فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال سوم/ شماره ۹/ زمستان ۱۳۹۶/ صفحات۱۷۷-۱۴۷

چارچوب تحلیلی ریخت-گونه‌شناسی بافت‌های شهری از منظر کارایی انرژی: مطالعه موردی سپاهان‌شهر

گلناز مرتضایی
دانشجوی دکتری دانشگاه هنر اصفهان
(نویسنده مسئول)
mortezaei.g@gmail.com

محمود محمدی
استادیار دانشگاه هنر اصفهان
m.mohammadi@aui.ac.ir

فرشاد نصراللهی
استادیار دانشگاه هنر اصفهان
f.nasrollahi@aui.ac.ir

محمود قلعه نویی
دانشیار دانشگاه هنر اصفهان
m.ghalehnoee@aui.ac.ir

بخش عمده‌ای از انرژی جهانی در شهرها به مصرف می‌رسد و یکی از عوامل تاثیرگذار بر این امر شکل بافت شهری است. با توجه به نقش ضوابط و مقررات شهرسازی در شکل‌دهی به بافت‌های شهری، تدوین چارچوبی به‌منظور افزایش کارآمدی این ضوابط از منظر کارایی انرژی و همچنین به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی و ارائه الگوهای توسعه ضروری به نظر می‌رسد. در راستای نیل به این هدف، پژوهش حاضر نخست با شیوه مرور متون و تحلیل اسناد کتابخانه‌ای، به استخراج شاخص‌های ریخت-گونه‌شناسی و پارامترهای تاثیرگذار بر مصرف انرژی از اندیشه‌های صاحب‌نظران می‌پردازد و سپس با روش تحلیلی-تطبیقی، پنج مقیاس کاربردی را با تاکید بر گونه‌شناسی بافت‌های شهری از منظر کارایی انرژی تبیین می‌نماید. در پایان، به منظور تبیین این فرآیند، بافت مسکونی سپاهان شهر در مقیاس واحد همسایگی از طریق برداشت میدانی و مدل‌سازی انرژی مورد ارزیابی قرارگرفته و بر اساس الگوی ریخت-گونه و میزان مصرف انرژی، به صورت کمی-کیفی کدبندی گردیده است.

واژه‌های کلیدی: بافت شهری، ریخت-گونه‌شناسی، انرژی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲۳

۱. مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر، افزایش رشد مصرف انرژی را در جهان به دنبال داشته است، به طوری‌که ۸۰-۶۰ درصد انرژی جهانی در شهرها به مصرف می‌رسد(Grubler, et al., 2012). همچنین برآورد شده است که شهرها مسئول تولید ۸۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی می‌باشند، به‌گونه‌ای که بخش عمده‌ای از انتشار این گازها تحت تاثیر شکل[1] بافت شهری[2] است(United Nations, 2007). بنابراین، مساله حاضر نیاز ضروری به اتخاذ تصمیمات آگاهانه‌تر در زمینه طراحی بافت‌های جدید شهری و کاهش مصرف انرژی را روشن می‌سازد. گرچه تدوین ضوابط و مقررات حفاظت از محیط‌زیست و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ایران سابقه طولانی دارد و از مهم‌ترین اسناد تدوین شده در این رابطه می‌توان به «مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی»، «قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا» و «قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی» اشاره نمود، اما تاکنون در حوزه شهرسازی، ضوابط و مقررات مشخصی باهدف بهینه‌سازی مصرف انرژی تدوین‌نشده است و تدوین چنین ضوابطی در جهت تکمیل مبحث نوزدهم ساختمان و ارتقای سطح انرژی کارایی بافت‌های جدید ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه ضوابط و مقررات شهرسازی را نمی‌توان بدون بررسی‌های مقدماتی تدوین نمود، ضرورت دارد پژوهش‌هایی پیش از آن بستر را جهت تدوین چنین ضوابطی فراهم سازند.

علاوه بر این، در زمان حاضر نیز در جامعه حرفه‌ای طراحی شهری ایران، در بسیاری از پروژه‌ها،کمبود روش‌هایی برای تجزیه وتحلیل بافت شهری کاملا مشهود هست (دانشپور و مرادی، ۱۳۹۱). ازآنجاکه هریک از اندیشمندان این حوزه، بر اساس موضوع و اهداف پژوهش، شاخص‌های خاصی به‌منظور شناخت و ارزیابی بافت شهری به‌کار برده‌اندکه ممکن است در مورد سایر مطالعات کاربردی نداشته باشد، لذا ضرورت دارد با توجه به نقش ضوابط و مقررات شهرسازی در شکل‌دهی

1.Shape
2.Urban Texture

به بافت شـهری، چارچوبی به‌منظور افزایش کارآمدی ضـوابط و مقررات شـهرسـازی از منظر انرژی کارایی[1] که نهایتا بتواند به‌عنوان ابزاری برای شـناخت، تحلیل بافت و ارائه الگوهای توسـعه بهینه به کار رود، در سـطوح مختلف ارائه گردد. ازاین‌رو، در پژوهش حاضـر تلاش گردیده در گام‌های مختلف به این پرسش‌ها پاسخ داده شود که بافت شهری را چگونه و بر اساس چه شاخص‌هایی در مقیاس‌های مختلف بایسـتی جهت ارزیابی میزان انرژی کارایی تحلیل و ارزیابی نمود. دسـتاورد این پژوهش می‌تواند زمینه را جهت بازنگری الگوی طراحی بافت‌های شـهری جدید و تدوین ضـوابط طراحی با محوریت بهینه‌سازی مصرف انرژی در قالب کدهای توسعه فراهم سازد.

۲. چارچوب نظری

ریخت‌شناسی شهری[2] و رویکرد ریخت‌گونه‌شناسی[3]

مورفولوژی از ریشـه یونانی morphé به معنای فرم (ریخت) و lógos به معنای مطالعه گرفته شـده اسـت. اصـطلاح ریخت‌شـناسـی به طورکلی به یوهان ولفگانگ فون گوته، شـاعر، رمان‌نویس، نمایشـنامه‌نویس و فیلسـوف آلمانی که آن را در اوایل قرن نوزدهم (۱۷۴۹-۱۸۳۲) در یک زمینه بیولوژیکی ابداع کرده، نسبت داده شده است(Booij, 2007). ریخت‌شناسی شهری، در الفاظی ساده، مطالعه فرم‌های شهر می‌باشد(Jones and Larkham, 1991). به طورکلی، مکاتب ریخت‌شناسی شهری دارای سه رویکرد می‌باشند:

محیط و رفتار: تمرکز بر محیط انسان‌ساخت در ارتباط با استفاده، رفتار و ادراک انسانی

مکان و تصویر آن: تمرکز بر محیط انسان‌ساخت در رابطه باتجربه‌ها، معانی و ارزش‌های انسانی

ساختار و روند: تمرکز بر محیط انسان‌ساخت در حال تحول، از طریق تحلیل عناصر گونه‌بندی شده مطرح در شکل‌شناسی شهری(Owens, 2005). رویکرد ریخت-گونه‌شناسی در قاره اروپا و بریتانیا در نیمه دوم قرن بیستم پدید آمده است که با تمرکز بر بررسی محیط انسان‌ساخت عاری از رفتار

1.Energy Efficiency
2.Urban Morphology
3.Typo-Morphology

دوسویه انسان با آن، به توصیف نظام‌مند و تحلیل محیط انسان‌ساخت می‌پردازد و برای تجزیه و تحلیل نظام‌مند شکل شهری به کار می‌رود.

پیشینه رویکرد ریخت-گونه‌شناسی و شاخص‌های عام

مقایسه تطبیقی مکاتب ریخت‌شناسی شهری نمایانگر آن است که آغازگران تحلیل گونه‌شناسی، مکتب ایتالیایی یا مکتب موراتوری است. این نگاه تحلیلی از سال‌های ۱۹۵۰ به بعد توسط ساوریو موراتوری در ایتالیا آغاز شد. درواقع، اثرات ناشی از توسعه مدرن بر ساختار شهرهای ایتالیا سبب شد که این مکتب فرآیند ساخت شهر را در شهرهای سنتی ایتالیا تحلیل نماید. مطالعات ریخت‌گونه‌شناسی، فرم شهر را بر اساس طبقه‌بندی تفصیلی ساختمان‌ها و فضاهای باز با توجه به گونه‌ها توضیح می‌دهند. به‌عبارتی‌دیگر، ریخت-گونه‌شناسی را می‌توان به صورت مطالعه و بررسی فرم شهرها بر اساس مطالعه گونه‌های فضا و بنا تعریف کرد (Moudon, 1994). در ایران، بررسی‌های گونه‌شناسی با شروع مطالعات درباره معماری اقلیمی آغاز شد و از دهه ۱۳۶۰ مورد توجه بنیاد مسکن انقلاب و مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن برای بهره‌گیری کاربردی گونه‌شناسانه و دست‌یابی به الگوی مناسب مسکن شکل گرفت. با این‌حال، به دلیل نداشتن تعریفی مشخص از گونه و گونه‌شناسی معین و نبود روش دست‌یابی به هدف اصلی که ارائه گونه‌ها در یک مکان است، موفق عمل نکرد(معماریان، ۱۳۸۹). از دیگر پژوهش‌های داخلی درزمینه گونه‌شناسی می‌توان به مطالعه هویت کالبدی شهر تهران اشاره کرد. در این پژوهش، روش کروف برای مطالعه شخصیت شهری با توجه به شرایط شهرهای ایران ملاک عمل قرارگرفته است. در مطالعه میرمقتدایی در سال ۱۳۸۵ مطالعه بافت شهری در سه سطح صورت پذیرفته است که شاخص‌های مورد ارزیابی غالبا کیفی هستند و هدف اصلی آن مطالعه تاریخی بافت شهری می‌باشد. در پژوهش دیگری که ذاکرحقیقی در سال ۱۳۸۷ با هدف گونه‌شناسی بافت شهری به‌واسطه مطالعات اسنادی و مرور تجربیات مشابه در جهان انجام داده است، شاخص‌های گزینش شده، با پژوهش قبل متفاوت بوده و

کاملا کمی می باشـــند (ذاکر حقیقی وهمکاران، ۱۳۸۹). مطالعه دیگری که در زمینه کاربرد ریخت‌گونه‌بندی در طراحی شهری انجام شده است به این موضوع اشاره دارد که در هر نوع دخالتی در بافت شـــهری، اجزای خاصـــی از ریخت بافت در فرآیند گونه‌بندی و دســـت‌یابی به ریخت-گونه‌های مختلف مورداســـتفاده قرار می‌گیرند. لذا این روش را در ســـه ســـطح کلان، میانی و خرد پیشنهاد داده و عناصر ریخت‌گونه‌بندی را در هریک از این سطوح معرفی کرده است (دانشپور و مرادی، ۱۳۹۱). ارثیا و مظلومی با شـناسـایی شـاخص‌های شـکل بافت‌های تاریخی، شـاخص‌هایی را جهت برقراری ارتباط بین بافت‌های قدیم و جدید با در نظر گرفتن دو معیار بلوک و معابر پیشـــنهاد داده‌اند، اما سطوح مطالعات را مشخص نکرده‌اند(Arsiy Ravari and Mazloomi, 2015). ترش نیز در این زمینه به عناصـــری نظیر موقعیت بنا در قطعه، طرح‌بندی داخلی، شـــبکه خیابان و بلوک‌ها می‌پردازد(Trache, 2001). رادبرگ برای گونه شناسی بلوک‌های شهری، شاخص‌های سطح اشغال زمین، نسبت سطح زیربنا به سطح زمین و ارتفاع ساختمان را به‌عنوان متغیرهای اصلی مورد استفاده قرار داده و سطح تحلیل بلوک به‌عنوان مجموعه‌ای از ساختمان‌های محصورشده توسط خیابان‌های پیرامونی را برگزیده است(Radberg, 1996) . متاپونت و پرهاپت نیز در سال ۲۰۰۵ دیاگرامی با نام اسپیس میت ارائه کردند که روابط بین چهار شاخص را تحلیل می‌کند.

کروف در تحلیل ریخت شناسی، ترکیبی از عناصر ارائه شده توسط کانزن و کانیجیا را پیشنهاد داده است. مهم‌ترین مفهوم از نظر او در مطالعات ریخت-گونه شناسی، مفهوم بافت شهری است و شـش عنصـر را به عنوان عناصـر بافت شـهری برمی‌شـمارد و این عناصـر را در سـه سـطح مختلف (شکل ۱ و جدول ۱) معرفی می‌نماید. (Kropf, 1998)

شکل ۱. سطوح تفکیک‌شده از نظر کروف

کانیجیا این تقسیم‌بندی را در مورد ساختمان‌های منفرد و شهر به کار می‌برد(جدول ۲ و شکل ۳). در سطح ساختمان، عناصر اجزای ساختمانی، رابطه عناصر ساختمانی ساخت عناصر را شکل می‌دهند، سیستم ساخت مانند یک اتاق را شکل می‌دهد وکل ساختمان یک ارگانیزم را به وجود می‌آورد. در سطح شهر، عناصر ساختمان‌ها هستند، ساخت عناصر همان بافت شهری است و سازمان آنها مناطق یا نواحی را شکل می‌دهد که در کنار هم ارگانیزم کل شهر به وجود می‌آورند (Caniggia and Mafei, 2001). از نظرکانزن، پارامترهای تعیین‌کننده برای تفسیر ریخت شهری شهر این موارد را در برمی‌گیرد: الگوی خیابان‌ها، الگوی قطعه‌بندی(متشکل از ساختمان‌ها و فضاهای باز وابسته به آنها) و الگوی کاربری زمین و ساختار بناها (Conzen, 1960). کانزن در مقایسه با سایر پژوهشگران بر عملکرد یا کاربری زمین نیز تاکید داشته است.(شکل ۲)

شکل ۲. عناصر اصلی سازنده نقشه شهر از منظر کانزن (Kostof, 1991)

در تحلیل‌های ریخت‌شناسی، عناصری که مالر ارائه می‌نماید تفاوت عمده‌ای با سایر محققان دارد. او این عناصر را در چهار دسته شامل عناصر خطی(شریان‌ها)، عناصر محصور(خیابان، میدان)، عناصر حجیم(بلوک‌ها، پارک‌ها) و عناصر لبه‌ای(سواحل) تقسیم‌بندی می‌نماید. (Maller, 1998)

بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان شاخص‌های بکاررفته در تحلیل‌های ریخت شناسی شهری را به دو دسته کمی و کیفی تقسیم نمود(جدول ۱) و این‌گونه نتیجه گرفت که در اولویت‌بندی شاخص‌ها، نوع شاخص‌ها اغلب بر اساس نیازهای منتج از اهداف پژوهش مشخص شده است و شاخص‌های گزینش شده در پژوهش‌های مختلف اگرچه دارای اشتراکی می‌باشند، اما در بعضی از موارد کاملا متفاوت انتخاب شده‌اند. همچنین بررسی سطوح و عناصر ریخت‌شناسی از نگاه صاحب‌نظران مختلف نشان می‌دهدکه امکان تعریف یک مقیاس واحد برای تمام مطالعات وجود ندارد، لذا ضرورت دارد سطوح و عناصر مورد ارزیابی در هر یک از مطالعات ریخت‌شناختی بر اساس اهداف پژوهش حاضر تبیین گردد.

جدول ۱. شاخص‌های کمی و کیفی ریخت‌شناسی شهری از دیدگاه صاحب‌نظران مختلف

پژوهشگر	شاخص‌های کمی	شاخص‌های کیفی
میرمقتدایی	سطح اشغال- دوره ساخت - ابعاد قطعات- ابعاد ساختمان	شکل کلی خیابان‌ها و بلوک‌ها- ابعاد و جهت‌گیری بلوک‌ها- شکل کلی قطعات تفکیکی زمین- جهت‌گیری قطعات- شکل کلی ساختمان- محل استقرار ساختمان در زمین
ذاکرحقیقی	میانگین مساحت قطعات- سطح اشغال- تراکم ساختمانی- شاخص فضای باز- میانگین تعداد طبقات- قابلیت نفوذپذیری- نسبت کاربری‌های غیرقابل تغییر - نسبت میان مساحت بزرگ‌ترین قطعه در بلوک به مساحت کل بلوک	-
ارثیا و مظلومی	تعداد معابر در هر بلوک- متوسط طول معابر- متوسط عرض معابر- نفوذپذیری- سطح اشغال بلوک- فشردگی ساختمان‌ها- متوسط تعداد طبقات در هر بلوک- مساحت بلوک- فاصله بین بلوک و رودخانه- اندازه بلوک	جهت شیب معابر- الگوی شبکه معابر - فرم ساختمان‌ها در هر بلوک- مکان قرارگیری قطعات نسبت به یکدیگر- جهت استقرار قطعات در بلوک- فرم حیاط- فرم بلوک- جهت استقرار بلوک- نحوه پخشایش اندازه قطعات در بلوک
دانشپور و مرادی	اندازه بلوک‌ها- اندازه قطعات	بررسی سیر تکوینی تغییر عناصر بافت- منطق شکل‌دهنده به بلوک- منطق و چیدمان خیابان‌بندی- فرم بلوک‌ها- عملکرد بلوک- فرم قطعات- عملکرد قطعه-آرایش اجزای بنا در قطعات، جایگاه قطعه در بلوک- آرایش اجزای بنا در قطعه- فرم بنا- اجزای الحاقی و مصالح نما
ترش	-	موقعیت بنادر قطعه- طرح‌بندی داخلی- شبکه خیابان و بلوک‌ها
رادبرگ	سطح اشغال زمین- نسبت سطح زیربنا به سطح زمین- ارتفاع ساختمان	-
متاپونت و پرهاپت	سطح اشغال- شاخص فضای باز- تعداد طبقات- تراکم ساختمانی	-
کانزن	-	الگوی خیابان‌ها ،الگوی قطعه‌بندی، الگوی کاربری زمین و ساختار بناها
کانیجیا	-	عناصر [بناها]، ساختار عناصر [بافت شهری]، نظام‌های ساخت [مناطق و نواحی] و کل سیستم ارگانیسم [کلیت شهر]
کروف	-	چیدمان خیابان‌ها و بلوک‌ها، چیدمان قطعات، ساختمان و نحوه‌ی قرارگیری آنها در قطعه
مالر	-	عناصر خطی(شریان‌ها)، عناصر محصور(خیابان، میدان)، عناصر حجیم (بلوک‌ها، پارک‌ها) و عناصر لبه‌ای(سواحل)

شاخص‌های ریخت‌شناختی تاثیرگذار بر مصرف انرژی

هندسه و مقطع شهر، شکل، ارتفاع، اندازه بناها، جهت خیابان‌ها و ساختمان‌ها و سطح فضاهای باز همگی عواملی هستند که اقلیم خرد شهر را تعیین می‌کنند. بنابراین، هر عنصر انسان‌ساخت شهری در اطراف و بالای خود اقلیم مصنوعی خاصی پدید می‌آورد که همواره با آن در ارتباط متقابل قرار می‌گیرد (بحرینی، ۱۳۹۱). بنابراین، پارامترهای ریخت‌شناسی شهری علاوه بر تاثیرگذاری بر شرایط آب و هوایی بیرون ساختمان قادر به تغییر شرایط آب و هوایی درون ساختمان نیز می‌باشند (Adolphe, 2009). ازاین‌رو، ریخت شناسی، چه به مفهوم فرم و شکل و چه کارکرد شهری، با توجه به تاثیراتی که خرد اقلیم به همراه دارد، به طور غیرمستقیم قادر به تغییر میزان مصرف انرژی یک شهر می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام‌شده در امریکا، خانه‌های تک خانواری انرژی بیشتری نسبت به خانه‌های چند خانواری، به ازای هر خانواده و هر نفر استفاده می‌کنند (RECS, 2009). همچنین کازا در سال ۲۰۱۰ به این موضوع اشاره داردکه یکی از پارامترهای کلیدی تاثیرگذار بر مصرف انرژی، مساحت ساختمان است، اما نوع مسکن می‌تواند اثر متفاوتی بر روی انرژی گرمایشی و سرمایشی داشته باشد(Kaza, 2010). اندرسون و همکارانش شکل ساختمان‌ها را از عوامل تاثیرگذار بر مصرف انرژی می‌دانند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شکل ساختمان در یک بلوک شهری حدود ۵۰ در صد در ساختمان‌های اداری و ۱۳در صد در ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی تاثیر می‌گذارد(Strømann-Anderse et al., 2011). بنابراین، علاوه بر شکل ساختمان، نوع کاربری ساختمان می‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ای بر میزان مصرف انرژی با شد. طالقانی و همکارانش در پژوهش دیگری اشاره دارند که نسبت سطح به حجم[1] عامل تعیین‌کننده‌ای هم در میزان مصرف انرژی سالانه و هم در میزان آسایش حرارتی در ساختمان می‌باشد(Taleghani et al., 2013).

1.s/v

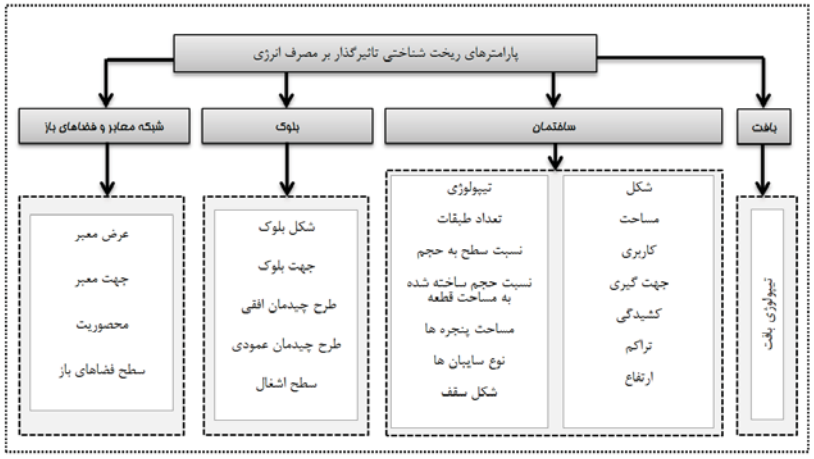
کامپگنون با بکارگیری مدل سه‌بعدی برای چهار طرح فرضی در مقیاس بلوک‌های ساختمانی، تراکم ساختمانی، نحوه قرارگیری و آرایش یا چیدمان عمودی و افقی ساختمان‌ها در کنار یکدیگر را از عوامل موثر بر دسترسی به انرژی خورشیدی می‌داند(Compagnon, 2004) . بر اساس پژوهش رتی و همکاران در شهرهای لندن، تولوز و برلین، تغییرات در تراکم و هندسه شهری می‌تواند حدود ۱۰ درصد از انرژی را تحت تاثیر قرار دهد (Ratti et al.,2005). لیتلفر و همکاران نیز به این موضوع اشاره دارند که مسکن خورشیدی منفعل با جهت استقرار مناسب، قادر است بار فضای گرم را ۱۱ درصد کاهش دهد (Littlefair et al., 2000). چنگ و همکاران نیز با ارزیابی سه متغیر طرح چیدمان افقی و عمودی، نسبت مساحت ساخت به مساحت قطعه، میزان سطح اشغال سایت در بافت‌هایی که نحوه قرارگیری افقی و عمودی ساختمان‌ها به صورت تصادفی 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) . ازاین‌رو، آرایش سایت[1] یکی از پارامترهای تاثیرگذار بر مصرف انرژی ساختمان است که می‌بایست در ارزیابی‌ها در نظر گرفته شود. آربویت و همکاران از پارامترهایی نظیر نوع شکل و جهت‌گیری بلوک‌های شهری به‌عنوان عوامل مهمی برای جذب انرژی خورشیدی نام‌برده‌اند (Arboit e al,. 2008).

حیدری(۱۳۸۸) تقسیم اقلیمی و تقسیم کاربری‌های ساختمان را از مواردی می‌داند که باید در بخش ساختمان و در زمینه کاهش مصرف انرژی مورد توجه قرار گیرند. نصراللهی به شاخص‌های جهت‌گیری،کشیدگی ساختمان، تعداد طبقات، مساحت پنجره‌ها، نوع سایبان‌ها به‌عنوان شاخص‌های معماری و شهرسازی موثر بر مصرف انرژی ساختمان‌ها اشاره‌کرده است (نصراللهی ،۱۳۹۳). رفیعیان و همکاران (۱۳۹۰) فرم، تراکم، جهت‌گیری و ارتفاع ساختمان‌های مسکونی را از عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌دانند که با بهینه نمودن آنها می‌توان حدود ۴۵ درصد از میزان

1.Urban Layout

مصرف انرژی ساختمان را کاهش داد. معابر یکی دیگر از اجزای اساسی بافت‌های شهری می‌باشند و ازآنجا که مانند اسکلت و چارچوبی سلول‌های شهری را به یکدیگر پیوند می‌دهند، نقش مهمی بر کارایی مصرف انرژی در ساختمان‌ها به همراه خواهد داشت. جهت استقرار خیابان‌ها معمولا عامل تعیین‌کننده‌ای در نحوه استقرار ساختمان‌هاست، بویژه در قسمت‌هایی که ساختمان‌ها بخش اعظمی از زمین قابل ساخت را پوشش می‌دهند (Hammond et al., 1981; Littlefair et al., 2000 ;Thayer, 1981). علاوه برجهت قرارگیری خیابان، محصوریت[1] نیز می‌تواند بر میزان دسترسی به انرژی خورشیدی و مصرف انرژی تاثیرگذار باشد. مایر و همکارانش به بررسی اثر نسبت ابعادی (محصوریت) بر میزان دریافت انرژی خورشیدی پرداختند. نتایج این تحقیق به این موضوع اشاره دارد که هرچه این نسبت در امتداد یک محور بیشتر باشد، کاهش جذب انرژی خورشیدی، در سطوح عمودی و افقی ساختمان را به دنبال خواهد داشت(Meir et al., 1995). مطالعات ون و همکاران نشان داده است که عرض خیابان تاثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر دسترسی به نور خورشید دارد درحالی‌که جهت‌گیری خیابان کمترین میزان تاثیر را دارد(Van Esch et al., 2012). سالات در پژوهشی از مقایسه فرم بافت‌های شهری فرانسه در سه دوره به این نتیجه رسید که مورفولوژی شهری در بهره‌وری انرژی مناطق مختلف پاریس تاثیرگذار است و مصرف انرژی در بافت مدرن ۱٫۸ برابر بافت معاصر و یا بلوک‌های سنتی پاریس شهری می‌باشد (Salat, 2009). بنابراین، در مقیاس‌های شهری تیپولوژی یا الگوی بافت می‌تواند بر مصرف انرژی تاثیرگذار باشد. بر اساس مطالعات انجام‌شده می‌توان سطح این پژوهش‌ها را به بنا، بلوک، شهر و شاخص‌ها را به چهار دسته اصلی بافت، ساختمان، بلوک و شبکه معابر و فضاهای باز تقسیم‌بندی نمود.(شکل۳)

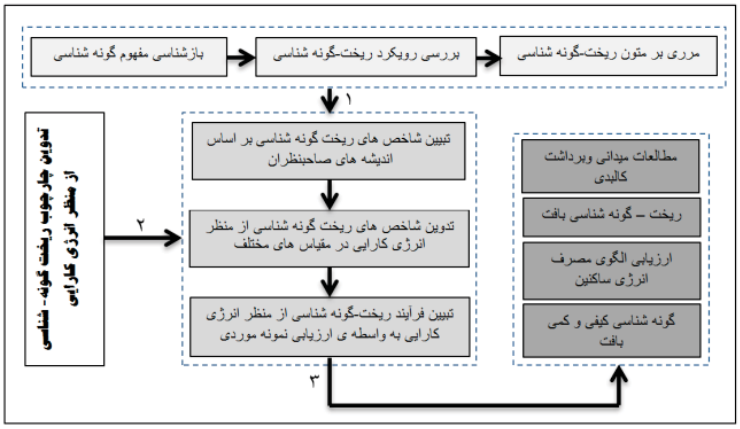
1.H/W



شکل ۳. شاخص‌های ریخت‌شناسی تاثیرگذار بر مصرف انرژی

۳. روش پژوهش

به منظور دست‌یابی به اهداف پژوهش، در گام اول با شیوه مرور متون و تحلیل اسناد کتابخانه‌ای، مفاهیم کلیدی ریخت شنا سی شهری، ریخت‌گونه شنا سی، شاخص‌های ریخت‌گونه شنا سی عام و پارامترهای تاثیرگذار بر مصرف انرژی از اندیشه‌های صاحب‌نظران ا ستخراج شده و سپس در گام دوم با روش تحلیلی-تطبیقی شاخص‌های ریخت-گونه بندی با تاکید بر ارزیابی عملکرد انرژی کارایی بافت‌های شهری در ۵ مقیاس تبیین و اولویت‌بندی گردیده‌اند. در گام سوم، به‌منظور کاربردی نمودن چارچوب تدوین‌شده و تبیین فرآیند ریخت-گونه‌شناسی از منظر انرژی کارایی، بافت مسکونی سپاهان شهر در مقیاس واحد همسایگی از طریق بردا شت میدانی، پر سشنامه الگوی مصرف انرژی ساکنین و مدل‌سازی انرژی با نرم‌افزار دیزاین بیلدر، مورد ارزیابی قرارگرفته و بر اساس الگوی ریخت-گونه و میزان مصرف انرژی به صورت کمی و کیفی کدبندی گردیده است.(شکل ۴)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۴. فرآیند پژوهش

۴. تدوین مقیاس‌های ریخت-گونه‌شناسی از منظر انرژی کارایی

از مطالعه تطبیقی بین شاخص‌های ریخت-گونه شنا سی عام و شاخص‌های تاثیرگذار بر مصرف انرژی بافت‌های شـــهری می‌توان نتیجه گرفت که گرچه مطالعات انجام‌شـــده به طیف وســـیعی از پارامترها ا شاره دارد، اما بنا بر ا صول پیشنهادی راپاپورت برای قاعده‌مند سازی گونه شنا سی، تعداد شاخص‌های گزینش شده باید معقولانه و منطقی با شد، زیرا در غیر این صورت، تعدد گونه‌ها را به همراه خواهد داشـــت. بنابراین، با توجه به تاکید این پژوهش بر موضـــوع انرژی کارایی و به منظور جلوگیری از تکثر و پیدایش ریخت-گونه‌های تقریبا مشـــابه، شـــاخص‌ها به دودســـته اولیه و ثانویه تقســـیم گردیده‌اند، به‌گونه‌ای که شـــاخص‌های تاثیرگذار بر مصـــرف انرژی در دســـته اولیه و ســـایر پارامترها که ارتباط کمتری با موضوع انرژی کارایی دارند، در دسته ثانویه قرار می‌گیرند. لذا پیشنهاد می‌شود نخست ریخت-گونه‌شناسی در هر مقیاس بر اساس شاخص‌های اولیه صورت پذیرد و سپس

محقق برای شـــناخت کامل گونه‌ها بتواند با توجه به شـــاخص‌های ثانویه پژوهش، دســـته‌بندی‌های کوچکتر و با وضوح بیشتری را برای هرگونه اتخاذ نماید.

بررسی پژوهش‌ها درزمینه انرژی نشان می‌دهد که هر یک از اندیشمندان بر اساس نوع شاخص مورد ارزیابی، مقیاس خاصـی را گزینش نموده‌اند، مانند مقیاس سـاختمانی شـامل بنا و قطعه، مقیاس بلوک و نهایتا مقیاس منطقه‌ای و شـهری، اما به مقیاس محله یا واحد همسـایگی تاکنون کمتر توجه شـــده اســـت که لازم اســـت به ســـایر مقیاس‌ها افزوده گردد. ازاین‌رو می‌بایســـت شـــاخص‌های ریخت-گونه شناسی از منظر انرژی کارایی در مقیاس‌های کاربردی تبیین و دسته‌بندی گردند. اما بر اساس اینکه نوع کاربری ساختمان، فارغ از فرم و سایر شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری تعیین‌کننده ضـوابط طراحی آن از منظر انرژی کارایی اسـت، از میان مقیاس‌های تبیین‌شـده به ترتیب مقیاس بنا، قطعه، بلوک و بافت با توجه به اینکه از وضوح بیشتری در مقایسه با مقیاس شهری برخوردار هستند، انتخاب‌های مطلوب‌تری به‌منظور ریخت-گونه‌شـناسـی ازنظر انرژی کارایی می‌باشـند. شـاخص‌های ریخت-گونه‌شناسی از منظر انرژی کارایی در ۵ مقیاس تقسیم گردیده‌اند که به شرح ذیل می‌باشد:

شـــهر/ منطقه/ ناحیه: با توجه به اینکه تیپولوژی بافت‌های شـــهری بر مصـــرف انرژی تاثیرگذار می‌باشد، آنچه لازم است در مرحله نخست ارزیابی گردد، تیپولوژی بافت می‌باشد. در سطح اول یا مقیاس شهری(منطقه/ ناحیه) وسعت محدوده موردمطالعه باید مشخص گردد که بافت مورد ارزیابی در دسـته بافت‌های قدیم، میانی، جدید و پیرامونی قرار می‌گیرد که با ارزیابی شـاخص‌هایی همچون الگوی شـــبکه معابر، منطق شـــکل‌دهنده به بلوک‌ها و دوره ســـاخت ابنیه یا بلوک‌ها، این‌گونه‌ها قابل‌تشـخیص می‌باشـند. در این مقیاس، امکان تحلیل و مقایسـه انواع بافت شـهری به لحاظ انرژی کارایی و ارائه پیشنهادها در سطح کلان وجود دارد.(جدول ۲)

جدول ۲. شاخص های ریخت-گونه شناسی در مقیاس شهر/ منطقه/ ناحیه

مقیاس	شاخص	اولویت
شهر/ منطقه/ ناحیه	الگوی شبکه معابر	۱
	منطق شکل‌دهنده به بلوک‌ها	۱
	دوره ساخت بلوک‌ها یا ابنیه	۱

بافت(محله، واحد همسایگی): با توجه به کاهش وسعت این محدوده در مقایسه با مقیاس شهری، در این مقیاس عناصر ریخت شناسی از وضوح بیشتری برخوردار هستند. شاخص‌های تاثیرگذار بر مصرف انرژی که نیاز است در این سطح مورد مطالعه قرارگیرند شامل شکل خیابان‌ها، طرح چیدمان خیابان‌ها، شـــکل بلوک‌ها، ابعاد بلوک‌ها، جهت‌گیری بلوک‌ها، طرح چیدمان بلوک‌ها و عملکرد غالب بلوک‌ها می‌باشند. ضوابط شهرسازی در این مقیاس می‌تواند تعیین‌کننده الگوهای بهینه مربوط به شاخص‌های مذکور باشند.(جدول ۳)

جدول ۳. شاخص های ریخت-گونه شناسی

در مقیاس محله/ واحد همسایگی

مقیاس	شاخص	اولویت
محله / واحد همسایگی	شکل خیابان‌ها	۱
	طرح چیدمان خیابان‌ها	۱
	شکل بلوک‌ها	۱
	ابعاد بلوک‌ها	۱
	جهت‌گیری بلوک‌ها	۱
	طرح چیدمان بلوک‌ها	۱
	عملکرد غالب بلوک‌ها	۱

بلوک: تاکنون ارزیابی میزان مصرف انرژی در مقیاس بلوک بسیار انجام شده است. در این مقیاس، الگوها به لحاظ دوره ساخت نسبتا همگن می‌باشند، به دلیل اینکه میزان وضوح عناصر در این مقیاس بیشتر دو سطح قبل می‌باشد، تعداد شاخص‌هایی که می‌تواند بلوک‌ها را از یکدیگر متمایز نماید، بمراتب بیشتر است. این سطح درزمینه تعیین الگو بهینه بلوک‌های شهری بسیار پرکاربرد می‌باشد.(جدول ۴)

جدول۴. شاخص‌های ریخت-گونه‌شناسی
در مقیاس بلوک

مقیاس	شاخص	اولویت
بلوک	شاخص فضای باز	۱
	متوسط طول معابر	۱
	متوسط عرض معابر	۱
	فشردگی ساختمان‌ها	۱
	سطح اشغال بلوک	۱
	جهت استقرار بلوک	۱
	متوسط تعداد طبقات در هر بلوک	۱
	مساحت بلوک	۱
	تراکم ساختمانی	۱
	اندازه بلوک	۱
	فرم قطعات	۱
	میانگین مساحت قطعات	۱
	جهت‌گیری قطعات	۱
	آرایش اجزای بنا در قطعات	۱
	تعداد معابر در هر بلوک	۲
	نحوه پخشایش اندازه قطعات در بلوک	۲
	نفوذپذیری	۲
	نسبت کاربری‌های غیرقابل تغییر	۲
	نسبت میان مساحت بزرگ‌ترین قطعه در بلوک به مساحت کل بلوک	۲

مأخذ: نگارندگان

جدول ۵. شاخص‌های ریخت-گونه‌شناسی در مقیاس قطعه

مقیاس	شاخص	اولویت
قطعه	فرم قطعه	۱
	ابعاد قطعه	۱
	عملکرد قطعه	۱
	جایگاه قطعه در بلوک	۱

جدول ۶. شاخص‌های ریخت-گونه‌شناسی در مقیاس بنا

مقیاس	شاخص	اولویت
بنا	فرم بنا	۱
	تراکم ساختمانی	۱
	تعداد طبقات	۱
	عملکرد بنا	۱
	دوره ساخت	۱
	آرایش اجزای بنا در قطعه	۱
	نسبت سطح به حجم	۱
	نسبت سطح زیربنا به سطح زمین	۱
	مصالح و عناصر الحاقی نما	۲
	طرح‌بندی داخلی	۲
	سطح پنجره‌ها	۲
	شکل سقف	۲

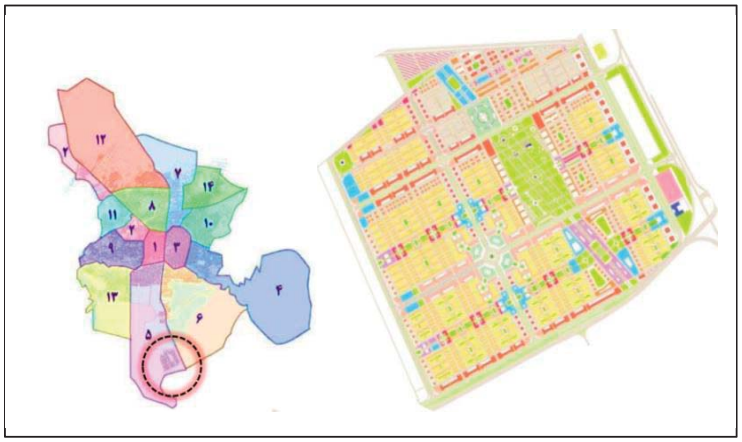
مأخذ: نویسندگان

۵. فرآیند ریخت-گونه‌شناسی از منظر انرژی کارایی

ریخت- گونه‌شناسی بافت مسکونی سپاهان‌شهر

شهر اصفهان در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۱ دقیقه واقع شده است و بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی، در منطقه اقلیمی گرم و خشک قرار دارد. نمونه موردی سپاهان شهر می‌باشدکه در منطقه ۵ شهر اصفهان و در فاصله ۸ کیلومتری جنوب دروازه شیراز قرارگرفته است (شکل۵). این محدوده بر اساس دلایلی که در ادامه آورده می‌شود، به عنوان قلمرو مکانی پژوهش انتخاب شده است:

- تغییر الگوی سکونت و تمایل شهروندان به سکنی گزیدن در بافت‌های جدید
- تمرکز پژوهش‌های پیشین بر بافت‌های قدیم
- تنوع الگوی توده‌گذاری و طرح چیدمان در مقایسه با سایر بافت‌های جدید شهر اصفهان
- اختصاص داشتن بیشترین سهم مصرف انرژی به بافت مسکونی



مأخذ: شهرداری منطقه ۵ اصفهان

شکل ۵. موقعیت قرارگیری سپاهان‌شهر در اصفهان

بر اساس شاخص‌های تدوین‌شده در مقیاس محله/ واحد همسایگی، بافت مسکونی محدوده سپاهان شهر به ۲۲ گونه مسکونی تقسیم‌بندی شده است. به طورکلی، بافت این محدوده دارای شبکه شطرنجی می‌باشد و به همین دلیل، معابر از شکل هندسی منظمی برخوردار هستند. همچنین جهت‌گیری بلوک‌ها یا زاویه استقرار آنها ۲۸ درجه می‌باشد به استثنای دو ریخت-گونه ۲۰ و ۲۱ که این زاویه متفاوت می‌باشد(جدول۷). در پژوهش حاضر، مقصود از بلوک، ساختمان نمی‌باشد، بلکه بلوک شهری است. بلوک کوچک‌ترین جزو اجزای طراحی شهری و برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود که توسط خیابان‌های اطراف محصور شده باشد. منظور از ابعاد یا تناسبات بلوک‌ها نسبت ضلع شرقی یا غربی به جنوبی یا شمالی بلوک شهری می‌باشد که میزان آن بر اساس تناسبات بلوک شهری بسیار متغیر است. همچنین مقصود از فرم بلوک، شکل بلوک شهری می‌باشد که متاثر از نحوه چیدمان ساختمان‌ها در هر بلوک شهری می‌باشد. به عنوان مثال، مقصود از شکل بلوک "ردیفی ال شکل"، بلوکی است که ساختمان‌ها در آن به شکل نواری یا ردیفی قرارگرفته‌اند و به‌واسطه نحوه آرایش آنها یک بلوک شهری ال شکل ایجادشده است.

انواع طرح چیدمان‌های موجود در بافت مسکونی سپاهان شهر به شرح ذیل می‌باشد:(شکل۶)

(Biddulph, 2007)

الگوی نواری

الگوی مسکن متداول در ایران می‌باشد که سطح اشغال آنها ۶۰ درصد می‌باشد و توده در منتهی‌الیه شمال قطعه قرار می‌گیرد و از جبهه‌های شرقی و غربی به یکدیگر متصل می‌گردند. همچنین در این‌گونه، پشت آپارتمان روبروی بخش جلویی آپارتمان دیگر است.

الگوی متمرکز

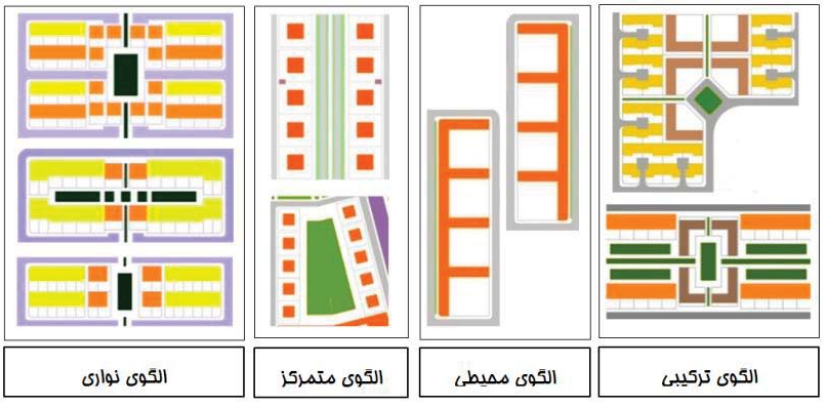
ساختمان‌های سه یا چهار طبقه مسکونی می‌باشند که به‌صورت مجزا و در فواصل معین از یکدیگر طراحی‌شده‌اند، به‌گونه‌ای که توده ساختمانی در مرکز زمین متمرکز شده و فضای اطراف آن به فضای از اختصاص‌یافته است.

الگوی محیطی

ساختمان‌های مسکونی ال شکل می‌باشند که به‌صورت متصل طراحی‌شده‌اند و فضاهای باز نیمه عمومی در حدفاصل بین توده‌ها و دیواره مجتمع مسکونی (مرکز قطعه) تعبیه شده است.

الگوی ترکیبی

در این نوع چیدمان، دو الگوی متفاوت با یکدیگر ترکیب‌شده‌اند، به طوری‌که در نمونه موردی چیدمان مختلط، ترکیبی از الگوهای نواری و محیطی است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶. نمونه‌هایی از طرح چیدمان بافت محدوده موردمطالعه

جدول ۷. ریخت-گونه بندی نمونه موردی

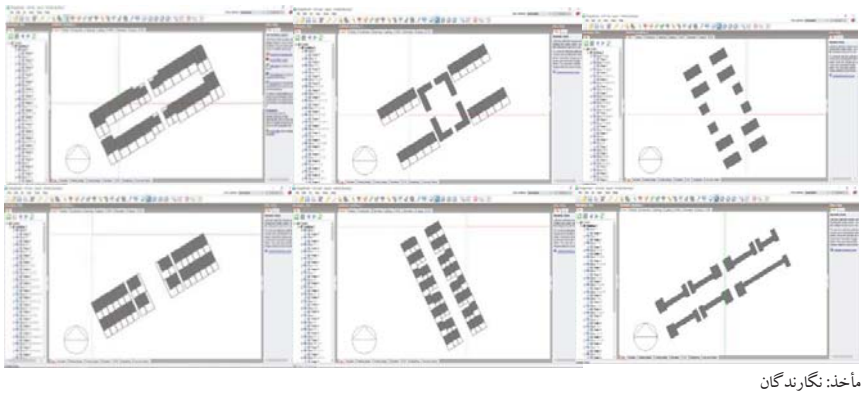
طرح چیدمان خیابان‌ها	شکل خیابان‌ها	طرح چیدمان بلوک‌ها	جهت‌گیری بلوک‌ها	فرم بلوک‌ها	ابعاد(تناسبات) بلوک‌ها	عملکرد بلوک‌ها	ریخت-گونه
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی ناپیوسته	۰,۶۵	مسکونی	۱
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی پیوسته ۴	۱,۱	مسکونی	۲
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی ال شکل ۱	۰,۳۱	مسکونی	۳
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی ال شکل ۱	۰,۸۵	مسکونی	۴
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی پیوسته ۱	۰,۵۵	مسکونی	۵
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی	۰,۵۹	مسکونی	۶
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی پیوسته ۳	۰,۵۱	مسکونی	۷
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی پیوسته ۲	۰,۷۱	مسکونی	۸
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی عمودی	۶,۴	مسکونی	۹
شطرنجی	هندسی منظم	نواری	۲۸ درجه	ردیفی ال ۲	۰,۵۱	مسکونی	۱۰
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۲۸ درجه	مستطیل افقی	۰,۳۱	مسکونی	۱۱
شطرنجی	هندسی منظم	ترکیبی	۲۸ درجه	ردیفی پیوسته – ال	۰,۲۸	مسکونی	۱۲
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۲۸ درجه	مستطیل افقی	۰,۵	مسکونی	۱۳
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۲۸ درجه	مستطیل عمودی ۲	۳	مسکونی	۱۴
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۲۸ درجه	ال عمودی	۲,۲	مسکونی	۱۵
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۲۸ درجه	مستطیل افقی	۰,۵۱	مسکونی	۱۶
شطرنجی	هندسی منظم	ترکیبی	۲۸ درجه	مربع	۰,۷۱	مسکونی	۱۷
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۲۸ درجه	مستطیل عمودی	۴,۸	مسکونی	۱۸
شطرنجی	هندسی منظم	محیطی	۲۸ درجه	مستطیل عمودی	۳,۹	مسکونی	۱۹
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۱۳۲درجه	مستطیل عمودی	۵,۳	مسکونی	۲۰
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۱۳۶ درجه	مستطیل عمودی	۵,۳	مسکونی	۲۱
شطرنجی	هندسی منظم	متمرکز	۲۸ درجه	مستطیل افقی	۰,۷۴	مسکونی	۲۲

مأخذ: نگارندگان

روند مدل‌سازی مصرف انرژی و معرفی عوامل مداخله‌گر

در راستای کدبندی ریخت‌گونه‌ها از منظر انرژی کارایی، ۲۲ الگوی بافت مسکونی سپاهان شهر در مقیاس واحد همسایگی که درواقع ترکیبی از چند بلوک شهری است با حفظ ابعاد، زاویه استقرار(۲۸ درجه)، ارتفاع، طرح چیدمان و سایر شاخص‌های ریخت‌شناسی گونه‌ها بر اساس وضع موجود، از طریق نرم‌افزار دیزاین بیلدر نسخه پنج، مدل‌سازی شده و میزان انرژی اولیه گرمایشی، سرمایشی و روشنایی به ازای مترمربع در سال بررسی می‌شود.

نرم‌افزار دیزاین بیلدر برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مانند مصالح ساختمانی، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و غیره کاربرد داشته و با استفاده از فایل اقلیمی شهرهای مختلف، محاسبات دریافت و اتلاف و مصرف انرژی را دقیقا بر اساس شرایط اقلیمی محل قرارگیری ساختمان انجام می‌دهد. موتور مدل‌سازی این نرم‌افزار، انرژی پلاس است که توسط وزارت انرژی آمریکا ساخته شده (غفاری جباری و همکاران، ۱۳۹۲) و اعتبار این نرم‌افزار در پژوهش‌های متعدد به اثبات رسیده است.(جان زاده و زندیه، ۱۳۹۵)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۷. نمونه‌هایی از الگوهای مدل‌سازی‌شده در نرم افزار دیزاین بیلدر

با توجه به اینکه هدف در پژوهش حاضر، ارزیابی مصرف انرژی ناشی از شکل بافت شهری (شاخص‌های ریخت‌شناسی) می‌باشد، ضرورت دارد عوامل مداخله‌گر بر میزان مصرف انرژی ساختمان‌ها نظیر داده‌های اقلیمی، نوع کاربری ساختمان، نحوه حضور افراد، مصالح ساختمانی، سیستم گرمایش، سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی بر اساس وضع موجود، در کلیه ریخت-گونه‌ها یکسان تعریف گردد. سطح و جهت پنجره‌ها تحت تاثیر و تابع شاخص ریخت‌شناسی طرح چیدمان ریخت-گونه‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه طرح چیدمان در ریخت-گونه‌های گوناگون یکسان نمی‌باشد، بی‌شک جهت‌گیری پنجره‌ها نیز متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال، وجود بازشوها در جبهه‌های شرقی-غربی الگوی متمرکز از خصوصیات این الگو محسوب می‌گردد و در نتیجه، سطح پنجره‌ها به‌عنوان عامل مداخله‌گر به شمار نمی‌آید، لذا ۳۰ درصد سطح نمای اصلی با شیشه پوشیده شده و در الگوهای متمرکز و محیطی علاوه بر نمای شمالی و جنوبی، بازشو برای جبهه‌های شرقی و غربی نیز مطابق با وضع موجود لحاظ گردیده است. همچنین در روند شبیه‌سازی یک سیستم ساده تهویه مطبوع بر اساس آنچه در شهر اصفهان متداول است برای کلیه ریخت-گونه‌ها به‌صورت یکسان تعریف شده و میزان ضریب انتقال حرارتی مصالح استفاده‌شده برای دیوارهای خارجی ۱٫۰۱ و برای بام ۰٫۶۳ تعیین گردیده است.

نحوه حضور افراد، استفاده از تجهیزات، سیستم گرمایش و سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی از طریق پرسشنامه ارزیابی گردیده است. در زمینه ارزیابی رفتار ساکنان، رویکردهای مختلفی وجود دارد که یکی از آنها بر اساس برنامه فعالیت روزانه ساکنین می‌باشد(Yao and Steemers, 2005). از آنجاکه جمع‌آوری اطلاعات مربوط به فعالیت روزانه تک‌تک اعضای خانواده بسیار مشکل می‌باشد، اطلاعات بر اساس سناریو رفتاری رایج خانواده جمع‌آوری شده است. این محدوده دارای۴۳۸۰۴ نفر جمعیت می‌باشد و حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران ۳۸۱ نفر تخمین زده شده و نمونه‌گیری به صورت طبقه‌ای انجام‌گرفته است، به‌طوری که ۵۹ درصد از حجم نمونه به الگوهای نواری، ۲۶ درصد

به الگوهای متمرکز، ۲درصد به الگوهای محیطی و ۱۳درصد به الگوهای ترکیبی اختصاص یافته است. داده‌های اقلیمی که مبنای محاسبات مصرف انرژی می‌باشد از نزدیک‌ترین ایستگاه به محدوده موردمطالعه (ایستگاه هواشناسی اصفهان) تهیه شده است.

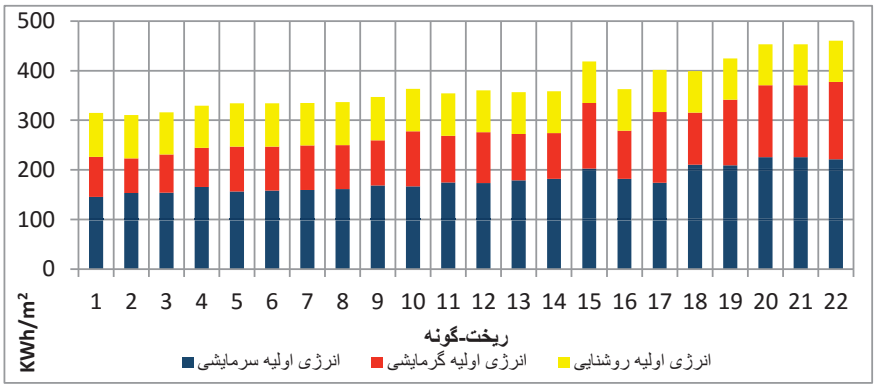
کدبندی کمی و کیفی سطح مصرف انرژی و ریخت بافت

در این مرحله، الگوهای شناسایی‌شده بر اساس میزان مصرف انرژی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی به صورت کمی و کیفی کدبندی گردیده‌اند. این کدها علاوه بر اینکه معرفی‌کننده شاخص‌های ریخت‌شناسی هریک از گونه‌ها می‌باشند، سطح مصرف انرژی سرمایشی، گرمایشی و روشنایی را نیز مشخص می‌نمایند. بنابراین، تاکید این فرآیند تنها بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی بافت شهری نمی‌باشد، بلکه ترکیبی از ابعاد کمی و کیفی بافت شهری را از منظر انرژی کارایی ارائه می‌دهد.

بر اساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی (نمودار۱)، هریک از ریخت‌گونه‌ها بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی قادر است مصرف انرژی سرمایشی، گرمایشی، روشنایی و نهایتا مصرف انرژی کل را تغییر دهد، به طوری‌که بافت‌های دارای ساختمان‌های یک‌طرف ساخت (الگوی متداول امروزی)، طرح چیدمان نواری و ترکیبی از تعداد طبقات دو و سه‌طبقه (۱۰-۱) مصرف انرژی اولیه کمتری در مقایسه با سایر الگوهای بافت مسکونی سپاهان شهردارند. از میان ریخت-گونه‌های متمرکز، گونه‌های دارای ساختمان‌های مربع شکل سه‌طبقه (۲۰،۲۱و۲۲) به علت داشتن طرح چیدمان متمرکز، قرارگیری توده در مرکز قطعه و فواصل بسیار زیاد میان توده‌ها مصرف انرژی اولیه بیشتری دارند. در این الگو، علاوه بر جبهه شمالی و جنوبی ساختمان، جبهه‌های شرقی و غربی نیز دارای بازشو می‌باشند. ازاین‌رو، میزان این انرژی اولیه روشنایی کمتر است.

با توجه به الگوی توده‌گذاری و طرح چیدمان متفاوت ریخت‌گونه‌های متمرکز، سطح تماس مستقیم جداره با نور خورشید در مقایسه با سایر ریخت‌گونه‌ها (به عنوان مثال، الگوهای نواری یا ردیفی) بیشتر می‌باشد. این مهم، میزان اتلاف و دریافت انرژی از طریق این پوسته را تغییر داده و بر میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان تاثیرگذار است. در الگوهای متمرکز با افزایش سطح پنجره‌ها و سطح تماس مستقیم جداره با نور خورشید دریافت انرژی تابشی خورشید از طریق پنجره‌ها افزایش می‌یابد. این موضوع در دوره گرمایش باعث تامین بخشی از انرژی حرارتی موردنیاز و کاهش انرژی گرمایشی می‌شود. همچنین در فصل سرمایش منجر به ایجاد گرمای اضافی در فضا و افزایش انرژی سرمایشی برای جبران گرمای اضافی تولیدشده در فضا می‌گردد.

الگوهای ترکیبی نیز که در واقع شامل ساختمان‌های یک‌طرف ساخت (نواری) و ال شکل می‌باشند، ریخت‌گونه‌های کاراتری ازلحاظ مصرف انرژی در مقایسه با الگوهای متمرکز و محیطی به شمار می‌آیند.



نمودار ۱. نتایج حاصل از مدل‌سازی انرژی ریخت‌گونه‌ها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

مأخذ: نگارندگان

همچنین کدبندی کمی و کیفی ریخت‌گونه‌ها نشان می‌دهد که هریک از چهار ریخت-گونه نواری، ترکیبی، محیطی و متمرکز دارای مصرف انرژی اولیه متفاوتی می‌باشد، به‌طوری‌که الگوهای

نواری دارای چهار گونه، الگوهای ترکیبی دارای سه گونه، الگوهای محیطی دارای یک‌گونه و الگوهای متمرکز دارای چهار گونه مصرف انرژی اولیه می‌باشد و این میزان در الگوهای نواری و متمرکز به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است (جدول۸). از این رو، بهینه‌سازی مصرف انرژی در بافت‌های شهری درگرو بازنگری الگوهای طراحی شهری، گونه‌شناسی بافت‌های شهری از منظر انرژی کارایی و تصمیم‌گیری صحیح در مورد ساختار شهری، از ویژگی‌های ریخت‌شناسی بلوک‌ها، ساختمان‌ها، شبکه معابر، فضاهای باز و سایر شاخص‌های ریخت‌شناسی در ارتباط با مصرف انرژی می‌باشد.

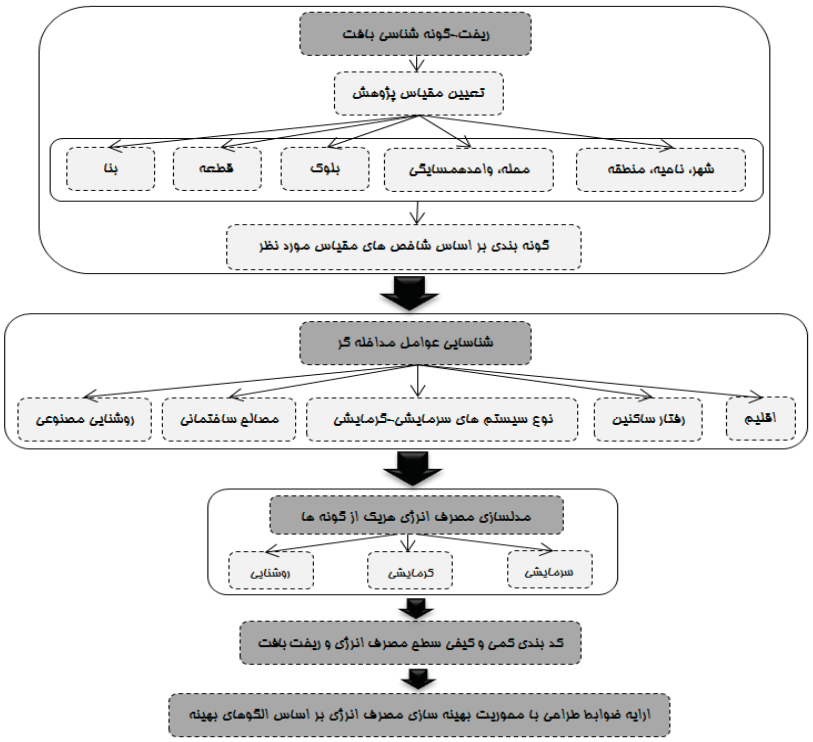
جدول ۸. کدبندی کمی و کیفی ریخت‌گونه‌ها از منظر ریخت‌شناسی و مصرف انرژی

کد	مصرف انرژی اولیه (کیلووات ساعت بر مترمربع)	شماره ریخت-گونه	طرح چیدمان
A1	۳۲۵-۳۱۰	۳-۲-۱	نواری
B1	۳۴۰-۳۲۵	۸-۷-۶-۵-۴	
C1	۳۵۵-۳۴۰	۹	
D1	۳۷۰-۳۵۵	۱۰	
D2	۳۷۰-۳۵۵	۱۲	ترکیبی
E2	۳۸۵-۳۷۰	-	
F2	۴۰۰-۳۸۵	۱۷	
H3	۴۳۰-۴۱۵	۱۹	محیطی
D4	۳۷۰-۳۵۵	۱۶-۱۴-۱۳-۱۱	متمرکز
E4	۳۸۵-۳۷۰	-	
F4	۴۰۰-۳۸۵	۱۸	
G4	۴۱۵-۴۰۰	-	
H4	۴۳۰-۴۱۵	۱۵	
I4	۴۴۵-۴۳۰	-	
J4	۴۶۰-۴۴۵	۲۲-۲۱-۲۰	

مأخذ: نگارندگان

۶. نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی‌های انجام‌شده می‌توان این‌گونه بیان کرد که اکثر پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه ریخت‌شناسی شهری نوع نگاه و اهدافشان از تحلیل ریخت‌شناسی متفاوت بوده و به همین دلیل، عناصر و سطوحی که تعریف نموده‌اند نیز کاملا مشابه یکدیگر نبوده است. علاوه بر این مساله، اغلب آنها بر تفسیر کالبدی بافت شهری متمرکز بوده‌اند در صورتی‌که می‌توان از تحلیل‌های انجام شده جهت دست‌یابی به اهداف بالاتری نظیر شناخت حوزه‌های همگن و ارائه کدهای انرژی محور در راستای بهینه سازی مصرف انرژی بهینه بهره جست. بنابراین، در پژوهش حاضر، نخست با بازشناسی مفاهیمی مانند گونه‌شناسی و ریخت‌گونه‌شناسی، شاخص‌ها و سطوح مطالعاتی از دیدگاه اندیشمندان مختلف تبیین گردیده است، سپس با بررسی شاخص‌های ریخت‌شناسی تاثیرگذار بر مصرف انرژی، شاخص‌های ریخت-گونه شناسی از منظر انرژی کارایی تدوین و اولویت‌بندی شده‌اند. در پایان، بر اساس چارچوب حاصل از مطالعات نظری نمونه موردی در مقیاس واحد همسایگی طی فرآیندی در مورد شناخت و ارزیابی قرارگرفته است، به طوری‌که این چارچوب در پنج مرحله تعریف می‌شود و می‌تواند زمینه پژوهش را جهت گسترش ارزیابی سایر بافت‌های شهری نظیر بافت‌های قدیم، میانی، حاشیه‌ای و ... در مقیاس‌های مختلف فراهم سازد و نهایتا ضوابط طراحی را با محوریت بهینه سازی مصرف انرژی در قالب کدهای توسعه هر یک از این حوزه‌ها ارائه دهد:



مأخذ: نگارندگان

شکل ۸. چارچوب ریخت-گونه‌شناسی از منظر انرژی کارایی

مرحله اول: نخست ضرورت دارد بافت‌های شهری از لحاظ شاخص‌های ریخت‌شناسی با استفاده از مطالعات ا سنادی و بردا شت میدانی گونه‌بندی گردند. در این مرحله، مقیاس گونه‌بندی بر ا ساس اهداف پژوهش تعیین می‌شود و سپس محدوده موردنظر بر اساس شاخص‌های ریخت‌شناسی تعیین‌شده در آن مقیاس دسته‌بندی می گردند.(جداول۲،۳،۴،۵،۶).

مرحله دوم: با توجه به اینکه هدف ارزیابی انرژی کارایی متاثر از شکل بافت‌های شهری می‌باشد، سایر عوامل تاثیرگذار بر مصرف انرژی بافت‌های شهری، مداخله‌گر به شمار می‌آیند. لذا ضرورت دارد تاثیر این گونه پارامترها بر مصرف انرژی تعدیل گردد. این پارامترها عبارتند از داده‌های اقلیمی،

رفتار ساکنان، مصالح ساختمانی، سیستم گرمایش و سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی. در زمینه ارزیابی رفتار ساکنان رویکردهای مختلفی وجود دارد که یکی از این رویکردها بر اساس برنامه فعالیت روزانه ساکنان می‌باشد. در این زمینه پیشنهاد می‌گردد اطلاعات بر اساس سناریو رفتاری رایج خانواده با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری شود.

مرحله سوم: شاخص‌های ریخت‌شناسی به‌واسطه تاثیراتی که بر خرد اقلیم به همراه دارند بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و میزان برق موردنیاز برای روشنایی مصنوعی ساختمان‌ها اثرگذار می‌باشند. به‌منظور اندازه‌گیری این سه پارامتر، دو روش وجود دارد که به صورت آماری و مهندسی می‌باشند. روش آماری متکی بر تهیه اطلاعات مربوط به میزان مصرف انرژی ساکنان از طریق پرسشنامه است درحالی‌که رویکرد مهندسی متکی بر شبیه‌سازی بوده و قادر است با دقت بیشتری به تجزیه و تحلیل‌های مرتبط با پارامترهای ریخت‌شناسی بپردازد. با توجه به اینکه هدف ارزیابی شاخص‌های ریخت‌شناسی می‌باشد، رویکرد مناسب شبیه‌سازی رایانه‌ای می‌باشد.

مرحله چهارم: الگوهای شناسایی‌شده بر اساس میزان مصرف انرژی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی به صورت کمی و کیفی کدبندی گردند. این کدها علاوه بر اینکه معرفی‌کننده شاخص‌های ریخت‌شناسی هریک از گونه‌ها می‌باشند، سطح مصرف انرژی سرمایشی، گرمایشی و روشنایی را نیز مشخص می‌نمایند. بنابراین، تاکید این فرآیند تنها بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی بافت شهری نمی‌باشد، بلکه ترکیبی از ابعاد کمی و کیفی بافت شهری را از منظر انرژی کارایی ارائه می‌دهد.

مرحله پنجم: نتایج این فرآیند می‌تواند بر اساس سطح مصرف انرژی الگوهای کارآمد و ناکارآمد را شناسایی نماید و نهایتا ضوابط طراحی را با محوریت بهینه‌سازی مصرف انرژی به صورت کدبندی‌شده تدوین نماید.(شکل ۸)

** این مقاله برگرفته از رساله دکتری گلناز مرتضایی، رشته شهرسازی با عنوان «زبان انرژی کارایی در بعد ریخت شناسی طراحی شهر» از دانشگاه هنر اصفهان می‌باشد.*

منابع

بحرینی، سیدحسین (۱۳۹۱)، *فرایند طراحی شهری*، چاپ هشتم، تهران: دانشگاه تهران.

جان زاده، امیرحسین و مهدی زندیه(۱۳۹۵)، "امکان‌سنجی طراحی یک واحد همسایگی انرژی صفر در قزوین"، *پژوهشهای برنامه‌ریزی و سیاستگذاری انرژی*، شماره۳، صص ۱۳۲-۱۰۳.

حیدری، شاهین (۱۳۸۸)، *برنامه‌ریزی انرژی در ایران*، چاپ اول، تهران: دانشگاه تهران.

دانشپور، عبدالهادی و سلمان مرادی(۱۳۹۱)، " تبیین روش ریخت‌گونه‌بندی و کاربرد آن در طراحی شهری"، *فصلنامه معماری و شهرسازی*، شماره ۹، صص ۴۶-۲۵.

ذاکر حقیقی، کیانوش؛ ماجدی، حمید و فرح حبیب (۱۳۸۹)، " تدوین شاخصهای موثر بر گونه‌شناسی بافت شهری"، *هویت شهر*، شماره ۷، صص ۱۱۲-۱۰۵.

رفیعیان، مجتبی؛ فتح جلالی، آرمان و هاشم داداش پور (۱۳۹۰)، " تاثیر فرم و تراکم بلوک های مسکونی بر مصرف انرژی در شهر جدید هشتگرد"، *معماری و شهرسازی آرمان شهر*، شماره ۶، صص ۱۱۶- ۱۰۷.

غفاری جباری، شهلا؛ غفاری جباری، شیوا و الهام صالح (۱۳۹۲)، "راهکارهای طراحی مسکن در بهینه‌سازی مصرف انرژی شهر تهران"، *پژوهشهای برنامه‌ریزی و سیاستگذاری انرژی*، شماره۱، صص ۱۳۲-۱۰۵.

معماریان، غلامحسین و محمدعلی طبرسا (۱۳۹۲)، " گونه و گونه‌شناسی معماری"، *انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران*، شماره۶، صص ۱۱۴-۱۰۳.

میرمقتدایی، مهتا (۱۳۸۵)، *هویت کالبدی شهر: مطالعه موردی تهران*، تهران: مرکزتحقیقات ساختمان و مسکن.

نصراللهی، فرشاد (۱۳۹۳)،" ساختمان‌های اداری انرژی کارا، بهره‌وری انرژی با طراحی معماری"، مجموعه *مقالات تحقیقاتی پروژه شهرهای جوان*، جلد یازدهم، اصفهان: دانشگاه هنر.

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, pp. 679-684.

Arboit, M; Diblasi, A; Fernandezllano, J. and C. Derosa (2008), "Assessing the Solar Potential of Low-Density Urban Environments in Andean Cities with Desert Climates", *Renewable Energy*, Vol. 33, No .8, pp.1733-1748.

Arsiya Ravari, A. and M. Mazloomi (2015), "A Framework for Urban Morphology with Respect to the Form", *Armanshahr Architecture & Urban Development*, Vol. 8, No.14, pp. 91-103.

Biddulph, M. (2007), *Introuduction to Residential Layout*, Oxford; Burlington, MA: Butterworth-Heinemann.

Booij, G. E. (2007), *The Grammar of Words: An Introduction to Linguistic Morphology*. 2nd edition. Oxford: Oxford University Press.

Caniggia, G. and Maffei, G. L. (2001), *Architectural Composition and Building Typology: Interpreting Basic Building*, Firenze: Aliena.

Cheng, V; Steemers, K; Montavon, M. and R. Compagnon (2006), "Urban Form, Density and Solar Potential", *PLEA, The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva, Switzerland.

Compagnon, R. (2004), "Solar and Daylight Availability in the Urban Fabric", *Energy and Buildings*, Vol. 36, No. 4, pp. 321-328.

Conzen, M. R. G. (1960), *Alnwick, Northumberland: A Study in Town-Plan Analys*, London: George Philip.

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. and H. Weisz (2012), *Urban Energy Systems*, *In Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*, Cambridge: Cambridge University Press, pp.1307-1400.

Hammond, J; Zanetto, J. and C. Adams (1981), *Planning Solar Neighborhoods*.CA: California Energy Commission.

Jones, A. N. and P. J. Larkham (1991), *A Glossary of Urban From*, Norwich: Geo books.

Kaza, N. (2010), "Understanding the Spectrum of Residential Energy Consumption: A Quantile Regression Approach", *Energy Policy*, Vol. 38, No.11, pp. 6574-6585.

Kropf, K. (1998), *Typological Zoning: In Typological Process and Design Theory*. Attilio Petruccioli (ed). Cambridge, Massachusetts: Aga Khan Program for Islamic Architecture.

Littlefair, P Santamouris, M; Alvarez, S., Dupagne, A., Hall, D; Teller, J; Coronel, J. F. and N. Papanikolaou (2000), *Environmental Site Layout Planning Solar Access, Microclimate and Passive Cooling in Urban Areas*, London, England: CRC.

Maller, A. (1998), "Emerging Urban Form Types in a City of the American Middle West" , *journal of Urban Design*, Vol.3, No. 2, pp.137-150.

Meir, I. A; Pearlmutter, D. and Y. Etzion (1995), "On the Microclimatic Behavior of Two Semi-Enclosed Attached Courtyards in a Hot Dry Region", *Building and Environment*, Vol. 30, No. 4, pp.563-572.

Moudon, A. (1997), "Urban Morphology as an Emerging Interdisciplinary Field", *Urban Morphology*, Vol.1, No.1, pp.3-10.

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.

Owens, P. M. (2005), *Beyond Density: Measuring Neighborhood Form in New England's Upper Connecticut River Valley*, PhD dissertation: University of California.

Pont, M. B. and p. Haupt (2005), "The Spacemate: Density and the Typomorphology of the Urban Fabric", Nordisk Arkitektur Forskning, Vol. 4, pp.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, pp.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. and K. Steemers (2005), "Energy Consumption and Urban Texture", *Energy and Buildings*, Vol.37, No.7, pp.62–76.

Salat, S. (2009), "Energy Loads, CO2 Emissions and Building Stocks: Morphologies, Typologies, Energy Systems and Behavior", *Building Research & Information*, Vol.37, No. 5, pp.589-609.

Strømann-Andersen, J. and P.a. Sattrup (2011), "The Urban Canyon and Building Energy Use: Urban Density Versus Daylight and Passive Solar Gains", *Energy and Buildings*, Vol. 43, No.8, pp.2011-2020.

Taleghani, M; Tenpierik, M; van den Dobbelsteen, A. and R. de Dear (2013), "Energy Use Impact of and Thermal Comfort in Different Urban Block Types in the Netherlands", *Energy and Buildings*, Vol.67, pp. 166-175.

Thayer, R. Jr (1981), *Solar Access: It's the Law! A Manual on California's Solar Access Laws for Planners, Designers, Developers, and Community Officials*. Davis, CA: Institute of Governmental Affairs; Institute of Ecology.

Trache, H. (2001), "Promoting Urban Design in Development Palns: Typo-Morphological Approachs in Montreuil", *Urban Design International*, Vol.6, No.3, pp. 157-172.

United Nations 2007 City Planning Will Determine Pace of Global Warming, Retrieved November 8, 2011, from

Van Esch, M. M. E; Looman, R. H. J. and G. J. de Bruin-Hordijk (2012), "The Effects of Urban and Building Design Parameters on Solar Access to the Urban Canyon and the Potential for Direct Passive Solar Heating Strategies", *Energy and Buildings*, Vol.47, pp. 189-200.

Yao, R. and K. Steemers (2005), "A Method of Formulating Energy Load Profile for Domestic Buildings in the UK", *Energy and Buildings*, Vol. 37, No.6, pp. 663–671.