ارزیابی نقش ویژگی‌های کالبدی-فضایی در میزان مصرف انرژی در شهر میامی استان سمنان

حسین صادقی (دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری،دانشگاه فردوسی مشهد،مشهد،ایران)
hs0071378@gmail.com
مصطفی امیرفخریان (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری،دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،ایران)
amirfakhrian@um.ac.ir
رضا دوستان (استادیار اقلیم شناسی،دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،ایران)
doostan@um.ac.ir

چکیده:
انرژی و الگوی مصرف آن ازجمله موضوعات اساسی مرتبط با توسعه پایدار است. در یک شهر، بخش مهمی از تفاوت در الگوی مصرف را ویژگی‌های کالبدی-فضایی تبیین می‌کند. براین‌اساس، مطالعه حاضر درصدد است باتکیه‌بر روش‌های فضایی، الگوی مصرف گاز شهر میامی استان سمنان را مورد سنجش قرار دهد. مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی و متغیرهای تحقیق ویژگی‌های انسانی (جمعیت و تراکم آن و درآمد)، کالبدی (کیفیت ابنیه، قدمت، وسعت قطعات، تراکم ساختمانی، و فرم شهری)، محیطی (ارتفاع از سطح دریا و شیب زمین) و میزان مصرف گاز و جامعه آماری نیز شامل کلیه قطعات مسکونی شهر میامی (شامل ۱۴۹۰ قطعه) است. در گام اول پس از مطالعات اسنادی و تدوین مدل مفهومی تحقیق، با مراجعه حضوری به یکایک واحدهای مسکونی، اطلاعات مربوط به مصرف انرژی آنها باتوجه‌به کدهای فضایی جمع‌آوری و همراه با ویژگی‌های کالبدی، انسانی و محیطی هریک، در پایگاه اطلاعات مکانی ذخیره گردید. در ادامه با بهره‌گیری از روش‌های ۱)آمار کلاسیک (نمودار اسکاتر، خط ترند، روش تحلیل تمایزی و جداول متعامد) و ۲)روش‌های آمار فضایی (مسافت استاندارد، مرکز ثقل، تحلیل نقاط داغ و سرد، رگرسیون OLS و رگرسیون جغرافیایی)، اقدام به تحلیل یافته‌ها شد. نتایج نشان داد ویژگی‌های جمعیتی، کالبدی، اقتصادی و محیطی به ترتیب بیشترین نقش را در تبیین مصرف انرژی دارند. بااین‌حال تحلیل‌های محلی نشان داد که جهت این متغیرها یکسان نیست و در برخی موقعیت‌ها اثر مثبت و در برخی دیگر اثر معکوس دارند. در ادامه با ترکیب شاخص‌ها در سطح محلات، داستان مصرف انرژی هر محله تدوین شد. یافته‌های تکمیلی بیانگر آن بود که اثرگذاری متغیرها مطلق نیست (به‌استثنای درآمد) و هم‌جواری‌های گوناگون متغیرها، اثرات متفاوتی را به همراه داشته است. درعین‌حال باید به نقش ویژگی‌های رفتاری ساکنین در فضا به‌عنوان یکی از عوامل مطلق در مصرف انرژی اشاره کرد که در تحقیقات پیشین به آن اشاره نشده بود.

واژگان کلیدی:
شهر میامی، فرم شهر، مصرف انرژی، ویژگی‌های کالبدی-فضایی.

۱. مقدمه

افزایش جمعیت شهرنشین و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی از چالش‌های مهم زندگی بشری 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 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 توسعه یافتگی هر محدوده و بدون توجه به عملکرد انرژی، اقدام به برنامه‌ریزی می‌کنند (یو و همکاران، ۲۰۲۱: ۳). درنتیجه از دغدغه‌های اصلی مدیریت انرژی در مناطق شهری، توجه به پارامترهای برنامه‌ریزی شهریِ مؤثر، در مصرف انرژی است (لنگ و همکاران[4]، ۲۰۲۰: ۸).

مسائل برنامه‌ریزی انرژی، فرایند تعیین چشم‌انداز بلندمدت برای یک سیستم انرژی است که عمدتاً توسط سازمان‌های دولتی انجام می‌شود (باتیا[5]، ۲۰۱۴: ۱۹). در این میان مدیران محلی به‌عنوان مهم‌ترین ذی‌نفعان در فرایندهای 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[6]، ۲۰۲۱: ۱۵۹).

از جمله موضوعات مرتبط با مصرف انرژی در مناطق شهری، ویژگی‌های فضایی–کالبدی آنهاست. دراین‌رابطه گزارش سازمان ملل به تأثیر فرم شهر بر مصرف انرژی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار تأکید بیشتری دارد (ماریکو و ریتر[7]، ۲۰۱۲: ۹۱). زیرا افزایش درک چگونگی رابطه میان فرم شهری و مصرف انرژی در زمینه سیاست‌گذاری در ارتباط با مفاهیم توسعه پایدار شهری بسیار مؤثر است. دراین‌رابطه نتایج تحقیقات لی و همکاران (۲۰۱۸) در شهر نینگبو چین با استفاده از مدل رگرسیون چندسطحی و کنترل متغیرهای جمعیتی، اقتصادی و اجتماعی نشان می‌دهد که پیکربندی خیابان‌ها، چگونگی سایه‌اندازی متقابل ساختمان‌ها و سایه درختان بر روی ابنیه، تراکم محله‌ها و همچنین تعداد خانوار در هر آپارتمان در بهبود مصرف انرژی بسیار تأثیرگذار است. از منظری دیگر برخی یافته‌ها حکایت از آن دارد که بهبود اختلاط کاربری در سطح شهرها و کاهش مسافت بین کاربری‌ها، ردپای کربن را 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 ۷۸درصد 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 همکاران،۲۰۱۷). مرور مطالعات انجام شده توسط شجاع، پورجعفر و طبیبیان بین سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد که مطالعات صورت‌گرفته در حوزه رابطه میان فرم شهری و مصرف انرژی را می‌توان در ۷ دسته: ۱- فرم شهری (با تأکید بر بخش ساختمان و یا یکی از شاخص‌های مربوطه به‌ویژه تراکم) و انرژی، ۲- فرم شهری (با تأکید بر کاربری زمین) و انرژی، ۳- فرم شهری (با تأکید بر حمل‌ونقل) و انرژی، ۴- فرم شهری (با تأکید 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 دراین‌خصوص 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) از جمله این موارد است. در حوزه انرژی، دو رویکرد کلی در طرح‌های توسعه شهری انگلستان دنبال می‌شود. در رویکرد

---

[1] Liu
[2] Mutani and Todeschi
[3] Pascali and Bagaini
[4] Leng et al
[5] Bhatia
[6] Yu et al
[7] Marique & Reiter

اول، بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌عنوان یکی از اهداف کلیدی، در قلب برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای قرار گرفته است. در رویکرد دوم، تمرکز بر تدوین سیاست‌هایی برای تولید و حفاظت انرژی است. در واقع انعکاس سیاست‌های کاهش مصرف انرژی در اجزای ساخت شهر اعم از شبکه حمل‌ونقل، نظام مراکز و نظام کاربری‌ها دسته‌بندی شده 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[8]، 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[9]، ۲۰۲۱).

مروری بر مطالعات پیشین تکیه بر عواملی همچون نقش کاربری مسکونی و اختلاط کاربری (جی و همکاران[10] ۲۰۲۲)، فرم شهری و پیکربندی خیابان‌ها (لی و همکاران[11]، ۲۰۱۸)، (رفیعیان، فتح جلالی و داداش‌پور،۱۳۹۰) و (حاجی‌پور و فروزان،۱۳۹۳)، رشد افقی (میونیز و روهاس[12] ۲۰۱۹)، ساختار شهر و توسعه چندهسته‌ای (ین و همکاران[13]۲۰۱۵)، فرم شهری، ترکیب کاربری‌ها و شکل ساختمان‌ها (سیلوا و همکاران[14]، ۲۰۱۷)، ساختمان‌های ناکارآمد (یانگ و همکاران[15]۲۰۱۸)، فرم ساختمان و فرم فشرده (نیک‌پور و همکاران،۱۳۹۷) و الگوی ساختمان و ساختار شبکه ارتباطی (فرخی، ایزدی و کریمی،۱۳۹۷) اهمیت بیشتری دارند.

با توجه به مطالب یادشده، این مطالعه به شکل ویژه اختصاص **به شهر میامی استان سمنان دارد** که یکی از شهرهای کوچک این استان و دروازه ورودی به آن از شرق محسوب می‌شود. بر اساس آمار سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر بالغ بر ۴۵۶۶ نفر و اقلیم آن نیز خشک است. باتوجه‌به اینکه تقریباً شهرهای بزرگ ایران به سیستم گازرسانی مجهز شده‌اند هم اکنون نهضت گازرسانی معطوف به شهرهای کوچک و نقاط روستایی شده است. مطالعات صورت‌گرفته در حوزه مصرف انرژی عمدتاً دربردارنده ویژگی‌های شهرهای بزرگ است و کمتر مطالعه‌ای، متمرکز بر شهرهای کوچک است. درحالی‌که از یک‌سو این شهرها باتوجه‌به تعددشان، عملاً حجم زیادی از هزینه‌ها را در برمی‌گیرند و از سوی دیگر الگوهای مصرف بهینه و ساخت‌وساز استاندارد کمتر موردتوجه است. اطلاعات آماری در خصوص مصرف گاز در شهر میامی حاکی از تفاوت سرانه مصرف انرژی در قسمت‌های مختلف شهر است از دیگر سو بافت کالبدی، اجتماعی و اقتصادی این شهر ویژگی‌های متفاوتی را نشان می‌دهد که به نظر می‌رسد این ویژگی‌ها می‌تواند تمایز در مصرف انرژی را رقم بزند. براین‌اساس 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 شهر میامی بپردازد و به شکل خاص به این سؤالات پاسخ دهد که ۱)مصرف انرژی گاز در شهر میامی دارای چه الگوی فضایی است؟ و ۲)مصرف انرژی به چه میزان با ویژگی‌های کالبدی و جمعیتی آن در رابطه است؟

نظر به اینکه تاکنون مطالعات کمی در خصوص الگوی مصرف در شهرهای کوچک انجام شده است، چنین مطالعاتی می‌تواند فتح بابی در این زمینه باشد. علاوه‌برآن، باتوجه‌به مصرف بالای انرژی در ایران و فشار بر زیرساخت‌های انرژی در مواقع پیک مصرف (نظیر سرمای زمستان ۱۴۰۱ و ۱۳۸۶)، ضرورت توجه به ویژگی‌ها و عوامل مؤثر در کاهش آن حایز اهمیت است.

ادبیات مطالعه نشان می‌دهد که مصرف انرژی با موضوعاتی همچون کیفیت ابنیه، قدمت بنا، وسعت قطعات، شیب، ویژگی‌های جمعیتی، اقتصادی، و فرم شهری در رابطه است ((Aksoezen et al, 2015) و (Amen , 2021) و (حسینی مرصع، ۱۳۹۹) و (Ohlan, 2015)، (سلیمانی و غفارزاده، ۱۴۰۰)، (chang, 2015)، (رفیعیان و همکاران،۱۳۹۰)، (Li et al,2018)، (کرمی کرد علیوند و نارنگی فرد، ۱۳۹۴)). از دیگر سو رویکردهای فعلی در توسعه پایدار تکیه ویژه‌ای بر کاهش مصرف انرژی دارد. این درحالیست که نوسازی بافت‌های فرسوده، کمک شایانی به کاهش مصرف انرژی نکرده است. ازاین‌رو اهمیت دارد تا به شکلی دقیق، این موضوع مورد سنجش واقع شود که متغیرهای کالبدی مرتبط با بافت شهری در خصوص کاهش مصرف انرژی در حال حاضر چگونه عمل می‌کنند؟ باتوجه‌به

[8] Van der Hoeven
[9] Quan & Li
[10] Ji et al
[11] Li et al
[12] Muñiz & Rojas
[13] Yin et al
[14] Silva et al
[15] Yang et al

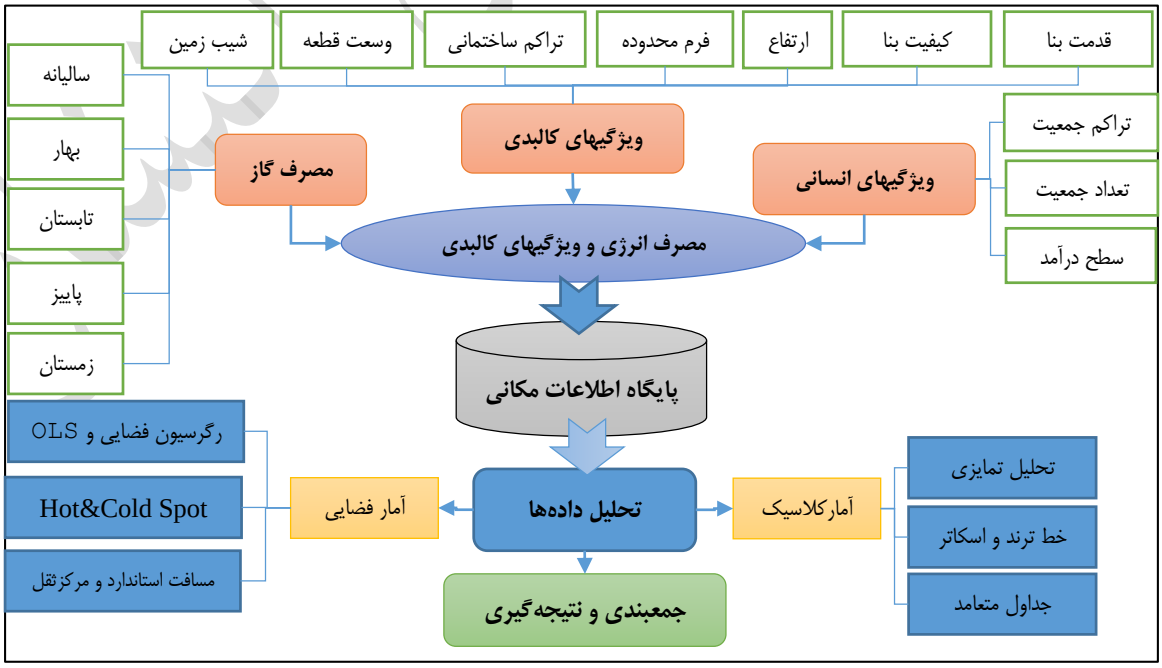
ماهیت تحلیل‌های فضایی، تکیه بر نمایش تفاوت‌های مکانی مصرف انرژی و ارتباط آن با ویژگی‌های مرتبط با فرم شهر و ویژگی‌های کالبدی و جمعیتی- درآمدی است.

۱,۱ نوآوری پژوهش نیز در شیوه تحلیل و مقیاس مطالعه است. بهره‌گیری از مدل‌های فضایی همچون رگرسیون فضایی، و بهره‌گیری از جداول متعامد به‌منظور تفسیر نتایج و نهایتاً تدوین داستان نحوه مصرف انرژی باتوجه‌به ویژگی‌های کالبدی در محلات این شهر از ویژگی‌های خاص این مطالعه است.

۲. روش‌شناسی تحقیق

باتوجه‌به هدف و سؤال اصلی، از روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. در گام اول با مطالعات اسنادی، متغیرهای کالبدی اثرگذار در مصرف انرژی شناسایی گردید. نظر به اینکه پایگاه اطلاعات مکانی از مصرف گاز در شهر میامی وجود نداشت، لذا داده‌های موجود در اداره گاز شهر میامی مناسب برای این تحلیل نبود. ازاین‌رو، با هماهنگی این اداره، داده‌های مصرف یکایک واحدهای مسکونی شهر میامی شامل ۱۴۹۰ واحد مسکونی به‌صورت حضوری و بازدید میدانی، برداشت و در پایگاه اطلاعات مکانی ذخیره شد. همچنین در این پایگاه، ویژگی‌های کالبدی تمامی واحدها با مراجعه به طرح جامع شهر میامی جمع‌آوری گردید. متغیرهای تحقیق شامل مصرف گاز در بخش مسکونی (به تفکیک ۱۴۹۰ قطعه) از یک‌سو و متغیرهای کالبدی مرتبط با ویژگی‌های هر قطعه شامل وسعت، کیفیت ابنیه، قدمت ابنیه، شدت تراکم ساختمانی، شیب و درجه آن، ارتفاع از سطح دریا، و همچنین جمعیت ساکن در هر واحد مسکونی و سطح درآمدی آن از سوی دیگر 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 نمودار اسکاتر، خط ترند، روش تحلیل تمایزی و جداول متعامد و ۲)تحلیل‌های آماری فضایی نظیر مدل‌های مسافت استاندارد، مرکز ثقل، تحلیل نقاط داغ و سرد، رگرسیون OLS و رگرسیون جغرافیایی، اقدام به سنجش میزان ارتباط متغیرهای تحقیق با میزان مصرف گاز شد. نتایج حاصله در دو سطح کلان (در سطح کلیه محلات) و محلی (در سطح قطعات مسکونی) در قالب نقشه، نمودار و جدول، تهیه و نهایتاً از کنار هم قراردادن لایه‌های تهیه شده، اقدام به ترکیب داده‌ها با یکدیگر و تدوین داستان مصرف انرژی محلات شهر میامی برحسب ویژگی‌های فضایی شد. به‌منظور انجام تحلیل‌ها از نرم‌افزارهای ArcGis و Spss کمک گرفته شده است (شکل ۱).

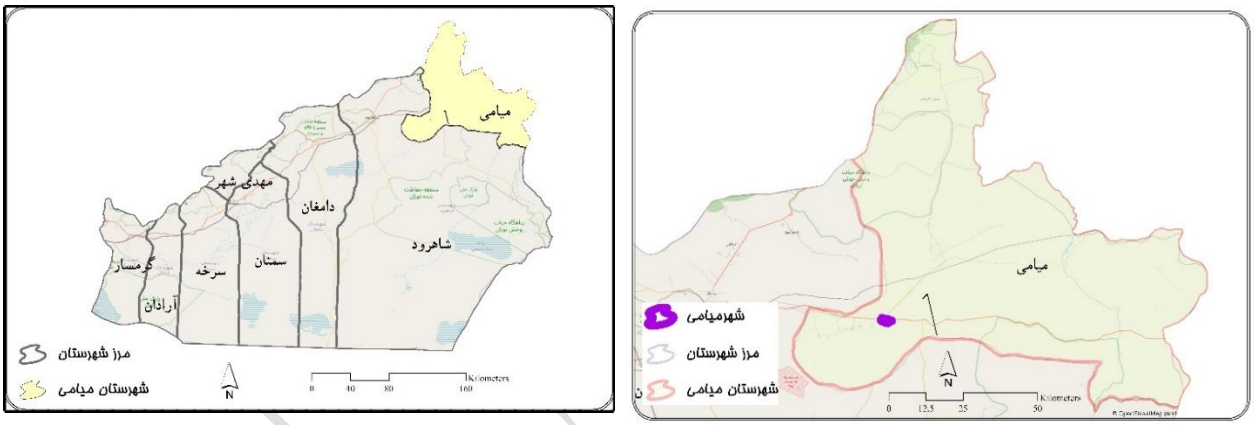


شکل ۱. متغیرها و فرایند انجام مطالعه.

*منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱، بر اساس مطالعات (نرمن، مک لین و کندی[16]، ۲۰۰۶)، (جیانگ و همکاران [17]، ۲۰۲۰)، (بیکایی و میلر[18]،۲۰۱۷)، (نیکلز و کاکلمن [19]،۲۰۱۵)، (اکوسزن و همکاران [20]، ۲۰۱۵)، (مالهوترا و همکاران[21]،۲۰۲۲)، (امورسو، دنوسکا و اسکومدا[22]، ۲۰۱۸)، (فرناندز[23]،۲۰۰۸)، (کافورالاو گیوالا[24]،۲۰۰۹)، (لی و شی[25]،۲۰۱۵)، (اندرسون، ولفورست و لانگ[26]،۲۰۱۵)، (سوان و اوگورسال[27]، ۲۰۰۹) و (کاوجیک و همکاران[28]، ۲۰۱۰).

۳. یافته‌های تحقیق

معرفی شهر میامی: یکی از شهرهای شرقی استان سمنان و در همسایگی شهرستان شاهرود است که بر اساس آخرین اطلاعات آماری جمعیت آن معادل ۴۵۶۶ نفر است (سرشماری مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). شهر میامی در گستره کویری جنوب شهرستان میامی در دشت میامی واقـع شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع آن ۱۴۰۰ متر در شمال غرب و ۸۵۰ متر در جنوب شرق است. از نظر اقلیمی، آب‌وهوای آن خشک و میزان بارش سالانه آن معادل ۱۳۵ میلیمتر است. وسعت این شهر معادل ۳۱۲ هکتار و شامل چهار محله بافت قدیم، شهرک امام، شمال بزرگراه و شهرک شرق می‌شود (شکل ۲).



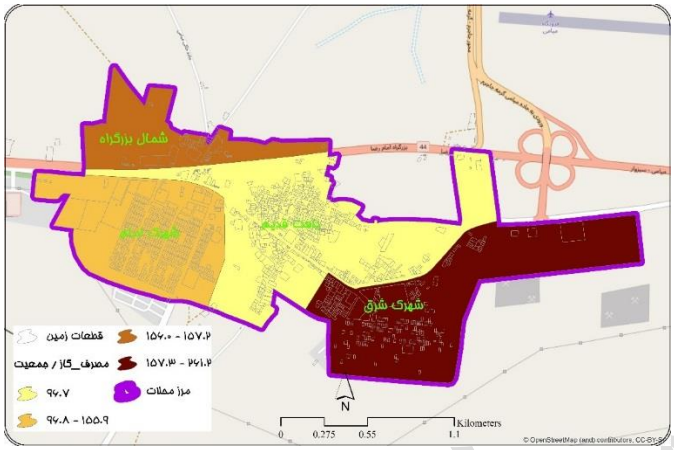
شکل ۲: موقعیت شهر میامی در استان سمنان و شهرستان میامی ۱۴۰۱.

مصرف گاز در شهر میامی: بر اساس اطلاعات اداره گاز شهرستان میامی، مصرف سالیانه گاز در این شهر معادل ۴،۴۱۰،۰۶۷ مترمکعب است که باتوجه‌به جمعیت آن (۴۵۶۶ نفر)، سرانه سالیانه مصرف معادل ۹۵۶ مترمکعب است. نزدیک به ۵۰٪ مصرف شهر، متعلق به فصل زمستان است (اداره گاز شهرستان میامی، ۱۴۰۱). در سطح ۴ محله شهر میامی بیشترین میزان سرانه مصرف مربوط به شهرک شرق و کمترین آن نیز اختصاص به بافت قدیم دارد (شکل ۴). سنجش سطح معناداری میزان مصرف گاز در سطح محلات بر مبنای آزمون تحلیل واریانس بیانگر وجود تفاوت معنادار و نشان‌دهنده الگوی مصرف متفاوت محلات از یکدیگر است (شکل ۳ و ۴) که می‌تواند دست‌مایه خوبی برای سنجش میزان اثرگذاری متغیرها و شاخص‌های مکانی در نمایش این تفاوت‌ها باشد.

شکل ۳: سطح معناداری میزان مصرف گاز در محلات شهر میامی برحسب آزمون تحلیل واریانس.

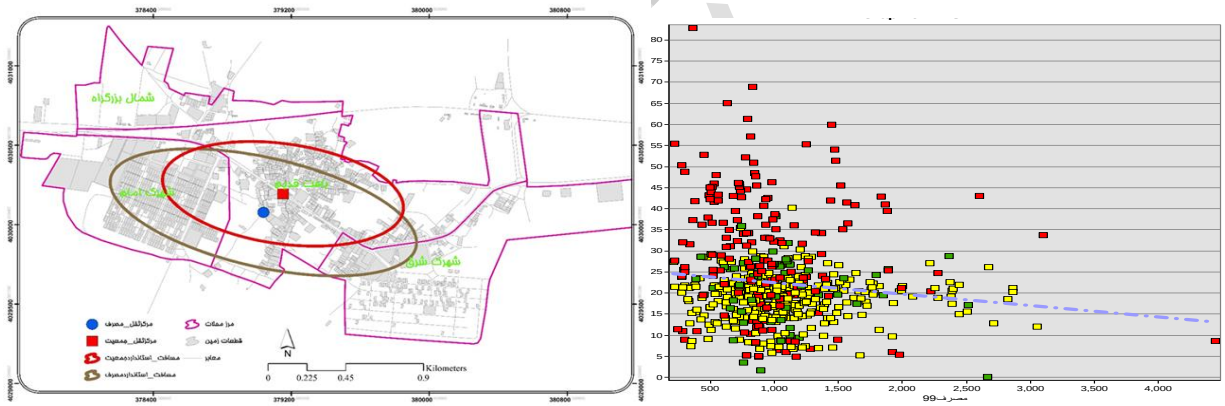
شاخص آنوا	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F	Sig.
بین محلات	۶۹۹۶۷۴۴۵،۶۲۶	۳	۲۳۳۲۲۴۸۱،۸۷۵	۷۶،۰۸۵	،۰۰۰
درون محلات	۴۵۱۲۱۲۹۳۱،۶۱۸	۱۴۷۲	۳۰۶۵۳۰،۵۲۴		
مجموع	۵۲۱۱۸۰۳۷۷،۲۴۴	۱۴۷۵			

[16] Norman, MacLean & Kennedy
[17] Jiang et al
[18] Beykaei & Miller
[19] Nichols & Kockelman
20 Aksoezen et al
[21] Malhotra et al
[22] Amoruso, Donevska & Skomeda
[23] Fernandez
[24] Kofoworola & Gheewala
[25] Li & Shi
[26] Anderson, Wulfhorst & Lang
[27] Swan & Ugursal
[28] et al Kavgic



شکل ۴: سرانه مصرف انرژی گاز در بخش خانگی به تفکیک محلات در شهر میامی ۱۴۰۰.

نمودار اسکاتر از مقایسه میزان جمعیت و میزان مصرف در واحدهای مسکونی نشان از رابطه معکوس بین این دو متغیر دارد. به عبارتی مصرف بالاتر اختصاص به محدوده‌هایی داشته است که جمعیت کمتری داشته‌اند. از سوی دیگر بهره‌گیری از مدل‌های «مرکز ثقل» و «بیضی مسافت استاندارد» نشان از عدم انطباق توزیع فضایی جمعیت و مصرف انرژی گاز در شهر است. به‌گونه‌ای که مرکز ثقل جمعیت در مقایسه با مرکز ثقل مصرف، گرایش بیشتری به هسته مرکزی شهر دارد درحالی‌که مرکز ثقل مصرف و مسافت استاندارد آن، محدوده جنوب شرقیِ هسته مرکزی را نشان می‌دهد (شکل ۵).



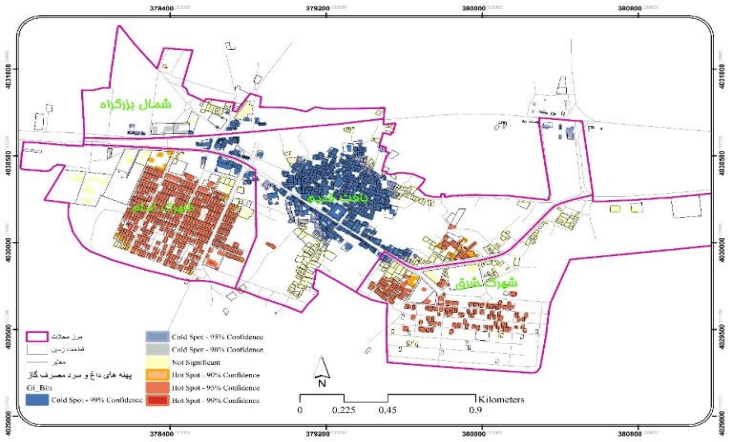
شکل ۵: ارتباط بین مصرف انرژی و تعداد جمعیت در سطح قطعات مسکونی با استفاده از نمودار اسکاتر و خط ترند (راست) و میزان انطباق توزیع فضایی جمعیت و مصرف انرژی با استفاده از مدل‌های مرکز ثقل و مسافت استاندارد (چپ).

درمجموع می‌توان گفت الگوی کلی مصرف در شهر میامی متأثر از میزان جمعیت نیست و عوامل دیگر در این زمینه اثرگذارند. برای این منظور در ادامه باتکیه‌بر متغیرهای فضایی، این موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تحلیل فضایی مصرف گاز در شهر میامی

به‌منظور تحلیل فضایی مصرف گاز در شهر میامی از اطلاعات مصرف در سطح واحدهای مسکونی شهر استفاده شده است که شامل ۱۴۹۰ قطعه مسکونی می‌شود. برای این منظور از مدل‌های شاخص عمومی Gi و نقاط تحلیل داغ و سرد، رگرسیون جغرافیایی و رگرسیون OLS به شرح زیر استفاده شده است.

الگوی فضایی شدت مصرف گاز: این بررسی بر اساس شاخص عمومی Gi و نقاط تحلیل داغ و سرد انجام شده است. نتیجه این بررسی نشان می‌دهد که توزیع فضایی مصرف انرژی در سطح شهر یکنواخت نیست و تفاوت‌های معناداری در این زمینه مشاهده می‌شود. محدوده بافت قدیمی در هسته مرکزی به‌عنوان «هسته سرد مصرف» و محدوده‌های جدید در جنوب غربی و جنوب شرقی به‌عنوان «هسته‌های داغ مصرف» انرژی قابل شناسایی‌اند (شکل ۶).



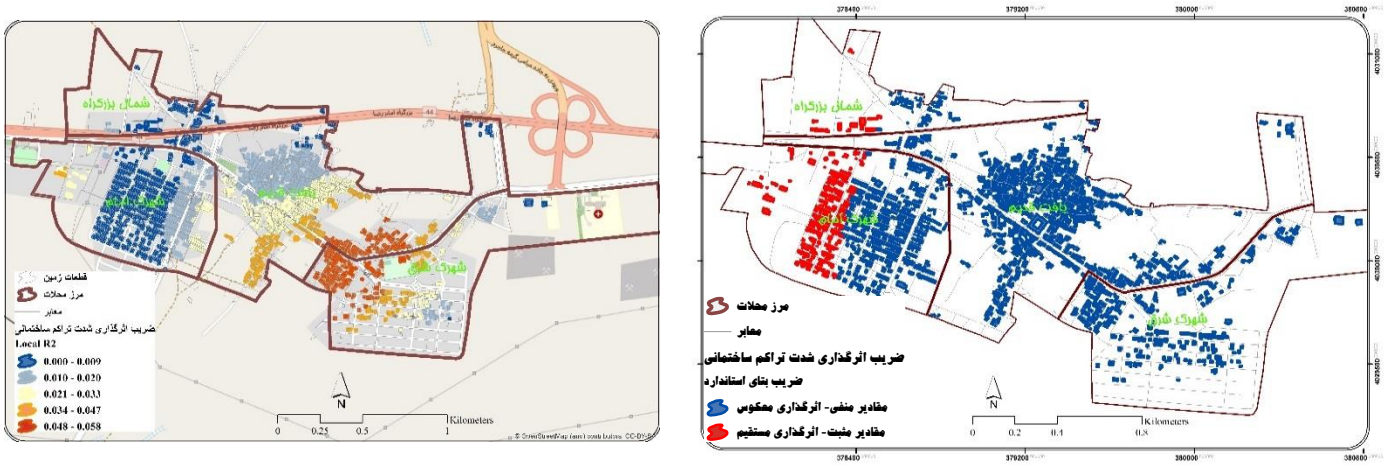
شکل ۶: هسته‌های فضایی داغ و سرد مصرف انرژی گاز در شهر میامی.

وجود تفاوت‌های معنادار آماری در مصرف انرژی بر حسب موقعیت‌های گوناگون بیانگر اثرگذار بودن ویژگی‌های مکانی مؤثر در این خصوص است که در ادامه به بررسی این موضوع پرداخته می‌شود.

مدل مفهومی تحقیق، متغیرهایی از ویژگی‌های انسانی و کالبدی را در میزان مصرف انرژی نشان داد. به‌منظور محاسبه ضریب اثرگذاری این متغیرها از مدل‌های رگرسیون OLS و جغرافیایی استفاده شده است. رگرسیون OLS نشان می‌دهد، برازندگی کدام متغیرها در معادله رگرسیونی تأیید نمی‌شود و رگرسیون جغرافیایی، میزان اثرگذاری مکانی هر یک از متغیرها را محاسبه می‌کند. نتایج این بررسی به تفکیک متغیرهای موردنظر به شرح زیر است.

الف) تراکم ساختمانی: نزدیکی ساختمان‌ها به یکدیگر می‌تواند در کاهش مصرف انرژی اثرگذار باشد. براین‌اساس با محاسبه شدت تراکم ساختمانی و ارتباط آن با میزان مصرف، با استفاده از رگرسیون جغرافیایی مشخص شد که این موضوع ۱۰٫۵٪ از تغییرات مصرف انرژی را تبیین می‌کند. رگرسیون جغرافیایی نشان داد که بیشترین شدت اثرگذاری در محدوده‌های جنوبی (شهرک شرق) به میزان ۶٪ و کمترین شدت در جنوب غربی (شهرک غرب) به میزان ۱٪ است (شکل ۷).

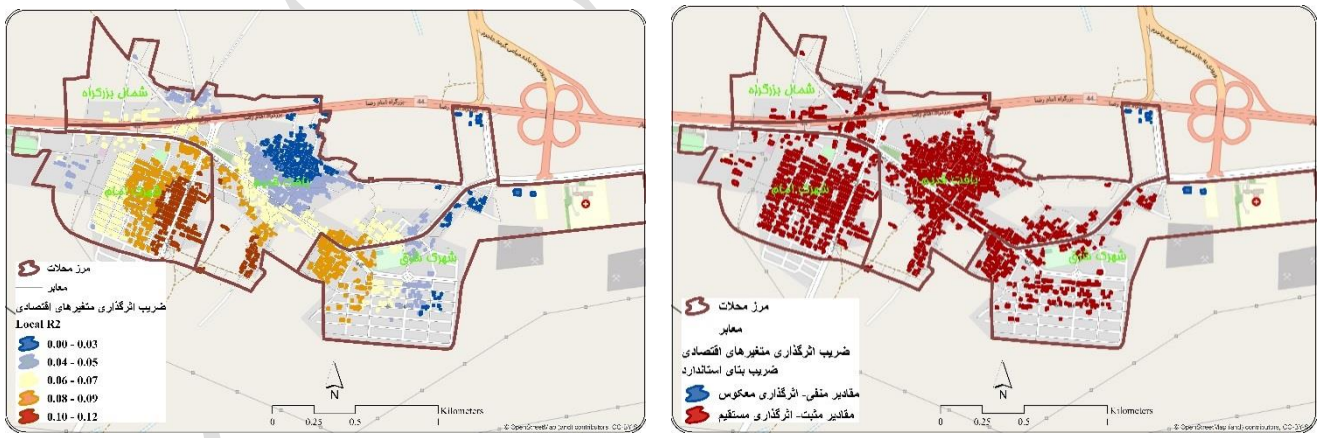
همچنین ضرایب بتای استاندارد برای یکایک قطعات نشان می‌دهد که در ۱۲٫۷٪ قطعات، اثرگذاری این شاخص مثبت و در ۸۷٫۲٪ اثرگذاری آن معکوس است. به عبارتی می‌توان گفت با افزایش تراکم، میزان مصرف کمتر می‌شود و در مابقی، با افزایش تراکم، میزان مصرف هم افزایش یافته است که به نظر می‌رسد متأثر از عواملی دیگر است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود (شکل ۶).



شکل ۷: میزان اثرگذاری (سمت چپ) و جهت اثرگذاری (سمت راست) عامل تراکم ساختمانی در مصرف انرژی گاز در شهر میامی بر اساس مدل رگرسیون جغرافیایی.

ب) ویژگی‌های اقتصادی: متغیر قابل‌دسترس از ویژگی‌های اقتصادی، میزان درآمد ساکنین بوده است. نظر به اینکه توزیع درآمد در سطح شهر یکنواخت نیست، ازاین‌رو این متغیر به‌عنوان یکی از متغیرهای فضایی مدنظر قرار گرفته است. نتایج تحلیل رگرسیون جغرافیایی نشان از آن دارد که درآمد ۱۱٪ از تغییرات مصرف انرژی را تبیین می‌کند. بیشترین اثرگذاری این متغیر در بخش‌هایی از جنوب غربی شهر و در محله شهرک غرب به میزان ۱۲٪ و کمترین آن در شمال بافت قدیمی شهر به میزان ۳٪ است.

همچنین نوع اثرگذاری آن بر اساس ضرایب بتای استاندارد نشان می‌دهد که در ۹۹٫۲٪ از قطعات، این متغیر اثر مستقیم و در ۰٫۸٪ باقیمانده اثر معکوس دارد؛ بنابراین باید گفت که متغیر اقتصادی اثری مثبت و مستقیمی بر مصرف انرژی دارد. به عبارتی پردرآمدها همچنان مصرف بیشتری در مقایسه با کم‌درآمدها دارند (شکل ۸).

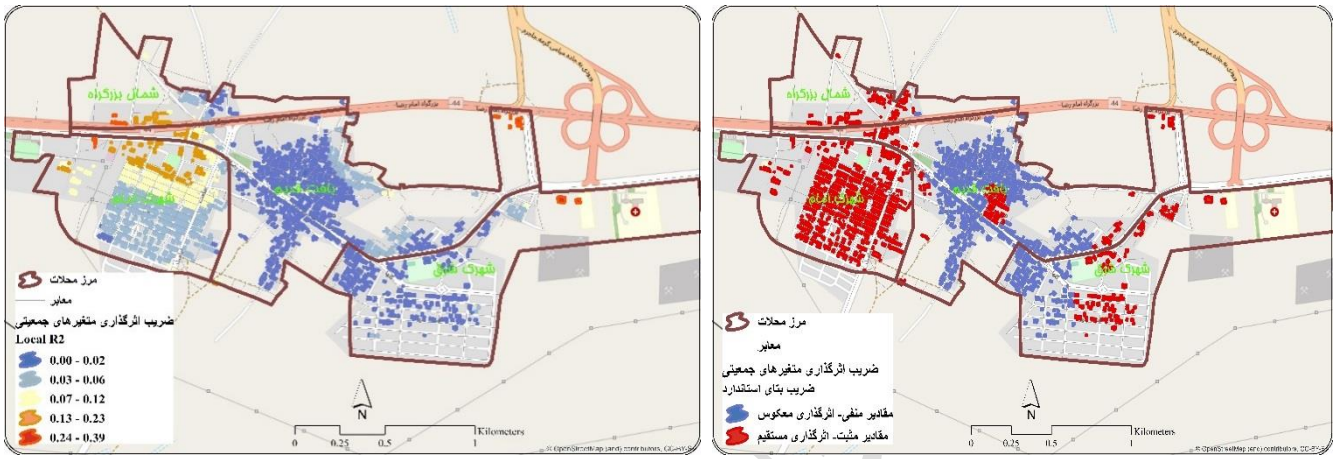


شکل ۸: میزان اثرگذاری (سمت چپ) و جهت اثرگذاری (سمت راست) توزیع فضایی درآمد ساکنین در مصرف انرژی گاز در شهر میامی بر اساس مدل رگرسیون جغرافیایی.

ج) ویژگی‌های جمعیتی: این متغیر شامل تعداد و تراکم جمعیت ساکن در هر واحد مسکونی است. مدل رگرسیون جغرافیای نشان داد که ویژگی‌های جمعیتی، ۱۸٪ از تغییرات مصرف انرژی گاز را در شهر میامی تبیین می‌کند. بیشترین میزان اثرگذاری در شمال غربی و شمال شرقی به میزان ۲۳ تا ۲۹٪ و کمترین آن نیز اختصاص به هسته مرکزی به میزان ۲٪ دارد.

در سوی دیگر نقشه تهیه شده از مقدار و جهت ضریب بتای این متغیر حاکی از اثرگذاری متفاوت آن بر مقدار مصرف گاز در بافت‌های مختلف شهر میامی است. به‌گونه‌ای که در هسته مرکزی دارای اثر معکوس و در محلات شهرک غرب و شرق دارای اثر مثبت است.

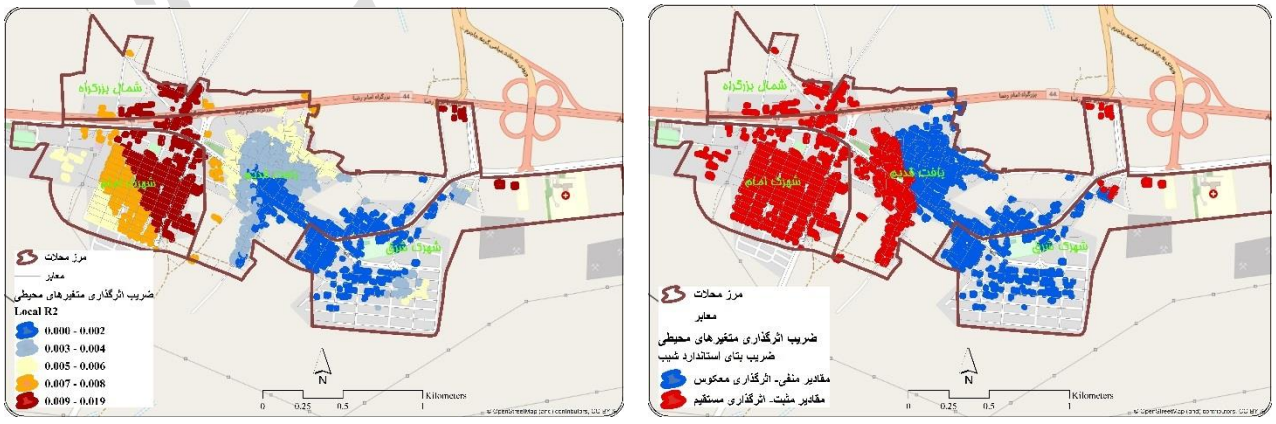
به اینصورت که در بافت قدیمی همزمان با افزایش جمعیت، مصرف گاز کمتر و در محدوده‌های با میزان کمتر جمعیت، مصرف گاز بیشتر بوده است. در مجموع در ۴۸٪ از قطعات شهر میامی اثر این متغیر مثبت و در ۵۲درصد اثر منفی دارد (شکل ۹) که در پایان بخش به بررسی علل این موضوع پرداخته می‌شود.



شکل ۹: میزان اثرگذاری (سمت چپ) و جهت اثرگذاری (سمت راست) ویژگی‌های جمعیتی ساکنین در مصرف انرژی گاز در شهر میامی بر اساس مدل رگرسیون جغرافیایی.

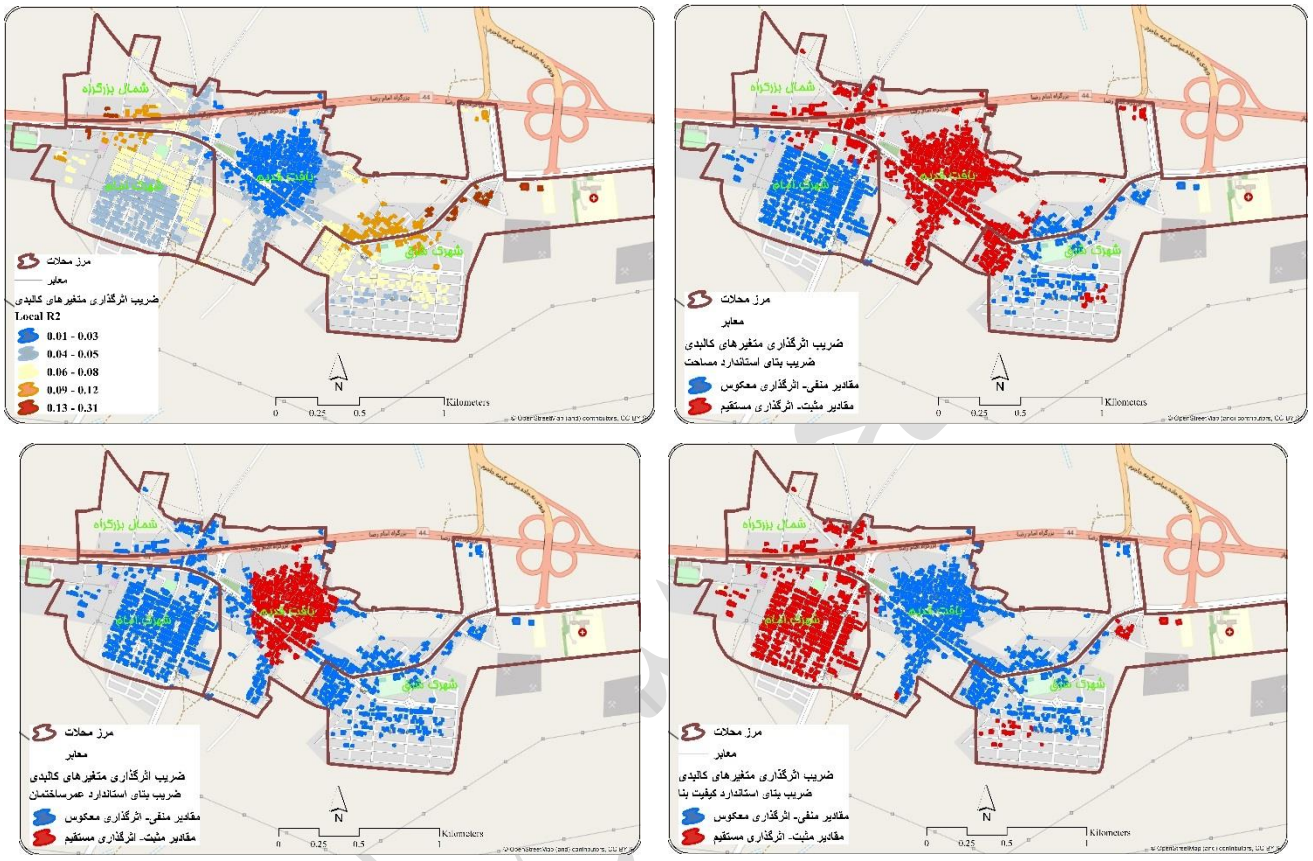
د)ویژگی‌های محیطی: متغیری‌های محیطی مرتبط با مصرف انرژی بر اساس مدل مفهومی شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب و جهت تابش خورشید بوده است که از میان آنها، با استفاده از مدل رگرسیونی OLS تنها شیب و جهت شیب اثرگذاری معناداری بر میزان تغییرات فضایی مصرف انرژی داشتند. رگرسیون جغرافیایی نشان داد که ۹٫۸٪ از تغییرات مصرف انرژی با ویژگی‌های محیطی قابل‌تبیین است که در پهنه فضایی شهر میامی بیشترین میزان اثرگذاری این متغیر در شهرک امام تا ۱۹٪ و کمترین آن نیز اختصاص به شهرک شرق تا ۲٪ است.

ضرایب بتای استاندارد محاسبه شده، نشان می‌دهد که در بیشتر قسمت بافت شهر، این متغیر اثرگذاری مستقیم بر تغییرات مصرف انرژی دارد به عبارتی با افزایش مقادیرِ ویژگی‌های محیطی (شیب و جهت شیب)، میزان مصرف نیز افزایش پیدا می‌کند (شکل ۱۰).



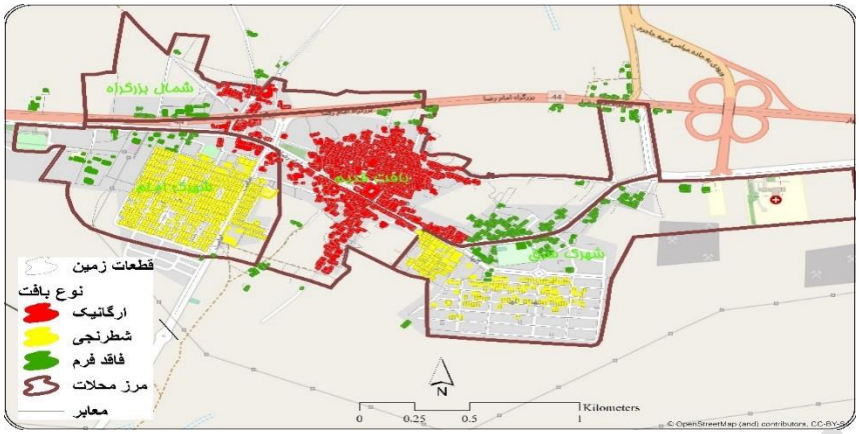
شکل ۱۰: میزان اثرگذاری (سمت چپ) و جهت اثرگذاری (سمت راست) ویژگی‌های محیطی در مصرف انرژی گاز در شهر میامی بر اساس مدل رگرسیون جغرافیایی.

هـ)ویژگی‌های کالبدی: این شاخص شامل کیفیت ابنیه، عمر ساختمان و وسعت قطعه است. مدل رگرسیون جغرافیایی نشان می‌دهد که مجموع متغیرهای یادشده ۱۷٪ از تغییرات مصرف را در واحدهای مسکونی تبیین می‌کند. بیشترین میزان اثرگذاری این متغیر در قسمت‌های شمال شرقی تا ۳۱٪ و کمترین نیز در هسته مرکزی به میزان ۵ درصد است.



شکل ۱۱:میزان اثرگذاری (چپ بالا) و جهت اثرگذاری مساحت قطعه (راست‌بالا)، عمر ساختمان (چپ پایین) و کیفیت بنا (راست پایین) در مصرف انرژی گاز در شهر میامی بر اساس مدل رگرسیون جغرافیایی.

و)نوع بافت: محدوده مورد مطالعه از نظر نوع بافت شامل ۱)بافت ارگانیک و ۲)شطرنجی است. بخش‌هایی از شهر نیز فرم مشخصی ندارند. درمجموع ۴۴٫۸٪ از وسعت شهر را بافت ارگانیک و ۳۷٫۸٪ را بافت شطرنجی تشکیل می‌دهد. هسته مرکزی شهر میامی و بافت قدیمی آن فرم ارگانیک دارد درحالی‌که بخش‌های جدیدتر شامل شهرک امام و شهرک شرق، بافت شطرنجی دارند (شکل ۱۲). از مجموع جمعیت شهر میامی ۶۳٫۲٪ آن در بافت ارگانیک شهر و ۲۹٫۴٪ در بافت شطرنجی آن ساکن هستند.



شکل ۱۲: شهر میامی بر اساس نوع بافت.

به‌منظور سنجش نقش بافت، در میزان مصرف انرژی باتوجه‌به نوع متغیر وابسته (اسمی)، از روش «تحلیل تمایزی» استفاده شده است. برای این منظور بافت‌های ارگانیک و شطرنجی از یک‌سو و میزان مصرف برای هریک از واحدهای مسکونی از سوی دیگر به‌عنوان متغیرهای موردنظر در این تحلیل انتخاب شد. نتایج بررسی نشان داد که:

الف) میانگین مصرف گاز خانوار در بافت ارگانیک، معادل ۲۳۰٫۶ مترمکعب و در بافت شطرنجی معادل ۷۳۶٫۲ مترمکعب است. در نگاه اول، حاکی از تفاوت بیش از سه برابری مصرف گاز در محدوده بافت شطرنجی در مقایسه با بافت ارگانیک است (بااینکه جمعیت بافت شطرنجی کمتر از ارگانیک است).

ب)آزمون برابری میانگین مصرف: استفاده از آزمون ویکلز و ضریب F به ترتیب مقادیر ۰٫۸۲۹ و ۲۶۱٫۷۳ را نشان می‌دهد که در سطح معناداری کمتر از ۰٫۰۵ قرار دارند. براین‌اساس میزان مصرف باتوجه‌به نوع بافت کالبدی، دو گروه متمایز را تشکیل داده است. همچنین آزمون «ام باکس» نیز بیانگر آن است که ماتریس‌های کوواریانس مصرف گاز در بافت‌های ارگانیک و شطرنجی باهم تفاوت معناداری دارند (شکل ۱۳).

شکل ۱۳: میانگین برابری مصرف گاز محلات برحسب نوع فرم در شهر میامی بر اساس آزمون ویکلز و ام باکس.

شاخص	F	df1	df2	Sig.
ویکلز	۲۶۱٫۷۳۶	۱	۱۲۶۷	٫۰۰۰
ام‌باکس	۴۴٫۶۱۳			٫۰۰۰

ج)میزان موفقیت و صحت مدل: بر مبنای روش طبقه‌بندی معتبر متقاطع، میزان صحت دسته‌بندی و پیش‌بینی مدل برای میزان مصرف قطعات مسکونی در بافت ارگانیک معادل ۷۸٫۷٪ و برای بافت شطرنجی معادل ۶۴٫۱٪ می‌باشد که میزان مناسبی است (شکل ۱۴).

شکل ۱۴: درصد صحت مدل در طبقه‌بندی و پیش‌بینی مقادیر در بافت‌های ارگانیک و غیرارگانیک شهر میامی.

نوع طبقه‌بندی	واحد اندازه‌گیری	نوع بافت	میزان صحت پیش‌بینی		جمع
			ارگانیک	شطرنجی	
Cross-validated[b]	تعداد	ارگانیک	۵۷۸	۱۵۶	۷۳۴
		شطرنجی	۱۹۲	۳۴۳	۵۳۵
	درصد	ارگانیک	۷۸٫۷	۲۱٫۳	۱۰۰٫۰
		شطرنجی	۳۵٫۹	۶۴٫۱	۱۰۰٫۰

د)میزان اثرگذاری: محاسبه مقادیر ویژه نشان از آن دارد که تحلیل تمایزی توانسته است یک تابع تشخیصی کانونی را شناسایی کند. همچنین مقدار ویژه شناسایی شده معادل ۰٫۲۰۷ است که توانسته است ۱۰۰٪ از واریانس گروه‌ها و میزان پخش میانگین‌های دو گروه را تبیین کند. نتایج ضریب همبستگی کانونی نیز نشان از آن دارد که تابع موردنظر توانسته است ۱۷٫۱٪ (۰٫۴۱۴ به توان ۲) از تغییرات

متغیر وابسته را تبیین کند. به عبارتی نوع بافت توانسته است به میزان ۱۷٫۱٪ در تغییرات مصرف گاز در محدوده مورد مطالعه اثرگذار باشد (شکل ۱۵).

شکل ۱۵: مقادیر ویژه حاصل از اجرای تحلیل تمایزی در خصوص مصرف گاز برحسب نوع بافت در شهر میامی.

تعداد تابع	مقدار ویژه	درصد واریانس	ضریب همبستگی کانونی
۱	,۲۰۷	۱۰۰,۰	,۴۱۴

بررسی علل اثرات متفاوت متغیرها در مصرف گاز در شهر میامی

همان‌طور که مدل رگرسیون فضایی و ضرایب بتای استاندارد نشان داد، نوع اثرگذاری متغیرهای مستقل بر میزان تغییرات مصرف انرژی در محدوده شهر میامی در بسیاری موارد متفاوت بوده است. به عبارتی در برخی محدوده‌ها سبب کاهش مصرف و در برخی دیگر افزایش مصرف را به دنبال داشته است (شکل ۱۶).

شکل ۱۶:خلاصه میزان و نوع اثرگذاری متغیرهای مستقل در تغییرات مصرف انرژی در شهر میامی بر اساس مدل رگرسیون فضایی.

شاخص‌ها		تراکم ساختمانی	اقتصادی	جمعیتی	محیطی	مساحت	عمر بنا	کیفیت بنا
شدت تبیین		۱۰٫۵	۱۱	۱۸	۹٫۸	۱۷	۱۷	۱۷
نوع اثرگذاری	مثبت	۱۲٫۷	۹۹٫۲	۵۰٫۱	۵۵	۵۵٫۸	۳۰٫۶	۵۹٫۶
	منفی	۸۷٫۲	۰٫۸	۴۹٫۹	۴۵	۴۴٫۲	۶۹٫۴	۴۰٫۴

برای تحلیل این موضوع، ضمن ترکیب متغیرهای گوناگون بر حسب نوع اثرگذاری (اثر مستقیم یا معکوس)، با استفاده از تکنیک جداول متعامد، اقدام به تفسیر و تحلیل این تفاوت‌ها به تفکیک هر شاخص به شرح زیر شده است.

تراکم ساختمانی: در این زمینه حالت کلی بیانگر اثرگذاری مثبت شدت تراکم ساختمانی در کاهش مصرف انرژی در ۸۷٫۳٪ از پهنه شهر میامی است. اما در ۱۲٫۷٪ باقیمانده، سبب افزایش مصرف شده است. بررسی دقیق موضوع نشان از آن دارد که محدوده اخیر (۱۲٫۷٪) علاوه بر تراکم ساختمانی متأثر از عوامل مکانی دیگری است که در بروز این وضعیت مؤثر می‌باشد:

- در این محدوده‌ها میانگین درآمد ساکنین بیشتر بوده است (۱٫۶۲ برابر)
- واحدهای مسکونی مساحت بیشتری داشته‌اند (۱٫۲ برابر)
- و میانگین شیب و ارتفاع از سطح دریا نیز در آنها بیشتر می‌باشد (میانگین ۱۰۹۹ در مقابل ۱۰۸۸ متر)

ازاین‌رو باتوجه‌به نقش مثبت درآمد، وسعت و شیب در مصرف انرژی می‌توان چنین استنباط کرد تراکم ساختمانی می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی داشته باشد؛ اما درصورتی‌که همراه با سایر متغیرهای اثرگذار در این زمینه باشد، نقش آن کاهش می‌یابد؛ لذا این عامل جایگاه مطلق ندارد و نسبی است.

ویژگی‌های اقتصادی: از نظر نوع اثرگذاری تفاوت چندانی بین بخش‌های مختلف شهر میامی ازنظر این شاخص دیده نمی‌شود؛ چراکه در ۹۹٫۲٪ وسعت شهر، این شاخص اثر مثبت و مستقیم دارد. ازاین‌رو نقش این شاخص را در مصرف انرژی باید مطلق درنظر گرفت. به عبارتی هرجایی که درآمد بیشتر بوده، بدون درنظرگرفتن سایر عوامل، مصرف انرژی نیز افزایش یافته است.

ویژگی‌های جمعیتی: درحالی‌که به‌نظر می‌رسد با افزایش جمعیت، مصرف انرژی نیز افزایش پیدا می‌کند؛ اما وضعیت این شاخص در ۵۰٫۱٪ از پهنه شهر اثر مستقیم و در ۴۹٫۹٪ باقیمانده اثر معکوس داشته است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد در محدوده‌های با مصرف بالا و جمعیت کم شرایط زیر حاکم بوده است:

- میانگین درآمد ساکنین واقع در این محدوده بیشتر است (۱٫۹۷ برابر).
- میانگین وسعت واحدهای مسکونی در این محدوده‌ها، بالاتر بوده است (۱۷۲ مترمربع در مقابل ۱۴۶ مترمربع)

- همچنین میانگین شیب و ارتفاع این محدوده‌ها از سطح دریا در مقایسه با سایر محدوده‌ها نیز بیشتر است (۱۰۹۱ در مقابل ۱۰۸۱ متر)

نظر به هم‌جواری ۵۰٪ از شهر میامی با متغیرهای مکانی فوق و اثرگذاری مستقیم این متغیرها بر افزایش مصرف انرژی، شدت اثرگذاری شاخص جمعیت کمتر شده است.

ویژگی‌های محیطی: روند کلی بیانگر ارتباط مستقیم میزان شیب و ارتفاع با میزان مصرف انرژی است. درحالی‌که در ۴۵٪ از پهنه شهر میامی برخلاف روند کلی، با افزایش میزان ارتفاع و شیب، مصرف کاهش داشته است. این موضوع می‌تواند ناشی از عوامل زیر باشد:

- شدت بیشتر تراکم ساختمانی در این محدوده (۱,۰۴ برابر بیشتر از سایر محدوده‌ها)
- میانگین پایین درآمد ساکنین (۳۰٪ کمتر از سایر محدوده‌ها)
- و پایین‌بودن میانگین وسعت قطعات مسکونی (۱۴۷ مترمربع در مقابل ۱۶۸).

نظر به اثرگذاری متغیرهای شدت تراکم ساختمانی، درآمد پایین، و وسعت کمتر قطعات مسکونی در کاهش مصرف انرژی و هم‌جواری ۴۵٪ از محدوده‌های با شیب بالا با عوامل یادشده، می‌توان به کاهش نقش عامل شیب در مصرف انرژی پی برد.

شاخص‌های کالبدی: متغیرهای اثرگذار در این زمینه شامل وسعت قطعات، عمر بنا و کیفیت واحد مسکونی بوده است.

الف) میزان مساحت: در این زمینه در ۴۴,۲٪ از محدوده‌های شهر، هم‌زمانی افزایش مصرف در واحدهای مسکونی با وسعت کمتر مشاهده می‌شود که خلاف روند کلی است. بررسی متغیرهای مورد بررسی در محدوده‌های با وسعت کم و مصرف بالا نشان از:

- کاهش شدت تراکم ساختمانی (به طور میانگین ۴۰٪ کمتر)
- افزایش شیب و ارتفاع در مقایسه با سایر محدوده‌ها (۱۰۹۱ در مقابل ۱۰۸۲)
- و بالاتر بودن میانگین درآمد (۲,۲ برابر بیشتر) دارد.

درمجموع چنین وضعیتی سبب شده است تا فضاهای مسکونیِ با وسعتِ کمتر، همچنان مصرف بالاتری را تجربه کنند.

ب) عمر ساختمان: در ۶۹,۴٪ از محدوده شهر میامی با افزایش عمر ساختمان، مصرف انرژی کاهش پیدا کرده است که می‌تواند خلاف روند کلی رانشان دهد. ارزیابی متغیرهای مستقل اثرگذار در مصرف انرژی در این محدوده‌ها نشان از

- کیفیت ابنیه مناسب‌تر این محدوده در مقایسه با دیگر محدوده‌ها
- و شدت بالای تراکم ساختمانی در این واحدها دارد

چنین مجاورتی سبب شده است تا علاوه بر افزایش عمر ساختمان‌ها، میزان مصرف افزایش پیدا نکند.

ج) کیفیت بنا: در ۴۰,۴٪ وسعت شهر میامی با افزایش کیفیت بنا، میزان مصرف افزایش پیدا کرده است. در توجیه این موضوع باید به وضعیت متفاوت شاخص‌های اثرگذار در مصرف انرژی در این محدوده‌ها در مقایسه، محدوده‌های مقابل اشاره کرد:

- تراکم ساختمانی پایین در این محدوده‌ها (به طور میانگین ۳۲٪ کمتر).
- افزایش شیب زمین و به دنبال آن ارتفاع از سطح دریا
- بالاتر بودن میانگین سطح درآمد ساکنین در این محدوده‌ها(۲,۰۳ برابر)
- و نهایتاً میانگین متراژ بیشتر واحدهای مسکونی در این محدوده در مقایسه با سایر محدوده‌ها (۱۷۷ مترمربع در مقابل ۱۴۷ مترمربع) که در مجموع سبب اثرگذاری متفاوت عامل کیفیت ابنیه دراین‌خصوص شده است.

۳,۵ تدوین داستان مصرف انرژی در محلات شهر میامی: به‌منظور تدوین داستان هر محله در خصوص مصرف انرژی، با بهره‌گیری از جداول متعامد و جای‌گذاری یافته‌های تحقیق در خانه‌های آن، جایگاه هر یک از محلات برحسب ویژگی‌های مکانی استخراج گردید (شکل ۱۷).

شکل ۱۷: جایگاه شاخص‌های مکانی مؤثر در مصرف انرژی برحسب محلات شهر میامی.

محله / شاخص‌ها		بافت قدیم	شمال بزرگراه	شهرک امام	شهرک شرق
نوع بافت		ارگانیک	بی‌نظم فاقد شکل مشخص	شطرنجی	شطرنجی
کالبدی	شدت اثرگذاری	٪۵-۳	٪۳۱-۳	٪۸-۴	٪۱۲-۴
	کیفیت بنا	معکوس	مستقیم	غالباً معکوس	مستقیم
	عمر ساختمان	غالباً مستقیم	معکوس	معکوس	معکوس
	مساحت	مستقیم	مستقیم	معکوس	معکوس
جمعیت	شدت اثرگذاری	٪۶-۲	٪۲۳-۲	٪۶-۲	٪۲۳-۲
	تعداد جمعیت	غالباً معکوس	مستقیم	معکوس/مستقیم	مستقیم
اقتصادی	شدت اثرگذاری	٪۱۲-۳	٪۱۲-۳	٪۲۳-۳	٪۳۹-۷
	درآمد	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم
محیطی	شدت اثرگذاری	٪۶-۲	٪۱۹-۷	٪۶-۲	٪۱۹-۵
	شیب	معکوس/مستقیم	مستقیم	معکوس	مستقیم
	جهت شیب	مستقیم	مستقیم	معکوس	مستقیم
تراکم ساختمانی	شدت اثرگذاری	٪۵,۸-۰,۹	٪۰,۹	٪۵,۸-۰,۹	٪۳,۳-۰,۹
	تراکم	معکوس	معکوس/مستقیم	معکوس	معکوس/مستقیم

باتوجه‌به جدول فوق می‌توان داستان هر محله را در خصوص مصرف انرژی به شرح زیر بیان کرد:

محله بافت قدیم (هسته مرکزی): این محله با اینکه حجم بالایی از جمعیت شهر میامی را در دل خود دارد؛ اما از نظر شدت مصرف، الگوی «نقاط سرد» را نشان می‌دهد. بررسی ویژگی‌های مکانی این محله که آن را متمایز از سایر محلات می‌کند و می‌تواند داستان این محله را در مصرف انرژی ترسیم کند بدین شرح است:

> «بااینکه میزان جمعیت و عمر ساختمانی در این محدوده بالاست، اما ازنظر الگوی مصرف، *«الگوی سرد» را نشان می‌دهد. داستان مصرف انرژی این محله متأثر از عوامل گوناگونی است که آن را متمایز از سایر محدوده‌ها می‌کند. الگوی غالب این محله از نظر فرم، ارگانیک است که شدت تراکم ساختمانی را موجب شده است. میزان تغییرات شیب زمین در این محدوده و همچنین میانگین ارتفاع از سطح دریا کمترین میزان را نشان می‌دهد. از دیگر سو میانگین وسعت واحدهای مسکونی در این محله، کوچک‌ترین واحدهای شهر میامی را شامل می‌شود. علاوه‌برآن شدت تراکم بافت در این موقعیت‌ها و همچنین سطح درآمدی کمتر آنها در این محدوده مشاهده می‌شود که باتوجه‌به اثرگذاری مثبت این متغیرها در میزان مصرف انرژی در الگوی کلی شهر میامی، باید این موارد را موجب کاهش مصرف انرژی در این محله درنظر گرفت*».

محله شهرک شرق: این محله از نظر الگوی مصرف در الگوی داغ مصرف قرار دارد. باتوجه‌به ویژگی‌های خاص این محله، می‌توان داستان این محله را در خصوص مصرف انرژی به شرح زیر بیان کرد:

> *«الگوی غالب فرمی محله از نوع شطرنجی و واحدهای مسکونی غالباً به شکل شمالی-جنوبی می‌باشد. میزان ارتفاع و شیب زمین در این محله بالا است. واحدهای مسکونی در این محله نیز وسیع هستند. ازنظر درآمدی، جزء محلات با سطح بالا است. در بخشی از این محله ارتباط معکوسی بین میزان جمعیت و*

مصرف انرژی مشاهده می‌شود که نسبت غالبی نیست که در بررسی تفاوت این محدوده‌ها در سطح این محله می‌توان تفاوت در شدت تراکم ساختمانی از یک‌سو و شیب و ارتفاع کمتر از سوی دیگر را مشاهده کرد».

محله شمال بزرگراه: این محله از نظر الگوی مصرف گاز در الگوی «هسته سرد و معمولی» قرار می‌گیرد. این محله فرمی ارگانیک را نشان می‌دهد. ویژگی مهم این محدوده در مقایسه با سایر محلات، جمعیت کم و تعدد پایین واحدهای مسکونی آن است. داستان این محله در خصوص الگوی مصرف انرژی به شرح زیر است:

«در این محله همچون بافت قدیم، عمر ساختمان‌ها بالاست. درعین‌حال شدت تراکم ساختمانی در این محله در پایین‌ترین مقدار قرار دارد. ساکنین این محدوده از نظر درآمدی، در پایین رده قرار دارند و شاید بتوان این معیار را مهم‌ترین عامل در خصوص کاهش مصرف انرژی در نظر گرفت. در کنار آن باید به وسعت کمتر واحدهای مسکونی در آن و پایین‌بودن تراکم جمعیت نیز اشاره کرد».

محله شهرک امام: این محله دارای الگوی مصرف هسته داغ در سطح شهر میامی است، پس از محله بافت قدیم، بخش عمده جمعیت در این محله ساکن است. ویژگی‌های خاص این محله که می‌تواند مرتبط با داستان آن در خصوص مصرف انرژی باشد به شرح زیر است:

«فرم کلی این محله از نوع شطرنجی است. پس از محله شهرک شرق، میانگین عمر ساختمان‌ها در این محله کمتر است. بااین‌حال این ویژگی سبب کاهش مصرف انرژی در این محدوده نشده است. با اینکه تراکم ساختمانی وضعیت مناسبی دارد؛ اما کاهش مصرف را سبب نشده است. وسعت بالای واحدهای مسکونی در این محدوده که وسیع‌ترین قطعات را در بین محلات نشان می‌دهد و همچنین سطح درآمدی بالا، مصرف بیشتر را به همراه داشته است. علاوه بر این، میانگین ارتفاع از سطح دریا و شیب زمین در این محله در مقایسه با سایر محلات، بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. برخلاف سایر محلات، در این محله مصرف انرژی در ارتباط کامل با تعداد جمعیت است و این یکی از وجه تمایز الگوی مصرف در این محله در مقایسه با سایر محلات است».

٤- بحث و نتیجه‌گیری:

دریافت‌های نظری: این مطالعه نشان داد که مصرف انرژی گاز متأثر از عوامل گوناگونی است که گاهی به شکل مجزا و گاهی در ترکیب با یکدیگر نقش مهمی در مصرف انرژی دارند. به‌عبارتی مصرف انرژی دررابطه‌با مجموعه‌ای از شرط‌ها است. یافته‌های مطالعه حاضر در مقایسه با یافته‌های پیشین، همان‌طور که کوان و لی (۲۰۲۱) نشان می‌دهند برای دستیابی به درک جامع در مصرف انرژی بایستی چندین معیار را در یک مدل با یکدیگر ادغام نمود که در این زمینه یافته‌های مطالعه حاضر 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، جایگاه نقش فرم شهری در میزان مصرف انرژی گاز در محدوده مورد مطالعه است که در این خصوص با یافته‌های لی و همکاران (۲۰۱۸) هم‌راستا است. فرم فشرده در محلات و ارتباط آن با مصرف انرژی، هم‌راستایی با مطالعه میونیز و روهاس (۲۰۱۹) و ین و همکاران (۲۰۱۵) و نتایج پژوهش نیک‌پور و همکاران (۱۳۹۷) را نشان می‌دهد.

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

در مجموع دستاورد نظری مهم این مطالعه آن است که متغیرهای مکانی ارزش مطلق در مصرف انرژی ندارند، بلکه این متغیرها و هم‌جواری آنها با انواع متفاوت پارامترها، می‌تواند داستان‌های متفاوتی از مصرف انرژی رانشان دهد. در بین متغیرهای مورد بررسی تنها عامل درآمد بود که دائماً نقشی مثبت در افزایش مصرف انرژی را نشان داد که بیانگر نقش الگوهای رفتاری افراد در مواجهه با مصرف انرژی است و شاید بتوان مهم‌ترین عامل را در کنترل مصرف انرژی را توجه به عامل تربیتی انسان‌ها ملحوظ کرد.

در پایان باید اشاره داشت، مصرف انرژی از موضوعات مهم و مرتبط با مسائل روز و آینده شهرها است. هزینه‌های مرتبط با تامین و توزیع انرژی از سویی و آثار زیانبار آن بر محیط زیست از دیگرسو، زمینه توجه به این موضوع را در حرکت به سمت توسعه پایدار شهرها بیش از پیش مطرح ساخته است. این در حالی است در کشورهایی نظیر ایران، به دلیل قیمت ارزان سوخت، مساله انرژی و مصرف بهینه آن، جایگاه نازلتری در جهت‌گیریهای توسعه‌ای دارد. در این 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 درون شهری)، امکان پذیر نمی‌باشد. از این رو 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 در شهر میامی را نشان داد. برآیند کلی حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که بخش مهمی از تفاوتها در الگوی مصرف را تفاوت های مکانی توجیه می‌کند. از اینرو 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 از جمله مهمترین اقدامات پایه، به‌منظور حرکت در مسیر الگوی بهینه مصرف باشد. به‌گونه‌ای که در اثنای 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.

منابع

۱. اسکندری ثانی، محمد؛ مرادی، محمود؛ قادری مقدم، پروین (۱۳۹۷). ارزیابی پتانسیل‌های پیاده‌سازی شهر هوشمند با تأکید بر حمل‌ونقل، موردمطالعه: شهر بیرجند. کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، دورهٔ ششم، شمارهٔ ۲، صص ۱۵۹-۱۸۵.

۲. برک پور، ناصر؛ مسنن زاده، فرناز (۱۳۹۰). بررسی مقایسه ای سیاست‌های بهینه سازی مصرف انرژی در حوزه برنامه‌ریزی کاربری زمین در ایران و انگلیس. فصلنامه مطالعات شهری، دورهٔ اول، شمارهٔ ۱، صص۴۱-۶۰.

۳. پایگاه اطلاعات مکانی شهر بیرجند، ۱۳۹۵.

٤. حاجی‌پور، خلیل؛ فروزان، نرجس (۱۳۹۳). بررسی تأثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی، نمونه موردی: شهر شیراز. نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، دورهٔ نوزدهم، شمارهٔ ٤، صص۱۷-۲۶.

۵. حسینی مرصع، محمدجواد. (۱۳۹۹). ارزیابی اثرات نوسازی بافت فرسوده در اقلیم سرد بر مصرف انرژی در بخش مسکونی نمونه موردی: محله آقاجانی بیگ شهر همدان. فصلنامه پژوهشی-تخصصی شهرسازی و معماری هویت محیط، دوره اول، شماره ۳، صص ۳۵-٤۵ .

٦. رفیعیان، مجتبی؛ فتح جلالی، آرمان؛ داداش پور، هاشم (۱۳۹۰). بررسی امکان سنجی تأثیر فرم و تراکم بلوک‌های مسکونی بر مصرف انرژی شهر، نمونه موردی: شهر جدید هشتگرد. معماری و شهرسازی آرمان شهر، دورهٔ ششم، شمارهٔ ٤، صص۱۰۷-۱۱٦ .

۷. سلیمانی، امیرنوید و غفارزاده، حمیدرضا. (۱٤۰۰). سنجش تأثیرات وضعیت اقتصادی خانوار بر میزان مصرف انرژی (مورد مطالعه: شهر یزد). پایداری، توسعه و محیط‌زیست،دوره دوم، شماره ٤، صص ۷۵-۵۱ .

۸. شجاع، سعیده؛ پورجعفر، محمدرضا؛ طبیبیان، منوچهر (۱۳۹۸). فراتحلیل رابطه فرم شهر و انرژی: مروری بر رویکردها، روش‌ها، مقیاس‌ها و متغیرها. دانش شهرسازی، دورهٔ سوم، شمارهٔ ۱، صص ۸۵-۱۰۷.

۹. شهرهای هوشمند کره جنوبی (۲۰۱٦)، وزارت زمین، زیرساخت و حمل‌ونقل کره جنوبی. ترجمه کتایون مشهودی. تهران: شرکت مادر تخصصی عمران شهرهای جدید.

۱۰. صحرایی نژاد، نسیم (۱٤۰۰). تجربه شکل‌گیری یک شهر سبز، باغ-شهر هوشمند پوتراجایا، مالزی. انسان و محیط‌زیست، دورهٔ نوزدهم، شمارهٔ ۳، صص ۹۷-۱۱۳.

۱۱. فاضلی، عبدالرضا؛ حیدری، شاهین (۱۳۹۲). بهینه‌سازی مصرف انرژی در مناطق مسکونی شهر تهران با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی انرژی روتردام .(REAP) فصلنامه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی، دورهٔ اول، شمارهٔ ۳، صص ۸۳-۹٦.

۱۲. فرخی، مریم؛ ایزدی، محمد؛ کریمی مشاور، مهرداد (۱۳۹۷). تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های بافت شهری اقلیم گرم و خشک، نمونهٔ موردی: شهر اصفهان. مطالعات معماری ایران، دورهٔ هفتم، شمارهٔ ۱۳، صص ۱۲۷-۱٤۷ .

۱۳. کرمی کرد علیوند، فیروزه و نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹٤)، بررسی جهت بهینه ساختمان‌ها در برابر تابش خورشید در شهر شیراز، اولین کنفرانس سالانه بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی، شیراز، https://civilica.com/doc/588045.
۱٤. مهندسین مشاور آمود، ۱۳۹۲، مطالعات طرح بازنگری جامع شهر بیرجند.
۱۵. نیک پور، عامر؛ لطفی، صدیقه؛ رضازاده، مرتضی؛ الله قلی تبار نشلی، فاطمه (۱۳۹۷). تحلیل رابطه میان فرم شهر و مصرف انرژی در بخش مسکن (مورد مطالعه بابلسر). جغرافیا و توسعه فضای شهری، دورهٔ پنجم، شمارهٔ ۱، صص ۷۱-۹۲ .

16. Aksoezen, M., Daniel, M., Hassler, U., & Kohler, N. (2015). Building age as an indicator for energy consumption. Energy and Buildings, 87, 74-86.
17. Amen, M. A. (2021). The Assessment of Cities Physical Complexity through Urban Energy Consumption. Civil Engineering and Architecture, 9(7), 2517-2527.
18. 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 .
19. 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.
20. 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.
21. Bhatia, S. (2014). Energy resources and their utilisation. In Advanced Renewable Energy Systems,(Part 1 and 2) (pp. 18-48). WPI Publishing.
22. Chang, S.-C. (2015). Effects of financial developments and income on energy consumption. International Review of Economics & Finance, 35, 28-44.
23. 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
24. 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
25. 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, 122909. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122909
26. 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.
27. 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.

28. 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.
29. 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.
30. 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
31. 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.
32. Li, C., Song, Y., & Kaza, N. (2018). Urban form and household electricity consumption: A multilevel study. Energy and Buildings, 158, 181-193.
33. 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.
34. 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.
35. 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
36. Marique, A.-F., & Reiter, S. (2012). A method to evaluate the energy consumption of suburban neighborhoods. HVAC&R Research, 18(1-2), 88-99.
37. 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.
38. Mutani, G., & Todeschi, V. (2021). GIS-based urban energy modelling and energy efficiency scenarios using the energy performance certificate database. Energy Efficiency, 14(5). https://doi.org/10.1007/s12053-021-09962-z.
39. 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.
40. 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.
41. Ohlan, R. (2015). The impact of population density, energy consumption, economic growth and trade openness on CO2 emissions in India. Natural Hazards, 79(2), 1409-1428.

42. 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.
43. 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.
44. 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
45. 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.
46. Van der Hoeven, M. (2013). World energy outlook 2012. International Energy Agency: Tokyo, Japan.
47. 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
48. 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
49. 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
50. 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.
51. 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