نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی ● دوره ۱۹ ● شماره۴ ● زمستان ۱۳۹۳

بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی، نمونه موردی: شهر شیراز*

خلیل حاجی‌پور[۱*]، نرجس فروزان[۲]

[۱] استادیار برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده هنرومعماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

[۲] فوق لیسانس برنامه‌ریزی شهری، دانشکده هنرومعماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۱۱/۱۳)

چکیده

ارتقای راندمان انرژی در بخش مسکونی مناطق شهری، در آینده نزدیک به بخش مهمی در دستیابی به توسعه پایدار تبدیل می‌شود. لذا این مطالعه با هدف بررسی پایداری الگوهای مسکن از منظر انرژی عملکردی صورت گرفته‌است که در ضمن آن به محاسبه میزان مصرف انرژی عملکردی و بررسی چگونگی ارتباط آن با مشخصه‌های فرم شهر پرداخته است. در راستای انجام این مهم، به بررسی وجود ارتباط بین متغیرهای تحقیق - مشخصه‌های کالبدی فرم شهر (متغیرهای مستقل) و اطلاعات میزان مصرف گاز و برق خانوارها در طول یک سال (متغیرهای وابسته)- اقدام شده است و الگوهای مسکونی به هفت دسته کلی حیاط مرکزی، بافت فرسوده، ویلایی، ردیفی یک، دو و سه طبقه و آپارتمانی تفکیک شده‌اند. تحلیل نتایج حاصل از تحلیل همبستگی آشکار می‌سازد که بین الگوی سکونت و میزان مصرف انرژی عملکردی، رابطه همبستگی قوی وجود دارد. همچنین بین کیفیت بنای ساختمان، عمر ساختمان، نوع سازه و مساحت با میزان مصرف انرژی عملکردی رابطه همبستگی با شدت متوسط برقرار است. در بخش تحلیل واریانس نیز مشخص شد که خانه‌های حیاط مرکزی با ۶۵ گیگا ژول بر متر مربع دارای بیشترین سرانه مصرف انرژی عملکردی در بین سایر الگوهاست و یکی از دو گونه سکونتی ویلایی با سرانه انرژی عملکردی ۸ گیگا ژول بر متر مربع و بافت فرسوده با سرانه انرژی عملکردی ۱۴ گیگا ژول بر متر مربع کارآمدترین گونه سکونتی تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی

فرم شهر، برنامه‌ریزی شهری، میزان مصرف انرژی، انرژی عملکردی، الگوهای مسکن.

*این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم با عنوان «بررسی پایداری الگوی مسکن با تاکید بر میزان مصرف انرژی، نمونه موردی: شهر شیراز» است.

**نویسنده مسئول: تلفن: ۰۷۱۳-۶۲۳۰۴۵۰، نمابر: ۰۷۱۳-۶۲۴۲۸۰۰، E-mail: hajipoor@shirazu.ac.ir.

مقدمه

در حال حاضر ۲٪ سطح جهان را شهرها پوشانده‌اند (Hui, 2001) درحالیکه ساکنین آنها ۸۰-۶۰٪ انرژی جهانی را مصرف می‌کنند (Grubler, 2012,1310; OECD, 2010, 20) و مسئول بیش از ۷۰ درصد از انتشارات گلخانه‌ای (GHG Protocol, 2015) هستند. از همین رو است که بسیاری از دولت‌ها در حال برنامه‌ریزی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از تمامی بخش‌های اقتصادی خود می‌باشند (Ward, 2008). طبق سند منتشر شده توسط سازمان ملل متحد، بخش انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌بایست مرکز هر راهبرد دستیابی به توسعه پایدار قرار گیرد.

مساله کارایی انرژی در توسعه‌های شهری و انتشار گازهای گلخانه‌ای، زمانی واضح‌تر می‌شود که به روند افزایش جمعیت دنیا، خصوصاً جمعیت شهرنشین و مصرف انرژی مرتبط با آنها توجه شود. بنا به گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، ۱۰۰ سال قبل دو نفر از هر ده نفر در مناطق شهری زندگی می‌کردند و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ هفت نفر از هر ده نفر در نقاط شهری ساکن باشند[1].

چگونگی کاهش مصرف انرژی[2] و در نتیجهٔ آن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، یکی از موضوعات کلیدی مرتبط با پایداری و توسعه پایدار شهری، است (Holloway & Bunker, 2005). خصوصاً که امروزه مساله تغییرات آب‌وهوای جهانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت مطرح هستند و کارایی انرژی در توسعه‌های شهری یک فاکتور کلیدی در پایداری شهرها محسوب می‌شود (Mitchell, 2005; The Energy Sector Management Assistance Program, 2014, 13).

از جمله راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای که در دو دهه اخیر بیشتر مورد توجه محققان و سیاست‌مداران قرار گرفته، اصلاح فرم شهر می‌باشد. بر طبق گزارش سازمان ملل متحد، فرم شهر دارای تاثیر مستقیم بر مصرف انرژی (و دستیابی به توسعه پایدار) می‌باشد (همان). در این بین بعضی از زوایای ارتباط بین فرم شهر و میزان مصرف انرژی به خوبی توصیف شده‌اند ولی چنین مطالعاتی عمدتاً یا بر روی بخش حمل ونقل تمرکز می‌کنند و یا مدل‌های موجود مصرف انرژی در بخش ساختمانی بر ساختمان‌های منفرد تمرکز می‌کنند و در نتیجه اهمیت پدیده‌های بزرگ مقیاس‌تر نادیده گرفته می‌شود (Marique & Reiter, 2011). لذا آزمایشات سیستماتیک اندکی راجع به عوامل اقتصادی-اجتماعی و فاکتورهای فرم شهر مؤثر بر میزان مصرف انرژی موجود است (Troy, Holloway, Pullen, & Raymond, 2010). به عبارت دیگر از نظر فضایی، اکثر پژوهش‌های صورت گرفته تا کنون بر سطوح ماکرو (ملی و یا بخشی) و میکرو (در مقیاس ساختمانی) تمرکز کرده‌اند و اطلاعات کمی راجع به متابولیسم مصرف انرژی عملکردی در سطح محله و شهر وجود دارد.

با این تفاسیر هدف این پژوهش، بررسی پایداری انواع الگوهای سکونتی و توسعه مسکونی در کلان‌شهر شیراز می‌باشد. لازم به ذکر است که منظور از پایداری در این پژوهش، صرفه‌جویی در میزان مصرف انرژی عملکردی است و منظور از انرژی عملکردی، انرژی مصرف شده در طول دوره حیات ساختمان برای زیستن در آن می‌باشد. در راستای انجام این مهم، پس از بررسی ادبیات تحقیق و انتخاب متغیرهای تحقیق، اقدام به محاسبه انرژی عملکردی شده و پس از انجام محاسبات آماری و مشخص نمودن نتایج تحقیق، پیشنهاداتی برای بهبود کیفیت مطالعات در این زمینه ارائه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مبانی نظری

یکی از عوامل اصلی دستیابی به پایداری از طریق کاهش مصرف انرژی، درک چگونگی تاثیر مؤلفه‌های فرم شهر بر مصرف انرژی و اصلاح فرم شهر است. به منظور ساده‌تر کردن این مساله، مصرف انرژی در شهرها را می‌توان به ۵ بخش اصلی شامل صنعت، حمل‌ونقل، سکونت، خدمات عمومی/تجاری و کشاورزی مرتبط ساخت (Kellett, 2011; Mohanty, 2012, 31-50; Quadrelli & Park, 2013). در کشورهای جهان سوم، حداکثر مصرف انرژی در بخش‌های حمل‌ونقل و سکونت صورت می‌پذیرد به طوری که ساختمان‌ها مسئول حدوداً ۴۰ درصد مصرف انرژی (Gul & Patidar, 2015; UNEP, 2015) و انتشار گازهای گلخانه‌ای[3و4] هستند و همین امر انرژی را به یک نقطه کانونی برای سیاست‌های مسکن پایدار و توسعه شهری پایدار بدل می‌کند. مسکن به دلیل تاثیرات آن بر محیط زیست[5]، سلامت و پیوستگی اجتماعی، موضوعی اصلی در سیاست‌های مصرف و تولید پایدار (SCP) محسوب می‌شود. بر طبق گزارش IPCC (۲۰۰۷)، ساختمان‌ها در بین سایر بخش‌ها بیشترین پتانسیل را برای کاهش انتشارات گلخانه‌ای دارند (برآوردی در حدود ۲۹٪ تا سال ۲۰۳۰)؛ لذا ضروری است که طراحی ساختمان‌ها و روش‌های ساخت‌وساز مورد تجدید نظر واقع شوند (Mohanty, 2012,61).

ساختمان‌های مدرن، انرژی را به طرق مختلفی به مصرف می‌رسانند. همانطور که جونز (۱۹۹۸)[6] شرح می‌دهد، مصرف انرژی در ساختمان‌ها در ۵ فاز صورت می‌گیرد که عبارتنداز: انرژی نهفته (برتنیده)[7] (انرژی مصرف شده توسط تمامی فرآیندهای مرتبط با تولید یک کالا مثل یک خانه است، از استخراج منابع طبیعی گرفته تا تحویل کالا)، انرژی خاکستری[8] (انرژی مصرفی برای حمل مصالح از محل تولید آنها به مکان ساختمان‌سازی)،

انـرژی القایـی[۹] (انرژی مصرفی در سـایت ساختوسـاز سـاختمان)، انرژی عملکردی[۱۰]، انرژی تخریب/بازیافت[۱۱] (انرژی مصرف شده در تخریب یک ساختمان و بازیافت اجزای آن) (UNEP, 2007, 7).

در ایـن بین انـرژی عملکردی، موضوع مـورد تمرکز این مطالعه می‌باشـد. انـرژی عملکردی عبارت اسـت از انرژی مصرف شـده به منظـور انجـام فعالیت‌های مختلـف در مناطق شـهری؛ این انرژی شـامل انـرژی مصرفـی سـاکنین بـرای زندگـی در منـازل می‌شـود (Troy, Holloway, Pullen, & Raymond, 2010). انرژی عملکردی در واقع یک سـنجه برجسـته پایداری اسـت که مقایسات بی‌پرده را بیـن تکنولوژی‌های سـاختمانی گوناگون امکان پذیر می‌سـازد. سـاختمان‌ها بـرای گرمایـش، سـرمایش، تهویـه هـوا، روشـنایی، تجهیـزات و لوازم برقـی انرژی مصرف می‌کننـد (Canadian Architect, 2013-). این انرژی معمولاً از طریق بررسی قبوض صادره برای شهروند (مشترکین برق و گاز شهری) محاسبه می‌شود.

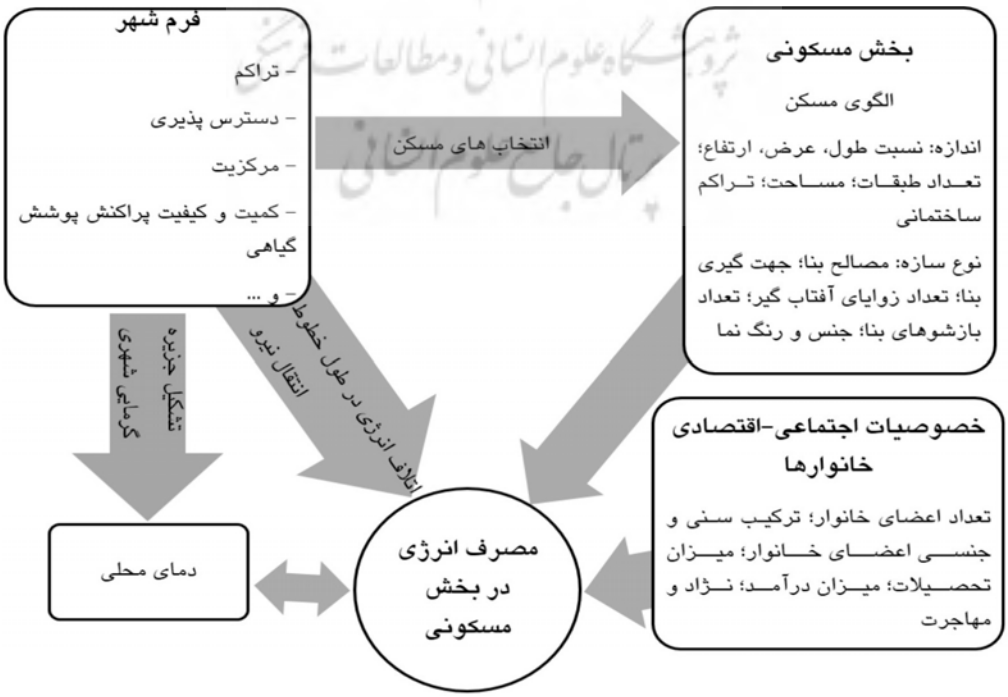
متغیرهـای زیـادی بـر میـزان مصرف انـرژی تاثیرگذارنـد؛ هفت متغیـر کلیـدی در مطالعـات میـزان مصـرف انـرژی در محـلات مسـکونی مطرح می‌باشـند که عبارتنـد از: تراکم، تنـوع، طراحی، هدف، مسافت، مشخصه‌های آماری، و تقاضا (حاجی‌پور، ۱۳۹۱؛ Akar, Chen, & Gordon, 2013). لیست مفصل‌تری از متغیرهای مهـم تاثیرگـذار در مصـرف انرژی و انتشـارات گلخانـه‌ای در بخش مسکونی عبارت است از: تعداد واحدهای مسکونی، درآمد خانوار، کیفیـت بنا، مسـاحت زیربنا، دوره سـاخت، دمـای درون و بیرون سـاختمان، سـطح اشـغال، الگوی مسـکن، میانگین بعد خانوار، شـیوه تصرف[۱۲] (مالک/مسـتاجر و ...)، موقعیت مکانی، سیسـتم گرمایـش مرکـزی، قیمـت سـوخت، فقـر سـوخت[۱۳]، بهبـود کارایی انـرژی، شـدت اسـتفاده از وسـایل برقـی، عوامـل طراحـی مرتبط بـا مورفولـوژی سـاختمان‌ها- مثـلاً شـدت صیقلی و بـراق بودن[۱۴] و جهت‌گیـری، ویژگی‌هـای حرارتـی مصالـح سـاختمانی- مقادیـر نسـبی و ارزش U مصالـح مصرفـی[۱۵]، انرژی نهفتـه مصالح، عوامل طراحـی مرتبـط با هندسـه شـهری- مثـل زاویه منـع[۱۶] (محصولی از ارتفـاع و عمق نقشـه/فاصله تا سـاختمان‌های مجاور)، فرصت اسـتفاده از انـرژی خورشـیدی منفعـل[۱۷] (Mitchell, 2005, 5; O'Leary, Howley, & Ó Gallachóir, 2005, 23).

روش تحقیق

بـرای انجـام ایـن پژوهـش، با توجـه به ماهیت شـهر بـه عنوان یك سیسـتم پیچیده و مرکـب اجتماعی- فضایـی، از فرآیند ترکیب روش‌ها استفاده شده است. در پژوهش حاضر ترکیبی از روش‌های توصیفی (توصیفی- تحلیلی)، مطالعه میدانی و تحقیق همبستگی مورد استفاده قرار گرفته است. مدل مفهومی تحقیق، نشان‌دهنده عوامـل و عناصـر مؤثـر بـر میـزان مصـرف انـرژی در بخش مسـکونی اسـت که در نمودار۱ نشـان داده شده است. همانطور که از نمودار برمی‌آید مشخصه‌های فرم شهر از سه طریق بر میزان مصرف انرژی تاثیرگذارنـد کـه عبارتند از: تاثیر بر انتخاب مسـکن، اتـلاف انرژی در طول خطوط توزیع نیرو و تشکیل جزیره گرمایی.

متغیر وابسـته در این پژوهش، میزان مصرف انرژی عملکردی (بـرق و گاز) الگوهـای متفـاوت سـکونتی[۱۸] و متغیرهـای مسـتقل، معیارهـای کمـی و کیفـی مؤثـر در میـزان مصـرف انـرژی در بخش مسکونی می‌باشند. بدین ترتیب این معیارها با توجه به اطلاعات در دسترس در این پژوهش عبارتند از: تعداد طبقات، کیفیت بنا، عمر بنا، نمای سـاختمان، سازه، جهت‌گیری ساختمان[۱۹]، تعداد زوایای آفتاب‌گیر[۲۰] و مساحت.

روش انجام پژوهش حاضر را می‌توان به مراحل زیر تقسیم کرد:



نمودار۱- مدل مفهومی تحقیق.

مرحله اول: در این مرحله پس از مراجعه به اسناد و مدارک موجود در رابطه با فرم شهر، پایداری و میزان مصرف انرژی، تدوین بخش مبانی نظری و پیشینه تحقیق؛ به توصیف و تحلیل عوامل مؤثر بر میزان مصرف انرژی در بخش مسکونی پرداخته و مدل مفهومی تحقیق و متغیرهای تحقیق استخراج می‌شوند.

مرحله دوم: در مرحله بعد با استفاده از معیارهای استخراج‌شده از مرحله اول تحقیق، به نمونه‌گیری و تعیین محدوده‌های مطالعاتی در سطح شهر شیراز پرداخته می‌شود. سپس به منظور تکمیل پایگاه داده، با مراجعه به شرکت توزیع نیروی برق شیراز و شرکت گاز استان فارس، اقدام به استخراج اطلاعات مصرف خانوارهای مورد نظر می‌شود.

مرحله سوم: در این مرحله نوبت به تحلیل‌های توصیفی و کمّی (ضرایب همبستگی و تحلیل آنووا) روی داده‌های جمع‌آوری‌شده می‌رسد که در آخر به بیان نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات در راستای افزایش بهره‌وری میزان مصرف انرژی می‌انجامد.

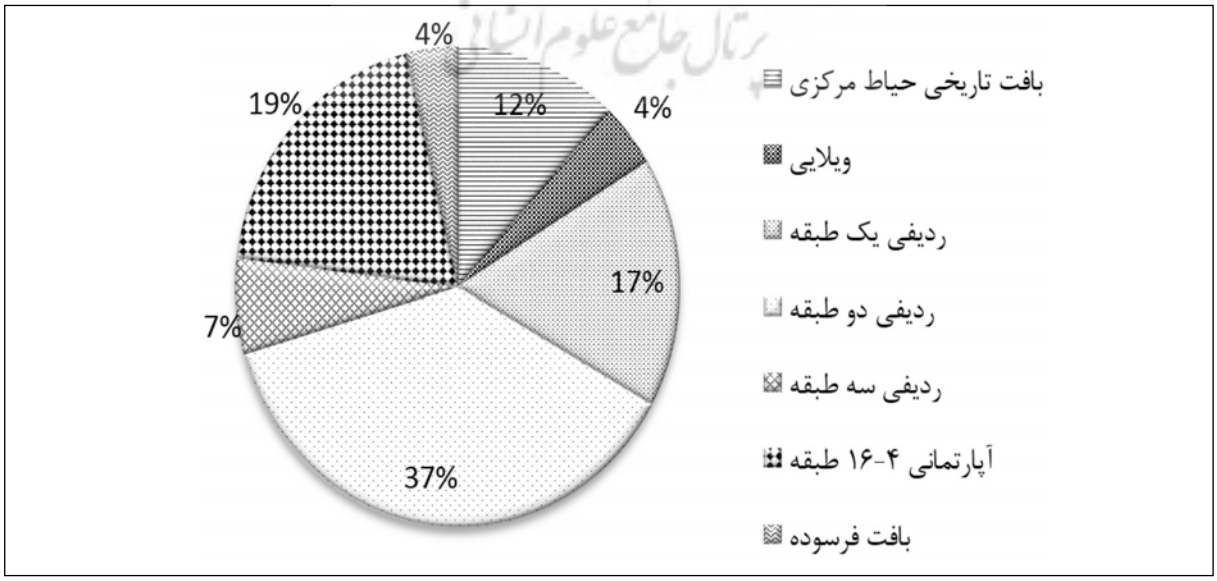
شهر شیراز به عنوان محدوده مورد مطالعه در این پژوهش در نظر گرفته شده است که جمعیتی بالغ بر ۱۳۴۰۰۷۶ نفر را دارا می‌باشد (شهرداری شیراز، ۲۰۱۳). برای تعیین حجم نمونه از روش فرمول کوکران[۲۱] استفاده شده است. با استفاده از این رابطه، حجم نمونه برابر با ۳۸۴ واحد مسکونی بدست می‌آید؛ ولی با توجه به داده‌های گمشده[۲۲] و عدم تطبیق پایگاه داده جمع‌آوری شده توسط محققان و پایگاه داده‌های شرکت گاز استان فارس و شرکت توزیع نیروی برق شیراز اقدام به برداشت اطلاعات مربوط به ۶۱۶ واحد مسکونی شده است.[۲۳]

لازم به ذکر است که شهر شیراز از نظر نوع الگوهای سکونت ناهمگن است و علاوه بر آن به دلیل کشیدگی این شهر در محور شمال غربی- جنوب شرقی، دمای محلی در قسمت های محلی متفاوت است که دارای تاثیر دوسویه بر میزان مصرف انرژی است. لذا برای خنثی ساختن تاثیر این متغیر و با توجه به اینکه منطقه یک شهرداری شیراز از نظر جغرافیایی و فضایی، تقریباً از هسته شهر شروع شده و تا حاشیه شهر ادامه پیدا می‌کند و به جز الگوی سکونتی خانه‌های حیاط مرکزی دارای تمامی دیگر الگوها می‌باشد، تمامی تعداد نمونه‌ها (به جز الگوی حیاط مرکزی که از منطقه تاریخی شهر شیراز انتخاب شده است) از این منطقه انتخاب شده‌اند.

نکته دیگری که در انتخاب نمونه‌ها باید رعایت شود، انتخاب نمونه‌ها از محله‌هایی است که الگوی مورد نظر در آنها الگوی غالب باشد که برای رسیدن به این مهم از نقشه GIS شهر شیراز و بازدیدهای میدانی کمک گرفته شده است. در آخر با توجه به درصد و نسبت الگوهای مسکونی در منطقه یک شهرداری شیراز، نسبت به اختصاص تعداد حجم نمونه به الگوهای مختلف اقدام شده است. درصد نمونه نهایی بر اساس الگوهای سکونتی به قرار نمودار ۲ می‌باشد.

همانطور که ذکر شد در این پژوهش از تحلیل واریانس و همبستگی برای کشف روابط بین متغیرها کمک گرفته می‌شود. بدین ترتیب که به منظور بررسی وجود رابطه همبستگی بین متغیرها با مقیاس اسمی، اسمی یا اسمی رتبه‌ای از ضریب همبستگی کرامر و فی استفاده شده است (الگو و نما، الگو و سازه، الگو و جهت، الگو و تعداد زوایای آفتاب گیر، و تعداد طبقات و سازه). در حالتی که هر دو متغیر فاصله‌ای/نسبی باشند (میزان مصرف انرژی و مساحت) از ضریب همبستگی پیرسون و همچنین در مواردی که یک متغیر با مقیاس نسبی و دیگری دارای مقیاس اسمی یا رتبه‌ای است، از ضریب همبستگی مجذوراتا (η^2) بهره گرفته شده است (الگو و میانگین مصرف انرژی، تعداد طبقات و میزان مصرف انرژی، کیفیت و میزان مصرف انرژی، نما و میزان مصرف انرژی، عمر بنا و میزان مصرف انرژی، سازه و میزان مصرف انرژی، جهت و میزان مصرف انرژی، تعداد زوایای آفتاب گیر و میزان مصرف انرژی، الگو و مساحت، تعداد طبقات و مساحت).

در مرحله بعد به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون F (تحلیل واریانس یا ANOVA) استفاده شده است. آنچه که باید مورد توجه قرارگیرد این است که آزمون F تنها معنی‌داری تفاوت



نمودار ۲- درصد ساختمان‌های نمونه بر اساس نسبت الگوهای مسکن در منطقه یک شهرداری شیراز.

بین میانگین گروه‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد اما مشخص نمی‌کند که این تفاوت‌ها در بین کدامیک از گروه‌های مورد بررسی وجود دارد. درنتیجه به منظور تعیین معنی‌داری تفاوت در بین زیرگروه‌ها باید از آزمون‌های پسین کمک بگیریم (هاراوی, ۳۰۶,۱۳۷۹؛ کلانتری,۴۳,۱۳۸۲) که در این پژوهش از آزمون LSD بهره گرفته شده است.

بدنه تحقیق

داده‌های میزان مصرف گاز با واحد متر مکعب و میزان مصرف برق با واحد کیلووات ساعت برداشت شده است، درصورتی‌که در محاسبات بهتر است که هر دو انرژی به واحد ژول تبدیل شوند[۲۴و۲۵]. بدین ترتیب پس از تبدیل انرژی‌ها به مگا ژول، به منظور بررسی چگونگی تاثیر الگوهای سکونت بر میزان مصرف انرژی عملکردی در ابتدا به بررسی وجود رابطه همبستگی بین جفت متغیرهای تحقیق پرداخته می‌شود. باید پیشاپیش به این نکته اشاره شود که هر جا مقادیر به صورت «سرانه» ذکر شده، منظور مقدار به ازای هر مترمربع می‌باشد نه سرانه جمعیتی.

میانگین سرانه مصرف انرژی گاز، برق و انرژی عملکردی با واحد مگا ژول به تفکیک الگوهای سکونت در جدول ۱ و نمودار ۳ نشان داده شده است.

در رابطه با **تحلیل همبستگی** که با توجه به ماهیت متغیرهای دخیل در محاسبات به کمک سه نوع ضریب همبستگی فی و کرامر، پیرسون و مجذوراتا صورت گرفته است؛ با مبنا قرار دادن جدول ۲ در مورد تحلیل ضرایب همبستگی می‌توان بر طبق جدول ۳ قضاوت کرد.

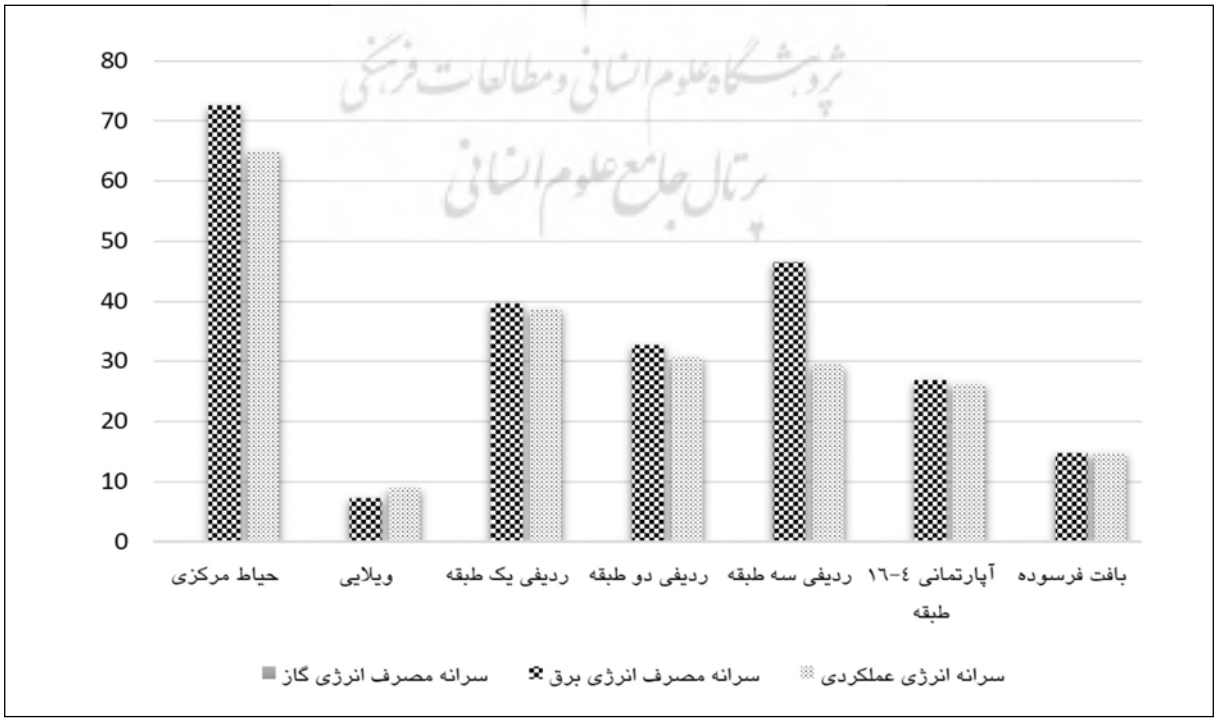
جدول ۲- تفسیر ضرایب همبستگی.

تفسیر	ضریب همبستگی
خیلی اندک و قابل چشم پوشی	۰,۰ — ۰,۱
اندک	۰,۱ — ۰,۳
متوسط	۰,۳ — ۰,۵
زیاد	۰,۵ — ۱,۰

ماخذ: (Weinberg & Knapp, 2002,136)

جدول ۱- سرانه مصرف انرژی گاز، برق و انرژی عملکردی با واحد مگا ژول به تفکیک الگوهای سکونت.

الگو / انرژی	حیاط مرکزی	ویلایی	ردیفی یک طبقه	ردیفی دو طبقه	ردیفی سه طبقه	آپارتمانی ۴-۱۶ طبقه	بافت فرسوده
سرانه مصرف انرژی گاز	۰,۰۰۱۹۴۷	۰,۰۰۰۵۳۳	۰,۰۰۱۳۹۵	۰,۰۰۱۴۸۷	۰,۰۰۰۸۵۴	۰,۰۰۰۹۳۶	۰,۰۰۰۲۲۲
سرانه مصرف انرژی برق	۷۲,۶۴۰۵۴	۷,۳۰۷۹۲۳	۳۹,۶۴۰۳۱	۳۲,۷۲۰۷۵	۴۶,۵۲۶۹۴	۲۶,۸۴۲۷۷	۱۴,۷۷۷۹۹
سرانه انرژی عملکردی	۶۵,۰۲۹۱۳	۸,۹۵۸۴۹۲	۳۸,۷۹۸۱۵	۳۰,۶۸۱۲۷	۲۹,۴۴۰۹۳	۲۶,۳۳۰۸۸	۱۴,۷۷۸۲۱



نمودار ۳- سرانه مصرف انرژی گاز، برق و عملکردی به تفکیک الگوهای سکونت (MJ).

جدول ۳- تفسیر نتایج حاصل از ضرایب همبستگی (متغیرهای الگو، تعداد طبقات و کیفیت).

متغیر۱	متغیر۲	ضریب همبستگی	تفسیر			
			قابل چشم‌پوشی	اندک	متوسط	زیاد
الگو	نما	۰،۴۱۳			●	
الگو	سازه	۰،۶۱۹				●
الگو	جهت	۰،۵۵۴				●
الگو	تعداد زوایای آفتابگیر	۰،۵۸۷				●
الگو	مساحت	۰،۹۹۶				●
الگو	میانگین مصرف انرژی گاز	۰،۲۲۱		●		
الگو	سرانه مصرف انرژی گاز	۰،۳۴۵			●	
الگو	میانگین مصرف انرژی برق	۰،۱۸۳		●		
الگو	سرانه مصرف انرژی برق	۰،۴۴۱			●	
الگو	سرانه مصرف انرژی عملکردی	۰،۵۱۱				●
تعداد طبقات	سازه	۰،۶۷۶				●
تعداد طبقات	مساحت	۱				●
تعداد طبقات	میانگین مصرف انرژی گاز	۰،۲۶۰		●		
تعداد طبقات	سرانه مصرف انرژی گاز	۰،۳۵۱			●	
تعداد طبقات	میانگین مصرف انرژی برق	۰،۱۹۰		●		
تعداد طبقات	سرانه مصرف انرژی برق	۰،۲۱۷		●		
تعداد طبقات	سرانه مصرف انرژی عملکردی	۰،۲۷۳		●		
کیفیت	میانگین مصرف انرژی گاز	۰،۰۸۶	●			
کیفیت	سرانه مصرف انرژی گاز	۰،۲۸۳		●		
کیفیت	میانگین مصرف انرژی برق	۰،۰۹۸	●			
کیفیت	سرانه مصرف انرژی برق	۰،۳۵۹			●	
کیفیت	سرانه مصرف انرژی عملکردی	۰،۴۵۳			●	

جدول ۴- تفسیر نتایج حاصل از ضرایب همبستگی (متغیر عمربنا، سازه، جهت گیری ساختمان و مساحت).

متغیر۱	متغیر۲	ضریب همبستگی	تفسیر			
			قابل چشم‌پوشی	اندک	متوسط	زیاد
عمربنا	میانگین مصرف انرژی گاز	۰،۱۱۱		●		
عمربنا	سرانه مصرف انرژی گاز	۰،۳۳۹			●	
عمربنا	میانگین مصرف انرژی برق	۰،۱۴۵		●		
عمربنا	سرانه مصرف انرژی برق	۰،۴۱۴			●	
عمربنا	سرانه مصرف انرژی عملکردی	۰،۴۴۶			●	
سازه	میانگین مصرف انرژی گاز	۰،۳۵			●	
سازه	سرانه مصرف انرژی گاز	۰،۲۷۴		●		
سازه	میانگین مصرف انرژی برق	۰،۱۶۰		●		
سازه	سرانه مصرف انرژی برق	۰،۲۰۶		●		
سازه	سرانه مصرف انرژی عملکردی	۰،۳۹۲			●	
جهت‌گیری ساختمان	میانگین مصرف انرژی گاز	۰،۱۲۳		●		
جهت‌گیری ساختمان	سرانه مصرف انرژی گاز	۰،۲۵۰		●		

جدول ۴- تفسیر نتایج حاصل از ضرایب همبستگی (متغیر عمربنا، سازه، جهت گیری ساختمان و مساحت).

متغیر۱	متغیر۲	ضریب همبستگی	تفسیر			
			قابل چشم‌پوشی	اندک	متوسط	زیاد
جهت‌گیری ساختمان	میانگین مصرف انرژی برق	۰،۰۷۸		•		
جهت‌گیری ساختمان	سرانه مصرف انرژی برق	۰،۴۵۱				
جهت‌گیری ساختمان	سرانه مصرف انرژی عملکردی	۰،۲۶۳		•		
مساحت	میانگین مصرف گاز	۰،۱۱۹		•		
مساحت	سرانه مصرف گاز	-۰،۳۴۵			•	
مساحت	سرانه مصرف برق	-۰،۳۳۶			•	
مساحت	سرانه انرژی عملکردی	-۰،۴۴۴			•	

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۳ و ۴ به طور خلاصه می‌توان گفت بین

• الگوی سکونت و نوع سازه، جهت‌گیری، تعداد زوایای آفتاب‌گیر و مساحت؛

• تعداد طبقات ساختمان و سازه، تعداد طبقات ساختمان و مساحت؛

• الگوی سکونت و سرانه مصرف انرژی عملکردی؛

رابطه همبستگی قوی وجود دارد. باید توجه داشت که ضرایب همبستگی تنها روابط خطی را اندازه‌گیری می‌کنند و بالا بودن همبستگی لزوماً به معنی وجود رابطه علّی بین دو متغیر نیست. به عبارتی صرفاً بر پایه یک همبستگی، نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد که تغییرات در یک متغیر به تغییر در متغیر دیگر می‌انجامد. بنابراین، زمانی که در می‌یابیم دو متغیر با هم همبستگی دارند، این امر گویای آن است که جایگاه نسبی در یک متغیر با جایگاه نسبی متغیر دیگر همبسته است.

بین ۱۴ جفت متغیر ذیل نیز رابطه همبستگی متوسط وجود دارد و بین سایر متغیرها رابطه همبستگی اندک وجود دارد که با رجوع به جدول قابل بررسی می‌باشند.

- الگو و نما، سرانه مصرف انرژی گاز و سرانه مصرف انرژی برق؛
- تعداد طبقات و سرانه مصرف انرژی گاز؛
- کیفیت و سرانه مصرف انرژی برق و سرانه مصرف انرژی عملکردی؛
- عمر بنا و سرانه مصرف انرژی گاز و سرانه مصرف انرژی برق و سرانه مصرف انرژی عملکردی؛
- سازه و سرانه مصرف انرژی عملکردی و میانگین مصرف انرژی گاز؛
- مساحت و سرانه مصرف گاز، سرانه مصرف برق و سرانه مصرف انرژی عملکردی.

از نظر جهت رابطه نیز می‌توان به نتایج کلی زیر اشاره کرد:

- بین تعداد طبقات و سرانه مصرف انرژی گاز و سرانه مصرف انرژی عملکردی، رابطه همبستگی مثبت وجود دارد.
- بین عمر بنا و سرانه مصرف انرژی گاز، سرانه مصرف انرژی برق و سرانه مصرف انرژی عملکردی، رابطه همبستگی متوسط مثبت وجود دارد.
- بین مساحت و سرانه مصرف گاز، سرانه مصرف برق، و سرانه انرژی عملکردی رابطه همبستگی متوسط منفی وجود دارد.

در رابطه با تحلیل واریانس که به منظور بررسی معنی‌داری وجود اختلاف در بین میانگین‌های زیرگروه‌های مختلف صورت می‌گیرد، اهم نتایج به قرار زیر می‌باشند:

در مورد سرانه مصرف گاز و الگوهای مختلف مسکن در سطح اطمینان ۹۹٪ به طور کلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- خانه‌های حیاط مرکزی دارای بیشترین سرانه مصرف گاز در بین سایر الگوهای سکونت هستند؛
- بافت فرسوده دارای کمترین سرانه نسبت به کل الگوهای سکونتی به جز الگوی ویلایی است؛
- سرانه مصرف گاز در خانه‌های ویلایی از خانه‌های حیاط مرکزی، ردیفی یک و دو طبقه کمتر است؛
- خانه‌های آپارتمانی دارای مصرف کمتری نسبت به خانه‌های ردیفی یک و دو طبقه هستند؛

در ارتباط با سرانه مصرف انرژی برق و انواع الگوهای مسکن در سطح اطمینان ۹۹٪ می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- خانه‌های حیاط مرکزی دارای بیشترین میزان مصرف در بین سایر الگوها هستند؛
- خانه‌های ویلایی دارای کمترین مصرف نسبت به کل خانه‌ها به جز خانه‌های بافت فرسوده هستند؛
- خانه‌های یک طبقه دارای مصرف بیشتری نسبت به خانه‌های بافت فرسوده و آپارتمانی هستند.

در ارتباط با سرانه مصرف انرژی عملکردی و انواع الگوهای مسکن در سطح اطمینان ۹۹٪ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که:

- خانه‌های حیاط مرکزی دارای بیشترین میزان مصرف در بین سایر الگوها هستند؛
- خانه‌های ویلایی و بافت فرسوده دارای مصرف کمتری نسبت به خانه‌های ردیفی یک و دو طبقه و آپارتمانی هستند؛
- خانه‌های یک طبقه دارای مصرف بیشتری نسبت به خانه‌های ویلایی، بافت فرسوده، آپارتمانی و دو طبقه هستند.

در ارتباط با سرانه مصرف انرژی عملکردی و نوع سازه در سطح اطمینان ۹۹٪ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که:

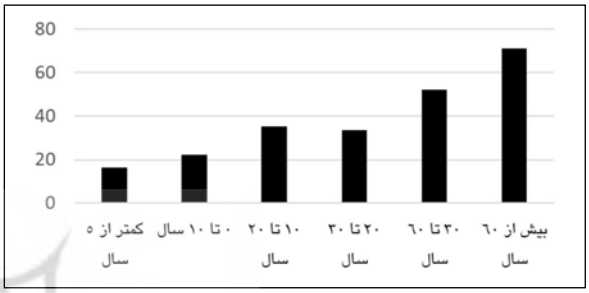
- سازه‌های اسکلت فلزی و اسکلت بتنی دارای مصرف کمتری نسبت به آجر و آهن و خشت و چوب هستند و در بین دو

سازه آخر، آجر و آهن مصرف انرژی عملکردی کمتری نسبت به سازه خشت و چوب دارد.

در ارتباط با سرانه مصرف انرژی عملکردی و عمر بنا همانطور که در نمودار ۴ نیز مشخص است در سطح اطمینان ۹۹٪ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با قدری اغماض، با افزایش عمر ساختمان بر میزان مصرف سرانه انرژی عملکردی نیز افزوده می‌شود.

در ارتباط با سرانه مصرف انرژی عملکردی و جهت‌گیری توده ساختمان در سطح اطمینان ۹۵٪ می‌توان به نتایج زیر اشاره کرد:

- خانه‌هایی که توده آنها در وسط قطعه واقع شده دارای مصرف کمتری نسبت به خانه‌هایی هستند که توده در جنوب شرقی، شمال شرقی و چهار طرف قطعه واقع شده است؛

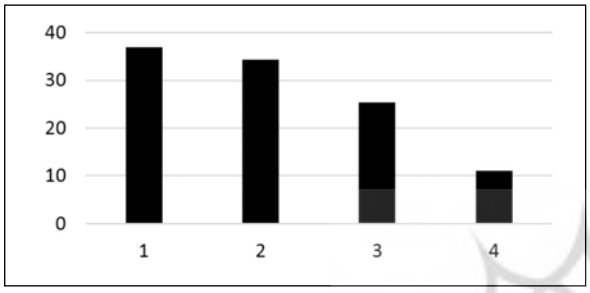


نمودار ۴- سرانه مصرف انرژی عملکردی (MJ) بر اساس عمر بنا.

- خانه‌های با جهت شمال شرقی، که از نور جنوب غربی بهره می‌گیرند دارای مصرف کمتری نسبت به خانه‌هایی هستند که توده در چهار سمت قطعه واقع شده است.

در ارتباط با سرانه مصرف انرژی عملکردی و تعداد زوایای آفتاب‌گیر در سطح اطمینان ۹۵٪ و با قدری اغماض می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با افزایش تعداد زوایای آفتابگیر، از سرانه مصرف انرژی عملکردی کاسته می‌شود.

و در آخر در ارتباط با سرانه مصرف انرژی عملکردی و نما در سطح اطمینان ۹۹٪ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ساختمان‌های دارای نمای آجر نما و سنگ هر دو دارای مصرف انرژی کمتری نسبت به نمای سیمان سفید هستند.



نمودار ۵- سرانه انرژی عملکردی بر اساس تعداد زوایای آفتاب گیر ساختمان (MJ).

نتیجه

مطالعه موجود نشان می‌دهد که بین الگوهای مسکن و مصرف انرژی رابطه وجود دارد، هرچند که این رابطه ساده نیست و تحت تاثیر دیگر متغیرها قرار دارد. به عنوان نتیجه‌گیری کلی از این پژوهش می‌توان چنین بیان داشت که خانه‌های حیاط مرکزی با میانگین ۶۵ گیگاژول بر مترمربع انرژی سالیانه بیشترین مصرف را به خود اختصاص داده‌اند و لذا ناکارآمدترین گونه سکونت از نظر میزان مصرف انرژی عملکردی تشخیص داده شده‌اند و در این رابطه یکی از دو گونه ویلایی یا بافت فرسوده به ترتیب با مصارف ۸ و ۴ گیگاژول بر مترمربع کاراترین الگو می‌باشند.

افزایش تراکم مسکونی در ترکیب با دیگر عناصر مثل تراکم اشتغال و شدت فعالیت می‌تواند مصرف انرژی در بخش حمل و نقل را کاهش دهد؛ ولی چنین ترکیبی لزوماً منجر به کاهش مصرف انرژی عملکردی ساختمان‌ها نمی‌شود. از تحقیقات قبلی و همچنین پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که تراکم شهری و الگوهای توسعه متراکم و کم تراکم هم تاثیرات مثبت و هم تاثیرات منفی بر مصرف انرژی ساختمان‌ها دارند. با این وجود مطالعات مختلف آشکار ساخته‌اند که یک نقطه تعادلی (عطفی) وجود دارد که در آن فواید صرفه‌جویی‌های انرژی ناشی از متراکم‌سازی ساختمان‌ها بر اثرات منفی آن (ممانعت تابش خورشید، روشنایی و تهویه طبیعی، افزایش استفاده از وسایل مکانیکی و ...) چیره می‌شود و غلبه پیدا می‌کند.

پیشنهادات برای تحقیقات بعدی و ادامه کار

پژوهش‌های جهانی ثابت نموده‌اند که شرایط و مشخصه‌های اجتماعی- اقتصادی خانوارها (ساکنین) در میزان و کم و کیف مصرف انرژی تاثیرگذار است که به دلیل محدودیت زمانی پژوهش حاضر و همچنین عدم همکاری سازمان‌های ذیربط در، در اختیار قرار دادن اطلاعات، این مهم مقدور نشد. لذا پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی در این زمینه نسبت به دخالت دادن این داده‌ها در تجزیه و تحلیل آماری اقدام شود. همچنین بهتر است داده‌های مربوط به خطوط توزیع نیرو و زیرساخت‌ها در مطالعات فرم شهر و مصرف انرژی دخالت داده شوند چرا که در ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر قرار دارند. در آخر باید به ذکر این نکته پرداخت که یک مطالعه جامع روی پایداری فرم شهر از منظر انرژی، زمانی کامل و جامع محسوب می‌شود که تمامی بخش‌های مصرف کننده انرژی در تمامی مقیاس‌های خرد، میانی و کلان در نظر گرفته شوند؛ لذا لازم است که حداقل سه بخش حملونقل، زیرساخت و مسکن در این تحقیقات در نظر گرفته شوند و هر سه این بخش‌ها در کلان‌ترین حالت تا جزئیترین حالت مورد مطالعه قرار گیرند.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم می‌باشد که با همکاری و حمایت مالی سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا) انجام شده است و نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از زحمات این سازمان تشکر و قدردانی نمایند.

پی‌نوشت‌ها

۱ برگرفته از سایت http://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/index.html.

۲ استفاده از منابع و اثرات محیطی مصارف خانوارها به عنوان یک بعد کلیدی توسعه پایدار شناخته شده است، هرچند که تمامی فعالیت‌های مصرفی لزوماً مشکل‌زا نیست. مطالعات متعددی سه گروه مجزای مصرفی را به عنوان حوزه‌های اصلی مشکل معرفی می‌کنند: مسکن، حمل‌ونقل و غذا. این سه حوزه ۸۰٪ اثرات مستقیم و غیر مستقیم محیطی خانوارها را تشکیل می‌دهند (Holden & Norland, 2005, 2145).

۳ در سال ۲۰۰۷ میلادی، بخش خانگی، عمومی و تجاری ایران بیش از ۴۳۲ (ملیون بشکه معادل نفت خام) انرژی مصرف کرده است که معادل حدوداً ۴۱ درصد کل انرژی مصرفی ایران است (برگرفته از شعبانی و دیگران، ۱۳۸۸، ۲۷۶-۲۸۸). همچنین این بخش (خانگی‌وتجاری) مسئول انتشار ۲۵,۱۶٪ از کل گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در سال ۱۳۸۹ می‌باشد (برگرفته از ترازنامه انرژی، ۹۸۳۱، ۶۷۲-۸۸۲).

۴ بر طبق گزارش انتشارات سال ۲۰۰۵، ایران شانزدهمین کشور تولید کننده گازهای گلخانه‌ای است (Wikipedia, 2014).

۵ اثرات محیطی مسکن تقریباً $\frac{1}{3}$ میانگین اثرات محیطی شهروندان را شامل می‌شود (Standardbakken, 2011, 8).

6 Jones, David; Architecture and Environment. London, Laurence King Publishing, 1998.

7 Embodied Energy.

8 Gray Energy.

9 Induced Energy.

10 Operational Energy.

11 Demolition /Recycling Energy.

12 Tenure.

13 Fuel Poverty.

14 Extent of glazing.

15 U-Values of Materials: انرژی پتانسیل درونی مصالح.

16 Obstruction Angle.

17 Passive Solar Gain.

۱۸ میزان مصرف انرژی گاز خانوارها در سال ۱۳۹۱ و نیمه اول سال ۹۲ با واحد متر مکعب (m^3) و با مراجعه به شرکت گاز استان فارس و میزان مصرف انرژی برق خانوارها در سال ۱۳۹۰ با واحد کیلو وات ساعت (kw/h) با مراجعه به شرکت توزیع نیروی برق شیراز جمع‌آوری شده است.

۱۹ جهت‌گیری جغرافیایی ساختمان به منظور تعیین موقعیت نسبی قرارگیری اعیان نسبت به عرصه در قالب جهت‌های جغرافیایی بیان شده تا مشخص شود که ساختمان در طی روز چگونه و تا چه اندازه‌ای از نور خورشید بهره‌مند می‌شود. بدین ترتیب که این متغیر اسمی در قالب جهت‌های جغرافیایی شمال، جنوب، ....، مرکز و چهار طرف قطعه (ساختمان‌های حیاط مرکزی) بیان می‌شود.

۲۰ این متغیر با توجه به موقعیت ساختمان و الگو و طراحی ساختمان تعداد زوایای آفتاب‌گیر را مشخص می‌کند. به عنوان مثال بعضی ساختمان‌های ردیفی وجود دارند که هم دارای حیاط در جلو و هم پشت ساختمان هستند یا به دلیل اینکه ساختمان واقع بر دو یا سه خیابان بوده از دو یا سه جهت دسترسی به نور خورشید داشته است.

21 Cochran.

22 Missing Data.

۲۳ در کل با حذف داده‌های گمشده از پایگاه داده، به طور کلی حدوداً ۴۸۰ واحد مسکونی با اطلاعات کامل مصرف برق و ۴۴۰ واحد مسکونی با اطلاعات کامل مصرف گاز برداشت شده است.

۲۴ با توجه به رابطه $J=Pa*m^3$ و این نکته که فشار گاز شهری معادل $\frac{1}{4}$ پوند بر اینچ مربع می‌باشد و اینکه هر پوند بر اینچ مربع تقریباً برابر است با ۶۸۹۴,۷۵۷۲۹ پاسکال، فشار گاز شهری برابر می‌شود با ۱۷۲۳,۶۸۹۳ پاسکال.

۲۵ هر یک کیلو وات ساعت برابر است با $۳,۶\times۱۰^۶$ ژول.

فهرست منابع

حاجی پور، خلیل (۱۳۹۱)، جزوه درس *برنامه‌ریزی مسکن*، دانشگاه شیراز، دانشکده هنر و معماری، شیراز.

شهرداری شیراز، معاونت برنامه‌ریزی، مدیریت آمار، فناوری و اطلاعات مکانی (۱۳۹۳)، *سایت شهرداری شیراز*، بازیابی از infotech/www.eshiraz.ir.

شعبانی، نسرین؛ رضایی قهرودی، زهرا و همکاران (۱۳۸۸)، *اصلاح الگوی مصرف؛ جلد ۱، انرژی*، انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، تهران.

کلانتری، خلیل (۱۳۸۲)، *پردازش و تحلیل داده‌ها در تحقیقات اجتماعی-اقتصادی با استفاده از نرم افزار SPSS*، نشر شریف، تهران.

هاراوی، جان (۱۳۷۹)، *درآمدی بر روش‌های آماری: کاربرد آمار در پژوهش*، ترجمه ملکمیان، لینا؛ برومندزاده، تقی، انتشارات دفتر پژوهش‌های فرهنگی، تهران.

دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی (۱۳۸۹)، *ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹*، انتشارات وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، تهران.

Akar, G, Chen, N, & Gordon, S. I (2013), Influence of Neighborhood Types on Trip Distances: A Case Study of Central Ohio, *92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board* (pp 1-19), TRB 2013 Annual Meeting, Washington, D.C.

Canadian Architect (2013, 02 14), *Retrieved from Measures of Sustainability*, http://www.canadianarchitect.com/asf/perspectives_sustainibility/measures_of_sustainablity/measures_of_sustainablity_intro.htm.

GHG Protocol (2015, 01 14), *GHG Protocol for Cities*, Retrieved from Greenhouse Gas Protocol: http://www.ghgprotocol.org/city-accounting.

Grubler, A (2012), Urban Energy Systems. In G. W. Team, *Global Energy Assessment (GEA) Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, pp 1307-1400.

Gul, M. S, & Patidar, S (2015), Understanding the Energy Consumption and Occupancy of a Multi-Purpose Academic Building, *Energy and Buildings*, 87, pp 155-165.

Holden, E, & Norland, I. T (2005), Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region, *Urban Studies*, 42, pp 2145-2166.

Holloway, D, & Bunker, R (2005), *Planning, Housing and Energy Use*, National Housing Conference - Building for Diversity. Perth.

Hui, S. C (2001), Low Energy Building Design in High Density Urban Cities, *Renewable Energy*, 24, 3, pp 624-640.

Kamal-Chaoui, L., Plouin, M (2012), *Cities and Green Growth: Case study of the Paris/Ile-de-France region*, OECD Regional Development Working Papers, OECD Publishing, Paris.

Marique, A.-F, & Reiter, S (2011), A method to evaluate the energy consumption of suburban neighborhoods, *HVAC&R Research*, 18, 1-2, pp 88-99.

Mitchell, G (2005), *Urban development, form and energy use in buildings: A review for the Solutions project*, Solutions and EPSRC Consortium, School of Geography and Institute for Transport Studies, University of Leeds. Retrieved from https://www.academia.edu/2733923/Urban_development_form_and_energy_use_in_buildings_A_review_for_the_solutions_project

Mohanty, B (2012), *Sustainable Urban Energy: A Sourcebook for Asia*, United Nations Human Settlements Programme (UN HABITAT Pub), Nairobi.

O' Leary, F, Howley, M, & Ó Gallachóir, B (2005), *Energy Consumption and CO2 Emissions in the Residential Sector 1990 – 2004*, Sustainable Energy Ireland, Irish Government, Dublin.

Opportunities, United Nations Environment Programme, Nairobi.

UNEP (2015, 09 17), *Why Buildings*, Retrieved from United Nations Environment Programme: http://www.unep.org/sbci/AboutSBCI/Background.asp

Ward, I. C (2008), What are the energy and power consumption patterns of different types of built environment?, *Energy Policy*, 36, pp 4622-4629.

Weinberg, S. L, & Knapp, S (2002), *Data Analysis for the Behavioral Sciences Using SPSS*, Cambridge University press, Cambridge.

Wikipedia (2014, 01 01), *List of countries by greenhouse gas emissions*, Retrieved from http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_greenhouse_gas_emissions.

Quadrelli, R, & Park, T (2013), *New Challenge: Doing so much more with so much less*, International Energy Agency, Paris.

Strandbakken, P (2011), *CORPUS Discussion Paper 1 on Sustainable Housing*, European Union Publications, Germany.

The Energy Sector Management Assistance Program (2014), *Planning Energy Efficient and Livable Cities; MAYORAL GUIDANCE NOTE #6*, The World Bank Publication, Washington.

Troy, P, Holloway, D, Pullen, S, & Raymond, B (2010), Embodied and Operational Energy Consumption in the City, *Urban Policy and Research*, 21, 1, pp 9-44.

UNEP (2007), *Buildings and Climate Change: Status, Challenges and*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی