

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

(نمونه موردی مسکن رایج در تهران)<sup>۱</sup>

هانیه صنایعیان<sup>۲</sup>

سیدمجید مفیدی شمیرانی<sup>۳</sup>

استادیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران

فاطمه مهدیزاده سراج<sup>۴</sup>

دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران

فرشاد نصراللهی<sup>۵</sup>

مدرس دانشکده معماری دانشگاه هنر برلین

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

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 گزینه انتخاب هستند.

## ۱. مقدمه

با افزایش نگرانی‌ها در خصوص تخریب محیط زیست و کاهش روزافزون سوخت‌های فسیلی، شهرسازان و طراحان شهری به مطالعه تأثیرات بافت شهرها بر مصرف انرژی پرداخته به همین منظور معماران نیز رفتار حرارتی داخل بنا را مطالعه کردند.<sup>۶</sup>

پارامترهای متعددی در معماری و طراحی شهری برای استفاده مناسب از انرژی‌های تجدیدپذیر باید در نظر گرفته شوند. واحدهای همسایگی با توجه به مشخصه‌هایی مانند جهت‌گیری و قطب‌بندی سایت، تراکم داخل سایت،<sup>۷</sup> و مورفولوژی بنا،<sup>۸</sup> می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که بالاترین میزان بهره‌وری از انرژی‌های طبیعی را داشته باشند.<sup>۹</sup>

## چکیده

چگونگی قرارگیری ساختمان درون ساختمانه، 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 منزله 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 مقایسه کلی، فضاها نیز به ارزیابی میزان دسترسی به نور روز در حالات مختلف پرداخته می‌شود. منطقه ۷ شهر تهران به علت بافت فرسوده‌اش و تمایل ساکنین برای نوسازی برای انجام پژوهش انتخاب گردید. به کمک نرم‌افزار جی‌آی‌اس مساحت، نسبت طول به عرض، و جهت‌گیری زمین‌ها به صورت میثاقین محاسبه گردید. نمودارهای این تحلیل به کمک نرم‌افزار دیزاین پلنر و انرژی پلاس به دست آمدند.

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری نویسنده مسئول با عنوان تأثیر فرم فضایی نیمه‌باز بر رفتار حرارتی دسترسی به نور خورشیدی و تهیه ساختمان (نمونه موردی) پهنای مسکنی شهر تهران است که به راهنمایی استاذان دکتر فاطمه مهدیزاده سراج و دکتر سیدمجید مفیدی شمیرانی و مشاوران دکتر فرهاد نصراللهی در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران در حال انجام است.  
۲. دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، نویسنده مسئول؛  
hanieh\_sanayeyan@yahoo.com  
۳. s\_m\_mofidi@iust.ac.ir  
۴. mehdi\_zadeh@iust.ac.ir  
۵. farshad.nasrollahi@tu-berlin.de

۶. درک، 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. ASHRAE 2010.

### پرسش‌های تحقیق

۱. نحوه قرارگیری بنا درون سایت چگونه بر میزان مصرف انرژی گرمایشی در زمستان و سرمایشی در تابستان تأثیر می‌گذارد؟
۲. مکان بهینه قرارگیری بنا درون سایت از دیدگاه دسترسی به نور روز کدام است؟
۳. نحوه 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 درجه حرارت خرداقلیم ایجادشده توسط بلوک‌های شهری نیز نقش بسزایی دارد.<sup>۱۱</sup>

بر اساس قوانین شهرداری تهران، سازندگان مجاز هستند که ۶۰ درصد سطح زمین را به بنا اختصاص دهند و ۴۰ درصد 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 عواملی که می‌تواند نقش کلیدی در این انتخاب داشته باشد، رفتار حرارتی و میزان مصرف انرژی درون بنا است، تاکنون به صورت کمی، 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 فرسوده تهران که برای بهسازی در الیه است، محدوده 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 دهه ۱۹۶۰ ذهن بسیاری از معماران و شهرسازان به آن مطوف شده بود. این پرسش را برای اولین بار مارتین و مارچ<sup>۱۲</sup> در دانشگاه کمبریج مطرح کردند. محققان بسیاری به دنبال پاسخ این پرسش گشته‌اند و نتیجه تحقیقات آن‌ها تأثیرهای بسیار مهمی بر شهرسازی گذاشته است.<sup>۱۳</sup>

برای رسیدن به جواب سؤال بالا باید کلیات «فرم ساختمان» و «استفاده از زمین» به طور کامل تعریف گردد و به مباحثی 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 پرداخته

۱۱. نگه:

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, "Master Analysis of Urban Form"; Loveday, "Towards the Integrated Thermal Simulation of Indoor and Outdoor Building Spaces"; 12. March and Martin

۱۲. نگه:

Martin, "Architect's Approach to Architecture.

ت ۱ (راسته بالا)، فرم کلی بلوکهای شهری بر اساس طرح مارزین و مطالعه آلایمی. تهیه مأخذ: Ratti et al. "Building form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate".  
 ت ۲ (راسته پایین)، بررسی دو فرم حیاط مرکزی و برونگرا. تقاطع سیله توده و لکهای سفید نشانگر فضا هستند مأخذ:

L. Martin & L. March, Urban Space and Structures.

ت ۳ (چپ)، فرمهای بلوکهای شهری، بر اساس طرح مارزین و مطالعه آلایمی. تهیه مأخذ: Ratti et al. "Building form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate".

زیرا فضاهای باز بلوکها با یکدیگر تفتیق می‌شوند. در حالی که در ساختمان‌های برونگرا فضای باز اطراف ساختمان قرار دارد و به اجزای کوچکتر تقسیم می‌شوند.

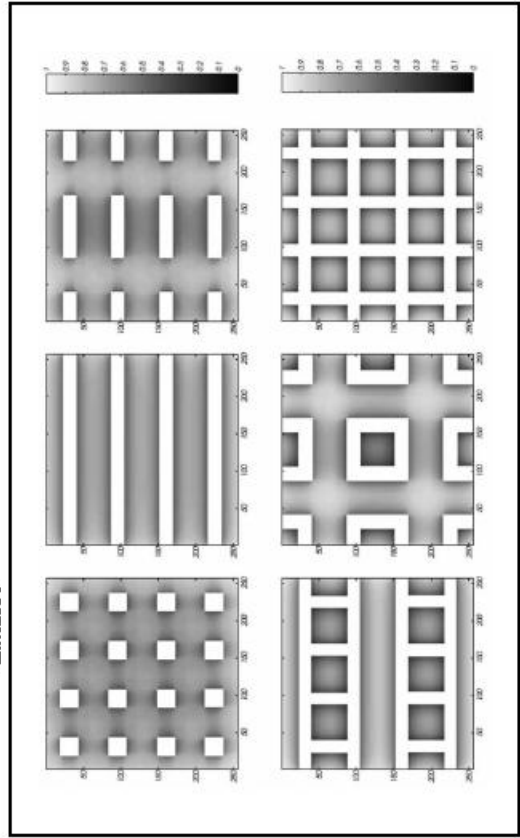
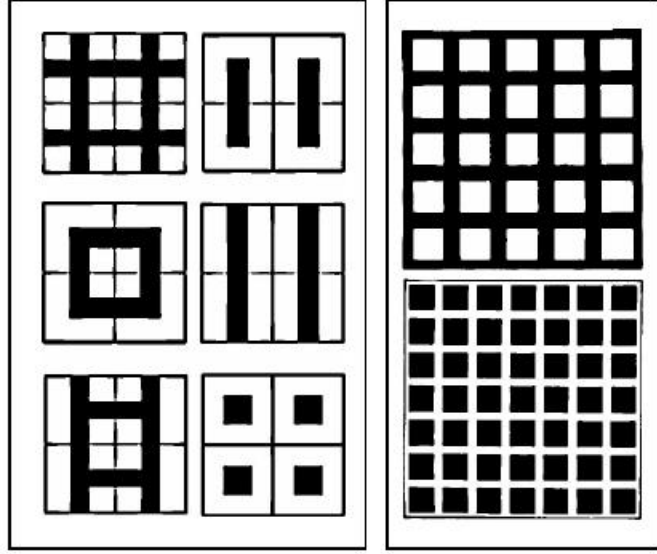
در دو سایت مشابه، ساختمان‌های با حیاط مرکزی یا ۱۳ ارتفاع ساختمان‌های برونگرا همان میزان سطح اشغال و عمق اتاق‌های ساختمان برونگرا را تأمین می‌کنند. در نتیجه از دیدگاه میزان فضای باز به توده ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی بهترین پاسخ را داشتند.

اشکال بررسی‌شده در فرم بلوکهای شهری مارزین و مارچ توجه محققین به‌ویژه پژوهشگرانی که به رفتار حرارتی فرمهای شهری علاقه دارند، را جلب کرد. نکته‌ای که بعدها به این مطالعات اضافه شده 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 گوینا رفتار حرارتی و میزان دسترسی به نور خورشید این فرمها را با توجه به فاکتورهایی چون ارتفاع ساختمان، عرض خیابان و جهت‌گیری

و از دیدگاه میزان فضای باز به توده ساختمان دسترسی به نور خورشید آنها را با یکدیگر مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که فرم حیاط مرکزی بهترین پاسخ برای پوشش 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 هت ۴۲ مقایسه ردیفی از خانه‌ها با این دو فرم دیده می‌شود. هر دو هدرصد 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 هت ۴۲ مشاهده می‌شود، درصد فضای باز (رنگ سفید) در ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی بیشتر است.



نما، در اقلیم گرم و خشک با یکدیگر مقایسه کرد

گویا برای تکمیل مطالعات خود، رابطه میان برخورد

نور خورشید بر هر متر مربع نما و میزان مصرف انرژی برای

گرمایش و سرمایش ساختمان را بررسی کرد.<sup>۱۳</sup>

استیمرس رابطه میان خرداقلیم‌های شهری و فرم ساختمان

را بررسی کرد. او نیز از فرم‌های مارتین و مارچ استفاده کرد و

رابطه 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.<sup>۱۴</sup>

رتی، ریلان، 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 ساختمان‌های 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.<sup>۱۵</sup> (ت ۴)

از دیدگاه آن‌ها مدل مارتین و مارچ بسیار ساده است و در

عمل چنین فرم‌های ساده‌ای یافت نمی‌شود. در نتیجه تصمیم

گرفتند در بافت شهری، یک نمونه 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 گزینه 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 گزینه بهتر نیست.

مرلو در ادامه مطالعات رتی، تاثیر 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.<sup>۱۷</sup>

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. در نتیجه یافته‌های آن‌ها برای بافته‌ها و

فرم‌های موجود قابل‌تعمیم نیست. بیشترین فرم‌های بررسی‌شده

تا به امروز فرم‌های بیرون‌گرا<sup>۱۸</sup> و حیاط مرکزی<sup>۱۹</sup> هستند.

### ۳. بافت خیابان بهار، محدوده 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 محدوده مورد مطالعه انتخاب گردید. در میان مناطق

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

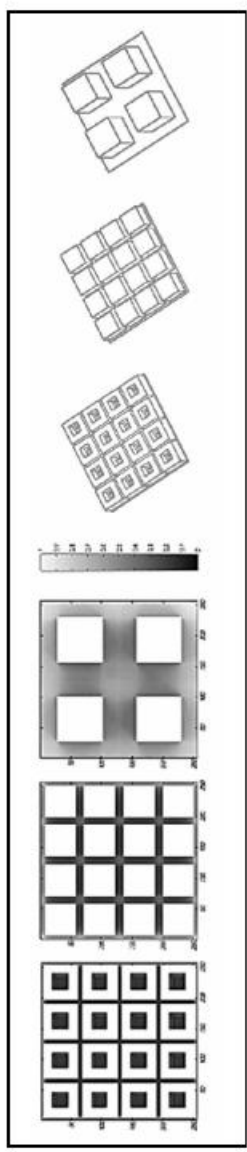
۱۴. Steemers, "Energy and the City: Density, Buildings and Transport".

۱۵. Ratti et al, "Energy Consumption and Urban Texture".

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

۱۷. Morello et al, Ibid.

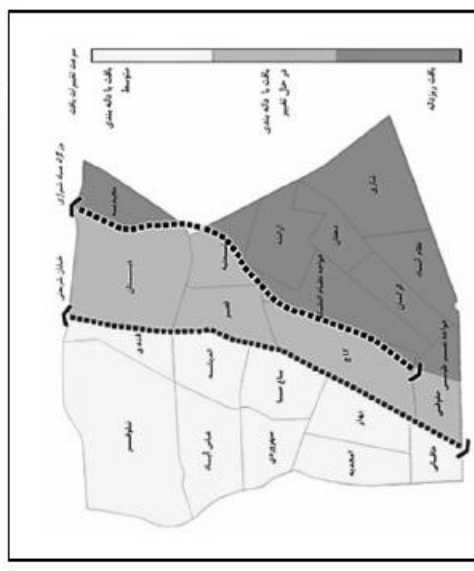
۱۸. J.H. Kmpf and D. Robinson, "Optimisation of Building form for Solar Energy Utilisation Using Constrained Evolutionary Algorithms".



ت ۳. مقایسه فاکتور دید به آسمان (sky view factors) در خانه‌های سنتی دارای حیاط مرکزی در مراکش با خانه‌های بیرون‌گرای سه طبقه و شش طبقه، مأخذ Ratti et al, Ibid

با مقایسه اینکه در این سه بخش نتایج زیر حاصل می‌شود (ت ۶):

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



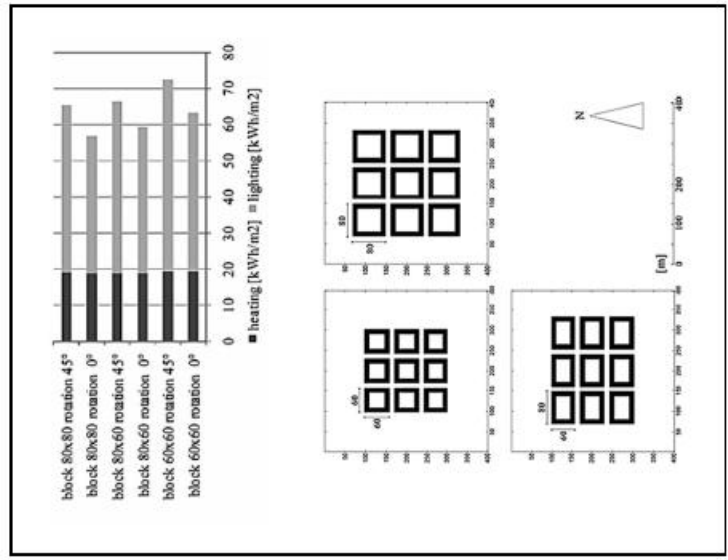
ت ۵ (راست) بررسی میزان مصرف انرژی گرمایش و روشنایی در شش بلوک شهری در تاسیسات مختلف، مأخذ: Morello and Ratti, "Suncscapes: Solar Envelopes and the Analysis of Urban DEMs".

ت ۶ (چپ) تقسیم منطقه به سه بخش با بزرگراه سیاد شیرازی و خیابان شریعی، مأخذ: مهندسان مشاور پی گلد، جلد دوم طرح توسعه و بهسازی بزرگراه شهید سیاد شیرازی مطالعات کالبدی حوزه پلانکسلی.

مختلف شهر تهران، منطقه ۷ به دلایل زیر گزینه مناسب تشخیص و بررسی شد:

- دارا بودن سابقه 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 سیاد شیرازی و خیابان شریعی به سه بخش تقسیم می‌شود:

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





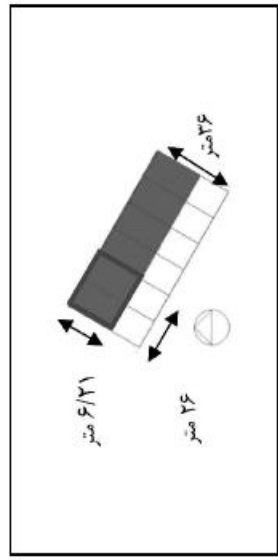


روی دیوار حیاط همسایه پنجره مجاز نیست. در نتیجه در حالی که ملزم به ایجاد پنجره است، سازنده مجاز است -مجموع طول زمین به علاوه ۲ متر را بسازد و به ازای این مساحت اضافه شده به بنا، نورگیر ایجاد کند. این نکته در شبیه‌سازی مدل‌ها رعایت شده است.

### ۳. اقلیم تهران

شهر تهران در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳۱ 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.

هت ۹۱۰ میزان انرژی خورشید که به صورت مستقیم و غیرمستقیم به زمین می‌رسد را به گونه‌ای که در شبیه‌سازی استفاده شده نمایش می‌دهد.



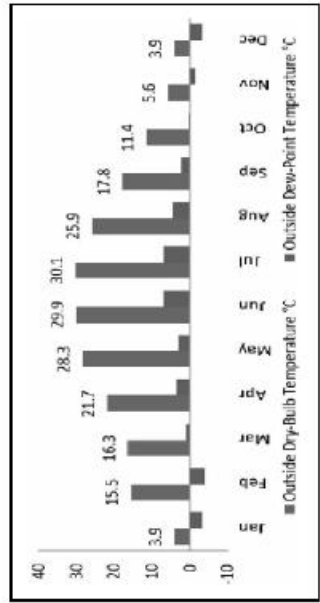
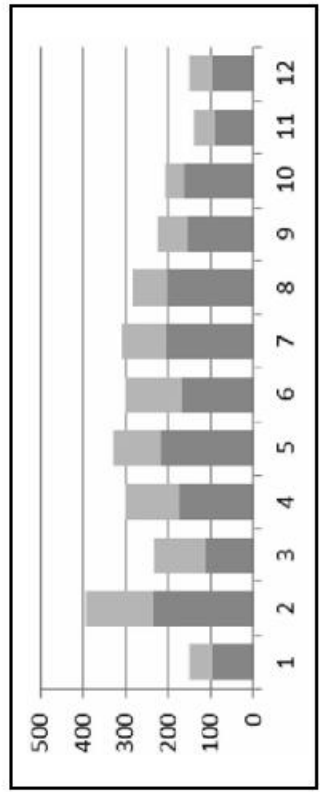
### ۵. زمینه پژوهش

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 استفاده 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 پیلدر<sup>۲۰</sup> (ت ۹) که یک برنامه شبیه‌ساز در زمینه انرژی است، استفاده و نتایج حاصل از آن از خروجی انرژی پلاس<sup>۲۱</sup> حاصل می‌شود.

در حال حاضر نتایج حاصل از برنامه انرژی پلاس مورد تأیید بسیاری از نهادهای بین‌المللی و محققین است و مقالات فراوانی در تأیید و آزمایش آن تألیف شده است.<sup>۲۲</sup>

برای مقایسه و تغییر میزان مصرف انرژی سرمایش و گرمایش درون ساختمان، یک سیستم ساده تهرپی مطبوع بر اساس آنچه در تهران متداول است، در سیستم برای بلوک‌ها قابل تعریف است که برای همه مدل‌ها به صورت یکسان تعریف می‌شود. یکی از روش‌های ساده برای بررسی نور روز، اندازه‌گیری درصد شار نور روز است<sup>۲۳</sup> که نشان‌دهنده درصد شار نور روز است که بر یک سطح افقی برخورد می‌کند در واقع مقدار این درصد نشان‌دهنده نقاط تاریک و روشن بنا است.



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

ت ۸ (است. بالا). قطب‌نمایی زمین در خیابان بهار  
ت ۹ (است. پایین). درجه حرارت خارج ساختمان در تهران (دیزاین پیلدر).  
ت ۱۰ (چپ). نمودار میزان دسترسی به انرژی خورشیدی. (مأخذ: تات ۱۰: شبیه‌سازی مسکونی)

### ۳. روند شبیه‌سازی

مکان قرارگیری توده ساختمانی درون سایت در شش حالت کلی بررسی می‌شود (ت ۱۱). همه مدل‌ها سطح اشغال، ارتفاع، تناسب 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 بولوک میانی که در دوره‌ی یکدیگر واقع شده‌اند تجزیه و تحلیل شده است. حالت نخست که در

این مقاله به آن به اصطلاح «تیبیکال»<sup>۳۳</sup> 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 جلوه دیوار همسایه در نظر گرفته شده‌اند که تأمین کننده نور بلوک‌ها هستند. مدل خطی<sup>۳۴</sup> 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 خیابان بازمی‌شوند تأمین می‌گردد. ساختمان‌های حیاط مرکزی<sup>۳۵</sup> کاملاً درون گرا هستند که هر بلوک در آن‌ها به فرم L درآمده است. این بلوک‌های L شکل در دو سایت مجاور به گونه‌ای چرخیده‌اند که یک فضای بازمیانی 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 پادلیون<sup>۳۶</sup> است که به بنه‌های کامل برون‌گرا اشاره دارد.

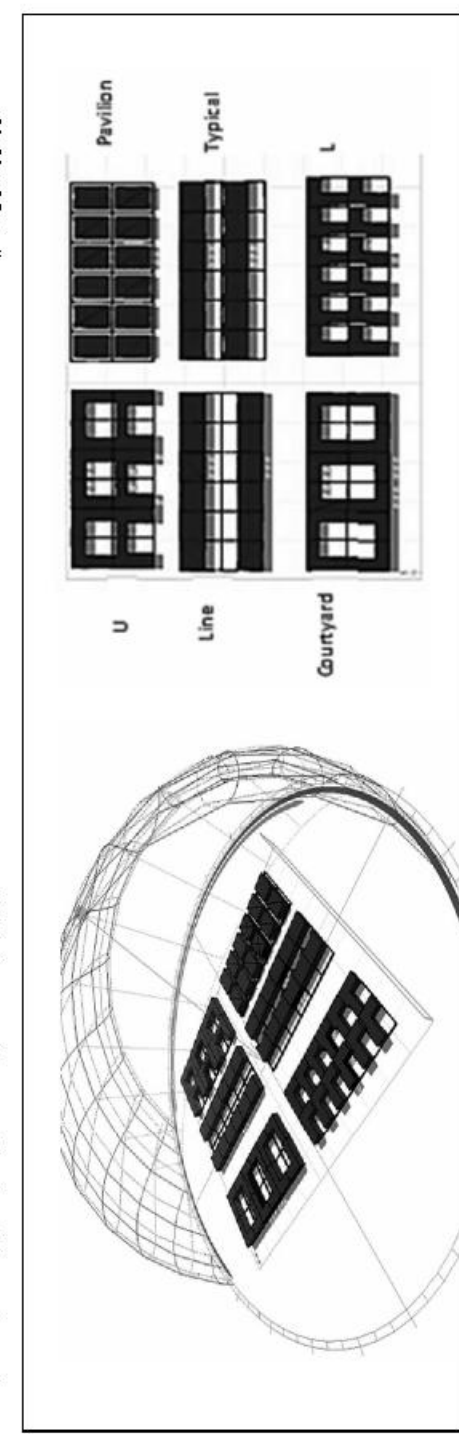
ضریب انتقال حرارت<sup>۳۷</sup> مصالح انتخاب‌شده برای دیوارهای خارجی، در روند شبیه‌سازی برابر ۰/۶۳۰ و مقدار آن برای بام ۰/۳۱۰ قرار داده شده است که مطابق با مبحث ۱۹ ساختمان است. ۳۰ درصد سطح نما با شیشه پوشیده شده است که این میزان در منطقه مورد مطالعه بیشتر معمول است (ت ۱۲).

مبحث ۱۹		
اجزای ساختمان	مقاومت حرارتی (M.K/W)R <sub>e</sub>	ضریب انتقال حرارت عنصر (W/M <sup>2</sup> K)U=1/R <sub>e</sub>
دیوارهای پوسته خارجی ساختمان	۱/۵۶	۰/۶۳
جزئیات دیوارهای مجاور فضاهای کنترل‌شده (دیوار سمت همسایه)	۱/۵۳۷	۰/۶۵
جزئیات بازشوهای مجاور هوای آزاد (آخرین سلف)	۲/۱۷	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 (ب). مقادیر مطرح در مبحث ۱۹.  
 ت ۱۲ (پایین). فرم‌های بررسی‌شده از لحاظ مصرف انرژی.  
 (ماخذ ت ۱۱ و ۱۲: نویسنده مسئول، بر اساس خروجی نرم‌افزار دیزاین پیلدر)





## ۷. نتایج شبیه‌سازی ۷.۱. مقایسه 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 هت ۱۳ 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 پرون گرا در هر دو فصل بیشترین مصرف انرژی را داراست.

بیشتری میزان مصرف انرژی در تابستان (ت ۱۳) برای خنک کردن بنا، در سه فرم L، پاولیون 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.

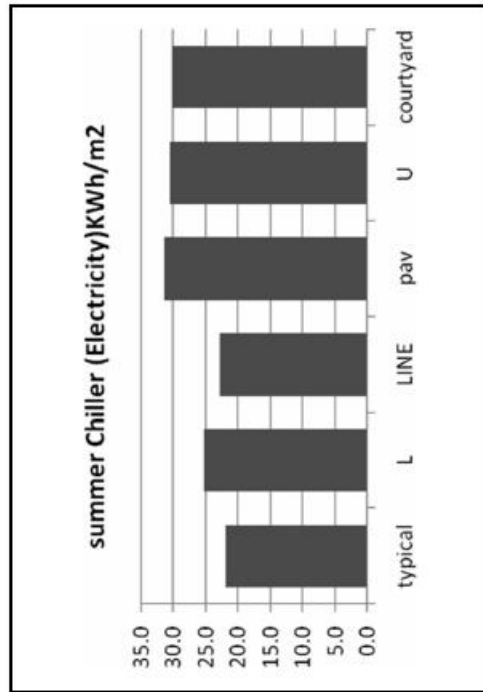
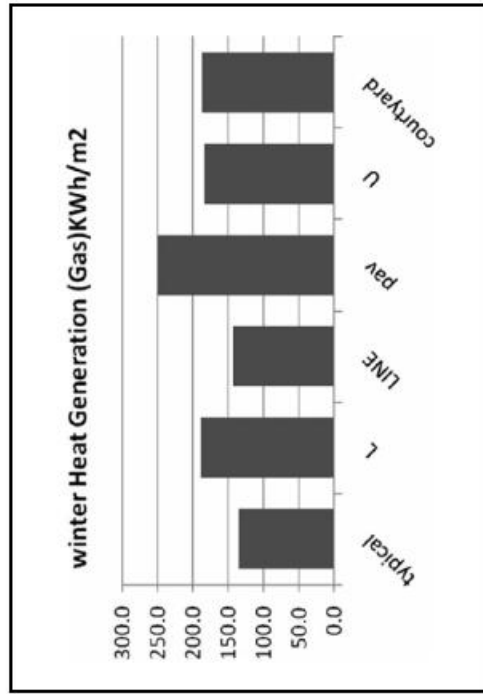
در فرم L نیز پنجره های شرقی وجود دارند، ولیکن پنجره‌های غربی (به علت قانون شهرداری) درون پاسیو قرار

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 ۱۳). سه فرم L، حیاط مرکزی (که از ترکیب ساختمان‌هایی با فرم L ایجاد شده‌اند)، در زمستان به یک میزان به انرژی سرمایش نیاز دارند این گونه 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 تیبیکال و خطی، که شباهت‌هایی بر بخش ساخته‌شده دارند مشاهده کرد. بیشترین اختلاف مصرف انرژی در کل سال، بین فرم تیبیکال و پاولیون اهمیت چگونگی جای‌گیری بنا درون سایت است.

**مقایسه 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 سرمایش Design Builder  
ت ۱۳ (چپ): مصرف انرژی گرمایش Design Builder  
(مابعد ت ۱۳ و ۱۴: نویسنده مسئول، بر اساس خروجی نرم‌افزار دیزاین بیلدر)



در آن‌ها به حداقل می‌رسد. فرم Typical و L کمترین دسترسی را به نور روز دارند. همان‌گونه که در تصاویر هت ۹۱۷ مشاهده می‌شود، بیشترین نقاط تاریک در دو فرم فوق است.

### ۸. نتیجه گیری

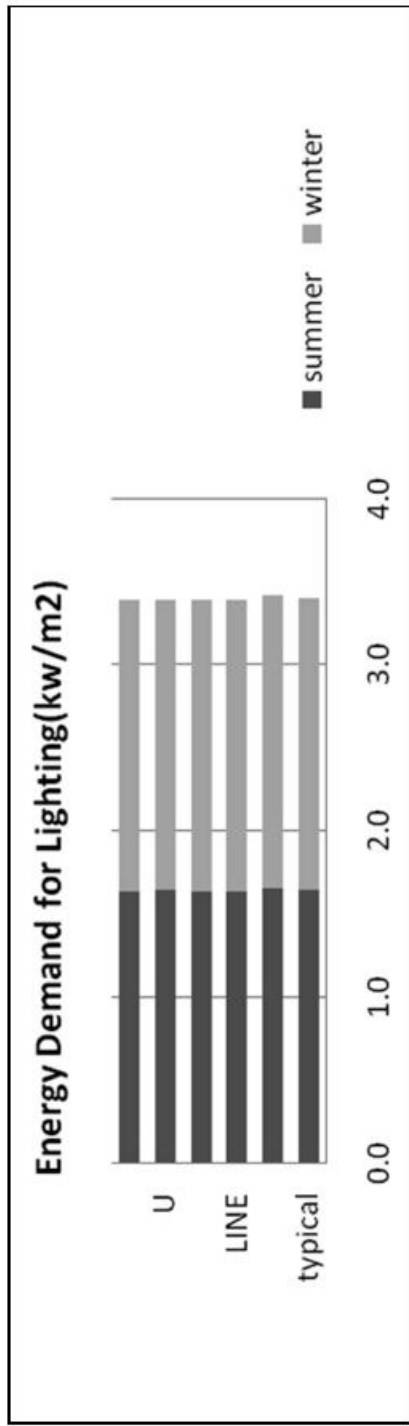
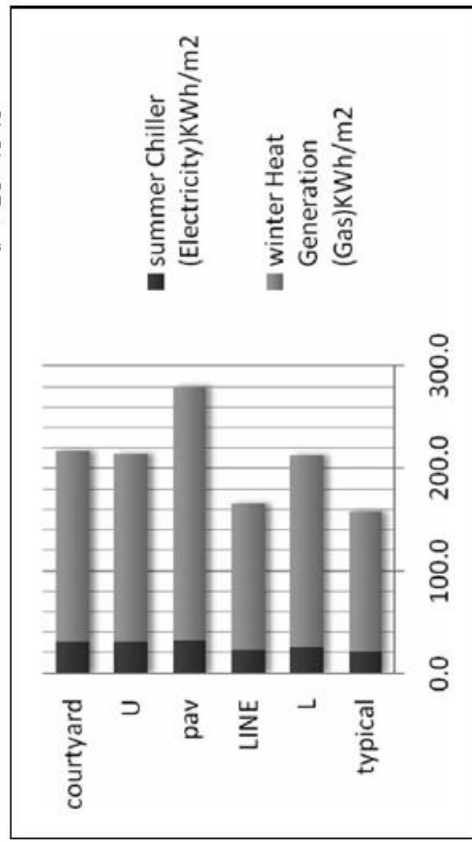
مکان قرارگیری ساختمان درون سایت نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان مصرف انرژی و دسترسی به نور روز دارد. هدف از این مقاله مقایسه فرم‌های مختلف مکان‌یابی توده درون سایت از دیدگاه مصرف انرژی است. به گونه‌ای که فرم بهینه در این زمینه به دست آید.

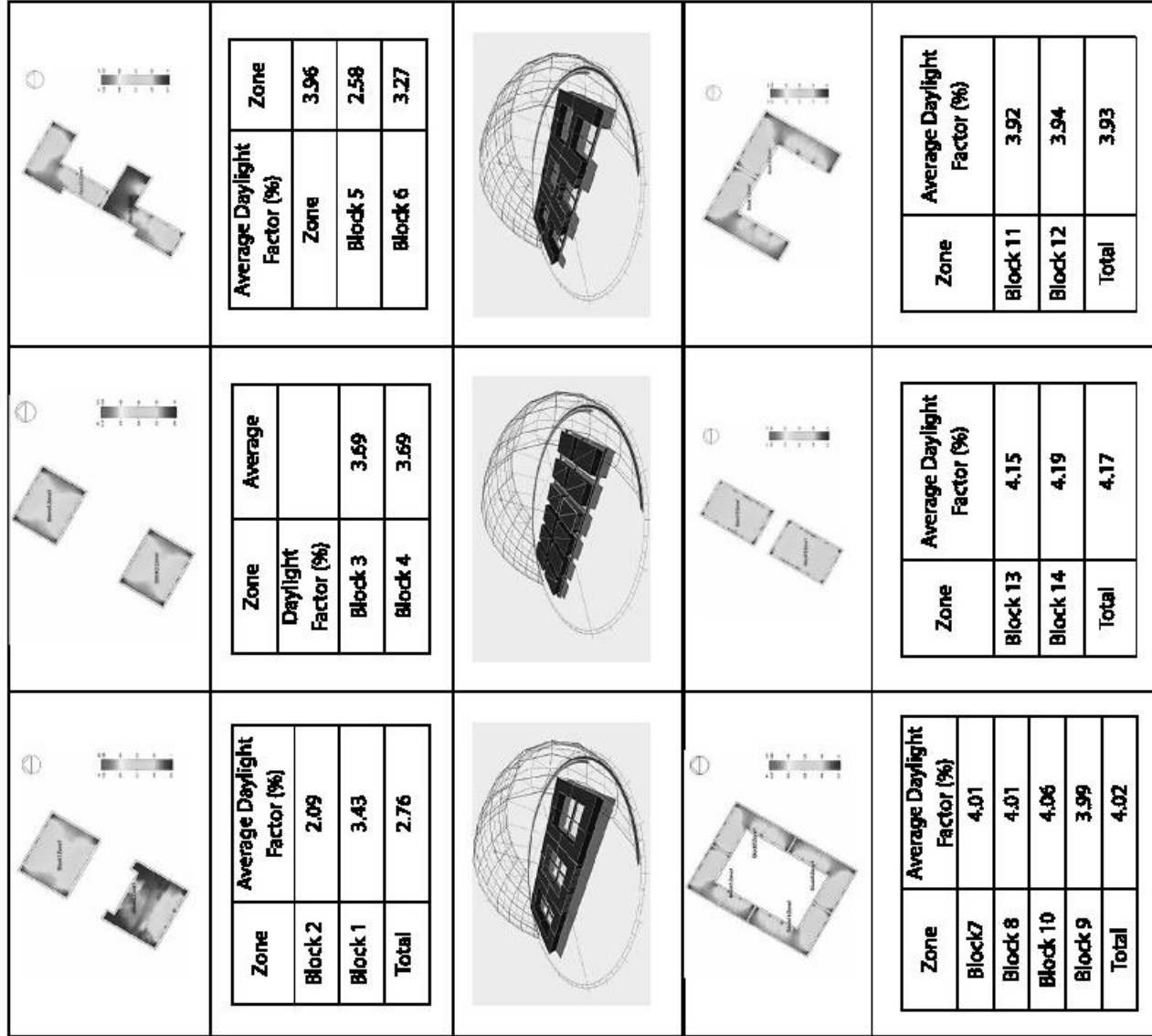
از مقایسه میان فرم‌های مختلف این نتیجه حاصل می‌شود که آنچه امروزه به صورت متداول در حال ساخت است، از نظر مصرف انرژی در تابستان و زمستان، کمترین میزان مصرف انرژی را دارد؛ لیکن از دیدگاه دسترسی به نور روز، بسیار ضعیف است و نقاط تاریک بسیاری دارد.

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.

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

مقایسه دسترسی به نور روز در فرم‌های مختلف از دیدگاه دسترسی به نور روز، فرم‌های بیرون‌گرا و حیاط مرکزی، بیشترین میزان دسترسی را دارند و میزان نقاط تاریک





ت ۱۷. دسترس به نور روز  
 مایند توپسند مسؤل بر اساس  
 خروجی نرم افزار دیزاین پلنر.

منابع و مآخذ

مهندسين مشاور بي كده، جلد دوم طرح توسعه و بهسازی بزرگراه شهید  
صیاد شهیدی، مطالعات کاربردی حوزه پلاکس، کاروما، حوزه مولودت  
ممازی و شهسازی تهران، ۱۳۸۰.

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. Athienitis & 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.

Loweid, D.J. & 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 26th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Quebec City, Canada, 2009, pp. 146-151.

Morello, E. & C. Ratti. "Suncscapes: 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 And 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. Tempierik & A. Dobbela. "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. Tempierik & A. Dobbela. "Environmental Impact of Courtyards- A Review and Comparison of Residential Courtyard Buildings in Different Climates", In *Green Building*, 2012b. [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)