss و GeoDa کمک گرفته‌شده است (شکل ۲).



شکل ۱- متغیرها و فرایند انجام مطالعه

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱، بر اساس مطالعات (نرمن، مک لین و کندی[1]، ۲۰۰۶)، (جیانگ و همکاران[2]، ۲۰۲۰)، (بیکایی و میلر[3]، ۲۰۱۷)، (نیکلز و کاکلمن[4]، ۲۰۱۵)، (اکوسزن و همکاران[5]، ۲۰۱۵)، (مالهوترا و همکاران[6]، ۲۰۲۲)، (امورسو، دنوسکا و اسکومدا[7]، ۲۰۱۸)، (فرناندز[8]، ۲۰۰۸)، (کافورالاو گیوالا[9]، ۲۰۰۹)، (لی و شی[10]، ۲۰۱۵)، (اندرسون، ولفورست و لانگ[11]، ۲۰۱۵)، (سوان و اوگورسال[12]، ۲۰۰۹) و (کاوجیک و همکاران[13]، ۲۰۱۰)

محدوده موردمطالعه شهر بیرجند است اما نظر به گستردگی شهر از یکسو و عدم دسترسی به اطلاعات مصرف انرژی گاز برای کل محدوده شهر به تفکیک قطعات مسکونی، اقدام به انتخاب ۵ محدوده از محلات شهر بیرجند در شمال (محله بازار)، شرق (محله ظفر)، غرب (محله اداری)، مرکز (محله رسالت) و جنوب (محله سراب) شد. بررسی ویژگی‌های کلی محلات یادشده که بیانگر ویژگی‌های متفاوت آن‌ها است (جدول ۱).

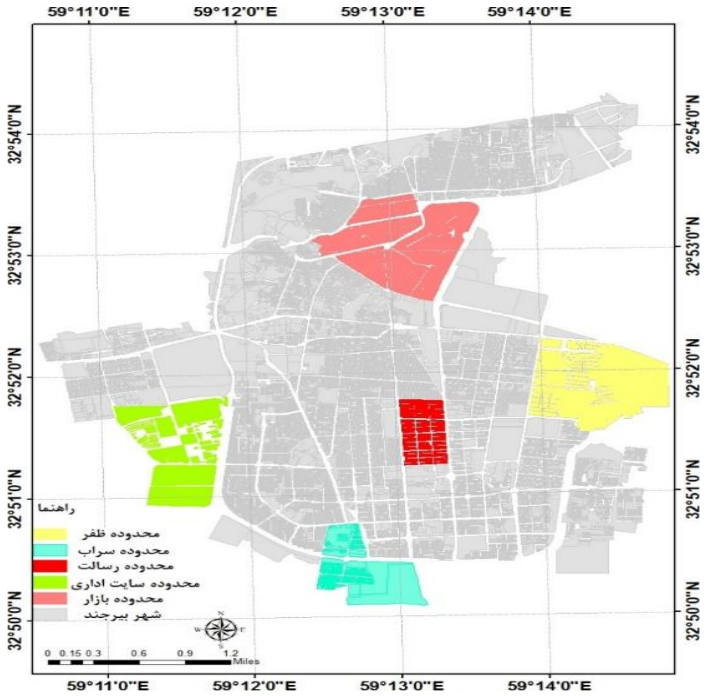
کلیه قطعات مسکونی محلات شامل ۵۳۵۳ قطعه است که مبنای محاسبات در این مطالعه است (شکل ۲).

[1] Norman, MacLean & Kennedy
[2] Jiang et al
[3] Beykaei & Miller
[4] Nichols & Kockelman
[5] Aksoezen et al
[6] Malhotra et al
[7] Amoruso, Donevska & Skomeda
[8] Fernandez
[9] Kofoworola & Gheewala
[10] Li & Shi
[11] Anderson, Wulfhorst & Lang
[12] Swan & Ugursal
[13] et al Kavgic

جدول ۱- ویژگی‌های کالبدی و فرمی محلات موردبررسی

محدوده	سابقه	موقعیت	نوع کاربری غالب	فرم غالب	محلیت	تعداد قطعات مسکونی
اداری	با تصویب طرح جامع در سال ۱۳۸۱، با مساحت ۱۰۰ هکتار به شهر الحاق شده است	جنوب غربی بیرجند در مسیر سمت توسعه	مسکونی مجتمع، آموزش عالی واداری	شطرنجی	گروه‌های متوسط اقتصادی	۲۸
بافت تاریخی بازار	از محدوده‌های قدیمی شهر بیرجند	شمال شهر بیرجند	تنوع کاربری‌ها	ارگانیک	گروه‌های پایین اقتصادی	۳۳۶۲
محدوده رسالت	ورود به محدوده شهر بیرجند از دهه ٦٠	مرکز شهر بیرجند	کاربری‌های خدماتی در مقیاس محلی	شطرنجی	محدوده با سطح توسعه بالا	۷۷۲
محدوده سراب	محدوده حاشیه‌نشین تا قبل از ۱۳۷۸ و پس‌ازآن وارد محدوده شهری می‌شود	جنوب شهر بیرجند	برخورداری نامناسب از کاربری‌های خدماتی	شطرنجی	بافت ناهمگن اجتماعی و اقتصادی	٤٨١
محدوده ظفر	ورود به محدوده شهر بیرجند از دهه ۷۰	شرق شهر بیرجند	ابنیه مسکونی بیشتر به شکل ۱ و ۲ طبقه	شطرنجی	شرایط مطلوب ساختار اجتماعی و اقتصادی	۷۱۰

منبع: پایگاه اطلاعات مکانی شهر بیرجند، ۱۳۹۵ و مطالعات طرح بازنگری جامع شهر بیرجند، ۱۳۹۲



شکل ۲- محدوده موردمطالعه در شهر بیرجند

منبع: پایگاه اطلاعات مکانی شهر بیرجند، ۱۳۹۵

٤ یافته‌ها و بحث

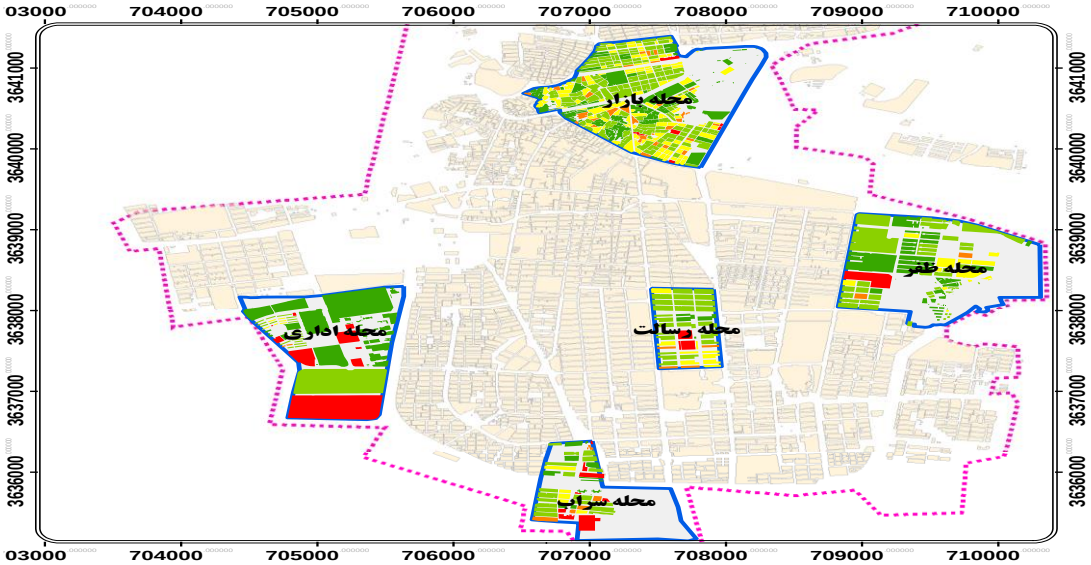
٤,۱ میزان مصرف گاز در محدوده موردمطالعه

مصرف کلی محلات طبق اطلاعات اداره گاز شهرستان بیرجند، در هر یک از فصول سال ۱۳۹۵ در جدول ۲ ارائه‌شده است. در بین محلات یادشده محله بازار بیشترین و محله اداری کمترین میزان مصرف را نشان می‌دهند. بااین‌حال با توجه به جمعیت هر محله، شاخص سرانه مصرف، تصویر بهتری از میزان مصرف را نشان می‌دهد. براین اساس محله بازار به‌عنوان کم‌مصرف‌ترین و محله ظفر پرمصرف‌ترین محله در محدوده موردمطالعه به شمار می‌آید (جدول ۲ و شکل ۳).

جدول ۲- میزان مصرف گاز (مترمکعب) محلات در هر یک از فصول سال ۱۳۹۵

محله	سال ۱۳۹۵	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	جمعیت هر محدوده در سال ۱۳۹۵	سرانه مصرف گاز هر محله
ظفر	٤٩٥٥٥٦٣	٦٢٩٤٩٥	٣٠٧٧٧١	١٤١٠٤١٢	٢٦٠٧٨٨٩	٤٨٨٥	١٠١٤,٤٤
سراب	٣٩١٦٦١١	٥١٣٩٩٤	٢٠٩٢٩٦	١١٣٢١١٨	٢٠٦١٢٠٣	٤١٧٤	٩٣٨,٣٣
رسالت	٣٣٢١١٦٦	٤٠٥٨٣٨	١٧١١٦٧	٩٥٥٢٧٨	١٧٨٨٨٨٤	٤٢١٤	٧٨٨,١٣
اداری	١٧٩٨٠٩٢	٢٢٤٥٠٥	٦٩٠٤٨	٥٤٧٥٣١	٩٥٧٠٠٨	٣٨٥٠	٤٦٧,٠٤
بازار	٣٩٥٧٩٤٣	٥٨٠٣٩٤	٢٩٨٥٧٧	١١١٠٥٢٩	١٦٩٨٤٤٤	١٣٦٣٥	٢٩٠,٢٨

منبع: اطلاعات اداره گاز شهر بیرجند، ۱۳۹۵



شکل ۳- میزان مصرف سالانه گاز (مترمکعب) در محلات هدف در شهر بیرجند برحسب قطعات مسکونی

منبع: نگارندگان، ۱٤۰۱

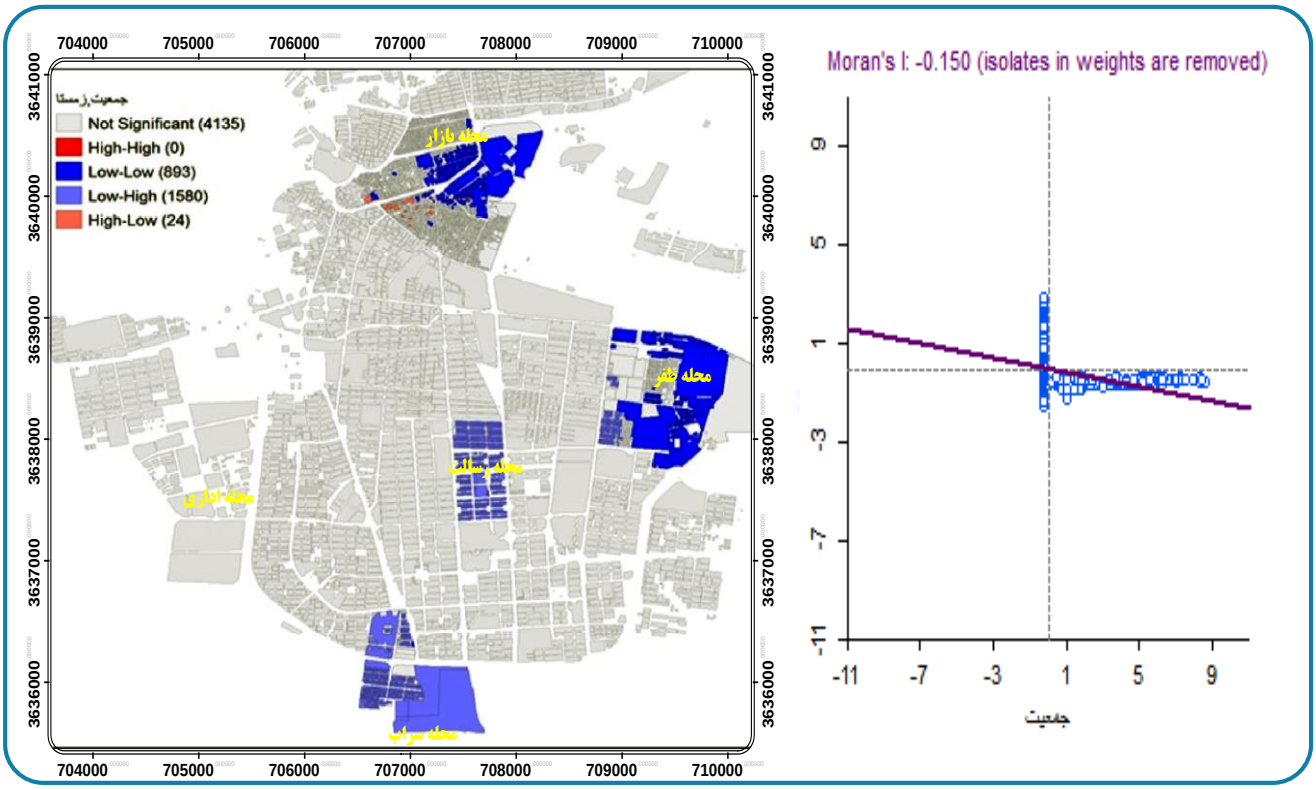
٤,۲ بررسی متغیرهای مرتبط با مصرف گاز در محدوده موردمطالعه

قبل از بررسی عوامل کالبدی، ابتدا مصرف گاز برحسب تعداد جمعیت هر واحد مسکونی موردسنجش قرار می‌گیرد تا مشخص شود، مصرف گاز در ارتباط با متغیر جمعیت در محدوده موردمطالعه چگونه است. برای این منظور از آزمون دوطرفه موران استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که در سطح ۵۳۵۳ قطعه مسکونی، بین تعداد جمعیت ساکن در هر واحد با میزان مصرف انرژی آن، رابطه معکوس به میزان ۰/۱۵۰- وجود دارد (شکل ۴ راست). به عبارتی در واحدهای مسکونی با جمعیت بالا، میزان مصرف گاز، کمتر شده است. این موضوع با توجه به شرایط متفاوت محلات هدف، قابل توجیه است. که این موضوع در نقشه خوشه‌بندی حاصل از مدل موران به‌خوبی قابل‌مشاهده است. براین‌اساس، محدوده موردمطالعه ازنظر مصرف انرژی و جمعیت دارای ۵ حالت به شرح جدول ۳ وشکل ۴ (چپ) است.

جدول ۳- الگوهای مصرف انرژی و تعداد جمعیت در محدوده موردمطالعه

ردیف	نوع‌الگو		محدوده
	الگوی جمعیت	الگوی‌مصرف	
۱	زیاد	بالا	بخش‌های کمی از مرکز محله بازار
۲	کم	کم	شمال شرق بازار و بخش مهمی از محله ظفر،
۳	کم	بالا	محله رسالت، محله سراب
٤	زیاد	کم	بخش‌های مرکزی محله بازار
٥	فاقد الگو	فاقد الگو	محله اداری، جنوب محله بازار

منبع: نگارندگان،
۱٤۰۱



شکل ٤- الگوهای حاصل از تعداد جمعیت و میزان مصرف انرژی در محدوده موردمطالعه

منبع: نگارندگان، ١٤٠١

همان‌طور که مشاهده می‌شود تفاوت‌های فضایی حاصل از مصرف انرژی با ویژگی‌های جمعیت در سطح محلات، الگوهای متفاوتی از مصرف را نشان می‌دهد.

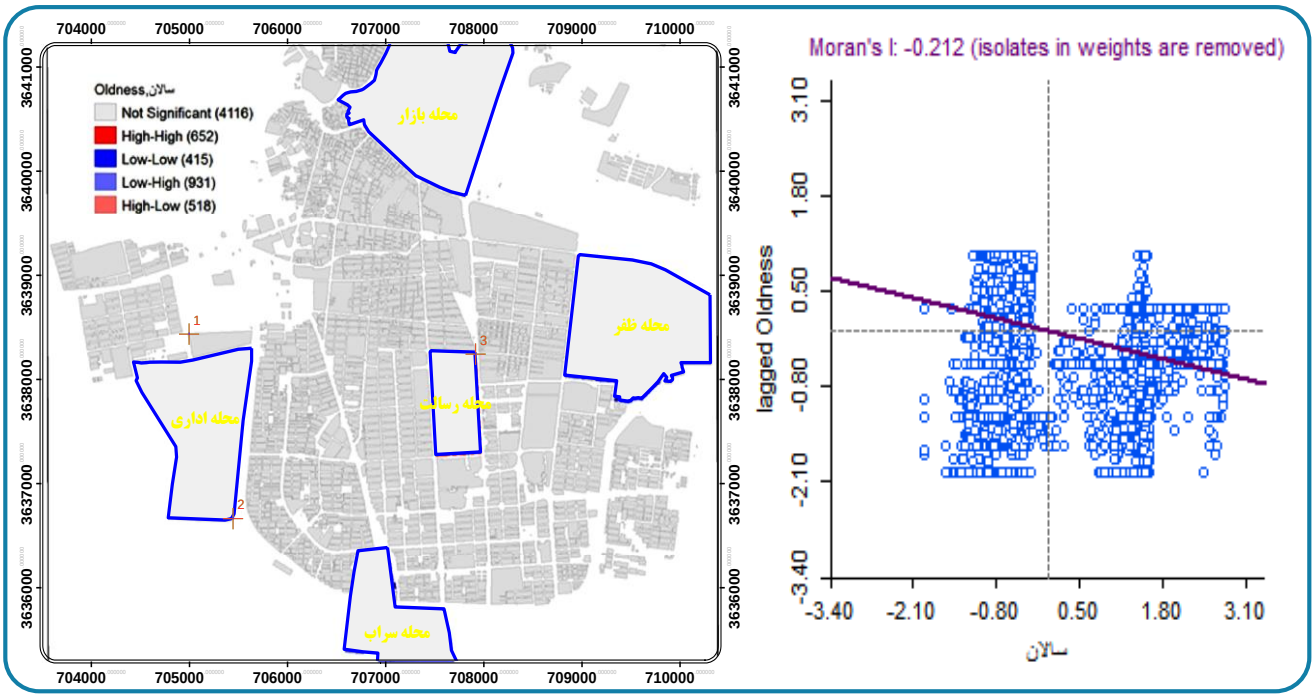
٤,٢,١ ویژگی‌های کالبدی

الف) میانگین عمر واحدهای مسکونی: با توجه به سابقه هریک از محلات، میانگین عمر واحدهای مسکونی نیز متفاوت است. بر این اساس میانگین عمر محله بازار بیش از سایر محلات (بیش از ٢٠ سال) است. در مقابل محله ظفر و سراب سابقه کمتری دارند. بررسی ارتباط مصرف انرژی گاز با قدمت ابنیه واحدهای مسکونی، بر اساس شاخص موران عدد ۰٫۲۱۲- را نشان می‌دهد (شکل ۵ راست). این بدان معنی است که با افزایش عمر ابنیه، میزان مصرف انرژی کاهش‌یافته است. این موضوع می‌تواند به کیفیت مناسب ابنیه باسابقه بالا در مقایسه با ابنیه نوساز مرتبط باشد. همچنین نقشه خوشه‌بندی ناشی از شاخص موران دوطرفه در خصوص ارتباط محدوده‌های موردمطالعه برحسب مصرف سالانه و قدمت بنا، ۵ زیرالگو قابل‌مشاهده است (جدول ۴، شکل ۵ چپ).

جدول ٤- الگوهای مصرف انرژی و قدمت بنا در محدوده موردمطالعه

محدوده	الگو	
	میزان مصرف	عمر بنا
محله رسالت	بالا	بالا
ظفر و شمال شرق بازار	کم	کم
محله سراب	بالا	کم
بخش‌های مهمی از بازار	کم	بالا
محله اداری	فاقد الگو	فاقد الگو

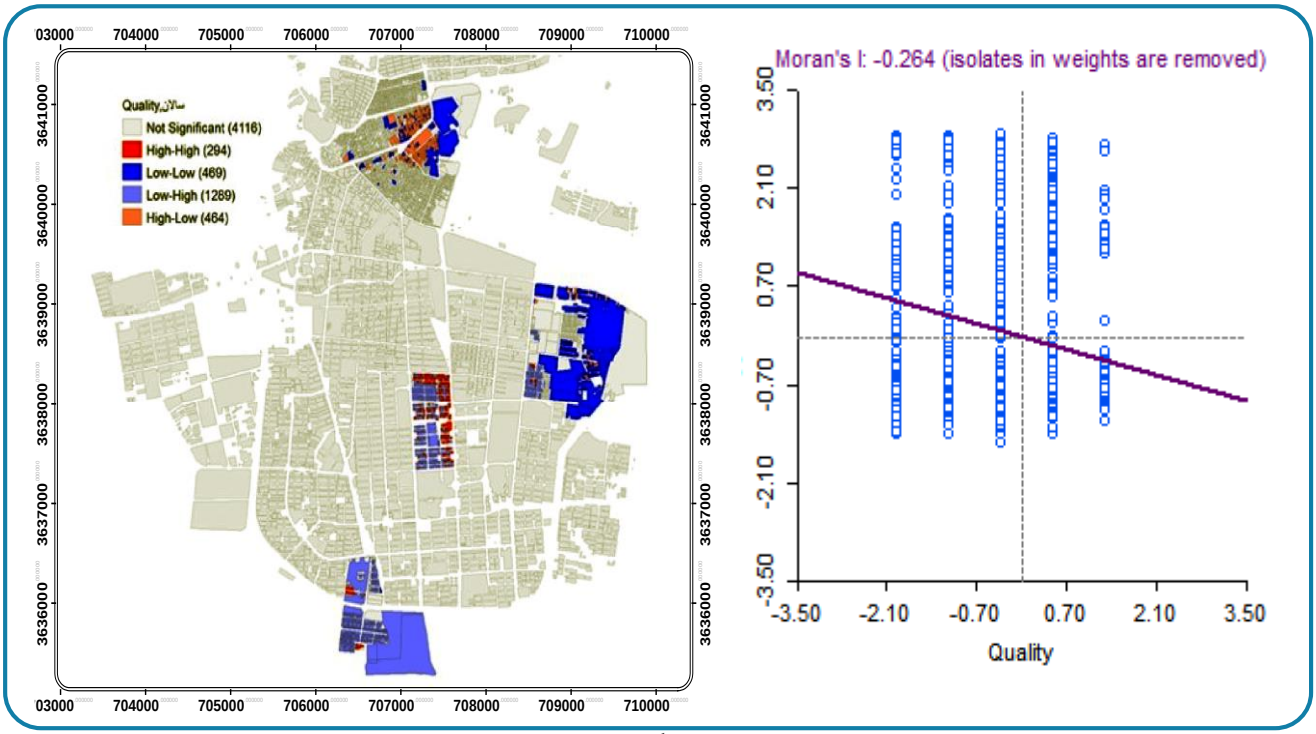
منبع: نگارندگان، ١٤٠١



شکل ۵- ارتباط میان مصرف انرژی با قدمت ابنیه در محدوده موردمطالعه

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

همان‌طور که مشاهده می‌شود قدمت ابنیه در تمامی محلات همراه با کاهش مصرف نبوده است. همچنین در مواردی نوساز بودن بافت و مصرف بالای انرژی نیز به شکل معناداری در محله سراب قابل‌مشاهده است.



شکل ٦- ارتباط کیفیت ابنیه با میانگین مصرف انرژی در محدوده موردمطالعه

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

ب) کیفیت ابنیه: همواره کیفیت ابنیه یکی از معیارهای مهم در خصوص مصرف انرژی بوده است. شاخص موران میزان ارتباط بین این دو متغیر را ۰/۲۶۴- نشان می‌دهد (شکل ۶ راست). بدین معنا که با افزایش کیفیت، از میزان مصرف کاسته شده است. همچنین نقشه خوشه‌بندی موران از ارتباط بین این دو متغیر، بیانگر وجود زیرالگوهایی به شرح زیر است (جدول ۵ و شکل ۶ چپ).

جدول ۵- الگوهای مصرف انرژی و کیفیت بنا در محدوده موردمطالعه

محدوده	الگو	
	میزان مصرف	کیفیت بنا
محله رسالت	بالا	بالا
محله ظفر و شمال شرقی بازار	کم	پایین
محله سراب و رسالت	بالا	کم
محله بازار	کم	بالا
محله اداری	فاقد الگو	فاقد الگو

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

ج) نمای ساختمان: واحدهای مسکونی ازنظر نمای ساختمان ۵ وضعیت بدون نما، آجرنما، سنگ، سیمان و سایر دارند. بهره‌گیری از آزمون واریانس نشان می‌دهد که بین هر یک از وضعیت‌های یادشده، میزان مصرف انرژی تفاوت معناداری با یکدیگر دارد. از این منظر واحدهای مسکونی به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند: ۱) واحدهای بامصرف‌کم شامل: واحدهای مسکونی با نمای سیمان، فاقد نما (مصالح بومی) و سایر ۲) واحدهای با مصرف متوسط شامل: واحدهای مسکونی با نمای سنگ و ۳) واحدهای با مصرف بالا شامل: واحدهای مسکونی با نمای آجر (جدول ۶).

جدول ٦- سطح معناداری مصرف انرژی در واحدهای مسکونی با نمای بیرونی مختلف برحسب تحلیل واریانس

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	115379682687434.940	5	23075936537486.990	142.004	.000
Within Groups	1092661634148218.000	6724	162501730242.150		
Total	1208041316835653.000	6729			

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

ادامه جدول ٦- دسته‌بندی مصرف انرژی واحدهای مسکونی برحسب نماهای مختلف بر اساس آزمون واریانس

نمای ساختمان	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
سیمان	2115	696813.45		
فاقد نما (مصالح بومی)	1478	730826.06		
سایر	434	753362.93		
سنگ	1433		965271.71	
آجرنما	542			1050748.81
Sig.	-	.053	.807	1.000

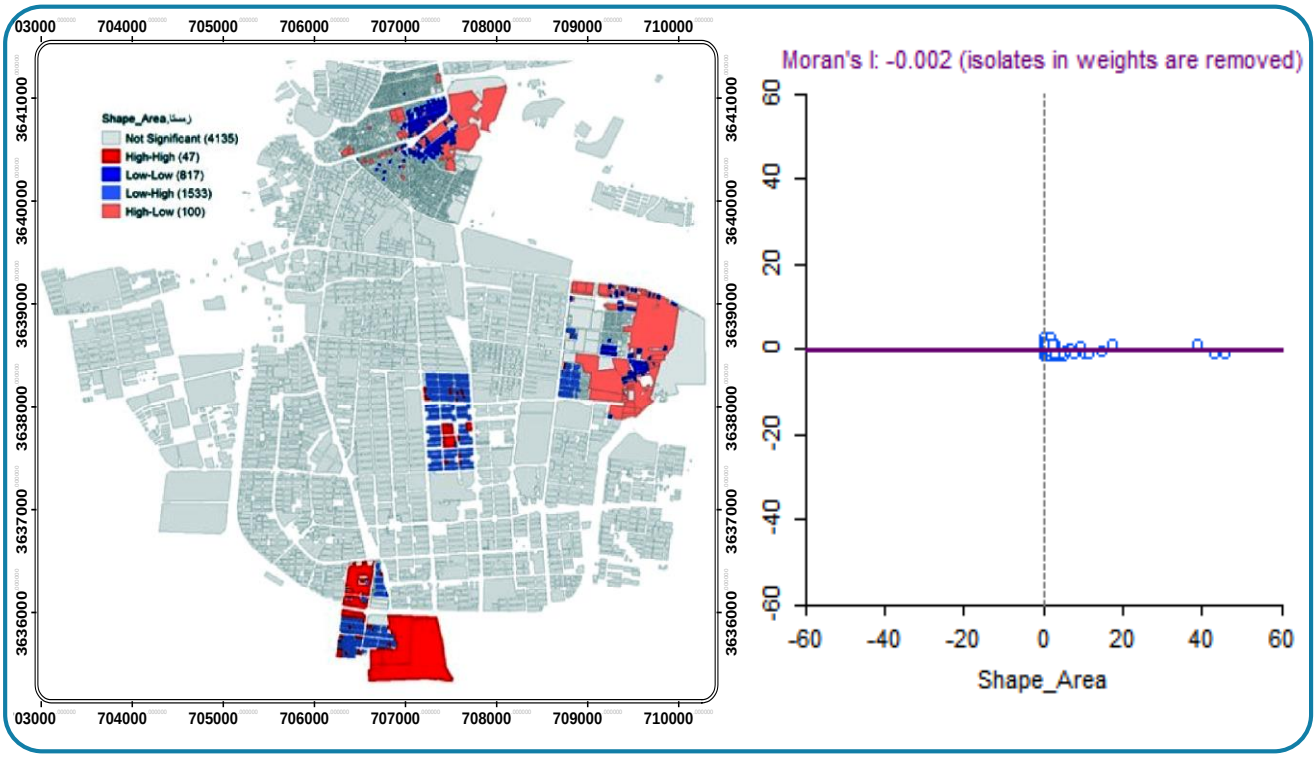
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

د) وسعت قطعات: با توجه به وجود قطعات با اندازه‌های متفاوت در محدوده موردمطالعه، با بهره‌گیری از شاخص موران، میزان ارتباط این متغیر نیز با میزان مصرف سنجیده شد. نتیجه این ارزیابی عدد ۰/۰۰۲- را نشان داد که حاکی از ارتباط ضعیف این دو متغیر باهم است (شکل ۸ راست). همچنین نقشه خوشه‌بندی محدوده برحسب متغیرهای یادشده تفاوت‌هایی را به شرح زیر در محدوده موردنظر نشان می‌دهد (جدول ۷، شکل ۷ چپ).

جدول ۷- الگوهای مصرف انرژی و وسعت قطعات در محدوده موردمطالعه

محدوده	الگو	
	میزان مصرف	وسعت قطعه
محله سراب و بخش‌هایی از رسالت	بالا	بالا
محله بازار و بخش‌هایی از ظفر	کم	پایین
محله رسالت، و بخش‌هایی از سراب	بالا	کم
شمال شرق بازار و ظفر	کم	بالا
محله اداری	فاقد الگو	فاقد الگو

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱



شکل ۷- ارتباط وسعت قطعات با میانگین مصرف انرژی در محدوده موردمطالعه (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

وجود قطعات با اندازه بالا و مصرف کم انرژی در محله بازار و ظفر حاکی از وجود معیارهای اثرگذار دیگر دراین زمینه است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

هـ) نقش فرم فضایی محدوده (سطح فشردگی و پراکندگی): با توجه به سابقه و نحوه شکل‌گیری متفاوت محدوده‌های موردمطالعه و تأثیر آن در فرم کالبدی، این موضوع به‌عنوان آخرین متغیر مرتبط با میزان مصرف انرژی مدنظر قرارگرفته است. نتایج این بررسی با بهره‌گیری از شاخص آنتروپی شانون انجام‌شده است. نتیجه این بررسی نشان داد که محله بازار دارای فشرده‌ترین فرم در بین محلات موردنظر است. در سوی دیگر محله اداری و سراب نیز کمترین میزان فشردگی را نشان می‌دهند (جدول ۸).

جدول ۸- ضریب آنتروپی شانون در محدوده موردمطالعه

ردیف	محله	ضریب آنتروپی	شدت فشردگی
۱	رسالت	۰,۰۸۳	+++
۲	بازار	۰,۰۷۸	++++
۳	اداری	۰,۱۷	+
٤	ظفر	۰,۰۹	++
٥	سراب	۰,۱۱٦	+

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

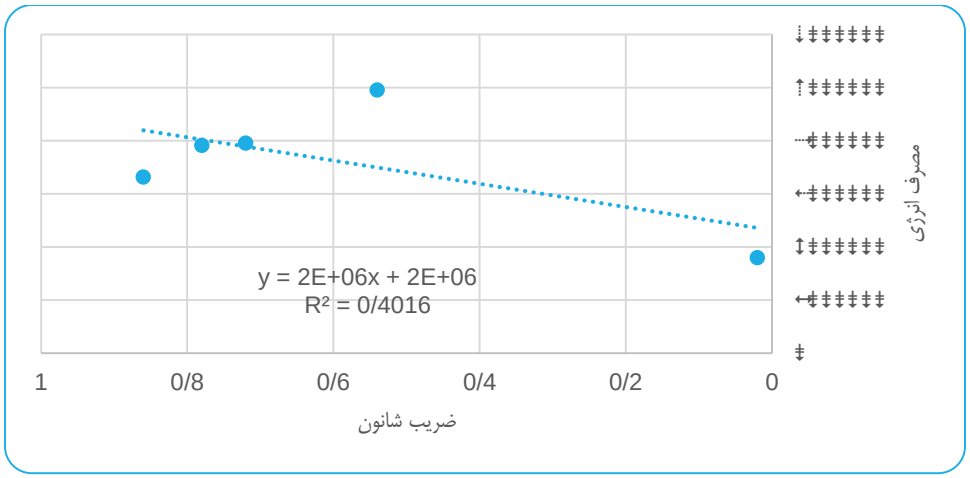
بررسی میزان ارتباط مصرف سالانه انرژی با شاخص فشردگی محدوده، عدد ۰/۴۰۱+ را نشان می‌دهد. بدین معنا با افزایش سطح پراکندگی، شدت مصرف انرژی نیز افزایش‌یافته است. شکل ۸ در قالب نمودار اسکاتر، این ارتباط را نشان می‌دهد.

۵ تحلیل یافته‌ها

از بررسی متغیرهای تحقیق و ارتباط آن‌ها با میزان مصرف موارد قابل استنباط است:

- ازنظر الگوی مصرف، محله رسالت و سراب به‌عنوان خوشه‌های با مصرف بالا شناسایی شده‌اند. در مقابل محله ظفر و بازار خوشه‌های با مصرف پایین گاز را تشکیل می‌دهند.
- **در خوشه‌های بامصرف بالا (محلات رسالت و سراب):** بررسی متغیرهای یادشده حاکی از عدم وجود خوشه‌های داغ جمعیتی است. به عبارتی مصرف بالای آن‌ها ناشی از تفاوت معنادار در میزان تراکم جمعیت نیست. ازنظر شاخص عمر بنا نتایج مبین آن است که در محله سراب، خوشه‌های داغ از بناهای با میانگین سن کم کاملاً قابل‌مشاهده است. درحالی‌که در محله رسالت شدت این خوشه‌ها به‌شدت پایین است. ازنظر شاخص کیفیت بنا نیز نتایج بیانگر وجود خوشه‌های باکیفیت پایین بنا در محله سراب و عدم وجود این خوشه‌ها در محله رسالت است. ازاین‌رو می‌توان چنین عنوان کرد که در محله سراب کیفیت پایین واحدهای مسکونی در بین متغیرهای یادشده می‌تواند یکی از معیارهای مهم در افزایش مصرف انرژی باشد. در مقابل در محله رسالت، کیفیت بنا نقشی در شکل‌دهی این محدوده به‌صورت خوشه داغ مصرفی نداشته است. چراکه ابنیه این محدوده شرایط نامطلوبی را نشان نمی‌دهند (شکل ۹).
- **در خوشه‌های با مصرف پایین (محلات بازار و ظفر):** بررسی متغیرهای یادشده نشان از وجود خوشه‌های داغ جمعیتی در محله بازار و وجود خوشه‌های سرد جمعیتی در محله ظفر است. در خصوص قدمت ابنیه نیز نتایج نشان می‌دهد که خوشه‌های داغی از بناهای با قدمت بالا در محله بازار مشاهده می‌شود درحالی‌که در محله ظفر ازنظر قدمت، سابقه چندانی نداشته و لکه‌های سرد را نشان می‌دهد. همچنین کیفیت ابنیه نیز بیانگر خوشه‌های داغ از کیفیت مناسب ابنیه در محله بازار و کیفیت نامناسب آن‌ها در محله ظفر است. برآیند این وضعیت مبین آن است که در محله ظفر وجود خوشه‌های سرد از مصرف انرژی ناشی از وضعیت و کیفیت مناسب ابنیه نیست بلکه وجود خوشه‌های سرد جمعیتی سبب کاهش مصرف انرژی در این محدوده شده است. در حالی‌که در محله بازار علاوه بر وجود لکه‌های داغ جمعیتی، اما به دلیل کیفیت مناسب ابنیه (حتی باوجود قدمت بالاتر آن‌ها)، مصرف انرژی در سطح معناداری پایین است (شکل ۹).

درمجموع نتایج حاصله نشان داد که شهر بیرجند ازنظر فرم و ویژگی‌های کالبدی، شرایط متنوعی دارد. این موضوع حتی در سرانه مصرف انرژی گاز نیز در محلات هدف قابل‌مشاهده است. تفاوت در سرانه مصرف، نشان از الگوی مصرف متفاوت خانوارها در شهر بیرجند در مقایسه با یکدیگراست. ازاین‌رو بررسی عوامل مرتبط با این تفاوت و الگو، می‌تواند مدیریت بهینه الگوی مصرف را رقم زند. بررسی ارتباط متغیرهای گوناگون با مصرف انرژی گاز در محلات هدف نشان از آن داشت که بین تعداد جمعیت در واحد مسکونی با مصرف انرژی در کل محدوده ارتباط معکوس وجود دارد. این موضوع بیانگر آن است که میزان مصرف از تعداد جمعیت در کل محلات تبعیت نمی‌کند. البته به شکل موردی در برخی پهنه‌ها، ارتباط مستقیم بین این دو متغیر تأیید می‌شود. وزن بالای جمعیت در محدوده‌های با مصرف کمتر انرژی، دلیل این ارتباط است که به شکل ویژه در محله بازار مشاهده می‌شود.

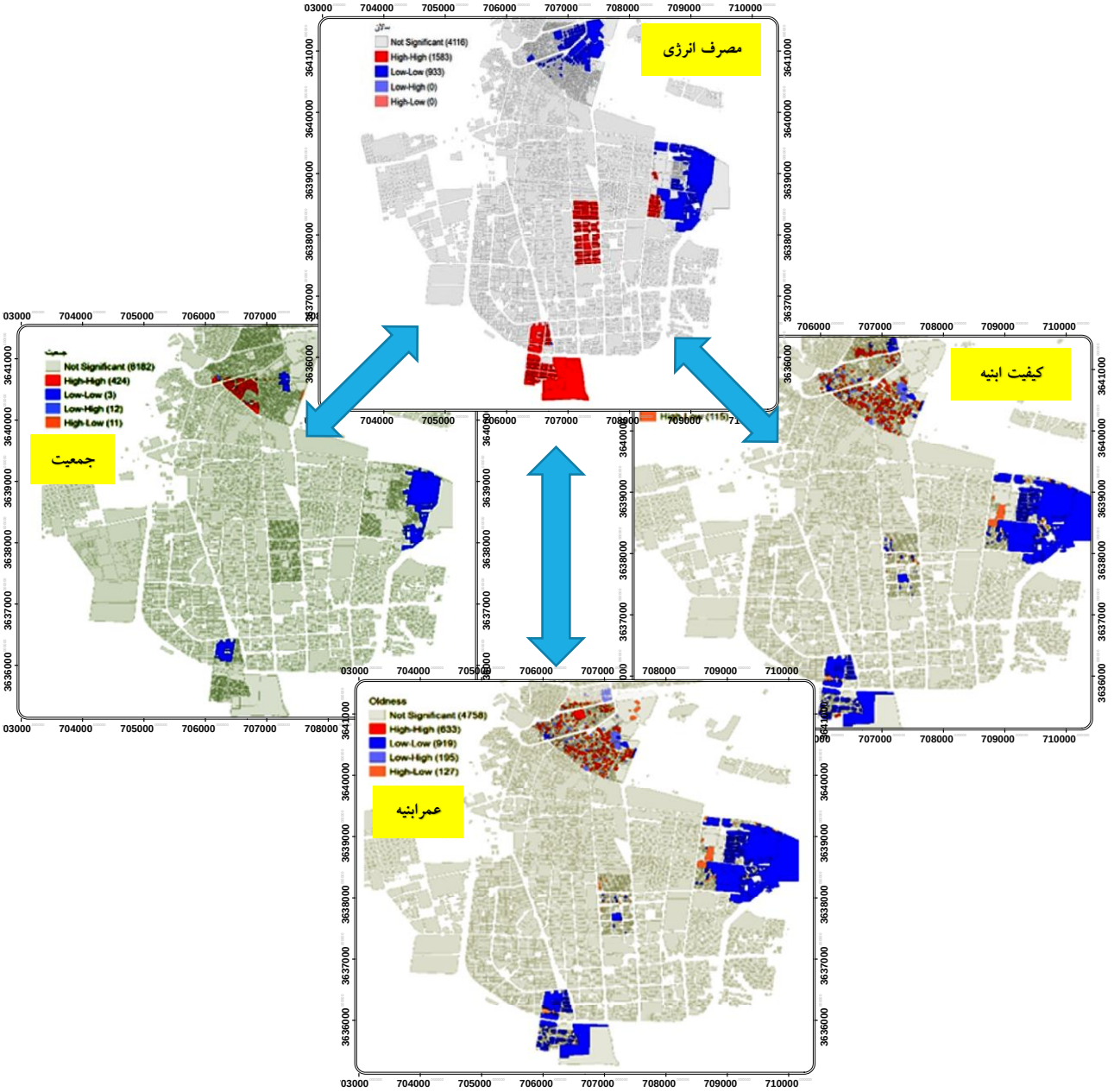


شکل ۸- نمودار اسکاتر (بررسی ارتباط میان مصرف انرژی و ضریب آنتروپی شانون)

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

در خصوص کیفیت ابنیه نیز یافته‌ها نشان داد که با افزایش کیفیت، میزان مصرف کاهش‌یافته است که بیانگر نقش مهم کیفیت ابنیه در کاهش مصرف انرژی است. بااین‌حال ارتباط معکوس مصرف انرژی با عمر واحدهای مسکونی به شکل کلی در محدوده محلات هدف، پرده از چالش مهم در شهر بیرجند برمی‌دارد و آن کیفیت نامناسب واحدهای مسکونی نوساز است. که کمترین واکنشی به میزان مصرف انرژی ندارند. درسوی دیگر نتایج آزمون، بیانگر عدم ارتباط وسعت قطعات با میزان مصرف است. از دلایل این موضوع سطح زیربنای پایین در قطعات با وسعت بالا است. تأیید ارتباط نوع فرم شهری در کاهش مصرف سوخت نیز بیانگر ارتباط مناسب‌تر الگوهای

ارگانیک با فشردگی بیشتر در خصوص کاهش مصرف انرژی است. نزدیکی واحدهای مسکونی به یکدیگر و اثرگذاری این نزدیکی در مواجهه با محدودیت‌های اقلیمی، ازجمله علل مرتبط با این زمینه است. درمجموع می‌توان چنین گفت که خوشه‌های بالای مصرف انرژی در محدوده‌هایی است که الزاماً جمعیت بالایی ندارند و فراوانی بناهای نوساز در آن‌ها کم نیست و درعین‌حال ترکیبی از کیفیت‌های متفاوت بنا نیز مشاهده می‌شود. در این خوشه‌ها، کیفیت پایین واحدهای مسکونی در بین متغیرهای یادشده می‌تواند یکی از معیارهای مهم در افزایش مصرف انرژی باشد (محله سراب) و در مقابل در برخی دیگر (محله رسالت) به دلیل کیفیت مطلوب بنا، مصرف بالا مرتبط با این متغیر نیست. سبک زندگی و حضور افراد با سطح درآمد بالا، می‌تواند از عوامل مؤثر در مصرف بالای انرژی در این محدوده باشد.



شکل ۹- برآیند کلی ارتباط میان متغیرهای جمعیت، کیفیت، وسعت و قدمت ابنیه با مصرف انرژی در محدوده موردمطالعه

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

در سوی دیگر در خوشه‌های با مصرف پایین انرژی شرایط متفاوتی از متغیرهای موردبررسی قابل‌مشاهده است. همراهی خوشه‌های سرد مصرف، با خوشه‌های داغ جمعیتی در محله بازار حاکی از نقش کیفیت ابنیه مناسب و فرم فشرده این محله در اثرگذاری این

موضوع دارد. در سوی دیگر در محله ظفر بااینکه خوشه سرد مصرف را نشان می‌دهد اما وجود خوشه داغ کیفیت ابنیه نامناسب، در کنار فرم باز آن بدون توجه به خوشه جمعیت، امکان خطا در تحلیل را موجب می‌شود. به نظر می‌رسد مهم‌ترین دلیل شکل‌گیری خوشه سرد مصرف در این محله، ناشی از وجود خوشه سرد جمعیت در کنار آن باشد.

درنهایت باید به این نکته توجه داشت که هر یک از محلات و الگوی مصرف آن‌ها، شرایط متفاوتی را دارد و هر یک می‌بایست از منظر ویژگی‌های خاص خود موردتوجه قرار گیرد.

۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

ارزیابی یافته‌های پژوهش با مطالعات پیشین نشان می‌دهد، همان‌طور که کوان و لی (۲۰۲۱) نشان می‌دهند برای دستیابی به درک جامع در این حوزه بایستی چندین معیار را در یک مدل با یکدیگر ادغام نمود یافته‌های این مطالعه نیز نشان داد که الگوی مصرف تابع متغیرهای متعددی است که در هر محدوده می‌تواند شرایط متفاوتی داشته باشند. در این خصوص مطالعه شجاع، پورجعفر و طبیبیان بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۹ نیز بیانگر چنین موضوعی است که هم‌راستایی با این مطالعه را نشان می‌دهد.

از یافته‌های مطالعه حاضر، نقش فرم شهری در میزان مصرف انرژی گاز در محدوده موردمطالعه است که در این خصوص با یافته‌های لی و همکاران (۲۰۱۸) هم‌راستا است. فرم فشرده در محلات و ارتباط آن با مصرف انرژی، هم‌راستایی بامطالعه میونیز و روهاس (۲۰۱۹) و ین و همکاران (۲۰۱۵) و نتایج پژوهش نیک پور و همکاران (۱۳۹۷) را نشان می‌دهد.

مطالعه سیلوا و همکارن (۲۰۱۷) ارتباط مصرف انرژی را با وسعت قطعات مسکونی نشان می‌دهد که در محدوده موردمطالعه این یافته تأیید نشد. همچنین نتایج مطالعه در خصوص رابطه عمر بنا با میزان مصرف، در راستای یافته حاجی‌پور و فروزان (۱۳۹۳) نیست. از سوی دیگر یافته‌ها حاکی از اثرگذاری متفاوت متغیر جمعیت در مصرف انرژی است که در مقایسه بامطالعه لی و همکاران (۲۰۱۸) تفاوت دارد.

در پایان باید اشاره داشت، مصرف انرژی از موضوعات مهم و مرتبط با مسائل روز و آینده شهرها است. هزینه‌های مرتبط با تأمین و توزیع انرژی از سویی و آثار زیان‌بار آن بر محیط‌زیست از دیگر سو، زمینه توجه به این موضوع را درحرکت به سمت توسعه پایدار شهرها بیش‌ازپیش مطرح ساخته است. این در حالی است در کشورهایی نظیر ایران، به دلیل قیمت ارزان سوخت، مساله انرژی و مصرف بهینه آن، جایگاه پایین‌تری در جهت‌گیری‌های توسعه‌ای دارد. دراین راستا همان‌گونه که این مطالعه نیز نشان داد، بهینه‌سازی مصرف انرژی و اصلاح الگوی مصرف، بدون توجه به ویژگی‌ها و تفاوت‌های مکانی (حتی در مقیاس‌های درون‌شهری)، امکان‌پذیر نیست. این موضوع به‌ویژه در شهرهای بزرگ که تنوع بالایی از الگوهای سکونت و سبک زندگی را نشان می‌دهد به‌شدت قابل‌مشاهده است. ازاین‌رو تنظیم الگویی واحد برای آن‌ها کار مناسبی نیست. همان‌طور که در این مطالعه تحلیل‌های فضایی به شکل دقیقی تفاوت‌های فضایی در مصرف انرژی و وضعیت متفاوت شاخص‌های کالبدی را در هر یک از محلات هدف در شهر بیرجند را نشان داد. برآیند کلی حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که بخش مهمی از تفاوت‌ها در الگوی مصرف را تفاوت‌های مکانی توجیه می‌کند. ازاین‌رو اصلاح الگوی مصرف، موضوعی است که در سایه هم‌افزایی تخصص‌های گوناگون محقق می‌شود. که بخشی از آن، مرتبط با درک الگوهای مکانی است. در این راستا راه‌اندازی و تکمیل پایگاه اطلاعات مکانی از مشترکین و شناسایی الگوهای مصرف شاید ازجمله مهم‌ترین اقدامات پایه، به‌منظور حرکت در مسیر الگوی بهینه مصرف باشد. به‌گونه‌ای که دراثنای این آماده‌سازی، تصویری دقیق از مصرف انرژی در بخش‌های مختلف مشخص و ارتباط آن با سایر موضوعات روشن شود. تا در سایه آن بتوان تحلیلی دقیق از مصرف و الگوی آن به دست آورد و متناسب با آن، برای هر پهنه اقدام به تنظیم چارچوب‌های مناسب در راستای مصرف بهینه انرژی کرد.

References

- Aksoezen, M., Daniel, M., Hassler, U., & Kohler, N. (2015). Building age as an indicator for energy consumption. Energy and Buildings, 87, 74-86. [In Persian]
- Amod Consulting Engineers (2013). studies of master revision plan of Birjand city. [In Persian]
- Amoruso, G., Donevska, N., & Skomedal, G. (2018). German and Norwegian policy approach to residential buildings' energy efficiency—A comparative assessment. Energy Efficiency, 11(6), 1375-1395
- Anderson, J. E., Wulfhorst, G., & Lang, W. (2015). Energy analysis of the built environment—A review and outlook. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44, 149-158.
- Barakpur, N., & Mosannenzadeh, F. (2012). Comparative Study on Energy Efficiency Policies in the Area of Land Use Planning in Iran and England. Motaleate Shahri, 1(1), 41-60. [In Persian]

- Beykaei, S. A., & Miller, E. (2017). Testing uncertainty in ILUTE—an integrated land use-transportation micro-simulation model of demographic updating. J Civil Environ Eng, 7(1), 1-9.
- Bhatia, S. (2014). Energy resources and their utilisation. In Advanced Renewable Energy Systems,(Part 1 and 2) (pp. 18-48). WPI Publishing .
- Commission, E., & Energy, D.-G. f. (2019). Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero-energy buildings in the EU : final report. Publications Office. https://DOI.org/DOI/10.2833/14675
- De Pascali, P., & Bagaini, A. (2019). Energy Transition and Urban Planning for Local Development. A Critical Review of the Evolution of Integrated Spatial and Energy Planning. Energies, 12(1), 35. https://www.mdpi.com/1996-1073/12/1/35
- Dong, F., Li, Y., Li, K., Zhu, J., & Zheng, L. (2022). Can smart city construction improve urban ecological total factor energy efficiency in China? Fresh evidence from generalized synthetic control method. Energy, 241.
- Eskandari Sani, M., Moradi, M., & Gadei Moghadam, P. (2019). Assessing the Potentials of Smart Cities with an Emphasis on Urban Transportion: A Case Study of the City of Birjand. The Journal of Geographical Research on Desert Areas, 6(2), 159-185. [In Persian]
- Farrokhi, M., Izadi, M. S., & Karimi Moshaver, M. (2018). Analysis of Energy Efficiency of Urban Fabrics in the Hot and Dry Climates, Case Study: Isfahan. Journal of Iranian Architecture Studies, 7(13), 127-147.[In Persian]https://DOI.org/10.22052/1.13.127
- Fazeli, A., & Heydarim Sh. (2013). Energy efficiency in residential areas of Tehran using Rotterdam Energy Approach Planning (REAP). Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, 1(3), 83-96. [In Persian] http://epprjournal.ir/article-1-44-fa.html
- Fernandez, N. P. (2008). The Influence of Construction Materials on Life-cycle Energy Use and Carbon Dioxide Emissions of Medium Size Commercial Buildings: A Thesis Submitted in Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Building Science Victoria University of Wellington.
- Gegraphic information system of Birjand city (1395). [In Persian]
- Hajipour, K., & Foroozan, N. (2015). Study of the Urban Form Effect on Operational Energy Consumption; the Case of Shiraz. Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi, 19(4), 17-26. [In Persian] DOI:10.22059/JFAUP.2015.55692
- Jiang, H., Yao, R., Han, S., Du, C., Yu, W., Chen, S., Li, B., Yu, H., Li, N., & Peng, J. (2020). How do urban residents use energy for winter heating at home? A large-scale survey in the hot summer and cold winter climate zone in the Yangtze River region. Energy and Buildings, 223, 110131.
- Ji, Q., Li, C., Makvandi, M., & Zhou, X. (2022). Impacts of urban form on integrated energy demands of buildings and transport at the community level: A comparison and analysis from an empirical study. Sustainable Cities and Society, 79, 103680.
- Kavgic, M., Mavrogianni, A., Mumovic, D., Summerfield, A., Stevanovic, Z., & Djurovic-Petrovic, M. (2010). A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector. Building and environment, 45(7), 1683-1697.
- Kofoworola, O. F., & Gheewala, S. H. (2009). Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand. Energy and Buildings, 41(10), 1076-1083. https://DOI.org/https://DOI.org/10.1016/j.enbuild.2009.06.002

- Leng, H., Chen, X., Ma, Y., Wong, N. H., & Ming, T. (2020). Urban morphology and building heating energy consumption: Evidence from Harbin, a severe cold region city. Energy and Buildings, 224, 110143.
- Li, C., Song, Y., & Kaza, N. (2018). Urban form and household electricity consumption: A multilevel study. Energy and Buildings, 158, 181-193.
- Li, Z., & Shi, J. (2015). Comparative analysis of residential building 75% energy efficiency design standards of Shandong Province and Germany building energy efficiency standards. 2015 3rd International Conference on Education, Management, Arts, Economics and Social Science.
- Liu, Y., Dong, F.(2022). What are the roles of consumers, automobile production enterprises, and the government in the process of banning gasoline vehicles? Evidence from a tripartite evolutionary game model. Energy, 238, 12200. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122.
- Malhotra, A., Bischof, J., Nichersu, A., Häfele, K.-H., Exenberger, J., Sood, D., Allan, J., Frisch, J., van Treeck, C., O'Donnell, J., & Schweiger, G. (2022). Information modelling for urban building energy simulation—A taxonomic review. Building and environment, 208, 108552. https://DOI.org/https://DOI.org/10.1016/j.buildenv.2021.108552
- Marique, A.-F., & Reiter, S. (2012). A method to evaluate the energy consumption of suburban neighborhoods. HVAC&R Research, 18(1-2), 88-99.
- Muñiz, I., & Rojas, C. (2019). Urban form and spatial structure as determinants of per capita greenhouse gas emissions considering possible endogeneity and compensation behaviors. Environmental Impact Assessment Review, 76, 79-87.
- Mutani, G., & Todeschi, V. (2021). GIS-based urban energy modelling and energy efficiency scenarios using the energy performance certificate database. Energy Efficiency, 14(5).
- Nichols, B. G., & Kockelman, K. M. (2015). Urban form and life-cycle energy consumption: Case studies at the city scale. Journal of Transport and Land Use, 8(3), 115-128.
- Nikpour, A., Lotfi, S., Reza Zadeh, M., & Allahgholitabar Nesheli, F. (2018). An Analysis of the Relationship between Urban Form and Energy Consumption in the Housing Sector (Case Study: Babolsar). Geography and Urban Space Development, 5(1), 71-92. [In Persian] https://DOI.org/10.22067/gusd.v5i1.73450
- Norman, J., MacLean, H. L., & Kennedy, C. A. (2006). Comparing high and low residential density: life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions. Journal of urban planning and development, 132(1), 10-21.
- Quan, S. J., & Li, C. (2021). Urban form and building energy use: A systematic review of measures, mechanisms, and methodologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 139, 110662.
- Rafiyan, M., Fath Jalali, A., & Dadashpoor, H. (2011). Evaluating the Effect of Building Form and Density on Urban Energy Consumption (Case Study: Hashtgerd New Town). Armanshahr Architecture & Urban Development, 4(6), 107-116. [In Persian] http://www.armanshahrjournal.com/article_32676_2fcb84a0233d067bc29c4e7b8fe7c988.pdf
- Sahraei Nejad, N. (2021). The Experience of Creating Intelligent, Green and Garden City of Putrajaya, Malaysia. Human & Environment, 19(3), 97-113. [In Persian] https://he.srbiau.ac.ir/article_19123_78a4471c5867a4845e11be38fe1a9048.pdf

- Sanaieian, H., Tenpierik, M., Van Den Linden, K., Seraj, F. M., & Shemrani, S. M. M. (2014). Review of the impact of urban block form on thermal performance, solar access and ventilation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38, 551-560.
- Shoja, S., Pourjafar, M., & Tabibian, M. (2019). Meta-Analysis of the Relationship between Urban Form and Energy: A Review of Approaches, Methods, Scales and Variables. Urban Planning Knowledge, 3(1), 85-107. [In Persian]https://DOI.org/10.22124/upk.2019.13602.1220
- Silva, M. C., Horta, I. M., Leal, V., & Oliveira, V. (2017). A spatially-explicit methodological framework based on neural networks to assess the effect of urban form on energy demand. Applied Energy, 202, 386-398. https://DOI.org/https://DOI.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.113
- South Korea's Smart Cities (2016). South Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Translated by Ketayun Moshoudi. Tehran: specialized mother company for new cities construction. [In Persian]
- Swan, L. G., & Ugursal, V. I. (2009). Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(8), 1819-1835.
- Van der Hoeven, M. (2013). World energy outlook 2012. International Energy Agency: Tokyo, Japan.
- Yang, Z., Roth, J., & Jain, R. K. (2018). DUE-B: Data-driven urban energy benchmarking of buildings using recursive partitioning and stochastic frontier analysis. Energy and Buildings, 163, 58-69. https://DOI.org/https://DOI.org/10.1016/j.enbuild.2017.12.040
- Yin, Y., Mizokami, S., & Aikawa, K. (2015). Compact development and energy consumption: Scenario analysis of urban structures based on behavior simulation. Applied Energy, 159, 449-457. https://DOI.org/https://DOI.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.005
- Yu, H., Selvakkumaran, S., & Ahlgren, E. O. (2021). Integrating the urban planning process into energy systems models for future urban heating system planning: A participatory approach. Energy Reports, 7, 158-166. https://DOI.org/https://DOI.org/10.1016/j.egyr.2021.08.160
- Yu, H., Wang, M., Lin, X., Guo, H., Liu, H., Zhao, Y., Wang, H., Li, C., & Jing, R. (2021). Prioritizing urban planning factors on community energy performance based on GIS-informed building energy modeling. Energy and Buildings, 249, 111191. https://DOI.org/https://DOI.org/10.1016/j.enbuild.2021.111191.
- Zhuang, Z., Chen, J., & Luo, X. (2019). Parallel computational building-chain model for rapid urban-scale energy simulation. Energy and Buildings, 201. https://DOI.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.034