بررسی ریخت-گونه‌شناسانه بافت‌های مسکونی جدید در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی اولیه

مطالعه موردی: سپاهان شهر[1]

گلناز مرتضایی[2] - دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان.
محمود محمدی - دکتری شهرسازی، استادیار دانشگاه هنر اصفهان.
فرشاد نصراللهی - دکتری معماری، استادیار دانشگاه هنر اصفهان.
محمود قلعه‌نویی - دکتری شهرسازی، دانشیار دانشگاه هنر اصفهان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۶

چکیده

با پیشرفت سریع فناوری و در پی آن رشد روزافزون جمعیت شهری، توسعه محلات مسکونی امری اجتناب‌ناپذیر بوده است. ساخت‌وسازهای خارج از ضابطه، تغییرات شکلی بافت‌های شهری و عدم تطابق آن با ویژگی‌های اقلیمی، افزایش تقاضای انرژی مصرفی ساختمان‌ها را به دنبال داشته است. به گونه‌ای که بخش عمده‌ای از انرژی که در شهرها به مصرف می‌رسد، به ساختمان‌های مسکونی تعلق دارد و یکی از عوامل تأثیرگذار بر این مسئله شکل بافت شهری است. اما اغلب پژوهش‌هایی که تاکنون در این حوزه انجام شده است، به بررسی اثرات شکل شهری بر مصرف سوخت حمل‌ونقل پرداخته و یا مصرف انرژی ساختمان‌ها را در مقیاس خرد ارزیابی نموده‌اند. از آنجایی که عملکرد حرارتی ساختمان‌ها در مقیاس‌های فراتر از مقیاس ساختمانی متفاوت می‌باشد، این مسئله اهمیت تحلیل عملکرد حرارتی ساختمان‌ها را در مقیاس‌هایی بالاتر مانند واحد همسایگی برای محققان روشن می‌سازد. درنتیجه این پژوهش در پی آن است که با به کارگیری رویکرد ریخت‌ـگونه شناسانه و سنجش مصرف انرژی اولیه گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ریخت‌گونه‌های مختلف، به بررسی روابط بین شاخص‌های ریخت‌شناختی و مصرف انرژی اولیه بپردازد و براساس معیار انرژی اولیه، الگوهای کارآمد و ناکارآمد را شناسایی نماید. با توجه به ماهیت کاربردی این تحقیق، روش مورد استفاده در آن توصیفی‌ـتحلیلی است و برای یافته‌اندوزی از روش‌های اسنادی و میدانی(مشاهده، پرسشنامه)بهره جسته است. پژوهش حاضر در سه گام متفاوت تعریف شده، به طوری که نخست با مطالعات اسنادی به شرح مباحث کلیدی پرداخته، سپس براساس رویکرد ریخت‌ـگونه شناسی و با روش میدانی، بافت مسکونی سپاهان شهر در مقیاس واحد همسایگی ریخت‌ـگونه بندی شده است. در پایان نیز با مدلسازی مصرف انرژی اولیه سرمایشی، گرمایشی و روشنایی ریخت‌گونه‌های مختلف از طریق نرم‌افزار دیزاین بیلدر، نتایج براساس نگرش مقایسه‌ای، آزمون همبستگی و آنالیز واریانس تحلیل گردیده‌اند. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که بین مصرف انرژی اولیه و شاخص‌های طرح چیدمان، مکان قرارگیری توده، فرم ساختمان، ارتفاع ساختمان، سطح معابر و فضاهای باز رابطه همبستگی قوی و بین مصرف انرژی اولیه و شاخص تناسبات بلوک، رابطه همبستگی متوسط وجود دارد. همچنین براساس نتایج حاصل از تحلیل واریانس، الگوهای متداول ردیفی و الگوهای مربع شکل، به ترتیب کارآمدترین و ناکارآمدترین الگوی بافت مسکونی جدید به شمار می‌آیند. سایر الگوها مانند گونه‌های H,T,I,L شکل از لحاظ مصرف انرژی اولیه در سطح میانی قرار می‌گیرند و در این میان، الگوهای H شکل بهترین گزینه برای ساختمان متراکم چهار طبقه می‌باشند.

واژگان کلیدی: انرژی اولیه، بافت مسکونی جدید، واحد همسایگی، ریخت‌ـگونه شناسی، شبیه‌سازی.

۱. مقاله پیش رو برگرفته از رساله دکتری گلناز مرتضایی، رشته شهرسازی با عنوان" زبان انرژی کارایی در بعد ریخت‌شناسی طراحی شهری " از دانشگاه هنر اصفهان می باشد.

۲ نویسنده مسئول مقاله: mortezaei.g@Gmail.com

۱. مقدمه

رشد روزافزون جمعیت، وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر، افزایش رشد مصرف انرژی را در جهان به دنبال داشته است. به طوری‌که ۶۰-۸۰ درصد انرژی جهانی در شهرها به مصرف می‌رسد(Grubler, 2012:1310). همچنین برآورد شده است که شهرها مسئول تولید ۸۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی می‌باشند، به گونه‌ای که بخش عمده‌ای از انتشار این گازها تحت‌تأثیر شکل بافت شهری است(United Nations,2007). در این میان حدود۳۰-۴۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی به ساختمان‌ها تعلق دارد (Huovila et al., 2007:1). در کشور ایران نیز بیشترین مصرف انرژی شهری به ساختمان‌ها تعلق دارد و مصرف انرژی در این بخش حدود ۴۰ درصد می‌باشد(Energy balance sheet,2003:10). به طوری‌که بیش از یک‌سوم مصرف انرژي در کشور را تقاضاي انرژی‌بخش خانگی تشکیل می‌دهد. با توجه به این که بیش از۹۸ درصد مصرف انرژی ساختمان‌ها در ایران از محصولات نفتی و گازی تأمین می‌گردد، این بخش یکی از منابع اصلی تولید آلودگی می‌باشد(Nasrollahi, 2009:74). ازنظر سالات پارامترهای مؤثر بر سطح مصرف انرژی ساختمان‌ها شامل اقلیم، مورفولوژی شهری [1](شکل شهر)، طراحی ساختمان، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی و رفتار ساکنان می‌باشد(Salat,2009:589). بر این اساس مصرف انرژی ساختمان‌ها با حوزه‌های گوناگونی مرتبط است که در پژوهش حاضر، حوزه مورد نظر طراحی شهری می‌باشد. از میان پارامترهای بیان شده، در حوزه طراحی شهری میزان مصرف انرژی اولیه ساختمان‌ها، با بعد ریخت‌شناسی هم پیوند می‌باشد. اما با وجود اتفاق‌نظر اندیشمندان در خصوص محدودیت‌های کنونی توسعه و نقد شیوه استفاده از منابع، عموماً چشم‌انداز روشنی از انرژی کارایی در بعد ریخت‌شناسی طراحی شهری به خصوص در زمینه بافت‌های مسکونی جدید ارائه نشده است. پژوهش‌های مطرح شده در خصوص شهر و انرژی (کارایی) هر یک با نگاهی متفاوت به این موضوع می‌نگرند. به بیانی دیگر بخش اعظمی از مطالعاتی که تاکنون در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در حوزه شهرسازی انجام شده است، به بررسی اثرات شکل شهری بر مصرف سوخت حمل‌ونقل پرداخته‌اند(Newman and Kenworthy,1989:1 ; Vance and Hedel, 2007:575) و یا مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی را به طور هم‌زمان (ساختمان را) در مقیاس‌های خرد ارزیابی نموده‌اند(Taleghani et al.,2013:169). از این رو پژوهش‌های اندکی در مقیاس میانی در حوزه طراحی شهری صورت گرفته است. مطالعات گوپتا نشان داده است که عملکرد حرارتی ساختمان‌ها در مقیاس تک بنا با رفتار مصرف انرژی همان بنا با ویژگی‌های مشابه در مقیاس‌های فراتر متفاوت می‌باشد. درواقع می‌توان این‌گونه استدلال نمود که با تغییر مقیاس، امکان تغییر در نتایج پژوهش وجود دارد و این مسئله به طور غیرمستقیم اهمیت تحلیل عملکرد حرارتی ساختمان‌ها را در مقیاس‌های بالاتر برای محققان روشن می‌سازد. اگرچه تحقیقاتی نیز در مقیاس‌های فراتر مانند بلوک شهری در ارتباط با شاخص‌های ریخت‌شناسی انجام گرفته است. اما عمدتاً به ارزیابی خرد اقلیم شهری، دسترسی به انرژی خورشیدی، میزان تقاضای انرژی گرمایشی و سرمایشی با استفاده از مدل‌های ساده‌سازی شده یا فرضی پرداخته‌اند. شاخص‌های ریخت‌شناسی به واسطه تأثیراتی که بر خرد اقلیم به همراه دارند بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و میزان برق مورد نیاز برای روشنایی مصنوعی ساختمان‌ها اثرگذار می‌باشند و پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی نوع حامل‌های انرژی مورد استفاده برای تأمین انرژی‌های یاد شده متفاوت است؛ به گونه‌ای که برق نسبت به‌گاز طبیعی قیمت بیشتری داشته وگازگلخانه‌ای بیشتری منتشر می‌کند (Nasrollahi,2013:27). بر این اساس ضرورت دارد الگوهای کارآمد و ناکارآمد بافت‌های شهری بر اساس ارزیابی میزان مصرف انرژی اولیه گرمایشی، سرمایشی و روشنایی تعیین گردند. بنابراین پژوهش حاضر در پی آن است که در حوزه طراحی شهری، نخست با رویکرد ریخت‌ـگونه شناسی[2] بافت مسکونی سپاهان شهر را گونه‌بندی نماید، سپس با سنجش مصرف انرژی اولیه[3] گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ریخت‌گونه‌های مختلف در مقیاس واحد همسایگی، به بررسی روابط بین شاخص‌های ریخت‌شناختی و مصرف انرژی اولیه بپردازد و براساس معیار انرژی اولیه، الگوهای کارآمد و ناکارآمد را شناسایی نماید.

۲. چارچوب نظری

۲،۱. پیشینه تحقیق

با بحران نفتی سال ۱۹۷۳، سیاست‌گذاران اقتصادی و صنعتی، غرب را از آسیب‌پذیری شدید صنعت وابسته به نفت خود در برابر نوسان‌های انرژی آگاه نمودند. اخطارهای مشابه در سال ۱۹۷۳ باعث شد که در راستای تغییر الگوهای مصرف انرژی و به‌کارگیری منابع انرژی نو (به خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر) سیاست‌گذاری نمایند. در همین راستا، پژوهشگران متعددی در قالب مطالعاتی در زمینه تأثیر متغیرهای مربوط به فرم ساختمان، ابعاد ساختمان، نوع ساختمان، معابر و پوشش گیاهی بر روی خرد اقلیم شهری، آسایش حرارتی عملکرد روشنایی روز و پتانسیل انرژی خورشیدی و مصرف انرژی به ارائه راه‌حل‌هایی به منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی شهرها پرداختند که در این بخش تنها به بررسی مطالعاتی پرداخته می‌شود که در مقیاس‌هایی فراتر از سطح ساختمانی مطرح گردیده‌اند. در پژوهشی، سالات از مقایسه فرم بافت‌های شهری فرانسه در سه دوره به این نتیجه رسید که مورفولوژی شهری در بهره‌وری انرژی مناطق مختلف پاریس تأثیرگذار است و مصرف انرژی در بافت مدرن ۱،۸ برابر بافت معاصر و یا بلوک‌های سنتی پاریس شهری می‌باشد(Salat, 2009:589-609). در پژوهش دیگری که توسط رتی و همکاران، در شهرهای لندن، تولوز و برلین انجام شده، نشان می‌دهد که تغییرات در تراکم و هندسه شهری می‌تواند حدود ۱۰ درصد از انرژی را تحت‌تأثیر قرار دهد. اگرچه چنین نتایجی به رابطه ضعیف بین مورفولوژی

1.Urban Morphology

2.Typo-Morphology

3.Primary Energy

شهری و مصرف انرژی اشاره دارد، اما این پارامتر کاملاً بی‌تأثیر هم نمی‌باشد(Ratti et al., 2005: 62-76). کامپگنون با به‌کارگیری مدل سه بعدی به این موضوع پرداخت که چگونه می‌توان میزان دسترسی به پتانسیل انرژی غیرفعال و فعال خورشیدی را با طراحی بهینه سایت حتی در بافت‌های متراکم افزایش داد. در میان چهار طرح فرضی برای بافت‌های متراکم، تنها دو طرح چیدمان[1] خطی با ارتفاع ساختمان یکنواخت و بلوک‌های پلکانی با ارتفاع متغیر، بیشترین پتانسیل خورشیدی را به همراه داشتند(Compagnon, 2004: 321-328). چنگ و همکاران نیز با استفاده از شبیه‌سازی، به بررسی طرح چیدمان افقی و عمودی به صورت تصادفی (رندوم)، نسبت مساحت ساخت به مساحت قطعه و میزان سطح اشغال سایت در بافت‌های شهری پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در بافت‌هایی که طرح چیدمان افقی و عمودی ساختمان‌ها به صورت رندوم[2] یا نامنظم همراه با سطح اشغال کمتر و فضاهای باز بیشتری هستند، عملکرد روشنایی روز و پتانسیل انرژی خورشیدی را افزایش می‌دهند(Cheng et al., 2006: 706). کو به واسطه پژوهش‌های پیشین به مرور عوامل تأثیرگذار فرم شهری بر مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی ساختمان‌های مسکونی و روش‌های ارزیابی آنها مانند نوع مسکن، تراکم، سطح اشغال، جهت معابر، نحوه قرارگیری ساختمان و پوشش گیاهی پرداخته است. وی به این مسئله اشاره دارد که نتیجه‌گیری براساس پژوهش‌های انجام شده به علت تفاوت و تناقض‌های موجود در مقیاس و نوع روش به‌کاربرده شده دشوار می‌باشد(Ko, 2013: 327-351). رد و همکاران میزان تقاضای انرژی گرمایشی را در ارتباط با شاخص‌های تراکم، نسبت سطح به حجم، ارتفاع و سطح اشغال ساختمان در الگوهای مختلف ساختمانی در شهرهای پاریس، لندن، برلین و استانبول ارزیابی نموده‌اند. نتایج این پژوهش بهره‌وری انرژی گرمایشی را از طریق ایجاد ساختمان متراکم، بلوک‌های فشرده یا ساختمان‌های بلندمرتبه قابل دستیابی می‌داند(Rode et al., 2014: 138-162). پژوهش دیگری در سال ۲۰۱۷ به بررسی سه اثر نوع فرم بلوک ساختمانی بر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی، در شهر تسالونیکی پرداخته است. نتایج حاکی از آن است که بین راهبردهای فشردگی بالای شهری و طراحی خورشیدی منفعل هم‌افزایی وجود دارد و این تعامل در تراکم‌های مختلف شهری قابل دستیابی است(Vartholomaios, 2017: 135-145). اندرو به بررسی تأثیر پارامترهایی همچون آرایش، هندسه و جهت‌گیری معابر بر شرایط سایه‌اندازی و دسترسی به انرژی خورشیدی دره‌های شهری در دو بافت معاصر و قدیم یونان پرداخته است. وی اشاره دارد که این پارامترها به شدت می‌توانند شرایط خرد اقلیم دره‌های شهری مانند درجه حرارت هوا و دمای سطحی را تحت‌تأثیر قرار دهند(Andreou, 2014: 587-596). مطالعات دیگری نیز برای استقرار ساختمان‌ها، فاصله بین ساختمان‌ها، فشردگی، تراکم، شکل، تعداد طبقات، تیپولوژی، نسبت سطح به حجم ساختمان، نسبت حجم ساخته شده به مساحت قطعه، عرض و جهت معابر به عنوان پارامترهای تأثیرگذار بر مصرف انرژی معرفی می‌نماید(Gropius, 1965: 30-38; Martin, 1967: 191-200; Strømann-Andersen et al, 2011: 2019). توسلی نیز در کتاب «ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم و خشک ایران»، رهنمودهایی را در راستای تعدیل عوامل اقلیمی در نواحی گرم و خشک ارائه داده است؛ یکی از این موارد طراحی فرم ساختمان‌ها به صورت مربع شکل می‌باشد. (Tavassoli, 2012: 176) آنچه از پژوهش‌های مطرح شده قابل استنتاج است، این است که اغلب محققان پتانسیل انرژی خورشیدی، تقاضای انرژی گرمایشی یا سرمایشی ساختمان‌ها را در ارتباط با شاخص‌های ریخت‌شناسی در مقیاس بلوک‌های شهری بررسی نموده‌اند و به ارزیابی سه مصرف انرژی اولیه گرمایشی، سرمایشی و روشنایی به طور هم‌زمان در مقیاس واحد همسایگی توجهی نشده است. علاوه بر این از الگوهای غالب بافت شهری به صورت ساده‌سازی شده و فرضی استفاده گردیده که این موضوع به شدت صحت میزان مصرف انرژی وضع موجود را مورد تهدید قرار می‌دهد. اما بایستی به این موضوع توجه داشت که از میان مصارف مختلف انرژی ساختمان‌ها، شامل مصرف انرژی برای تأمین شرایط آسایش حرارتی و تأمین روشنایی، آب گرم مصرفی، لوازم‌خانگی و تجهیزات صوتی و تصویری، تهویه مکانیکی و غیره، ویژگی‌های ریخت‌شناسی بافت شهری بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و میزان برق مورد نیاز برای روشنایی مصنوعی ساختمان اثرگذار است(Nasrollahi, 2013: 27). بنابراین اگر الگوهای بافت شهری تنها براساس یکی از این سه نوع مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار گیرد، نتایج حاصل از پژوهش قادر به تعیین الگوهای بهینه نخواهد بود؛ زیرا الگوهای ریخت‌شناسی، هر سه نوع مصرف انرژی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، به طوری که غالباً مصرف انرژی سرمایشی و روشنایی برخلاف یکدیگر عمل می‌نماید. موضوعات دیگری که در حوزه شهرسازی حائز اهمیت است، ویژگی‌های ریخت‌شناسی بافت جدید مسکونی ایران و میزان ضریب انرژی اولیه مربوط به هر یک از حامل‌های انرژی می‌باشد. با توجه به این که الگو و شاخص‌های ریخت‌شناسی بافت‌های شهری متأثر از روش‌های طراحی شهری، ضوابط و مقرارت طرح‌های جامع و تفصیلی است، هر کشوری الگوهای ریخت‌شناسی خاص خود را دارد. بنابراین ضرورت دارد در راستای دستیابی به هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی علاوه بر در نظر گرفتن تفاوت‌های محیطی و اقلیمی خاص هر منطقه، الگوهای ریخت‌شناسی در هر کشور به طور ویژه مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین به دلیل اثرات متفاوت زیست‌محیطی و اقتصادی هر یک از حامل‌های انرژی و نیز تفاوت ضریب انرژی اولیه حامل‌های مختلف انرژی ایران با سایر کشورها، بایستی الگوهای ریخت‌شناسی براساس معیار انرژی اولیه ارزیابی گردند.

۲،۲. مفهوم انرژی اولیه

مصرف انرژی اولیه به استفاده مستقیم انرژی در منبع و یا تأمین انرژی خامی که هنوز تبدیل نشده و یا در روند تبدیل قرار نگرفته است، اطلاق می‌گردد(IEA, 2013). بنابراین میزان انرژی اولیه،

1. Design Layout
2. Random

سهمی از انرژی را که صرف استخراج، تبدیل به حالت‌های دیگر انرژی و انتقال انرژی تا محل مصرف می‌گردد، در بر می‌گیرد. با توجه به نوع حامل انرژی که برای تأمین گرمایش، سرمایش و روشنایی استفاده می‌شود، تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی متفاوتی را نیز به همراه خواهد داشت. معمولاً برای گرمایش گاز طبیعی و برای سرمایش برق استفاده می‌شود که سهم زیادی از برق از سوخت‌های فسیلی تولید می‌گردد و نسبت به گاز طبیعی قیمت بیشتری داشته و گاز گلخانه‌ای بیشتری نیز منتشر می‌کند، بنابراین برق می‌بایستی نقشی مهم‌تر از گاز در تحلیل‌های مربوط به مصرف انرژی ایفا نماید. از این رو، در تحلیل‌های انرژی، از جنبه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی، مصرف انرژی اولیه، معیار معنادارتری نسبت به مجموع مصارف انرژی است (Nasrollahi, 2013: 27). بنابراین در پژوهش حاضر معیار انتخاب الگوی کارآمد و ناکارآمد بافت مسکونی، بر میزان مصرف انرژی اولیه استوار می‌باشد.

۲،۳. مفهوم انرژی کارایی در حوزه شهرسازی

منظور از کارایی انرژی در واقع مصرف بهینه و کارآمد انرژی بوده که با هدف کاهش رشد تقاضای انرژی، تقلیل قابل توجه مصرف سوخت‌های فسیلی و به دنبال آن افزایش عرضه انرژی سالم همراه است. به تعبیری دیگر بازدهی انرژی تأمین سطوح یکسانی از خدمات انرژی با به کارگیری مقادیر کمتر انرژی است. این مفهوم در ابتدا در صنایع گوناگون ازجمله صنایع الکتریکی و ماشین‌آلات و در سیستم‌های حمل‌ونقل مورد توجه قرار گرفت و پس از آن دامنه آن به حوزه شهرسازی گسترش یافت. اما با شدت گرفتن مخاطرات گوناگون استفاده فزاینده از منابع انرژی و نیاز به کنترل آنها در بازه‌ای بلندمدت و تحت‌تأثیر گرفتن شهرها و محدوده‌های بلافصل آنها در مناطق پیرامونشان، توجه بیشتری به اعمال و ادغام بازدهی انرژی در فرآیند طراحی و برنامه‌ریزی شهری شده است. از این رو انرژی کارایی در حوزه شهرسازی به امر حداقل‌سازی مصرف انرژی در شهر می‌پردازد و برای این مقصود از برنامه‌ریزی سکونتگاه‌ها، کنترل نحوه ساخت‌وساز و نحوه چیدمان ساختمان‌ها بهره می‌گیرد (Franchi, 2004: 130).

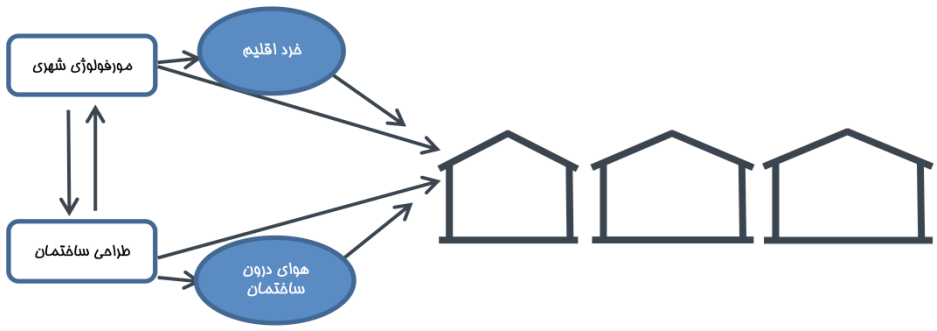
روش طراحی شهری انرژی کارا، چه ازنظر اقتصادي و چه ازنظر زیست‌محیطی مناسب‌تر از دیگر روش‌ها می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی ایران و پتانسیل بسیار بالاي کاهش مصرف انرژي ساختمان‌ها می‌توان با به‌کارگیری طراحی شهري متناسب با اقلیم و تدوین ضوابط مقررات شهرسازي انرژي کارا براي اقلیم‌های مختلف ایران تأثیر عمده‌ای بر کاهش مصرف انرژي بخش ساختمان و درنتیجه بر مصرف انرژي کل کشور به همراه داشت (Nasrollahi, 2011: 4). بنابراین در راستای تدوین چنین مقرراتی ضرورت دارد نخست الگوهای کارآمد از منظر میزان مصرف انرژی سرمایشی، گرمایشی و روشنایی شناسایی گردند تا بتوان براساس آنها ضوابط لازم را تدوین نمود.

۲،۴. رابطه بین ریخت‌شناسی، خرداقلیم شهری و مصرف انرژی

به طورکلی رابطه متقابل و تنگاتنگي بین ساختمان‌ها و محیط خارجي آنها وجود دارد. هر بنا، وضعیت آب‌وهوایي اطراف خود را تغییر می‌دهد. هندسه و مقطع شهر، شکل، ارتفاع، اندازه بناها، جهت خیابان‌ها و ساختمان‌ها و سطح فضاهاي باز همگي عواملي هستند که اقلیم خرد شهر را تعیین می‌کنند (Bahreini, 2011: 156). به عبارتی دیگر، اقلیم محلی در مقیاس بسیار کوچک از فاصله یک سانتی‌متر تا یک کیلومتر دچار تغییراتی می‌شود که خرد اقلیم را به وجود می‌آورد (Tahbaz, 2013: 14). بنابراین هر عنصر انسان‌ساخت شهري با توجه به تأثیراتی که بر فاکتورهای اقلیمی بر جا می‌گذارد، در اطراف و بالاي خود اقلیم مصنوعي خاصي پدید می‌آورد که همواره با آن در ارتباط متقابل قرار می‌گیرد (Bahreini, 2011: 156-157).

این فاکتورها شامل دمای هوا (دمای خشک و دمای مرطوب)، رطوبت نسبی، سرعت و جهت وزش باد و همچنین تابش خورشید (تابش مستقیم و پراکنده) می‌باشند که دارای بیشترین اهمیت در یک طراحی اقلیمی هستند (Nasrollahi, 2013: 14). از این رو، ریخت‌شناسی چه به مفهوم شکل و چه کارکرد شهری با توجه به تأثیراتی که بر فاکتورهای اقلیمی می‌گذارد، به طور غیرمستقیم قادر به تغییر میزان مصرف انرژی در شهرها به خصوص تقاضای انرژی گرمایشی و سرمایشی ساکنان می‌باشد. پارامترهای ریخت‌شناسی علاوه بر تأثیرگذاری بر شرایط آب‌وهوایی بیرون ساختمان قادر به تغییر شرایط آب‌وهوایی درون ساختمان نیز می‌باشند، به همین دلیل بررسی ساختمان به شکل واحدی مستقل و بدون در نظر گرفتن موقعیت و شرایط آن در مقیاس شهری نباید صورت پذیرد (Adolphe, 2001: 679-684) (تصویر شماره۱).

اما باید به این موضوع نیز توجه داشت که شهرها و عناصر شهری در کنار عملکردشان همیشه از عوامل آب‌وهوایی متأثر می‌باشند، به طوری که شرایط اقلیمی نه‌تنها یکی از عناصر تعیین‌کننده میزان تقاضای انرژی است، بلکه میزان مصرف انرژی خود نیز می‌تواند از طریق ایجاد جزایر حرارتی به صورت غیرمستقیم تغییراتی را در خرد اقلیم ایجاد نماید. این تأثیر در برخی موارد باعث کاهش نیاز حرارت در فصول سرد و در مقابل سبب افزایش نیاز سرمایش در فصول گرم می‌گردد (Dhakal et al, 2003: 1487–1499). بنابراین ریخت‌شناسی و اقلیم، دو سیستم مصنوع و طبیعي هستند که دارای رابطه دو سویه می‌باشند. اقلیم هر شهر، در عین حال که پتانسیل‌های ویژه‌ای دارد، محدودیت‌هایی را نیز در زمینه طراحي شهري به همراه دارد. بر این اساس با ایجاد اصلاحات در ریخت شهری و با طراحی کارآمد الگوی بافت‌های شهری می‌توان در شرایط آب‌وهوایی منطقه‌ای (سینوپتیک) شهر و بهبود طولانی‌مدت بهره‌وری انرژی بافت‌های شهری مؤثر واقع گردید. از این رو به جرأت می‌توان گفت که تحقق طراحی شهری انرژی کارا درگرو بازنگری شهرسازی معاصر و بررسی تأثیرات مثبت و منفی شاخص‌های مورفولوژیکی، همچنین تصمیم‌گیری صحیح در مورد ساختار شهری، از ویژگی‌های کالبدی بلوک‌ها و ساختمان‌ها، شبکه معابر و فضاهای باز در ارتباط با مصرف انرژی می‌باشد.



تصویر شماره۱: رابطه بین ریخت‌شناسی، خرد اقلیم و مصرف انرژی بافت شهری

۲،۵. مفهوم ریخت‌ـگونه شناسی و تبیین شاخص‌ها

در عرصه طراحی شهری، تاکنون روش‌های مختلفی برای ارزیابی شکل شهری به کار رفته است. در پژوهش حاضر از بین روش‌های مختلف، روش ریخت‌ـ گونه شناسی به عنوان روشی کارآمد در مقیاس میانی گزینش شده است. از نظر راپاپورت، گونه‌شناسی تلاشی برای قرار دادن مجموعه‌ای از اشیا در یک مجموعه منظم برای دستیابی به عمومیت بیشتر در راستای شناخت و برنامه‌ریزی آنها می‌باشد(Rapoport, 1990:96). به عبارتی دیگر مطالعات ریخت‌ـگونه شناسی، ساختار کالبدی و فضایی شهرها را روشن می‌کنند. این مطالعات فرم شهر را براساس طبقه‌بندی تفصیلی ساختمان‌ها و فضاهای باز با توجه به گونه‌ها توضیح می‌دهند. ریخت‌ـگونه شناسی را می‌توان به صورت مطالعه و بررسی فرم شهرها براساس مطالعه گونه‌های فضا و بنا تعریف کرد(Moudon, 1994:289). ام.آر.جی کانزن، چهارعنصر را به عنوان اجزا و عناصر ریخت شهری معرفی می‌نماید: کاربری زمین، ساختار بناها، الگوی قطعه‌بندی و الگوی خیابان‌ها(Conzen,1960:4). در ایتالیا کانیجا، برای تحلیل‌های ریخت‌شناسی، بافت شهری را معرفی نمود که یک کل منسجم فرم کالبدی را شکل می‌دهد. مطالعات وی در شکل‌های ساخته شده با توجه به فرآیند تاریخی شکل‌گیری شهر انجام شده و شامل عناصر [بناها]، ساختار عناصر [بافت شهری]، نظام‌های ساخت [مناطق و نواحي] و کل سیستم ارگانیسم [کلیت شهر] است (Kristjansdottir, 2001:112-113). از نظر کروف، مهم‌ترین مفهوم در مطالعات ریخت‌ـگونه شناسی، مفهوم بافت شهری است. وی شش عنصر را به عنوان عناصر بافت شهری برمی‌شمارد: خیابان و بلوک‌ها، پلاک‌ها، ساختمان‌ها، اتاق و فضاها، ساختارها شامل دیوارها و سقف‌ها (جزئیات ساخت) و مصالح(Kropf, 1998:127-140). ترش نیز در این زمینه به عناصری مانند موقعیت بنادر قطعه، طرح‌بندی داخلی، شبکه خیابان و بلوک‌ها می‌پردازد(Trache,2001:160). رادبرگ برای گونه‌شناسی بلوک‌های شهری، شاخص‌های سطح اشغال زمین، نسبت سطح زیربنا به سطح زمین و ارتفاع ساختمان را به عنوان متغیرهای اصلی مورد استفاده قرار داده و سطح تحلیل بلوک به عنوان مجموعه‌ای از ساختمان‌های محصور شده توسط خیابان‌های پیرامونی را برگزیده است(Radberg,1996:386). متاپونت و پرهاپت نیز دیاگرامی را با نام اسپیس میت ارائه کردند که روابط بین چهار شاخصِ سطح اشغال، فضای باز، تعداد طبقات و تراکم ساختمانی را تحلیل می‌کند. در مطالعات دیگری ذاکر حقیقی نُه شاخص کلیدی را برای گونه‌شناسی بافت معرفی می‌نماید، این شاخص‌ها عبارتند از میانگین مساحت قطعات، سطح اشغال، تراکم ساختمانی، شاخص فضای باز، میانگین تعداد طبقات، قابلیت نفوذپذیری، نسبت کاربری‌های غیرقابل تغییر و نسبت میان مساحت بزرگ‌ترین قطعه در بلوک به مساحت کل بلوک(Zakerhaghighi et al.,2010:111) . براساس مطالعات انجام شده، می‌توان شاخص‌های به کار رفته در تحلیل‌های ریخت‌شناسی شهری را به دو رویکرد کمی و شکلی تقسیم نمود و این‌گونه نتیجه گرفت که اولویت‌بندی شاخص‌ها اغلب براساس نیازهای منتج از اهداف پژوهش مشخص شده است. در پژوهش حاضر، به پارامترهای تأثیرگذار متعددی اشاره شده است که می‌توان براساس آنها بافت‌های مختلف را از یکدیگر متمایز نمود و هرچه تعداد پارامترها بیشتر باشد، گونه‌شناسی با دقت بیشتری صورت خواهد گرفت. اما می‌بایست به این مسئله نیز توجه داشت که تکثر پارامترها، پراکندگی بیش از حد گونه‌ها را به دنبال خواهد داشت(Zakerhaghighi et al.,2010:107). بنابراین برای گونه‌شناسی بافت شهری سپاهان شهر از دو رویکرد شکلی و کمی استفاده شده است و از به‌کارگیری شاخص‌هایی که درمجموع دارای تغییرات کمی بوده‌اند، چشم‌پوشی شده است(جدول شماره۱).

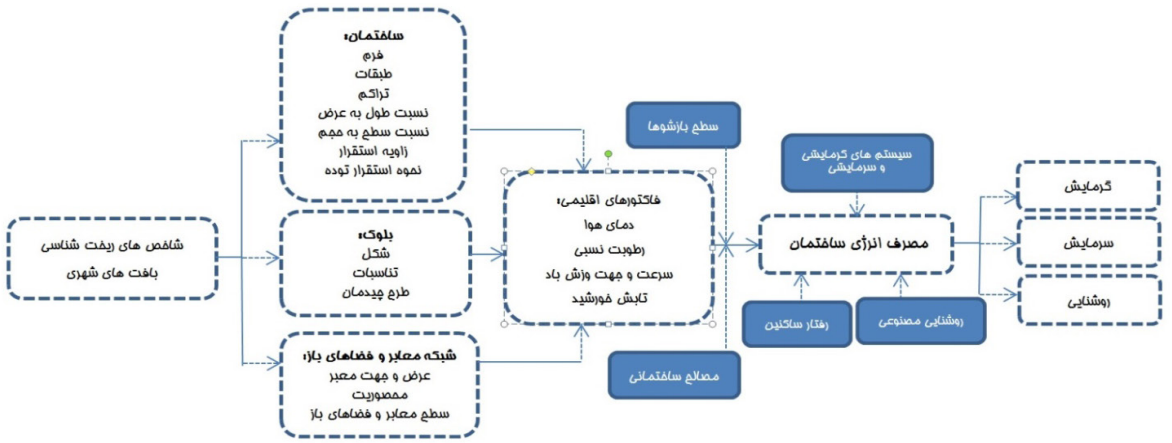
۳. روش تحقیق

با توجه به ماهیت کاربردی این تحقیق، روش مورد استفاده در آن توصیفی‌ـتحلیلی است و برای یافته اندوزی از روش‌های اسنادی و میدانی(مشاهده‌ـپرسشنامه) بهره جسته است. پژوهش حاضر در سه‌گام متفاوت تعریف شده به طوری‌که در گام نخست به منظور تدوین چارچوب نظری پژوهش به توصیف و تحلیل مفاهیم انرژی اولیه، انرژی کارایی، رویکرد ریخت‌گونه شناسی و رابطه بین خرد اقلیم شهری و ریخت‌شناسی پرداخته است. سپس براساس رویکرد ریخت‌ـگونه شناسی، بافت مسکونی سپاهان شهر در مقیاس واحد همسایگی از طریق مطالعات میدانی دسته‌بندی گردیده و در پایان با مدلسازی مصرف انرژی اولیه الگوهای بافت مسکونی، تحلیل گردیده‌اند.

جدول شماره ۱: شاخص‌های ریخت‌گونه شناسی

محقق	رویکرد	شاخص‌ها
کانزن	شکلی	کاربری زمین، ساختار بناها، الگوی قطعه‌بندی و الگوی خیابان‌ها
کروف	شکلی	خیابان و بلوک‌ها، پلاک‌ها، ساختمان‌ها، اتاق و فضاها، جزئیات ساخت و مصالح
ترش	شکلی	موقعیت بنادر قطعه، طرح‌بندی داخلی، شبکه خیابان و بلوک‌ها
رادبرگ	کمی	سطح اشغال، نسبت سطح زیربنا به سطح زمین و ارتفاع ساختمان
متاپونت و پرهاپت	کمی	سطح اشغال، شاخص فضای باز، تعداد طبقات و تراکم ساختمانی
ذاکرحقیقی و همکاران	کمی	میانگین مساحت قطعات، سطح اشغال، تراکم ساختمانی، شاخص فضای باز، میانگین تعداد طبقات، قابلیت نفوذپذیری، نسبت کاربری‌های غیرقابل تغییر و نسبت میان مساحت بزرگ‌ترین قطعه در بلوک به مساحت کل بلوک
پژوهش حاضر	کمی-شکلی	فرم ساختمان، ارتفاع، نحوه استقرار توده در فضا، شکل بلوک‌ها، تناسبات بلوک‌ها، طرح چیدمان، سطح معابر و فضاهای باز

مدل مفهومی پژوهش حاضر(تصویر شماره۲)، نشان دهنده عوامل مداخله‌گر و شاخص‌های ریخت‌شناسی تأثیرگذار بر میزان مصرف انرژی سرمایشی، گرمایشی و روشنایی در بخش مسکونی است. براساس این مدل، شاخص‌های ریخت‌شناسی با توجه به تأثیراتی که بر پارامترهای اقلیمی بر جا می‌گذارند، قادر به تغییر سطح مصرف انرژی سرمایشی، گرمایشی و روشنایی ساختمان‌ها می‌باشند. متغیر وابسته در این پژوهش، میزان مصرف انرژی اولیه سرمایشی، گرمایشی و روشنایی است و متغیرهای مستقل، شامل شاخص‌های ریخت‌شناسی بافت‌های شهری در مقیاس واحد همسایگی است که به منظور پیشگیری از پراکندگی بیش از حد گونه‌ها از به‌کارگیری شاخص‌هایی که درمجموع دارای تغییرات کمی بوده‌اند، چشم‌پوشی شده است. در این پژوهش شاخص‌ها عبارتند از فرم ساختمان، ارتفاع، نحوه استقرار توده در فضا، شکل بلوک‌ها، تناسبات بلوک‌ها، طرح چیدمان، سطح معابر و فضاهای باز. به منظور جمع‌آوری داده‌های ریخت‌گونه شناسی، پس از شناسایی انواع گونه‌های مسکونی از طریق عکس‌های هوایی و نقشه‌های دریافت شده از شهرداری، کلیه گونه‌ها مورد بازدید میدانی قرارگرفته‌اند و با تطبیق اطلاعات برداشت شده، ویژگی‌های گونه‌شناسی بافت مسکونی سپاهان شهر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ارائه شده است. با توجه به این که، مصرف انرژی ناشی از شکل بافت شهری تحت‌تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد، ضرورت دارد عوامل مداخله‌گر مانند داده‌های اقلیمی، نوع کاربری ساختمان، نحوه حضور افراد، مصالح ساختمانی، سطح بازشوها، سیستم گرمایش و سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی براساس وضع موجود، در کلیه مدل‌ها یکسان لحاظ گردد. به همین منظور نحوه حضور افراد، استفاده از تجهیزات، سیستم گرمایش و سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی از طریق پرسشنامه و داده‌های مربوط به کاربری ساختمان، مصالح ساختمانی و سطح بازشوها براساس مشاهده و برداشت کالبدی جمع‌آوری گردیده است. همچنین داده‌های اقلیمی، از ایستگاه هواشناسی اصفهان تهیه شده که نزدیک‌ترین ایستگاه به محدوده مورد مطالعه می‌باشد. درزمینه ارزیابی رفتار ساکنان رویکردهای مختلفی وجود دارد، یکی از این رویکردها براساس برنامه فعالیت روزانه ساکنان می‌باشد(Yao and Steemers, 2005:664). از آنجایی‌که جمع‌آوری اطلاعات مربوط به فعالیت روزانه تک‌تک اعضای خانواده بسیار مشکل می‌باشد، اطلاعات براساس سناریوی رفتاری رایج خانواده با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری شده است. جامعه آماری این پژوهش ساکنان بافت مسکونی سپاهان شهر می‌باشند که دارای ۴۳ هزار و ۸۰۴ نفر جمعیت است. حجم نمونه براساس فرمول کوکران ۳۸۱ نفر تخمین زده شده و به منظور پوشش دهی کلیه گونه‌ها و حفظ نحوه توزیع آنها در جامعه، نمونه‌گیری به صورت طبقه‌ای انجام گرفته است. به طوری که ۴۵ درصد از حجم نمونه به الگوهای نواری، ۴۱ درصد به الگوهای متمرکز، پنج درصد به الگوهای محیطی و نُه درصد به الگوهای ترکیبی اختصاص یافته است. درنهایت با مدلسازی مصرف انرژی اولیه سرمایشی، گرمایشی و روشنایی الگوهای بافت مسکونی، از طریق نرم‌افزار دیزاین بیلدر، نتایج براساس نگرش مقایسه‌ای، آزمون همبستگی و آنالیزواریانس تحلیل گردیده‌اند. به طوری‌که به منظور بررسی رابطه همبستگی بین دو متغیر فاصله‌ای و دو متغیر نسبی و اسمی، به ترتیب از ضریب همبستگی پیرسون و مجذوراتا استفاده شده است.



تصویر شماره ۲: مدل مفهومی تحقیق

۳،۱. محدوده موردمطالعه

اصفهان در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و۵۱ دقیقه واقع شده و براساس تقسیم‌بندی اقلیمی، در منطقه اقلیمی گرم و خشک قرار دارد. قلمرو مکانی پژوهش در منطقه ۵ و در فاصله هشت کیلومتری جنوب دروازه شیراز می‌باشد. طرح آماده‌سازی سپاهان شهر در سال ۱۳۷۳ تهیه شده و این اراضی به شکل مستطیل در جهت شرق به غرب با مساحت حدود ۱۱۰۰ هکتار می‌باشد(نقشه شماره۱).

چهار درصد از کل اراضی این محدوده به واحدهای مسکونی و مسکونی-تجاری تعلق دارد که ۶۷،۳ درصد از کل واحدهای مسکونی به صورت آپارتمان و ۳۲،۷ درصد آن ویلایی می‌باشند. به طور کلی پنج تیپ مسکونی شامل ویلایی دو طبقه، ویلایی سه طبقه، آپارتمانی دو طبقه، آپارتمانی سه طبقه و آپارتمانی چهار طبقه در این محدوده وجود دارد.

نقشه شماره۱: موقعیت قرارگیری سپاهان شهر در اصفهان - مأخذ: شهرداری منطقه ۵ اصفهان

۳،۲. گونه‌شناسی بافت مسکونی سپاهان شهر

با توجه به اهداف تعریف شده پژوهش، نخست لازم است بافت مسکونی سپاهان شهر برای بررسی میزان انرژی اولیه، براساس پارامترهای مؤثر گونه‌بندی شود. گونه‌بندی بافت مورد نظر براساس تعدادی از پارامترهای کلیدی شکلی و کمی مانند فرم ساختمان، ارتفاع، نحوه استقرار توده در فضا، شکل بلوک‌ها، تناسبات بلوک‌ها، طرح چیدمان، سطح معابر و فضاهای باز صورت گرفته است. براساس این پارامترها بافت مورد نظر به ۲۵ گونه مسکونی تقسیم شده که ویژگی‌های ریخت‌شناسی مربوط به هر یک از گونه‌ها در جدول شماره ۲ آورده شده است.

۴. بحث و یافته‌ها

۴،۱. تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی مصرف انرژی اولیه سرمایشی، گرمایشی و روشنایی

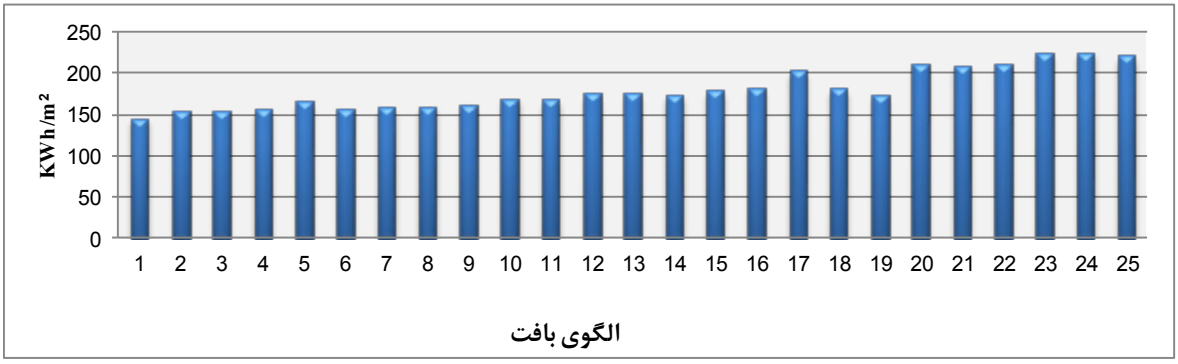
در راستای شناخت الگوهای کارآمد و ناکارآمد بافت‌های مسکونی جدید، ۲۵ الگوی بافت مسکونی سپاهان شهر با نرم‌افزار دیزاین بیلدر مدلسازی شده و میزان انرژی اولیه گرمایشی، سرمایشی و روشنایی به ازای مترمربع در سال بررسی می‌شود. در روند شبیه‌سازی عوامل مداخله‌گر مانند نوع کاربری ساختمان، نحوه حضور افراد، مصالح ساختمانی، سطح بازشوها، سیستم گرمایش و سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی براساس وضع موجود، در کلیه مدل‌ها یکسان وارد شده است. میزان انرژی اولیه سرمایشی به ازای کیلووات ساعت بر مترمربع در سال برای ۲۵ الگو در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود، کمترین میزان انرژی اولیه سرمایشی به ۱۱ الگوی نخست تعلق دارد و الگوی شماره ۱ دارای کمترین میزان انرژی اولیه سرمایشی می‌باشد. این الگوها بافت‌های متداول ردیفی دو یا سه طبقه هستند که بلوک‌های ساختمانی آنها اغلب کشیدگی شمال شرقی-جنوب غربی دارند و توده ساختمانی در شمال قطعه قرارگرفته است، بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که میزان تغییرات در سطح انرژی اولیه سرمایشی الگوهای یاد شده با توجه به این که زاویه استقرار یکسانی دارند، به شدت تحت‌تأثیر تعداد طبقات، تناسبات بلوک‌ها (نسبت جبهه شرقی به جنوبی) و طرح چیدمان الگوها می‌باشد، به طوری که با افزایش طبقات از دو به سه و افزایش تناسبات بلوک‌ها میزان انرژی اولیه سرمایشی نیز افزایش یافته است (نمودار شماره۱).

الگوی ۲۳ و ۲٤ بیشترین میزان انرژی اولیه سرمایشی را در مقایسه با الگوهای L، H، I و T شکل و الگوهایی که ترکیبی از فرم‌های مربع-مستطیل و یک طرف ساخت- L هستند، به خود اختصاص می‌دهند. این دو الگو دارای ساختمان‌های مربع شکل سه طبقه بوده که توده در مرکز قطعه واقع گردیده است. آنچه تأثیر بسیار زیادی بر میزان انرژی اولیه سرمایشی الگو ۲۳ و ۲٤ داشته است، زاویه استقرار متفاوت ساختمان‌ها، وجود بازشوها در جبهه‌های شرق و غرب و جهت کشیدگی بلوک‌ها می‌باشد. زاویه استقرار ساختمان در کلیه الگوها ۲۸ درجه شمال غربی- جنوب شرقی است اما در این دو الگو زاویه استقرار بیشتر می‌باشد.

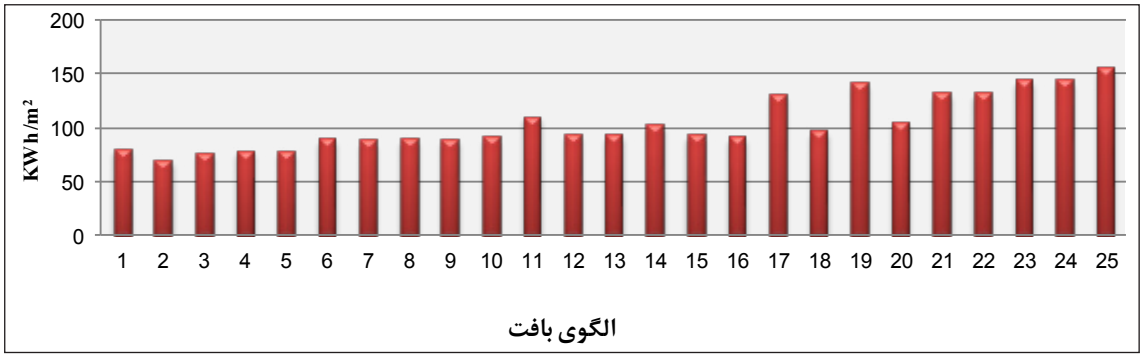
نمودار شماره ۲ مصرف انرژی اولیه گرمایشی ۲۵ الگوی بافت مسکونی سپاهان شهر را به ازای مترمربع در سال با یکدیگر مقایسه نموده است. کمترین میزان انرژی اولیه گرمایشی به ترتیب به الگوهای شماره ۲ و ۳ و ٤ تعلق دارد. در هر سه الگو فرم ساختمان‌ها

جدول شماره ۲: ریخت-گونه‌شناسی بافت مسکونی سپاهان شهر

طرح چیدمان	محل قرارگیری توده	درصد سطح معابر و فضاهای باز	فرم بلوک	تناسبات بلوک (نسبت ضلع شرقی به جنوبی)	متوسط ارتفاع ساختمان‌ها	فرم ساختمان‌ها	شماره الگو
نواری ۱	شمال	٪۵۳	ردیفی ناپیوسته	۰.۶۵	۶.۴	یک‌طرف ساخت	۱
نواری ۲	شمال	٪۵۳	ردیفی پیوسته ۴	۱.۱	۸.۲	یک‌طرف ساخت	۲
نواری ۳	شمال	٪۵۷	ردیفی L شکل ۱	۰.۳۱	۶.۴	یک‌طرف ساخت	۳
نواری ۴	شمال	٪۵۳	ردیفی پیوسته ۱	۰.۵۵	۸	یک‌طرف ساخت	۴
نواری ۳	شمال	٪۵۵	ردیفی L شکل ۱	۰.۸۵	۸.۲	یک‌طرف ساخت	۵
نواری۴	شمال	٪۵۱	ردیفی پیوسته ۱	۰.۵۵	۸	یک‌طرف ساخت	۶
نواری ۵	شمال	٪۵۰	ردیفی	۰.۵۹	۸	یک‌طرف ساخت	۷
نواری ۶	شمال	٪۴۳	ردیفی پیوسته ۳	۰.۵۱	۸	یک‌طرف ساخت	۸
نواری ۷	شمال	٪۵۴	ردیفی پیوسته ۲	۰.۷۱	۸	یک‌طرف ساخت	۹
نواری ۸	شمال	٪۵۵	ردیفی عمودی	۶.۴	۹.۶	یک‌طرف ساخت	۱۰
نواری ۹	شمال	٪۵۹	ردیفی L ۲	۰.۵۱	۸.۵	یک‌طرف ساخت	۱۱
متمرکز ۱	میانه	٪۶۴	مستطیل افقی	۰.۳۳	۱۵.۶	H شکل[1]	۱۲
متمرکز ۱	میانه	٪۶۵	مستطیل افقی	۰.۳۱	۱۵.۶	H شکل	۱۳
ترکیبی ۱	چهار جهت	٪۶۸	ردیفی پیوسته - L	۰.۲۸	۹.۶	یک‌طرف ساخت - L شکل	۱۴
متمرکز ۲	میانه	٪۴۵	مستطیل افقی	۰.۵	۱۵.۶	T شکل[2]	۱۵
متمرکز ۳	مرکز	٪۷۵	مستطیل عمودی ۲	۳	۱۵.۶	مربع شکل	۱۶
ترکیبی ۲	مرکز	٪۷۳	L عمودی	۲.۲	۱۲.۴	مربع-مستطیل	۱۷
متمرکز ۴	میانه	٪۴۱	مستطیل افقی	۰.۵۱	۱۵.۶	I شکل[3]	۱۸
ترکیبی ۳	چهار جهت	٪۵۵	مربع	۰.۷۱	۶.۴	یک طرف ساخت- L شکل	۱۹
متمرکز ۳	مرکز	٪۸۳	مستطیل عمودی	۴.۸	۱۵.۶	مربع شکل	۲۰
محیطی ۱	شمال- شرق	٪۶۳	مستطیل عمودی ۱	۳.۹	۱۲.۴	L شکل[4]	۲۱
محیطی ۱	شمال- غرب	٪۶۳	مستطیل عمودی ۱	۳.۹	۱۲.۴	L شکل	۲۲
متمرکز ۵	مرکز	٪۸۶	مستطیل عمودی ۲	۵.۳	۱۲.۴	مربع شکل	۲۳
متمرکز ۵	مرکز	٪۸۶	مستطیل عمودی ۲	۵.۳	۱۲.۴	مربع شکل	۲۴
متمرکز ۶	مرکز	٪۷۱	مستطیل افقی	۰.۷۴	۱۲.۴	مربع شکل	۲۵



نمودار شماره۱: میزان انرژی اولیه سرمایشی الگوهای مختلف به ازای کیلووات ساعت بر مترمربع در سال

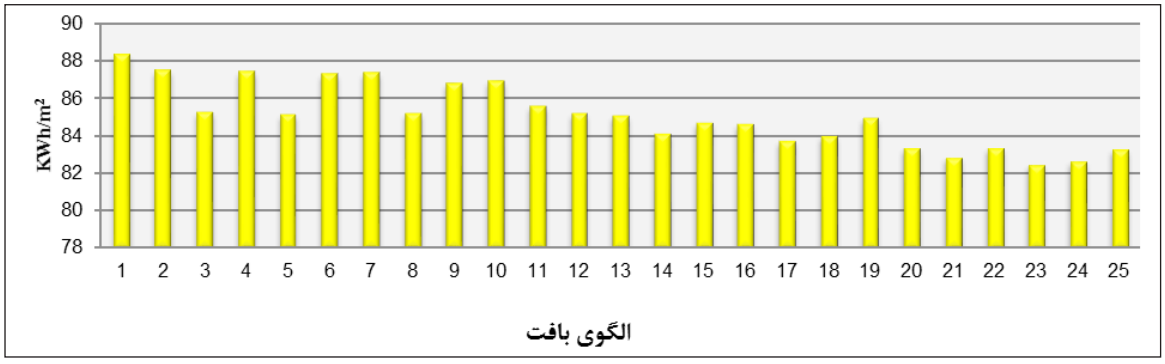


نمودار شماره۲: میزان انرژی اولیه گرمایشی الگوهای مختلف به ازای کیلووات ساعت بر مترمربع در سال

1 H-Shaped
2 T-Shaped
3 I-Shaped
4 L-Shaped

یکسان است و تفاوت عمده آنها در شکل بلوک‌ها، طرح چیدمان و تعداد طبقات می‌باشد؛ بنابراین طرح چیدمان یا نحوه ترکیب ساختمان‌ها با معابر، فضاهای باز و میزان فشردگی بافت بر مصرف سوخت ساختمان تأثیرگذار است. این‌گونه می‌توان نتیجه گرفت که الگوهای یک طرف ساخت به واسطه طرح چیدمان متفاوت میزان تبادل حرارت از طریق جداره‌های خارجی ساختمان را در زمستان به حداقل می‌رسانند. بیشترین میزان انرژی اولیه گرمایشی به ترتیب به الگوهای ۲۵ و ۲۳ و ۲۴ اختصاص دارد. هر سه الگو دارای ساختمان‌های سه طبقه مربع شکل با چیدمان‌های متفاوت می‌باشند. اگرچه الگو ۲۰ نیز مربع شکل می‌باشد، اما با توجه به این که دارای طبقات بیشتری می‌باشد، نسبت سطح به حجم آن کاهش یافته درنتیجه میزان انرژی اولیه گرمایشی آن کمتر است. به طورکلی الگوهای مربع شکل با توجه به قرارگیری ساختمان در مرکز قطعه و فاصله زیاد میان ساختمان‌ها، میزان تبادل حرارت از طریق جداره‌های خارجی ساختمان را در زمستان افزایش می‌دهند؛ بنابراین فرم ساختمان و نحوه قرارگیری آن در قطعه و فاصله میان ساختمان‌ها ازجمله عوامل مهمی هستند که در میزان انرژی اولیه گرمایشی تأثیرگذار می‌باشند.

براساس نمودار شماره ۳، کمترین و بیشترین میزان انرژی اولیه روشنایی به ترتیب به الگو ۲۳ و ۱ تعلق دارد. برخلاف میزان انرژی اولیه گرمایشی و سرمایشی که در الگوهای یک طرف ساخت کمتر از سایر الگوها می‌باشد، سطح انرژی اولیه روشنایی در این فرم ساختمانی بیشتراست. در الگوهای مربع شکل، H و سایر الگوهای آپارتمانی که علاوه بر جبهه شمالی و جنوبی ساختمان، جبهه‌های شرقی و غربی نیز دارای بازشو می‌باشند، میزان این انرژی کمتر است.



نمودار شماره۳: میزان انرژی اولیه روشنایی الگوهای مختلف به ازای کیلووات ساعت بر مترمربع در سال

۴،۲. تحلیل نتایج انرژی اولیه براساس آزمون‌های آماری

در این بخش به منظور بررسی روابط بین شاخص‌های ریخت‌شناسی و مصرف انرژی اولیه(کل) از تحلیل واریانس و همبستگی استفاده شده و ضرایب همبستگی براساس جدول شماره۳ تفسیر گردیده است. براساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی مصرف انرژی اولیه و تحلیل همبستگی نتایج به شرح ذیل می‌باشد:

نتایج تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که بین شاخص‌های فرم ساختمان، ارتفاع ساختمان، محل قرارگیری توده، فرم بلوک، طرح چیدمان، سطح معابر و فضاهای باز و میزان انرژی اولیه همبستگی قوی یا زیاد وجود دارد، درحالی‌که بین شاخص تناسبات بلوک و انرژی اولیه همبستگی متوسط وجود دارد(جدول شماره ۴).

جدول شماره۳ :تفسیر میزان ضرایب همبستگی، مأخذ: (Weinberg and Knapp,2002)

تفسیر	ضریب همبستگی
بسیار کم	۰-۰،۱
کم	۰،۱-۰،۳
متوسط	۰،۳-۰،۵
زیاد	۰،۵-۱

جدول شماره٤: تحلیل ضرایب همبستگی

متغیر مستقل	متغیر وابسته	ضریب همبستگی	تفسیر ضریب همبستگی
فرم ساختمان	انرژی اولیه	۰،۸۳۱	زیاد
ارتفاع ساختمان	انرژی اولیه	۰،۶۷۹	زیاد
محل قرارگیری توده	انرژی اولیه	۰،۸۳۰	زیاد
فرم بلوک	انرژی اولیه	۰،۶۶۳	زیاد
تناسبات بلوک	انرژی اولیه	۰،۱۵۹	متوسط
طرح چیدمان	انرژی اولیه	۰،۹۸۶	زیاد
سطح معابر و فضاهای باز	انرژی اولیه	۰،۶۵۷	زیاد

براساس نتایج برگرفته از تحلیل واریانس که هدف آن مقایسه وضعیت یک متغیر در بین چند گروه مستقل است، تحلیل خروجی نرم‌افزار SPSS به شرح ذیل می‌باشد:

– به دلیل این که sig به دست آمده ۰٫۰۰۰کمتر از مقدار ۰٫۰۵ است، می‌توان با سطح اطمینان ۹۵ درصد نتیجه گرفت که میزان انرژی اولیه در الگوهای مختلف متفاوت می‌باشد، به طوری که :

– طرح چیدمان و انرژی اولیه: با سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین و کمترین میانگین رتبه به ترتیب به طرح چیدمان‌های متمرکز و نواری تعلق دارد. بنابراین بهترین ترکیب فضاهای پر و خالی بافت در این محدوده به‌گونه‌ای است که ساختمان‌ها در نماهای شرقی و غربی با هم مشترک بوده و بلوک‌ها به شکل مستطیل‌های فشرده‌ای باشند که کشیدگی شرقی-غربی دارند.

– فرم ساختمان و انرژی اولیه: براساس میانگین رتبه‌های محاسبه شده، الگوهای مربع شکل و یک طرف ساخت(ردیفی) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین رتبه می‌باشند. الگوهای ردیفی به دلیل مشترک بودن دیوارهای شرقی و غربی ساختمان‌های مجاور هم از تابش شدیدترین آفتاب تابستانی بر سطوح خارجی ساختمان و در زمستان از انتقال حرارت از داخل ساختمان به خارج آن جلوگیری می‌شود، بنابراین مصرف انرژی اولیه گرمایشی و سرمایشی آنها کمتر است، اگرچه در این فرم ساختمانی در مقایسه با سایر فرم‌های بررسی شده، انرژی اولیه روشنایی، بیشتر می‌باشد.

– الگوی توده‌گذاری و انرژی اولیه: با سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان نتیجه گرفت الگوهایی که توده در مرکز و شمال قطعه واقع شده به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین رتبه می‌باشد. از آنجایی‌که جبهه‌های مختلف ساختمان از نظر کسب انرژی با یکدیگر متفاوت هستند، تأثیر عمده‌ای در نورگیری و کسب انرژی ساختمان خواهد داشت، به طوری که در الگوهای مربع شکل که توده ساختمانی در مرکز قطعه قرار می‌گیرد، مساحت پوسته خارجی ساختمان که با هوای آزاد در ارتباط است، به حداکثر سطح می‌رسد. در این حالت ساختمان بیشترین انتقال و اتلاف حرارتی را خواهد داشت و مصرف انرژی برای کنترل دمای درون ساختمان نسبت به سایر الگوها حداکثر خواهد بود؛ بنابراین در مقایسه با سایر الگوها، مصرف انرژی اولیه روشنایی کمتری دارند اما انرژی اولیه گرمایشی و سرمایشی در آنها بسیار زیاد است.

– تناسبات بلوک‌ها و انرژی اولیه: با سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان نتیجه گرفت، بلوک‌هایی که دارای نسبت تناسبات (نسبت ضلع شرقی به جنوبی) کمتر و کشیدگی شمال شرقی- جنوب غربی می‌باشند، کمترین میانگین رتبه را به خود اختصاص می‌دهند.

– ارتفاع و انرژی اولیه: با سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان نتیجه گرفت الگوهای مربع شکل و یک طرف ساخت به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین رتبه می‌باشند. با توجه به این که ارتفاع یا تعداد طبقات، نسبت سطح به حجم و میزان اتلاف انرژی از طریق پوسته حرارتی ساختمان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، نتیجتاً می‌تواند سطح انرژی اولیه گرمایشی و سرمایشی را نیز تغییر دهد. به طوری که با فرض یکسان بودن الگوی ساختمانی، افزایش طبقات سبب افزایش مصرف انرژی اولیه می‌گردد.

– سطح معابر، فضای باز و انرژی اولیه: نتایج حاکی از آن است که الگوهای مربع شکل و الگوهای یک طرف ساخت به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین رتبه می‌باشند. در الگوهای نواری که ابعاد قطعات زمین کوچکتر است و توده در ضلع شمالی قطعه قرار می‌گیرد، میزان فضاهای باز، کمتر و بافت فشرده‌تر می‌باشد؛ اما در بافت‌های آپارتمانی سه طبقه و چهار طبقه که ابعاد قطعات بزرگتر است، عرض معابر و سطح فضاهای باز نیز بیشتر می‌باشد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که الگوهای فشرده گزینه‌های مناسب‌تری در راستای کاهش مصرف انرژی اولیه می‌باشند.

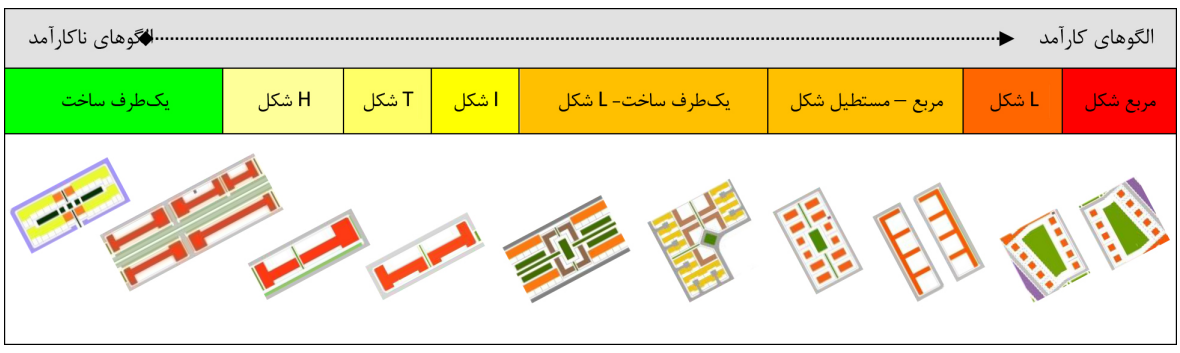
– فرم بلوک و انرژی اولیه: با سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان نتیجه گرفت که بلوک‌هایی که از فرم ردیفی پیروی می‌کنند، در مقایسه با سایر بلوک‌ها دارای کمترین و بلوک‌های مستطیل شکل دارای بیشترین میانگین رتبه می‌باشند.

۵. نتیجه‌گیری

با مطرح شدن پارامتر ریخت‌شناسی در مقیاس واحد همسایگی، شاخص‌های متعددی به طور هم‌زمان قادر به تأثیرگذاری بر مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌شوند. بر همین اساس رابطه بین شاخص‌های ریخت‌شناسی و مصرف انرژی اولیه در مقیاس واحد همسایگی بسیار پیچیده می‌باشد. به گونه‌ای که ارزیابی مصرف انرژی بافت‌های شهری تنها براساس تعداد محدودی از شاخص‌های ریخت‌شناسی نتایج بسیار دقیقی را در اختیار محققان قرار نمی‌دهد. بنابراین تحقیق حاضر در مقایسه با پژوهش‌های پیشین، علاوه بر تحلیل هم‌زمان انرژی اولیه سرمایشی، گرمایشی و روشنایی گونه‌های مختلف، اثر تجمعی شاخص‌های کلیدی ریخت‌شناسی شهری که در حوزه شهرسازی مطرح می‌باشند را نیز بررسی نموده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که بافت‌هایی که دارای ساختمان‌های یک طرف ساخت(الگوی متداول امروزی)، بلوک‌های ردیفی با کشیدگی شمال شرقی- جنوب غربی، سطح فضای باز متوسط(۵۰٪)، طرح چیدمان نواری و ترکیبی از تعداد طبقات دو و سه طبقه می‌باشند، مصرف انرژی اولیه کمتری در مقایسه با سایر الگوهای بافت مسکونی سپاهان شهر دارند. اگرچه محققان در پژوهش‌های پیشین فرم ساختمان مربع شکل را الگوی بهینه اقلیم گرم و خشک دانسته‌اند اما در محدوده مورد نظر این الگو به علت داشتن طرح چیدمان متمرکز، قرارگیری توده در مرکز قطعه و ایجاد فواصل بسیار زیاد میان توده‌ها الگوی بهینه‌ای به شمار نمی‌آید. سایر الگوها مانند گونه‌های H، T، I شکل از لحاظ مصرف انرژی اولیه در سطح میانی قرار می‌گیرند. از میان این سه الگوی یاد شده، الگوهای H شکل بهترین گزینه برای ساختمان متراکم چهار طبقه می‌باشند(نقشه شماره۲) (جدول شماره۵). بر این اساس، ناکارآمدترین گونه بافت مسکونی الگوهای مربع شکل می‌باشد؛ اگرچه مصرف انرژی اولیه روشنایی آنها کمتر

است. از این رو ارزیابی عملکرد روشنایی روز، انرژی گرمایشی و سرمایشی به صورت مجزا یا ترکیبی از دو مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی نمی‌توانند معیارهای مناسبی برای شناسایی الگوهای کارآمد یا ناکارآمد بافت شهری از منظر انرژی کارایی به شمار آیند. بنابراین ضرورت دارد در بافت‌های شهری هر سه معیار هم‌زمان و در کنار یکدیگر مورد بررسی قرار گیرند. همچنین نتایج پژوهش حاکی از آن است که بین شاخص‌های فرم ساختمان، ارتفاع ساختمان، محل قرارگیری توده، فرم بلوک، طرح چیدمان، سطح معابر و فضاهای باز و میزان انرژی اولیه همبستگی قوی وجود دارد. از این رو ضرورت دارد ارزیابی میزان تأثیرگذاری پارامترهای ریخت‌شناسی بر میزان مصرف انرژی اولیه ساختمان‌ها و تعیین الگوهای بهینه در مراحل اولیه طراحی، مورد توجه طراحان شهری قرار گیرد. آنچه از مطالب فوق استنتاج می‌شود اینست که تحقق بحث انرژی کارایی در حوزه شهرسازی و تدوین ضوابط کارآمد، درگرو بازنگری شهرسازی معاصر، بررسی تأثیرات مثبت و منفی پارامترهای ریخت‌شناسی شهری و تصمیم‌گیری صحیح در مورد ساختار شهری در ارتباط با مصرف انرژی می‌باشد. اگرچه تدوین ضوابط و مقررات حفاظت از محیط زیست و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ایران سابقه طولانی دارد، اما تدوین چنین ضوابطی به منظور تکمیل مبحث نوزدهم ساختمان ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به این که ضوابط و مقررات شهرسازی را نمی‌توان بدون بررسی‌های مقدماتی و مطالعات پایه تدوین نمود، از این رو نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند نقطه آغازین تدوین این ضوابط باشد.

نقشه شماره۲: توزیع فضایی سطح مصرف انرژی اولیه در بافت مسکونی سپاهان شهر



جدول شماره۵: تعیین الگوهای کارآمد و ناکارآمد براساس میزان مصرف انرژی اولیه

- Gupta, V.K. (1984). Solar radiation and urban design for hot climates. Environment and Planning B: Planning and Design,Vol:11,No 4: 435-454.
- Huovila, P., Ala-Juusela, M., Melchert, L., & Pouffary, S. (2007). Buildings and climate change. Status, Challenges and Opportunities. Paris: United Nations Environment Programme. Retrieved on November 8,2011,from http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/dtix0916xpa-buildingsclimate.pdf
- International Energy Agency. (2013). world energy outlook Retrieved on 12 November 2013 from https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2013.pdf.
- Ko, Y.(2013). Urban form and residential energy use: A review of design principles and research findings. Journal of Planning Literature, Vol. 28, NO.4: 327-351.
- Kristjansdottir,S.(2001).The integration of architectural and geographical concepts in urban morphology:preliminary thoughts,proceedings of the international Seminar on Urban Form, September 5-9,2001, Cincinnati, Ohio, USA, bls, 112-113.
- Kropf, K. (1998). Typological Zoning. In Typological Process and Design Theory. Attilio Petruccioli (ed). Cambridge, Massachusetts: Aga Khan Program for Islamic Architecture.
- Martin, L. (1967). Architects' approach to architecture. RIBA Journal. Vol:74.No.5: 191–200.
- Moudon, A. (1994).Getting to Know the Built Landscape: Typo-morphology.in Frank K. and Schneekloth L. (eds.), Ordering Space, Types in Architecture and Design, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Nasrollahi , F.(2011).Sustainability and Energy Efficiency in Designing New Generation Office Building pilot project, The 9th International Energy Conference in Tehran, Iran. [In Persian]
- Nasrollahi, F.(2013). Green office buildings: low energy demand through architectural energy Efficiency, Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.
- Nasrollahi,F.(2009).Climate an Energy Responsive Housing in Continental Climates,Berlin: Univerlagtuberli press.
- Permana , A.S, & Perera, R., & Kumar, S. (2008).

- **Reference**

- Adolphe, Luc. (2001). Modelling the link between built environment and urban climate: towards simplified indicators of the city environment, Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 679-684.
- Andreou, E. (2014). The effect of urban layout, street geometry and orientation onshading conditions in urban canyons in the Mediterranean. Renewable Energy,Vol:63, 587-596.
- Bahreini, H.(2011). Urban Design Process, 8th edition, Tehran: University of Tehran press.[In Persian]
- Cheng, V., Steemers, K., Montavon, M. & Compagnon, R. (2006). Urban Form, Density and Solar Potential. PLEA, The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 701-706.
- Compagnon, R. (2004). Solar and Daylight Availability in the Urban Fabric. Energy and Buildings, Vol.36, No. 4:321-328.
- Conzen, M.R.G. (1960). Alnwick,Northumberland:a study in town - plan analysis ,Institute of British Geographers Puplication 27, London, George,Vol.36,No. 4: 321–28.
- Dhakal , S. , K. Hanakiand A. Hiramatsu , 2003 : Estimation of heat discharges by residential buildings in Tokyo. Energy Conversion and Management ,Vol.44, No.9:1487–1499.
- Energy balance sheet.(2003).Iran: Ministry of Energy. [In Persian]
- Ewing, R and Rong,F. (2008).The Impact of Urban form on US Residential Energy Use,Housing Policy Debate, Vol.19,No.1: 1–30.
- Franchi, R.John.(2004).Technology and directions for the Future,Oxford: Elsevier.
- Gropius, W. (1965). The New Architecture and the Bauhaus, Cambridge, Massachusetts, U.S.A: MIT Press.
- Grubler, A., Bai, X., Buettner, T., Dhakal, S., Fisk, D. J., Ichinose, T., Keirstead, J. E., Sammer, G., Satterthwaite, D., Schulz,N. B., Shah, N., Steinberger, J. & H. Weisz.(2012). Urban Energy Systems. In Global Energy Assessment-Toward a Sustainable Future. Cambridge: Cambridge University Press,1307-1400.

- Trache, H. (2001). Promoting urban design in development palns: Typo-morphological approachs in Montreuil. Urban Design International, Vol.6, No.3: 157-172.
- United Nations.(2007). City Planning Will Determine Pace of Global Warming, Retrieved November 8,2011,from http://www.un.org/News/Press/docs/2007/gaef3190.doc.htm.
- Vance, c. & Hedel, R. (2007). The impact of urban form on automobile travel: disentangling causation from correlation. Transportation,Vol. 34,No.5:575–588.
- Vartholomaios, A. (2017). A parametric sensitivity analysis of the influence of urban form ondomestic energy consumption for heating and cooling in aMediterranean city, Sustainable Cities and Society,Vol. 28:135-145.
- Yao, R. and Steemers, K. (2005). A method of formulating energy load profile for domestic buildings in the UK. Energy and Buildings, Vol.37, No.6: 663–671.
- Zakerhaghighi,K., Majedi,H. & Habib,F.(2010). Identifying effective indicators for typology of urban fabrics.Hoviate Shahr.Vol.4, No. 7: 105-112. [In Persian].

Understanding energy consumption pattern of households in different urban development forms: A comparative study in Bandung City, Indonesia. Energy Policy,Vol. 36,No.11:287–4297.

- Pont, M. B. & Haupt,p. (2005). The Spacemate: Density and the Typomorphology of the Urban Fabric. Nordisk Arkitektur Forskning,Vol.4:55-68.
- Radberg J., (1996).Towards a Theory of Sustainability and Urban Quality: A New Method for Typological Urban Classification, in Gray M., (ed.), Evolving Environmental Ideals: Changing Ways of Life, Values and Design Practice, Book of Proceedings for the 14th Conference of the International Association for People- Environment Studies, Stockholm,384-392.
- Rapoport, A. (1990).Vernacular Architecture, in Turan M., (eds.); Current Challenges in the Environmental Social Sciences. England: Avebury, Aldershot.
- Ratti, C, Baker,N & Steemers,K. (2005).Energy Consumption and Urban Texture. Energy and Buildings, Vol.37, No.7:62–76.
- Rode, P., Keim, C., Robazza, G., Viejo, P., & Schofield, J. (2014). Cities and energy:Urban morphology and residential heat-energy demand. Environment andPlanning B: Planning and Design, Vol.41, No. 1: 138-162.
- Salat, S. (2009). Energy loads, CO2 emissions and building stocks: morphologies, typologies, energy systems and behavior. Building Research & Information, Vol.37, No. 5:589-609.
- Strømann-Andersen, J., Sattrup, P.a. (2011). The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains. Energy and Buildings, Vol.43, No.8:2011-2020.
- Tahbaz, M.(2013). Climatic Knowledge Climatic Design, Tehran: Shahid Beheshti University. [In Persian]
- Taleghani, M., Tenpierik, M., van den Dobbelsteen & A., de Dear, R. (2013). Energy use impact of and thermal comfort in different urban block types in the Netherlands. Energy and Buildings, Vol.67: 166-175.
- Tavassoli, M.(2012). Urban Structue and Architecture in the Hot Arid Zone on Iran, 2th edition: Tehran: Payam Peivand No Press. [In Persian].

۵۴
شماره بیست‌وچهارم
پائیز ۱۳۹۶
فصلنامه
علمی-پژوهشی
مطالعات شهری

بررسی ریخت-گونه‌شناسانه بافت‌های مسکونی
جدید در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی اولیه