تأثیر چگونگی هم‌جواری توده و فضا در بلوک‌های ساختمانی بر رفتار حرارتی درون بنا

(نمونهٔ موردی مسکن رایج در تهران)[1]

فاطمه مهدیزاده سراج[4]
دانشیار دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران

هانیه صنایعیان[2]

فرشاد نصراللهی[5]
مدرس دانشکدهٔ معماری دانشگاه هنر برلین

سیدمجید مفیدی شمیرانی[3]
استادیار دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران

کلیدواژگان: بلوک‌های شهری، مصرف انرژی، مکان قرارگیری بنا، نور روز.

چکیده

چگونگی قرارگیری ساختمان درون ساختگاه، موضوعی است که چندین دهه توجه معماران و شهرسازان را جلب کرده است. هدف از این مطالعه، تأثیر چیدمان واحدهای همسایگی بر میزان مصرف انرژی در داخل بنا است. در این تحقیق ساختمان‌ها به صورت مجزا در نظر گرفته نمی‌شوند، بلکه به منزلهٔ بخشی از یک بلوک شهری و با توجه به واحدهای همسایگی مطالعه می‌شوند.

در این مقاله شش حالت از بلوک‌های ساختمانی از نظر میزان مصرف انرژی سرمایشی در تابستان، انرژی گرمایشی در زمستان، و همچنین میزان انرژی لازم برای روشنایی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. برای مقایسهٔ کیفی فضاها نیز به ارزیابی میزان دسترسی به نور روز در حالات مختلف پرداخته می‌شود. منطقهٔ ۷ شهر تهران به علت بافت فرسوده‌اش و تمایل ساکنین برای نوسازی برای انجام پژوهش انتخاب گردید. به کمک نرم‌افزار جی آی اس مساحت، نسبت طول به عرض، و جهت‌گیری زمین‌ها به صورت میانگین محاسبه گردید. نمودارهای این تحلیل به کمک نرم‌افزار دیزاین بیلدر و انرژی پلاس به دست آمده‌اند. پس از بررسی‌های انجام‌شده، ساختمان‌های با حیاط مرکزی از لحاظ دسترسی به نور روز و میزان مصرف انرژی برای روشنایی در زمستان و تابستان بهترین گزینه هستند. این در حالی است که از دیدگاه مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی، نمونه‌های خطی (حالت رایج ساخت‌وساز در ایران) بهترین گزینهٔ انتخاب هستند.

۱. مقدمه

با افزایش نگرانی‌ها در خصوص تخریب محیط زیست و کاهش روزافزون سوخت‌های فسیلی، شهرسازان و طراحان شهری به مطالعهٔ تأثیرات بافت شهرها بر مصرف انرژی پرداختند، به همین منظور معماران نیز رفتار حرارتی داخل بنا را مطالعه کردند.[6]

پارامترهای متعددی در معماری و طراحی شهری برای استفادهٔ مناسب از انرژی‌های تجدید پذیر باید در نظر گرفته شوند. واحدهای همسایگی با توجه به مشخصه‌هایی مانند جهت‌گیری و قطعه‌بندی سایت[7]، تراکم داخل سایت[8] و مورفولوژی بنا[9]، می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که بالاترین میزان بهره‌وری از انرژی‌های طبیعی را داشته باشند.[10]

۱. این مقالــه برگرفتــه از پایان‌نامهٔ دکتری نویســندهٔ مســئول با عنوان *تأثیــر فرم فضــای نیمه‌باز بــر رفتار حرارتی، دسترســی به نور خورشــید و تهویه ســاختمان (نمونــهٔ موردی: بناهای مسکونی شــهر تهران)* است که به راهنمایی استادان دکتر فاطمه مهدیزاده ســراج و دکتر ســیدمجید مفیــدی شــمیرانی و مشــاورهٔ دکتر فرشاد نصراللهی در دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشــگاه علم و صنعت ایران در حال انجام است.

۲. دانشــجوی دکتــری معمــاری، دانشگاه علم و صنعت ایران. نویسندهٔ مسئول؛
hanieh_sanayeayan@yahoo.com

3. s_m_mofidi@iust.ac.ir

4. mehdizadeh@iust.ac.ir

5. farshad.nasrollahi@tu-berlin.de

۶. نک:
Taleghani et al, "The Effect of Different Transitional Spaces on Thermal Comfort and Energy Consumption of Residential Buildings".

7. Site Layout

8. density within a site

9. building shape

۱۰. نک:
ASHRAE, 2010.

پرسش‌های تحقیق

۱. نحوهٔ قرارگیری بنا درون سایت چگونه بر میزان مصرف انرژی گرمایشی در زمستان و سرمایشی در تابستان تأثیر می‌گذارد؟

۲. مکان بهینهٔ قرارگیری بنا درون سایت از دیدگاه دسترسی به نور روز کدام است؟

۳. نحوهٔ هم‌جواری توده و فضا در بلوک‌های ساختمانی چگونه بر رفتار حرارتی درون بنا اثر می‌گذارد؟

موقعیت قرارگیری واحدهای همسایگی نسبت به یکدیگر نقش مؤثری در میزان دسترسی هر واحد به انرژی خورشیدی دارد. جهت‌گیری و مکان قرارگیری هر واحد نسبت به واحدهای دیگر بر میزان دسترسی به نور خورشید و همچنین استفاده از الگوهای جریان هوا تأثیر می‌گذارد. چگونگی قرارگیری ساختمان درون سایت و الگوی استفاده از زمین بر روی درجهٔ حرارت خرداقلیم ایجادشده توسط بلوک‌های شهری نیز نقش بسزایی دارد.[۱۱]

بر اساس قوانین شهرداری تهران، سازندگان مجاز هستند که ۶۰ درصد سطح زمین را به بنا اختصاص دهند و ۴۰درصد دیگر را فضای باز در نظر بگیرند. عوامل متعددی در مکان‌یابی ساختمان در یک قطعه زمین می‌تواند مؤثر باشد؛ از جمله بافت شهری، دید و منظر، محرمیت، سیمای شهری، و قطعه‌بندی زمین. یکی از عوامل، که می‌تواند نقش کلیدی در این انتخاب داشته باشد، رفتار حرارتی و میزان مصرف انرژی درون بنا است، تا کنون به صورت کمّی، کمتر به این عامل پرداخته شده است.

در این مقاله تأثیر مکان قرارگیری بنا داخل سایت بر روی مصرف انرژی درون ساختمان مطالعه می‌شود. برای این پژوهش یکی از بافت‌های فرسودهٔ تهران که برای بهسازی در الویت است، محدودهٔ مورد مطالعه انتخاب شده و بر اساس قطعه‌بندی زمین‌ها، میانگین مساحت و ارتفاع، مکان‌های مختلف قرارگیری بنا از لحاظ مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی و روشنایی با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

۲. مکان‌یابی توده نسبت به فضای باز

«کدام فرم ساختمان در استفاده از زمین بهترین پاسخ را دارد؟» این سؤالی است که اواخر دههٔ ۱۹۶۰ ذهن بسیاری از معماران و شهرسازان به آن معطوف شده بود. این پرسش را برای اولین بار مارتین و مارچ[۱۲] در دانشگاه کمبریج مطرح کردند. محققان بسیاری به دنبال پاسخ این پرسش گشته‌اند و نتیجهٔ تحقیقات آن‌ها تأثیرهای بسیار مهمی بر شهرسازی گذاشته است.[۱۳]

برای رسیدن به جواب سؤال بالا باید کلیات «فرم ساختمان» و «استفاده از زمین» به طور کامل تعریف گردد و به معیارهای قابل‌اندازه‌گیری مانند نسبت سطح فرم ساخته‌شده به مساحت زمین و میزان دسترسی به نور خورشید تبدیل شوند. در خصوص فرم، محققان به بررسی تعدادی از اشکال ساده پرداختند

۱۱. نک:
Hachem et al., "Parametric Investigation of Geometric form Effects on Solar Potential of Housing Units"; Taleghani et al, "Environmental Impact of Courtyards- A Review and Comparison of Residential Courtyard Buildings in Different Climates"; C. Ratti and P. Richens, "Raster Analysis of Urban Form"; Loveday, "Towards the Integrated Thermal Simulation of Indoor and Outdoor Building Spaces".
12. March and Martin
۱۳. نک:
Martin, «Architect's Approach to Architecture».

و از دیدگاه میزان فضای باز به تودهٔ ساختمان و دسترسی به نور خورشید، آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که فرم حیاط مرکزی بهترین پاسخ برای پرسش بالا است (ت ۱).

در مراحل ابتدایی دو فرم حیاط مرکزی و فرم‌های برون‌گرا بررسی و مقایسه شدند. در گذشته ساختمان‌های حیاط مرکزی در بسیاری از نقاط دنیا کاربرد داشته است. فرم‌های برون‌گرا نیز با عنوان فرم غالب ساختمان‌ها، پس از جنبش مدرن بررسی شدند.

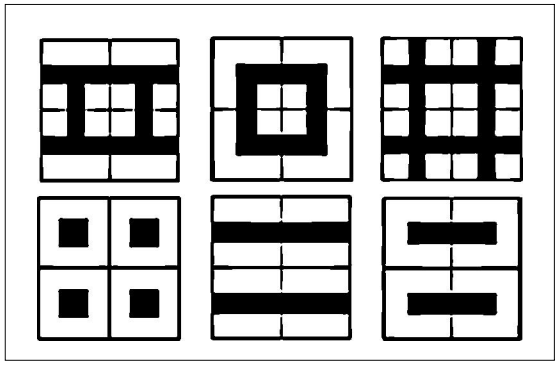
در «ت ۲» مقایسهٔ ردیفی از خانه‌ها با این دو فرم دیده می‌شود. هر دو ۵۰درصد از سایت را اشغال کرده‌اند و ارتفاع و مساحت یکسان دارند. هر ردیف شامل ۲۵ ساختمان حیاط مرکزی و ۴۹ ساختمان برون‌گرا است.

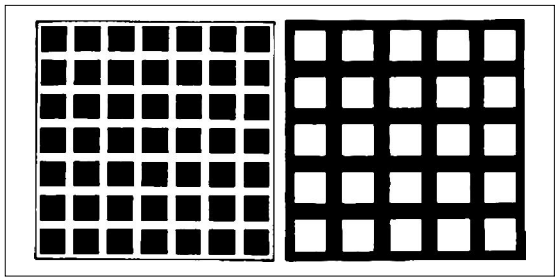
همان‌طور که در «ت ۲» مشاهده می‌شود، درصد فضای باز (رنگ سفید) در ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی بیشتر است، زیرا فضاهای باز بلوک‌ها با یکدیگر تلفیق می‌شوند. در حالی که در ساختمان‌های برون‌گرا فضای باز اطراف ساختمان قرار دارد و به اجزای کوچک‌تر تقسیم می‌شوند.

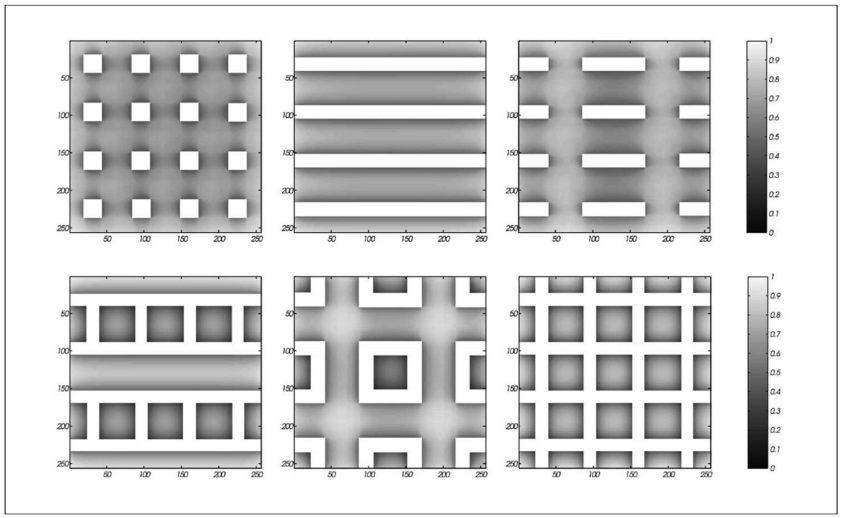
در دو سایت مشابه، ساختمان‌های با حیاط مرکزی با ۱/۳ ارتفاع ساختمان‌های برون‌گرا همان میزان سطح اشغال و عمق اتاق‌های ساختمان برونگرا را تأمین می‌کنند. درنتیجه از دیدگاه میزان فضای باز به توده، ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی بهترین پاسخ را داشتند.

اشکال بررسی‌شده در فرم بلوک‌های شهری مارتین و مارچ توجه محققین به‌ویژه پژوهشگرانی که به رفتار حرارتی فرم‌های شهری علاقه دارند، را جلب کرد.

نکته‌ای که بعدها به این مطالعات اضافه شد، نقش محیطی و رفتار حرارتی این فرم‌ها بود (ت ۳). سؤال اصلی این بود که آیا رفتار حرارتی این فرم‌ها نیز می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در استفاده از آن‌ها داشته باشد؟ به طور مثال گوپتا رفتار حرارتی و میزان دسترسی به نور خورشید این فرم‌ها را با توجه به فاکتورهایی چون ارتفاع ساختمان، عرض خیابان و جهت‌گیری







ت ۱ (راست، بالا). فرم کلی بلوک‌های شهری بر اساس طرح مارتین و مطالعهٔ اقلیمی آنها، مأخذ:
Ratti et al, "Building form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate".

ت ۲ (راست، پایین). بررسی دو فرم حیاط مرکزی و برونگرا، نقاط سیاه توده و لکه‌های سفید نشانگر فضا هستند، مأخذ:
L. Martin & L. March, Urban Space and Structures.

ت ۳ (چپ). فرم‌های بلوک‌های شهری، بر اساس طرح مارتین و مطالعهٔ اقلیمی آنها، مأخذ:
Ratti et al, "Building form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate".

نما، در اقلیم گرم و خشک با یکدیگر مقایسه کرد.

گوپتا برای تکمیل مطالعات خود، رابطهٔ میان برخورد نور خورشید بر هر متر مربع نما و میزان مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان را بررسی کرد.[۱۴]

استیمرس رابطهٔ میان خرداقلیم‌های شهری و فرم ساختمان را بررسی کرد. او نیز از فرم‌های مارتین و مارچ استفاده کرد و رابطهٔ میان تراکم ساختمان‌ها و مصرف انرژی را مطالعه کرد و به این نتیجه رسید که فرم حیاط مرکزی بهترین پاسخ را به شرایط اقلیمی لندن دارد.[۱۵]

رتی، ریدان، و استیمرس به مطالعه موردی این فرم‌ها در اقلیم گرم و خشک پرداختند. آن‌ها سه فرم را بررسی کردند. فرم اول ساختمان‌های واقع در بافت قدیمی و سه طبقه و دارای حیاط مرکزی هستند که تناسبات آن از شهرهای عربی مانند مراکش گرفته شده است. فرم دوم ساخمان‌های برون‌گرایی است که در همان بافت شهری با خیابان‌های باریک قرار دارند .حالت آخر نیز از ترکیب چهار خانه و حیاط مرکزی و با فرم برون‌گرا هستند که بیشتر به معماری معاصر نزدیک می‌شوند[۱۶] (ت ۴).

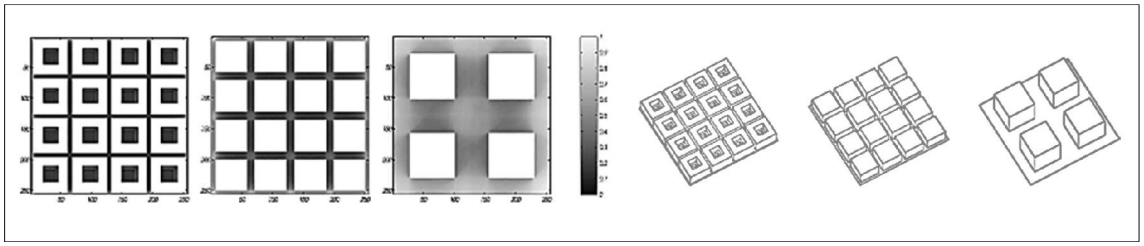
از دیدگاه آن‌ها مدل مارتین و مارچ بسیار ساده است و در عمل چنین فرم‌های ساده‌ای یافت نمی‌شود. درنتیجه تصمیم گرفتند در بافت شهری، یک نمونهٔ موجود را مطالعه و نسبت سطح به حجم بنا، غلظت سایه، دسترسی به نور خورشید، و دید به سمت آسمان را بررسی کنند. پس از مطالعات به این نتیجه رسیدند که در اقلیم گرم و خشک، فرم حیاط مرکزی بهترین پاسخ اقلیمی را دارد، لیکن فرم حیاط مرکزی در اقلیم گرم و مرطوب گزینهٔ مناسبی نیست. تناسبات بنا نیز عامل تعیین‌کننده‌ای در رفتار حرارتی بناها است و نتایج به‌دست‌آمده تنها برای موارد تحت آزمایش صادق است و هر حیاط مرکزی با هر ابعادی گزینهٔ بهتر نیست.

مرلو در ادامهٔ مطالعات رتی، تأثیر ابعاد ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی با کاربری اداری را بر روی مصرف انرژی روشنایی و حرارتی بررسی کردند (ت ۵) و به این نتیجه رسیدند که میزان انرژی مصرفی برای گرمایش چندان متأثر از تغییر فرم بلوک‌های شهری نیست، در حالی که انرژی لازم برای روشنایی با تغییر ابعاد بنا به میزان بیشتری تغییر می‌کند.[۱۷]

در کنار تحقیقات بیان‌شده، پژوهش‌های بسیاری برای بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر روی میزان دسترسی به نور خورشید و رفتار حرارتی در بافت شهری انجام شده است، لیکن مشکلی که اکثر مطالعات دارند ساده کردن بیش از حد بافت‌های شهری است، درنتیجه یافته‌های آن‌ها برای بافت‌ها و فرم‌های موجود قابل‌تعمیم نیست. بیشترین فرم‌های بررسی‌شده تا به امروز فرم‌های بیرون‌گرا[۱۸] و حیاط مرکزی[۱۹] هستند.

۳. بافت خیابان بهار، محدودهٔ مورد مطالعه

در مطالعاتی که تا کنون بر روی این موضوع انجام شده است، فرم‌های مورد مطالعه به طور معمول به صورت فرضی و به دور از واقعیت انتخاب گردیده‌اند. برای جلوگیری از این موضوع و قابل‌استفاده بودن نتایج، یکی از بلوک‌های شهر تهران محدودهٔ مورد مطالعه انتخاب گردید. در میان مناطق



ت ۴. مقایسهٔ فاکتور دید به آسمان (sky view factors) در خانه‌های سنتی دارای حیاط مرکزی در مراکش با خانه‌های برون‌گرای سه طبقه و شش طبقه، مأخذ: Ratti et al, ibid.

۱۴. نک:
Gupta, "Thermal Efficiency of Building Clusters: An Index for Non air-conditioned Buildings in Hot Climates".

۱۵. نک:
Steemers, "Energy and the City: Density, Buildings and Transport".

۱۶. نک:
Ratti et al., "Energy Consumption and Urban Texture".

۱۷. نک:
Morello et al, "Sustainable Urban Block Design through Passive Architecture (A tool that uses urban geometry optimization to compute energy savings)"

۱۸. نک:
Morello et al, ibid.

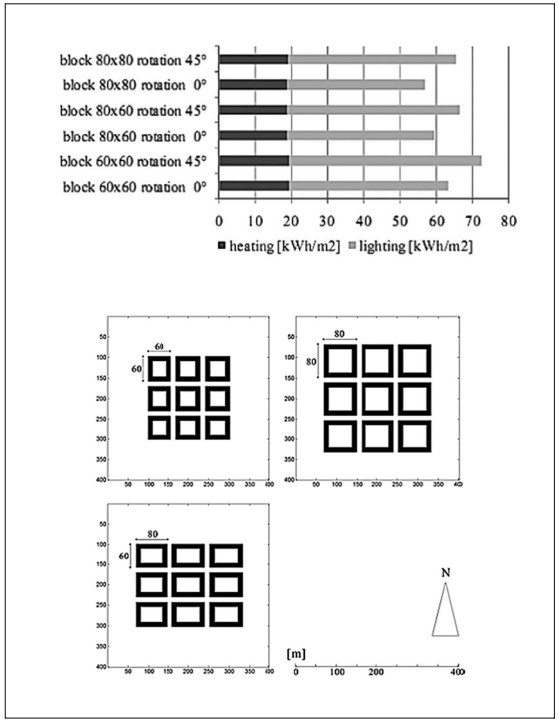
۱۹. نک:
J.H. Kmpf and D. Robinson, "Optimisation of Building form for Solar Energy Utilisation Using Constrained Evolutionary Algorithms».

مختلف شهر تهران، منطقهٔ ۷ به دلایل زیر گزینهٔ مناسب تشخیص و بررسی شد:

- دارا بودن سابقهٔ سکونت شهری طولانی و ثبیت ساختار شهری؛
- قرارگیری در مرکز شهر تهران؛
- بافت فرسوده منطقه و تمایل ساکنین آن برای بازسازی.

این محدوده از شهر تهران با بزرگراه صیاد شیرازی و خیابان شریعتی به سه بخش تقسیم می‌شود:

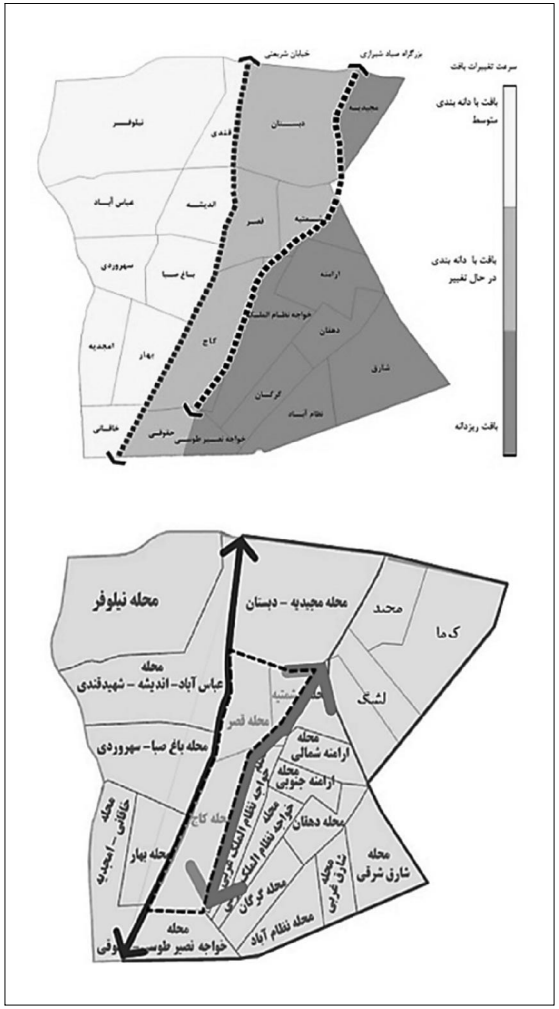
۱. بخش شرقی واقع در شرق بزرگراه صیاد شیرازی
۲. بخش میانی ما بین خیابان شریعتی و بزرگراه صیاد شیرازی
۳. بخش غربی واقع در غرب خیابان شریعتی.



ت ۵ (راست). بررسی میزان مصرف انرژی گرمایش و روشنایی در شش بلوک شهری در تناسبات مختلف، مأخذ: Morello and Ratti, "Sunscapes: 'Solar Envelopes' and the Analysis of Urban DEMs".

با مقایسهٔ ابنیه در این سه بخش نتایج زیر حاصل می‌شود (ت ۶):

- بافت منطقه در شرق بزرگراه صیاد شیرازی ریزدانه و فشرده است (غلبهٔ توده بر فضا).
- نواحی شمال غربی منطقه بافتی متعادل به لحاظ رابطهٔ توده و فضا دارند.



ت ۶ (چپ). تقسیم منطقه به سه بخش با بزرگراه صیاد شیرازی و خیابان شریعتی، مأخذ: مهندسین مشاور پی‌کده، *جلد دوم طرح توسعه و بهسازی بزرگراه شهید صیاد شیرازی: مطالعات کالبدی حوزهٔ بلافصل*.

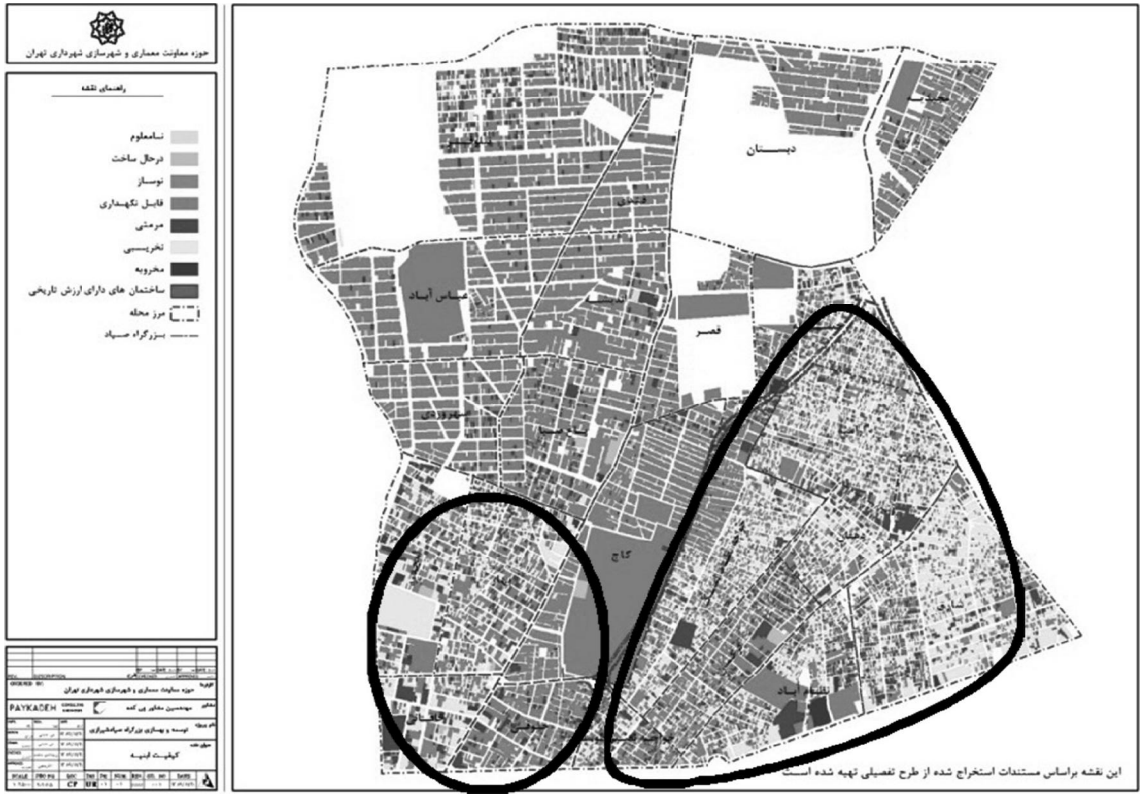
ـ بسیاری از ابنیه در بخش شرقی منطقه نسبت به بزرگراه صیاد شیرازی کیفیت ساختمانی نازلتری دارند .
ـ ابنیـــه در نیمهٔ غربی کیفیت مطلوب‌تـــری دارند و میزان ابنیهٔ نوســـاز و یا با قدمت اندک در این محدوده بیشتر از شرق منطقه است.

همان‌گونه که در «ت ۷» مشخص است، در قسمت‌های علامت‌گذاری‌شده، ابنیه کیفیت پایین‌تری نسبت به بقیهٔ مناطق دارند. درنتیجه هریک از این دو بخش می‌توانند گزینهٔ مناسب برای مطالعات این پژوهش باشند. بخش بزرگ‌تر در قسمت شرقی و بخش کوچک‌تر در قسمت غربی منطقه قرار دارند.

پس از بررسی‌های لازم، بخش جنوب غربی منطقه محدودهٔ پژوهش انتخاب گردید. این بخش بافتی نیمه‌متراکم، ابنیهٔ فرسوده، و دانه‌بندی متوسط دارد. این بخش از سمت شرقی به خیابان شریعتی و از سمت غرب به خیابان بهار محدود می‌شود. کشیدگی زمین‌ها شمالی‌ـ جنوبی با چرخش ۳۰ ، نسبت طول به عرض ۱/۳، میانگین مساحت ۴۰۰ متر مربع و تعداد طبقات ۴ است.

همان‌گونه که در «ت ۸» مشاهده می‌شود، ابعاد زمین‌ها ۱۳×۳۶ است که با توجه به میزان سطح اشغال مجاز (۶۰ درصد زمین) ابعاد ۱۳×۲۱/۶ قابل‌ساخت است. برای انتخاب فرم‌های قابل‌ساخت در زمین، دو سایت هم‌جوار با یکدیگر تجمیع و یک سایت در نظر گرفته می‌شوند.

بر اساس قانون شهرداری هیچ مجموعه‌ای به نصب پنجره بر



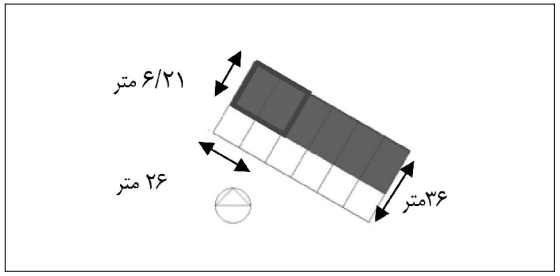
ت ۷. کیفیت ابنیه: کیفیت ابنیه در محلات شارق، دبستان، ارامنه، و خواجه نظام در نیمهٔ شرقی و محلات امجدیه، بهار، و خاقانی در نیمهٔ غربی نسبت به سایر محلات نازل‌تر است، مأخذ: همان.

روی دیوار حیاط همسایه پنجره مجاز نیست. درنتیجه در حالاتی که ملزم به ایجاد پنجره است، سازنده مجاز است ۶۰درصد طول زمین به‌علاوهٔ ۲ متر را بسازد و به ازای این مساحت اضافه‌شده به بنا، نورگیر ایجاد کند. این نکته در شبیه‌سازی مدل‌ها رعایت شده است.

۴. اقلیم تهران

شهر تهران در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه، و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۹۱ متر واقع شده است. این شهر با توجه به گستردگی، ایستگاه‌های هواشناسی متعددی دارد. در این مقاله از اطلاعات هواشناسی ایستگاه مهرآباد تهران استفاده شده است. این ایستگاه در زیر اقلیم سرد و نیمه‌گرم و خشک واقع شده است.

«ت ۱۰» میزان انرژی خورشید که به صورت مستقیم و غیرمستقیم به زمین می‌رسد را به گونه‌ای که در شبیه‌سازی استفاده شده نمایش می‌دهد.



۵. زمینهٔ پژوهش

موضوع مورد مطالعه در این پژوهش، در سال‌های اخیر، بسیار جلب توجه کرده است. معماری پایدار و همساز با اقلیم همواره به دنبال راهی برای استفادهٔ حداکثر از انرژی‌های طبیعی و نور روز و به حداقل رساندن مصرف انرژی‌های فسیلی است.

آنچه که در این پژوهش دنبال می‌شود، بررسی مصرف انرژی برای سرمایش و گرمایش درون بنا و بررسی دسترسی بلوک‌ها به نور روز است. برای دستیابی به این هدف نرم‌افزار دیزاین بیلدر[20] (ت ۹) که یک برنامهٔ شبیه‌ساز در زمینهٔ انرژی است، استفاده و نتایج حاصل از آن از خروجی انرژی پلاس[21] حاصل می‌شود.

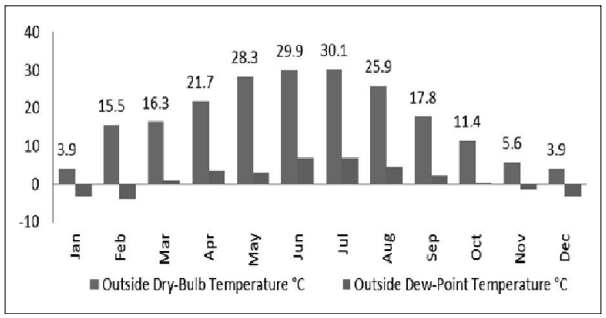
در حال حاضر نتایج حاصل از برنامهٔ انرژی پلاس مورد تأیید بسیاری از نهادهای بین‌المللی و محققین است و مقالات فراوانی در تأیید و آزمایش آن تألیف شده است.[22]

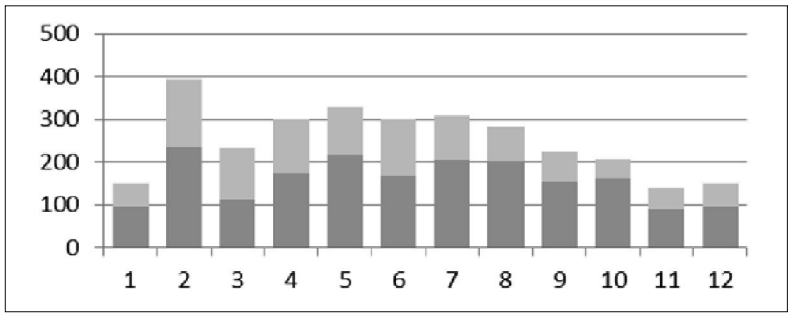
برای مقایسه و تغییر میزان مصرف انرژی سرمایش و گرمایش درون ساختمان، یک سیستم سادهٔ تهویهٔ مطبوع بر اساس آنچه در تهران متداول است، در سیستم برای بلوک‌ها قابل‌تعریف است که برای همهٔ مدل‌ها به صورت یکسان تعریف می‌شود.

یکی از روش‌های ساده برای بررسی نور روز، اندازه‌گیری درصد شار نور روز است[23] که نشان‌دهندهٔ درصد شار نور روز است که بر یک سطح افقی برخورد می‌کند. در واقع مقدار این درصد نشان‌دهندهٔ نقاط تاریک و روشن بنا است.

20. Design Buider
21. Energy Plus
22. www.eere.energy.gov
23. DF: Daylight Factor

ت ۸ (راست، بالا). قطعه‌بندی زمین در خیابان بهار.
ت ۹ (راست، پایین). درجهٔ حرارت خارج ساختمان در تهران (دیزاین بیلدر).
ت ۱۰ (چپ). نمودار میزان دسترسی به انرژی خورشیدی.
(مأخذ ت۸ تا ت۱۰: نویسندهٔ مسئول)





۶. روند شبیه‌سازی

مکان قرارگیری تودهٔ ساختمان درون سایت در شش حالت کلی بررسی می‌شود (ت ۱۱). همهٔ مدل‌ها سطح اشغال، ارتفاع، تناسبات، مصالح و جهت‌گیری یکسانی دارند و ۶۰% از سایت با ساختمان پوشیده شده است. در هر ردیف بلوک ساختمانی شش بلوک در نظر گرفته شده است که تنها مصرف انرژی دو بلوک میانی که در روبه‌روی یکدیگر واقع شده‌اند، تجزیه‌وتحلیل شده است. حالت نخست که در این مقاله به آن به اصطلاح تیپیکال[۲۴] گفته می‌شود، مدل متداول و دارای مجوز ساخت در تهران است. در این مدل ساختمان در قسمت شمالی سایت قرار می‌گیرد. در بلوک‌های جنوبی، نورگیرهایی در جدارهٔ دیوار همسایه در نظر گرفته شده‌اند که تأمین‌کنندهٔ نور بلوک‌ها هستند. مدل خطی[۲۵] به حالتی اطلاق می‌شود که بناها در شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین بخش زمین قرار می‌گیرند؛ در این حالت نیازی به ایجاد پاسیو نیست و نور بلوک‌ها از پنجره‌هایی که به حیاط بلوک یا خیابانِ باز می‌شوند، تامین می‌گردد. ساختمان‌های حیاط مرکزی[۲۵] کاملاً درون‌گرا هستند که هر بلوک در آن‌ها به فرم L درآمده است. این بلوک‌های Lشکل در دو سایت مجاور به گونه‌ای چرخیده‌اند که یک فضای باز میانی ما بین آن‌ها ایجاد می‌شود. با چرخش بلوک‌های L شکل، مدل‌های شهری U و L حاصل شده است که هر دو آن‌ها برای نورگیری مناسب به پاسیو نیاز دارند. مدل آخر پاویلیون[۲۷] است که به بناهای کامل برون‌گرا اشاره دارد.

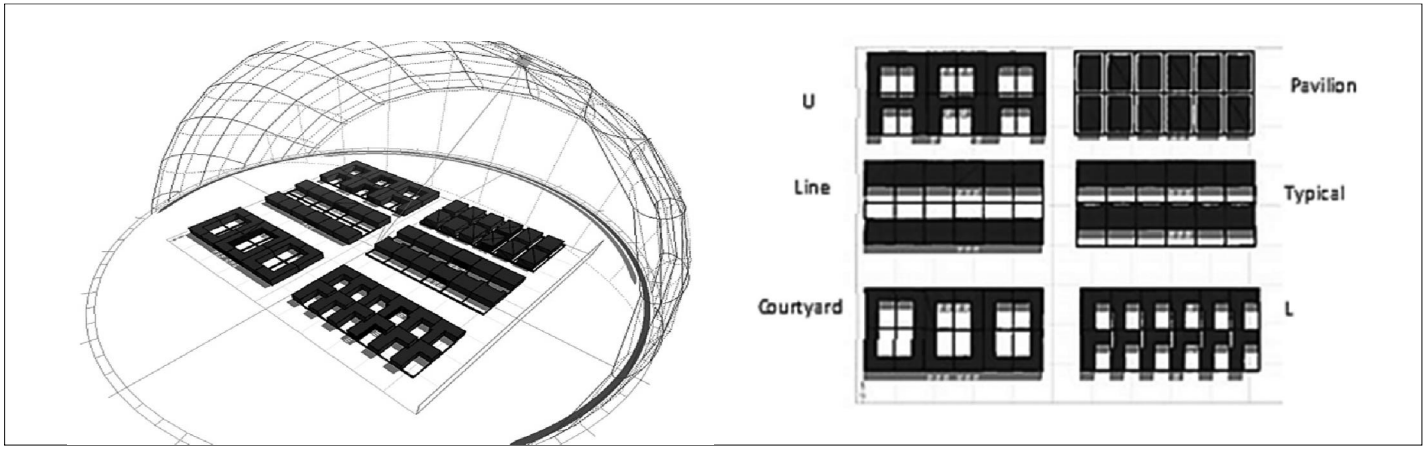
ضریب انتقال حرارت[۲۸] مصالح انتخاب‌شده برای دیوارهای خارجی، در روند شبیه‌سازی برابر ۰/۶۴۰ و مقدار آن برای بام ۰/۳۱۰ قرار داده شده است که مطابق با مبحث ۱۹ ساختمان است. ۳۰درصد سطح نما با شیشه پوشیده شده است که این میزان در منطقهٔ مورد مطالعه بیشتر معمول است (ت ۱۲).

مبحث ۱۹		
اجزای ساختمان	مقاومت حرارتی (M.K/W)Rt	ضریب انتقال حرارت عنصر (W/M.K)U=1/R
دیوارهای پوستهٔ خارجی ساختمان	۱/۵۶	۰/۶۴
جزئیات دیوارهای مجاور فضاهای کنترل‌نشده (دیوار سمت همسایه)	۱/۵۳۷	۰/۶۵
جزئیات بام‌های مجاور هوای آزاد (آخرین سقف)	۳/۱۷	۰/۳۱

Heating Setpoint Temperature = 22° C
Cooling Setpoint Temperature = 27° C

24. Typical
25. Line
26. Courtyard
27. Pavilion
28. U-Value

ت ۱۱ (بالا). مقادیر مطرح در مبحث ۱۹.
ت ۱۲ (پایین). فرم‌های بررسی‌شده از لحاظ مصرف انرژی.
(مأخذ ت ۱۱ و ۱۲: نویسندهٔ مسئول، بر اساس خروجی نرم‌افزار دیزان بیلدر)



۷. نتایج شبیه‌سازی

۷. ۱. مقایسهٔ میزان مصرف انرژی برای سرمایش و گرمایش

نمودار میزان مصرف انرژی برای سرمایش بناها در تابستان (اول تیر تا آخر شهریور) و نمودار مصرف انرژی برای گرمایش در زمستان (اول دی تا آخر اسفند) در «ت ۱۴ و ۱۵» نشان داده شده است. همانطور که در نمودار ها مشاهده می‌شود، در هر دو فصل، فرم Typical کمترین میزان مصرف انرژی را داراست .بعد از آن با اختلاف بسیار کمی فرم LINE بهترین فرم محسوب می‌شود. فرم برون‌گرا در هر دو فصل بیشترین مصرف انرژی را داراست.

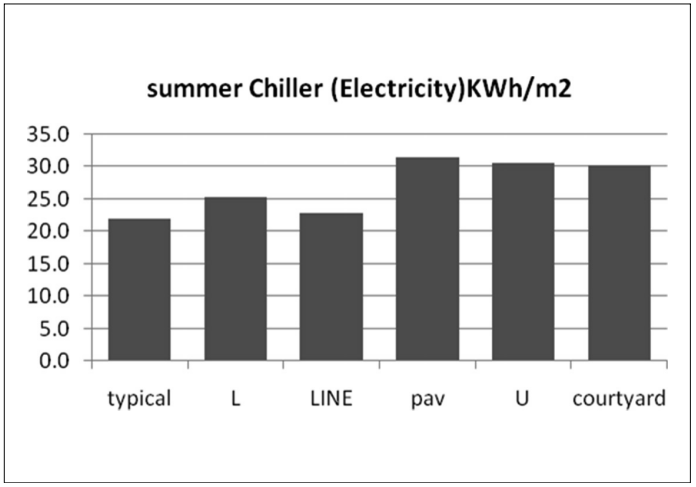
بیشتری میزان مصرف انرژی در تابستان (ت ۱۳) برای خنک کردن بنا، در سه فرم U، پاویلیون و حیاط مرکزی Courtyard دیده می‌شود. در این سه حالت ایجاد پنجره بر روی اضلاع شرق و غرب بنا، باعث افزایش دریافت انرژی خورشیدی و در نتیجه بالا رفتن دمای ساختمان می‌شود.

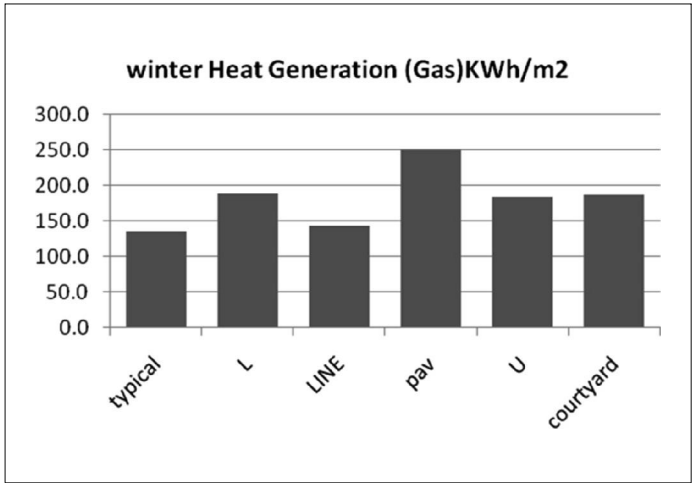
در فرم L نبز پنجره های شرقی وجود دارند، ولیکن پنجره‌های غربی (به علت قانون شهرداری) درون پاسیو قرار می‌گیرند که باعث کاهش دریافت نور خورشید توسط پنجره‌ها در ضلع غرب می‌شود.

در فصل زمستان در میزان مصرف انرژی گاز برای گرمایش در فرم‌های مختلف، تفاوت بسیار است (ت ۱۴). سه فرم L، U، و حیاط مرکزی (که از ترکیب ساختمان‌هایی با فرم L ایجاد شده‌اند)، در زمستان به یک میزان به انرژی سرمایش نیاز دارند. این‌گونه می‌توان نتیجه گرفت که بسته به فرم بنا در فصل زمستان، فضای باز میان بناها بیشتر بر مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد. این رفتار را می‌توان در دو فرم تیپیکال و خطی، که شباهت‌هایی در بخش ساخته‌شده دارند، مشاهده کرد. بیشترین اختلاف مصرف انرژی در کل سال، بین فرم تیپیکال و پاویلیون ۱۲۲/۲ kw/m2 است که مقدار قابل‌ملاحظه‌ای است و بیانگر اهمیت چگونگی جای‌گیری بنا درون سایت است.

مقایسهٔ میزان مصرف انرژی برای روشنایی

از نظر میزان مصرف انرژی برای روشنایی، فرم حیاط مرکزی کمترین میزان مصرف انرژی و فرم L بیشترین مصرف انرژی را در این زمینه دارند (ت ۱۶)؛ لیکن با توجه به این موضوع که



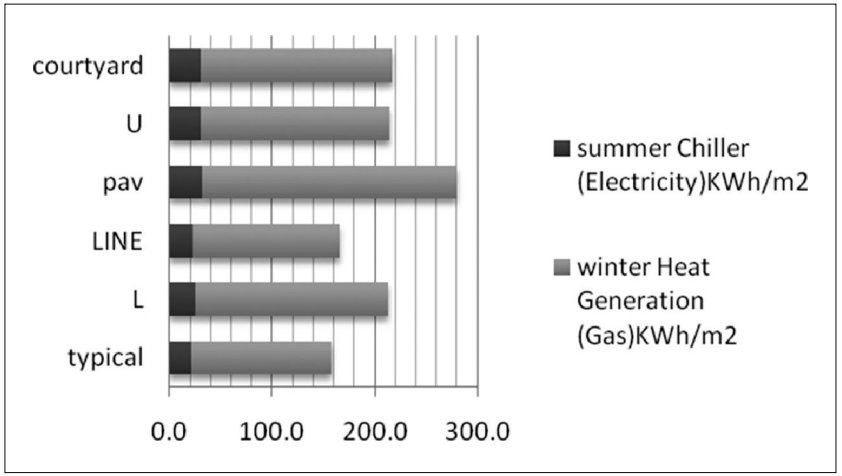


ت ۱۳ (راست). مصرف انرژی سرمایشی Design Builder
ت ۱۴ (چپ). مصرف انرژی گرمایشی Design Builder
(مأخذ ت ۱۳ و ۱۴: نویسندهٔ مسئول، بر اساس خروجی نرم‌افزار دیزان بیلدر)

مصرف انرژی برق برای سرمایش بسیار بیشتر از میزان انرژی لازم برای روشنایی است، درنتیجه با در نظر گرفتن مجموع انرژی برق لازم برای ساختمان‌ها (ت ۱۶)، باز فرم Typical بهترین گزینه محسوب می‌شود (ت ۱۱).

مقایسهٔ دسترسی به نور روز در فرم‌های مختلف

از دیدگاه دسترسی به نور روز، فرم‌های بیرون گرا و حیاط مرکزی، بیشترین میزان دسترسی را دارند و میزان نقاط تاریک در آن‌ها به حداقل می‌رسد. فرم Typical و L کمترین دسترسی را به نور روز دارند. همان‌گونه که در تصاویر «ت ۱۷» مشاهده می‌شود، بیشترین نقاط تاریک در دو فرم فوق است.



ت ۱۵ (بالا). مجموع مصرف انرژی برای سرمایش و گرمایش Design Builder.

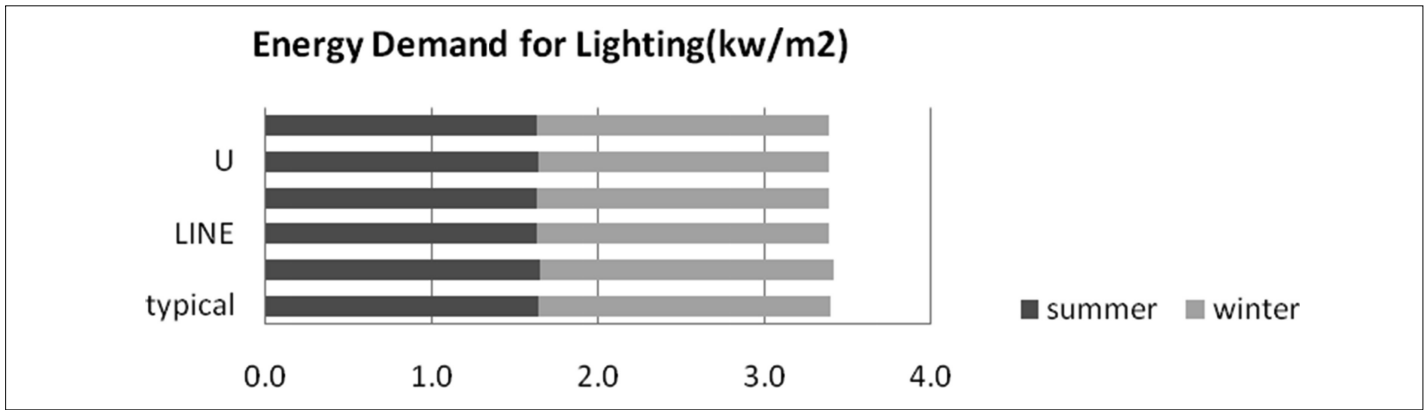
ت ۱۶ (پایین). مصرف سالانهٔ انرژی الکتریسته برای روشنایی.
(مأخذ ت ۱۵ و ۱۶: نویسندهٔ مسئول، بر اساس خروجی نرم‌افزار دیزان بیلدر)

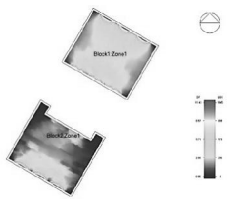
۸. نتیجه‌گیری

مکان قرارگیری ساختمان درون سایت نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان مصرف انرژی و دسترسی به نور روز دارد. هدف از این مقاله مقایسهٔ فرم‌های مختلف مکان‌یابی تودهٔ درون سایت از دیدگاه مصرف انرژی است، به گونه‌ای که فرم بهینه در این زمینه به دست آید.

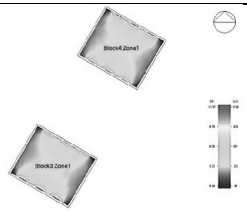
از مقایسهٔ میان فرم‌های مختلف این نتیجه حاصل می‌شود که آنچه امروزه به صورت متداول در حال ساخت است، از نظر مصرف انرژی در تابستان و زمستان، کمترین میزان مصرف انرژی را دارد؛ لیکن از دیدگاه دسترسی به نور روز، بسیار ضعیف است و نقاط تاریک بسیاری دارد.

این در حالی است که فرم خطی از نظر مصرف انرژی، تفاوت چندانی با فرم متداول ندارد؛ در حالی که نقاط تاریک کمتر و دسترسی به نور روز بیشتری دارد که به کیفیت فضاها می‌افزاید.

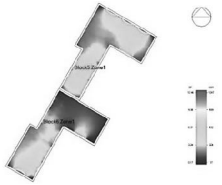




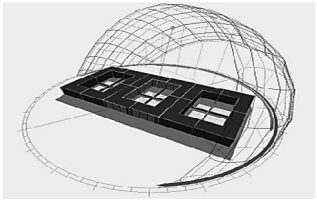
Zone	Average Daylight Factor (%)
Block 2	2.09
Block 1	3.43
Total	2.76

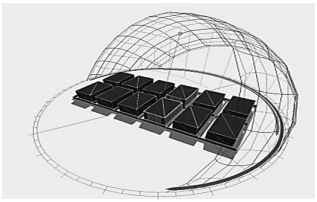


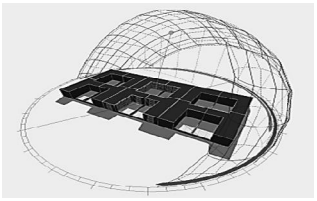
Zone	Average
Daylight Factor (%)	
Block 3	3.69
Block 4	3.69

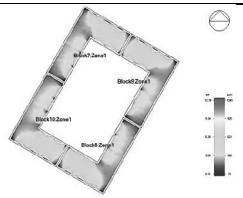


Average Daylight Factor (%)	Zone
Zone	3.96
Block 5	2.58
Block 6	3.27

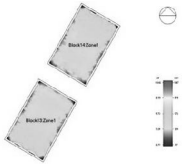




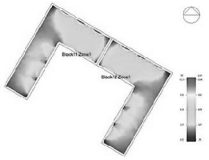




Zone	Average Daylight Factor (%)
Block7	4.01
Block 8	4.01
Block 10	4.06
Block 9	3.99
Total	4.02



Zone	Average Daylight Factor (%)
Block 13	4.15
Block 14	4.19
Total	4.17



Zone	Average Daylight Factor (%)
Block 11	3.92
Block 12	3.94
Total	3.93

ت ۱۷. دسترسی به نور روز؛ مأخذ: نویسندهٔ مسئول، بر اساس خروجی نرم‌افزار دیزان بیلدر.

منابع و مآخذ

مهندسین مشاور پی‌کده، جلد دوم طرح توسعه و بهسازی بزرگراه شهید صیاد شیرازی: *مطالعات کالبدی حوزهٔ بلافصل*، کارفرما: حوزهٔ معاونت معماری و شهرسازی تهران، ۱۳۹۰.

ASHRAE 2010. ASHRAE Standard 55–2010. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.* Atlanta, GA: ASHRAE

Gupta, V. «Thermal Efficiency of Building Clusters: An Index for Non air-conditioned Buildings in Hot Climates», in *Energy and Urban Built Form.* Butterworth-Heinemann, 1987.

Hachem, C. & A. Athienitls & P. Fazio. "Parametric Investigation of Geometric form Effects on Solar Potential of Housing Units", in *Solar Energy,* 85 (2011), pp. 1864-1877.

Kämpf, J.H. & D. Robinson. "Optimisation of Building form for Solar Energy Utilisation Using Constrained Evolutionary Algorithms», in *Energy and Buildings,* 42 (2010), pp. 807-814.

Loveday, D.L & M. Malekzadeh. "Towards the Integrated Thermal Simulation of Indoor and Outdoor Building Spaces", in *Air Conditioning and the Low Carbon Cooling Challenge*, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 27-29 July 2008. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, http://nceub.org.uk.

Martin, L. "Architect's Approach to Architecture", in *R.I.B.A. Journal*, May 1967.

Martin, L. & L. March. *Urban Space and Structures,* UK, Cambridge University Press, 1972.

Morello, E. & V. Gori & C. Balocco & C. Ratti. "Sustainable Urban Block Design through Passive Architecture (A tool that uses urban geometry optimization to compute energy savings)", in *Proceedings of the 26nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture* , Quebec City, Canada, 2009, pp. 146-151.

Morello, E. & C. Ratti. "Sunscapes: 'Solar Envelopes' and the Analysis of Urban DEMs", in *Computers, Environment and Urban Systems,* 33 (2009), pp. 26-34.

Ratti, C. & N. Baker & K. Steemers. "Energy Consumption and Urban Texture", in *Energy and Buildings,* 37 (2005), pp. 762-776.

Ratti, C. & D. Raydan & K. Steemers. "Building form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate", in *Energy and Buildings,* 35 (2003), pp. 49-59.

Ratti, C. & P. Richens. "Raster Analysis of Urban Form", in *Environment and Planning B: Planning and Design,* 31 (2004), pp. 297-309.

Steemers, K. "Energy and the City: Density, Buildings and Transport", in *Energy and Buildings,* 35 (2003), pp. 3-14.

Taleghani, M. M. Tenpierik & A. Dobbelsteen. "The Effect of Different Transitional Spaces on Thermal Comfort and Energy Consumption of Residential Buildings", in *7th Windsor Conference: The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World Cumberland Lodge,* Windsor, UK: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2012a.

Taleghani, M. M. Tenpierik & A. Dobbelsteen. "Environmental Impact of Courtyards- A Review and Comparison of Residential Courtyard Buildings in Different Climates", in *Green Building*, 2012b.

www.eere.energy.gov