

# ارزیابی تاثیر روش‌های رایج اجرای نمای ساختمان‌های مسکونی شهر تهران در مصرف انرژی

امین‌الله احمدی\*

۱۴۰۱/۰۱/۰۱

۱۴۰۲/۰۴/۰۷

تاریخ دریافت مقاله:

تاریخ پذیرش مقاله:

چکیده

در این پژوهش که با تمرکز بر مناطق شرق، غرب و جنوب شهر تهران انجام شده، میزان بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان‌های رو به جهات مختلف جغرافیایی مقایسه شده و در رابطه با بخش صلب جداره، در میان مصالح و روش‌های ساخت متداول، جنس نما و جزئیات ساخت مناسب جداره‌های جداکننده خارجی در هر جهت جغرافیایی مشخص شده است. به این منظور از ابزار شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Energy plus با واسطه گرافیکی Design builder جهت تحلیل حرارتی و مصرف انرژی ساختمان استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که واحدهای جنوبی کمترین مجموع بار سرمایشی و گرمایشی مصرفی را دارند و بعدازآن به ترتیب واحدهای شرقی (۱۶ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی)، غربی (۱۷ درصد بیشتر واحدهای جنوبی) و شمالی (۲۰ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی) قرار دارند. نتایج شبیه‌سازی در نماهای مختلف نشان می‌دهد که به طورکلی، بار گرمایشی ساختمان در واحد شمالی ۳۰ تا ۴۰ درصد در نماهای دارای مصالح مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد در واحدهای غربی ۲۰ تا ۲۵ درصد و در واحدهای شرقی ۱۹ تا ۲۲ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. در واحدهای رو به شمال با توجه به نوع نما بار سرمایشی ساختمان ۰/۵ تا ۷/۵ درصد در نماهای با مصالح مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد در واحدهای غربی ۶/۵ تا ۷ درصد و در واحدهای شرقی ۱۰/۵ تا ۱۱ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. علاوه بر این تأثیر استفاده از انواع مختلف مصالح رایج در نماهای شهر تهران شامل نماهای کامپوزیت فلزی، سرامیک با روش اتصال خشک، سرامیک با روش اتصال چسبیده، سیمانی، پانل‌های بتُنی با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال چسبیده، سنگی با روش اتصال خشک (سنگ گرانیت، مرمر، کوارتزیت و ماسه‌سنگ)، سنگی با روش اتصال چسبیده بر مصرف انرژی ساختمان بررسی شده و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بهترین مصالح نما در میان مصالح متداول، آجر و بعدازآن پانل بتُنی و بهترین نحوه اجرا، اجرای خشک این مصالح است.

**کلمات کلیدی:** ساختمان‌های مسکونی، جداره‌های خارجی ساختمان، کاهش مصرف انرژی، شهر تهران.

\* استادیار، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند، پرند، ایران. a.ahadi@piau.ac.ir

سرمایش و تهویه اختصاص دارد. با توجه به اینکه جریان حرارت از میان پوسته های خارجی ساختمان عامل اصلی تغییرات دمای هوای داخل است و به طور مستقیم بر بار گرمایشی و سرمایشی و آسایش حرارتی فضای داخلی مؤثر است (شریفی و قبادیان، ۱۳۹۶)، انتخاب مناسب مصالح ساختمانی مناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه می تواند منجر به صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان گردد. یکی از عواملی که می تواند تأثیر بسزایی بر میزان دریافت انرژی خورشیدی توسط ساختمان داشته باشد، جنس مصالح به کاررفته در نمای خارجی ساختمان است (بهیار و همکاران، ۱۳۸۱). همچنین جزئیات ساخت جداره خارجی ساختمان (سقف و دیوار بیرونی) و اندازه بازشوها از دیگر عوامل مؤثر هستند. با توجه به مباحث صرفه جویی در مصرف انرژی و ویژگی های اقلیمی شهر تهران، این پژوهش به این پرسش پاسخ می دهد که در میان مصالح، جنس مصالح مناسب در نمای ساختمان های مسکونی در تهران چیست و جزئیات اجرایی جداره های خارجی ساختمان های مسکونی در مناطق شرق و غرب و جنوب تهران در جهت صرفه جویی در مصرف انرژی چگونه است؟ همچنین تأثیر جهت گیری ساختمان بر میزان بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان های مسکونی موردمطالعه قرار گرفته است.

#### مروی بر پیشینه پژوهشی

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بررسی میزان اثرگذاری جنس نمای خارجی بر مصرف انرژی ساختمان انجام شده است. در پژوهشی در فنلاند در سال ۲۰۰۴، لیندبرگ<sup>۱</sup> و همکاران، به مدت پنج سال با برداشت میدانی میزان دریافت انرژی خورشیدی در دیوارهای دارای نماهای آجری و چوبی را به صورت تجربی موردمطالعه قرار دادند (Lindberg et al., 2004). نتایج این تحقیق از تأثیر قابل توجه جنس نمای

یکی از مسائل پیش روی طراحان و معماران، مصرف انرژی ساختمان در دوره ساخت است. انرژی مصرف شده در فرایند ساخت یک بنا مقدار زیادی از منابع را دریافت می کند، بنابراین از طریق ارزیابی انرژی زمان ساخت که انرژی نهفته نامیده می شود، می توان با انتخاب مناسب ترین مصالح و راهکارها در مصرف انرژی صرفه جویی کرد (زینلی و همکاران؛ ۱۴۰۰). بخش ساختمان به دلیل طراحی و ساخت نامناسب، مصالح و تجهیزات غیراستاندارد و مواد به کاررفته در ساختمان ها و انتخاب نامناسب پوشش ساختمان ها اعم از پنجره ها و سیستم عایق کاری، بزرگ ترین مصرف کننده انرژی در مقایسه با سایر بخش های اقتصادی کشور است (وزارت نیرو، ۱۳۹۲: ۶۳). میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان در ایران ۲/۵۸ برابر متوسط جهانی است (وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۸). فعالیت های بهینه سازی در بخش ساختمان در برگیرنده فعالیت های مرتبط با پوسته و معماری ساختمان، تأسیسات گرمایش و سرمایش، سیستم های روشنایی و سیستم های کنترل هوشمند تجهیزات انرژی برخانگی است (وزارت نیرو، ۱۳۹۶: ۷۹). آخرین آمار مصرف انرژی در ایران تا زمان نگارش این پژوهش (تراز نامه انرژی ایران در سال ۱۳۹۴) نشان می دهد که سهم مصرف انرژی در بخش ساختمان، ۴/۳۴ درصد از کل انرژی کشور (بخش صنعت ۲۳/۵، بخش حمل و نقل ۲۵/۶ و بخش کشاورزی ۳/۸۹ درصد) است (وزارت نیرو، ۱۳۹۶: ۱۲۸). این رقم در سال ۱۳۶۹، ۳۰ درصد و در سال ۱۳۸۳، ۴۰ درصد بوده است (وزارت نیرو، ۱۳۸۵: ۴۹ درصد از انرژی برق و ۴۷ درصد از گاز طبیعی کشور در بخش ساختمان مصرف می شود (وزارت نیرو، ۱۳۹۶: ۱۲۸). بیشترین سهم در مصرف منابع انرژی در ساختمان به مصرف انرژی الکتریکی جهت روشنایی،

(Zengin, 2021). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بتن هواده‌ی شده از نظر بازیافت، پایداری و انرژی مصرف شده برای تولید مصالح و نیز مصرف انرژی ساختمان کارایی بالاتری را دارد. در ایران، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، مطالعات وسیعی در زمینه ویژگی‌های حرارتی و سایر خصوصیات مصالح ساختمانی که در صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان مؤثر است، ارائه شده است. با این وجود، چگونگی استفاده از این مصالح در قالب جزئیات ساختمانی بهینه، معرفی راهکارهایی در زمینه طراحی نماهای اداری و تجاری و استفاده بهینه از مصالح رایج برای نمای این کاربری‌ها، پژوهش در زمینه مصالح جدید، ارزیابی عملکرد حرارتی نماهای ساختمان‌های ساخته شده و نیز مقایسه میزان تأثیرات به کارگیری مصالح متداول برای نما در اقلیم‌های مختلف ایران (مانند اقلیم شهر تهران در این پژوهش)، کمتر موردنویجه قرار گرفته است که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود. شایان ذکر است که مناسب بودن مصالح به کاررفته در نما کاملاً به شرایط آب و هوایی منطقه وابستگی دارد. علاوه بر این طاهباز و جلیلیان (۱۳۸۴)، ویژگی‌های کلی جداره خارجی شامل ظرفیت حرارتی، ضربی انتقال حرارت، زمان تأخیر، رنگ و بافت مصالح نمای را برای پهنه‌های مختلف اقلیمی در ایران مشخص نموده‌اند. در این پژوهش‌ها علاوه بر ارائه اطلاعات کلی، به تأثیر جهت‌گیری ساختمان در موارد پیشنهادی توجه نشده است. جهت‌گیری دیوارهای ساختمان، روی میزان انرژی تابشی برخوردي به آن دیوارها کاملاً مؤثر است. می‌توان از جهت‌گیری ساختمان به عنوان یک عامل طراحی اقلیمی در جهت کاهش مصرف انرژی سالیانه بهره برد و تمهداتی در جهت افزایش انرژی دریافتی (در مناطق سردسیر) و یا

ساختمان بر میزان مصرف انرژی ساختمان (با وجود عایق‌بندی در دیوارها) حکایت داشت. بادسکو و استایکوویچی<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۶، آثار ذخیره انرژی خورشیدی در جدار خارجی ساختمان را بر کاهش مصرف انرژی در اقلیم سرد موردنرسی قرار دادند (Badescu & Staicovici, 2006) (Prager et al., 2006). نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که اگر نمای خارجی ساختمان با رنگ خاکستری پوشش داده شود، بار گرمایشی ساختمان نسبت به حالت نمای پوشش داده شده با رنگ سفید کاهش و بار گرمایشی آن افزایش می‌یابد. در سال ۲۰۱۲، لو باکارو<sup>۲</sup> و همکاران با استفاده از شبیه‌سازی اقلیم میلان ایتالیا پرداختند. در این پژوهش، نماهای بتنی، نماهای آلومینیمی، نماهای شیشه‌ای و نماهای دارای پوشش گیاهی را موردمطالعه قرار دادند (Lobaccaro et al., 2012). همچنین در سال ۲۰۱۳، سوسورووا<sup>۳</sup> و همکاران، تأثیر استفاده از پوشش‌های گیاهی بر روی جدار خارجی ساختمان را به صورت عددی و تجربی بررسی نمودند (Susorova et al., 2013). نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پوشش‌های گیاهی موجب کاهش جذب انرژی خورشیدی و کاهش بار گرمایشی می‌شود، این در حالی است که این امر می‌تواند بار گرمایش ساختمان را افزایش دهد. در پژوهشی دیگر در ترکیه تأثیر استفاده از سه مصالح رایج در نمای ساختمان‌های این کشور (آجر، بتن هواده‌ی شده و بلوك‌های سیمانی) در مصرف انرژی ساختمان موردنرسی قرار گرفته است (Usta &

ساختمان‌های مسکونی شهر تهران انجام نشده است.

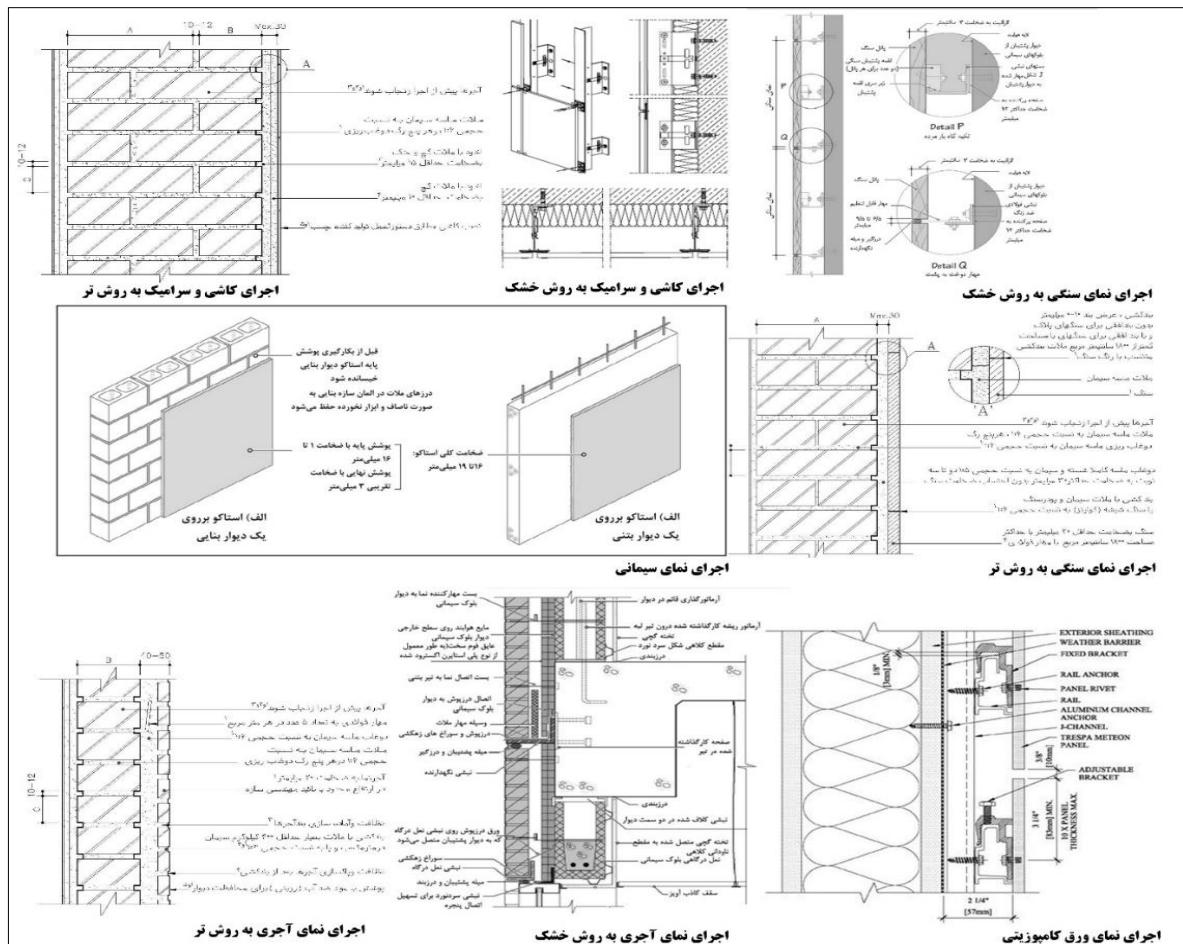
### ادبیات موضوع

بهینه‌سازی به مجموعه تلاش‌های اطلاق می‌شود که به منظور کمینه یا بیشینه‌سازی یک تابع هدف صورت می‌پذیرد. در مباحث انرژی، کمینه کردن تابع مصرف انرژی موردنظر است که در آن باید تأمین آسایش حرارتی، تأمین آسایش بصری، تأمین آسایش تنفسی در کنار کمینه کردن زمان بازگشت هزینه اولیه مدنظر باشد (ذوالفقاری، ۱۳۹۳: ۵۰). در این پژوهش به حداقل رساندن مجموع بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان از طریق انتخاب بهینه مصالح، روش ساخت جداره خارجی و جهت‌گیری ساختمان موردنظر است. در این رابطه آنچه اهمیت دارد این است که مصالح چگونه (هالگر کوخ، ۱۳۸۵) گرما را بازمی‌تابانند، جذب می‌کنند، گسیل می‌کنند، از جریان گرما می‌کاهند و گرما را آزاد یا ذخیره می‌کنند. بررسی نمونه‌های موجود در شهر تهران (محدوده موردمطالعه) نشان می‌دهد که دیوارهای پشتیبان نما در دو حالت دیوارهای بنایی (بلوک‌های سفالی و سیمانی یا آجر) و دیوارهای پیش‌ساخته، ساخته می‌شوند. همچنین نماها بر اساس مصالح به کاررفته در آن‌ها به انواع نمای سنگی، نمای آجری، نمای سیمانی و بتُنی، نمای سرامیک و نمای کامپوزیت فلزی تقسیم می‌شوند که به دو روش خشک و تراجرای می‌شود (سازمان برنامه‌وبدجه ایران، ۱۳۹۵). تصویر شماره ۱، جزئیات اجرایی این نماها را نشان می‌دهد. این جزئیات (چگونگی اتصال نما به دیوار پشتیبان یکسان) جهت ساخت مدل‌های شبیه‌سازی این پژوهش مورداستفاده قرار گرفته است. مناطق واقع در اقالیم ۴ و ۵ و ۶ که شامل تهران نیز می‌شود (کسمائی، ۱۳۷۲)، دارای معدل حداقل سردترین ماه بین صفر و ۵-درجه و معدل حداکثر دمای گرم‌ترین ماه بین ۳۴ تا

کاهش آن (در مناطق گرمسیر) پیشنهاد نمود (سبزپوشانی و همکاران، ۱۳۸۵). در این رابطه در پژوهشی در استرالیا، تأثیر جهت‌گیری نمای ساختمان مسکونی بر مصرف انرژی سالیانه مورد ارزیابی قرار گرفته است (Albatayneh et al., 2018). نتایج این پژوهش که از طریق شبیه‌سازی رایانه‌ای انجام شده است، نشان می‌دهد که در نمونه موردی موردنبررسی و در شرایط یکسان، میزان انرژی کلی مصرفی ساختمان در ساختمان رو به شمال، شرق، غرب و جنوب به ترتیب برابر با ۲۴، ۵۷، ۵۴ و ۷۸ MJ/m<sup>2</sup> بوده که نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه جهت‌گیری ساختمان بر مصرف انرژی ساختمان است. در پژوهش دیگری که در شهر لندن با شبیه‌سازی رایانه‌ای در نرم‌افزار Green Building Studio انجام شده است، تأثیر جهت‌گیری ساختمان با تغییر ۴۵ درجه در هر مرحله بر مصرف گاز و برق ساختمان‌های مسکونی در این منطقه بررسی شده است. نتایج این شبیه‌سازی نشان‌دهنده تفاوت حدود ۱۰ درصدی بین بهترین جهت‌گیری (۱۸۰ درجه از شمال) با بدترین حالت است (Abanda & Byers, 2016). در پژوهش دیگری در شهر سلیمانیه عراق تأثیر تغییر ۵ درجه‌ای جهت‌گیری یک نمونه ساختمان بلندمرتبه (در مجموع ۱۸ حالت بررسی شده است) بر مصرف انرژی سالیانه آن موردنبررسی قرار گرفته است (Jamal & Bani, 2017). در این پژوهش جهت‌گیری‌های ۰۷۰°، ۰۱۶۰°، ۰۲۵۰° و ۰۳۴۰° به عنوان حالت بهینه معرفی شده است. در ایران، کسمایی (۱۳۹۱)، جهت‌گیری بهینه ساختمان برای مناطق مختلف ایران را بیان نموده است. با این وجود پژوهشی در زمینه میزان تأثیر جهت‌گیری‌های مختلف ساختمان بر بار سرمایش، گرمایش و مجموع بار سرمایش و گرمایش ساختمان به‌خصوص در

انرژی ۱/۰۲ تا ۱/۲۲ و دیوارها ۰/۸۵ تا ۱/۵ C2W/m باشد. استفاده از رنگ روشن برای بام ضروری است. رنگ تیره برای دیوارهای جنوبی، شرقی و غربی به شرط تأمین سایه در موقع گرم، بلامانع است. بافت سطوح خارجی باید زبر و ناهموار باشد. از عایق رطوبتی باید در جدارهای زیرزمین و پشت بام و از پوشش‌های مقاوم رطوبت در سطوح داخلی جدارهای بهره گرفت. قسمت پایین جدارهای خارجی که در تماس با زمین قرار دارد، حداقل تا ارتفاع متعارف بر ف منطقه باید با مصالح نفوذناپذیر در مقابل رطوبت ساخته شود (طاہباز و جلیلیان، ۱۳۸۴).

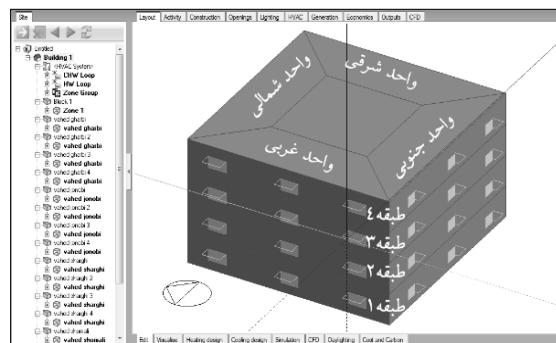
۳۸ هستند، معمولاً دارای ۳ تا ۵ ماه با معدل دمای حداقلتر ۳۰ درجه است. همه ماهها نوسان دمای روزانه بیشتر از ۱۰ درجه و گاه بالاتر از ۱۵ درجه را دارند. در این ایستگاهها شب‌ها بین ۱ تا ۳ ماه حتماً و ۳ تا ۵ ماه احتمالاً میان اتفاق می‌افتد. بروز پدیده شرجی در این اقالیم مشاهده نمی‌شود. در حدود ۱/۵ تا ۳/۵ ماه از سال یخ‌بندان وجود دارد. با توجه به این توضیحات مشکل این مناطق گرما و سرمای نسبی و یخ‌بندان و میان در پارهای از ایام زمستان است. در چنین شرایطی جدارهای باید علاوه بر ظرفیت حرارتی زیاد (خازن)، از مصالح و با ضخامتی ساخته شود که سقف دارای ضریب انتقال



ت ۱. جزئیات اجرایی نماهای متداول در شهر تهران؛ منبع: سازمان برنامه‌وبدجه ایران، ۱۳۹۵؛ سازمان برنامه‌وبدجه ایران،

## روش تحقیق

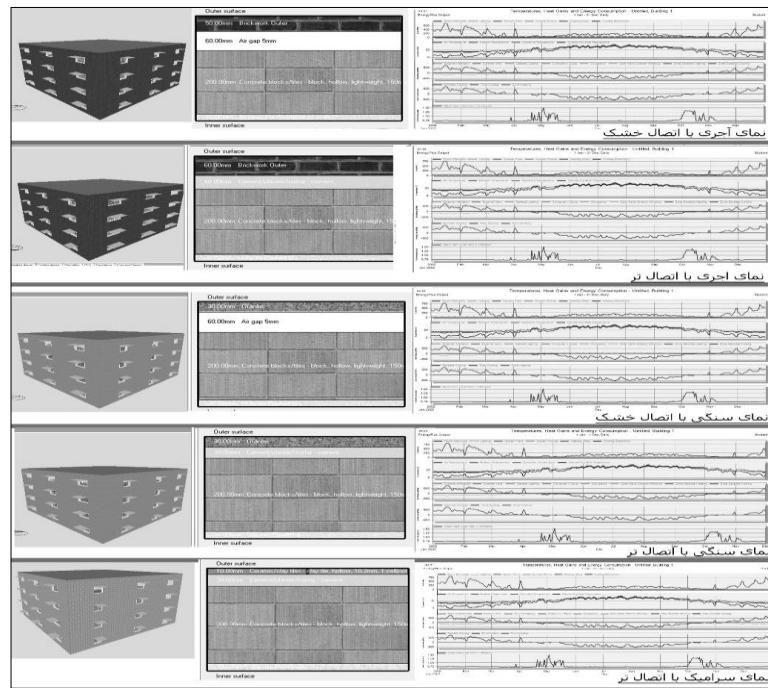
این پژوهش به لحاظ نوع تحقیق کاربردی است و در رابطه با داده‌های موردنظری و خروجی پژوهش، کمی است. متغیرهای مستقل پژوهش انواع نماهای ساختمانی و روش‌های اجرای آنها است و متغیر وابسته بار گرمایش، سرمایش و مجموع بار گرمایشی و سرمایشی مدل‌های ساختمان‌های مسکونی مورد مطالعه است. مدل ساخته شده شامل ۴ زون ۷۰ مترمربعی در جهات رو به شمال، جنوب، شرق و غرب و در چهار طبقه است. کاربری هر زون مسکونی با سیستم پکیج و سیستم سرمایش کولر در نظر گرفته شده است (تصویر شماره ۲).



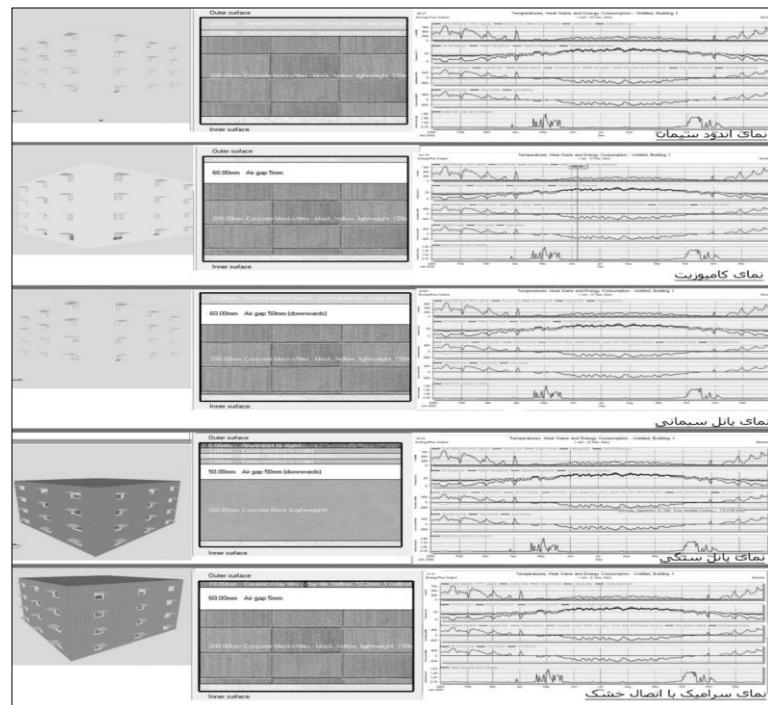
ت.۲. مدل‌سازی ساختمان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

شبیه‌سازی رایانه‌ای ابزار اصلی در این پژوهش است. به این منظور از نرم‌افزار دیزاین بیلدر جهت تحلیل‌های حرارتی استفاده شده است. از آنجاکه تمامی این تحلیل‌ها بر پایه اطلاعات اقلیمی انجام می‌گردد، اطلاعات اقلیمی در قالب فایل اطلاعات آب و هوایی، از نرم‌افزار متونور استخراج شده و در نرم‌افزار کلایمیت کنسولنت تحلیل شده است. دیزاین بیلدر از موتور انرژی پلاس جهت تحلیل‌های حرارتی ساختمان استفاده می‌کند. پژوهش‌های میدانی متعددی دقت و کارایی بالای این نرم‌افزار را در شبیه‌سازی ساختمان نشان داده است (Eskin & Turkmen, 2008). دقت این نرم‌افزار در مقایسه با مقادیر به دست آمده از

پژوهش‌های میدانی، حداقل  $\pm 13$  درصد تفاوت داشته است که مقدار قابل قبولی است (Neto & Fiorelli, 2008). مدل‌سازی شبکه جریان هوای نرم‌افزار انرژی پلاس با استفاده از مقایسه نتایج مدل‌سازی با سری زیادی از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی با کیفیت بالا توسط لابرаторی ملی اوک ریگ اعتبارسنجی شده است. اعتبارسنجی مدل‌سازی شبکه جریان هوای نرم‌افزار انرژی پلاس همچنین با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط لابرаторی علوم ساختمانی در مرکز انرژی خورشیدی فلوریدا انجام شده است (Lixing Gu, 2007). با توجه به انواع پوشش‌های متدالوی کاررفته در نما در محدوده مورد مطالعه و جزئیات اجرایی این نماها، به منظور ارزیابی عملکرد حرارتی این نماها و انتخاب نمای بهینه، تأثیر استفاده از مصالح مختلف در نمای ساختمان در دمای تابشی سطوح و بار سالانه سرمایش، و مجموع بار حرارتی ساختمان، شبیه‌سازی رایانه‌ای در نرم‌افزار دیزاین بیلدر ورژن ۱، ۵، در طول یک سال با در نظر گرفتن فایل اطلاعات اقلیمی مناطق جنوب، شرق و غرب تهران که از سرور انرژی پلاس و ایستگاه‌های هواشناسی مرتبط دریافت شده است، در ۱۳ حالت به شرح زیر انجام شده است: نماهای کامپوزیت فلزی، سرامیک با روش اتصال خشک، سرامیک با روش اتصال چسبیده، سیمانی، پانل‌های بتونی با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال چسبیده، سنگی با روش اتصال خشک (سنگ گرانیت، مرمر، کوارتزیت و ماسه‌سنگ)، سنگی با روش اتصال چسبیده. به این منظور، جنس دیوار پشتیبان در تمامی حالات بلوك سیمانی سبک در نظر گرفته شده است. تصاویر شماره ۳ و ۴، مدل‌سازی انجام شده و نتایج شبیه‌سازی را برای نماهای مختلف نشان می‌دهد.

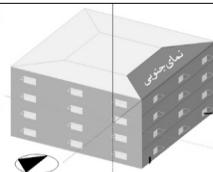


ت.۴. جزئیات مدل‌سازی و نتایج مربوط به شبیه‌سازی عملکرد حرارتی نمای سیمانی، کامپوزیت، پانل سیمانی، پانل سنگی و سرامیکی با اتصال خشک



ت.۳. جزئیات مدل‌سازی و نتایج مربوط به شبیه‌سازی رایانه‌ای عملکرد حرارتی نمای آجری با اتصال خشک و تر، نمای سنگی با اتصال خشک و تر و نمای سرامیک با اتصال تر

باتوجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی رایانه‌ای، عملکرد حرارتی ۱۳ نوع نمای موربد بررسی باتوجه به بار سرمایشی، بار گرمایشی و مجموع بار مصرف انرژی سالانه ارائه شده و نمایه و نحوه اجرای



بهینه نما باتوجه به ایجاد کمترین بار گرمایشی و سرمایشی در ساختمان، اولویت‌بندی شده است (تصاویر شماره ۵ و ۶). مقادیر نشان داده شده در تصویر بر حسب گیگا ژول است (۱) =  $GJ = \text{kWh}^{277,777,777,777}$ .

اولویت‌های انتخاب مصالح نماد نمای جنوبی باتوجه به کاهش بار گرمایشی ساختمان		اولویت‌های انتخاب مصالح نماد نمای جنوبی باتوجه به کاهش بار گرمایشی ساختمان	
نوع نمای	مجموع بار گرمایشی واحد های جنوبی (GJ)	نوع نمای	مجموع بار گرمایشی واحد های جنوبی (GJ)
۳۰.۵	۳۰.۵	۴۰.۲	۴۰.۲
۳۵.۰	۳۵.۰	۳۷.۹	۳۷.۹
۳۶.۲	۳۶.۲	۳۹.۹	۳۹.۹
۳۶.۲	۳۶.۲	۴۱.۶	۴۱.۶
۳۶.۶	۳۶.۶	۴۲.۶	۴۲.۶
۳۶.۶	۳۶.۶	۴۳.۷	۴۳.۷
۳۶.۷	۳۶.۷	۴۴.۶	۴۴.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۴۵.۷	۴۵.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۴۶.۷	۴۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۴۷.۶	۴۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۴۸.۶	۴۸.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۴۹.۵	۴۹.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۰.۴	۵۰.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۱.۳	۵۱.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۲.۲	۵۲.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۳.۱	۵۳.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۴.۰	۵۴.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۵.۹	۵۵.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۶.۸	۵۶.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۷.۷	۵۷.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۸.۶	۵۸.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۵۹.۵	۵۹.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۰.۴	۶۰.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۱.۳	۶۱.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۲.۲	۶۲.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۳.۱	۶۳.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۴.۰	۶۴.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۴.۹	۶۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۵.۸	۶۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۶.۷	۶۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۷.۶	۶۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۸.۵	۶۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۶۹.۴	۶۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۰.۳	۷۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۱.۲	۷۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۲.۱	۷۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۳.۰	۷۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۴.۹	۷۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۵.۸	۷۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۶.۷	۷۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۷.۶	۷۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۸.۵	۷۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۷۹.۴	۷۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۰.۳	۸۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۱.۲	۸۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۲.۱	۸۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۳.۰	۸۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۴.۹	۸۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۵.۸	۸۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۶.۷	۸۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۷.۶	۸۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۸.۵	۸۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۸۹.۴	۸۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۰.۳	۹۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۱.۲	۹۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۲.۱	۹۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۳.۰	۹۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۴.۹	۹۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۵.۸	۹۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۶.۷	۹۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۷.۶	۹۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۸.۵	۹۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۹۹.۴	۹۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۰.۳	۱۰۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۱.۲	۱۰۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۲.۱	۱۰۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۳.۰	۱۰۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۴.۹	۱۰۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۵.۸	۱۰۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۶.۷	۱۰۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۷.۶	۱۰۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۸.۵	۱۰۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۰۹.۴	۱۰۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۰.۳	۱۱۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۱.۲	۱۱۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۲.۱	۱۱۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۳.۰	۱۱۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۴.۹	۱۱۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۵.۸	۱۱۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۶.۷	۱۱۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۷.۶	۱۱۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۸.۵	۱۱۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۱۹.۴	۱۱۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۰.۳	۱۲۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۱.۲	۱۲۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۲.۱	۱۲۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۳.۰	۱۲۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۴.۹	۱۲۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۵.۸	۱۲۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۶.۷	۱۲۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۷.۶	۱۲۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۸.۵	۱۲۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۲۹.۴	۱۲۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۰.۳	۱۳۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۱.۲	۱۳۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۲.۱	۱۳۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۳.۰	۱۳۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۴.۹	۱۳۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۵.۸	۱۳۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۶.۷	۱۳۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۷.۶	۱۳۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۸.۵	۱۳۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۳۹.۴	۱۳۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۰.۳	۱۴۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۱.۲	۱۴۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۲.۱	۱۴۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۳.۰	۱۴۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۴.۹	۱۴۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۵.۸	۱۴۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۶.۷	۱۴۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۷.۶	۱۴۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۸.۵	۱۴۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۴۹.۴	۱۴۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۰.۳	۱۵۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۱.۲	۱۵۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۲.۱	۱۵۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۳.۰	۱۵۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۴.۹	۱۵۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۵.۸	۱۵۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۶.۷	۱۵۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۷.۶	۱۵۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۸.۵	۱۵۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۵۹.۴	۱۵۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۰.۳	۱۶۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۱.۲	۱۶۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۲.۱	۱۶۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۳.۰	۱۶۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۴.۹	۱۶۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۵.۸	۱۶۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۶.۷	۱۶۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۷.۶	۱۶۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۸.۵	۱۶۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۶۹.۴	۱۶۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۰.۳	۱۷۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۱.۲	۱۷۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۲.۱	۱۷۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۳.۰	۱۷۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۴.۹	۱۷۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۵.۸	۱۷۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۶.۷	۱۷۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۷.۶	۱۷۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۸.۵	۱۷۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۷۹.۴	۱۷۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۰.۳	۱۸۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۱.۲	۱۸۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۲.۱	۱۸۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۳.۰	۱۸۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۴.۹	۱۸۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۵.۸	۱۸۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۶.۷	۱۸۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۷.۶	۱۸۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۸.۵	۱۸۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۸۹.۴	۱۸۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۰.۳	۱۹۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۱.۲	۱۹۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۲.۱	۱۹۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۳.۰	۱۹۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۴.۹	۱۹۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۵.۸	۱۹۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۶.۷	۱۹۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۷.۶	۱۹۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۸.۵	۱۹۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۱۹۹.۴	۱۹۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۰.۳	۲۰۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۱.۲	۲۰۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۲.۱	۲۰۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۳.۰	۲۰۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۴.۹	۲۰۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۵.۸	۲۰۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۶.۷	۲۰۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۷.۶	۲۰۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۸.۵	۲۰۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۰۹.۴	۲۰۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۰.۳	۲۱۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۱.۲	۲۱۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۲.۱	۲۱۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۳.۰	۲۱۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۴.۹	۲۱۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۵.۸	۲۱۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۶.۷	۲۱۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۷.۶	۲۱۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۸.۵	۲۱۸.۵
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۱۹.۴	۲۱۹.۴
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۰.۳	۲۲۰.۳
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۱.۲	۲۲۱.۲
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۲.۱	۲۲۲.۱
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۳.۰	۲۲۳.۰
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۴.۹	۲۲۴.۹
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۵.۸	۲۲۵.۸
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۶.۷	۲۲۶.۷
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۷.۶	۲۲۷.۶
۳۷.۸	۳۷.۸	۲۲۸.۵	۲۲۸.۵

اولویت های انتخاب مصالح نمادرنمهای شرقی با توجه به کاهش بارگرمایشی ساختمان (GJ)		نوغ نما مجموع بارگرمایشی ساختمان (GJ)	
نوع نما	مجموع بارگرمایشی ساختمان	نوع نما	مجموع بارگرمایشی ساختمان
۱. پانل های بتی با روش اتصال خشک	۳۶۷۱	۱. نمای آجری با روش اتصال خشک	۳۶۷۱
۲. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۳۷۷۸	۲. پانل های بتی با روش اتصال خشک	۳۷۷۸
۳. نمای سنگی آهکی با روش اتصال خشک	۳۸۷۶	۳. نمای سنگی ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۳۸۷۶
۴. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۳۸۸۰	۴. نمای سنگی آهکی با روش اتصال خشک	۳۸۸۹
۵. نمای سنگی کوارتزی با روش اتصال خشک	۳۹۱۰	۵. نمای سنگی آهکی با روش اتصال خشک	۳۹۱۰
۶. نمای سنگی ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۳۹۱۴	۶. نمای سنگی کوارتزی با روش اتصال خشک	۳۹۱۴
۷. نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۳۹۳۴	۷. نمای کامپوزیت خلأری	۳۹۳۴
۸. نمای کامپوزیت خلأری	۳۹۵۵	۸. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۳۹۵۵
۹. نمای آجری با روش اتصال خشک	۳۹۵۵	۹. نمای آجری با روش اتصال خشک	۳۹۵۵
۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۴۳۹۴	۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۴۳۹۴
۱۱. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۴۴۱۶	۱۱. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۴۴۱۶
۱۲. نمای سرامیک چسبیده	۴۴۳۳	۱۲. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۴۴۳۳
۱۳. نمای سیمانی	۴۴۳۳	۱۳. نمای سیمانی	۴۴۳۳
اولویت های انتخاب مصالح نمادرنمهای شرقی با توجه به کاهش مجموع بارگرمایشی و سرمایشی ساختمان (GJ)		نوغ نما	
نوع نما	مجموع بارگرمایشی و سرمایشی ساختمان	نوع نما	مجموع بارگرمایشی و سرمایشی ساختمان
۱. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۷۷۷	۱. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۷۷۷
۲. نمای سنگی ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۷۹۰۰	۲. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۰۰
۳. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۱۳	۳. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۱۳
۴. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۳۲	۴. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۳۲
۵. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۳۶	۵. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۳۶
۶. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۴۴	۶. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۴۴
۷. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۸۴	۷. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۸۴
۸. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۸۷	۸. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹۸۷
۹. نمای آجری با روش اتصال خشک	۸۰۷۰	۹. نمای آجری با روش اتصال خشک	۸۰۷۰
۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۲۰۷	۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۲۰۷
۱۱. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۷۴۲	۱۱. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۷۴۲
۱۲. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۷۸۸	۱۲. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۷۸۸
۱۳. نمای سیمانی	۸۸	۱۳. نمای سیمانی	۸۸
اولویت های انتخاب مصالح نمادرنمهای غربی با توجه به کاهش بارگرمایشی ساختمان (GJ)		نوغ نما مجموع بارگرمایشی ساختمان (GJ)	
نوع نما	مجموع بارگرمایشی ساختمان	نوع نما	مجموع بارگرمایشی ساختمان
۱. پانل های بتی با روش اتصال خشک	۳۷۱۷	۱. نمای آجری با روش اتصال خشک	۳۷۱۷
۲. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۳۷۳۶	۲. نمای آجری با روش اتصال خشک	۳۷۳۶
۳. نمای سنگی آهکی با روش اتصال خشک	۳۸۸۳	۳. نمای سنگی ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۳۹۹۳
۴. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۳۸۷۶	۴. نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۴۰۷
۵. نمای سنگی کوارتزی با روش اتصال خشک	۳۸۷۸	۵. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۴۰۱۸
۶. نمای سنگی ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۳۸۸۱	۶. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۴۰۴۷
۷. نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۳۹۵۸	۷. نمای سنگی کوارتزی با روش اتصال خشک	۴۰۴۷
۸. نمای آجری با روش اتصال خشک	۴۰۶۹	۸. نمای کامپوزیت خلأری	۴۰۶۸
۹. نمای کامپوزیت خلأری	۴۰۹۵	۹. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۴۰۷۸
۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۴۱۰۶	۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۴۱۲۱
۱۱. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۴۱۵۳	۱۱. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۴۵۷۸
۱۲. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۴۱۳۶	۱۲. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۴۶۰۲
۱۳. نمای سیمانی	۴۲۴۷	۱۳. نمای سیمانی	۴۲۴۷
اولویت های انتخاب مصالح نمادرنمهای غربی با توجه به کاهش مجموع بارگرمایشی و سرمایشی ساختمان (GJ)		نوغ نما	
نوع نما	مجموع بارگرمایشی و سرمایشی ساختمان	نوع نما	مجموع بارگرمایشی و سرمایشی ساختمان
۱. پانل های بتی با روش اتصال خشک	۷۶۷۷	۱. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۶۷۷
۲. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۷۲۲	۲. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۷۲۲
۳. نمای سنگی ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۷۸۷۴	۳. نمای سنگی ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۷۸۹۰
۴. نمای سنگی آهکی با روش اتصال خشک	۷۸۹۰	۴. نمای سنگی آهکی با روش اتصال خشک	۷۹۱۴
۵. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۷۹۱۷	۵. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۷۹۲۵
۶. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۷۹۲۵	۶. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۷۹۶۰
۷. نمای سنگی کوارتزی با روش اتصال خشک	۷۹۶۰	۷. نمای سنگی کوارتزی با روش اتصال خشک	۸۰۳۰
۸. نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۸۰۳۰	۸. نمای کامپوزیت خلأری	۸۰۳۰
۹. نمای آجری با روش اتصال خشک	۸۲۴۶	۹. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۲۴۶
۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۷۵۴	۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۷۵۴
۱۱. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۸۸۱۴	۱۱. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۸۸۱۴
۱۲. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۸۸۴۹	۱۲. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۸۸۴۹

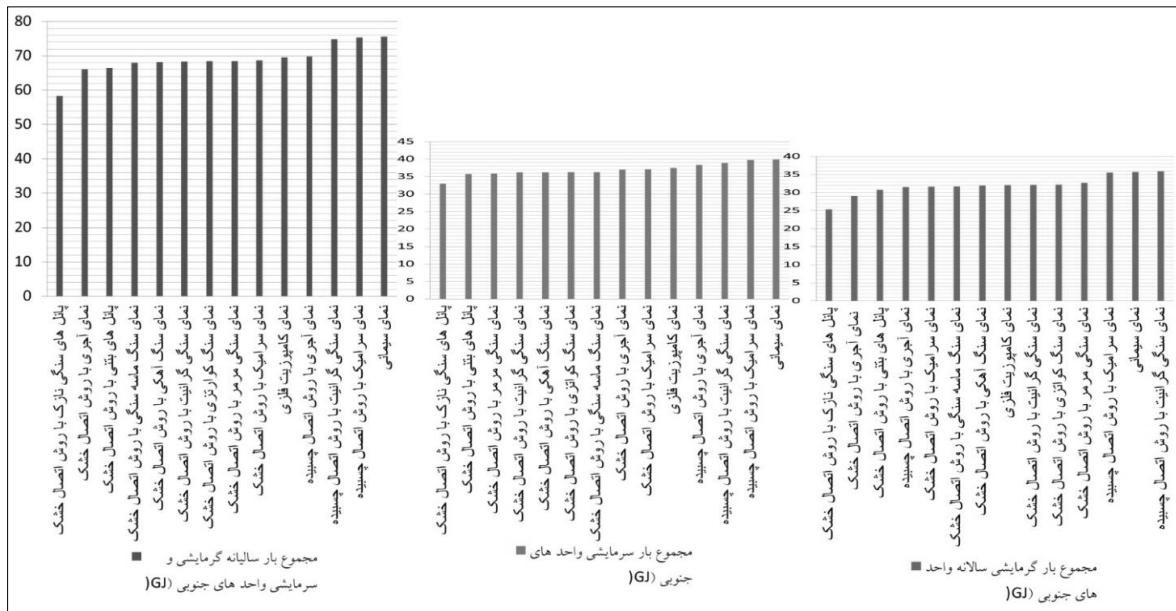
## ت ۶. اولویت‌بندی نوع و نحوه اجرای بهینه نمای رو به شرق و غرب با توجه به ایجاد کمترین بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان

نمایهای سیمانی و نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. نحوه اتصال و اجرای نما تأثیر قابل توجهی در بار گرمایشی ساختمان دارد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در نمایهای با مصالح یکسان، اجرای نما با اتصال خشک تا ۱۲ درصد

در واحدهای رو به جنوب، به ترتیب، کمترین بار گرمایشی مربوط به نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتی با روش اتصال خشک و نمای آجری با روش اتصال چسبیده است و نمایهای سنگی با روش اتصال چسبیده اتصال چسبیده بدترین عملکرد را دارد و بعداز آن

در بار گرمایشی و ۳/۵ تا ۷/۵ درصد در بار سرمایشی ساختمان‌های رو به جنوب صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. کمترین بار سرمایشی مربوط به پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای سنگ با رنگ روشن با روش اتصال چسبیده است و نمای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نمای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. نمای کامپوزیت فلزی داشته‌اند. در نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و

نمای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نمای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. نمای کامپوزیت فلزی داشته‌اند. در نمای آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد همین نماها با روش اتصال خشک بهتر از نمای سرامیکی و آجری با روش اتصال خشک دارد. ولی عملکرد همین نماها با روش اتصال خشک بهتر از نمای کامپوزیت فلزی است. تصویر شماره ۷، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به جنوب با انواع مختلف نمازایی را نشان می‌دهد.



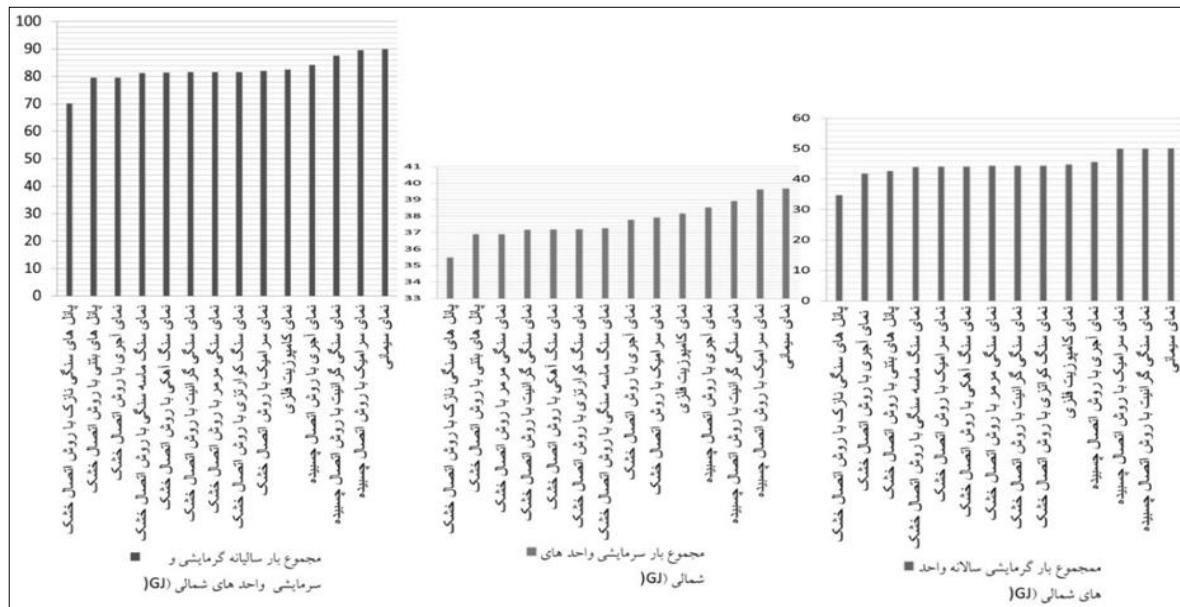
ت.۷. مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به جنوب با انواع مختلف نمازایی

اجرای نما به صورت چسبیده و با ملات، در بار گرمایشی و ۳/۵ تا ۴/۵ درصد در بار سرمایشی ساختمان صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. در واحدهای رو به شمال کمترین بار سرمایشی مربوط به پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای سنگ با رنگ روشن با روش اتصال چسبیده است و نمای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نمای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. نمای کامپوزیت فلزی داشته‌اند. در نمای آجری با روش اتصال چسبیده داشته‌اند. در نمای سرامیکی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد همین نماها با روش اتصال خشک بهتر از نمای کامپوزیت فلزی است. تصویر شماره ۷، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به جنوب با انواع مختلف نمازایی را نشان می‌دهد.

در واحدهای رو به شمال، نمای سیمانی آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای سنگ ماسه‌سنگی با روش اتصال خشک به ترتیب کمترین بار گرمایشی و نمای سیمانی، نمای سنگی با روش اتصال چسبیده، نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده، نمای آجری با روش اتصال چسبیده کامپوزیت فلزی به ترتیب بیشترین بار گرمایشی را داشته‌اند. در نمای سیمانی با مصالح یکسان، اجرای نما با اتصال خشک ۱۲ تا ۱۳ درصد در نمای شمال نسبت به

بهتری از نماهای سنگی، سرامیکی و آجری با روش اتصال چسبیده دارد ولی عملکرد همین نماها با روش اتصال خشک بهتر از نماهای کامپوزیت فلزی است. تصویر شماره ۸، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به شمال با انواع مختلف نماسازی را نشان می‌دهد.

به واحدهای بانمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. نماهای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعداز آن نماهای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. نمای کامپوزیت فلزی عملکرد



ت.۸ مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به شمال با انواع مختلف نماسازی

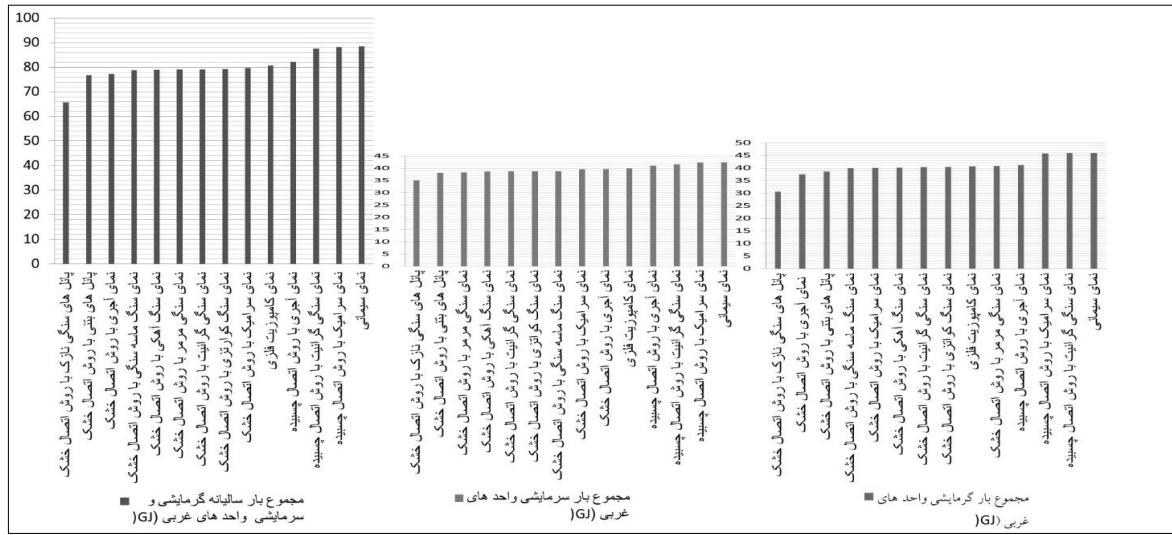
مرمری) با روش اتصال خشک است. در این رابطه نامناسب‌ترین نما، نمای سیمانی است. بهترین جنس نما به منظور کاهش بار کلی انرژی ساختمان در واحدهای جداره‌های رو به غرب، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک، نمای آجری با روش اتصال خشک و نماهای سنگی با روش اتصال خشک هستند. در این رابطه نامناسب‌ترین نما، نمای سیمانی و نماهای سنگی و سیمانی با روش اتصال با ملات است. تصویر شماره ۹، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به غرب با انواع مختلف نماسازی را نشان می‌دهد.

در واحدهای رو به شرق نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نما

بهترین جنس نما به منظور کاهش بار گرمایشی ساختمان در واحدها و جداره‌های رو به غرب، نماهای آجری با روش اتصال خشک و پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک است. در این رابطه نامناسب‌ترین نما، نمای سیمانی است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در نماهای با مصالح یکسان، اجرای نما با اتصال خشک تا ۱۴ درصد در نماهای غربی نسبت به اجرای نما ۳/۵ به صورت چسبیده و با ملات، در بار گرمایشی و ۷/۷ درصد در بار سرمایشی ساختمان صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. بهترین جنس نما به منظور کاهش بار سرمایشی ساختمان در واحدها و جداره‌های رو به غرب، نمای پانل بتنی و نماهای سنگی با رنگ روشن (مانند سنگ

نماهای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. در واحدهای رو به شرق ترتیب نماهای کاهش بار کلی انرژی ساختمان، نمای آجری با روش اتصال خشک، نماهای سنگی با روش اتصال خشک، نمای سرامیک با روش اتصال خشک و پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک است. میزان مصرف انرژی نماهای سنگی، سرامیکی و بتنی با روش اتصال خشک در واحدهای رو به شرق به هم نزدیک است. در این واحدها نماهای سیمانی، سرامیک و سنگ با روش اتصال چسبیده به ترتیب بدترین عملکرد را دارند. تصویر شماره ۱۰، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به شرق با انواع مختلف نمازایی را نشان می‌دهد.

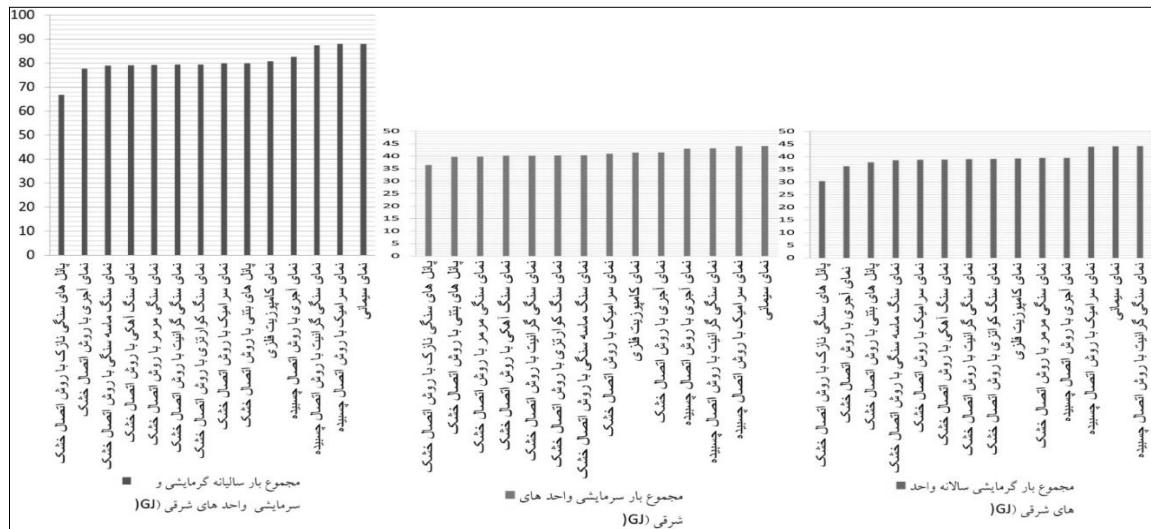
سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک به ترتیب کمترین بار گرمایشی و نماهای سنگی با روش اتصال چسبیده، نمای سیمانی، نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده، نمای آجری با روش اتصال چسبیده و نمای کامپوزیت فلزی به ترتیب بیشترین بار گرمایشی را دارند. اجرای نما با اتصال خشک تا ۱۴ درصد در نماهای شرقی نسبت به اجرای نما به صورت چسبیده و با ملات، در بار گرمایشی و ۴ تا ۷ درصد در بار سرمایشی ساختمان صرفه جویی ایجاد می‌کند. در واحدهای رو به شرق، به ترتیب، کمترین بار سرمایشی مربوط به پانل‌های بتونی با روش اتصال خشک و نمای سنگ با رنگ روشن با روش اتصال چسبیده است و نماهای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعداز آن



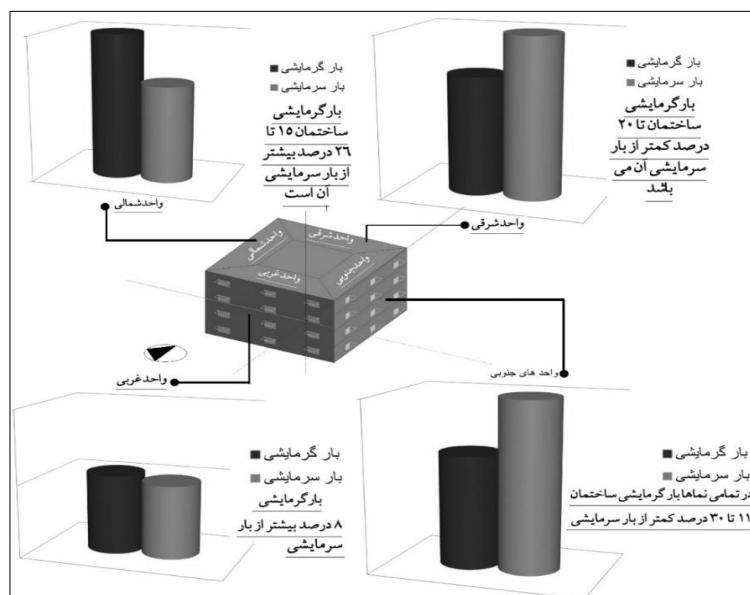
ت ۹. مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به غرب با انواع مختلف نمازای

سرمایشی آن است. در واحدهای رو به شمال، به طور کلی بار گرمایشی ساختمان ۱۵ تا ۲۶ درصد بیشتر از بار سرمایشی آن است. در واحدهای رو به شرق، به طور کلی بار گرمایشی ساختمان تا ۲۰ درصد کمتر از بار سرمایشی آن است. تنها در نماهای سیمانی، بار سرمایشی اندکی کمتر از گرمایشی است (تصویر ۱۱).  
شماره

پاتوجه به نتایج ارائه شده در تصاویر شماره ۴ و ۵، در واحدهای رو به غرب، به طور کلی بار گرمایشی ساختمان تا ۸ درصد بیشتر از بار سرمایشی آن است. با این وجود در واحدهای با نمای آجری با روش اتصال خشک بار سرمایشی بیشتر از بار گرمایشی بوده است. در واحدهای رو به جنوب، در تمامی نماها بار گرمایشی ساختمان ۱۱ تا ۳۰ درصد کمتر از بار



#### ت ۱۰. مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به شرق با انواع مختلف نماسازی

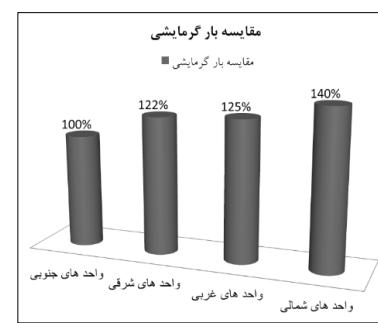
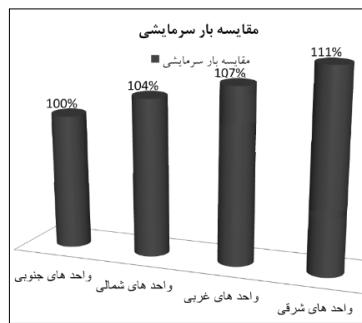
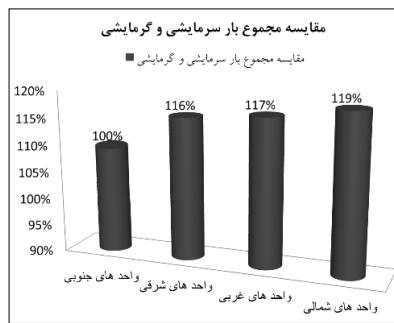


ت ۱۱. مقایسه نسبت بار گرمایشی به سرمایشی در نماهای مختلف

شهر تهران جهت کاهش بار گرمایشی ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرق، غرب و شمالی است. بار سرمایشی ساختمان در واحد جنوبی کمتر از سایر جهات است. در واحدهای رو به شمال با توجه به نوع نما بار سرمایشی ساختمان  $5/0$  تا  $7/5$  درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد

نتایج شبیه‌سازی در نماهای مختلف نشان می‌دهد که به طور کلی، بار گرمایشی ساختمان در واحد شمالی ۳۰ تا ۴۰ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد در واحدهای غربی ۲۰ تا ۲۵ درصد و در واحدهای شرقی ۱۹ تا ۲۲ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. بنابراین بهترین جهت گیری ساختمان در

در واحدهای غربی ۱۵ تا ۱۷ درصد و در واحدهای شرقی حدود ۱۶ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. بنابراین بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرقی، غربی و شمالی است (تصویر شماره ۱۲). در این رابطه در نظر گرفتن ضریب انتقال انرژی متفاوت و متناسب در نماهای رو به نماهای مختلف ضروری است.



ت ۱۲. مقایسه جداگانه بار گرمایشی، سرمایشی و مجموع بار سرمایشی و گرمایشی در نماهای مختلف

به شمال ۱۵ تا ۲۶ درصد بیشتر از بار سرمایشی آن است. در واحدهای رو به جنوب، بار گرمایشی ساختمان ۱۱ تا ۲۰ درصد و در واحدهای رو به شرق، بار گرمایشی ساختمان تا ۲۰ درصد کمتر از بار سرمایشی آن است. مقایسه بار گرمایشی در واحدهای جنوبی، شمالی، شرقی و غربی نشان می‌دهد که بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش بار گرمایشی ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرق (۱۹ تا ۲۲ درصد بیشتر از واحد جنوبی)، غرب (۲۰ تا ۲۵ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی) و شمالی (۳۰ تا ۴۰ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی) است. بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش بار سرمایشی ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شمال (۰/۵ تا ۷/۵ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی)، غرب (۷ تا ۶/۵ درصد بیشتر از واحد جنوبی) و شرقی (۱۰/۵ تا ۱۱

## نتیجه

نتایج این پژوهش که به منظور انتخاب جنس و نحوه اجرای مصالح مناسب در نمای ساختمان‌های مسکونی در تهران، در میان مصالح متداول و نیز ارزیابی تأثیر جهت‌گیری ساختمان بر میزان بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان‌های مسکونی انجام شده است، نشان می‌دهد که بار گرمایشی ساختمان‌های مسکونی در تهران نسبت به بار سرمایشی در واحدهای غربی و شمالی و بار سرمایشی ساختمان نسبت به بار گرمایشی در واحدهای جنوبی و شرقی بیشتر است. این موضوع می‌تواند در انتخاب جهت‌گیری ساختمان‌ها با توجه به نوع کاربری آن (برای مثال کاربری‌هایی که بیشتر در روز فعال هستند و در بیشتر زمان‌ها انرژی گرمایشی کمتری نسبت به کاربری‌هایی که شباهه روز فعال هستند، نیاز دارند) تأثیرگذار باشد. در این رابطه بار گرمایشی در واحدهای رو به غرب، ۸ درصد و در واحدهای رو

- بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.
- ذوق‌القاری، سید علیرضا. (۱۳۹۳). واکاوی الزامات و قیود بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان. دو فصلنامه علمی- تخصصی انرژی‌های تجدید پذیر و نو. شماره اول.
  - سازمان برنامه‌وبدجه ایران. (۱۳۸۵). مقررات و معیارهای طراحی و اجرایی جزئیات تیپ ساختمانی، نشریه شماره ۱۶۷. تهران: معاونت امور فنی دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله.
  - سازمان برنامه‌وبدجه ایران. (۱۳۹۵). دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها خصاً بطبقه شماره ۷۱۴. تهران: سازمان مجری ساختمان‌های دولتی و عمومی معاونت برنامه‌ریزی و مهندسی.
  - سیزپوشانی، مجید؛ خراسانی زاده، حسین؛ شیخ‌زاده، قنبرعلی. (۱۳۸۵). بررسی تأثیر جهت‌گیری، جنس و رنگ جداره بیرونی ساختمان بر حرارت اکتسابی از خورشید، پنجمین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، [http://www.civilica.com/Paper-CECB05-CECB05\\_016.html](http://www.civilica.com/Paper-CECB05-CECB05_016.html)
  - شریفی، مهدی؛ قبادیان، وحید. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی پوسته‌های ساختمان‌ها بر زمان تأخیر و ضرب کاهش انتقال حرارت (نمونه موردی: ساختمان‌های بلندمرتبه شهر همدان). علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره نوزدهم، ویژهنامه شماره ۴.
  - طاهباز، منصوره؛ جلیلیان، شهربانو. (۱۳۸۴). نقش جداره‌های ساختمان در تأمین آسایش حرارتی ساکنین و کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی، چهارمین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، [http://www.civilica.com/Paper-CECB04-CECB04\\_43.html](http://www.civilica.com/Paper-CECB04-CECB04_43.html).
  - کسمایی، مرتضی. (۱۳۷۲). پهنه‌بندی اقلیمی ایران: مسکن و محیط‌های مسکونی. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ ۱.
  - کسمایی، مرتضی. (۱۳۹۱). اقلیم و معماری. تهران: شرکت سرمایه‌گذاری خانه‌سازی ایران.
  - هالگر کوخ، نیلسن. (۱۳۸۵). تهیه طبیعی. ترجمه محمد

درصد بیشتر از واحد جنوبی) است. به طور کلی (مجموع بار سرمایش و گرمایش) بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان ۱۶ به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرقی (حدود ۱۷ درصد بیشتر از واحد جنوبی)، غربی (۱۵ تا ۱۸ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی) و شمالی (۱۸ تا ۲۰ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی) است. اولویت‌های انتخاب مصالح نما و نحوه اجرا در نماهای جنوبی با توجه به کاهش مجموع بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان، نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. در واحدهای رو به شمال، این ترتیب شامل نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. بهترین جنس نما به منظور کاهش بار کلی انرژی ساختمان در واحدهای جداره‌های رو به غرب، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک، نمای آجری با روش اتصال خشک نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. در واحدهای رو به شرق ترتیب نماها در کاهش بار کلی انرژی ساختمان، نمای آجری با روش اتصال خشک، نماهای سنگی با روش اتصال خشک، نمای سرامیک با روش اتصال خشک و پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک است.

### پی‌نوشت

1. Lindberg
2. Badescu & Staicovici
3. Prager
4. Lobaccaro
5. Susorova

### فهرست منابع

- بهیار، محمد باقر؛ پروانده خوزانی، اکرم؛ باقری، اعظم. (۱۳۸۱). بررسی نقش عوامل جوی در انتخاب نوع مصالح ساختمان جهت استفاده بهینه از انرژی، دومین همایش

- Energy Procedia, Vol. 30, PP. .1172-1163
- Neto. Av; Fiorelli. F, (2008), “Comparison between detailed model simulation and artificial neural network for forecasting building energy consumption”, Journal of Energy and Building, vol.40
  - Prager, C., Kohl, M., Heck, M. and Herkel, S. (2006). “The influence of the IR reflection of painted facades on the energy balance of a building”, Energy and Buildings, Vol. 38, PP. .1379-1369
  - Susorova, I., Angulo, M., Bahrami, P. and Stephens, B. (2013). “A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance”, Building and Environment, Vol. 67, PP. .13-1
  - Usta, P., & Zengin, B. (2021). The Energy Impact of Building Materials in Residential Buildings in Turkey. Materials (Basel, Switzerland), 14(11), 2793. <https://doi.org/10.3390/ma14112793>

DOI: 10.22034/42.182.17

- احمدی نژاد، اصفهان: نشر خاک.
- وزارت مسکن و شهرسازی. (۱۳۸۸). مقررات مکانی ساختمان ایران مبحث نوزدهم «صرفه جویی در مصرف انرژی». تهران: دفتر امور مقررات ملی ساختمان.
- وزارت نیرو. (۱۳۸۵). ترازname انرژی ایران سال ۱۳۸۳. معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو. دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.
- وزارت نیرو. (۱۳۹۲). ترازname انرژی ایران سال ۱۳۹۱. معاونت امور برق و انرژی. دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.
- وزارت نیرو. (۱۳۹۶). ترازname انرژی ایران سال ۱۳۹۴. معاونت امور برق و انرژی. دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.
- زینلی، آذر؛ نیک قدم، نیلوفر؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۱۴۰۰). راهکارهای معماری جهت کاهش انرژی نهفته در اجرای ساختمان مسکونی در بندرعباس. مسکن و محیط رواستا. (۱۷۶) ۴۰: ۱۰۳-۱۱۴.

- Abanda, F.H., Byers, L. (2016). An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling). Energy, 97, 517e.527
- Albatayneh, A., Alterman, D., Page, A., Moghtaderi, B. (2018). The Significance of the Orientation on the Overall buildings Thermal Performance-Case Study in Australia. Energy Procedia, Vol 152, 377-372
- Badescu, V. and Staicovici, M.D. (2006). “Renewable energy for passive house heating: Model of active solar heating sysyem”, Energy and Buildings, Vol. 38, PP. .141-129
- Eskin, N.; Turkmen, H. (2008), “Analysis of Annual Heating and C0ooling Energy Requirements for Office Buildings in Different Climates in Turkey”, Journal of Energy and Building, vol.40, pp .773-763
- Jamal Jalal, Sh., Bani, R. (2017). Orientation modeling of high-rise buildings for optimizing exposure/transfer of insolation, case study of Sulaimani, Iraq. Energy for Sustainable Development, 41, 157-164
- Lindberg, R., Binamu, A. and Teikari, M. (2004). “Five-year data of measured weather, energy consumption, and time-dependent temperature varioations whithin different exterior wall structures”, Energy and Buildings, Vol. 36, PP. .501-495
- Lixing, G. (2007). Airflow Network Modeling in EnergyPlus, Conference Proceedings 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition on September 6-3, in Beijing, China.
- Lobaccaro, G., Fiorito, F., Masera, G. and Poli, T. 2012. “District geometry simulation: a study for the optimization of solar facaded in urban canopy layers”,