فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران

مریم شفیعی[۱]، ریما فیاض[۲]، شاهین حیدری[۳]

تاریخ دریافت مقاله:
۱۳۹۲/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش مقاله:
۱۳۹۲/۰۷/۳۰

چکیده:

موقعیت جغرافیایی ایران موجب شده که امکان دریافت میزان قابل توجهی انرژی تابشی خورشید فراهم باشد. در این شرایط، با توجه به محدود بودن ذخایر سوخت های فسیلی و آلودگی های زیست محیطی ناشی از سوزاندن آنها، طراحی معماری مناسب می‌تواند با استفاده از راه‌کارهای سامانه های غیرفعال، به کاهش انرژی مصرفی نهایی ساختمان منجر شود. با توجه به گسترش بلند مرتبه سازی در تهران و انرژی قابل توجه مورد نیاز این ساختمان‌ها، تعیین فرم مناسب ساختمان بلند از نظر میزان انرژی تابشی دریافتی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، ابتدا فرم های هندسی متداول ساختمان های بلند شناسایی شده و پس از مدل‌سازی، میزان انرژی تابشی دریافتی آنها در ماههای مختلف سال محاسبه و تحلیل شده است. سپس به تفکیک فصول گرم و سرد، نمودارهایی ترسیم و گونه مناسب بر اساس حداکثر تابش دریافتی در فصل زمستان و با فرض تعبیه راه‌کارهای حفاظتی در برابر تابش فصل تابستان معرفی شده است.

کلمات کلیدی:
تابش خورشیدی، ساختمان بلند، فرم مناسب، صفحات فتوولتاییک

۱) کارشناسی ارشد معماری دانشگاه هنر تهران(نویسنده مسئول) M.Shafiee@hotmail.com
۲) استادیار گروه معماری دانشگاه هنر تهران Fayaz@art.ac.ir
۳) دانشیار گروه معماری دانشگاه تهران Shheidari@ut.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

مقدمه

محدود بودن ذخایر سوخت های فسیلی و همچنین آلودگی های زیست محیطی ناشی از سوزاندن آنها باعث گسترش مباحث مربوط به محیط زیست و انرژی شده است. از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی، بحران انرژی و تخریب لایه ازن و گرم شدن کره زمین موجبات اعمال قوانین برای کنترل مصرف انرژی را فراهم آورد. از آن زمان، مبحث توسعه و طراحی پایدار به عنوان یکی از مباحث مهم در طراحی معماری مطرح شد.

بنا بر اطلاعات منتشر شده در ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۴، در کشور ما بیشترین میزان مصرف انرژی به ترتیب در بخش‌های خانگی، تجاری، حمل و نقل، صنعت و کشاورزی است. بر اساس این آمار، مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری ۴۴/۳۵ درصد، حمل و نقل ۲۹/۷۳ درصد، صنعت ۲۲ درصد و کشاورزی ۳/۹ درصد بوده است. به عبارت دیگر، بیشترین سهم مصرف انرژی به بخش خانگی و تجاری تعلق دارد و این در حالی است که در کشورهای توسعه یافته این بخش بمراتب سهم کمتری را نسبت به بخش صنعت به خود اختصاص می دهد[۶].

به این ترتیب، با طراحی معماری صحیح می توان موجبات کاهش مصرف انرژی نهایی را فراهم آورد. بنابراین، مسأله مصرف انرژی ساختمان باید از همان مراحل اولیه طراحی و شکل گیری پروژه مورد توجه قرار گیرد. به طور کلی، می‌توان گفت که دو رویکرد در این زمینه وجود دارد:

۱-طراحی در راستای کاهش نیاز انرژی ساختمان

۲-طراحی در راستای ذخیره انرژی های پاک موجود در سایت برای استفاده در ساختمان

به عبارت دیگر، بنا باید به گونه ای طراحی شود که نیاز گرمایش، سرمایش و به طور کلی نیاز انرژی ساختمان برای تامین شرایط آسایش کاهش یابد که این مهم با راه‌کارهایی نظیر جهت گیری مناسب ساختمان نسبت به عوامل اقلیمی (تابش، باد و ...) و استفاده از مصالح مناسب دست یافتنی است. از سوی دیگر، بنا باید به گونه ای طراحی شود که از انرژی های پاک موجود نظیر انرژی تابشی خورشید بیشترین استفاده را ببرد که این مهم با استفاده از گردآورنده ها وسلول های خورشیدی امکان پذیر می شود.
در ساختمان های بزرگ نظیر ساختمان‌های بلندمرتبه تهران، با توجه به تمرکز عملکردها و البته افزایش کاربران و با گسترش سطح زیربنای کل ساختمان، نیاز انرژی بسیار زیاد است و نیاز به کنترل مصرف انرژی اهمیت بیشتری می یابد.

در دهه‌های اخیر، تحقیقات بسیار گسترده ای در زمینه کنترل مصرف انرژی ساختمان های بلند در دنیا انجام شده و نتایج و راه‌کارهای جالب توجهی ارائه شده و بسیاری از آنها به طراحی و اجرای ساختمان ها منجر شده است. از آن جمله

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

می توان به دو رویکرد ساختمان های با مصرف انرژی صفر[1] و ساختمان های با مصرف انرژی خالص صفر[2] اشاره کرد. در گونه اول که البته مانند گونه دوم متداول نیست، معمولا ساختمان در منطقه ای دور از شبکه برق قرار گرفته است و تمام انرژی مورد نیاز خود را از طریق انرژی های موجود در سایت نظیر انرژی تابشی دریافت می کند. در این ساختمان‌ها مساحت گیرنده های خورشیدی برای تولید برق و تولید انرژی های حرارتی و برودتی مورد نیاز ساختمان و همچنین حجم دستگاههای ذخیره سازی انواع انرژی ها، بسیار بزرگ می‌باشند، زیرا سیستم های خورشیدی باید بتوانند مثلا در یک روز آفتابی آن قدر انرژی جمع آوری و ذخیره نمایند تا نیاز انرژی های مختلف ساختمان را در روزهای ابری بعدی تأمین نمایند. این ساختمان‌ها در طول سال مقدار زیادی انرژی تولید می کنند که برای آن مصرفی ندارند. ساختمان‌های نوع دوم به شبکه برق رسانی شهری نزدیک هستند و با این شبکه در طول سال داد و ستد برقی دارند. یعنی سیستم های خورشیدی طوری انتخاب شده‌اند که نیاز ساختمان را در روزهای آفتابی (و تا اندازه کمی در روزهای ابری) برآورده نمایند و نیاز روزهای ابری متوالی را با استفاده از شبکه برق شهری (خرید برق از شبکه) تأمین کنند. در روزهای آفتابی (بویژه در تابستان) سیستم خورشیدی برق اضافی تولید می کند ولی می تواند این مازاد را به شبکه برق شهری بفروشد. این داد و ستدهای برقی در طول یک سال برابر بوده و بنابراین ساختمان بطور خالص برقی از شبکه برق شهری دریافت نمی‌کند[۲]. رویکرد دیگری که می توان به آن اشاره کرد، ساختمان های صفر کربن[3] هستند. این ساختمان‌ها، بناهایی هستند که بیش از یک سال است از انرژی که تولید دی اکسید کربن کند استفاده نمی کنند. تفاوت این ساختمان‌ها با ساختمان‌های با مصرف انرژیی صفر این است که این ساختمان‌ها می توانند از راه‌های دیگر تولید انرژی مانند الکتریسیته تولید شده توسط منابع آزاد دی اکسید کربن، آسیاب های بزرگ بادی و صفحات فتوولتاییک که بصورت یکپارچه با ساختمان نیستند و یا حتی درون سایت نیستند، استفاده کنند[۹].

با توجه به گسترش بلندمرتبه سازی در شهر تهران، نیاز به ساخت بلندمرتبه پایدار بیش از پیش احساس می شود. با توجه به موقعیت جغرافیایی خاص ایران، امکان بهره گیری از انرژی تابشی فراهم است. در این مقاله، فرم ساختمان بلندمرتبه در تهران با هدف کاهش مصرف انرژی کل از طریق دریافت حداکثر انرژی تابشی مورد بررسی قرارگرفته است. در این راستا، گونه های متداول فرم های هندسی ساختمان بلند، تحلیل و مقادیر با یکدیگر مقایسه شده و نتایج آن ارائه شده اند. در ادامه، ابتدا روش تحقیق و سپس موقعیت ایران و تهران از نظر دریافت انرژی تابشی خورشیدی مورد بررسی قرار می گیرد و سپس با معرفی فرم های متداول ساختمان‌های بلند، تحلیل‌های انجام شده ارائه می گردد و در نهایت، فرم مناسب معرفی می شود.

1) Zero Energy Building (ZEB)
2) Zero Net Energy Building (ZNEB)
3) Zero Carbon Building

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

روش تحقیق

با توجه به اهمیت صرفه جویی انرژی در ساختمان‌های بلند مرتبه، این پژوهش به دنبال دستیابی به فرم مناسب از نظر میزان دریافت تابش خورشیدی می باشد و برای این منظور، یک ساختمان اداری بلندمرتبه با حفظ صورت بهینه پلان از نظر میزان تابش دریافتی با سطح اشغال ۷۰۰ متر مربع و ۱۸ طبقه ارتفاع در تهران فرض شده است. پیش از هرچیز، جهت گیری بهینه اقلیمی در شهر تهران مورد توجه قرار گرفته و تمام تحلیل‌های بعدی بر اساس آن جهت‌گیری انجام شده است. سپس با بررسی نماها و فرم‌های ساختمان‌های بلندمرتبه، گونه‌های متداول آنها شناسایی شده و همگی با فرض سطح زیربنای یکسان، مدلسازی و در نرم افزار اکوتکت نسخه ۲۰۱۱ تحلیل خورشیدی شده است. برای مدل‌سازی حجم‌ها از نرم افزار راینو ورژن ۴ استفاده شده و سپس احجام به نرم افزار تحلیلی اکوتکت منتقل شده است. در زیر بخش "قرارگیری در معرض خورشید[1] " بخش "تحلیل" نرم افزار اکوتکت، میزان دریافت انرژی خورشیدی[2] در تمام ساعتها در طول سال برای تمام احجام به صورت جداگانه محاسبه شده است. نتایج و اعداد بدست آمده، تحت نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۳ به نمودارهای گرافیکی تبدیل و از آنها برای نتیجه گیری استفاده شده است. لازم به ذکر است که در تمام تحلیل‌ها از اطلاعات آب و هوایی تهران، ایستگاه هواشناسی مهرآباد استفاده شده است [۸] .

در ادامه، وضعیت ایران و تهران برای دریافت خورشیدی مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس تحلیل فرم ها و نتایج حاصل بیان می شود.

استفاده از انرژی خورشیدی برای تامین بخشی از انرژی مورد نیاز ساختمان

کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از سطح متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده که بسیار قابل توجه است[۵]. شهر تهران نیز که از نظر اقلیمی در منطقه نیمه خشک قرار گرفته است، از تابش سالانه مناسبی برخوردار است. بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی استان تهران، میانگین ساعات آفتابی سالانه در ایستگاه مهرآباد تهران، طی دوره آماری، برابر با ۳۰۲۵ ساعت به ثبت رسیده است[۱۰]. در این شرایط می توان بخوبی از گردآورنده ها برای تامین بخشی از نیاز انرژی ساختمان بهره برد.

میزان دریافت سطوح با جهت گیری جغرافیایی مختلف متفاوت است. "بر اساس تحلیل‌های انجام شده با استفاده از نرم

1) Solar Exposure
2) Solar Incident

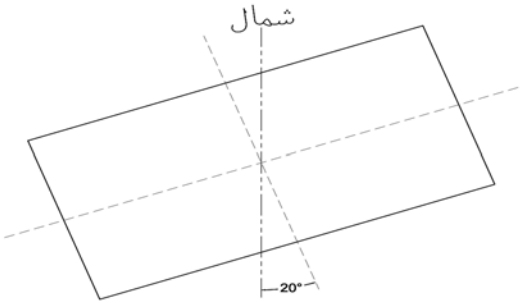
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

افزار اکوتکت در مورد شهر تهران (با عرض جغرافیایی ۳۵,۱۴ تا ۳۶,۲۰ و طول جغرافیایی ۵۱,۳ درجه) نتایج زیر حاصل شده است:

- دیوار جنوبی بیشترین مقدار پرتو آفتاب را در مهرماه (اکتبر) به میزان حدود ۹۰ کیلووات ساعت بر متر مربع و کمترین مقدار آن را در خرداد ماه (ژوئن) به میزان حدود ۲۱ کیلووات ساعت بر متر مربع دریافت می کند. این دیوارها از شهریور تا اسفند، پرتو آفتاب را از طلوع تا غروب دریافت می کنند.
- دیوار غربی بیشترین مقدار پرتو آفتاب را در خرداد ماه (ژوئن) به میزان حدود ۵۲ کیلووات ساعت بر متر مربع و کمترین مقدار آن را در آذر ماه (دسامبر) به میزان حدود ۸ کیلووات ساعت بر مترمربع در یافت می کند. این دیوارها از ساعت ۱ بعد از ظهر پرتو آفتاب را از غرب دریافت می کنند.
- دیوار شمالی فقط بین فروردین تا شهریور ماه صبح زود و آخرین ساعت های بعد از ظهر در معرض تابش آفتاب قرار می گیرد.
- دیوار شرقی بیشترین مقدار پرتو آفتاب را در مرداد ماه (آگوست) به میزان حدود ۸۰کیلووات ساعت بر متر مربع و کمترین مقدار آن را در آذر ماه (دسامبر) به میزان حدود ۱۳کیلووات ساعت بر متر مربع در یافت می کند. این دیوارها از طلوع آفتاب تا ساعت ۱۲:۳۰ پرتو آفتاب را دریافت می کنند.
- دیوارهای جنوب شرقی و جنوب غربی در زمستان بیشتر از تابستان در معرض تابش آفتاب قرار می گیرند. در تابستان حداکثر پرتو آفتاب به دیوارهای جنوب شرقی بین ۸ و ۹ صبح و به دیوارهای جنوب غربی بین ساعت ۳ تا ۴ بعدازظهر می تابد. در زمستان، این ساعت ها به ترتیب ۹ تا ۱۰ صبح و ۲ تا ۳ بعد از ظهر است.
- سطوح افقی و بام های مسطح، در تابستان بیشترین و در زمستان کمترین مقدار پرتو مستقیم آفتاب را دریافت می‌کنند. این مقدار در زمستان حتی کمتر از مقدار تابشی است که دیوارهای جنوب شرقی و جنوب غربی در این فصل دریافت می کنند" [۱] .

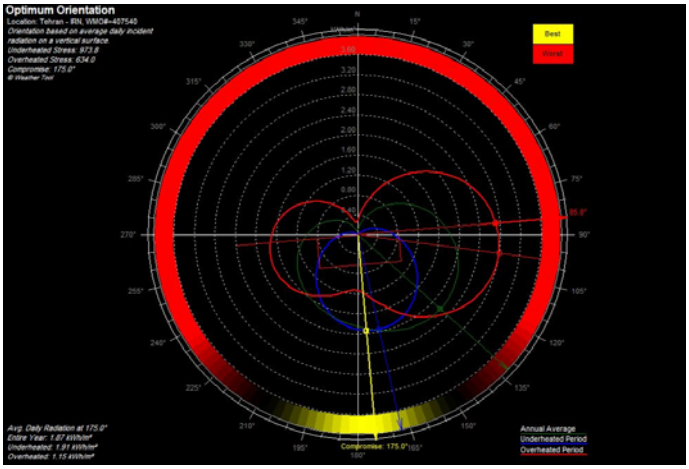
بدین ترتیب، دیده می شود که انتخاب جهت گیری بهینه در شهر تهران اهمیت ویژه ای دارد. "در فصل زمستان در عرض جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی، دیوارهای جنوبی حدود سه برابر دیوارهای شرقی یا غربی انرژی خورشیدی دریافت می‌کنند در حالی که در تابستان مقدار کل انرژی تابیده شده به دیوارهای جنوبی و شمالی تقریبا یک دوم انرژی تابیده شده به دیوارهای شرقی و غربی است. در عرض های جغرافیایی کمتر، این اختلاف بیشتر است و به همین دلیل جهت استقرار ساختمان در تامین شرایط ناراحت کننده یا شرایط آسایش فضاهای داخلی نقش تعیین کننده ای دارد" [۷]. برخی بررسی‌ها نشان داده که جهت بهینه برای دریافت تابش خورشید در شهر تهران ۲۰ درجه جنوب شرقی است [۴]. تصویر (۱) این جهت گیری را نشان می دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



تصویر ۱) جهت گیری ساختمان های سنتی در تهران

در این پژوهش، بر اساس اطلاعـات آب و هـوایی تهـران، توسـط نـرم افـزار اکوتکـت در افزونـه "ابـزار آب و هـوا[1] "، تحلیل‌های اقلیمی انجام و جهت گیری بهینه حدود ۵ درجه جنوب شرقی حاصل شده است. تصویر (۲) جهت گیری بهینـه حاصل از تحلیل‌های نرم افزار را نشان می دهد.



تصویر ۲) جهت‌گیری بهینه حاصل از تحلیل‌های نرم افزار اکوتکت

با فرض جهت گیری بهینه و تعیین فرم مناسب، به دو صورت می توان در انرژی مصرفی ساختمان صرفه جویی کـرد. از یک سو، با انتخاب فرمی که دریافت بالایی در فصل زمستان داشته باشد، مـی تـوان از انـرژی حرارتـی خورشـید بـرای

1) Weather Tool

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

کاهش نیاز به انرژی گرمایی بالاتر بهره برد و از سوی دیگر، می توان از گردآورنده ها برای تـامین بخـشی از انـرژی بـرق ساختمان بهره برد. انواع متنوع و متداولی از گردآورنده ها طراحی و ساخته شده اند که به صورت نیروگاهی و غیرنیروگـاهی کاربرد دارند. در استفاده غیر نیروگاهی، انرژی حرارتی خورشید صرف تولید انرژی به وسیله سیستم فتوولتاییک، سلول هـا و آبگرمکن ها می شود [۳]. در این پژوهش، بهره مندی از صفحات فتوولتاییک مد نظر می باشد. ایـن صـفحات براحتـی بـر روی جداره خارجی و سقف ساختمان قابل نصب بوده و حتی به صورت پوسته نهایی ساختمان نیز قابل استفاده می باشد.

بازده سلول‌های فتوولتاییک در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۷ درصد می‌باشد و توان آن در تابش مستقیم آفتاب (۱۰۰۰ وات بر متر مربع) به ازای هر متر مربع حدود ۱۷۰ وات است [۱۱]. با استفاده از این صفحات بر روی پوسته خارجی یا سقف ساختمان بلند می توان بخشی از انرژی مورد نیاز ساختمان را تامین کرد. جدول (۱) میزان برق مصرفی یک طبقه از ساختمان اداری مورد بررسی (روشنایی و تجهیزات اداری نظیر رایانه ها) را در طول سال نشان می دهد. این اطلاعات از تحلیل فرم بهینه پلان آنالیز شده در نرم افزار دیزاین بیلدر نسخه 3.3.0.002 Beta حاصل شده است.

جدول ۱) نیاز برق مصرفی ساختمان اداری مورد بررسی

ماه	تجهیزات و برق اتاق ها	روشنایی عمومی
	Wh/m2	Wh/m2
ژانویه	۳۷۸۱,۱۱۳	۵۵۲۰
فوریه	۳۳۰۲,۶۶۲	۴۸۰۰
مارس	۳۴۹۰,۳۹۴	۵۰۴۰
آوریل	۳۶۲۱,۶۲۹	۵۲۸۰
می	۳۷۸۱,۱۱۳	۵۵۲۰
ژوئن	۳۳۳۰,۹۱	۴۸۰۰
جولای	۳۷۸۱,۱۱۳	۵۵۲۰
آگوست	۳۶۳۵,۷۵۳	۵۲۸۰
سپتامبر	۳۴۷۶,۲۷	۵۰۴۰
نوامبر	۳۷۸۱,۱۱۳	۵۵۲۰
اکتبر	۳۴۷۶,۲۷	۵۰۴۰
دسامبر	۳۶۳۵,۷۵۳	۵۲۸۰
سالانه	۴۳۰۹۴,۰۹۳	۶۲۶۴۰
جمع کل	**۱۰۵۷۳٤,۰۹۳**	

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

با فرض پوشش تنها ۴۰ درصد مساحت پوسته (۱۹۸,۴ متر مربع از ۴۹۶ متر مربع) با صفحات فتوولتاییک می‌توان ۳۳۷۲۸ وات ساعت برمتر مربع انرژی برق تولید کرد و نیمی از انرژی سالانه مورد نیاز برای روشنایی عمومی و حدود ۳۰ درصد از مصرف برق ساختمان را تامین و در مصرف برق صرفه جویی کرد.

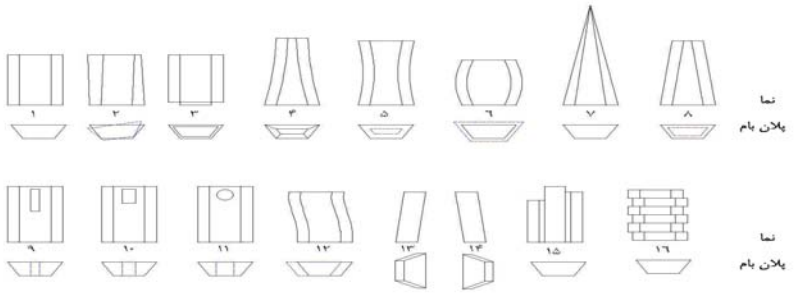
تحلیل فرم ها

برای بررسی فرم، نخست لازم است تا گونه مناسب پلان از نظر دریافت خورشیدی مشخص باشد. در پژوهش جداگانه‌ای، صورت مناسب پلان برای ساختمان های بلند مرتبه تهران مورد بررسی قرارگرفته و پس از بررسی ۲۵ گونه متداول پلان ساختمان بلند، پلان مناسب از نظر دریافت خورشیدی حاصل شده است[1] . تصویر (۳) نتیجه را نشان می دهد.



تصویر ۳) پلان مناسب از نظر دریافت خورشیدی در تهران

برای تحلیل فرم ها، از جهت گیری بهینه عنوان شده در تصویر (۲) (۵ درجه جنوب شرقی) استفاده شده و همه فرم ها در این راستا قرار گرفته اند. برای پیشبرد پژوهش، فرم ساختمان های بلند مورد بررسی قرار گرفت و ۱۶ گونه به عنوان متداول ترین فرم های هندسی ساختمان های بلند شناسایی شد. تصویر (۴) این فرم های متداول را نشان می دهد.

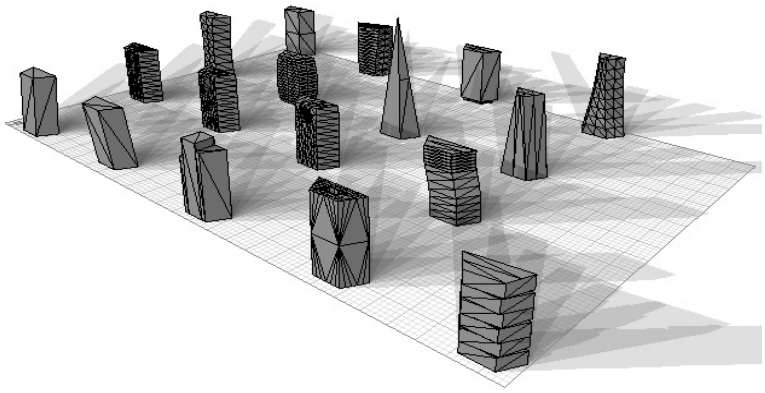


تصویر ٤) نماهای متداول ساختمان های بلند

۱) برای دستیابی به اطلاعات کامل‌تر می‌توان به پایان نامه مریم شفیعی با عنوان "طراحی ساختمان اداری بلند مرتبه پایدار" به راهنمایی دکتر ریما فیاض و مشاوره دکتر شاهین حیدری و پایان نامه حسین اکبری با عنوان "طراحی ساختمان اداری با صرفه‌جویی انرژی با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی" به راهنمایی دکتر ریما فیاض در دانشگاه هنر تهران مراجعه کرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

تمام این فرم ها با فرض زیربنای یکسان در نرم افزار راینو مدل‌سازی شد. به عنوان نمونه، برای دستیابی به زیربنای یکسان، فرم ۱ نیاز به ۱۸ طبقه و فرم ۷ نیاز به ۳۶ طبقه ارتفاع داشته اند. برای تحلیل خورشیدی، فرم ها به نرم افزار اکوتکت منتقل شد(تصویر ۵).



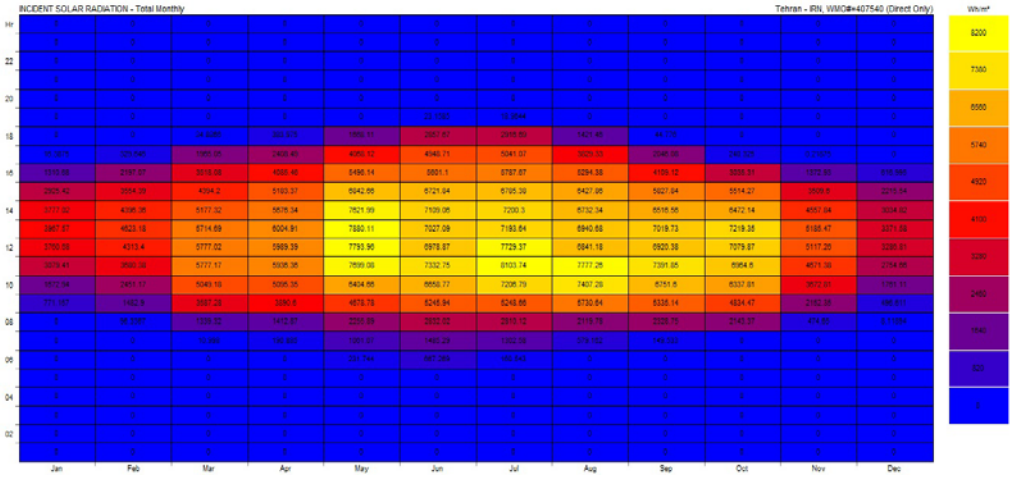
تصویر ۵) انتقال مدل ها به نرم افزار اکوتکت

برای تحلیل دقیق میزان تابش مستقیم خورشیدی دریافتی در بخش تحلیل خورشیدی، نرم افزار اکوتکت، میزان انرژی تابشی هریک از احجام، برای تمام ماه‌های سال محاسبه گردید و در نهایت، برای هر حجم نمودارهای تحلیلی برای فصل سرد ، گرم و کل سال آماده شد. نمودار (۱) و تصویر (۶) نمونه تحلیل فرم ۱ را به عنوان نمونه نشان می دهد.



نمودار ۱) انرژی تابشی دریافتی فرم ۱ در طول سال بر حسب وات ساعت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



تصویر ٦) نمودار ساعتی دریافت انرژی تابشی فرم ۱ در طول سال

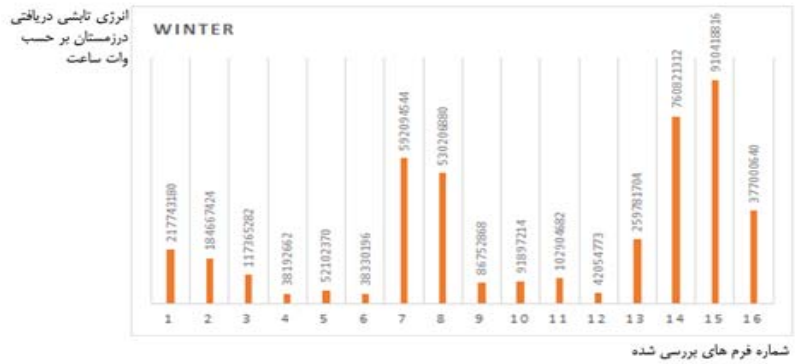
جدول (۲) خلاصه اطلاعات مربوط به دریافت انرژی خورشیدی سالانه تمام فرم های بررسی شده را نشان می دهد.

جدول ۲) میزان انرژی تابشی دریافتی سالانه برای ۱٦ فرم بررسی شده

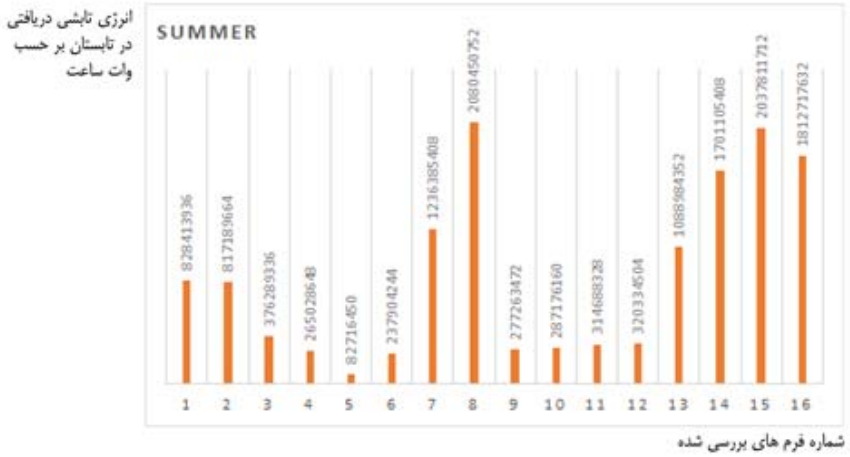
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
Jan	۷۶۲۱۷۶۳۲	۶۳۳۸۶۴۷۶	۴۱۶۷۷۷۶۴	۱۲۹۷۱۶۳۷	۱۷۷۱۹۳۳۴	۱۳۹۸۰۸۱۶	۲۰۹۳۴۹۲۰۰	۱۸۴۵۵۶۵۹۲	۳۰۴۷۳۷۱۶	۲۳۳۷۵۳۱۰	۳۶۴۴۵۶۱۶	۱۴۲۱۸۸۲۴	۸۹۷۳۳۷۵۲	۲۳۷۵۸۴۰۰۰	۳۲۶۶۳۸۲۸۸	۱۲۸۶۴۴۸۸۰
Feb	۸۵۹۲۳۳۵۲	۷۶۱۳۹۶۸۰	۴۵۳۴۸۳۳۴	۱۶۰۷۹۴۷۵	۲۱۹۲۰۴۲۴	۱۶۲۵۶۸۰۹	۲۲۶۶۳۳۳۶۰	۲۱۳۰۴۸۵۴۴	۳۳۸۴۸۸۲۸	۳۵۵۶۵۰۰۰	۲۹۹۸۸۵۲۰	۱۷۸۹۰۰۴۰	۱۰۵۴۱۶۱۳۶	۲۸۳۴۶۰۸۶۴	۳۳۸۷۵۲۶۶۴	۱۵۷۱۱۷۳۹۲
Mar	۱۵۰۶۳۷۰۲۴	۱۴۳۵۶۰۰۰۰	۳۳۵۴۸۸۱۷۲	۳۱۶۶۱۲۸۴	۴۲۰۷۶۶۹۲	۳۲۳۱۱۱۳۰	۳۵۴۸۵۵۶۸۰	۳۸۸۶۲۰۳۰۴	۵۵۵۷۱۲۷۲	۵۷۶۶۳۸۱۲	۶۶۱۵۷۶۸۰	۳۶۲۳۵۲۳۳	۱۹۶۵۵۸۱۳۶	۴۳۴۰۷۰۴۳۲	۵۰۹۰۷۵۳۶	۳۰۰۶۶۲۵۹۲
Apr	۱۸۲۰۳۵۱۲۰	۱۸۱۹۵۳۲۹۶	۷۹۷۳۲۰۱۶	۴۳۸۵۱۶۴۸	۵۹۲۰۴۴۱۲	۴۲۹۴۵۷۰۰	۴۷۰۰۳۱۹۰۴	۶۵۵۰۹۶۴۸	۶۳۳۳۳۷۳۲	۶۵۵۰۹۶۴۸	۷۴۹۷۷۱۴۴	۵۱۵۳۷۲۰۸	۴۴۴۷۳۷۴۴	۴۴۱۱۱۲۸۹۶	۵۳۴۲۳۴۱۶۰	۲۹۳۰۱۸۳۰۴
May	۲۶۸۶۹۱۲۹۶	۲۶۵۷۹۳۹۵۲	۱۲۰۴۴۰۳۲۰	۸۱۵۳۱۹۲۸	۱۰۹۲۸۱۸۶۴	۷۴۸۸۵۰۲۴	۳۹۹۳۲۷۱۵۲	۶۶۷۶۵۵۲۹۶	۹۰۷۶۰۲۴۰	۹۹۲۷۴۱۴۴	۱۰۴۲۲۶۱۷۶	۱۰۰۲۱۱۸۵۶	۳۵۲۱۶۴۴۱۶	۵۴۷۵۵۱۵۵۲	۶۷۰۴۸۵۳۱۲	۵۸۸۸۴۷۱۰۴
Jun	۲۹۰۸۱۷۴۴۰	۲۸۵۳۶۱۹۵۲	۱۳۳۹۵۵۷۶۸	۱۰۴۹۵۷۱۶۰	۱۳۶۹۶۳۵۲۰	۸۹۱۲۸۷۱۲	۳۹۵۰۸۶۵۹۲	۷۲۳۹۵۴۶۲۴	۹۶۵۵۸۲۵۲	۱۰۰۱۵۸۴۸۰	۱۰۷۴۹۹۶۷۲	۱۲۴۵۷۰۱۵۲	۳۷۹۸۸۶۵۶۰	۵۶۵۱۹۸۹۱۲	۶۸۷۶۲۶۳۸۸	۶۴۱۰۷۸۴۶۴
Jul	۲۹۱۷۱۴۴۶۴	۲۸۷۵۲۶۲۰۸	۱۳۳۶۰۸۳۰۴	۹۴۸۱۴۷۸۴	۱۲۷۳۰۹۶۲۲	۸۵۲۵۲۹۸۱۶	۴۱۴۵۱۰۰۴۸	۷۲۶۱۵۲۱۲۸	۹۷۳۴۸۶۵۶	۱۰۰۸۸۲۳۲۸	۱۰۹۶۲۳۲۹۲	۱۱۶۲۴۵۴۴۸	۳۸۱۸۵۶۶۸۰	۵۸۰۵۱۵۲۶۴	۶۶۹۶۰۲۷۲۰	۶۴۱۸۴۷۱۶۸
Aug	۲۴۵۸۸۲۰۳۲	۲۴۴۳۰۱۵۰۴	۱۰۸۶۹۵۲۶۴	۶۵۲۵۶۷۰۴	۸۷۹۸۰۳۷۶	۶۴۵۰۵۷۱۶	۴۲۶۸۸۸۷۶۸	۶۳۰۳۴۴۰۰۰	۸۳۳۵۴۶۴	۸۶۱۲۳۵۲۵	۹۷۵۶۴۸۶۴	۷۹۵۱۸۹۰۴	۳۳۷۳۳۸۱۱۲	۵۵۵۳۹۱۳۳۲	۶۵۳۳۸۲۶۲۴	۵۲۹۷۹۲۰۰۰
Sep	۱۹۶۷۳۵۳۱۲	۱۹۲۲۲۵۴۷۲	۸۹۸۱۵۷۶۰	۴۳۸۹۱۴۷۲	۵۹۵۰۷۵۸۸	۴۴۶۴۲۲۸	۴۲۶۰۹۲۸۰۰	۵۱۲۰۶۳۴۲۴	۷۰۱۶۱۹۲۸	۷۲۴۸۰۸۲۴	۸۳۶۰۶۵۴۴	۵۰۹۰۷۲۴۰	۲۶۱۵۷۲۱۲۸	۵۳۰۶۳۳۷۶۰	۶۲۳۳۴۲۴۰۰	۴۰۷۳۶۱۸۵۶
Oct	۱۶۴۴۷۹۲۶۴	۱۵۲۴۸۶۸۰	۸۶۵۷۶۹۷۶	۳۲۸۷۴۸۴۲	۴۴۸۰۵۱۱۶	۳۳۴۲۰۴۴۶	۴۲۲۲۱۳۹۵۲	۴۲۲۶۲۷۰۲۴	۶۲۳۹۰۵۴۴	۶۷۰۰۷۲۹۲	۷۵۵۸۳۰۹۶	۳۷۱۴۳۷۲۰	۲۱۱۸۱۲۸۴۲	۵۱۷۴۲۸۸۳۲	۶۱۵۰۱۷۰۲۴	۳۱۵۸۲۲۸۱۶
Nov	۹۴۲۷۵۶۴۸	۸۱۶۸۰۳۴۴	۵۱۵۳۱۴۰۰	۱۶۹۰۴۲۴۴	۲۳۱۰۱۴۳۴	۱۷۰۸۸۰۰۲	۲۶۳۲۰۷۰۸۸	۳۳۶۷۵۴۷۸۴	۳۷۸۰۵۲۰۰	۴۰۲۳۴۶۹۸۰	۴۵۴۱۷۰۷۶	۱۸۶۸۶۴۶۸	۱۱۶۲۷۹۲۴۸	۳۳۴۶۷۸۵۹۲	۳۹۸۰۷۷۸۸۸	۱۶۵۶۶۶۰۱۶
Dec	۵۵۵۶۳۱۹۶	۴۵۱۵۱۲۶۸	۳۰۲۵۹۱۹۴	۹۱۴۱۲۸۰	۱۳۴۶۲۶۱۲	۹۰۹۲۵۷۱	۱۵۶۳۲۱۹۸۴	۱۳۲۶۰۱۷۴۴	۲۲۹۳۰۳۲۴	۲۲۹۵۶۹۰۴	۲۶۶۷۰۵۴۶	۹۹۴۵۹۰۹	۶۶۶۴۱۸۱۶	۲۰۳۷۷۶۴۴۸	۲۴۵۰۲۶۸۶۴	۹۱۲۰۷۹۶۸
TOTALS	۲۱۰۳۰۱۰۶۸۸	۲۰۱۹۵۵۶۸۶۴	۹۹۵۲۹۱۰۷۲	۵۵۲۹۲۶۵۷۶	۷۴۶۱۶۳۰۰۸	۵۲۲۵۲۵۸۷۶	۴۰۳۹۳۹۶۵۲۵	۵۳۰۸۳۰۰۸۲۸	۲۴۵۰۳۹۲۹۶	۷۷۶۱۵۵۹۶۸	۸۶۷۵۶۰۷۰۴	۶۵۷۱۱۰۰۱۶	۲۲۳۱۸۹۱۷۵۲	۵۲۶۸۲۵۴۰۳۵۲	۶۲۸۸۲۵۴۶۵۶	۴۴۶۱۳۹۶۷۳۶
تابستان	۸۲۸۴۱۳۹۳۶	۸۱۷۱۸۹۶۶۴	۳۷۶۲۸۹۳۳۶	۲۶۵۰۲۸۶۴۸	۸۲۷۱۶۴۵۰	۲۲۳۹۰۴۲۴۴	۱۳۳۶۳۸۵۴۰۸	۲۰۸۰۴۵۰۷۵۲	۲۷۷۲۶۳۴۷۲	۲۸۷۱۷۶۱۶۰	۳۱۴۶۸۸۳۳۸	۳۲۰۳۳۴۵۰۴	۱۰۸۸۹۸۴۳۵۲	۱۷۰۱۱۰۵۴۰۸	۲۰۳۷۸۱۱۷۱۲	۱۸۱۲۷۱۷۶۳۲
زمستان	۲۱۷۴۴۳۱۸۰	۱۸۴۶۶۲۴۲۴	۱۱۷۴۶۵۲۸۲	۳۸۱۹۲۶۶۲	۵۲۱۰۲۲۷۰	۳۸۳۳۰۱۹۶	۵۹۲۰۹۴۵۳۴	۵۳۰۲۰۶۸۸۰	۸۶۷۵۲۸۶۸	۹۱۸۹۱۷۲۱۴	۱۰۲۹۰۴۶۸۲	۴۲۰۵۴۹۲۳	۲۵۹۱۸۱۷۰۴	۷۶۰۸۲۱۳۱۲	۹۱۰۴۱۸۸۱۶	۲۷۷۰۰۰۶۴۰

این داده ها در نرم افزار اکسل وارد و نمودارهای مربوط ترسیم گردید. نمودارهای (۲) و (۳) دریافت انرژی خورشیدی تمام فرم‌های بررسی شده را در فصل تابستان و زمستان نشان می دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



نمودار ۲) مقایسه میزان انرژی تابشی دریافتی در فصل زمستان برای ۱٦ فرم بررسی شده



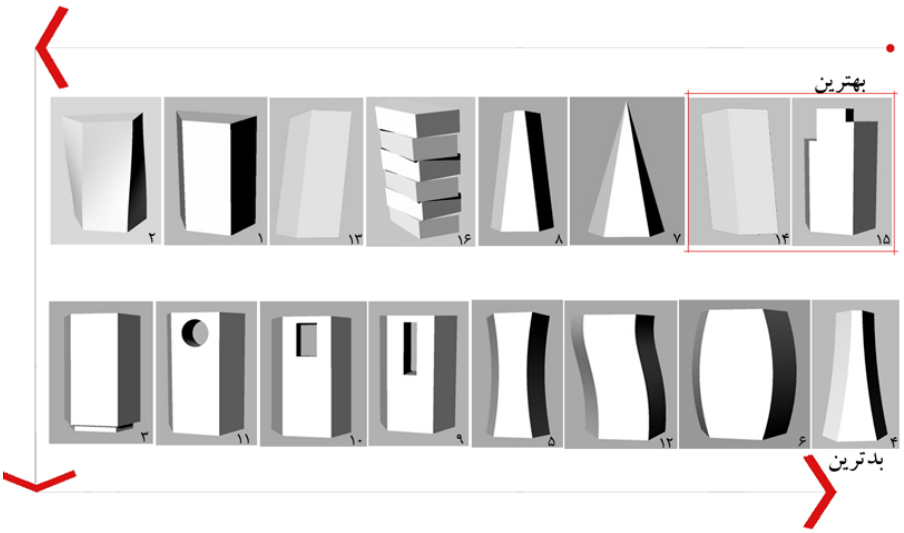
نمودار۳) مقایسه میزان انرژی تابشی دریافتی در فصل تابستان برای ۱٦ فرم بررسی شده

همان طور که پیش از این عنوان شد، در این پژوهش، استفاده از سامانه های غیرفعال (استفاده از گردآورنده ها نظیر صفحات فتوولتاییک) در اولویت قرار دارند. بنابراین، فرمی بهینه است که بیشترین میزان انرژی دریافتی در زمستان و کمترین میزان انرژی دریافتی را در تابستان داشته باشد. با مقایسه مقادیر بیشینه زمستان و کمینه تابستان از روی نمودار، دیده می شود که فرم های ۱۵، ۱۴، ۷و ۸ با دریافت ۹۱۰،۴ ، ۷۶۰،۸ ، ۵۹۲ و ۵۳۰،۲ مگاوات ساعت در مجموع زمستان، بیشترین میزان دریافت انرژی تابشی مستقیم خورشید در زمستان را دارا بوده و از این لحاظ بهینه هستند، ولی از سوی دیگر، میزان تابش دریافتی تابستان آنها زیاد است بویژه فرم ۸ که نسبت به سایر فرم ها دریافت زمستانی کمتری دارد اما دریافت تابستانی زیادی دارد (دریافت زمستان ۵۳۰،۲ مگاوات ساعت و دریافت تابستان ۲۰۸۰،۴ مگاوات ساعت). لذا باید

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

برای کنترل تابش آنها در فصل تابستان تمهیداتی نظیر سایه بان اندیشید. تصویر (۷) ترتیب فرم‌های بهینه ساختمان بلند در شهر تهران را بر اساس میزان دریافت تابشی فصل زمستان نشان می دهد.

همان‌طور که دیده می‌شود، از میان فرم‌های بررسی شده، فرم ۱۵ که سطح بیشتری را برای دریافت در ضلع جنوب و سپس شرق و غرب فراهم کرده، بیشترین میزان دریافت را داشته است. از سوی دیگر، زاویه دار شدن مقطع در فرم ۱۴، سبب شده که در زمستان اشعه های مایل خورشید، نزدیکتر به عمود بر سطح حجم (نسبت به حالتی که سطح پوسته عمود بر زمین است) بتابند و میزان دریافت خورشیدی افزایش یابد. فرم ۷ نیز به دلیل سطح بسیار زیاد پوسته خارجی، دریافت بیشتری را کسب نموده است اما برای تامین سطح زیربنای مورد نظر باید تا ۱۸ طبقه افزایش ارتفاع داشته باشد و این از لحاظ مشکلات ساخت ، اقتصاد و... بهینه نیست. از سوی دیگر، به دلیل تقعر و تحدب پوسته خارجی فرم های ۴ و ۶ در راستای شرق و غرب، میزان دریافت عمود بر سطح آنها بسیار کم شده و نهایتا میزان دریافت بسیار اندکی نسبت به سایر حجم ها دارند بنابراین، می‌توان گفت که فرم‌های ۱۵ و ۱۴ نسبت به سایر فرم ها بهینه هستند.



تصویر ۷) فرم بهینه ساختمان بلند در تهران از نظر تابش دریافتی

این نتایج بر اساس تحلیل دریافت انرژی تابشی خورشید به دست آمده است و برای انتخاب فرم بهینه اقلیمی ساختمان بلند باید سایر عوامل اقلیمی نظیر باد نیز مورد مطالعه بررسی قرار گیرد. بدین ترتیب، ممکن است فرمی از نظر دریافت تابش خورشیدی بسیار مناسب باشد اما از نظر باد مناسب نباشد. لذا باید تحقیقات جامعی برای تعیین فرم مناسب اقلیمی در سایر زمینه ها نیز صورت پذیرد و مکمل این پژوهش باشد. نتیجه حاصل شده در این پژوهش به عنوان فرمی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

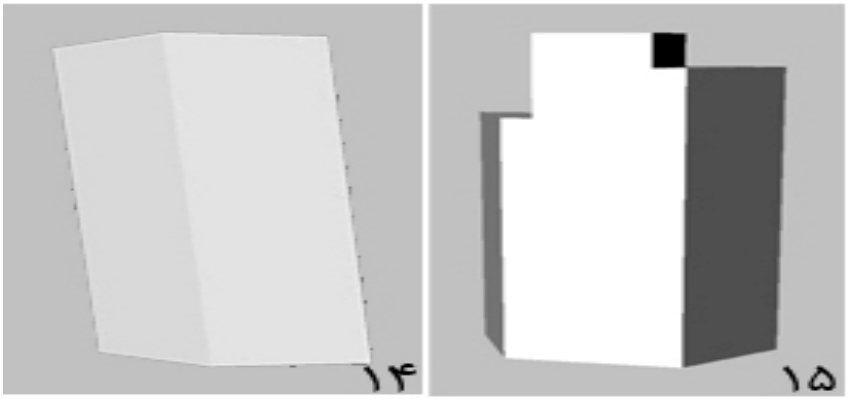
خام محسوب شده و فرم نهایی باید متناسب با عملکرد، مسائل زیبایی شناسی و سایر عوامل اقلیمی، معماری و شهرسازی طراحی گردد.

نتیجه گیری

فرم مناسب ساختمان بلند از نظر دریافت تابش خورشیدی فرمی است که بیشترین میزان تابش دریافتی در فصل زمستان و کمترین را درفصل تابستان داشته باشد و البته با توجه به راه‌کارهای سامانه های غیر فعال، میزان دریافت در فصل زمستان در اولویت است. در این پژوهش، پس از بررسی ۱۵ فرم متداول ساختمان بلند، مشخص شد که فرم های تصویر (۸) برای شهر تهران، از نظر دریافت خورشیدی مناسب هستند. با توجه به تحلیل های نرم افزاری، می توان گزاره‌های زیر را برای دستیابی به فرم مناسب خورشیدی در نظر گرفت:

- افزایش سطح پوسته جنوبی فرم ساختمان
- سایه اندازی خود ساختمان بر روی خود در فصل تابستان
- پرهیز از فرم های محدب و مقعر
- استفاده از فرم های هرم یا هرم ناقص به شرط برهم نزدن خط آسمان

برای انتخاب فرم بهینه نهایی ساختمان بلند باید سایر عوامل نظیر عوامل اقلیمی (باد، دما و...) و عوامل شهرسازی و معماری (زیبایی شناسی، عملکرد و ...) را مد نظر قرار داد. با استفاده از صفحات فتوولتاییک بر روی جداره خارجی پوسته ساختمان و تولید برق، می توان بخشی از نیاز انرژی ساختمان را تامین و در مصرف برق صرفه جویی کرد.



تصویر ۸) فرم بهینه ساختمان بلند در تهران از نظر تابش دریافتی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

منابع

[۱]] اکبری، حسین. (۱۳۹۰)، طراحی ساختمان اداری با صرفه جویی انرژی با استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز، پایان نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، صص ۴۴-۵۰.

[۲] بهادری نژاد، مهدی. صفر زاده، حبیب اله. (۱۳۸۱)، طراحی یک ساختمان بی نیاز از انرژی های فسیلی در تهران (ساختمان سبز)، دومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.

[۳] حیدری، شاهین. (۱۳۸۸)، برنامه ریزی انرژی در ایران با تکیه بر بخش ساختمان، چاپ اول، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

[۴] طاهباز، منصوره. (۱۳۶۱)، اقلیم و معماری خورشید و جهت گیری ساختمان، دفتر فنی جهاد دانشگاهی ، دانشگاه شهید بهشتی.

[۵] عزیزی، علی. فریادی، شهرزاد. (۱۳۹۱)، تحلیل اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی مزایای به کارگیری آبگرمکن خورشیدی (مطالعه موردی شهر شیراز)، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۵ شماره ۱.

[۶] قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۹)، مبانی فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی) ، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.

[۷] کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۷)، اقلیم و معماری، نشر خاک، چاپ پنجم.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]