Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های بافت شهری اقلیم گرم و خشک، نمونهٔ موردی: شهر اصفهان*

مریم فرخی**
محمدسعید ایزدی***
مهرداد کریمی مشاور****

تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۶/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۲۰

چکیده

از جمله مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار بر مصرف انرژی در بخش ساختمان، می‌توان به شرایط اجتماعی و اقتصادی، فرهنگ مصرف انرژی، ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی شهر، نقش شهر، کارایی سیستم‌های تأمین و مصرف انرژی و ویژگی‌های کالبدی‌فضایی ساختمان‌ها و بافت‌های مسکونی اشاره کرد که در این میان فرم شهری، به میزان قابل توجهی امکان کاهش مصرف انرژی را از طریق برنامه‌ریزی و طراحی فراهم می‌سازد. رهیافت کارایی انرژی به‌عنوان یکی از اهرم‌های تقویت پایداری بوم‌شناختی، از جمله ابعاد اصلی پنج‌گانهٔ توسعهٔ پایدار به شمار می‌آید که با هدف کاهش رشد تقاضای انرژی، تقلیل قابل توجه مصرف سوخت‌های فسیلی و به دنبال آن، افزایش عرضهٔ انرژی سالم همراه است. لذا با بهره‌گیری از این رویکرد در فرایند طراحی مجموعه‌های ساختمانی و بافت‌های شهری، می‌توان کمک شایانی به بهبود وضعیت بهره‌وری انرژی در بخش ساختمان نمود. پژوهش پیشِ رو با ترکیب روش‌های توصیفی‌تحلیلی، مطالعات گونه‌شناختی، ترسیم و شبیه‌سازی مدل‌ها، به دنبال تحلیل ۸ گونه فرم ساختمانی قالب در دوره‌های تاریخی شهر اصفهان و ۴ الگوی بلوک شهری، از منظر کارایی انرژی است. به این منظور، با استفاده از شبیه‌سازی، ارتباط مابین متغیرهای تحقیق ـ مشخصه‌های کالبدی و فضایی فرم شهری (فرم ساختمانی و بلوک شهری) و میزان مصرف انرژی (انرژی مصرفی جهت گرمایش، سرمایش و روشنایی) در هریک از الگوهای پیشنهادی، مورد سنجش قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش، الگوی بهینهٔ توده‌گذاری ساختمان‌های مسکونی به‌شدت تحت تأثیر عوامل مورفولوژیک همچون همجواری‌ها، فرم، ابعاد و الگوی ساختمان، الگوی بلوک‌بندی و نیز ساختار فضایی شبکهٔ ارتباطی است که در این میان، نقش الگوی ساختمان و ساختار شبکهٔ ارتباطی پررنگ‌تر است. لذا به کمک شبیه‌سازی مصرف انرژی، پیش از اجرای طرح و یا در مرحلهٔ ارائهٔ گزینه‌های پیشنهادی، می‌توان به فرم‌های بهینه در اجزا (ساختمان‌های منفرد) و ترکیب‌های شهری (بافت‌های مسکونی) دست یافت.

کلیدواژه‌ها:

پایداری، کارایی انرژی، فرم شهری پایدار، شبیه‌سازی انرژی، نرم‌افزار دیزاین بیلدر.

*این مقاله مستخرج از رساله دکتری مریم فرخی، تحت عنوان "مورفولوژی شهری پایدار: تدوین معیارها، الگوها و مدل‌های فرم شهری در اقلیم نیمه‌خشک بر اساس دیدگاه کارایی انرژی" به راهنمای نویسندگان دوم و سوم می‌باشد که در دانشگاه بوعلی سینا به انجام رسیده است.

** پژوهشگر دورهٔ دکتری طراحی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا
*** استادیار، گروه طراحی شهری، دانشگاه بوعلی سینا
**** استادیار، گروه معماری، دانشگاه بوعلی سینا، نویسنده مسئول، mkmoshaver@yahoo.com

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

پرسش‌های پژوهش

۱. پارامترهای مورفولوژیک تأثیرگذار بر طراحی فرم‌های شهری انرژی کارا کدام است؟
۲. بهینه‌ترین الگوی ساختمان مسکونی از نظر مصرف انرژی در اقلیم گرم و خشک (شهر اصفهان) کدام است؟
۳. تأثیر افزایش نفوذپذیری بلوک‌های شهری بر مصرف انرژی آن‌ها چیست؟
۴. افزایش نسبت فضاهای شهری به توده‌های ساختمانی چه تأثیری بر مصرف انرژی دارد؟

مقدمه

رشد شتابان و فزایندهٔ شهرنشینی و در پی آن افزایش جمعیت شهرها، پیامدهای مختلفی را در زمینه‌های گوناگون به دنبال داشته است. از جمله مهم‌ترین این پیامدها می‌توان به افزایش مصرف و تقاضا برای منابع انرژی اشاره کرد. طبق آمار جهانی، مصرف انرژی در جهان در هر دهه، به دو برابر افزایش یافته و پیش‌بینی شده است که طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۵، روند مصرف انرژی در جهان به میزان ۵۴٪ افزایش یابد. این در حالی است که در این گزارش، بیشترین میزان مصرف انرژی به کشورهای در حال توسعه از جمله ایران اختصاص دارد که متوسط مصرف سالانهٔ انرژی در آن از رشد ۱۰درصدی برخوردار است (منظور و ماجد ۱۳۹۰). افزایش مصرف و تقاضا برای منابع انرژی فسیلی از دو جنبه قابل تأمل است: یکی محدود بودن منابع انرژی و دیگری آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی. در همین راستا از چند دههٔ قبل با فراگیر شدن آگاهی‌های عمومی نسبت به جنبه‌های یادشده و سایر جنبه‌های شهرنشینی، رویکردهای نوینی در جهان، نظیر توسعهٔ پایدار شهری[۱]، نوشهرسازی[۲]، شهر فشرده[۳]، شهر اکولوژیک[۴]، شهر سلامت[۵]، شهر فاقد اتومبیل[۶]، شهر فاقد کربن[۷]، شهر انرژی کارا[۸] و ظهوریافته و اهمیت و توجه به مبحث انرژی را در شهرسازی، بیش از پیش آشکار می‌نماید. بر مبنای اطلاعات ارائه‌شدهٔ ترازنامهٔ انرژی که در سال ۱۳۹۰ از سوی وزارت نیرو منتشر شده، ۴۰٪ کل انرژی مصرفی در ایران (بیش از یک‌سوم مصارف انرژی) مربوط به بخش ساختمان و مرتبط با مناطق مسکونی است. لذا همان گونه که در سند چشم‌انداز بیست‌سالهٔ کشور بدان اشاره شده، برنامه‌ریزی و طراحی مناسب بافت‌های شهری به‌عنوان ضرورتی ملی، نیازمند انجام مطالعات تکمیلی و طرح این موضوع در مقیاس کلان به‌عنوان یکی از محورهای مهم برنامه‌ریزی شهری در کشور است که فراتر از دستورالعمل‌ها و مباحثی که تاکنون در سطح تئوری باقی مانده‌اند، به این بخش بپردازد (میرمقتدایی ۱۳۹۲). در سال‌های اخیر، مطالعات قابل توجهی در زمینهٔ ارتباط بین فرم شهر و میزان مصرف انرژی در ایران انجام شده است، ولی متأسفانه اغلب آن‌ها در سطح کلان (ملی و یا بخشی) و خرد (مقیاس ساختمانی) تمرکز کرده‌اند و برخلاف پژوهش‌های متعدد جهانی در این باره، اطلاعات کمی راجع به متابولیسم‌های مصرف انرژی در سطح میانی (بافت شهری) شهرهای کشورمان وجود دارد. با توجه به آنچه در خصوص لزوم به‌کارگیری راهکارهای عملیاتی در زمینهٔ کاهش مصرف انرژی به‌خصوص در بخش میانی (بافت شهری) بیان شد، این پژوهش در پی آن است تا با معرفی فاکتورهای فرم شهری به‌عنوان مهم‌ترین ابزارهای دستیابی به بافت‌های انرژی کارا و به‌کارگیری عملی آن‌ها در روش‌های غیرفعال طراحی، به ارائهٔ الگوهای پایدار در مقیاس میانی بپردازد.

۱. پیشینهٔ تحقیق

آغاز جنبش زیست‌محیطی مدرن را می‌توان مصادف با انتشار کتاب *بهار خاموش* نوشتهٔ راشل کارسون در سال ۱۹۶۲ دانست. همچنین تحلیل اصول و راهکارهای سبز در کتاب *کوچک زیباست* نوشتهٔ شوماخر (۱۹۷۴) و کتاب *تراژدی مشترکات* نوشتهٔ هاردیت (۱۹۷۷)، ادامه‌دهندهٔ این بحث است و در نهایت دو کتاب *محدوده‌های رشد* و *فراتر از محدوده‌ها* نوشتهٔ میدوز و همکاران به‌ترتیب در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۹۲، به طرح مسائل جدی زیست‌محیطی نظیر انواع آلودگی‌ها، افزایش دمای کرهٔ زمین و نابودی منابع طبیعی پرداختند (مضطرزاده و حجتی ۱۳۹۳). از جمله اسناد رسمی منتشرشده در حوزهٔ توسعهٔ پایدار، سند موسوم به *گزارش برونتلند* در سال ۱۹۸۷ و یا دستور کار ۲۱ در اجلاس سازمان ملل در سال ۱۹۹۲ هستند که بر اساس آن‌ها، سیستم برنامه‌ریزی و طراحی شهری به‌عنوان یکی از ابزارها و

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

مکانیزم‌های مهم در راستای پیگیری توسعهٔ پایدار معرفی می‌گردد (مفیدی و شایان ۱۳۸۸).

از جمله مطالعات صورت‌گرفته در زمینهٔ رابطهٔ میان فاکتورهای فرم شهری و مصرف انرژی در مقیاس‌های مختلف، می‌توان به پژوهش‌های Owens اشاره کرد که برای اولین بار در سال ۱۹۸۶، به ارائهٔ متغیرهای فرم شهری تأثیرگذار بر میزان مصرف انرژی در مقیاس‌های مختلف (ساختمان و شهر) پرداخت. وی با معرفی فاکتورهایی از جمله الگو، اندازه، شکل و فرم نواحی سکونتی، شبکه‌های ارتباطی پیرامونی و داخلی آن، تراکم، پراکنش کاربری‌ها، درجهٔ تمرکز فعالیت‌ها، الگوی بناها، جهت‌گیری، موقعیت قرارگیری و طرح ساختمانی آن، پایه‌گذار مبحث فرم‌های شهری انرژی کاراست. در پژوهش دیگری که در سال ۲۰۰۵ توسط میشل گوردن با عنوان *توسعهٔ شهری، فرم و مصرف انرژی در ساختمان‌ها* انجام گرفته است، وی ۸ فاکتور هندسهٔ شهری، مورفولوژی ساختمانی، عملکرد حرارتی مصالح، کارآمدی سیستم‌ها و تجهیزات داخلی، فعالیت‌ها و رفتارهای انسانی، قیمت سوخت، امکان به اشتراک گذاشتن زیرساخت‌ها و میزان درجه‌حرارت داخلی و خارجی بنا را به‌عنوان فاکتورهای مؤثر بر میزان مصرف انرژی در مقیاس خرد (واحدهای ساختمانی) معرفی نمود. همچنین در پژوهشی با عنوان *محاسبهٔ میزان تقاضای انرژی در ساختمان بر اساس مطالعات مورفولوژیک*، که توسط تیم پژوهشی مارتین و همکاران در سال ۲۰۱۳ انجام شده، فاکتورهایی از جمله متوسط ارتفاع ساختمان، نسبت فضای باز و ساخته‌شده نسبت به کل مساحت مجموعه و نیز میزان سطوح خارجی در ارتباط با هوا، به‌عنوان پارامترهای مورفولوژیک تأثیرگذار بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی، استخراج شده است.

در خصوص مطالعات انجام‌شده در مقیاس میانی (محله)، می‌توان به پژوهش صورت‌گرفته توسط تیم پژوهشی تدی، وهاب‌زاده و محمدزاده اشاره کرد که در سال ۲۰۱۱ بر اساس تئوری IMM[۸]، سه محلهٔ نارمک، آزادی و سعادت‌آباد تهران را در ۴ مؤلفهٔ حجم شهری، فضای باز شهری، لایهٔ کاربری اراضی و لایهٔ حمل‌ونقل و دسترسی، مورد بررسی و مطالعه قرار دادند و در نهایت به تحلیل ارتباط مابین شاخص‌های فرم شهری از قبیل تراکم، همجواری، تنوع و دسترسی با کیفیت بهره‌وری انرژی پرداختند.

از جمله دیگر پژوهشگران مطرح در زمینهٔ مطالعات در مقیاس کلان، می‌توان به سرج سالات اشاره کرد. وی در مقاله‌ای با عنوان «کارایی انرژی و مورفولوژی شهری: تجزیه و تحلیل مقیاس‌های شهرهای آسیایی و اروپایی»، در سال ۲۰۰۹، ضمن اشاره به فرم شهری به‌عنوان حلقهٔ ارتباطی شهرسازی و حفظ منابع طبیعی، به معرفی فاکتورهای مؤثر بر مصرف انرژی در شهرهای آسیایی و اروپایی نظیر فرم شهری، کارایی ساختمان، کارآمدی تجهیزات، رفتار ساکنان و نوع انرژی مصرفی می‌پردازد. وی در سال ۲۰۱۳ نیز با انتشار مقاله‌ای کاربردی با عنوان «مورفولوژی شهری و تلاش برای دستیابی به شهرهای فاقد کربن»، ترکیب و ساختار تودهٔ ساختمانی (مساحت ساخته‌شده، FAR[۱۰]، ارتفاع ساختمان، تراکم ساختمان، همجواری‌ها)، بازشدگی به‌سمت خیابان (انسداد و هدایت ظاهری خورشید)، شبکهٔ خیابان‌ها (تراکم نقاط تلاقی و برخورد/ فاصلهٔ میان نقاط تلاقی/ عدد میانگین ارتباط بین نقاط که جهت سنجش میزان ارتباطات و دسترسی فضاها، جریان ترافیک و انسداد ترافیک، استفاده از سوخت و تأثیر آن بر آلودگی هوا)، حجم فعال (حجم ساختمان تا عمق ۶ متری که با دریافت نور طبیعی و تهویه، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد)، را به‌عنوان فاکتورهای مؤثر بر مصرف انرژی در مقیاس شهر، مورد بررسی و مطالعه قرار می‌دهد.

از جمله پژوهش‌های کاربردی اخیر می‌توان به گزارش تحقیقاتی سالیانهٔ دانشکدهٔ اقتصاد و علوم سیاسی لندن[۱۱] (LSE) اشاره کرد که با همکاری مؤسسه تحقیقات انرژی اروپا[۱۲] (EIFER) در سال ۲۰۱۱، گزارشی با عنوان *شهرها و انرژی: مورفولوژی شهری و تقاضای انرژی گرمایشی* منتشر ساخت. در این طرح تحقیقاتی، با شناسایی ۵ الگوی معماری ساختمان‌های مسکونی در ۴ شهر بزرگ اروپا (لندن، پاریس، برلین و استانبول)، رابطهٔ میان مورفولوژی شهری و کارایی انرژی حرارتی در ۳ سطح، کلان (پیکربندی فضایی شهر، ساختمان‌ها و فضاهای باز مرتبط)، مقیاس میانی (خیابان‌ها و بلوک‌های شهری) و مقیاس خرد (گونه‌شناسی پلاک‌ها و قطعات) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. علی‌رغم پژوهش‌های صورت‌گرفته دربارهٔ موضوع مورد بحث که پیش از این مورد بررسی قرار گرفت، در چند سال اخیر، محققان حوزه‌های مختلف از جمله معماری، برنامه‌ریزی محیطی، طراحی شهری و محیط‌زیست، پژوهش‌های متعددی بر روی تأثیر فاکتورهای مورفولوژیک

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

مطالعات معماری ایران
دو فصلنامه معماری ایرانی
شماره ۱۳ ـ بهار و تابستان ۹۷

در شهرها و حوزه‌های اقلیمی مختلف انجام داده‌اند (جدول ۱)، که همگی بر لزوم توجه به بستر و زمینه‌های اقلیمی، تاریخی، فرهنگی و اقتصادی در ارائهٔ راهکارها و ضوابط فرم شهری انرژی کارا و مطالعات مکان‌محور تأکید دارد.

جدول ۱: جمع‌بندی پژوهش‌های اخیر در خصوص رابطهٔ فاکتورهای فرم شهر و کارایی انرژی در مقیاس‌های مختلف

عنوان پژوهش	نام پژوهشگر	سال انجام پژوهش	مقیاس عملکردی: کلان	مقیاس عملکردی: میانی	مقیاس عملکردی: خرد	نوع مطالعات: تطبیقی	نوع مطالعات: موردی	نوع مطالعات: کاربردی	نوع اقلیم/ منطقه	روش شناسی	حوزه مطالعاتی	نتایج/فاکتورهای ارائه شده
Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate	Ratti, C Raydan, D Steemers, K	۲۰۰۳	–	✻	✻	–	✻	✻	اقلیم گرم و خشک	(بررسی فرم ساختمانی و عملکرد انرژی محیط)	مطالعات میانی	برخی پیکربندی‌ها و الگوهای ساختمانی عملکرد انرژی بهتری دارند. برای مثال با محاسبه متغیرهای محیطی (سطح/حجم)، انتقال حرارت سالیانه دریافت خورشید و میزان نیازهای انسانی، فرم اقلیم گرم و خشک، الگوهای ساختمانی جایدار در مقایسه با گونه‌های پاویون، از نظر عملکرد انرژی شرایط مناسبتری دارند.
An Approach for Analysis of Urban Morphology: Methods to Derive Morphological Properties of City Blocks	Hiroyuki Yoshida Masahiro Omae	۲۰۰۴	–	✻	–	–	✻	–	توکیو	مطالعه میدانی (بررسی پارامترهای مورفولوژیک از جمله مساحت، نسبت حجم به مساحت، نسبت سطح پلوک شهری و تراکم در هر هکتار) و تلفیق این داده‌ها در نرم افزار GIS	مطالعات میانی (بررسی پلوک‌های شهری در هر محدوده جغرافیایی)	استخراج و تحلیل کمّی ویژگی‌های مورفولوژیک از جمله مساحت، نسبت حجم به مساحت، نسبت سطح ساختمان به زمین، ارتفاع متوسط ساختمان، هر نسبت مساحت ساختمان به حجم ساختمان، حجم متوسط ساختمان‌ها
Spatial Variation and Distribution of Urban Energy Consumptions From Cities in China	Linxiu Zhang Zhifeng Yang Jing Liang	۲۰۱۰	✻	–	–	–	–	✻	چین	الگو کمی و مطالعات میدانی	مطالعات میدانی	به کمک نرم افزار GIS و شاخص‌های Theil، توزیع فضایی مصرف انرژی شهری در کشور چین را استفاده از مطالعه هسته (موازی) و الگوهای کمی در ۲۰ نقطه از مراکز بزرگ کشور چین در سال ۲۰۰۵ بر اساس میزان آلاینی بررسی شده اند.
The Influence of Urban Morphology Indicators on Summer Diurnal Range of Urban Climate in Bangkok Metropolitan	Manat Srivanit Hokao Kazunori	۲۰۱۱	✻	–	✻	–	–	✻	بانکوک تایلند	مطالعه میدانی- تحلیل آماری (بررسی و تأثیر فاکتورهای ذکر شده و نتایج حیج از آزمون تحلیل همبستگی)	برنامه ریزی شهری	تأثیرات‌های مهم در زمینه پیکربندی فضایی نسبت سطح انتقال، نوع پوشش ساختمان، از جای پای ساختمان، مجموع ساخت گی، نوع فضای باز، پوشش سطح، سبز، نسبت سطح پوشش آب به کل ساخت
Bridging Urban Morphology and Energy Performance Analysis	Vettorato D	۲۰۱۱	✻	–	–	–	–	✻	ترنتو ایتالیا	مطالعه میدانی- مقایسه تطبیقی (مقایسه سناریوهای پلوک‌های حذفیه و قدیمه شناسایی ساختمان با مشکوز پارس گزینی توصیت صنعت و ارائه پیشنهادات)	برنامه ریزی شهری	استراتژی‌های دستیابی به کارایی انرژی دغدوه انرژی و حفاظت کارآمدی انرژی‌های تجدید پذیر
Solar Energy as a Design Parameter in Urban Planning	Joani Kuntsesa Mirjana Horvat	۲۰۱۲	–	✻	✻	–	✻	–	شهر لند شمال سوئد	مطالعات میدانی و تلفیق سازی (بررسی کارایی انرژی در سه شاخص شهری مختلف با بهره گیری از نرم افزار شبیه سازی انرژی Ecotec)	مطالعه میدانی- شبیه‌سازی انرژی (بررسی و تحلیل انرژی در شاخص همگن مورفولوژیکی با استفاده از نرم افزار City sum)	نتایج تاثیر تراکم انرژی فرم های شهری
Building Energy Demand Based On Urban Morphology Analysis: Case Study In Maceió, Brazil	Tadiane Martins Luc Adolphe Marion Bonthonnnc	۲۰۱۳	–	✻	–	–	–	✻	برزیل	محاسبه و مقایسه مصرف انرژی در گونه های مختلف بافت پارس	مطالعه میدانی- محاسبات انرژی	۴ فاکتور تاثیر گذار کارایی انرژی فرم های شهری بخش بیشتر به خود اختصاص دادند. هر چه فعال (حجم ساختمان تا سطح ۶ متری و امکان دریافت نور طبیعی و تهویه)
Energy and Carbon Efficiency of Urban Morphologies , Urban Planning	Serge Salat Loetz Bourdic Caroline Nowacki	۲۰۱۳	–	✻	–	–	–	✻	پاریس	محاسبه و مقایسه مصرف انرژی در گونه های مختلف بافت شهری پاریس	مطالعه میدانی- محاسبات انرژی	ترکیب و ساختار توده(صلابت ساخته شده) FAR ارتفاع ساختمان، تراکم ساختمان، همجوار(ها)
Building Typologies in Northern European Cities: Daylight, Solar Access, and Building Energy Use	Jakob Peter A. Sattrup Strømann Andersen	۲۰۱۳	–	✻	✻	–	–	✻	شمال اروپا	(بررسی تاثیر متقابل هندسه شهری و مصرف انرژی)	مطالعه میدانی	سبت ارتفاع به عرض فضای خیابان و نیز جداع واحدهای مسکونی بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها و عملکرد نور، تاثیر قابل توجهی بر میزان مصرف انرژی دارد. به گونه ای که با مقایسه ای دو شکل مختلف ساختمان ها، تاثیر قابل توجهی بر میزان مصرف انرژی دارد. به گونه ای که با افزایش این نسبت می توان میزان دریافت نور طبیعی و تاثیر گذار بر مصرف انرژی را تا ۳۵٪ کاهش داد.
Application of Environmental Change Efficiency to The Sustainability of Urban Development at the Neighborhood Level	Hsiang-Fu Kuo Ko-Wan Tsou	۲۰۱۵	–	✻	✻	–	–	✻	تایوان	(بررسی الگوهای ساختاری در محدوده تسال اروپا)	مطالعه میدانی	افزایش تراکم به طور معمول موجب کاهش مصرف انرژی می گردد ولی ظل ان افزایش قدرتگی (نوع سطح به ساحت طبقات) است.
A Systematic Approach to Evaluate the Impact of Urban form on Urban Energy Efficiency: A Case Study in Shanghai	Xin Wang Zhengwei Li	۲۰۱۷	–	✻	✻	–	–	✻	شانگهای	(بررسی ساختار فضایی ۳۳ سطح تایوان)	مطالعات میدانی- تحلیل آماری Data Envelope Analysis (DEA)	برای طراحی بهینه‌ترین الگوی ساخت از نظر مصرف انرژی باید به دسترسی به نور خورشید و جهت‌گیری‌ها توجه ویژه‌ای شود.
Urban form and household electricity consumption: A multilevel study	Chaosu Li Yan Song Nikhil Kaza	۲۰۱۷	–	–	✻	–	–	✻	نیوکسل چین	(بررسی فرمی برق در سطحات انتخابی)	مطالعات میدانی - تحلیل آماری	بررسی ۶ فاکتور (ساحت مجدوده تراکم جمعیت، موقعیت مجدوده میزان اختلاط کاربری‌ها، نوع ساحت طبقات، نوع عمومل) بر مصرف انرژی در ۳۳ سطح تایوان

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ساختار مسجی و شدت توسعه بافتگی، بر بهره وری انرژی شهری تأثیر گذار است و در نحوه مورد مطالعه می توان به درجه بهینه ای از FAR (floor Area Ratio) دست یافتند رویکردی می تواند برای مطالعه بهره وری انرژی هر منطقه شهری با مقیاس مشابه استفاده شود.

ساختار فضایی جایدار سلیه درختان، تراکم مطلاح و نوع ساختمان ها در کنترل مصرف برق و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه ای موثر است به طوری که با افزایش تراکم در محلات با الگوی غالب آپارتمان و نوع ، در نقاط بلندمان موق بیشتری نسبت به نقاط پایانی استفاده می‌شود

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

همچنین از جمله مطالعات داخلی در زمینهٔ پژوهش‌های نظری و کاربردی مرتبط با موضوع فرم شهر و انرژی، می‌توان به مقالهٔ «ارتباط میان کاربری حمل‌ونقل و مصرف انرژی» (شهابیان، زرین، و عظیمی ۱۳۹۲)، «بررسی رابطهٔ فرم شهری و مصرف انرژی» (براتی و سردره ۱۳۹۲)، «بررسی و امکان‌سنجی تأثیر فرم و تراکم بلوک مسکونی بر مصرف انرژی» (رفیعیان، فتح جلالی، و داداش‌پور ۱۳۹۳)، «*طراحی شهری انرژی کارا*» (علی‌یاری ۱۳۹۰)، «معیارهای شاکله بوم شهر از دیدگاه نظریه‌پردازان» (شریفیان بارفروش و مفیدی شمیرانی ۱۳۹۳)، «تعاریف مرتبط با طراحی شهر انرژی کارا» (احمدی و مهدی‌زاده ۱۳۹۴)، «بررسی رابطهٔ فرم ساختمان‌های مسکونی با میزای مصرف انرژی آن‌ها در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان» (ضرغامی، جهان‌بخش، و طحانیان ۱۳۹۴)، «تدوین معیارهای طراحی شهری برای محله‌های بدون کربن» (لطفی و دیگران ۱۳۹۵)، «ارزیابی و تدوین دستورالعمل و فرایند برنامه‌ریزی و طراحی شهری مبتنی بر رهیافت کارایی انرژی در شهر» (خدابخش، مشایخی، و ملک‌پور اصل ۱۳۹۱) اشاره کرد که متأسفانه اغلب در حوزهٔ نظری باقی مانده است و کمتر موفق به ارائهٔ راهکارهای عملیاتی در حوزهٔ نظام معماری و شهرسازی معاصر و نیز طرح‌های شهری انرژی کارا با توجه به اقلیم‌های مختلف شهرهای کشورمان شده است.

۲. کارایی انرژی در شهر

کارایی[۹] به‌معنای استفاده از کمترین زمان یا حداقل انرژی برای انجام حداکثری یک فعالیت است. 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 عرضهٔ انرژی سالم، همراه است. امروزه صاحب‌نظران بسیاری معتقدند که برنامه‌ریزی و طراحی فیزیکی و کالبدی شهر در مقیاس‌های مختلف، اعم از ساختمان، واحد همسایگی، نواحی و مناطق شهری، دستیابی به الگوهای پایدارتر مصرف انرژی را امکان‌پذیر می‌سازند. انرژی مصرفی در شهر به سه دستهٔ کلی تقسیم می‌شود (تصویر ۱) که هدف از بازدهی انرژی در شهرسازی، به حداقل رساندن مصرف انرژی در شهر، به‌ویژه انرژی مصرف‌شده در بخش ساختمان و حمل‌ونقل است (Franchi 2004:130). مفهوم انرژی در شهر، با مؤلفه‌های برنامه‌ریزی و طراحی شهری در سطوح کلان و میانی و خرد ارتباط مستقیم دارد و از جمله مهم‌ترین این مؤلفه‌ها می‌توان به ویژگی‌های کالبدی ساختمان و بافت شهری اشاره کرد که سهم بسزایی در کاهش مصرف انرژی، به‌خصوص در بخش میانی و خرد دارد.

تصویر ۱: انواع انرژی در محیطهای شهری، Codoban and Kennedy (2008)

بر اساس نظریهٔ ویتوریت وی (Vettorato Eu, 2005)، راهبردهای دستیابی به کارایی انرژی می‌تواند به سه رکن اصلی زیر تقسیم شود (تصویر ۲) که به طور مشخص به فرم و ساختار محیط زندگی وابسته‌اند.

ـ صرفه‌جویی در مصرف انرژی: شامل استفادهٔ کمتر از انرژی برای دست‌یابی به خدمات شهری (کاهش سطح خدمات شهری که نیازمند انرژی است)؛

ـ کارآمدی انرژی: مصرف کم‌انرژی جهت دستیابی به همان مقدار خدمات شهری است (کاهش میزان مصرف انرژی)؛

ـ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر: بهره‌برداری از منابع محلی و قابل تجدید انرژی جهت هماهنگی با تقاضای محلی انرژی.

۳. مؤلفه‌های تأثیرگذار بر مصرف انرژی در شهر

از جمله مهم‌ترین زمینه‌های کالبدی و غیرکالبدی تأثیرگذار بر مصرف انرژی در شهر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ـ عوامل تاریخی: موقعیت شهر و ویژگی‌های کلان فرم آن در متن تاریخی شهر، توسعه یافته و بر تمامی اجزای آن تأثیر می‌گذارد. در این باره می‌توان به تفاوت‌های ساختاری میان شهرهای گستردهٔ آمریکای شمالی و وابستگی شدید آن‌ها به خودرو شخصی در مقایسه با شهرهای متراکم اروپایی اشاره کرد که از روش‌های حمل‌ونقل پایدار بهره می‌برند (احمدی و مهدیزاده ۱۳۹۴).

تصویر ۲: راهکارهای اصلی تحقق پایداری (Vettorato Eu 2005)

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

– محیط طبیعی: مطالعات اشپرد[۱۳] در سال ۲۰۰۴ بیان‌کنندهٔ میزان و شدت رابطهٔ دوسویه میان خرد اقلیم و مصرف انرژی است. بدین معنا که شرایط اقلیمی از طریق ایجاد جزایر حرارتی به‌صورت غیرمستقیم، تغییراتی را در خرد اقلیم ایجاد می‌کند که این تأثیر منجر به کاهش نیاز حرارتی ساختمان در فصول سرد سال و در مقابل، افزایش نیاز به سرمایش در فصول گرم سال می‌گردد (Dhakal, Hanaki, and Hiramatsu 2003).

– عوامل اجتماعی، اقتصادی و جمعیتی: بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه، حاکی از ارتباط مستقیم مابین میزان مصرف انرژی و افزایش درآمد خانوار و سایر هزینه‌هاست. به‌طوری که میزان مصرف انرژی شهری، بسیار بیشتر از سرانهٔ مصرف انرژی در سکونتگاه‌های غیرشهری است؛ به‌خصوص در کشورهای پساصنعتی و مصرف‌محور که سهم قابل توجهی از اقتصاد آن‌ها وابسته به خدمات است (Brown et al. 2008; Parshall et al. 2010). علاوه بر درآمد و عوامل اقتصادی، عوامل جمعیتی نیز به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم و تأثیرگذار به شمار می‌آیند (Okeil 2010). در حالت کلان، تعداد افرادی که در یک خانوار زندگی می‌کنند (بعد خانوار)، عامل ایجاد صرفه‌های ناشی از مقیاس گردیده و میزان سرانهٔ مصرفی را کاهش می‌دهند. همچنین در حالت کلی، ساختار سنی دارای یک رابطهٔ مستقیم با میزان مصرف انرژی خانگی و رابطهٔ غیرمستقیم با مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل است. این امر به‌واسطهٔ تمایل و نیاز کمتر افراد سالخورده به حمل‌ونقل سواره می‌باشد (Lenzen 2004).

– عملکردی: مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در نظام عملکردی را می‌توان در قالب نحوه و چگونگی ترکیب‌های کاربری و فعالیت، همجواری‌ها، بررسی سازگاری و ناسازگاری فعالیت‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار داد (هدایتی ۱۳۸۱، ۲ـ۵). بهره‌گیری از کاربری‌های مختلط، از جمله راهکارهای اساسی در توسعهٔ مبتنی بر کارایی انرژی است؛ به‌گونه‌ای که استفاده از کاربری‌های ترکیبی نظیر مراکز خرید، کار و سکونت در نزدیکی ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، منجر به درونی شدن سفرها شده و این مجموعه‌ها را به مقاصدی برای اهداف مختلف سفر با یک توقف تبدیل می‌سازد (Franchi 2004).

– حمل‌ونقل و دسترسی: از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش مصرف انرژی در سطح شهر، می‌توان به شیوهٔ جابه‌جایی و دسترسی و نیز انواع الگوهای حرکتی اشاره کرد. در این میان، مسیرهای فعال با قابلیت پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و نیز نزدیکی مراکز فعالیتی به ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، نقش عمده‌ای در کارآمدی انرژی دارند(Ibid 7-8)

– فرم شهر: فرم شهری با تأثیر بر مؤلفه‌های کالبدی، فضایی، عملکردی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی (Jabareen 2006)، نقش مؤثری در میزان مصرف انرژی توده‌های ساختمانی و شبکه حمل‌ونقل داراست. بر اساس جدول ۲، از جمله مهم‌ترین عناصر فرم شهری در ارتباط با کاهش تقاضای مستقیم و غیرمستقیم انرژی، می‌توان به مواردی همچون مساحت واحدهای مسکونی/ قطعه‌بندی و تفکیک زمین، شدت و تراکم ساختمانی، شکل، ارتفاع و نمای ساختمان‌ها، گونه‌های مختلف ساختمانی و بافت شهری، جهت‌گیری ساختمان‌ها، شبکهٔ معابر و بلوک‌های شهری، ورودی‌ها و بازشوها، فرم پلان و چیدمان ساختمان‌ها اشاره کرد (Hamidi and Ewing 2012; GEA 2012).

٤. ابعاد بافت شهر و انرژی

بافت شهر را می‌توان به‌لحاظ فیزیکی، تجمع واحدهای فضاساختی دید (مدنی‌پور ۱۳۸۴، ۴۸). در یک تعریف کلی، بافت ناظر بر آن دسته از ویژگی‌های کالبدی شکل شهرهاست که در آن، نحوهٔ ترکیب و تلفیق سلول‌ها و اجزای شهر در مقیاس سه‌بعدی مورد توجه قرار می‌گیرد. برای هر بافت شهری، دو جزء اساسی می‌توان تشخیص داد: یکی سلول‌ها و دانه‌های شهری که همان ساختمان‌ها می‌باشند و دیگری شبکهٔ معابر که به‌مانند اسکلت و چهارچوبی، سلول‌ها و دانه‌های شهری را به یکدیگر پیوند می‌دهند (کسمایی ۱۳۹۲، ۱۱۰). کوین لینچ (Lynch 1981) نیز فرم شهری را الگوی فضایی عناصر کالبدی بزرگ، ساکن و دائمی در شهر تعریف می‌کند. درمجموع می‌توان گفت: فرم شهری نتیجهٔ گرد هم آمدن مفاهیم و عناصر متعددی از ساختار شهر از جمله الگوی خیابان، اندازه و شکل بلوک،

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

جدول ۲: فاکتورهای مورفولوژیک تأثیرگذار بر مصرف انرژی

Hiroyuki Yoshidaa, Manabu Omaeb (2004)	LSE cities	Manat Srivanit & Hokao Kazunori (2011)	Serge Salat & Caroline Nowacki (2013)
مساحت سطح بلوک	ساختار فضایی و فرم ناحیه کلان شهری، شهر ، محله یا قطعات	FAR (مجموع مساحت طبقات / مساحت کل قطعه زمین)	ترکیب و ساختار توده شامل (مساحت ساخته شده، FAR، ارتفاع ساختمان، تراکم ساختمان، همجواری‌ها)
حجم بلوک ها	گونه‌شناسی ساختمان (تیپولوژی ساختمان های منفرد)	CAR (مجموع مساحت سطوح از جمله سقف)	بازشدگی به سمت خیابان (انسداد و هدایت ظاهری خورشید)
نسبت سطح ساختمان به زمین	دسته‌بندی گسترده‌تر از انواع ساختمان‌ها	OSR (نسبت فضای باز به کل زمین) شامل کلیه مناطقی است که به سوی آسمان باز بوده و سقف ندارد.	شبکه خیابان‌ها (تراکم نقاط تلاقی و برخورد/ فاصله میان نقاط تلاقی/ عدد میانگین ارتباط بین نقاط که جهت سنجش میزان ارتباطات و دسترسی فضاها، جریان ترافیک و انسداد ترافیک، استفاده از سوخت و تاثیر آن بر آلودگی هوا بررسی می‌گردد.)
	پیکربندی ساختمان (ارتفاع، حجم، پاکت حجمی، ابعاد و اندازه ساختمان‌های منفرد و ارتباط آن‌ها با یکدیگر)		
ارتفاع متوسط ساختمان	پوشش سطح: نسبت سطح اشغال ساختمان نسبت به کل قطعه	GCR (نسبت سطوح سبز به کل سطح مورد مطالعه)	
نسبت مساحت سطح ساختمان به حجم	تراکم ساختمانی: خالص و ناخالص	WCR (نسبت پوشش آب به کل سطح مورد مطالعه)	
	نسبت سطح به حجم ساختمان (نمای خارجی+ سقف) / حجم کلی ساختمان	BCR (درصد کلی زمین‌هایی که توسط ساختمان و یا زیرساخت پر شده‌اند. با احتساب دیوارهای خارجی. شامل: کلیه زیر ساخت‌های بیرونی مانند پیاده‌روها ، جاده‌ها و پارک‌ها	حجم فعال (حجم ساختمان تا عمق ۶ متری که با دریافت نور طبیعی و تهویه، مصرف انرژی را کاهش می دهد)
حجم متوسط ساختمان‌ها	ارتفاع ساختمان (شمارش تعداد طبقات)		

طراحی خیابان، شکل‌بندی قطعات، پارک‌ها و فضاهای عمومی است که به‌دلیل آثار مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، می‌تواند یک شهر را به سوی پایداری یا ناپایداری براند (Jabareen 2006, 39). در این بخش با بهره‌گیری از مهم‌ترین نظریات پژوهشگران (جدول ۲)، به جمع‌بندی و توضیح فاکتورهای فرم شهری انرژی کارا می‌پردازیم.

– *الگوی اشغال سطح زمین:* الگوی اشغال سطح زمین نه‌تنها در اندازه و سطح پوستهٔ خارجی ساختمان تأثیر دارد، بلکه از آنجا که جهات و جبهه‌های مختلف ساختمان، از نظر کسب انرژی با یکدیگر متفاوت‌اند، نقش مهمی در نورگیری و کسب انرژی ساختمان دارد. بخش اعظم تأثیر الگوی سطح اشغال زمین بر مصرف سوخت در ساختمان، ناشی از ترکیب آن با ویژگی‌های ساختمان‌های اطراف و سایر عناصر بافت‌های شهری مانند ترکیب با معبر، ترکیب و همجواری فضاهای پر و خالی قطعات با یکدیگر و ابعاد و اندازهٔ قطعه زمین می‌باشد (کسمایی ۱۳۹۲، ۱۱۴).

–*ابعاد بنا:* طول و عرض قطعه و شکل هندسی آن از جمله موارد مهمی است که بر میزان مصرف انرژی مورد نیاز ساختمان جهت گرمایش و روشنایی تأثیر می‌گذارد. نحوهٔ این تأثیرگذاری بدین نحو است که با تغییر در ابعاد، اندازه و شکل قطعه، عمق نفوذ نور خورشید تغییر یافته و به همین ترتیب، انرژی مورد نیاز جهت گرمایش و روشنایی در ساختمان تغییر می‌یابد. لذا به‌منظور استفادهٔ بهینه از عمق نفوذ نور خورشید در ساختمان‌های مسکونی، عمق بنا تا حد امکان می‌بایست کم باشد (رفیعیان ۱۳۹۳).

– *ارتفاع ساختمان:* در صورت عدم کنترل و هماهنگی ارتفاع ساختمان‌ها در شهر یا قسمتی از آن، میزان دسترسی ساختمان‌های مسکونی به نور خورشید، به‌عنوان یکی از منابع تجدیدپذیر انرژی و سایه‌اندازی ساختمان‌ها بر یکدیگر تغییر می‌کند. به‌تبع همین تغییر، ساختمان‌های مسکونی، انرژی بیشتری را صرف تأمین روشنایی و گرم کردن فضای داخل خانه می‌کنند. در همین ارتباط، طراحان مجتمع‌های ساختمانی بایستی قبل از ترسیم نقشه‌های موقعیت

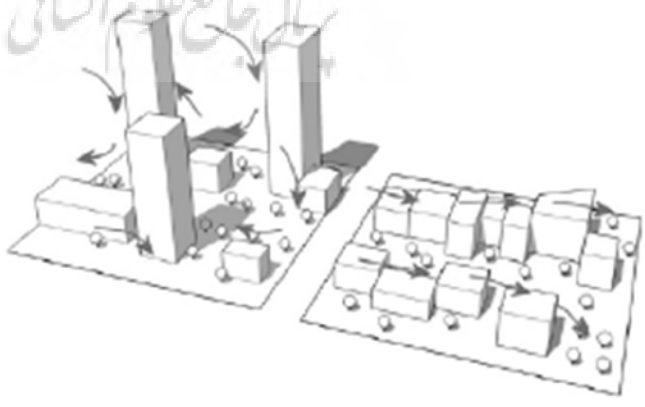
Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

ساختمان‌ها، الگوی سایه‌اندازی آن‌ها را ترسیم نمایند (پوردیهیمی ۱۳۹۰).

-*تراکم:* تراکم ساختمانی نیز که با میزان استفاده از زمین و ارتفاع ساختمان در ارتباط می‌باشد، بر میزان مصرف انرژی در ساختمان تأثیرگذار است. در واقع هرچه تراکم ساختمانی افزایش یابد، میزان سطح پوشیده‌شده از زمین، کاهش یافته و خرد اقلیم محدوده از شرایط بهتری برخوردار می‌گردد (تصویر ۳). در صورت افزایش بیش از حد تراکم ساختمانی در شهر، ارتفاع ساختمان‌ها افزایش یافته و این امر موجب به وجود آمدن کوران باد در اطراف ساختمان و در نتیجه کاهش دما می‌شود. بنابراین انرژی بیشتری در ساختمان صرف گرمایش فضای خانه می‌گردد (رفیعیان ۱۳۹۳).

-*جهت‌گیری ساختمان:* عامل جهت‌گیری ساختمان با دسترسی به نور خورشید در ارتباط مستقیم بوده و بر مصرف انرژی مورد نیاز جهت گرمایش و روشنایی تأثیر می‌گذارد. زاویه‌ای که ساختمان نسبت به محور شمال‌جنوب دارا می‌باشد، با توجه به عرض جغرافیایی محل، بر میزان ساعات دسترسی به نور مستقیم روز تأثیرگذار بوده و در نتیجه، میزان انرژی مورد نیاز ساختمان را تغییر می‌دهد (رفیعیان ۱۳۹۳؛ Biddulph 2007, 90-93). جهت‌گیری ساختمان در دو سطح اجزا و کل قابل بررسی است. به این معنا که در مرحلهٔ طراحی هندسه و حجم ساختمان، می‌توان زوایای مختلفی برای هر وجه ساختمان بر اساس هندسهٔ پیشنهادی تعیین نمود که این تغییر جهت‌گیری در سطح اجزاست. اما پس از تعیین گزینهٔ بهینهٔ هندسه و حجم ساختمان، این بار در سطح کل نیز می‌توان نسبت به چرخش ساختمان و یافتن زاویهٔ بهینهٔ قرارگیری آن نسبت به شمال جغرافیایی اقدام نمود.

- *هندسه و حجم ساختمان:* سازمان‌دهی پلان معماری و حجم ساختمان یکی از موارد مهم، کلیدی و پایه‌ای در تعیین رفتار انرژی یک ساختمان است. برای مثال، در طراحی یک ساختمان مسکونی در زمینی غیرمحدود، می‌توان مساحت مورد نیاز را در شکل‌های مختلف هندسی مانند مستطیل، مربع، دایره، شکسته و یا در قالب سازمان‌دهی خطی، غیرخطی، مرکزی، دورن‌گرا و یا برون‌گرا طراحی نمود. حجم یک ساختمان، به‌عنوان نمایندهٔ پوستهٔ خارجی آن که در ارتباط مستقیم با محیط خارج قرار دارد، از چند جهت دارای اهمیت است (تصویر ۴). نخست آنکه پوستهٔ خارجی در ارتباط مستقیم با هوای کنترل‌نشدهٔ بیرون ساختمان قرار گرفته و در معرض هوای سرد زمستان و هوای گرم تابستان قرار دارد. از سوی دیگر، همین بخش از ساختمان در ارتباط با تابش خورشید قرار داشته و تعیین‌کنندهٔ میزان جذب انرژی تابشی و بهره‌برداری از نور خورشید است (Odell 1975, 48). متناسب با ویژگی‌های اقلیمی موجود در بسیاری از نقاط ایران، نسبت سطح به حجم ساختمان‌ها نبایستی بیشتر از ۰/۶۵ برای ساختمان‌های با ۳ دیوار خارجی آزاد و ۰/۵ برای ساختمان با ۲ دیوار خارجی آزاد باشد. چنین الگویی حداکثر میزان جلوگیری از هدررفت انرژی سرمایشی و گرمایشی را فراهم می‌آورد (شرکت مدیریت مهندسی و فناوری میر ۱۳۹۴).



تصویر ۳: تأثیر ارتفاع و تراکم ساختمانی بر مصرف انرژی (Biddulph 2007)

تصویر ۴: تأثیر فرم پلان ساختمان بر مصرف انرژی (Biddulph 2007)

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

– *الگوی ساختمان:* به نحوهٔ جانمایی ساختمان‌های مسکونی اطلاق شده که نقش بسیار مهمی در مصرف انرژی واحدهای ساختمانی دارد. فرم چیدمان ساختمان‌های مسکونی دارای انواع مختلفی مانند به‌هم‌چسبیده و جدا، خطی، حیاط مرکزی و بلوک‌های بلندمرتبه است. هریک از این فرم‌ها دارای ویژگی‌های خاص خود بوده و با توجه به تفاوت هریک، از نقطه‌نظر دسترسی به نور خورشید و مواجهه با باد، تغییراتی را در میزان مصرف انرژی ساختمان ایجاد می‌کند (Biddulph 2007) که می‌تواند بر اساس اقلیم و یا نوع انرژی مورد محاسبه، نتایج متفاوتی در بر داشته باشد. برای مثال، طبق مطالعات نظری انجام‌شده (تصویر ۵) توسط گروه بی آر ای (BRE)، در صورت یکسان بودن سایر عوامل، میزان انرژی گرمایشی مورد نیاز در الگوی سکونت تک‌خانواری و ویلایی در قیاس با واحدهای ساختمانی آپارتمانی غیر بلندمرتبه (با مساحت یکسان) در حدود سه مرتبه بیشتر است (BRE 1975, 20). درحالی‌که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش لی و سانگ، میزان نیاز به انرژی روشنایی در محلات با الگوی آپارتمان‌های بلندمرتبه، بیش از محلات با الگوی غالب خانه‌های ویلایی است (Li and Song 2017).

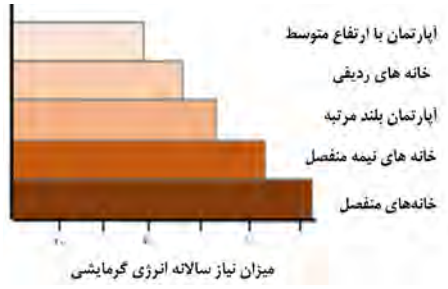
– *الگوی بلوک‌های ساختمانی:* بلوک‌های کوچک عموماً در جهت ایجاد تنوع و نیز فراهم نمودن سطح بالاتری از ارتباط، فعال‌سازی محیط پیاده‌روی و فرصت ایجاد تراکم در برنامه‌ریزی به کار می‌رود (Franchi 2004, 73). نفوذپذیری یک فضا به این بستگی دارد که شبکهٔ فضاهای عمومی چگونه محیط را بلوک‌بندی می‌کند و یک مکان مشتمل بر بلوک‌های کوچک، از راه‌های دسترسی بیشتری نسبت به مکانی که صرفاً از یک بلوک بزرگ تشکیل شده باشد برخوردار می‌گردد (بنتلی و دیگران ۱۳۸۲، ۱۵–۲۱).

– *الگوی شبکهٔ معابر:* شبکه‌های ارتباطی از لحاظ شکل، دارای الگوهای متعدد و از لحاظ اندازه، دارای مشخصات فیزیکی متفاوتی از جمله طول و عرض هستند که بر کارایی انرژی درون ساختمان‌ها مؤثر است. در سطح کلان، الگوی شبکهٔ معابر با جهت‌دهی و تحت تأثیر قرار دادن جهت‌گیری قطعات بافت در رابطه با بهترین نورگیری خورشید و در سطح خرد از طریق همجواری سطح ساخته‌شده با معبر، بر مصرف سوخت در ساختمان تأثیر می‌گذارد (وزارت مسکن و شهرسازی ۱۳۷۳). یکی از شاخص‌های مهم که در سنجش میزان تابش طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد، فاکتور نمایانی آسمان (Vs) است که به نسبت ارتفاع به عرض خیابان و نیز زاویهٔ افقی خیابان بستگی دارد (تصویر ۶). اوک فاکتور نمایانی خیابان و ظرف فضایی آن را مرتبط با نسبت ارتفاع به عرض خیابان دانست و از آن در جهت سنجش شدت گرمای ناحیه‌ای استفاده می‌کرد (OKE 1988). پس از وی راتی و همکاران (Ratti et al. 2003)، مطالعات گسترده‌ای بر روی میزان نمایانی آسمان و پارامترهای آن به انجام رساندند. با توجه به موارد اشاره‌شده می‌توان از همهٔ ابعاد، ویژگی‌ها و خصوصیات فرمال سلول‌ها و دانه‌های شهری که انواع مختلف بافت‌های شهری را شکل می‌دهند و بر مصرف انرژی در ساختمان‌ها تأثیر می‌گذارند، در قالب ۳ مؤلفهٔ کلی تقسیم‌بندی نمود:

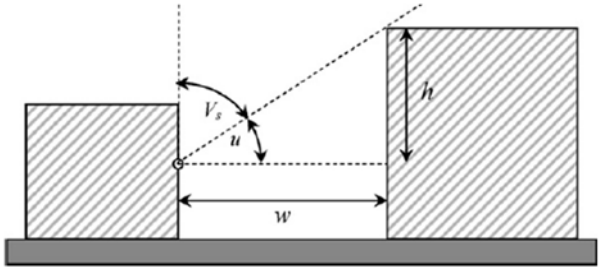
الف. نظام و الگوی قطعه‌بندی و تفکیک زمین دانه‌های شهری

ب. شکل و مشخصات توده و فضای ساختمانی دانه‌های شهری

ج. الگوی شبکهٔ معابر بافت (کسمایی ۱۳۹۲، ۱۱۰).



تصویر ۵: تأثیر انواع فرم ساخته‌شده بر نیاز گرمایشی
(BRE 1975)



تصویر ۶: تحلیل فاکتور نمایانی خیابان بر اساس عرض خیابان و ارتفاع جداره
(OKE 1988)

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

۵. روش‌شناسی

مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی در شهر، طیف بسیار متنوعی را به خود اختصاص می‌دهند که می‌توان آن‌ها را بر اساس ویژگی‌های کلیدی از جمله حیطهٔ عمل (تک‌بخشی/ چندبخشی)، مقیاس (تک‌بنا، محله، شهر، منطقه) و ماهیت روش‌شناختی (مشاهدهٔ مبنا/ فرایند مبنا، شبیه‌سازی/ پایان‌نگر، فضایی/ غیرفضایی) تقسیم‌بندی نمود (Condon, Cavens, and Miller 2009, 10-12).

پژوهش پیشِ رو با استفاده از روش‌های توصیفی‌تحلیلی، سعی در بررسی پارامترهای مورفولوژیک تأثیرگذار بر مصرف انرژی در بافت‌های مختلف بخش مرکزی شهر اصفهان دارد. لذا بدین منظور با بهره‌گیری از مطالعات گونه‌شناختی، ترسیم و شبیه‌سازی مدل‌ها، به دنبال تحلیل کمّی گونه‌های مختلف فرم ساختمانی و الگوهای ساختار فضایی، از منظر کارایی انرژی است. همان طور که در پیشینهٔ پژوهش نیز بدان اشاره شد، پارامترهای فرم شهری که می‌توانند بر پایداری انرژی تأثیرگذار باشند، بسیار متعدد و متنوع است. لذا در این پژوهش ضمن شناسایی همهٔ فاکتورها و متغیرهای مورفولوژیکی که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر میزان مصرف انرژی در توده‌های ساختمانی تأثیرگذار است، سطح معناداری فاکتورهای به‌دست‌آمده از طریق بررسی نتایج منتج از شبیه‌سازی سناریوهای مختلف فرم شهری، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

در این تحقیق، از نرم‌افزار شبیه‌سازی دیزاین بیلدر (Design Builder) نسخهٔ V5، به‌عنوان ابزار تحلیل و اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی در بافت‌های شهری استفاده شده است. نرم‌افزار دیزاین بیلدر یکی از نرم‌افزارهای معتبر و به‌روز مدل‌سازی انرژی است (مفیدی شمیرانی و دیگران ۱۳۹۲؛ حافظی، زمردیان، و تحصیلدوست ۱۳۹۵) که مصارف مختلف انرژی در ساختمان نظیر انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، آب گرم مصرفی، تهویه و سایر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی را به‌صورت دینامیک مدل‌سازی می‌کند و در نهایت، مصرف انرژی سالانه، ماهانه و حتی روزانهٔ ساختمان‌ها را در قالب جداول و نمودارها نمایش می‌دهد. موتور شبیه‌سازی این نرم‌افزار انرژی پلاس بوده که توسط بخش انرژی آمریکا در سال ۲۰۱۱ توسعه یافته و بر اساس استانداردهای BESTEST و ASHRAE 14 مورد تأیید واقع شده است (ASHRAE 2012).

همان طور که در تصویر ۷ اشاره شده است، روش انجام پژوهش حاضر را می‌توان به مراحل زیر تقسیم کرد:

مرحلهٔ اول شامل مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای در خصوص مفاهیم نظری از جمله کارایی، کارایی انرژی، مؤلفه‌های تأثیرگذار بر کارایی انرژی در مقیاس خرد و میانی و مؤلفه‌های فرم شهری انرژی کارا می‌باشد.

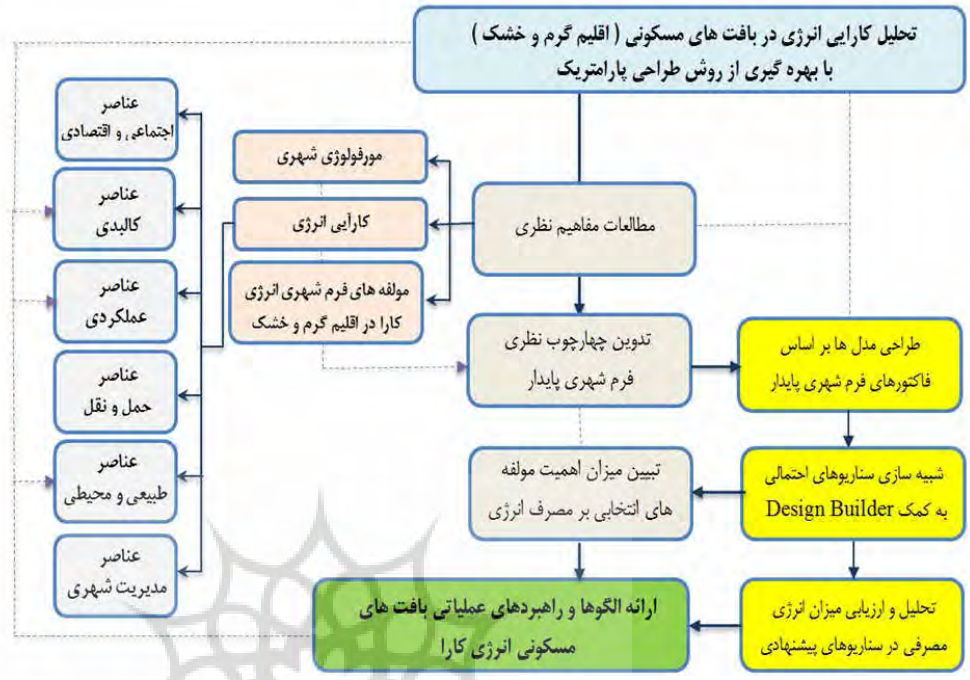
در مرحلهٔ دوم با استفاده از معیارهای استخراج‌شده از مرحلهٔ پیشین و مطالعات گونه‌شناختی در خصوص فرم‌ها و ساختارهای فضایی بافت مرکزی شهر اصفهان در چهار دورهٔ تاریخی (سلجوقی، صفوی، قاجار و معاصر)، مدل‌ها و سناریوهای پیشنهادی ارائه شده است.

در مرحلهٔ سوم پژوهش، انرژی مصرفی هریک از مدل‌ها توسط نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی دیزاین بیلدر محاسبه شده و در مرحلهٔ پایانی، ارتباط مابین متغیرهای تحقیق و نیز میزان کارایی انرژی در هریک از گونه‌های مختلف فرم شهری مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت، الگوی بهینهٔ فرم ساختمانی و بلوک شهری از منظر کارایی انرژی ارائه شده است.

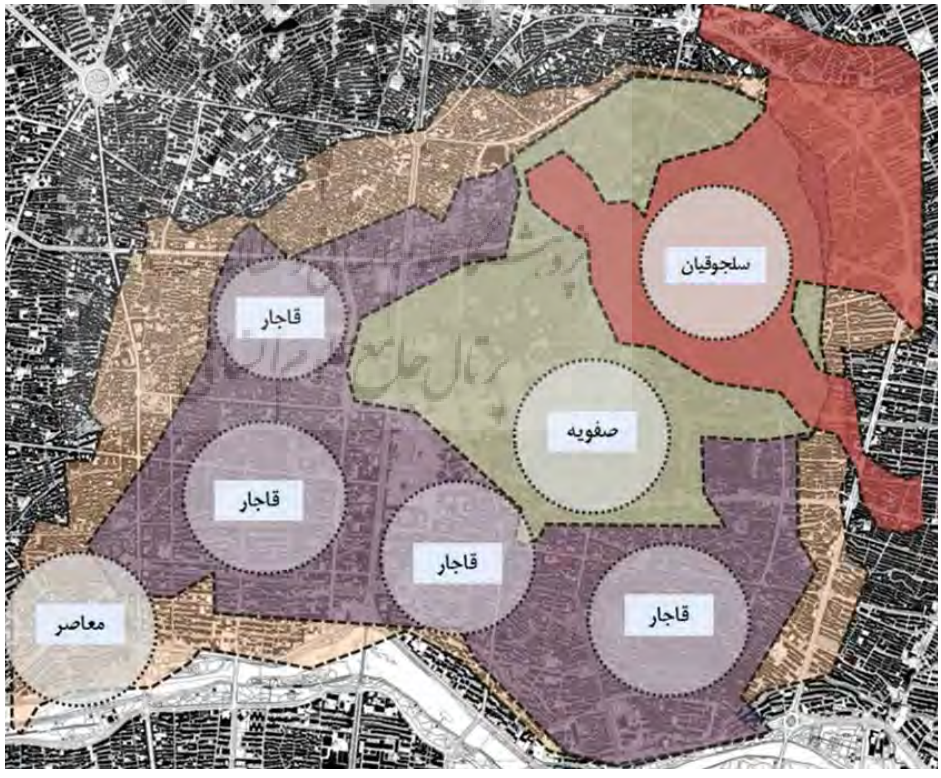
٦. نمونهٔ مورد مطالعه

شهر اصفهان مرکز استان اصفهان و نیز شهرستان اصفهان است. طول جغرافیایی شهر اصفهان ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۲ درجه و ۵۱ درجهٔ شمالی است که با قرار گرفتن در منطقهٔ نیمه‌کویری، دارای اقلیم گرم و خشک می‌باشد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۸۰ متر است که دارای بیشترین ساعات آفتابی در تیرماه و کمترین ساعت آفتابی در آذرماه می‌باشد (شفقی ۱۳۸۱) و بادهای غالب با میانگین سرعت m/s۱۰، جهتی مابین جنوب غرب و شمال غرب دارد (نمایهٔ اقلیمی شرق اصفهان ۱۳۹۴). محدودهٔ مورد مطالعه (منطقهٔ ۱ و ۳)، به‌عنوان بخش مرکزی شهر اصفهان، دربرگیرندهٔ هسته‌های تاریخی شهر در دوره‌های مختلف تحول و توسعهٔ شهری اصفهان (۴ دورهٔ سلجوقی،

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018



تصویر ۷: فرایند مطالعاتی پژوهش

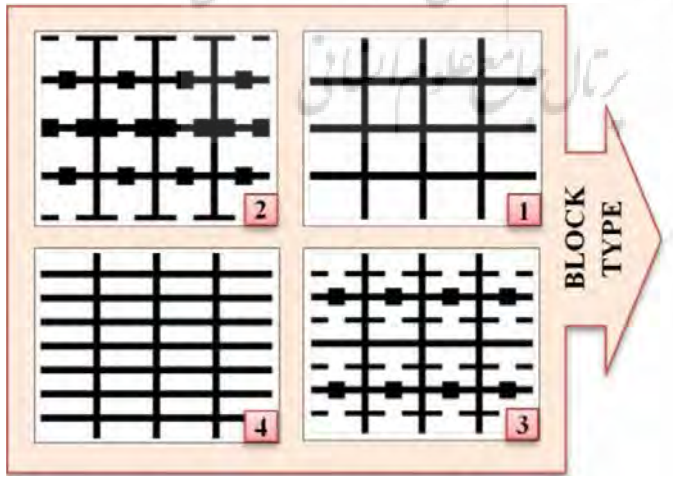


تصویر ۸: تنوع گونه‌شناختی بافت‌های شهری در دوره‌های مختلف تحول تاریخی شهر اصفهان

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

صفوی، قاجار و معاصر) است (تصویر ۸). به‌گونه‌ای که می‌توان آن را موزه‌ای از بافت‌های شهری، بناهای معماری و ساختارهای فضایی مختلف در طی دوران دانست. لذا همان طور که تصویر ۹ نمایش می‌دهد، با بررسی منطقهٔ مرکزی شهر اصفهان که دارای بیشترین تنوع گونه‌های ساختمانی از زمان سلجوقی تاکنون است، مکان قرارگیری و شکل تودهٔ ساختمانی در هشت حالت کلی مورد بررسی قرار گرفت (مدل‌های A تا H). در ارتباط با شبکهٔ معابر، با توجه به ساختار شطرنجی شهر اصفهان، این مدل به‌عنوان الگوی غالب بافت‌های شهری اقلیم گرم و خشک در نظر گرفته شد (بازنگری طرح تفصیلی اصفهان ۱۳۹۲) و تنها با اعمال تغییراتی در شبکهٔ راه و درصد اختصاص‌داده‌شده به شبکهٔ معابر و نیز ایجاد گشایش‌های فضایی در قالب مراکز محلی، ۴ سناریو برای تیپولوژی بلوک‌های شهری و شبکهٔ معابر که بر اساس سطح فضای خالی به پر، نمایانی آسمان، تراکم و اندازهٔ بلوک متفاوت هستند، ارائه گردید (تصویر ۱۰).

تصویر ۹: انواع تیپولوژی قطعات ساختمانی برگرفته از فرم‌های غالب هستهٔ تاریخی شهر اصفهان



تصویر ۱۰: انواع تیپولوژی بلوک‌های ساختمانی و شبکهٔ معابر برگرفته از الگوی شطرنجی ساختار شهر اصفهان

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

همهٔ مدل‌ها از نظر ارتفاع، سطح اشغال (۶۰٪)، مصالح و جهت‌گیری از شرایط کاملاً یکسانی برخوردارند و در همهٔ نمونه‌ها ۲۰٪ از سطح نما توسط شیشه پوشیده شده است. پس از ترسیم ۳۲ مدل پیشنهادی (۸ تیپ ساختمانی و ۴ الگوی بلوک شهری) در محیط نرم‌افزار Design Builder، داده‌های مختلف[۱۴] از جمله نوع فعالیت صورت‌گرفته در ساختمان[۱۵]، برنامهٔ زمانی حضور افراد[۱۶] در فضاهای مختلف، نرخ فعالیت کاربران[۱۷]، تنظیمات مربوط به لبهٔ پایینی[۱۸] و بالایی[۱۹] شرایط آسایش حرارتی، ضریب عملکرد سیستم سرمایشی[۲۰] و گرمایشی[۲۱]، ضریب انتقال حرارتی مصالح[۲۲] به‌کاررفته در پوستهٔ خارجی ساختمان و توان سیستم روشنایی[۲۳]، ثابت در نظر گرفته شده که در بخش‌های مربوطهٔ نرم‌افزار، وارد شده است (جدول ۳). پس از آن با فراخوانی فایل داده‌های اقلیمی شهر اصفهان (طول و عرض جغرافیایی، دما، بارش، رطوبت، سرعت و جهت باد غالب)، هریک از سناریوهای پیشنهادی شبیه‌سازی شده است و در نهایت، نتایج مربوط به میزان انرژی مصرفی جهت تأمین روشنایی، سرمایش و گرمایش، در قالب گراف و جداول آماری برحسب وات‌ساعت بر مترمربع ارائه شده است.

جدول ۳: داده‌های ورودی به محیط نرم‌افزار دیزاین بیلدر

تعداد افراد ساکن (بعد خانوار)	*۴ نفر*	*دمای تنظیم گرمایش*	*۲۱ °C*
سطح پوشش زمستانه	*۱ Clo*	*ضریب انتقال حرارتی مصالح*	*۰,۳۵۱ W/m²k*
سطح پوشش تابستانه	*۰,۵ Clo*	*ضریب عملکرد وسایل گرمایشی*	*۲,۲۵۰*
سطح فعالیت ساکنان	*۰,۹ Met*	*ضریب عملکرد وسایل سرمایشی*	*۱,۸*
دمای تنظیم سرمایش	*۲۶ °C*	*توان سیستم روشنایی*	*۳,۳ (W/M²-100 LUX)*

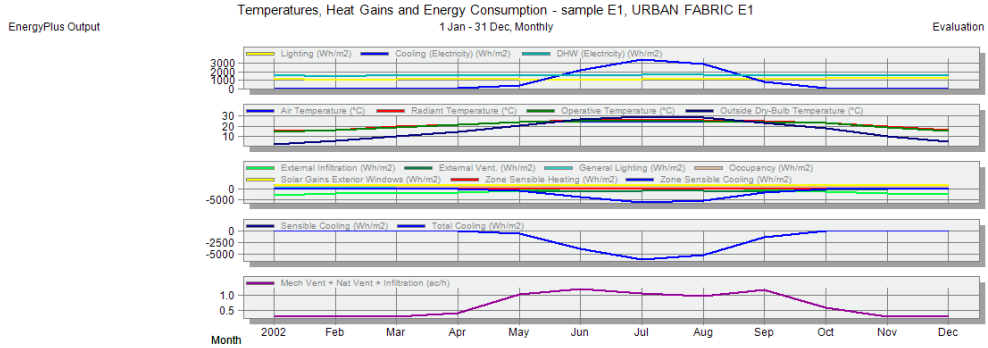
۷. یافته‌های پژوهش

با شبیه‌سازی مدل‌های ۳۲گانه و تحلیل میزان مصرف انرژی در شرایط مختلف، نتایج قابل توجهی در پیوند با سؤالات پژوهش به دست آمد. در واقع در مراحل مختلف، انرژی مصرفی برای تأمین روشنایی، گرمایش و سرمایش برحسب وات‌ساعت در فضای داخلی معادل یک مترمربع (WH/M2)، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. تصاویر ۱۱ و ۱۲ به‌عنوان نمونه، به‌ترتیب مصرف انرژی در دو مدل بلوک‌بندی الگوی ساختمانی تیپ E1 و E2 را در طول سال و شبیه‌سازی ساعت خورشیدی در ساعت ۱۷، ماه جولای برای مدل‌های E4-E1 را نمایش می‌دهد. همچنین، میزان مصرف انرژی تمامی مدل‌ها در سه بخش روشنایی، گرمایش و سرمایش در تصویر ۱۳ و جدول ۴ ارائه شده است. در ادامه، عملکرد مدل‌ها در بخش‌های مذکور بررسی می‌شود.

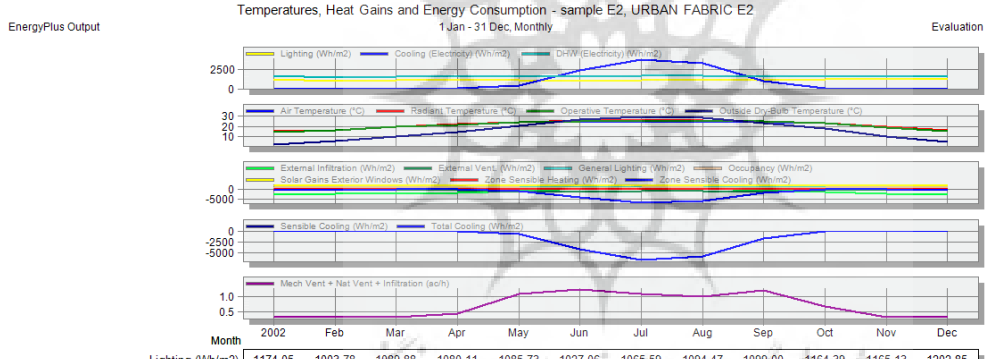
- **انرژی مصرفی برای روشنایی**

در کل، بیشترین میزان مصرف انرژی روشنایی مربوط به ماه‌های دی و بهمن است که دلیل آن طولانی بودن مدت‌زمان شب و کوتاه بودن طول روز در این دو ماه است. همچنین کمترین میزان نیاز به روشنایی مصنوعی مربوط به دو ماه اسفند و تیر است. در بین مدل‌ها با سازمان فضایی الگوی شمارهٔ ۱، کمترین میزان مصرف انرژی روشنایی مربوط به مدل B1 با تفاوت محسوس با سایر مدل‌ها و بیشترین میزان مصرف مربوط به مدل E1 با اختلاف ناچیز با سایر مدل‌هاست. در بین مدل‌ها با سازمان فضایی الگوی شمارهٔ ۲، کمترین میزان مصرف انرژی روشنایی مربوط به مدل F2 و بیشترین میزان مصرف مربوط به مدل E2 است. در بین مدل‌ها با سازمان‌دهی فضایی الگوی شمارهٔ ۳، کمترین میزان مصرف انرژی روشنایی مربوط به مدل C3 با تفاوت ناچیز با سایر مدل‌ها و بیشترین میزان مصرف

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

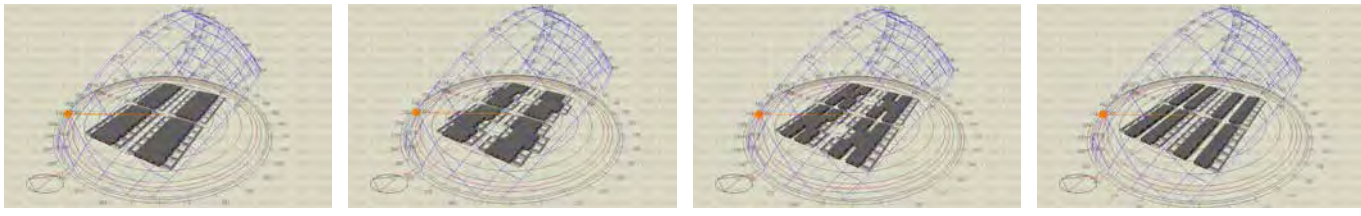


	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lighting (Wh/m2)	1179.23	1011.76	1099.29	1083.96	1091.98	1034.04	1072.89	1100.97	1099.48	1171.30	1165.60	1202.85
Cooling (Electricity) (Wh/m2)	0.00	0.00	0.00	7.07	379.87	2134.45	3412.62	2950.08	810.50	9.92	0.00	0.00
DHW (Electricity) (Wh/m2)	1604.79	1442.51	1586.76	1550.70	1604.79	1532.67	1604.79	1604.79	1532.67	1604.79	1550.70	1586.76
Air Temperature (°C)	14.66	16.00	19.18	21.57	23.76	24.33	24.32	24.31	24.15	22.88	19.12	15.65
Radiant Temperature (°C)	15.08	16.30	19.40	21.70	24.18	25.38	25.67	25.52	24.77	22.96	19.34	15.97
Operative Temperature (°C)	14.87	16.15	19.29	21.63	23.97	24.86	24.99	24.91	24.46	22.92	19.23	15.81
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	2.52	5.91	10.52	14.94	20.48	26.68	29.18	28.39	22.90	17.64	10.12	5.03
External Infiltration (Wh/m2)	-2838.30	-2096.16	-1978.64	-1440.17	-728.60	470.05	1004.44	839.91	-281.59	-1167.72	-1989.73	-2463.38
External Vent. (Wh/m2)	0.00	0.00	-1.69	-111.75	-955.90	-1056.34	-649.35	-744.34	-1141.17	-283.47	-0.06	0.00
General Lighting (Wh/m2)	1179.23	1011.76	1099.29	1083.96	1091.98	1034.04	1072.89	1100.97	1099.48	1171.30	1165.60	1202.85
Occupancy (Wh/m2)	1284.80	1120.55	1117.48	988.34	910.82	844.05	884.78	884.53	851.56	958.13	1094.78	1244.57
Solar Gains Exterior Windows (Wh/m2)	1906.99	1852.47	1988.07	1804.45	1806.46	1712.58	1789.97	1761.07	1839.30	1903.80	1843.34	1865.10
Zone Sensible Heating (Wh/m2)	139.32	96.66	56.54	8.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	54.20	114.88
Zone Sensible Cooling (Wh/m2)	-122.65	-94.15	-51.32	-19.93	-682.87	-3839.52	-6140.01	-5307.70	-1457.02	-17.93	-48.18	-99.28
Sensible Cooling (Wh/m2)	0.00	0.00	0.00	-12.72	-683.77	-3842.02	-6142.72	-5310.15	-1458.91	-17.86	0.00	0.00
Total Cooling (Wh/m2)	0.00	0.00	0.00	-12.72	-683.77	-3842.02	-6142.72	-5310.15	-1458.91	-17.86	0.00	0.00
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.31	0.31	0.31	0.42	1.03	1.21	1.08	0.99	1.18	0.61	0.31	0.31



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lighting (Wh/m2)	1174.05	1003.78	1089.88	1080.11	1085.73	1027.06	1065.59	1094.47	1099.00	1164.39	1165.13	1202.85
Cooling (Electricity) (Wh/m2)	0.00	0.00	0.00	9.08	453.97	2356.84	3705.54	3207.40	923.31	12.87	0.00	0.00
DHW (Electricity) (Wh/m2)	1604.79	1442.51	1586.76	1550.70	1604.79	1532.67	1604.79	1604.79	1532.67	1604.79	1550.70	1586.76
Air Temperature (°C)	14.63	16.04	19.32	21.75	23.82	24.29	24.28	24.27	24.16	22.99	19.17	15.64
Radiant Temperature (°C)	15.05	16.35	19.56	21.91	24.34	25.47	25.74	25.59	24.87	23.10	19.40	15.96
Operative Temperature (°C)	14.84	16.20	19.44	21.83	24.08	24.88	25.01	24.93	24.51	23.04	19.29	15.80
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	2.52	5.91	10.52	14.94	20.48	26.68	29.18	28.39	22.90	17.64	10.12	5.03
External Infiltration (Wh/m2)	-2832.22	-2104.77	-2009.92	-1479.45	-742.03	476.45	1014.01	848.44	-282.54	-1192.31	-2002.09	-2460.44
External Vent. (Wh/m2)	0.00	0.00	-2.97	-139.45	-1092.24	-1113.18	-679.32	-792.60	-1240.70	-333.42	-0.06	0.00
General Lighting (Wh/m2)	1174.05	1003.78	1089.88	1080.11	1085.73	1027.06	1065.59	1094.47	1099.00	1164.39	1165.13	1202.85
Occupancy (Wh/m2)	1285.56	1119.37	1111.75	979.74	908.00	845.95	887.99	887.39	851.65	952.44	1092.50	1245.00
Solar Gains Exterior Windows (Wh/m2)	2079.02	2077.83	2313.47	2157.26	2184.08	2041.38	2152.95	2110.77	2169.00	2176.09	2028.15	2017.57
Zone Sensible Heating (Wh/m2)	141.41	97.31	54.55	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	54.15	116.72
Zone Sensible Cooling (Wh/m2)	-124.92	-95.19	-49.49	-21.90	-816.07	-4239.86	-6667.45	-5770.85	-1659.91	-23.15	-48.13	-101.32
Sensible Cooling (Wh/m2)	0.00	0.00	0.00	-16.35	-817.14	-4242.32	-6669.97	-5773.32	-1661.97	-23.16	0.00	0.00
Total Cooling (Wh/m2)	0.00	0.00	0.00	-16.35	-817.14	-4242.32	-6669.97	-5773.32	-1661.97	-23.16	0.00	0.00
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.31	0.31	0.31	0.44	1.10	1.25	1.09	1.01	1.22	0.66	0.31	0.31

تصویر ۱۱: نمونه‌ای از داده‌های شبیه‌سازی مصرف انرژی در مدل‌های E1 و E2 در ۱۲ ماه سال

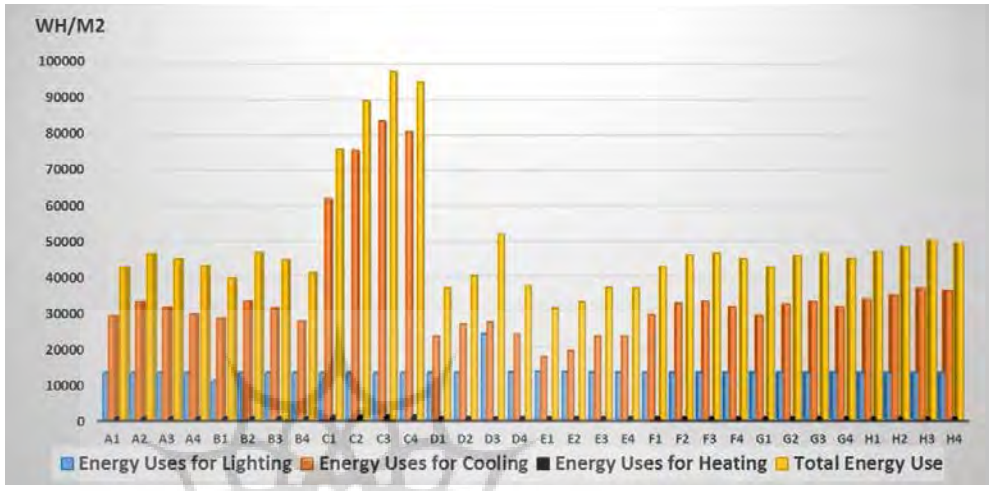


تصویر ۱۲: شبیه‌سازی ساعت خورشیدی، ساعت ۱۷، ماه جولای مدل E4-E1

مطالعات معماری ایران
دو فصلنامه معماری ایرانی
شماره ۱۳ ـ بهار و تابستان ۹۷

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

مربوط به مدل D1 است که اختلاف زیادی با سایر مدل‌ها از این نظر دارد. در بین مدل‌ها با سازمان فضایی الگوی شمارهٔ ۴، کمترین میزان مصرف انرژی روشنایی مربوط به مدل H4 و بیشترین میزان مصرف مربوط به مدل D4 و E4 با اختلاف کم نسبت به سایر مدل‌هاست.



تصویر ۱۳: میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف در الگوهای مورد مطالعه (برحسب WH/M^2)

- **انرژی مصرفی برای سرمایش**

در کل، میزان مصرف انرژی جهت سرمایش در پنج ماه از سال (آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) صفر و در ماه مهر و فروردین بسیار ناچیز است. همچنین بیشترین میزان مصرف انرژی سرمایشی به ترتیب مربوط به ماه‌های مرداد، شهریور و تیر است. بیشترین میزان نیاز به سرمایش در طول تمامی ماه‌های سال با اختلاف زیاد نسبت به سایر مدل‌ها، مربوط به مدل C و پس از آن مدل H است. همچنین کمترین میزان مصرف انرژی سرمایشی در مدل E دیده شد. به‌دلیل قرارگیری سایت مورد مطالعه در اقلیم گرم و خشک اصفهان، بدیهی است انرژی مصرفی برای تأمین سرمایش در فصول گرم سال، عدد بزرگ‌تری را به خود اختصاص می‌دهد. ازاین‌رو نتایج حاصل در این بخش می‌تواند تأثیر زیادی بر کاهش کل انرژی مصرفی در توده‌های ساختمانی در پی داشته باشد.

- **انرژی مصرفی برای گرمایش**

در کل، بیشترین میزان مصرف انرژی جهت تأمین گرمایش در فصل سرد سال، به‌ترتیب در ماه‌های بهمن، دی و اسفند مشاهده شد. مصرف انرژی گرمایشی در شش ماه از سال (خرداد تا آبان) صفر بوده و در فروردین کمترین میزان را نشان می‌دهد. در بین همهٔ مدل‌ها، مدل C با اختلاف مشخصی بیشترین میزان مصرف انرژی گرمایشی را در تمامی ماه‌های سال به خود اختصاص داده است. در بین مدل‌ها با سازمان فضایی مدل ۱، کمترین میزان مصرف انرژی گرمایشی مربوط به مدل E1 و بیشترین میزان مصرف (بدون در نظر گرفتن مدل C)، مربوط به مدل H1 در پرمصرف‌ترین ماه سال (بهمن) است. همچنین بین مدل‌ها با سازمان فضایی مدل ۲، کمترین میزان مصرف انرژی گرمایشی مربوط به مدل E2 و بیشترین میزان مصرف مربوط به مدل A2 به دست آمد. پس از آن در سازمان فضایی مدل ۳، کمترین میزان مصرف انرژی گرمایشی مربوط به مدل D3 و بیشترین میزان مصرف مربوط به مدل H3 است و در پایان، بین مدل‌ها با سازمان‌دهی فضایی مدل ۴، کمترین میزان مصرف انرژی گرمایشی مربوط به مدل E4 و بیشترین میزان مصرف مربوط به مدل H4 است.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

۸. بحث

از بین دو مدل L شکل A و B، (بدون کشیدگی در تمام طول پلاک)، فرم A با وجود دریافت حجم بالایی از انرژی خورشیدی، از نظر میزان انرژی مصرفی جهت گرمایش نیز در رتبهٔ دوم قرار دارد. در مقایسهٔ این دو تیپ، مدل B (با تفاوت جبههٔ ساخت در پلاک‌های جنوبی و شمالی) از نظر میزان مصرف انرژی فرم بهینه‌تری محسوب می‌شود و در هر دو مدل، الگوی بافت شمارهٔ ۱، کمترین و الگوی بافت شمارهٔ ۲، بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده

5		3		2		1		TYPE E
E3	36990.0337	E4	36821.6436	E2	32927.0032	E1	31251.6095	
28		8		6		4		TYPE D
D3	51735.8945	D2	40318.3005	D4	37349.5696	D1	36834.8107	
23		14		9		7		TYPE B
B2	46716.2751	B3	44719.4166	B4	41163.2481	B1	39611.9957	
20		15		13		10		TYPE A
A2	46437.868	A3	44928.6377	A4	43040.6866	A1	42586.7499	
21		18		17		11		TYPE G
G3	46539.64	G2	45820.4806	G4	45039.6516	G1	42654.8063	
22		19		16		12		TYPE F
F3	46593.2179	F2	46015.0525	F4	45027.1543	F1	42741.8248	
27		26		25		24		TYPE H
H3	50277.526	H4	49492.2458	H2	48345.1572	H1	47121.165	
32		31		30		29		TYPE C
C3	97328.2198	C4	94404.594	C2	89169.7413	C1	75647.8999	

جدول ۴: رتبه‌بندی مدل‌های پیشنهادی از نظر میزان مصرف انرژی در یک سال

مطالعات معماری ایران
دو فصلنامه معماری ایرانی
شماره ۱۳ ـ بهار و تابستان ۹۷

است. همچنین مدل B1 به‌دلیل دریافت مناسب نور روز، کمترین میزان مصرف برق در بین همهٔ مدل‌ها را داراست.

در تیپ C که به آن فرم خطی اطلاق می‌شود، بنا در شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین بخش زمین قرار می‌گیرد. این الگو علی‌رغم مصرف کم انرژی برای روشنایی (به‌خصوص مدل C3)، به‌دلیل مصرف بالای انرژی گرمایشی و سرمایشی، در مجموع، ناکارآمدترین مدل است و بیشترین مصرف انرژی در این مدل به‌خصوص مدل C3 دیده می‌شود.

در تیپ D که به‌عنوان رایج‌ترین الگوی ساخت در دوران معاصر به شمار می‌آید، تفاوت چشمگیری در میزان انرژی مصرفی در دو ساختار فضایی ۱ و ۳ وجود دارد. مدل D3، با رتبهٔ بیست‌وهشتم از نظر کارایی، بیشترین مصرف انرژی و مدل D1 با رتبهٔ چهارم، کمترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است که به‌ترتیب بعد از سه مدل E1، E2 و E3، بهینه‌ترین مدل است. همچنین به نظر می‌رسد مدل E با تفاوت جبههٔ ساخت در پلاک‌های شمالی، توانسته است بیشترین کارآمدی را از نظر مصرف انرژی داشته باشد. در حالت کلی، این الگو و نحوهٔ ترکیب آن با سایر قطعات مجاور، فرم برون‌گرای ساخت در مرکز پلان را نمایش می‌دهد که به نظر می‌رسد بهینه‌ترین مدل در اقلیم گرم و خشک است. این الگو در قدیم نیز در پلان خانه‌های تاریخی شهر اصفهان، به‌خصوص در دورهٔ پهلوی، دیده می‌شود و از آن جمله می‌توان به خانهٔ تاریخی امیرقلی امینی اشاره کرد.

در سه الگوی F، G و H، با تغییر نسبت طول به عرض پلاک‌ها (نسبت ۱/۱) در مقایسه با مدل‌های قبل (نسبت ۱/۲)، هندسهٔ قطعات به شکل مربع است. در تیپ F که الگوی قالب به‌صورت حیاط مرکزی می‌باشد (الگوی قالب خانه‌های تاریخی دورهٔ قاجار از جمله خانهٔ شیخ‌الاسلام، خانهٔ چرمی و خانهٔ دکتر اعلم)، میزان مصرف انرژی روشنایی و گرمایشی به‌دلیل دریافت بالای انرژی خورشیدی[۲۴] تقریباً کم است ولی به‌دلیل مصرف بالای انرژی سرمایشی در این الگو، درمجموع مصرف انرژی عدد بالایی را نشان می‌دهد. الگوی G (با فرم پلان U شکل)، در جایگاه بعدی پس از تیپ F قرار دارد و الگوی H (با فرم پلان L شکل کشیده در کل طول پلاک) پس از الگوی C، غیرکارآمدترین مدل است.

مقایسهٔ چهار الگوی بلوک‌های ساختمانی و شبکهٔ معابر نشان داد مدل ۱، بهینه‌ترین مدل از نظر میزان مصرف انرژی است و مدل‌های ۴، ۲ و ۳ به‌ترتیب پس از آن قرار می‌گیرند. با مقایسهٔ نسبت سطح تودهٔ ساختمانی به فضاهای باز (شبکهٔ معابر، گشودگی‌های فضایی و نیز حیاط واحدهای مسکونی) می‌توان به این نتیجه دست یافت که با افزایش تراکم توده نسبت به فضا، میزان مصرف انرژی مصرفی در واحدهای سکونتی به طور چشمگیری کاهش می‌یابد؛ که با توجه به بخشی از مطالعات انجام‌شده توسط نگارندگان در خصوص آسایش اقلیمی در الگوهای مختلف فضاهای شهری توسط نرم‌افزار Envi-Met، اعلام نظر در خصوص الگوی شبکهٔ معابر و ساختار فضایی بافت‌های شهری، نیازمند مطالعات بیشتری با توجه هم‌زمان به مصرف انرژی در قطعات ساختمانی و نیز آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری است.

نتیجه

شهر و اقلیم، دو سیستم انسان‌ساخت و طبیعی هستند که تأثیرگذاری تنگاتنگی بر یکدیگر دارند. به‌گونه‌ای که امروزه با تغییر مشخصات طبیعی شهرها در روند شهرسازی و توسعهٔ شهری، شاهد تغییرات چشمگیر و مشخص اقلیمی و آب‌وهوایی در مقیاس خرد یا محلی، مقیاس میانی و حتی مقیاس کلان‌شهری هستیم. هندسه و مقطع شهر، پیکربندی ساختمان‌ها شامل گونه‌بندی، ارتفاع، جهت‌گیری، ابعاد و اندازهٔ بناها و ارتباط آن‌ها با یکدیگر، جهت و الگوی خیابان‌ها و بلوک‌های شهری، سطح فضاهای باز، نحوهٔ پخش پهنه‌های فعالیتی و تراکم ساختمانی، همگی عواملی هستند که اقلیم خرد شهر را تعیین می‌کنند. ازاین‌رو فرم شهر و اجزا و عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن نه‌تنها می‌تواند بر کیفیت شهر و فضاهای شهری اثر بگذارد، بلکه کیفیت هوای شهر را نیز می‌تواند تغییر دهد. برنامه‌ریزی و طراحی شهری در کنار پیشرفت‌ها و ایده‌های نوین تکنولوژی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پایداری در شهر به شمار می‌آید. لذا طراحی شهری به‌عنوان اقدامات کالبدی خلق فضا می‌بایست اهداف بهره‌وری انرژی را با زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، زیست‌محیطی، عملکردی، حمل‌ونقل و جابه‌جایی، تلفیق و یکپارچه سازد.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش پیشِ رو، نمی‌توان به‌طور قطع، الگوی بهینه‌ای برای نحوهٔ توده‌گذاری ساختمان‌های مسکونی پیشنهاد داد؛ زیرا عواملی همچون همجواری‌ها، فرم، ابعاد و الگوی ساختمان‌های مجاور، بلوک‌های ساختمانی و نیز شبکهٔ معابر می‌توانند تأثیر بسیار زیادی بر کارایی انرژی در الگوی پیشنهادی داشته باشد. همان گونه که در تیپ ساختمانی D که از جمله الگوهای رایج ساختمان‌های مسکونی در دوران معاصر است، تفاوت الگو و ساختار فضایی، تفاوت بسیار زیادی در مصرف انرژی دو تیپ D1 و D3 نمایش می‌دهد. همچنین با استناد به پژوهش انجام‌شده می‌توان به این نتیجه دست یافت که در حالت کلی فرم‌های کشیده (مستطیل شکل) نسبت به فرم‌های مربع در تفکیک قطعات، الگوی بهینه‌تری است. خانه‌هایی که تودهٔ آن‌ها در مرکز قطعه واقع شده است، دارای مصرف کمتری نسبت به خانه‌هایی هستند که توده در جنوب شرقی، شمال شرقی و چهار طرف قطعه واقع شده‌اند. افزایش نفوذپری تأثیر قابل توجهی بر کاهش میزان مصرف انرژی جهت روشنایی دارد، ولی در حالت کلی نمی‌توان نتیجهٔ معناداری میان افزایش نفوذپذیری بلوک‌های شهری و میزان کل انرژی مصرفی (انرژی لازم جهت تأمین سرمایش، گرمایش و روشنایی) بیان نمود؛ زیرا با افزایش دسترسی‌ها به ساختمان، به همان نسبت، میزان اتلاف انرژی از طریق جداره‌ها افزایش می‌یابد. همچنین با استناد به مدل‌های شبیه‌سازی‌شده، با افزایش سطح فضاهای شهری، میزان مصرف انرژی کل نیز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، افزایش تراکم توده نسبت به فضا، میزان انرژی مصرفی در واحدهای سکونتی را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

درمجموع، همان طور که پیش از این نیز به آن اشاره شد، تدوین دستورالعمل مشخص در خصوص چگونگی ارتباط میان فرم بلوک‌های شهری و ساختمان‌ها و تأثیر آن بر میزان مصرف انرژی در شهر، به‌دلیل وجود تعداد بالای متغیرهای تأثیرگذار، امری بسیار پیچیده است که خود نیازمند پژوهش‌های بیشتری در این زمینه است تا بتوان علاوه بر کاهش مصرف انرژی، شرایط آسایش اقلیمی را در توده‌ها و فضاهای شهری ایجاد نمود و به ارائهٔ تعریف عملیاتی فرم شهری پایدار، جهت دستیابی به بهره‌وری انرژی در اقلیم گرم و خشک و زمینهٔ فرهنگی ایران پرداخت.

پی‌نوشت‌ها

1. Sustainable Urban Development
2. New urbanism
3. Compact City
4. Eco- City
5. Healthy City
6. Car- free Zone
7. Zero- Co_2 City
8. Energy - efficient City
9. Integrated Modification Methodology
10. Floor Area Rate
11. LSE (London School of Economics and Political Science)
12. EIFER (European Institute for Energy Research)
13. Shepherd

۱۴. شایان ذکر است با وجود بی‌تأثیر بودن داده‌های فوق در نتایج مقایسه‌ای میان مدل‌ها، با انتخاب بهینه‌ترین جنس مصالح، سیستم گرمایش، سرمایشی و نیز وارد نمودن داده‌های صحیح در خصوص شرایط آسایش حرارتی، تراکم خانوار و... نتایج به‌دست‌آمده به شرایط واقعی جهت دستیابی به فرم‌های شهری انرژی‌کارا نزدیک‌تر است.

15. Activity and Occupancy

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

16. Schedule Occupancy
17. Metabolic Rate
18. Cooling Set Point
19. Heating Set Point
20. Cooling System Seasonal COP
21. Heating System Seasonal COP
22. U-Value = 0.351
23. Normalized Power Density
24. Solar Energy Gain

منابع

ـ احمدی، ارمغان، و علیرضا مهدیزاده. ۱۳۹۴. تعاریف مرتبط با طراحی شهر انرژی کارا. کنفرانس بین‌المللی *توسعهٔ پایدار*. تبریز.
ـ *بازنگری طرح تفصیلی شهر اصفهان*. ۱۳۹۲. شهرداری اصفهان.
ـ براتی، ناصر، و علی‌اکبر سردره. ۱۳۹۲. تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر میزان استفاده از اتومبیل شخصی و مصرف انرژی در مناطق شهر تهران. فصلنامه *باغ نظر* (۱۰): ۳ـ۱۲.
ـ بنتلی، ای ین و دیگران. ۱۳۸۲. *محیط‌های پاسخ‌ده*. ترجمهٔ مصطفی بهزادفر. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
ـ پوردیهیمی، شهرام. ۱۳۹۰. *زبان اقلیم در طراحی محیطی پایدار*. تهران: انتشارات دانشگاه بهشتی.
ـ حافظی، محمدرضا، زهرا زمردیان، و محمد تحصیلدوست. ۱۳۹۵. فرایند دستیابی به نمای دوپوستهٔ دارای بهره‌وری مناسب انرژی. دوفصلنامه *معماری ایرانی* (۱۰): ۱۰۱ـ۱۲۲.
ـ خدابخش، پیمان، سمیرا مشایخی، و بهزاد ملک‌پور اصل. ۱۳۹۱. *ارزیابی و تدوین دستورالعمل و فرایند برنامه‌ریزی و طراحی شهری مبتنی بر رهیافت کارایی انرژی در شهر*. دومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
ـ رفیعیان، مجتبی، آرمان فتح جلالی، و هاشم داداشپور. ۱۳۹۳. بررسی و امکان‌سنجی تأثیر فرم و تراکم بلوک مسکونی بر مصرف انرژی. *آرمانشهر* (۶): ۱۰۷ـ۱۱۶.
ـ شرکت مدیریت مهندسی و فناوری میر. ۱۳۹۴. *کاهش مصرف انرژی ساختمان به روش بهینه‌سازی پارامتریک در فاز طراحی معماری*.
ـ شریفیان بارفروش، شفق، و سید مجید مفیدی شمیرانی. ۱۳۹۳. معیارهای شاکله بوم شهر از دیدگاه نظریه پردازان، فصلنامه *باغ نظر* (۳۱): ۹۹ـ۱۰۸.
ـ شفقی، سیروس. ۱۳۸۱. *جغرافیای اصفهان*. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان.
ـ شهابیان، پویان، بهاره زرین، و شراره عظیمی. ۱۳۹۲. بررسی ارتباط بین کاربری، حمل‌ونقل و میزان مصرف انرژی. فصلنامه *صفه* ۲۳ (۶۳): ۵۹–۷۲.
ـ ضرغامی، اسماعیل، حیدر جهانبخش، و امیرحسین طحانیان. ۱۳۹۴. بررسی رابطهٔ فرم ساختمان‌های مسکونی با میزای مصرف انرژی آن‌ها در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان. نشریه *انرژی ایران* ۱۸ (۴): ۶۳ـ۷۶.
ـ علی یاری، مرجان. ۱۳۹۰. *طراحی شهری انرژی کارا*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی.
ـ کسمایی، مرتضی. ۱۳۹۲. *اقلیم و معماری*. چ۷. شرکت سرمایه‌گذاری خانه‌سازی ایران.
ـ لطفی، سهند، مهسا شعله، مریم فرمند، و کاوه فتاحی. ۱۳۹۵. تدوین معیارهای طراحی شهری برای محله‌های بدون کربن. فصلنامه علمی پژوهشی *نقش جهان* (۶): ۸۰ـ۹۲.
ـ مدنی‌پور، علی. ۱۳۸۴. *طراحی فضای شهری، نگرشی بر فرایندی اجتماعی و مکانی*. ترجمهٔ فرهاد رضایی. تهران: شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری.
ـ مضطرزاده، حامد، و وحیده حجتی. ۱۳۹۳. تحلیلی بر روند شکل‌گیری پارادایم توسعهٔ شهری پایدار با تأکید بر جریان‌های

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

زیست‌محیطی. دو فصلنامه *پژوهش‌های منظر شهر* (۲): ۷۹ـ۸۹.
ـ معاونت امور برق و انرژی. ۱۳۹۰. *ترازنامه انرژی*. دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.
ـ مفیدی شمیرانی، سید مجید، محمدمهدی غیائی، منصوره طاهباز، و مجتبی مهدوی‌نیا. ۱۳۹۲. روش‌شناسی گزینش نرم‌افزارهای کاربردی شبیه‌ساز انرژی در حوزهٔ معماری. *هویت شهر* (۱۳): ۴۵ـ۵۵.
ـ مفیدی شمیرانی، سید مجید، و لیلا شایان. ۱۳۸۸. توسعهٔ پایدار و برنامه‌ریزی شهرهای مناطق کویری. نشریه *هفت شهر* (۲۲): ۹۱ـ۹۳.
ـ منظور، داوود، و وحید ماجد. ۱۳۹۰. روش‌شناسی برنامه‌ریزی انرژی. نشریه *انرژی ایران* (۳): ۷۵ـ۹۶.
ـ میرمقتدایی، مهتا. ۱۳۹۲. ضرورت تدوین راهنمای طراحی شهری با هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی. کنفرانس بین‌المللی *توسعهٔ پایدار عمران، معماری و طراحی شهری*، تبریز.
ـ نمایهٔ اقلیمی شرق اصفهان. ۱۳۹۴. *ادارهٔ هواشناسی شرق اصفهان* (فرودگاه شهید بهشتی).
ـ وزارت مسکن و شهرسازی. ۱۳۷۳. *مقررات ملی ساختمانی ایران*، مبحث ۱۹ـ صرفه‌جویی در مصرف انرژی. چ۲.
ـ هدایتی، جواد. ۱۳۸۱. *توسعه با محوریت حمل‌ونقل عمومی*. تهران: همایش تهران با مترو.

– ASHRAE. 2012. *ASHRAE Standard* 55–2010. Thermal.

– Biddulph, M. 2007. *Introduction to Residential Layout*. Oxford: Elsevier.

– BRE.1975. Energy conservation: a study of energy consumption in buildings and means of saving energy in housing. CP-56, *Building Research Establishment*.

– Brown, M., Chandler, J., Lapsa, M. V. and Sovacol, B. K. 2008. Lock-in: *Barriers to Deploying Climate Change Mitigation Technologies*. Oak Ridge National Laboratory ORNL/TM-2007-124 (revised November, 2008). Oak Ridge. TN.

– Codoban, N. and Kennedy, C.A. 2008. Metabolism of Neighborhoods. *Journal of Urban Planning and Development* (13): P.21-31.

– Condon, P. M., Cavens, D., and Miller, N. 2009. Urban Planning Tools for Climate Change Mitigation, Policy Focus Report, *Lincoln Institute of Land Policy*.

– Dhakal, S., Hanaki, K., & Hiramatsu, A. 2003. Estimation of heat discharges by residential buildings in Tokyo. *Energy Conversion and Management* 44(9):1487-1499.

– Franchi, R. John. 2004. *Energy: Technology and Directions for the Future*. Oxford: Elsevier.

– GEA. 2012. *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press.

– Hamidi, S. and Ewing, R. 2012. *Residential Energy Consumption*. University of Utah.

– Jabareen, Y. R. 2006. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts, *Journal of Planning Education and Research* 26(1): P. 38-52.

Kanters, J. Horvat, M. 2012. Solar Energy as a Design Parameter in Urban Planning. *Energy Procedia* (30): P. 1143-1152.

– Lenzen, M. 2004. Total requirements of energy and greenhouse gases for Australian transport. Transportation Research Part D: *Transport and Environment* (4): 265–290.

– Li, C., Song, Y. and Kaza, N. 2017. Urban form and household electricity consumption: A multilevel study. *Energy and Buildings* (158): p. 181-193.

– Lixiao Zhang, L., Yang, Z., Liang, J. and Cai, Y. 2010. Spatial Variation and Distribution of Urban Energy Consumptions from Cities in China. *Energies* (4): P. 26-38.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

– LSE cities (The London School of Economics and Political Science) .2011. *CITIES AND ENERGY: Urban Morphology and Heat Energy Demand*.

– Lynch, K. 1981. *A Theory of Good City Form*. Cambridge, Mass: MIT Press.

– Martins, T., Adolphe, L. and Marion Bonhomme, M. 2013. *Building Energy Demand Based on Urban Morphology Analysis*. 29th conference, sustainable architecture for a renewable future. Munich. Germany.

– Mitchell, G. 2005. *Urban development, form and energy use in buildings: A review for the solutions project*.

– Odell, P. R. 1975. *The Western European Energy Economy-Challenges and Opportunities*. The Stamp Memorial Lecture. Athlone Press, London.

– Oke, T.R. 1988. Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings* (11): p.103–113.

– Okeil, A. 2010. A Holistic Approach to Energy Efficient Building Forms. *Energy and Buildings* (42): 1437–1444.

– Owens, S.E. 1986. *Energy, planning and urban form*. Pion London.

– Parshall, L., Gurney, K., Hammer, S.A., Mendoza, D., Zhou, Y., and Geetha kumar, S. 2010. *Modeling energy consumption and CO2 emissions at the urban scale.* Methodological challenges and insights from the United States (38): P.4765-4782.

– Peter A. Sattrup, P.A., Andersen, J. 2013. Building Yypologies in Northen European Cities: Daylight, Solar Access and Building Energy Use. *Journal of Architectural and Planning Research* (30): P. 56-76.

– Ratti, C., Raydan, D and Steemers, K. 2003. Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy and Buildings* 35 (1): P.49-59.

– Salat, S. 2009. *Resilient and efficient synergy Communities morphological, structural and synergetic approach to energy efficiency*.

– salat, S., Caroline, N. 2013. *Urban Morphology and the Quest for Zero Carbon Cities*.

– Srivanit, M and Kazunori, H. 2011. The influence of urban morphology indicators on summer diurnal range of urban climate. International Journal of *Civil & Environmental Engineering* 11 (5): P.34-46.

– Tadi, m., Vahabzadeh manesh, S. and Mohammadzade. 2011. M.H. *Investigation of Urban Form and Environmental Performances via IMM methodology*: The case of Tehran, Iran. Hybridization between Form and Energy.

– Vettorato, D. 2005. *Bridging Urban Morphology and Energy Performance Analysis*. 47th ISOCARP Congress.

– Vettorato, D., et al. 2011. Spatial comparison of renewable energy supply and energy demand for low-carbon settlements. *Cities* (28): P. 557-566.

– Xin, W., Li, Z. 2017. A Systematic Approach to Evaluate the Impact of Urban form on Urban Energy Efficiency: A Case Study in Shanghai. *Energy* Procedia (105): P. 3225-3231.

– Yoshida , H. and Omae, M. 2004. *An approach for analysis of urban morphology: methods to derive morphological properties of city blocks by using an urban landscape model and their interpretations*. Elsevier Ltd.

Downloaded from jias.kashanu.ac.ir at 12:58 +0330 on Saturday September 22nd 2018

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی