دانشکده معماری و شهرسازی

رشته مهندسی معماری گرایش معماری-معماری

پایان نامه کارشناسی ارشد

تاثیر مشخصات انعکاسی مصالح نما بر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های خود سایه انداز (نمونه مورد مطالعه: شهر تهران)

نگارنده: سارا جلالی

اساتید راهنما

دکتر دانیال منصفی پراپری

دکتر محمد جواد مهدوی نژاد

شهریور ۱۳۹۸

تقدیم به

پدرم،

که اهداف بزرگ را در ذهنم پروراند و همواره تمام سعیش را برای هموار کردن راهم انجام داد.

مادرم،

که صبر و مهربانی بی حد و مرزش را همیشه سخاوتمندانه به من ارزانی داشت و پشتیبانم بود.

خواهرم،

که وجود نازنینش گرمی و نشاط بخش قلبم است.

و همسرم،

که ورودش به زندگیم آغاز زیبای من بود و حضور پر مهر و حمایتش باعث شد بتوانم گام هایم را محکم تر بردارم.

تشکر و قدردانی

از اساتید راهنمای گرانقدرم، جناب آقای دکتر منصفی پراپری و جناب آقای دکتر مهدوی نژاد که از هیچ کمکی در راستای پیشبرد اهداف پایان نامه ام دریغ نداشتند کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای احسان زمانی که برادرانه و خالصانه در مراحل مختلف پیشبرد پایان نامه همراهم بودند بسیار متشکرم.

تعهد نامه

اینجانب **سارا جلالی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد **مهندسی معماری** دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **تاثیر مشخصات انعکاسی مصالح نما بر بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان های خودسایه انداز(نمونه مورد مطالعه: شهر تهران)** تحت راهنمایی **دکتر دانیال منصفی پراپری و دکتر محمد جواد مهدوی نژاد** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
  در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنـــوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهـرود است و مقالات مستخرج با نام « دانشـگاه صنعتـی شاهـرود » و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

*متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه‌های تکثیر شده پایان‌نامه وجود داشته باشد.

چکیده

نزدیک شدن به اهداف جهانی کاهش مصرف انرژی های تجدیدناپذیر، با روند گرم شدن کره زمین، افزایش آلودگی های زیست محیطی و فشارهای اقتصادی ناشی از آن می بایست به طور جدی تری در کشور ما مورد توجه قرار گیرد. با توجه به اینکه صنعت ساختمان یکی از بزرگترین مصرف کننده های انرژی کشور به شمار می رود، ارائه راه حل هایی برای استفاده موثر از ظرفیت های اقلیمی کشور برای هر چه کمتر کردن استفاده از سیستم های گرمایش، سرمایش و تهویه مفید خواهد بود. در نظر گرفتن مسائل مربوط به کارایی انرژی ساختمان در همان مراحل اولیه طراحی یکی از نکاتی است که این پژوهش به آن می پردازد. جهت گیری، فرم، مصالح و ... فاکتورهای موثری در ساختمان هستند که اگر در همان مراحل اولیه طراحی آگاهانه به آن ها پرداخته شود نقش به سزایی در عملکرد انرژی کل ساختمان خواهند داشت. این پژوهش پس از شناخت آماری مصالح نمای پرکاربرد در شهر تهران، از طرفی نقش فاکتور آلبیدو، به عنوان یکی از مشخصات انعکاسی مصالح نما، در کاهش مصرف انرژی ساختمان را می سنجد و از طرف دیگر به تاثیر خودسایه اندازی به این معنا که ساختمان به واسطه هندسه اش روی خود سایه بیفکند، می پردازد. در این پژوهش تاثیر زوایای مختلف انحراف دیوار در یک ساختمان هرم معکوس ناقص به عنوان یک فرم خود سایه انداز در شهر تهران بررسی شد. نتایج نشان داد در محدوده زاویه در نظر گرفته شده (بین ۱۰ تا ۳۰ درجه) با افزایش زاویه انحراف دیوار با کاهش مصرف انرژی بیشتری مواجه هستیم. همچنین در این پژوهش سعی شده علاوه بر بررسی تاثیر آلبیدو مصالح نما در بهره وری انرژی ساختمان، اثر سایه در عملکرد آلبیدو نما در کاهش مصرف انرژی ساختمان سنجیده شود. برای این کار ابتدا مقایسه اثر آلبیدو مصالح نما در دو ساختمان عمودی، دو ساختمان خودسایه انداز و سپس دو ساختمان دارای سایه بان افقی جنوبی بررسی شده است. نتایج نشان داد در همه این حالت ها عملکرد ساختمان با آلبیدوی بالاتر از نظر مصرف انرژی بهتر بود ولی سایه اثر آلبیدو بالا را در کاهش مصرف انرژی کم کرد چرا که عملکرد آلبیدوی بالا وابسته به تابش

خورشید است؛ بنابراین با اضافه کردن سایه بان جنوبی به ساختمان با آلبیدوی پایین تر، با کاهش مصرف انرژی سالیانه بیشتری مواجه بودیم. به عبارت دیگر اثر خنک کنندگی سایه بان در ساختمان با مصالح بازتابنده کمتر از ساختمان دیگر مشاهده شد ولی کماکان عملکرد انرژی ساختمان با آلبیدوی بالاتر بهتر بود. آنالیز انرژی صورت گرفته در این پژوهش توسط پلاگین اینسایت ۳۶۰ نرم افزار رویت ۲۰۱۹ صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: خودسایه اندازی، آلبیدو، کاهش مصرف انرژی، مصالح نما

فهرست مطالب

۱ فصل اول: ۱

مقدمه و کلیات تحقیق ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ طرح مساله و اهمیت موضوع پژوهش ۲

۱-۳ اهداف تحقیق ۵

۱-۴ سؤال تحقیق ۵

۱-۵ سابقه موضوع ۵

۱-۶ ضرورت انجام تحقیق ۱۲

۱-۷ روش تحقیق ۱۲

۱-۸ جمع بندی فصل اول و ساختار فصول ۱۳

۲ مرور ادبیات و مفاهیم نظری ۱۵

۲-۱ مقدمه ۱۶

۲-۲ انرژی ۱۷

۲-۲-۱ انرژی تجدید ناپذیر ۱۷

۲-۲-۲ انرژی تجدید پذیر ۱۷

۲-۲-۳ صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان ۱۸

۲-۳ اقلیم ۱۸

۲-۴ تابش خورشید ۱۹

۲-۵ ماهیت نور خورشید ۲۰

۲-۶ موقعیت خورشید ۲۱

۲-۷ کیفیت سطح مورد تابش ۲۲

۲-۷-۱ تاثیر رنگ در مقدار انرژی خورشیدی جذب شده در یک سطح ۲۲

۲-۷-۲ رابطه ضخامت و رنگ سطوح خارجی دیوار ۲۵

۲-۷-۳ رابطه مقاومت حرارتی دیوارها و رنگ آنها ۲۶

۲-۷-۴ تاثیر رنگ سطح خارجی بام ۲۷

۲-۷-۵ مصالح ساختمانی ۲۹

۲-۷-۵-۱ انتخاب مصالح ساختمانی در مناطق گرم ۳۰
۲-۷-۵-۱-۱ مقاومت حرارتی ۳۰
۲-۷-۵-۱-۲ ظرفیت حرارتی ۳۱
۲-۷-۵-۲ خصوصیت جذب و انعکاس مصالح ۳۲
۲-۷-۵-۲-۱ استاندارد ASTM E۹۰۳-۱۲ ..... ۳۳
۲-۷-۵-۳ تابش آفتاب بر انواع دیوار ۳۴
۲-۷-۵-۴ مصالح سرد ۳۵
۲-۷-۵-۴-۱ آلبیدو یا بازتابش خورشیدی (ρe) ۳۵
۲-۷-۵-۴-۲ گسیل حرارتی مادون قرمز ۳۶
2-7-5-4-3 شاخص بازتاب خورشیدی ۳۶
۲-۷-۵-۵ مصالح خنک برای مصارف ساختمانی ۳۸
۲-۷-۵-۶ مصالح سفید و با رنگ های روشن ۳۹
۲-۷-۵-۷ مصالح با رنگ سرد ۴۰
۲-۷-۵-۸ مصالح پیشرفته ۴۱
۲-۸ فرم ساختمان و اقلیم ۴۳
۲-۹ بررسی جهت گیری بهینه پوسته ساختمان ۴۳
۲-۹-۱ جهت گیری و رنگ ساختمان ۴۴
۲-۱۰ سایه در ساختمان ۴۵
۲-۱۰-۱ نقش سایه در طراحی سایت ۴۵
۲-۱۰-۲ سایه بان ۴۶
۲-۱۰-۳ خودسایه اندازی ۴۶
۲-۱۱ جمع بندی فصل دوم ۴۷
فصل سوم ۴۹
۳ روش شناسی پژوهش ۴۹
3-1 مقدمه ۵۰
۳-۲ شناخت عرصه پژوهش ۵۱
۳-۲-۱ موقعیت جغرافیایی ایران ۵۱

۳-۲-۲ پهنه بندی اقلیمی ایران ۵۲
۳-۲-۲-۱ پهنه اقلیمی گرم و خشک ۵۳
۳-۲-۲-۲ خصوصیات اقلیمی شهر تهران ۵۳
۳-۲-۲-۳ مصالح رایج ساختمانی نما در شهر تهران ۵۳
۳-۲-۲-۳-۱ روش شناسی ۵۳
۳-۲-۲-۳-۱-۱ جامعه آماری ۵۳
۳-۲-۲-۳-۱-۲ روش نمونه گیری ۵۴
۳-۲-۲-۳-۲ تحلیل نمونه‌ها ۵۴
۳-۲-۲-۳-۲-۱ مرحله اول-شناخت ۵۵
۳-۲-۲-۳-۲-۲ مرحله دوم-محاسبه فراوانی مصالح و سن ساختمان های نمونه ۵۷
۳-۳ شبیه سازی انرژی ۶۲
۳-۳-۱ معرفی مدل های مقایسه ۶۲
۳-۳-۲ اعتبار سنجی ۶۸
۳-۳-۳ معرفی اینسایت ۳۶۰ ۶۸
۴ تحلیل یافته ها ۷۱
۴-۱ مقدمه ۷۲
۴-۲ بررسی و تحلیل نتایج حاصل از مشاهدات میدانی ۷۳
۴-۲-۱ انواع مصالح ساختمانی ۷۳
۴-۲-۲ رابطه بین انواع مصالح ساختمانی و سن ساختمان ۷۷
۴-۲-۳ ترکیب مصالح ۸۳
4-3 مقایسه مصرف انرژی ساختمان عمودی و خودسایه انداز ۸۴
۴-۳-۱ مقایسه در حالت ثابت نگه داشتن سطح (مجموع مساحت طبقات) ۸۴
۴-۳-۲ مقایسه در حالت ثابت نگه داشتن حجم ۹۸
۴-۳-۳ مقایسه در حالت ثابت نگه داشتن سطح طبقه همکف ۹۸
۴-۴ تاثیر مولفه آلبیدو نما در مصرف انرژی دو ساختمان عمودی مشابه ۱۰۲
۴-۵ تاثیر مولفه آلبیدو نما در مصرف انرژی دو ساختمان خودسایه انداز مشابه ۱۱۴

۴-۶ تاثیر استفاده از سایه بان جنوبی در عملکرد آلبیدو نما در جهت کاهش مصرف انرژی..... ۱۱۵
۴-۷ اعتبار سنجی..... ۱۱۷
۵ نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات..... ۱۲۱
۵-۱ مقدمه..... ۱۲۲
۵-۲ خودسایه اندازی در شهر تهران..... ۱۲۳
۵-۳ مشخصات انعکاسی نما در شهر تهران..... ۱۲۵
۵-۴ جمع بندی به طور خلاصه..... ۱۲۶
۵-۵ پیشنهادات..... ۱۲۷
فهرست منابع..... ۱۲۶

فهرست تصاویر، نمودارها و جداول

جدول (۲-۱) ضریب جذب انرژی حرارتی خورشید در رنگ‌های مختلف..... ۲۵
جدول (۳-۱) تحلیل ساختمان های نمونه در شهر تهران..... ۵۵
جدول (۳-۲) مصالح استفاده شده در ساختمان های نمونه، منطقه۱..... ۵۷
جدول (۳-۳) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۱..... ۵۸
جدول (۳-۴) مصالح استفاده شده در ساختمان های نمونه، منطقه ۱۰..... ۵۸
جدول (۳-۵) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۱۰..... ۵۹
جدول (۳-۶) مصالح استفاده شده در ساختمان های نمونه، منطقه ۱..... ۵۹
جدول(۳-۷) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۱۹..... ۶۰
جدول (۳-۸) مصالح استفاده شده در ساختمان‌های نمونه، منطقه۲۲..... ۶۱
جدول (۳-۹) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۲۲..... ۶۱
جدول (۳-۱۰) مشخصات ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت یکسان بودن سطح..... ۶۳
جدول(۳-۱۱)مشخصات ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت یکسان بودن حجم..... ۶۴
جدول(۳-۱۲)مشخصات ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت یکسان بودن مساحت طبقه همکف..... ۶۵
جدول (۳-۱۳) پیش فرض در نظر گرفته شده برای مصالح دیوار..... ۶۷
جدول (۴-۱) کاربرد مصالح نمای ساختمان‌های شهر تهران..... ۷۳
جدول (۴-۲) دسته بندی مصالح نمای ساختمان های شهر تهران بر اساس کاربرد..... ۷۵
جدول (۴-۳) فراوانی مصالح سنگ با بررسی فاکتور فروش سال ۹۶..... ۷۶
جدول (۴-۴) تیپ بندی ترکیب مصالح نمای ساختمان های شهر تهران..... ۸۳
جدول (۴-۵) مقایسه مصرف انرژی سالیانه ساختمان های خودسایه انداز با زوایای مختلف انحراف دیوار توسط نرم افزار رویت ۲۰۱۹ پلاگین اینسایت۳۶۰..... ۹۹

جدول (۴-۶) مقایسه تاثیر سایه بان جنوبی در عملکرد مشخصه انعکاسی نما (آلبیدو) در جهت کاهش مصرف انرژی ۱۱۶

نمودار(۲-۱)دمای سطح دیوارهای خاکستری رنگ در جهات مختلف. منبع: (کسمایی، ۱۳۷۸)..... ۲۳
نمودار(۲-۲) دمای سطح دیوارهای سفید رنگ در جهات مختلف. منبع: (کسمایی، ۱۳۷۸)..... ۲۴
نمودار(۲-۳) انعکاس طیفی مصالح سفید. منبع:(Zinzi, 2016)..... ۳۹
نمودار(۴-۱)کاربرد مصالح نمای ساختمان های شهر تهران..... ۷۴
نمودار(۴-۲)همبستگی مصالح نمای ساختمان های شهر تهران و عمر ساختمان ها..... ۷۸
نمودار(۴-۳)همبستگی بین ساختمان های بالای ۲۰ سال و بتن..... ۷۸
نمودار(۴-۴) همبستگی بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ سال و سنگ تراورتن..... ۷۹
نمودار(۴-۵) همبستگی بین ساختمان های بالای ۲۰ سال و آجر..... ۷۹
نمودار(۴-۶) همبستگی بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ سال و آجر..... ۸۰
نمودار(۴-۷) همبستگی بین ساختمان های نوساز و چوب..... ۸۰
نمودار(۴-۸) همبستگی بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ سال و چوب..... ۸۱
نمودار(۴-۹)مقایسه فراوانی ۴ مصالح نمای رایج در تهران با توجه به سن ساختمان..... ۸۲
نمودار(۴-۱۰)مقایسه فراوانی ۴ مصالح نمای رایج در تهران با توجه به سن ساختمان..... ۸۲
نمودار(۴-۱۱)مقایسه مقدار، بیشینه و کمینه مصرف انرژی ساختمان های خود سایه انداز با زاویه انحراف دیوار نسبت به خط عمود بر قاعده ۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰ درجه..... ۱۰۲

جدول اصطلاحات و مفاهیم

آزمون تی	یک نوع آزمون آماری است. از این آزمون برای مقایسه بین دو گروه استفاده می شود.
آلبیدو	توانایی سطح برای انعکاس نور خورشید را با این عامل توصیف می‌کنند و یک کلمه لاتین به معنی ضریب سفیدی می باشد.
خودسایه اندازی	روشی است که ساختمان به واسطه هندسه‌اش روی خود سایه می اندازد.
شاخص‌بازتاب خورشیدی	شاخص بازتاب خورشیدی توانایی یک سطح در ممانعت از دریافت های خورشیدی به عنوان یک عملکرد ترکیبی توسط دو ویژگی بازتابش خورشیدی و گسیلندگی است.
گسیل‌حرارتی مادون قرمز	میزان توانایی سطح برای آزاد کردن حرارت جذب شده با طول موج بلند است.
مصالح سرد	مصالحی با انعکاس خورشیدی بالا (سفید و رنگ های روشن) یا با بازتاب خورشیدی بالاتر از مصالح سنتی با همان رنگ (رنگ سرد) هستند. مصالح سرد همچنین با گسیلندگی حرارتی بالا شناخته می شوند.
مصالح ترموکرومیک	مصالحی هستند که رنگ خود را تغییر می دهند و در نتیجه با بالا رفتن درجه حرارت مصالح، پاسخ نوری خود را می دهند. این تغییر برگشت پذیر است به این معنی که به محض اینکه دما به اندازه زیر مقدار تعیین شده رسد مصالح به رنگ اصلی خود بر میگردند
Conceptual mass	یکی از حالت های نرم افزار رویت برای تنظیمات مدل سازی انرژی می باشد.

۱ فصل اول:

مقدمه و کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

بحران انرژی و پایان‌پذیری سوخت‌های فسیلی به همراه مشکلاتی مانند آلودگی محیط‌زیست و گرم شدن کره زمین چالش‌هایی هستند که دنیای امروز با آن‌ها دست‌وپنجه نرم می‌کند. در میان عوامل مختلف دخیل در این مشکلات، بخش ساختمان نقش کلیدی در کل مصرف انرژی جهانی دارد. با توجه به آخرین گزارش روی تغییر آب‌وهوا که توسط هیئت بین دولتی تغییر آب‌وهوا (IPCC) در سال ۲۰۱۴ منتشر شد، ساختمان‌ها ۳۲ درصد کل انرژی مصرفی را تشکیل می‌دهند و ۱۹ درصد از انرژی مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای متوجه بخش ساختمان است. این هیئت بین‌المللی در همان گزارش نگرانی آن‌ها را درباره اینکه این مصرف انرژی و انتشارات گازی وابسته به آن، با توجه به افزایش دسترسی به مسکن در کشورهای درحال‌توسعه، رشد جمعیت جهانی و افزایش سطح ثروت جهانی می‌تواند در دهه‌های آینده ۲ تا ۳ برابر افزایش یابد، اعلام کرد. این مسائل، بشر را روزبه‌روز بیشتر ترغیب به دستیابی به انرژی‌های فناناپذیری چون خورشید، باد و مانند آن می‌نمایند.

ایران کشوری است که بنا بر گفته متخصصان در بیش از دوسوم آن، ۳۰۰ روز آفتابی دارد و متوسط تابش آن ۵/۵-۴/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در روز است. ایران به عنوان یکی از کشورهای با پتانسیل بالا درزمینه انرژی خورشیدی معرفی‌شده است. با توجه به این نکته و نقش عمده ساختمان‌ها در مصرف انرژی، طراحی معماری مناسب می‌تواند با استفاده از راهکارهای سامانه‌های غیرفعال، در کارا کردن انرژی خورشیدی نقش مؤثری داشته باشد که باعث بهره‌وری انرژی خواهد شد.

۱-۲ طرح مساله و اهمیت موضوع پژوهش

نیاز به سرمایش و گرمایش در ساختمان در جهت رسیدن به دمای آسایش، وابستگی انسان به وسایل سرمایش، گرمایش و تهویه را به دنبال دارد. این مسئله به قیمت از دست رفتن منابع با ارزش، آلودگی های زیست محیطی و هزینه های گزاف است. توجه به طراحی ساختمان از منظر فرم، جهت گیری، مصالح، قرارگیری فضاها در پلان و ...می تواند تا حد زیادی در کاهش مصرف انرژی تاثیر داشته باشد.

این پژوهش با موردتوجه قرار دادن هندسه ساختمان، سعی در بررسی اثر خودسایه‌اندازی آن در جهت کاهش بار سرمایش را دارد.

مفهوم خودســـایه‌اندازی در طراحی معماری، به معنی اســـتفاده از روش هایی برای ایجاد ســـایه روی ســطوح پیرامونی ســاختمان در طول فصل گرم و به تبع آن خنک کردن فضای داخل ساختمان است. این راهکار باعث کم کردن میزان انرژی مصرفی برای خنک ساختن داخل ساختمان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی می شود. نکته قابل‌توجه این است که در این روش بالعکس این امکان نیز فراهم است. به این صورت که سطوح فضای داخلی بیشترین مقدار دریافت تابش آفتاب را در فصول سرد سال داشته باشند(تنکابنی, ۱۳۹۴).

درواقع در این نوع طراحی، از دریچه جدیدی به ایجاد سایه در جهت خنک کردن فضا نگاه می‌شود و برخلاف روش‌های مرســوم ایجاد ســایه، مانند اســتفاده از سایه‌بان‌ها، لوورها و ... دیگر نیازی به عناصر الحاقی روی حجم وجود ندارد. شـــکل این ســـاختمان‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌شـــود که طبقات امکان ســایه‌اندازی روی‌هم را داشــته باشند ولی این عقب نشستگی‌ها، پیش‌آمدگی ها و در مواردی انحرافی که در حجم در نظر گرفته می‌شــود باید به‌گونه‌ای باشــد که علاوه بر اینکه آســایش حرارتی و خنک شدن ساختمان در تابستان را فراهم می‌آورد و ذخیره انرژی را به دنبال دارد، در زمستان نیز ورود نور خورشید را میسر کند.

راهکارهای مختلفی علاوه بر سایه، در جهت خنک‌سازی ساختمان، وجود دارد. این پژوهش در مرحله دوم به دنبال بررسی اثر فاکتور دیگری در ترکیب با خودسایه اندازی ساختمان، به نام آلبیدوی مصالح ســـاختمان اســـت که تمرکز پژوهش‌های زیادی که روی خنک کردن ســـاختمان کارکرده‌اند به خود معطوف ساخته است.

بافت خارجی و رنگ متریال هایی که فضـاهای شهری را می‌پوشانند اعم از پیاده‌روها، نماها و سقف‌ها نقش مهمی در مصرف انرژی ایفا می‌کنند. رنگ مصالح و اثرات آن در مقالات و کتب علمی با فاکتوری

به نام آلبیدو سـنجیده می‌شود. Albedo یک کلمه لاتین به معنی سفیدی است. آلبیدوی یک سطح، مقداری از نور خورشـید است که آن سطح منعکس می‌کند. هر چه آلبیدوی یک سطح بالاتر باشد آن سطح بیشتر به رنگ سفید متمایل می‌شود و قادر به جذب اشعه کمتری خواهد بود و دمای آن سطح در طول روز نسـبت به سـطوح با آلبیدوی پایین‌تر، کمتر خواهد ماند. برعکس این حالت نیز اتفاق می‌افتد. این اثر در بسیاری از مطالعات قبلی که تمرکزشان روی روزهای تابستانی بوده است ثبت‌شده است. در فصول دیگر در مقایسه با تابستان، در سطوح با آلبیدوی یکسان، به علت کاهش شدت تابش خورشید، مقدار کاهش دمای کمتری نیز انتظار می‌رود. در طول شب آلبیدوی مواد به دلیل عدم وجود تابش خورشید بی‌اثر می‌شود(Yang, Wang, Kaloush, & Reviews, 2015) .

مطالعات انجام‌گرفته روی آلبیدوی مصالح در دنیا را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱. مطالعاتی که اثرات بازتابندگی مصـالح عناصـر شهری مانند پیاده‌روها و جاده‌ها را در مصرف انرژی شـهر بررسـی می‌کند و به موضـوعاتی مانند جلوگیری از شـهرک گرمایی و گرم شـدن کره زمین می‌پردازد.

۲. مطالعاتی که اثر بازتابندگی مصالح ساختمان مانند پوسته و سقف را روی مصرف انرژی شهر بررسی می‌کند.

۳. مطالعاتی که اثر بازتابندگی مصالح ساختمان مانند پوسته و سقف را روی مصرف انرژی ساختمان و کاهش دمای داخلی آن بررسی می‌کند.

این پژوهش تمرکز خود را روی مورد سوم قرار داده است و بر آن است که پس از بررسی اثر دو عامل خودسـایه اندازی سـاختمان و آلبیدوی مصـالح سـاختمان، به بررسـی اثرات ترکیب این دو عامل در بهره‌وری انرژی ساختمان و درنتیجه آسایش حرارتی داخل ساختمان بپردازد.

۱-۳ اهداف تحقیق

-بررسی تأثیر مصالح مختلف نما (ازنظر آلبیدو) در فرم‌های مختلف عمودی و خود سایه‌انداز

- بررسی تاثیر سایه در عملکرد آلبیدو مصالح نما در کاهش مصرف انرژی ساختمان

-بررسی تأثیر به‌کارگیری راهکار های ارائه شده در بهبود عملکرد انرژی ساختمان‌های شهر تهران

۱-۴ سؤال تحقیق

– استفاده از راهکار سایه اندازی ساختمان در کنار استفاده از مصالح با آلبیدوی بالا چه تاثیری در مصرف انرژی ساختمان خواهد داشت؟

- چه رابطه‌ای میان الگوی خود سایه‌اندازی ساختمان و کاهش مصرف انرژی آن وجود دارد؟

۱-۵ سابقه موضوع

خنک‌سازی فضای زندگی از دیرباز و از زمان یکجانشینی انسان‌ها برای ایجاد سرپناه دائمی موردتوجه بوده است. ایجاد سایه بان و بهره بردن از نور غیرمستقیم برای روشنایی فضا از اولین گام‌هایی است که بشر برای رهیافت به این هدف برداشت. فرم خودسایه انداز درختان و شاخ و برگ آن‌ها، اولین الگوی بشر بود. با توجه به اینکه اقلیم گرم سهم قابل توجهی از مساحت ایران را به خود اختصاص می دهد، سرمایش فضا در معماری سنتی این سرزمین از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است (سراج, ۱۳۸۷). معماری سنتی ایران برای ایجاد سایه و خنک‌سازی از عناصری همچون ساباط، ایجاد کوچه‌های باریک و نامنظم، فضاهای سرپوشیده با طاق و گره بندی‌های چوبی و گچی پنجره‌ها استفاده می‌نمودند. گره بندی‌های چوبی و گچی پنجره از مهم‌ترین راهکارهای سرمایشی و کنترل تابش خورشید به فضای داخل ساختمان در تابستان است(مور, ۱۳۸۲).

مطالعات صورت گرفته در مورد خودسایه اندازی ساختمان اغلب روی نکاتی مانند هندسه بهینه ساختمان، شیب بهینه دیوارها، روش‌های بهینه‌سازی فرم و ... تمرکز دارد که بسته به نوع پژوهش،

تأثیر خودسـایه اندازی به‌تنهایی و یا به همراه عوامل دیگر در کاهش مصرف انرژی بررسی می‌شود. در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود:

لواف پور و شـارپلز[1] در سـال ۲۰۱۵ در مطالعه‌ای پتانسیل استفاده از هندسه ساختمان برای حذف یا کـاهش آزار حرارتی گرمای بیش‌ازحد در خانه‌های غیرفعال انگلسـتان ارزیابی کرد. این مطالعه روی انحراف بهینه نمای شـمالی تمرکز کرده اسـت که امکان استفاده از فرم ساختمان برای اینکه بتواند از خود در برابر آفتاب محافظت کند را فراهم کند. در این مطالعه حالت‌های مختلف انحراف نما و اثر آن برای کاهش گرما در نرم‌افزار مدل‌سـازی شـده اسـت. لواف پور و شـارپلز در مطالعه‌ای دیگر در سـال ۲۰۱۴، از یک مدل طراحی پارامتری برای ایجاد هندسـه‌های مختلف نمای شـیب‌دار برای شـمال سـاختمان استفاده کردند و سپس با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی شیب مناسب دیوار را برای کاهش بار سرمایشی در خانه‌های غیرفعال انگلیس در تابستان بررسی کردند.

نیک پور[2] و همکاران در مقاله " Heat transfer reduction using self-shading strategy in energy commission building in Malazia" در سـال ۲۰۱۲ سـاختمان کمیسیون انرژی الماس در مالزی را به‌عنوان یک نمونه عملی از یک ساختمان خودسایه انداز بررسی کردند. در این مطالعه، هدف این اسـت که مقدار کاهش کل حرارت منتقل‌شده در این ساختمان ارزیابی شود. نتیجه داده‌ها حاکی از آن بود که خودسـایه اندازی اثر معنی‌داری در ذخیره انرژی خواهد داشت. کندر[3] و همکاران نیز در سـال ۲۰۱۶ در مطالعه خود به بررسـی شرایط نور روز و اثرات خنک‌کنندگی ساختمان خودسایه‌انداز کمیسـیون انرژی مالزی در شـهر پوتراجایا در مالزی پرداختند و برای این کار از روش اندازه گیری میدانی اسـتفاده کردند. نتیجه‌گیری که آن‌ها از این پژوهش کردند، این بود که خود سـایه اندازی در

[1] Lavafpour & Sharples
[2] Nikpour
[3] Kandar

ساختمان‌ها روشنایی کافی را فراهم می‌آورد و باعث خنک‌کنندگی ساختمان و درنتیجه کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌شود.

کاپلوتو[4] در مقاله "Energy performance of the self-shading building envelope" در سال ۲۰۰۳ از روش پوسته گردآورنده خورشیدی برای ایجاد پوسته خودسایه انداز استفاده می‌کند. در این روش مدلی ساخته می‌شود که این مدل امکان ایجاد شکل ساختمان را در راستایی که نماهای ساختمان در زمان‌های موردنیازی که توسط طراح تعیین می‌شود خود سایه انداز باشند. درنهایت نتیجه شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که برای همه جهت‌ها یک پیشرفت معنادار در عملکرد انرژی ساختمان‌ها، وقتی‌که با توجه به خودسایه اندازی پوسته طراحی می‌شوند وجود دارد. شبیه همین نتیجه را می‌توان برای نماهای عمودی با شیشه‌های کم گسیل با بهره‌وری بالا می‌توان گرفت. ترکیبی از هندسه ساختمان خود سایه‌انداز و لووهای داخلی به‌ویژه برای جهت‌های شرقی و غربی بهترین راه‌حل را فراهم می‌آورد.

در مطالعه چان و چو[5] در سال ۲۰۱۴ یک ساختمان اداری با سیستم کامل تهویه مطبوع با دیوارهای شیب‌دار با استفاده از یک نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی، در زوایای مختلف شیب مدل شد. شبیه‌سازی‌های کامپیوتری برای ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان که با دیوارهای شیب‌دار ساخته‌شده بود تحت شرایط مختلف آب و هوایی در سه شهر مدرن هنگ‌کنگ، شانگهای و پکن انجام شد. درنهایت یافت شد که عملکرد ساختمان وابستگی شدیدی به شرایط آب و هوایی مکان قرارگیری آن دارد. در شرایط آب و هوایی هنگ‌کنگ یک زاویه شیب ۳۰ درجه به‌عنوان یک گزینه طراحی بهتر برای یک ساختمان هرمی معکوس با طرح متقارن یافت شد. با توجه به یافته‌ها طراحی و ساخت ساختمان هرمی معکوس برای دو شهر دیگر را توصیه نکردند.

[4] Capeluto
[5] Chan & Chow

مشـــکین کیا و کریمی در ســـال ۱۳۹۳ در مقاله "نقش شـــفافیت و کشـــیدگی بنا بر مصـــرف انرژی ســاختمان‌های خود ســایه انداز" در جهت پاسخگویی به سؤالات خود اعم از توجیه اقتصادی، عملکرد انرژی و میزان شـفافیت بهینه، عملکرد انرژی-هزینه سه نمونه ساختمان فاقد سایه‌اندازی با گونه‌های مشـابه خودســایه انداز را مقایســه کردند. نتیجه بررســی‌ها حاکی از آن اســت که خود ســایه‌اندازی ساختمان بار سرمایشی ساختمان را تا حد قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

محمدی و مهدوی نژاد در مقاله " نقش خود ســـایه‌اندازی در کاهش مصـــرف انرژی ســـاختمان‌های عمومی" در ســال ۱۳۹۵ پس از بررســی ســاختمان‌های خود سایه انداز در اقلیم تهران، در مقایسه با ســاختمان‌هایی که محدودیتی در دریافت پرتوهای خورشیدی ندارند و همچنین مدل شبیه‌سازی‌شده پایدار بر اساس الگوهای خود سایه‌اندازی و در نظر گرفتن فرم و زوایای مناسب جهت‌گیری بازشوها و آنالیز جداره‌های جبهه‌های مختلف ســاختمان به این نتیجه رســیدند که خود ســایه‌اندازی بر کاهش مصرف انرژی تأثیر مثبتی داشته و بار سرمایشی ساختمان را تا حد قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

پژوهش‌های مرتبط با نقش آلبیدوی مصــالح در کاهش مصــرف انرژی معطوف به حوزه‌های شــهری و حوزه‌های معماری می‌شـــود. پژوهش‌های حوزه شـــهری نســـبت به حوزه معماری وســـیع‌تر اســـت. به‌عنوان‌مثال یکی از پیشــنهادهایی که در مطالعات بســیاری به آن اشــاره می‌شــود توجه به خاصــیت بازتابندگی پیاده‌روها و جاده‌ها اســـت. یک مطالعه میدانی در آتن نشـــان داد که پیاده‌روهای بازتابنده می‌تواند دمای ســطح در پارک شهری را تا دمای ۶/۷ درجه سانتی‌گراد در شرایط غیر سایه‌دار کاهش دهد. پژوهش‌های حوزه معماری بیشــتر معطوف به اثر آلبیدوی مصالح سقف و پوسته است که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود:

منصوری و همکاران در سال ۲۰۱۷ در مقاله "Albedo effect of external surfaces on the energy load and thermal comfort in building" تلاش کردند اثر و عملکرد پوشـــش‌های بازتابنده پوســـته ســاختمان را درزمینه آســایش حرارتی داخل و بازده انرژی بررسی کند. این مطالعه روی یک خانه در

آب‌وهوای مدیترانه‌ای انجام‌شـده اسـت. در این پژوهش عوامل دخیل در تفاوت‌های پوسته ساختمان، جهـت‌گیری، انعکاس خارجی، جرم حرارتی و عایق‌کاری دیوارها در نظر گرفته‌شـــده اســـت. نرم‌افزار مورداســـتفاده TRNSYS بوده که نشـــان داده عایق‌کاری حرارتی در ترکیب با جهت‌گیری و انعکاس خورشیدی بالا (آلبیدوی بالا) می‌تواند در جهت آسایش حرارتی داخلی و بازده انرژی اثرگذار باشد.

اکبری و همکاران در سـال ۱۹۹۹ با اسـتفاده از برنامه شـبیه‌سـازی انرژی DOE-2 اثرات سـقف‌های بازتابنده در ۱۱ منطقه صنعتی آمریکا بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که بیشترین ذخیره انرژی در سـاختمان‌های مربوط به شهرهایی که در گرم‌ترین و آفتابی‌ترین شرایط اقلیمی قرار داشتند اتفاق افتاد. ذخیره انرژی با خنک شدن آب‌وهوا کاهش یافت ولی برای بسیاری از انواع ساختمان‌ها در شهرها تا شمال شیکاگو این آمار همچنان مثبت بود(مرئی،۱۳۹۳).

نتیجه مطالعات سانگ و پارک[6] نشان‌دهنده این بود که اثر سرمایشی یک رابطه مثبت با بالاترین شدت تابش خورشـیدی دارد به این صورت که با افزایش آلبیدوی سطح، دمای آن کاهش می‌یابد. بااین‌حال نتایج نشـان می‌دهد که این اثر همیشـه اتفاق نمی‌افتد. این عمدتاً به فاصـله بین ساختمان‌ها بستگی دارد(Song & Park, 2015).

بنسل[7] و همکاران در مقاله "the effect of external surface colour on the thermal behavior of a building" در سال ۱۹۹۲ دریافتند در طول ساعاتی که بیشترین تابش خورشید را دارد (طول روز) ساختمان که رنگ سیاه شده است، دمایی ۷ درجه بیشتر از همان ساختمان بارنگ سفید دارد. این در حالی است که در طول شب، هر دو محفظه دمای تقریباً یکسانی را نشان می‌دهند.

چنج و گیوونی[8] در پژوهشی که در سال ۲۰۰۵ انجام دادند فاکتور جرم حرارتی را به همراه بازتابندگی پوسـته موردبررسی قراردادند. این مطالعه روی سلول‌های آزمایش با مشخصات مختلف، سیاه و سفید

[6] Song & Park
[7] Bansal
[8] Cheng & Givoni

انجام شـد. مطالعه نشـان می‌دهد که یک تفاوت در دمای داخلی سلول‌ها وجود دارد. دمای هوا داخل سلول تست سیاه در حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سلول سفید است و همچنین دمای هوا درون سلول سفید ۲-۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر از بیرون آن است. درنهایت، نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده از رنگ سطح روشن‌تر و جرم حرارتی می‌تواند حداکثر دمای داخلی را کاهش دهد.

در مطـالعـه ای متیوس ســـانتـاموریس[۹] و همکـاران خود از دپارتمان فیزیک مرکز مطالعات محیطی ساختمان دانشگاه آتن برای بهبود شرایط اقلیمی محیط شهری در یک پارک شهری در آتن از مصالح سـرد اسـتفاده کردند. بهبود شرایط آسایش حرارتی، کاهش جزایر حرارتی و تاثیرات ناشی از آن و نیز بهبود کیفیت محیطی فضـای داخلی هدف آن‌ها در این پروژه بوده است. کاربرد پیاده رو سرد در این پروژه به عنوان یکی از وسـیع ترین ها در پروژه های محیط شـهری جهان شناخته می شود؛ بنابراین پس از توصیف شرایط زیست محیطی و آب و هوایی سایت و نیز بررسی خصوصیات مصالح سرد مورد آزمایش در پارک، برای ارزیابی اثر حرارتی مصـالح سـرد پیاده رو اندازه گیری های دقیق و خاصـی از شرایط آب و هوایی پارک، قبل و بعد از اجرای مصالح جدید، ، صورت پذیرفت. در این مطالعه علاوه بر اســـتفـاده از روش هـای انـدازه گیری واقعی، از مـدل کـامپیوتری CFD نیز اســـتفـاده گردیـده است(Santamouris et al., 2012).

لی[۱۰] و همکارانش در ســال ۲۰۱۳ در پژوهشـــی توان بازتاب مصـــالح را مورد مطالعه قرار دادند. توان بازتابش تاثیر مهمی در عملکرد حرارتی پیاده روها، ســطوح زمین و تاثیرات ناشـــی از آن بر محیط و انسان ها دارد. در این تحقیق، بتن به عنوان مصالح رایج مورد استفاده در پیاده روها مورد بررسی قرار گرفتند. از این رو توان بازتاب بتن، آســفالت و ســـنگفرش بتنی، با طرح های مختلف، ارزیابی شـــد. عملکرد حرارتی و داده های مربوط به توان بازتاب این مصـالح توسـط پیرانومتر[۱۱] بررسـی شـد و یک

[9] Mateous Santamouris
[10] Li
[11] Dual-peranometer

سـیسـتم اتوماتیک جمع آوری داده ها ثبت شد. نتیجه نهایی آن بود که توان انعکاس مصالح پیاده رو در اوایل صـبح و اواخر بعدازظهر بالاسـت حال آن که در سـاعات میانی روز، این میزان پایین و ثابت اسـت؛ بنابراین توصیه شده تا متغیر توان بازتاب در ظهر یک روز صاف اندازه گیری شود. نتایج حاکی از آن بود که سرعت باد و تغییرات فصلی تاثیر چندانی در توان بازتابش ندارد. ولی ابری بودن آسمان و تغییرات آب و هوایی، به خصـوص در ماه های اول پس از سـاخت، نقش مهمی در تغییر توان انعکاس ایفا میکند. از دیگر سـو توان انعکاس مصالح در تغییر دمای سطح م در روز و نیز خنک شدن نقش به سـزایی دارد. به طوری که اثر خنک کنندگی رابطه مسـتقیمی با شـدت تابش خورشـید در طول روز دارد. این موضوع می تواند به تخمین اثر گرمایشی کاهش توان بازتاب بالا یا تاثیر خنک کنندگی توان بازتاب بالا در اقلیم های مختلف و فصول با تابش های مختلف، کمک کند(به نقل از مرئی، ۱۳۹۳).

در مطالعه ای که مرئی در سـال ۱۳۹۳ انجام داد، رابطه بین بافت سطح مصالح و دما مور تحلیل قرار گرفت. این کار با اسـتفاده از آزمون تی[۱۲] صـورت پذیرفت. از این آزمون برای مقایسـه بین دو گروه اسـتفاده می شود. نتایج حاصل از بررسی نشان می دهد بین دما و بافت سطح مصالح رابطه معناداری وجود ندارد. اگر چه بافت سطح- مسطح یا بافت دار- در میزان انعکاس سطح موثر است.

همچنین در این پژوهش میزان انعکاس و انتشار سطح برخی از مصالح با استفاده از طیف سنج[۱۳] اندازه گیری شـده و به این وسیله شاخص انعکاس سطح بعضی مصالح اندازه گیری شده است. عموما مصالح زمخت، زبر و تیره نسـبت به سـطوح صـیقلی و براق و رنگ روشـن، شـاخص بازتاب پایین تری دارند. تحلیل های صورت گرفته در این پژوهش حاکی از آن است که سطوح صیقلی و صاف سردتر از سطوح زبر و زمخت هسـتند و عملکرد بهتری دارند. دلیل این موضوع ناشی از اختلاف میزان انعکاس سطح و شاخص انعکاس خورشیدی مصالح می باشد.

[12] T-Test
[13] Spectrometer

۱-۶ ضرورت انجام تحقیق

بر اســـاس گفته‌های دبیر کل شـــورای جهانی انرژی تا ســـال ۲۰۵۰ ظرفیت‌های اســـتفاده از انرژی خورشـیدی از ۲ درصـد به ۸ درصـد افزایش می‌یابد و انرژی تجدید ناپذیر از ۸۰ درصد به ۲۰ درصد کاهش خواهد یافت. به همین جهت باید به دنبال تغییر در شـیوه اسـتفاده و نوع سوخت بود. یکی از مهم‌ترین روش‌های بهینه‌سـازی مصرف انرژی در سـاختمان‌ها، بهره جستن مناسب از انرژی خورشید جهـــت کاهش هزینه گرمایشی و یا جلوگیری از آن در راستای‌کاهش هزینه سرمایشی است. اگرچه اکثر اســـتانداردهای کارایی انرژی در زمینه کاهش نیاز گرمایشـــی موفق بوده اند ولی تعداد زیادی از سـاختمان های با مصـرف کم انرژی مشـکلاتی را در زمینه گرمای بیش‌ازحد، به‌خصـوص در تابستان تجربه کرده‌اند. بیشـتر مداخلات در زمینه کاهش گرمای بیش‌ازحد روی موضـوعاتی همچون استفاده کارا از پرده‌های سایه‌انداز یا استفاده از سیستم تهویه مکانیکی با بازیابی گرما بوده است (Lavafpour & Sharples, 2015). ولی کمتر شـــاهد ارائه راه‌حل‌هایی هســـتیم که بتوانند در همان مراحل اولیه طراحی، نکاتی را برای کاهش مصـرف انرژی به‌خصـوص کاهش بار سـرمایشی لحاظ کنند. با توجه به نکاتی که گفته شـد و اینکه ایران کشـوری است که بیشتر مساحت آن را اقلیم گرم و خشک تشکیل می‌دهد، این پژوهش سـعی دارد راه‌حل‌هایی برای کاهش بار سرمایشی در همان مراحل اولیه طراحی ارائه دهد. در این راســـتا خودســـایه اندازی ســـاختمان موضـــوعی اســـت که در میان روش‌های دیگر خنک‌سازی ساختمان کمتر به آن پرداخته‌شده است. علاوه بر این تأثیر ترکیب این موضوع با آلبیدوی مناسب مصالح نما بداعت کار محسوب می‌شود، چراکه تابه‌حال به آن پرداخته نشده است

۱-۷ روش تحقیق

روش تحقیق حاضـر شـامل سـه بخش اسـت که به تفصـیل توضـیح داده می شود.۱. مبانی نظری ۲. شناخت عرصه پژوهش ۳. مقایسه مدل های در نظر گرفته شده

مرحله اول پژوهش (مبانی نظری) به مطالعات کتابخانه‌ای جهت مرور ادبیات موضوع و بررسی پیشینه تحقیق و نظریاتی که راجع به موضوع وجود دارد می‌پردازد. مرحله دوم، مرحله شناخت عرصه پژوهش خواهد بود که از مطالعه کتابخانه‌ای جهت جمع‌آوری اطلاعات و سپس از روش آمارگیری خوشه‌ای و تصادفی جهت شناخت الگوی کاربرد مصالح ساختمانی در نمای ساختمان های شهر تهران استفاده می‌شود. جهت تحلیل داده های جمع آوری شده از نرم افزارهای تحلیلی R و اکسل استفاده می شود. به طور کلی آشنایی با مشخصات اقلیمی شهر تهران و مصالح رایج ساختمانی نما در این شهر در حوزه شناخت عرصه پژوهش قرار گرفت.

روش تحقیق حاضر در حوزه سوم بر مبنای مقایسه می باشد. به این صورت که ابتدا یک ساختمان عمودی و خود سایه انداز با مشخصات مشابه از نظر مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه می شوند. مقایسه بعدی در حوزه مشخصات انعکاسی مصالح نما خواهد بود. برای این منظور تاثیر آلبیدوی بالای مصالح در بهبود مصرف انرژی ساختمان عمودی و خودسایه انداز به تفکیک بررسی می شود. علاوه بر این در این پژوهش سعی شده اثر سایه در عملکرد آلبیدوی مصالح نما در کاهش مصرف انرژی سنجیده شود. برای این کار ابتدا اثر مشخصات انعکاسی مصالح نما در چند ساختمان خود سایه انداز و سپس در ساختمان عمودی دارای سایه بان افقی جنوبی بررسی شده است.

مدل سازی ساختمان ها توسط نرم افزار رویت ۲۰۱۹ و آنالیز انرژی توسط پلاگین اینسایت ۳۶۰ انجام شد.

۱-۸ جمع بندی فصل اول و ساختار فصول

فصل اول به بیان کلیات تحقیق می پردازد. در واقع در این فصل مسئله ای را که به دنبال یافتن پاسخ های آن هستیم تبیین می کنیم. برای این کار نیاز است علاوه بر طرح مسئله، سوال، ضرورت و روش تحقیق به پیشینه ای که در حوزه پژوهش وجود دارد بپردازیم و ابعاد آن را بررسی کنیم. در فصل دوم مفاهیمی که برای نزدیک شدن به پاسخ پژوهش نیاز به تبیین آن ها وجود دارد، مطرح می شود. ابتدا

مفاهیم کلی خورشـیدی و سـپس مفاهیم مربوط به خصـوصـیات مصالح، به خصوص در حوزه رنگ و انعکاس طرح می شود. پس از آن مطالب در حوزه سایه و خودسایه اندازی خواهد بود. در فصل سوم به روش تحقیق با جزئیات آن پرداخته می شود. به این صورت که ابتدا روش آماری جمع آوری اطلاعات در حوزه مصالح نما شهر تهران توضیح داده می شود و پس از آن چگونگی انتخاب مدل های مقایسه و تحلیل آن ها به وسـیله نرم افزار شـبیه سـاز انرژی بیان می شـود. فصـل چهارم به تحلیل یافته های حاصـل از مطالعات، آمارگیری و مقایسه های مدل های انرژی می پردازد. در فصل پنجم نتایج حاصل از تمامی فصـول و در نهایت با توجه به مطالعات و تجربه های حاصـل از تحقیق، پیشـنهاداتی برای پژوهش های بعدی بیان می شود.

۲ مرور ادبیات و مفاهیم نظری

۲-۱ مقدمه

نزدیک شدن به استانداردهای انرژی جهان و تلاش در جهت طراحی ساختمان های انرژی کارا هدفی است که بسیار کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به سمت آن حرکت می کنند. در ایران دو ویژگی اصلی اقلیم قاره ای شامل میزان تابش خورشیدی بالا و رطوبت نسبی پایین، پتانسیل صرفه جویی انرژی با استفاده از معماری انرژی کارا را افزایش می دهد. از آن جا که در ایران قیمت حامل های انرژی حتی پس از کاهش یارانه های انرژی هنوز پایین است و قیمت ساخت و ساز بالاست، سرمایه گذاری برای صرفه جویی انرژی در ساختمان ها با استفاده از کاربرد مصالح و تجهیزات ساختمانی در برخی یا بسیاری از موارد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست (نصراللهی، ۱۳۹۳). از این جهت استفاده از راهکار های کم هزینه بسیار مفید واقع می شود.

توجه به نور خورشید در میان منابع تجدید پذیر، به خصوص در کشور ایران، به عنوان یک پتانسیل اقلیمی که همواره بدون هیچ هزینه ای وجود دارد دارای اهمیت است و بسیاری از استراتژی های طراحی که به کارایی انرژی می انجامد از کنترل درست آن نشات می گیرد؛ بنابراین برای نزدیک شدن به اهداف پژوهش نیاز است در وهله اول به مفاهیم خورشیدی بپردازیم.

مفاهیم اصلی مورد بحث در این فصل به طور کلی دو حوزه را پوشش می دهد. حوزه اول به مفاهیم مربوط به سایه و سایه اندازی می پردازد و حوزه دوم به مشخصات مصالح پوششی به خصوص خصلت های انعکاسی آن می پردازد.

ذیل مطالب گفته شده این موضوع را باید همواره به خاطر داشت که اقلیم و منطقه مورد مطالعه نقش بسیار تعیین کننده ای در نتایج به دست آمده خواهد داشت. در واقع نور خورشید و تاثیر آن در ایجاد سایه ساختمان، انعکاس و یا جذب انرژی توسط ساختمان و ... ارتباط مستقیمی با منطقه مورد مطالعه دارد.

۲-۲ انرژی

اساسی ترین پایه توسعه، انرژی است و امروزه انرژی و نحوه تامین نیازهای مربوط به آن یکی از مهم ترین مسائل جامعه بشری، می باشد. یکی از مهم ترین عوامل در بهینه سازی کیفیت زندگی مردم و پیشبرد اهداف توسعه پایدار به خصوص در کشورهای در حال توسعه، در دسترس بودن انرژی فراوان و ارزان با حداقل مخاطرات زیست محیطی و اکولوژکی مرتبط با تولید و استفاده از آن می باشد. مفهوم انرژی پایدار زمانی تحقق می یابد که انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که توسعه انسانی را در دراز مدت در تمامی ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی تامین نماید (بوسجین، ۱۳۸۲). انرژی در دو گروه تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم بندی می شود.

۲-۲-۱ انرژی تجدید ناپذیر

سوخت های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز که در طول سالیان متمادی از تحت فشار قرار گرفتن در طبقات زمین تولید شده اند منابع محدود و رو به اتمامی دارند. لذا به آن ها انرژی های تجدیدناپذیر اطلاق می شود. در سال‌های اخیر با توجه به این که منابع انرژی تجدید ناپذیر رو به اتمام هستند این منابع مورد توجه قرار گرفته‌اند (شفیعی،۱۳۹۲).

۲-۲-۲انرژی تجدید پذیر

انرژی تجدیدپذیر [۱۴] که به آن انرژی برگشت‌پذیر نیز اطلاق می‌شود، به انواعی از انرژی می‌گویند که منبع تولید آن، بر خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر (فسیلی)، می تواند توسط طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مجدداً به وجود آید.

[14] Renewable energy

۲-۲-۳صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان

صرفه جویی به معنی یافتن روش های نوآورانه برای استفاده بهینه تر از منابع محدود بخصوص منابع تجدید ناپذیر است.

هدف بهینه سازی مصرف انرژی به آسایش ساکنان آن گره خورده است. در ساختمان های امروزی توجه به محیط و بستر قرارگیری طرح برخلاف آنچه در ساختمان های کهن وجود داشته است، کمرنگ است. از سال 1950 میلادی، اجرای ساختمان هایی شروع شد که شرایط آسایش فضای داخلی آن با استفاده از تجهیزات مکانیکی فراهم و اهداف ظاهری ساختمان به محدودیت های محیطی غالب می شد که اثرات آن تا هم اکنون نیز پابرجاست. به عنوان مثال این موضوع منجر به ساختن ساختمان هایی با نماهای تمام شیشه ای حتی در مناطق گرم وخشک شد(شفیعی, ۱۳۹۲).

۲-۳ اقلیم

کلیما به‌عنوان نخستین کلمه برای تعریف اقلیم توسط یونانیان استفاده شد و به تحولاتی اشاره می‌کند که در اثر تابش خورشید در رابطه با زاویه انحراف زمین پدید می‌آید. اگرچه موضوع مطالعه آب و هواشناسی، اتمسفر است، ولی کدام با نگرشی متفاوت آن را بررسی می‌کنند. بررسی وضعیت جوی به صورت کلی و با استفاده از استانداردهای موجود بر عهده هواشناسی می‌باشد، اما بررسی و مطالعه آب و هوایی مکان‌های مختلف توسط اقلیم شناسی میسر می‌گردد.

هواشناسی به شناخت مطلق و عام اتمسفر و تغییرات آن می‌پردازد ولی در اقلیم شناسی سعی می‌شود با شناخت آب و هوای هر منطقه، تاثیرهای آب و هوایی آن بر روی فعالیت‌های انسانی مشخص شود.

طراحی اقلیمی در پی ایجاد هماهنگی با طبیعت اطراف است. شناخت اقلیم و چگونگی بهره‌برداری از آن مراحل اولیه طراحی اقلیمی هستند. شناخت اقلیم و عوامل تاثیرگذار بر آن برای طراحی ساختمانی که موجبات آسایش ساکنین آن را فراهم نموده و از نظر صرفه جویی در مصرف انرژی کارآمد باشد ضروری است(قیابکلو، ۱۳۹۱).

عوامل اقلیمی شـامل: تابش خورشـید، دما، رطوبت هوا، وزش باد و میزان بارندگی می‌باشـد. این پنج عـامـل بر کیفیـت آب و هوای یـک منطقه اثرگذار بوده و در نتیجه تعیین کننده همه جوانب طراحی اقلیمی یک سـاختمان از جمله نوع مصالح، فرم ساختمان، جهت گیری ساختمان و ... می باشد. تابش خورشید عموما به عنوان مهم ترین عامل اقلیمی شناخته می شود.

۲-۴ تابش خورشید

تابش خورشید یک موج الکترومغناطیسی بوده که از خورشید ساطع شده و دارای طول موج بین ۰.۲۸ تا ۳ میکرون می باشد. چشم انسان قادر به دیدن قسمتی از تابش خورشید است که طول موج آن بین ۰.۴ تا ۰.۷ میکرون است. طول موج های کوتاهتر از ۰.۴ که مربوط به نور ماوراء بنفش و بالاتر از ۰.۷ که مربوط به نور فروسرخ یا مادون قرمز است توسط چشم انسان قابل رویت نیست.

زمانی که اشـعه خورشـید وارد اتمسفر می شود از شدت آن کم شده و طیف های آن با توجه به طول موج آن ها در اتمسفر جذب، منعکس یا پراکنده می گردند. قسمت اعظم پرتوهای ماوراء بنفش توسط لایه اوزون و قسمت قابل توجهی از اشعه مادون قرمز به وسیله بخار آب و دی اکسید کربن جذب می شوند.

وقتی اشعه خورشید به ذرات و مولکول های موجود در هوا برخورد می کند ۳ حالت اتفاق می افتد:

-اگر قطر ذره از طول موج بزرگتر باشد، ذره مانع از عبور موج شده و آن را منعکس می کند.

-اگر قطر ذره کوچکتر از طول موج باشد، موج ذره را رد می کند و ذره مانع از عبور نمی گردد.

-اگر قطر ذره با طول موج برابر باشد ذره پرتو را به اطراف پراکنده کرده و ذره منور می‌شود.

علت رنگ آسـمان را با پدیده پراکندگی که گفته شـد می توان توضـیح داد. در روزهای آفتابی ذرات معلق در جو ریز بوده و طول موج های مربوط به نورهای آبی و بنفش را که کوتاه اسـت پراکنده می نماید و در نتیجه رنگ آسـمان آبی به نظر می رسد. در روزهای ابری علاوه بر این ذرات، ذرات co2 و

h2o نیز در جو موجود بوده و این ذرات پرتوهایی با طول موج بلند که مربوط به نورهای نارنجی و زرد می باشـــد را نیز پراکنده می کند که در مجموع آســـمان به رنگ ســـفید یا خاکســـتری به نظر می رسد(فاضلی، ۱۳۹۱).

۲-۵ ماهیت نور خورشید

شـــرایط لحظـه ای و بلنـدمـدت جوی در یـک منطقه اثر قابل توجهی در نوع و مقدار تابش حقیقی خورشید در آن منطقه دارد. هوای ابری باعث می‌شود مقدار قابل ملاحظه ای از تابش حقیقی خورشید به خارج از جو منتقل شود. ذرات آب، گرد و غبار و دود، همچنین ذرات دیگر معلق در هوا باعث جذب یا پراکنده شدن تابش خورشید می گردند. حتی در روزهای کاملا آفتابی و بدون ابر تا ۱۰ درصد تابش حقیقی خورشید به صورت پراکنده یا انعکاسی می باشد. در روزهای کاملا ابری از مقدار تابش حقیقی خورشید به مقدار قابل ملاحظه ای کاسته می‌شود(مرادی، ۱۳۸۶).

فاصـله ای که پرتو خورشـید باید طی کند، ضخامت ابر و وضعیت آلودگی هوا در شدت تابش آفتاب و حرارت حاصل از آن در یک نقطه از سطح زمین، اثرگذار است. بنابراین شدت تابش آفتاب در هر نقطه به ارتفاع آن از ســطح دریا بســتگی دارد و در مناطق مرتفع، چون پرتو فاصــله کمتری را می پیماید، حرارت بیشتری تولید می کند.

با توجه به مطالب بالا درمیابیم که شدت تابش آفتاب در هر مکانی از سطح زمین به موقعیت خورشید نسـبت به آن منطقه بستگی دارد. با توجه به این که تغییر موقعیت خورشید با تغییر حرکت دورانی و وضـعی زمین در سـاعات، روزها و فصـلهای مختلف انجام می پذیرد، جهت بررسـی شـدت تابش باید موقعیت خورشید نسبت به محل مورد نظر در زمان‌های مختلف بررسی شود(فاضلی،۱۳۹۱).

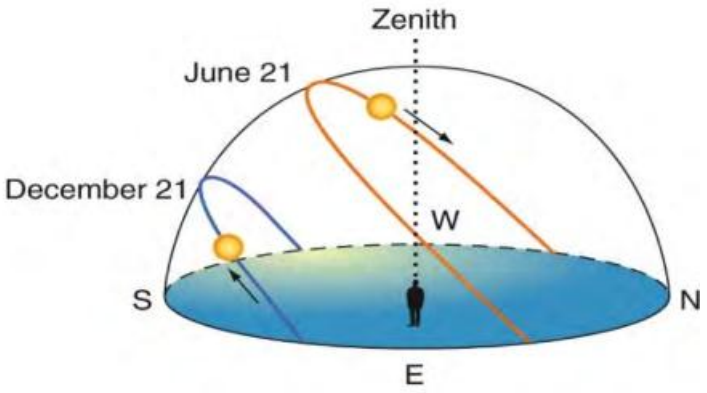
۲-۶ موقعیت خورشید

مسـیر حرکت خورشـید در آسمان، نسبت به هر نقطه از سطح زمین در روزهای مختلف سال متفاوت اســت. موقعیت خورشــید را در هر منطقه و در هر زمان می توان به وســیله دو زاویه "تابش"(زاویه ارتفاع) و "جهت تابش" (زاویه سمت) مشخص نمود.

زاویه ای که امتداد اشـعه خورشـید و سـطح افق تشـکیل می دهند، زاویه تابش و زاویه ای که تصویر امتداد اشعه خورشید بر صفحه افق و شمال واقعی تشکیل می دهند زاویه جهت تابش می گویند.

عواملی که در تعیین زاویه تابش و جهت تابش تاثیر دارند شامل زاویه چرخش زمین، عرض جغرافیایی و زمان مورد نظر می‌باشـند. محور شـمال-جنوب زمین با خط عمود بر صـفحه مسیر حرکت زمین به دور خورشـــید، زاویه ای برابر با ۲۳.۵ درجه می ســـازد که آن را زاویه چرخش زمین یا زاویه انحراف محور زمین می نامند. کره زمین حول محور خود یعنی، محور شـمال-جنوب که جهت آن ثابت است حرکت دورانی دارد و زمان یک گردش کامل ۲۴ ساعت یا یک شبانه روز است.

اگر محور کره زمین عمود بر صـفحه مسـیر حرکتش به دور خورشـید بود مناطق اسـتوایی پیوسـته حداکثر تابش خورشـید را داشـتند؛ اما زاویه انحراف محور زمین باعث می شـود نقاطی که می توانند حداکثر تابش خورشید را داشته باشند از خط استوا به سمت شمال تا مدار راس السرطان متغیر باشد. زاویه انحراف محور زمین تنها عامل به وجود آورنده فصول مختلف سال است(کسمایی، ۱۳۷۸).



شکل (۲-۱) طلوع و غروب آفتاب در اول تیر (۲۱ ژوئن) و اول دی (۲۱ دسامبر)- منبع: جزوه درسی دکتر شاهین حیدری به نقل از(شفیعی،۱۳۹۲)

۲-۷ کیفیت سطح مورد تابش

میزان حرارت ایجاد شـده در سـطح یک جسـم در اثر تابش آفتاب به عوامل مختلفی بستگی دارد که شامل جهت، رنگ، بافت (درصد صیقلی بودن) آن سطح و سرعت جریان هوایی که در اطراف آن سطح در جریان اسـت می شـود. هر چه رنگ سـطح روشـن تر باشد و جریان هوا در آن سطح بیشتر برقرار باشد مقدار حرارت ایجاد شده در اثر تابش کمتر است و هر چه سطحی زبر تر باشد این میزان حرارت افزایش می یابد.

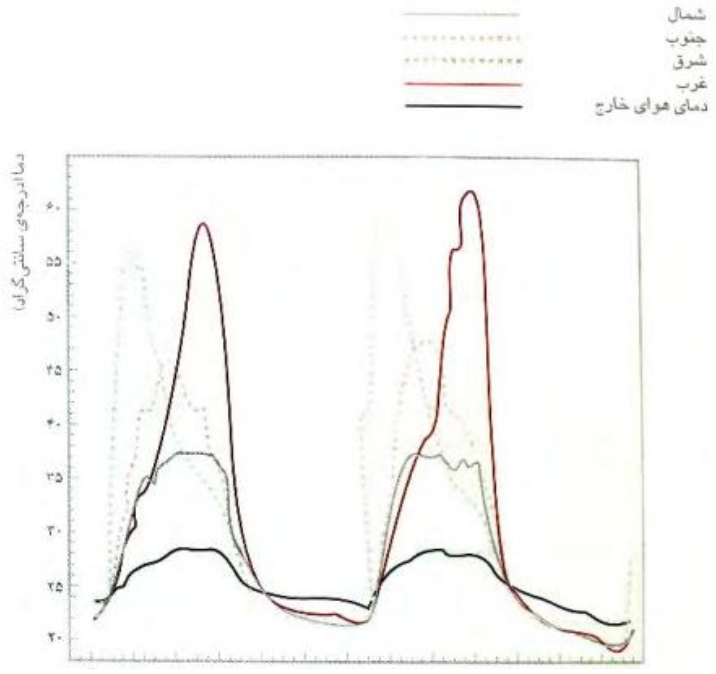
رنگ یک سطح مهم ترین عاملی که در تعیین حرارت ایجاد شده در یک سطح تاثیر دارد. با این فرض که دو عامل دیگر یعنی بافت و سـرعت جریان هوا یکسـان باشـند ، تاثیراتی که رنگ سطوح در مقدار انرژی خورشیدی جذب شده در آنها می گذارد بررسی می کنیم(فاضلی،۱۳۹۱).

۲-۷-۱ تاثیر رنگ در مقدار انرژی خورشیدی جذب شده در یک سطح

قبل از طلوع آفتاب، تغییرات درجه حرارت سـطوح خارجی دیوارهای یک ساختمان در تمام جهات، با تغییر درجه حرارت هوای خارجی هماهنگ اســت. در این حالت تنها دمای بام چندین درجه کمتر از دمای هوای خارجی است چرا که بیشتر حرارت خود را به وسیله ساطع نمودن اشعه با طول موج بلند

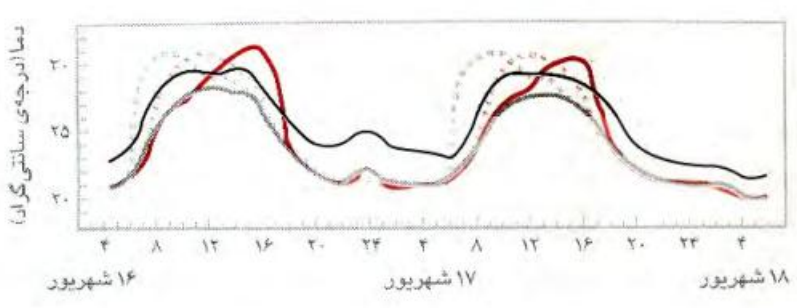
به طرف آسـمان، از دسـت داده ؛ اما پس از طلوع آفتاب دمای سـطوح خارجی دیوارها به نسـبتی که تابش مسـتقیم آفتاب و انعکاس آن از سطوح دیگر را دریافت و جذب می نمایند بالا می رود. با تابش آفتاب مقدار حرارت جذب شده در سطحی با رنگ روشن کم بوده و تاثیر درجه حرارت هوای پیرامون آن سـطح در تعیین دمای آن بیشـتر اسـت در حالی که تاثیر تابش آفتاب در حرارت تولید شـده در سطحی خارجی با رنگ تیره بسیار بیشتر از تاثیر درجه حرارت هوای پیرامون آن سطح است.

کسـمایی به آزمایش اشـاره می کند که در آن درجه حرارت سطح خارجی یک دیوار سبک[15]، بررسی شـده اسـت. آزمایش اول یه بررسی سطح خارجی دیواری به رنگ خاکستری می پردازد که در جهت های مختلف جغرافیایی قرار داده شـده اسـت و آزمایش دوم به بررسی سطح خارجی دیواری به رنگ سـفید می پردازد. در هر دو آزمایش، دمای سـطح این دیوارها در سـاعت‌های مختلف روز اندازه‌گیری شده و منحنی تغییرات آن‌ها به صورت نمودار نشان داده شده است.



نمودار (۲-۱) دمای سطح دیوارهای خاکستری رنگ در جهات مختلف. منبع: (کسمایی، ۱۳۷۸)

[15] Lightweight curtain wall



نمودار (۲-۲) دمای سطح دیوارهای سفید رنگ در جهات مختلف. منبع: (کسمایی، ۱۳۷۸)

مقـایســـه این دو نمودار نشـــان می دهـد که بین رنگ و جهت‌گیری ســـطوح از نظر دریافت انرژی خورشـیدی رابطه متقابل و زیادی وجود دارد. آزمایشـی که دیوارخاکسـتری رنگ را بررسـی می کرد نشـان داد بین دمای سطح دیوارهایی که در جهت‌های مختلف قرار دارند، اختلاف تا حدود ۲۳ درجه سانتی گراد وجود دارد ولی اگر سطح دیوارها به رنگ سفید باشد این اختلاف کمتر از ۳ درجه سانتی گراد خواهد بود. نتیجه این دو آزمایش نشـان دهنده تاثیر مهم رنگ ســطوح خارجی در جهت‌گیری های مختلف سـاختمان اسـت نتیجه دیگر آن که اسـتفاده از رنگ های مختلف در سـطوح خارجی دیوارهـای یک ســاختمان، اثرات حرارتی مختلف تابش آفتاب در فضـــاهای داخلی را به دنبال دارد. خصـوصـیات جذب و دفع انرژی خورشیدی رنگ‌های مختلف منجر به اختلاف دمای سطح دیوارها در این دو آزمایش شـده اسـت. رنگ‌های روشـن ممکن اسـت تا ۹۰ درصـد انرژی خورشیدی را منعکس کنند. در حالی که ویژگی انعکاس رنگ‌های تیره فقط ۱۵ درصـد یا کمتر اسـت. جدول ضـریب جذب انرژی حرارتی خورشید در رنگ‌های مختلف نشان داده شده است(کسمایی، ۱۳۷۸).

جدول (۲-۱) ضریب جذب انرژی حرارتی خورشید در رنگ‌های مختلف

نوع رنگ	درصد جذب حرارت
سفید	۱۰-۱۵
سفید روغنی	۲۰-۳۰
سفید مرمری	۴۰-۵۰
خاکستری متوسط	۶۰-۷۰
آجر، بتن	۷۰-۷۵
سیاه براق	۸۰-۸۵
سیاه مات	۹۰-۹۵

۲-۷-۲ رابطه ضخامت و رنگ سطوح خارجی دیوار

تاثیر ضـخامت دیوار وقتی رنگ سطوح خارجی دیوارها تیره باشد، مشاهده می شود به این صورت که حداکثر درجه حرارت هوای داخلی ساختمان با افزایش ضخامت دیوارها، کاهش میابد؛ اما هنگامی که سطوح خارجی سفید رنگ هستند، چون تقریبا تمام پرتوهای خورشید از سطح دیوار منعکس می‌شود و تنها مقدار کمی از درجه حرارت جذب دیوار می‌شـود، ضخامت دیوار تاثیر زیادی در کنترل حداکثر درجه حرارت هوای داخلی ســاختمان ندارد. ولی در هر دو حالت، با افزایش ضــخامت دیوارها حداقل درجه حرارت هوای داخلی ســاختمان ها افزایش می یابد و رنگ سطح خارجی تاثیری در این افزایش دما ندارد. محاسبات و بررسی های نظری دلیل این اتفاق را این گونه توجیح می کنند که میزان نوسان درجه حرارت هوای داخلی یک ســاختمان با تغییر ضــخامت دیوارهای آن تغییر می‌کند و در نتیجه با

افزایش ضـخامت دیوارهای یک سـاختمان، حداکثر درجه حرارت هوای داخلی کاهش و حداقل درجه حرارت آن افزایش می یابد.

با توجه به نکات گفته شده می توان با استفاده از انتخاب مناسب رنگ جداره خارجی از تاثیر ضخامت دیوار در کنترل حرارت کم کرد و در نتیجه به صـرفه اقتصـادی ناشـی از کاهش ضخامت دیوار کمک کرد.

همچنین انتقال حرارت از دیوارها و شرایط تهویه طبیعی دو عاملی هستند که وضعیت گرمایی داخلی ساختمانی که هوای خارج در آن جریان دارد، به آن ها بستگی دارد. در صورتی که رنگ سطح خارجی این دیوارها روشـن باشد، ضخامت دیوار تحت تاثیر تهویه طبیعی قرار می گیرد ولی ساختمان هایی با سـطح خارجی دیوارهای تیره رنگ باشـد، انتقال حرارت از دیوارها به هوای داخلی سـاختمان تا حد زیادی ممکن می سـازند و در نتیجه ضـخامت دیوار در کنترل شـرایط حرارتی هوای داخلی اهمیت فراوانی خواهد یافت.

۲-۷-۳ رابطه مقاومت حرارتی دیوارها و رنگ آنها

در سـاختمان های فاقد تاسـیسـات مکانیکی خنک کننده، افزایش مقاومت حرارتی مصـالح دیوارهای خارجی و سـقف در فصـل تابستان، باعث می شود عبور حرارت از سطوح خارجی به داخل در روز و از سطوح داخلی به خارج در شب کاهش یابد.

همان طور که گفته شـد رنگ سـطح خارجی دیوارهای یک سـاختمان، تاثیر زیادی در مقدار حرارت جذب شـده در دیوار و در نتیجه، وضعیت حرارتی هوای داخلی آن دارد. سطوح خارجی دیوار به رنگ تیره باشد، به شدت گرم تر از هوای اطرافشان می شوند و سطح داخلی آن نیز در اثر انتقال حرارت از دیوار گرم می شود. در این حالت افزایش مقاومت حرارتی دیوار موثر است و باعث کاهش عبور حرارت به داخل می شود. به طور کلی این کار باعث می شود درجه حرارت هوای داخلی ساختمان پایین نگه داشـته شود ولی تاثیر مقاومت حرارتی اگر سطح خارجی دیوارهای یک ساختمان سفید باشد، به ویژه

در مناطقی که دامنه نوسـان درجه حرارت هوا کم اسـت، نسـبت به قبل کاملا متفاوت خواهد بود. در این حالت نزدیک بودن دمای سـطوح خارجی به دمای هوای اطراف باعث می شـود حرارت به میزان بسـیار اندکی از میان جداره های خارجی سـاختمان عبور کند. در نتیجه وضعیت حرارتی هوای داخل در این شـرایط بسـتگی چندانی به مقاومت حرارتی دیوارها و سـقف سـاختمان ندارد. در این صـورت تاثیرگذاری مقاومت حرارتی بیشـتر در بالا بردن حداقل دمای روزانه هوای داخلی آن خواهد تا پایین آوردن حداکثر دمای آن(کسمایی، ۱۳۷۸).

۲-۷-۴ تاثیر رنگ سطح خارجی بام

بیشـترین میزان نوسـان دمای هوا و تابش آفتاب معمولا مختص سطح خارجی بام می باشد. البته نوع بام و رنگ سـطح خارجی آن تاثیر زیادی در میزان این نوسـان دارد. رنگ سـطح خارجی بام عوامل مختلفی را تحت تاثیر قرار می دهد که از جمله آن ها میزان انرژی خورشـیدی جذب شـده در بام در طول روز، میزان انرژی دفع شـده از طریق ساطع کردن پرتو با طول موج بلند هنگام شب و در نتیجه الگوی تغییر دمای سطح خارجی بام، همچنین مقدار تبادل حرارتی بین هوای داخل و خارج از طریق بام است.

به گفته گیونی اگر بام سـاختمانی فاقد عایق حرارتی باشـد و هوای داخلی آن به وسیله دستگاه های مکانیکی کنترل شـود، رنگ سطح خارجی بام عامل اصلی تعیین کننده بار سرمایی نسبت به مساحت بام اسـت. در سـایر سـاختمان ها ننیز الگوی تغییرات دمای سـقف تحت تاثیر رنگ سطح خارجی بام اسـت. البته مقاومت و ظرفیت حرارتی مصالح بام عوامل مهمی هستند که در دمای سقف به نیز تاثیر گذار هستند. با افزایش ضخامت، مقاومت و ظرفیت حرارتی مصالح بام، اختلاف بین حداکثر دمای بام که متاثر از رنگ های متفاوت در سطح خارجی است، کاهش می یابد. کسمایی دمای هوای زیر سقف بام های مسطح توپر را تحت تاثیر رنگ سطح خارجی آن ها بیان می کند.

انـدازه گیری دمـای ســـطح داخلی این بام ها انجام و این نتیجه در رابطه با رنگ های مختلف بام به دسـت آمده که سطح داخلی بام خاکستری از هوای روی بام گرم تر می شود. این مسئله نشان دهنده آن اسـت که در این وضـعیت، حرارت از بام به هوای داخل ساختمان منتقل می شود. از طرفی سقف سـاختمانی که رنگ سـطح خارجی بام آن سـفید براق اسـت، در بیشتر ساعات روز دمایی پایین تر از دمای هوای خارج دارد و در چنین شـرایطی حرارت از هوای داخل اتاق به بام منتقل می شـود؛ یعنی در این حالت، بام نقش خنک کنندگی هوای داخل سـاختمان را بر عهده دارد. این موضـوع ناشـی از پایین بودن دمای سطح خارجی یک بام سفید رنگ نسبت به هوای خارج است.

تاثیر رنگ سـطح خارجی لایه بیرونی بام های دو لایه در دمای سـقف تا حدودی با بام های سـنگین یکپارچه متفاوت است. به دلیل نازک بودن لایه بیرونی این نوع بام ها، دمای سطح زیرین آن به دمای سطح خارجی بسیار نزدیک است. البته میزان آن به رنگ سطح خارجی بام بستگی دارد ولی در اینجا کاهش تاثیر رنگ سطح خارجی در تعیین دمای هوای داخلی ساختمان به دلیل هوای بین بام و سقف اســـت کـه مانند عایق حرارتی عمل می کند. مقدار این کاهش به شـــرایط تهویه هوای بین دو لایه بستگی دارد. آزمایشی در رابطه با ساختمانی با یک بام دو لایه که لایه داخلی آن از ورق های پلاستر و لایه خارجی آن از ورق سـیمانی تشـکیل شـده نشـان می دهد که سفید کردن سطح خارجی باعث کاهش دمای روزانه سقف در حدود ۳ درجه سانتی گراد می شود.

اثرات حرارتی بام سبک هنگام روز، کاملا به رنگ سطح خارجی آن بستگی دارد. بام های سبکی که از یک لایه تشـکیل شـده اند به دلیل عدم وجود لایه زیرین در این نوع بام ها، هوای زیر بام کاملا تحت تاثیر نوسان دمای سطح زیرین بام قرار دارد. البته تهویه فضای داخلی نیز در شرایط هوای داخل موثر است.

اگر سطح خارجی بام یک لایه ای سفید باشد، از گرم شدن بام هنگام روز در اثر تابش آفتاب جلوگیری می کند ولی مانع خنک شدن بام هنگام شب از طریق ساطع کردن پرتویی با طول موج بلند به طرف

آسمان نمی شود. در این صورت در هنگام روز دمای هوای داخلی به ندرت بیشتر از هوای خارجی می شـود و حتی ممکن اسـت خنک تر از آن نیز بشود؛ در حالی که، حداقل دمای هوای داخل به حداقل دمای هوای خارج در هنگام شـب نزدیک می شود و ممکن است به مقداری پایین تر از آن نیز برسد؛ بنابراین میانگین دمای هوای داخلی ممکن اسـت تا حد زیادی پایین تر از میانگین دمای هوای خارج شود. در مناطق گرم بهتر است سطح خارجی بام به رنگ سفید باقی بماند.

اگر سطح خارجی بام به رنگ تیره باشد، سطح زیرین آن حدود ۳۰ درجه سانتی گراد گرم تر از هوای خارج می شـود و این گرما به صورت تابش به هوای داخل ساختمان و ساکنین آن انتقال می یابد؛ در نتیجه شـرایط داخلی ناراحت کننده ای به وجود می آید. هنگام شب به ویژه وقتی آسمان صاف است دمای سطح زیرین این گونه بام ها نسبت به بام های دو جداره سنگین یا سبک تا حدود زیادی کاهش می یابد. این کاهش دما ممکن اسـت باعث ناراحتی سـاکنین این نوع سـاختمان ها و ایجاد تعریق در داخل سـاختمان شـود. این تعریق ممکن اسـت در فصل زمستان و تابستان هر دو باعث زنگ زدگی و فرسودگی سریع بام های فلزی شود(کسمایی، ۱۳۷۸)

۲-۷-۵ مصالح ساختمانی

مواد و مصـالح از جمله عناصـری از ساختمان هستند که این روزها در راستای اهداف مختلف از جمله مسـائل زیبایی شناسی شهری، اقتصادی، زیست محیطی، مسائل مربوط به بهره وری انرژی و ... مورد توجه زیادی قرار گرفته اند تا آن‌جا که صـنعت سـاختمان اروپا در راسـتای تحقق برنامه توسعه پایدار ۲۰۲۰ تمرکز بخش مهمی از خطوط تحقیقاتی خود را در زمینه ساخت و ساز و مصالح ساختمانی قرار داده اسـت. این مصـالح شـامل عایق‌های حرارتی، مصـالح برای کاهش بار سرمایشی، مصالح با قابلیت استفاده مجدد، مصالح با تکنولوژی نانو و ... است(Pacheco-Torgal, 2014).

۲-۷-۵-۱ انتخاب مصالح ساختمانی در مناطق گرم

با توجه به اینکه شهر تهران در تقسیم بندی اقلیمی جزو مناطق نیمه بیابانی که زیر شاخه اقلیم گرم و خشـک است محسوب می شود در این قسمت به نکات لازم برای انتخاب مصالح ساختمانی در اقلیم گرم می پردازیم.

حداکثر دمای روزانه هوا و دامنه نوسـان آن، مهم ترین عوامل تعیین کننده ویژگی مصـالح ساختمانی مناسب برای مناطق گرم است. مقدار پرتو خورشید جذب شده در دیوار نیز از عوامل مهم دیگری است که به رنگ سطح خارجی دیوار و جهت قرارگیری آن بستگی دارد. مهم ترین ویژگی مصالح ساختمانی به مقاومت حرارتی (R) و ظرفیت حرارتی (Q) آن بســتگی داردکه معمولا به شــکل ضــریب (QR) مشخص می شود.

۲-۷-۵-۱-۱ مقاومت حرارتی

مقاومت حرارتی دیوار در واقع مقاومتی است که آن دیوار در برابر انتقال حرارت از یک طرف به طرف دیگرش ایجاد می کند؛ بنابراین نوسان دمای سطح داخلی دیوارهای یک ساختمان تا حد زیادی تحت تاثیر مقاومت حرارتی مصالح آن دیوارها است. به مقداری که ضریب رسانش حرارتی (برعکس مقاومت حرارتی) مصالح یک دیوار بیشتر باشد، مقاومت حرارتی آن دیوار کمتر است.

تعدیل انتقال حرارت از ســطح خارجی به ســطح داخلی یکی دیگر از تاثیرهای مقاومت حرارتی دیوار است. البته به حداکثر دمای سطح خارجی دیوار تاثیر مهمی در این میزان انتقال حرارت دارد که خود تابع دمای هوا و مقدار پرتو خورشـید جذب شـده در دیوار اسـت. ۲۵ درجه سانتی گراد میزان دمایی است که در دماهای بالاتر از آن برای کاهش انتقال حرارت به داخل به مقاومت حرارتی نیاز است.

تاثیر افزایش این دو دما، دمای سطح و دمای هوا، یکسان نیست. با توجه به این که دوره نوسان دمای هوا ۲۴ سـاعت اسـت، ولی مدت زمان تاثیر تابش آفتاب بر دیوار ها بسیار کمتر است (حدود ۶ ساعت

در تابستان) تاثیر افزایش دمای سطوح ناشی از تابش آفتاب، در شرایط حرارتی هوای داخلی ساختمان کمتر از تـاثیری اســـت کـه همـان مقدار افزایش دمای هوای خارج در شـــرایط حرارتی هوای داخل دارد(کسمایی، ۱۳۷۸).

طبق نظر نصراللهی در رابطه با ساختمان های اداری، اگر چه افزایش مقاومت حرارتی پوسته در برخی شرایط نیاز به انرژی سرمایشی را افزایش می دهد، ولی هرچه مقاومت حرارتی پوسته ساختمان اداری نسـل جدید بیشـتر باشـد، مجموع نیاز به انرژی گرمایشـی و سرمایشی کاهش می یابد. علاوه بر این افزایش مقاومت پوسـته ساختمان های اداری در اقلیم منطقه شهر تهران، کاهش نیاز به انرژی اولیه و کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن توسط ساختمان ها را به دنبال دارد(نصراللهی، ۱۳۹۳).

۲-۷-۵-۱-۲ ظرفیت حرارتی

یکی از خصـوصـیات ظرفیت حرارتی مصـالح دیوارهای سـاختمان، نقش موثر آن ها در تعدیل نوسان دمای هوای داخلی آن اسـت که به افزایش دمای سـطوح خارجی در اثر تابش آفتاب مربوط می شود دارد. بنابرین عواملی که با مقدار ظرفیت حرارتی مصـــالح دیوارها ارتباط دارد بیشـــتر افزایش دمای سطوح ناشی از تابش آفتاب و دامنه نوسان هوا است تا حداکثر دمای هوا. با بیشتر شدن دامنه نوسان دمای هوای خارج، نقش ظرفیت حرارتی مصـــالح دیوارها در تعدیل دمای هوای داخلی ســـاختمان پر رنگ تر خواهد شد.

کمبود یا نقص ظرفیت حرارتی را می توان تا حدی با مقاومت حرارتی جبران کرد و برعکس. ولی تاثیر و نســبت اهمیت هر یک از این دو عامل بر اســاس تامین آســایش فیزیکی افراد داخل ســاختمان در مناطق گوناگون متفاوت است. به طور کلی می توان گفت در مناطق مرطوب به دلی دامنه نوسان کم هوا ، مقاومت حرارتی و در مناطق خشـک که به دلیل دامنه نوسـان زیاد هوا ، ظرفیت حرارتی مصالح اهمیت بیشتری می یابد(کسمایی، ۱۳۷۸). ضخامت و فشردگی مصالح نقش مهمی در ظرفیت حرارتی دیوارها دارد به این صورت که در فصل زمستان یا در مناطق سرد که دمای هوای خارج کمتر از دمای

هوای گرم شـده داخل سـاختمان اسـت، ظرفیت حرارتی مصـالح ساختمان هر چند تاثیری در جهت حرکـت حرارت میـانگین دمـای هوا نـدارند، اما دامنه نوســـان دمای داخلی را کاهش می دهند و در تابسـتان یا در مناطق گرم که سـطوح خارجی سـاختمان هنگام روز گرم تر و هنگام شـب سـرد تر از هوای داخلی اسـت. ظرفیت حرارتی علاوه بر اینکه در کاهش تبادل حرارت هوا داخلی و خارجی موثر است، در جهت حرکت حرارت نیز تاثیر می گذارد(حیدری، ۱۳۹۳).

دیوارهای ترکیبی شـامل یک لایه عایق نزدیک به سطح خارجی و یک لایه مصالح سنگین در قسمت داخلی بهترین نوع دیوار در مناطق گرم، است. با حفاظت کردن یک لایه مصالح ساختمانی سنگین به وسیله لایه ای از عایق حرارتی که با یک لایه ضد رطوبتی با رنگ سطح خارجی روشن پوشیده شده ، میزان جذب انرژی خورشـیدی در سطح خارجی دیوار و انتقال آن از سطح خارجی به سطح داخلی به وسـیله عایق به حداقل میزان ممکن می رسـد و فقط میزان بسیار کمی حرارت در لایه داخلی جذب می شود(کسمایی، ۱۳۷۸).

۲-۷-۵-۲ خصوصیت جذب و انعکاس مصالح

هنگامی که انرژی خورشیدی بر جسمی می تابد، بخشی از انرژی جذب می شود و بخش دیگری از آن انعکاس می یابد و ممکن اسـت بخشـی نیز از جسـم عبور کند. در قوانین مربوط به جابه‌جایی انرژی علامت اختصـاری جذب α، انعکاس ρ و انتقال τ اسـت و روش بیان آن ها با کسـرهای دسیمتری یا درصد است و جمع هر سه این سه مودر باید همواره مساوی با یک باشد.

$$\alpha + \rho + \tau = ۱$$

مقادیر τ،ρ، α از زاویه شعاع نور خورشید نسبت به سطح بنا تبعیت می کند. زمانی که خواص مواد گوناگون را در رابطه با نور خورشید نسبت به هم مقایسه می‌کنیم، باید از یکسان بودن مقادیر داده شده در شرایط آزمایشگاهی اطمینان حاصل کنیم.

جذب انرژی خورشید توسط سطح خارجی ساختمان باعث بالاتر رفتن دمای آن چندین درجه از دمای اطراف می شـود. مقدار افزایش جذب انرژی خورشـید بسـتگی به شـدت تابش، رنگ ساختمان، اثرات خنک کننده بادی که بر ساختمان می‌وزد و کاهش حرارتی که در اثر تابش ساختمان به محیط خنک اطراف صورت می‌گیرد دارد.

۲-۷-۵-۲-۱ استاندارد ۱۲-۹۰۳ ASTM E، روش آزمایش برای اندازه گیری ضریب جذب، انعکاس و انتقال مصالح

این اسـتاندارد روش آزمایش، آزمونی اسـت که با اسـتفاده از یک طیف سنج مجهز به کره های جمع کننده طیف های مختلف- فرابنفش، مرئی و مادون قرمز برای اندازه گیری ضـــریب جذب، انعکاس و انتقال مصـالح - می باشـد. این استاندارد برای مصالح با پوشش های نوری، مصالح ناهمگن، بافت دار، طرح دار و موج دار قابل اجرا می باشد و نیازمند ملاحظات خاص است.

در این اسـتاندارد طیف بازتاب با عبور در محدوده طیفی از تقریبا ۳۰۰ nm تا ۲۵۰۰ nm به وسـیله طیف سـنج اندازه گیری می شود. ضریب جذب، انعکاس یا عبور با استاندارد یا طیف تابش خورشیدی و با محاسبه متوسط وزنی انتخاب می شود. محاسبه موارد گفته شده به عنوان تابع وزنی چه به وسیله محاسبه مستقیم انتگرال های پیچیده یا به روش مختصات وزن یافته یا انتخاب شده انجام می شود.

عملکرد تمام سیستم های انرژی خورشیدی اعم از سیستم های منفعل متصل به گیرنده های مرکزی سـیسـتم های انرژی وابسته به ضریب جذب انرژی خورشیدی، انعکاس و عبور است. این استاندارد به عنوان ابزاری برای تعیین این متوسـط متغیرها در شـرایط ثابت به کار می رود که در طول استفاده از سیستم در منطقه معتدل با آن مواجه می شوند. این روش آزمون داده های تجدیدپذیر مناسب جهت مقایسه نتایج آزمایشگاهی بدست آمده برای مصالح مختلف را ارائه می کند. همچنین این روش آزمون برای انواع مصالح اعم از مصالح صیقلی با خصوصیات انعکاس نوری پراکنده و مستقیم و مصالح با بافت

ناهمگن، طرح دار، راه راه یا زبری سـطوح ناشـی از فرایند شـیمیایی یا فیزیکی مورد استفاده قرار می گیرد.

اندازه نمونه های مورد اندازه گیری وابسـته به ابعاد این کره های جمع کننده است و هیچ محدودیتی در حداکثر بعد از دیدگاه استاندارد ندارد(مرئی، ۱۳۹۳).

۲-۷-۵-۳ تابش آفتاب بر انواع دیوار

ویژگی مصـالح به کار رفته در دیوارهای خارجی ساختمان در حرارت داخلی آن موثر اسـت. تامین آسـایش سـاکنین رابطه زیادی با نوع مصـالح به کار رفته در آن دارد، به خصـوص وقتی کنترل هوای داخلی ساختمان توسط سیستم های مکانیکی صورت نپذیرد؛ بنابراین توجه به نوع ساختمان و شرایط اقلیمی، در هنگام انخاب مصالح ساختمانی مناسب ضروری است.

هوای آزاد و سطوح خارجی ساختمان ها در زمان قبل از طلوع آفتاب، در سردترین موقعیت خود قرار دارند. ولی پس از طلوع آفتاب، هوا کم کم گرم می شود و هنگام بعد از ظهر یعنی ساعت ۲ تا ۴ دمای هوا بـه حداکثر میزان ممکن خود می رسـد. فاصـله مکان مورد نظر با دریا تا حد زیادی میزان این افزایش دما را تعیین می کنید. این افزایش دمای خارج دلیل گرم شدن سطح خارجی دیوارهای جانبی سـاختمان است. این تاثیر در تمام جبهه های ساختمان یکسان است و جهت دیوارها تاثیری در مقدار حرارت دریافت شـده در این حالت ندارد. هم زمان با این افزایش دمای دیوار، آفتاب نیز به صـورت مسـتقیم، پراکنده و منعکس شـده از سـطوح اطراف به ساختمان می تابد. قسمتی از پرتوی تابیده به دیوار در اثر برخورد به سـطح آن انعکاس می یابد. مقدار پرتویی که در دیوار جذب می شـود باعث گرم‌تر شـدن آن می‌شـود. در این حالت، جهت دیوارها در مقدار تابش دریافت شده و در نتیجه مقدار حرارت ایجاد شـده در آن‌ها کاملا موثر اسـت. به همین دلیل اسـت که دیوارهای جهات مختلف و بام سـاختمان، تحت تاثیر تابش آفتاب، دمای متفاوتی دارند. دیوارهای سـاختمان در طول روز یک دوره گرم و سرد شدن را طی می‌کنند. البته سطوح داخلی و خارجی دامنه نوسان گرم و سرد شدن متفاوتی

دارند. نوسـان دما در سـطوح خارجی نسبت به سطوح داخلی همیشه بیشتر است و سطوح داخلی نیز مدتی پس از سطوح خارجی به حداکثر و حداقل دمای خود می‌رسند. با فرض ثابت بودن شرایط هوای خـارج، ظرفیـت و مقاومت حرارتی مصـــالح دیوارهای خارجی نقش مهمی در حداکثر و حداقل دمای سـطوح داخلی و نسـبت نوسـان دمای سطوح داخلی به سطوح خارجی دارد. با بیشتر شدن ظرفیت و مقاومت حرارتی یک دیوار، نوســـان دمای ســـطح داخلی کاهش می یابد و زمان به حداقل و حداکثر رسـیدن دمای سـطوح داخلی نسـبت به هوای خارجی بیشـتر به تاخیر می‌افتد. کاهش نوسـان درجه حرارت سـطوح داخلی یک ساختمان نسبت به سطوح خارجی آن با مقاومت حرارتی مصالح دیوارهای آن متناسـب اسـت ولی تاخیر در به حداکثر و حداقل رسـیدن دمای سـطوح داخلی نسبت به سطوح خارجی به ظرفیت حرارتی مصالح دیوار بستگی دارد(کسمایی، ۱۳۷۸).

۲-۷-۵-۴ مصالح سرد

برای معرفی مصـالحی که به عنوان مصـالح سـرد شـناخته می شـوند ابتدا نیاز اسـت که با یک سری مفاهیم آشنا شویم.

۲-۷-۵-۴-۱ آلبیدو[16] یا بازتابش خورشیدی (ρ_e)[17]

آلبیدو یک کلمه لاتین به معنی ضریب سفیدی است و به معنی توانایی سطح یک ماده در انعکاس نور خورشید (شامل طول موج های مرئی، فروسرخ و فرابنفش). مقدار آن بین صفر تا یک متغیر است. مقدار صفر نشان می دهد که سطح، کل تابش را جذب می کند و مقدار یک نشان دهنده آن است که سطح، کل تابش را بازتاب می کند.

[16] Albedo
[17] Solar reflectivity

۲-۷-۵-۴-۲ گسیل حرارتی مادون قرمز[18] (ε، همچنین به صورت IE نمایش داده می شود)

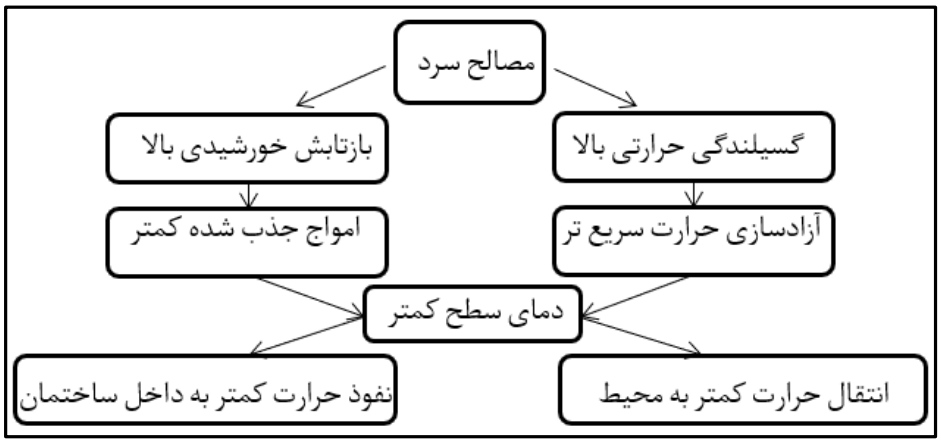
میزان توانایی سطح برای آزاد کردن حرارت جذب شده با طول موج بلند است. مقدار آن بین صفر تا یک (صفر تا ۱۰۰ درصد) متغیر است. گسیلندگی نسبت تابش گسیل شده از یک سطح به تابش گسیل شده از جسم سیاه کامل در همان دما است.

۲-۷-۵-۴-۳ شاخص بازتاب خورشیدی[19]

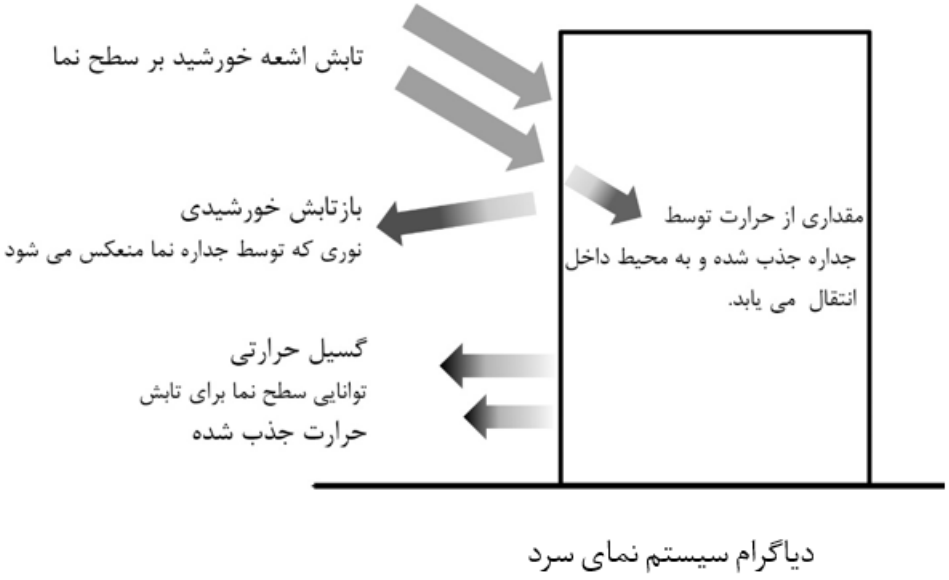
شاخص بازتاب خورشیدی توانایی یک سطح در ممانعت از دریافت های خورشیدی به عنوان یک عملکرد ترکیبی توسط دو ویژگی بازتابش خورشیدی و گسیلندگی است.SRI برای یک جسم سیاه استاندارد (ε۰.۹۰, ρe ۰.۰۵) صفر و برای یک جسم سفید استاندارد (ε۰.۹۰, ρe ۰.۸)، صد تعریف می شود.

مصالح سرد[20] را می توان به عنوان مصالحی با انعکاس خورشیدی بالا (سفید و رنگ های روشن) یا با بازتاب خورشیدی بالاتر از مصالح سنتی با همان رنگ (رنگ سرد) تعریف کرد. مصالح سرد همچنین با گسیلندگی حرارتی بالا شناخته می شوند. مصالح با گسیلندگی حرارتی پایین فقط در مواردی که بازتابش خورشیدی بالا باشد رفتار خنک از خود نشان می دهند(Kolokotsa, Santamouris, & Akbari, 2013).

[18] thermal infrared emissivity
[19] Solar Reflectance Index (SRI)
[20] Cool materials



دیاگرام (۲-۱) خصوصیات مصالح سرد. منبع: (Kolokotsa, Santamouris, & Akbari, 2013)



دیاگرام (۲-۲) سیستم نمای سرد. منبع: نگارنده

یک مسـئله مهم که از تعاریف فوق حاصـل می شود این است که واکنش مصالح بستگی به بازتاب آن ها در کل محدوده خورشـیدی بین ۲۰۰ و ۲۵۰ نانومتر دارد و باید به این موضـوع دقت کرد که رنگ مصـــالح فقط در محدوده ۳۸۰ تا ۷۸۰ نانومتر تعریف می شـــود. با در نظر گرفتن توزیع طیف تابش

خورشـیدی که در استاندارد ISO 9050 تعریف شده است می توان مشاهده کرد که تنها ۵۳ درصد از تابش خورشـید در محدوده قابل رؤیت، بخش کوچکی از آن (۲ درصـد) در محدودهUV و ۴۵ درصد باقیمانده در محدوده مادون قرمز قرار دارد. این بدان معنی اسـت که رنگ نقش قابل توجهی در رفتار خنک مصالح ساختمانی بازی می کند، اما به دلیل میزان قابل توجهی اشعه مادون قرمز، عملکرد باید در **کل محدوده نور** خورشید محاسبه شود.

توجه به این نکته مهم اسـت که در کنار بازتابش خورشیدی و گسیلندگی به عنوان ویژگی های اصلی مصالح سطح، پارامتر دیگری به نام شاخص بازتاب خورشیدی به طور گسترده برای مصالح خنک وجود دارد.

موضوع مهم این است که مصالح بازتابنده بار سرمایشی در تابستان را کاهش می دهند و در مقابل بار گرمایشـی زمستان را افزایش می دهند؛ بنابراین این مهم است که توانایی های تکنولوژی را با در نظر گرفتن سود و زیان آن در طول سال ارزیابی کنیم.

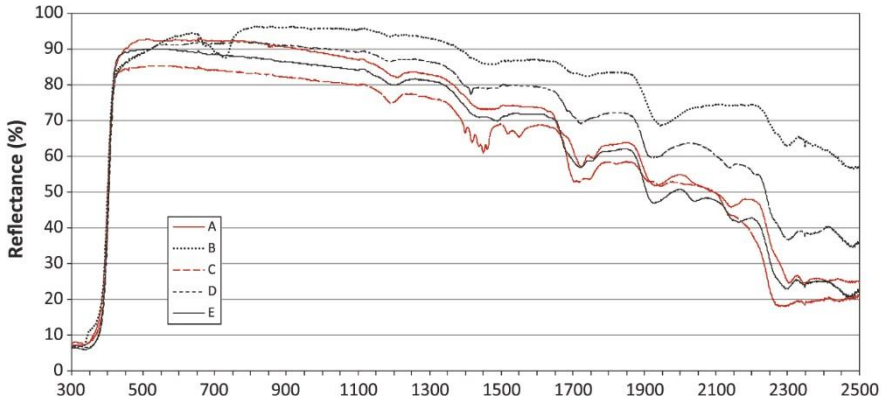
اسـتفاده از مصالح خنک در نمای ساختمان ها عملا کمتر از سقف ها موثر است. پرتو افکنی خورشید در سـطح افق بیشـتر از سـطح عمودی اسـت. با این حال این تکنولوژی می تواند برای کاهش دمای شـهری، افزایش آسـایش حرارتی داخل سـاختمان و کاهش بار سـرمایشی محدوده نزدیک ساختمان مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۷-۵-۵ مصالح خنک برای مصارف ساختمانی

تمرکز عمدتا روی محصـولات سـقف است؛ با این حال، کاربردهایی برای ساختن نما ها، دستگاه های حفاظت از خورشید و ماشین آلات تهویه مطبوع در معرض هوا وجود دارد.

۲-۷-۵-۶ مصالح سفید و با رنگ های روشن

رنگ سـفید بالاترین درجه انعکاس در میان رنگ ها را دارا اسـت ولی توجه به این نکته لازم است که رنگ مربوط به محدوده طیف مرئی اسـت. زبری مواد، یکی دیگر از پارامترهایی اسـت که می تواند بر روی بـازتاب اثر بگذارد. به دلایل فوق، همه مواد با رنگ سـفید از نظر عملکرد خنک کننده پاسـخ مشابهی ندارند.



نمودار (۲-۳) انعکاس طیفی مصالح سفید. منبع: (Zinzi, 2016)

شکل بالا منحنی طیفی چندین محصول سفید (رنگ اکریلیک، آب رنگ، غشا، لعاب) را نشان می دهد و تفاوت در محدوده ۲۵۰۰ تا ۷۸۰ تا nm دیده می شود. بازتاب خورشیدی بهترین محصولات تجاری کمی بیش از ۹۰٪ است؛ بازتاب خورشیدی یک کاشی سرامیکی در اندازه گیری آزمایشگاهی به ۹۴٪ رسید. بازتاب خورشیدی تا ۷۰٪ برای کاشی های سفید با رنگ پوششی اندازه گیری می شود، بازتابش خورشیدی برای پوشش های آسفالت سفالی ۴۵٪ به دست آمده. این نکته قابل ذکر است که بازتابش خورشیدی لزوما وابسته به یک مصالح مشخص نیست اما به شدت به روند طراحی و بهینه سازی برای یک محصول خاص مرتبط است.

بازتابش خورشـیدی مصالح در طول چرخه عمر آن ها کاهش می یابد. به طور کلی انتظار می رود که یک محصـول سفید در طی سه سال اول زندگی خود، کاهش ۰.۱۵-۰.۲۵ بازتاب خورشیدی را تجربه کند.

۲-۷-۵-۷ مصالح با رنگ سرد[21]

استفاده از محصولات بازتابنده نور در بسیاری از موارد امکان پذیر نیست، بنابراین مصالح با رنگ سفید و رنگ های روشــن، معمولا برای یکپارچگی معماری و مشــکلات احتمالی ناشــی از ایجاد خیرگی نور نمی توانند مورد استفاده قرار بگیرند. امکان استفاده از مصالح سرد رنگی که بازتابش خورشیدی بالاتر از مصالح مرسوم با همان رنگ را دارند وجود دارد. یک نمونه از مصالح رنگی خنک در مقایسه با مصالح سنتی با همان رنگ در شکل زیر نشان داده شده است.

شکل (۲-۳) مقایسه ظاهر مصالح سرد رنگی (ردیف پایین) با مصالح سنتی (ردیف بالا). منبع:

(zinzi,2016)

جدول زیر مقادیر بازتاب خورشـیدی به دست آمده برای مجموعه ای از رنگ های با استفاده از مصالح معمولی و مصــالح با رنگ ســرد نشــان می دهد. همان طور که انتظار می رفت نمونه مشــکی بهترین عملکرد را از خود نشــان داد. در رنگ های روشــن تر افزایش انعکاس خورشیدی کمتری شاهد بودیم.

[21] Cool colored materials

در مقادیر مطلق، افزایش بازتابی خورشـیدی کمتر از ۰.۱ برای رنگ های روشـن و تا ۰.۲۲ برای رنگ های تیره است.

Sample	ρ_e cool (−)	ρ_e conv. (−)	$\Delta\rho_e$ (−)	$\Delta\rho_e$ (%)
Orange	0.63	0.53	0.1	19
Light blue	0.42	0.4	0.02	5
Blue	0.33	0.18	0.15	83
Green	0.27	0.2	0.07	35
Anthracite	0.26	0.07	0.19	271
Brown	0.27	0.09	0.18	200
Black	0.27	0.05	0.22	440

شکل (۲-۴) مقایسه انعکاس خورشیدی پوشش های سنتی و سرد. منبع:(zinzi, 2016)

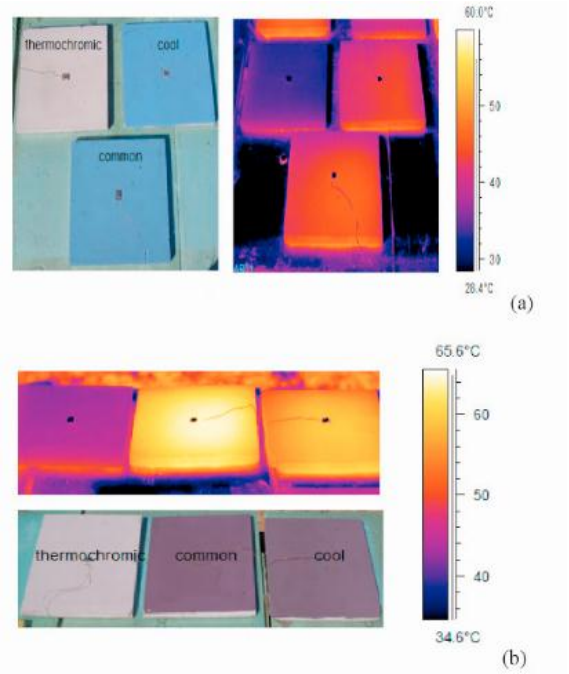
۲-۷-۵-۸ مصالح پیشرفته

راه حل های نوآورانه برای مصـالح سـاختمانی سـرد چندین سـال است که به راه انداخته شده است و تکنولوژی ها و استراتژی های مختلفی را جهت دهی می کند.

مصـالح ترموکرومیک رنگ خود را تغییر می دهند و در نتیجه با بالا رفتن درجه حرارت مصالح، پاسخ نوری خود را می دهند. این تغییر برگشت پذیر است به این معنی که به محض اینکه دما به اندازه زیر مقدار تعیین شـده رسد مصالح به رنگ اصلی خود بر میگردند. تکنولوژی پایه بر اساس سه جزء اصلی است: رنگ سابق، رنگ ساز (معمولا اسید ضعیف که سبب تغییر رنگ و شدت رنگ محصول نهایی می شود) و حلال. این اجزا تعیین کننده مقدار تغییر رنگ و دمای ذوب (تعویض آن) است. رنگ دانه های ترموکرومیک در نهایت با اضـافه کردن دی اکسـید تیتانیم[۲۲] به صورت پوشش های سفید متعارف در می آیند(Zinzi, 2016).

[22] Tio2

در پژوهشی که کارلسی و سانتاماریس[۲۳] انجام دادند دمای سطح نمونه دارای پوشش ترموکرومیک در مقایسه با نمونه با پوشش بازتابنده (سرد) معمولی با همان رنگ کمتر بود. مشاهده شد وقتی دما بالا می رود و به ۳۰ درجه می رسد پوشش ترموکرومیک به رنگ سفید در می آید.



شکل (۲-۵) دمای سطح پوشش های ترموکرومیک در مقایسه با پوشش های عادی و سرد. منبع:

(Karlessi & Santamouris, 2013)

تصویر بالا نتیجه آزمایشی است که کارلسی و سانتاماریس انجام داده اند و نشان دهنده آن است که پوشش های ترموکرومیک در مقایسه با پوشش های عادی و پوشش های سرد دمای پایین تری دارند(Karlessi & Santamouris, 2013).

[23] Karlessi & Santamouris

۲-۸ فرم ساختمان و اقلیم

این یک قانونی عمومی است که فقط انواع و گونه هایی می توانند به حیات خود ادامه دهند که توانایی مطابقت دادن خودبا محیط باشـــند، با مصـــالح بافت خود هماهنگ شـــوند و با تمام نیروهای داخلی و خارجی که با آن روبه رو هستند سازگاری پیدا کنند.

نه تنها حیوانات بلکه گیاهان نیز زندگی خود را با محیط و شـــرایط حرارتی آن وفق می دهند. مطالعه شـکل گونه های گیاهی در مناطق اقلیمی متفاوت بیانگر این اسـت که بین شکل گیاهان و ساختمان های آن مناطق، شـباهتی وجود دارد. دلیل این اسـت که عوامل موثر در شکل دادن به گیاه در شکل گیری محیط انسان نیز تاثیر دارد.

شـــکل ســـاختمان نیز می تواند تقش مهمی در ایجاد هماهنگی بین ســـاختمان و شـــرایط اقلیمی و همچنین در تعدیل انتقال شـرایط بحرانی هوای خارج به داخل سـاختمان داشـته باشـد. توجه به این نکته حائز اهمیت است که بهترین فرم ساختمان، فرمی است که کمترین مقدار حرارت را در زمستان از دست بدهد و در تابستان نیز، کمترین مقدار حرارت را از دریافت کند(کسمایی، ۱۳۷۸).

۲-۹ بررسی جهت گیری بهینه پوسته ساختمان

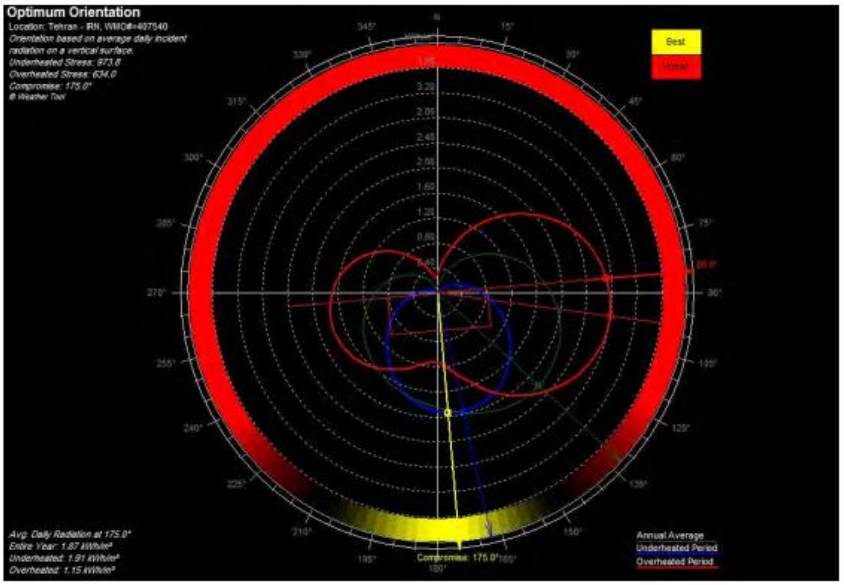
عـوامـلـی چـون وضـــع طـبـیـعـی زمـیـن، میزان نیـاز بـه فضـــاهـای خصـــوصـــی، کنترل و کاهش صدا و دو عامل باد و تابش آفتاب نقش مهمی در انتخاب جهت استقرار ساختمان دارد.

همانطور که فصل های مختلف سال به دلیل تغییر محور زمین نسبت به خورشید از یکدیگر متمایزند، مقدار انرژی خورشـیدی تابیده شده به دیوارهای ساخنمان در ساعت های مختلف متاثر از جهت یک سـاختمان اسـت. دیوارهای جنوبی در فصل زمستان در عرض جغرافیایی ٤٠ درجه شمالی، حدود سه برابر دیوارهای شـرقی یا غربی انرژی خورشیدی دریافت می کنند. این در حالی که در تابستان مقدار کل انرژی تابیده شده به دیوارهای جنوبی و شمالی تقریبا نصف انرژی تابیده شده به دیوارهای شرقی و غربی می باشـد. این اختلاف در عرض های جغرافیایی کمتر، بیشـتر اسـت و به همین دلیل جهت

استقرار ساختمان در تامین شرایط ناراحت کننده یا شرایط آسایش فضاهای داخلی نقش تعیین کننده ای دارد.

برخی بررسی ها نشان داده است که جهت بهینه برای دریافت تابش خورشید در شهر تهران ۲۰ درجه جنوب شرقی است (طاهباز،۱۳۶۱). تصویر زیر این جهت گیری را نشان می دهد.

شـــفیعی بـا کمـک نرم افزار اکوتکـت بهترین جهت گیری را با توجه به اطلاعات آب و هوایی تهران، ایستگاه مهرآباد محاسبه کرده و نتیجه زیر حاصل شده است.



شکل (۲-۶) جهت گیری بهینه حاصل از تحلیل با نرم افزار اکوتکت. منبع: (شفیعی،۱۳۹۲)

بر اســاس این تصــویر بهترین زاویه جهت گیری ۵ درجه جنوب شــرقی و بدترین آن ۵ درجه شــمال شــرقی محســوب می شود. با افزایش زاویه از ۴۵ درجه جنوب شرقی به طرف شرق، محدوده خارج از سطح آسایش دمایی افزایش می یابد.

۲-۹-۱ جهت گیری و رنگ ساختمان

گیونی معتقد اســت که خصوصیات طرح و نوع ساختمان تعیین کننده میزان تاثیر جهت ساختمان در شــرایط گرمایی هوای داخلی آن ساختمان است. برای توضیح بیشتر این مطلب می توان ساختمانی را

در نظر گرفـت که دارای اتاق هایی در جهات مختلف، دیوارهایی با مقاومت حرارتی متوســـط تا زیاد، سـطوح خارجی سـفید و پنجره هایی مجهز به سـایه بان های موثر بوده و در مجموعه ای که سطوح خارجی تمام سـاختمان های آن سفید است قرار دارد. در این شرایط حتی دیوارهایی که در سایه قرار دارند مقدار زیادی اشـعه خورشـیدی که از سـطوح اطراف منعکس می شوند دریافت می کنند؛ اما به دلیل کم بودن قدرت جذب انرژی خورشـــیدی رنگ ســـفید، دمای ســـطوح خارجی دیوارهای جهات مختلف بـه دمای هوای خارج بســـیار نزدیک بوده و جهت دیوارها تاثیر اندکی در تعیین دمای آن ها خواهـد داشـــت. این تـاثیر اندک را نیز می توان با عایق کردن دیوارها از بین برده و در نتیجه دمای سطوح داخلی دیوارهای جهات مختلف ساختمان را یکسان نمود(کسمایی، ۱۳۷۸).

۲-۱۰ سایه در ساختمان

سـایه اندازی راهکاری ساده است تا از تابش آفتاب قبل از اینکه پرتو به فضای داخلی ساختمان برسد ممانعت شود. بیشترین میزان نیاز به سرمایش از طریق سایه اندازی کاهش می یابد و از طریق کاهش دریافت تابش از طریق ساختمان ساختمان را به طرز محسوسی خنک می کند. به این ترتیب عملکرد انرژی ساختمان به طرز قابل ملاحظه ای بهبود خواهد یافت و شاهد کاهش ۱۰ تا ۴۰ درصدی مصرف انرژی خواهیم بود(Kamal, 2011).

۲-۱۰-۱ نقش سایه در طراحی سایت

از عوامل مهم بهره‌گیری مناسـب از گرمایش، سـرمایش و نورگیری طبیعی اندازه، شکل و جهت‌گیری مناسب ساختمان‌ها می‌باشند. قدم اول در احداث مجموعه های مسکونی، شهرک‌ها و نوشهرها طراحی درسـت مسـیرهای ارتباطی اسـت. جهت‌گیری اغلب بناهای موجود در ایران به صورت شمالی-جنوبی می باشـــد که این موضـــوع نقش به ســـزایی در بهره‌گیری از تابش آفتاب زمســـتانی و جلوگیری از تابش‌های ناخواسته شرقی و غربی تابستانی دارد.

عدم رعایت فاصله مناسب بین ساختمان‌ها در راستای شمالی-جنوبی، موجب ایجاد سایه ناخواسته ساختمان جنوبی بر روی ساختمان شمالی می‌شود. (کسمایی، ۱۳۷۸)

۲-۱۰-۲ سایه بان

ساختمان در اثر جذب گرما از منابع داخلی و از منابع خارجی نیاز به جبران و انرژی سرمایشی دارد. سایه بان ها میزان جذب انرژی تابشی خورشید را که از مهم ترین منابع جذب حرارت در ساختمان است کاهش می دهند و به این ترتیب نقش مهمی در کاهش نیاز به انرژی سرمایشی در اقلیم های گرم ایفا می کنند(نصراللهی، ۱۳۹۳).

۲-۱۰-۳ خودسایه اندازی

مفهوم خودسایه‌اندازی در طراحی معماری، به معنای استفاده از راهکارهایی برای ایجاد سایه روی سطوح پیرامونی ساختمان در طول فصل گرم و خنک‌سازی فضای داخل ساختمان و پایین آوردن میزان انرژی مصرفی برای خنک ساختن داخل ساختمان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی هست. نکته قابل‌توجه این است که در این روش بالعکس این امکان نیز فراهم است. به این صورت که سطوح فضای داخلی بیشترین میزان دریافت تابش آفتاب را در دوره سرد سال داشته باشند (تنکابنی، ۱۳۹۴) .

خودسایه اندازی می تواند به نحوه های گوناگون در ساختمان بروز پیدا کند. فرم های مختلفی از ساختمان ها وجود دارند که خودسایه اندازی دارند (شکل ۲-۷و۲-۸). خودسایه اندازی حتی می تواند به کمک چینش مصالح نما به نحوی که روی سطح زیرین سایه ایجاد کند اعمال شود.

شکل (۲-۷) سیتی هال لندن. منبع:www.artofthestate.co.uk

شکل (۲-۸) بانک مرکزی اسرائیل. منبع:www.ariehsharon.org

۲-۱۱ جمع بندی فصل دوم

این فصـل ابتدا به مباحث کلی حوزه انرژی و صرفه جویی در آن پرداخت. با توجه به اهمیت خورشید به عنوان یکی از مهم ترین منابع انرژی تجدید پذیر در ایران، در ادامه به مفاهیم خورشـیدی پرداخته شد. با توجه به موضوع پژوهش که در یک جنبه خود به خصوصیات انعکاسی نما می پردازد، سعی شد به مفاهیم مرتبط با آن در حوزه کیفیت سطح مورد تابش در همه زمینه ها شامل تاثیر رنگ، ضخامت، مقاومت حرارتی، مصـالح سـاختمانی و ... پرداخته شـود. در حوزه مصالح ساختمانی، به مبحث مصالح سـاختمانی سـرد که امروزه بسـیار مطرح شده و در حوزه این پژوهش نیز می باشد اشاره شد. در این بین نقش عوامل مهم دیگر در طراحی اقلیمی شامل جهت گیری و فرم ساختمان عنوان شد. در مرحله

بعدی سـعی شـد به جنبه دیگر پژوهش که همان خودسـایه اندازی است پرداخته شود. برای این کار ابتدا مقدماتی در رابطه با سـایه و سایه اندازی مطرح و سپس مفهوم خودسایه اندازی تبیین شد. حال که مفاهیم پیش نیاز برای انجام پژوهش مطرح شـد و ابعاد مختلف آن بررسـی شـد در فصل سوم به روش رهیافت خود برای نزدیک شدن به اهداف پژوهش می پردازیم.

فصل سوم

۳ روش شناسی پژوهش

۳-۱ مقدمه

پژوهش حاضر معطوف به دو حوزه در جهت کاهش بار سرمایشی ساختمان و بهره وری مصرف انرژی می باشـد. حوزه اول به مطالعه ساختمان های خودسایه انداز می پردازد و سعی دارد مطالعات صورت گرفته در این حوزه را در شـــهر تهران در قالب یکی از فرم های خودســـایه انداز (هرم معکوس ناقص) اعتبار ســنجی کند. حوزه دوم معطوف به مشـخصـات انعکاسـی مواد و مصالح نمای ساختمان است و سعی دارد تاثیر آن را در بهره وری انرژی در ساختمان های شهر تهران بررسی کند.

لازمه دســتیابی به هر هدف مهمی در وهله اول شــناخت است. به این منظور شناخت عرصه پژوهش یعنی شهر تهران به عنوان اولین قدم در دستور کار قرار گرفت. در جهت رهیافت به این مهم مشاهدات میدانی در کنار مطالعات کتابخانه ای و مصـاحبه با افراد متخصـص انجام شـد. آشـنایی با مشـخصات اقلیمی شـهر تهران و مصـالح رایج سـاختمانی نما در این شـهر در حوزه شـناخت عرصه پژوهش قرار گرفت.

روش تحقیق حاضـر بر مبنای مقایسـه می باشـد به این صورت که ابتدا یک ساختمان عمودی و خود سایه انداز با مشخصات مشابه از نظر مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه می شوند. مقایسه بعدی در حوزه مشخصات انعکاسی مصالح نما خواهد بود. در این پژوهش سعی شده اثر سایه در عملکرد آلبیدوی نما در جهت کاهش مصـرف انرژی سنجیده شود. برای این کار ابتدا اثر مشخصات انعکاسی مصالح نما در چند ساختمان خود سایه انداز و سپس در ساختمان عمودی دارای سایه بان افقی جنوبی بررسی شده است.

مدل سازی ساختمان ها توسط نرم افزار رویت ۲۰۱۹ و آنالیز انرژی توسط پلاگین اینسایت ۳۶۰ انجام شد.

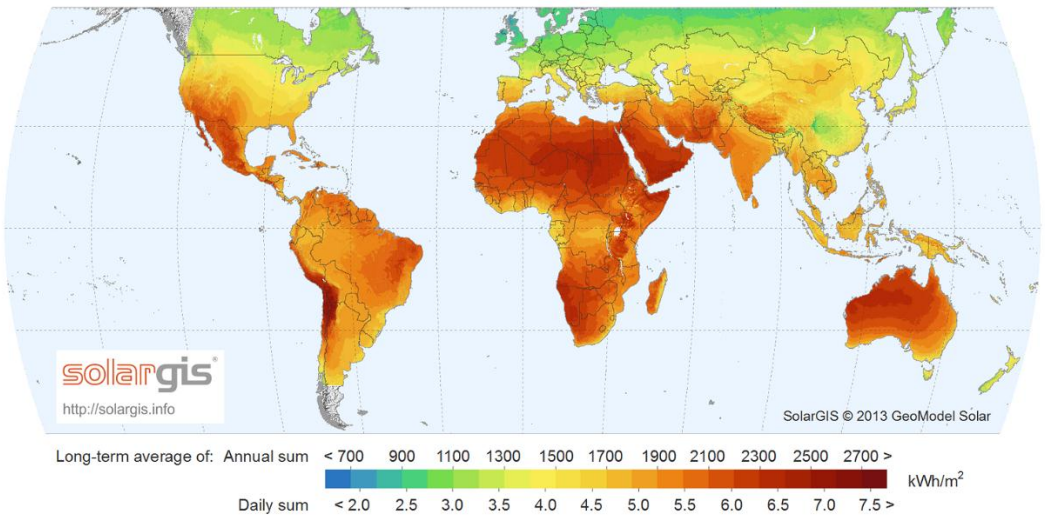
۳-۲ شناخت عرصه پژوهش

لازمه شناخت عرصه پژوهش در جهت ارائه راهکارهای بهره وری انرژی در وهله اول شناخت مشخصات اقلیمی منطقه اسـت. متاسفانه مسائل اقلیمی در معماری و شهرسازی گذشته ما جهت طراحی شهرها و سـاختمان های جدید با وجود تکنولوژی مدرن و تاسـیسات مکانیکی در حال فراموش شدن است و در فصـل گرم، به جز اتاق های بسته و زیر کولرهای برقی در سایر قسمت های این شهر مدرن شرایط آسایش برای زیستن فراهم نمی باشد(قبادیان، ۱۳۹۰).

۳-۲-۱ موقعیت جغرافیایی ایران

یکی از عوامل مهم در شرایط اقلیمی هر محل موقعیت آن بر روی کره زمین و یا به عبارت دیگر عرض جغرافیایی آن محل اسـت. ایران بین مدار ۲۵ درجه و ۴۰ درجه عرض شـمالی جغرافیایی قرار گرفته است.

میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۷۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلو وات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شـده است که بالاتر از میزان متوسط جهانی می باشد و در ایران به طور متوسط سالانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی وجود دارد.



شکل(۳-۱) نقشه جهان برای تابش خورشید.منبع:solargis.info.com

۳-۲-۲ پهنه بندی اقلیمی ایران

کشور ایران از چند پهنه اقلیمی مختلف تشکیل شده است. روش های زیادی برای طبقه بندی اقلیمی وجود دارد؛ اما ویلادیمیر کوپن[۲۴] پذیرفته شده ترین آنها است. بر طبق دسته بندی اقلیمی کوپن، ایران به ۴ منطقه اقلیمی مختلف قابل تقسیم است که شامل موارد زیر اند:

۱. سرد

۲. معتدل و مرطوب

۳. گرم و مرطوب

۴. گرم و خشک

شکل (۳-۲) پهنه بندی اقلیمی ایران (ماخذ: سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور، ۱۳۹۲)

[24] Wladimir Koppen

۳-۲-۲-۱ پهنه اقلیمی گرم و خشک

پهنه مورد مطالعه در این پژوهش در اقلیم گرم و خشک ایران قرار دارد. بر طبق نمودار زیست اقلیمی اولگی، این پهنه دارای زمستان های سرد و تابستان های گرم و خشک است.

۳-۲-۲-۲ خصوصیات اقلیمی شهر تهران

تهران در حد فاصـل منطقه کوهستانی و دشت قرار دارد. سه عامل در اقلیم تهران نقش مؤثری دارد. رشته کوه البرز، بادهای مرطوب غربی و وسعت استان. آب و هوای تهران متأثر از کوهستان در شمال و دشت در جنوب است. غیر از شمال تهران که تحت تأثیر کوهستان آب و هوای آن تا حدی معتدل و مرطوب اسـت، آب و هوای بقیه شـهر کلا **گرم و خشک** و در زمستان‌ها اندکی سرد است. رشته کوه البرز همچون سـدی به نحو مؤثری از نفوذ بسـیاری از توده‌های هوا جلوگیری می‌کند در نتیجه باعث شده‌است که هوای شهر از از یک سو خشک‌تر و از سوی دیگر از آرامش نسبی برخوردار باشد.

۳-۲-۲-۳ مصالح رایج ساختمانی نما در شهر تهران

۳-۲-۲-۳-۱ روش شناسی

۳-۲-۲-۳-۱-۱ جامعه آماری

"جامعه آماری شـامل گروهی از افرادی اسـت که دارای یک یا چند صـفت مشـترک هسـتند که این صفات مورد توجه محقق می باشد. جامعه ممکن است همه افراد یک نوع خاص و یا عده محدودتری از همان گروه را در بر گیرد"(جان بست، ۱۳۷۹).

در پژوهش حاضر جامعه آماری عبارت از همه ساختمان های شهر تهران است.

۳-۲-۲-۳-۱-۲ روش نمونه گیری

"نمونه گیری عبارت اســت از انتخاب تعدادی از افراد، حوادث و اشیاء از یک جامعه تعریف شده که به عنوان نماینده آن جامعه می باشد" (دلاور، ۱۳۹۷).

"در تعیین و حجم انـدازه نمونه ی تحقیق، عواملی چون اهداف تحقیق، روش تحقیق، امکانات مالی و زمانی محقق، جامعه آماری و میزان تاثیر پذیری متغیر مسـتقل دخیل اسـت" (نادری و سـیف نراقی، ۱۳۸۵) (فرهادی،۱۳۹۱)

در تحقیق حاضـر با توجه به وسـعت زیاد جامعه آماری و با در نظر گرفتن اهداف تحقیق و محدودیت های مالی و زمانی از نمونه گیری طبقه ای دو مرحله ای تصـادفی استفاده شد. حجم نمونه با استفاده از جدول مورگان ۳۸۰ نمونه در نظر گرفته شـد. روش نمونه گیری به این صـورت اسـت که مناطق تهران به ۱۹ طبقه تقسـیم شد. از هر منطقه یک محله و از هر محله ۲۰ ساختمان به صورت تصادفی انتخاب شد.(عمیدی،۱۳۹۵)

تصـاویر این ساختمان‌ها با کمک گرفتن از متخصصان حوزه مواد و مصالح ساختمانی تحلیل شد، انواع مصـالح به کار رفته در سـاختمان ها شـناسـایی شد و سن هر یک از ساختمان‌ها گردآوری شد. برای بدسـت آوردن اطلاعات و نتایج تکمیلی فاکتور فروش سال ۹۶ یکی از سنگ فروشی های بزرگ شهر تهران مورد بررسـی قرار گرفت. در نهایت ترکیب مصـالح به کار رفته در هر ساختمان و متداول ترین آن‌ها در شهر تهران با بررسی تصاویر ساختمان‌های نمونه شناسایی شد.

۳-۲-۲-۳-۲ تحلیل نمونه‌ها

تحلیل نمونه ها در مرحله اول به شناخت مصالح ساختمان های نمونه و سن آن‌ها میپردازد. در مرحله دوم فراوانی مصـالح به کار رفته در سـاختمان‌ها و سـن سـاختمان‌ها محاسبه می‌شود. مرحله سوم به ارزیابی اختصـاص می یابد و خود شـامل سه بخش تحلیل نوع مصالح ساختمانی، ارتباط نوع مصالح و

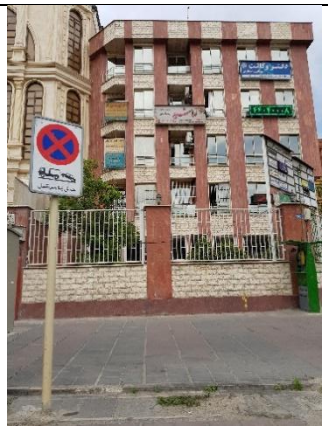
سـن سـاختمان و ترکیب مصـالح مختلف نما می باشد. در این مرحله نتایج حاصل از مرحله ۱ و ۲ به کمک نمودارها و جداول مورد تحلیل و بررسـی قرار می گیرد و اطلاعات بدسـت آمده از تحلیل نمونه ها با اطلاعات بدسـت آمده از فاکتور فروش مصـالح مقایسه و تحلیل می شود. همچنین با بررسی هر یک از سـاختمان های نمونه به یک نتیجه گیری کلی در ارتباط با تیپ بندی متداول ترکیب مصـالح ساختمانی نما در شهر تهران خواهیم رسید.

۳-۲-۲-۳-۲-۱ مرحله اول-شناخت

پوشـش نمای سـاختمان ها یا به صـورت یکدسـت از یک مصـالح و یا به صورت ترکیبی از دو یا چند مصـالح تشکیل شده است. در ارزیابی فراوانی نوع مصالح استفاده شده در نمونه ها مصالح غالب به کار رفته در نمای سـاختمان مد نظر قرار گرفت و از مصـالحی که به مقدار کم، به عنوان مثال در ازاره، به کار رفته بود صرف نظر شد. جدول زیر به منظور نمایش نحوه تحلیل نمونه ها تدوین شده است. برای این منظور ۵ ساختمان از میان نمونه های بررسی شده انتخاب شده است. بقیه نمونه ها نیز به همین ترتیب تحلیل شده است.

جدول (۳-۱) تحلیل ساختمان های نمونه در شهر تهران

نوع مصالح	سن ساختمان	تصویر نمونه
-سـنگ سـمیرم اصفهان از خانواده سنگ مرمریت	۱۵-۱۰ سال	

-سنگ تراورتن بادبر سفید -سنگ تراورتن گردویی اخرایی	۱۵-۱۰ سال	
-ســـنگ چینی الیگودرز از خانواده سنگ مرمریت	۲۰-۱۵ سال	
-سنگ تراورتن سفید -آجر	نوساز	
آلومینیوم	۱۰-۵ سال	

۳-۲-۲-۳-۲-۲ مرحله دوم-محاسبه فراوانی مصالح و سن ساختمان های نمونه

جداول زیر حاوی اطلاعات فراوانی مصـالح و سن ساختمان‌های نمونه ۴ منطقه است. بقیه مناطق نیز به همین ترتیب بررسی شده است.

جدول (۳-۲) مصالح استفاده شده در ساختمان های نمونه، منطقه۱

متریال		تعداد	درصد
تراورتن	تراورتن سفید	۶	۳۳/۳۳
	تراورتن کرم	۲	
	تراورتن طرح چوب (قهوه ای)	۱	
سیمان		۵	۱۸/۵۱
آلومینیوم		۱	۳/۷
شیشه		۱	۳/۷
آجر	آجر روشن	۴	۱۸/۵۱
	آجر قرمز	۱	
آنتیک		۱	۳/۷
گرانیت مشکی		۱	۳/۷
چوب		۱	۳/۷
مرمریت	مرمر	۱	۱۱/۱۱
	سمیرم اصفهان	۲	

جدول (۳-۳) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۱

سن	تعداد	درصد
نوساز	۲	۱۰
۵-۱۰ ساله	۸	۴۰
۱۰-۱۵ ساله	۷	۳۵
۱۵-۲۰ ساله	۳	۱۵
بالای ۲۰ سال	۰	۰

جدول (۳-۴) مصالح استفاده شده در ساختمان های نمونه، منطقه ۱۰

متریال		**تعداد**	**درصد**
تراورتن	تراورتن سفید	۳	۱۷.۸۵
	تراورتن کرم	۲	
	تراورتن مشکی	۱	
	تراورتن شکلاتی	۱	
		۵	
سیمان		۴	۱۴.۲
آلومینیوم		۲	۷.۴
شیشه		۰	۰
بتن		۰	۰
آجر	آجر قرمز	۵	۱۷.۸۵

گرانیت	گرانیت طوسی روشن	۲	۱۰.۰۷
	گرانیت مشکی	۱	
		۳	
چوب		۰	۰
مرمریت	چینی	۴	۱۴.۲

جدول (۳-۵) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۱۰

سن	تعداد	درصد
نوساز	۲	۱۰
۵-۱۰ ساله	۵	۲۵
۱۰-۱۵ ساله	4	۲۰
۱۵-۲۰ ساله	7	۳۵
بالای ۲۰ سال	2	۱۰

جدول (۳-۶) مصالح استفاده شده در ساختمان های نمونه، منطقه ۱

متریال		**تعداد**	**درصد**
تراورتن	تراورتن سفید	۲	۲۵
	تراورتن کرم	۳	
	تراورتن شکلاتی	۱	
		۶	

سیمان		۱	۴.۱
آلومینیوم		۲	۸.۳
شیشه		۲	۸.۳
بتن		۰	۰
آجر	آجر قرمز	۲	۱۶.۶
	آجر روشن	۲	
		۴	
گرانیت	طوسی روشن	۱	۸.۳
	طوسی تیره	۱	
		۲	
چوب		۰	۰
مرمریت	چینی	۵	۲۹.۱
	مرمر	۱	
	سمیرم	۱	
		۷	

جدول(۳-۷) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۱۹

سن	تعداد	درصد
نوساز	۵	۲۵
۵-۱۰ ساله	۵	۲۵

۱۰-۱۵ ساله	۶	۳۰
۱۵-۲۰ ساله	۴	۲۰
بالای ۲۰ سال	۰	۰

جدول (۳-۸) مصالح استفاده شده در ساختمان‌های نمونه، منطقه۲۲

متریال		تعداد	درصد
تراورتن (۱۹)	شکلاتی	۲	۶۳/۳
	کرم	۹	
	سفید	۳	
	زرد	۱	
	مشکی	۱	
	بادبر	۲	
مرمریت (۱)	چینی	۱	۳/۳
گرانیت (۴)	طوسی روشن	۳	۱۳/۳
	طوسی تیره	۱	
آجر (۳)	آجر قرمز	۲	۱۰
	آجر روشن	۱	
چوب (۱)		۱	۳/۳
سیمان (۱)		۱	۳/۳
شیشه (۱)		۱	۳/۳

جدول (۳-۹) سن ساختمان‌های نمونه، منطقه ۲۲

سن	تعداد	درصد
نوساز	۵	۲۵
۵-۱۰ ساله	۶	۳۰
۱۰-۱۵ ساله	۶	۳۰
۱۵-۲۰ ساله	۳	۱۵
بالای ۲۰ سال	۰	۰

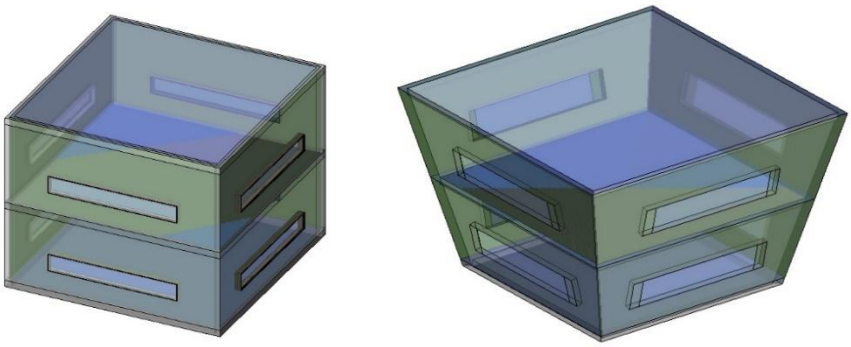
۳-۳ شبیه سازی انرژی

در مقالات و پژوهش ها به دو روش عملکرد انرژی ساختمان های خودسایه انداز بررسی شده است. یکی از طریق بررسی نمونه های ساخته شده موجود مانند ساختمان اورشلیم و ساختمان الماس در مالزی (capeluto,2003) kandar & et all,2016)) و دیگری از طریق مدل سازی یک ساختمان هرم معکوس ناقص به عنوان ساختمان خودسایه انداز و مقایسه مصرف انرژی آن با حالت عمودی همان ساختمان (chan & chow,2014). روش دوم برای رسیدن به هدف، مناسب تر ارزیابی شد. چرا که با توجه به اینکه می توان پارامترهای مشابه بین دو مدل در نظر گرفت، به نظر می رسد هرم معکوس ناقص مناسب ترین نماینده از ساختمان های خودسایه انداز برای شبیه سازی و مقایسه با ساختمان عمودی است.

۳-۳-۱ معرفی مدل های مقایسه

شناخت سنگ تراورتن به عنوان مصالح رایج نما در شهر تهران مبنایی برای اعمال پیش فرض های مدل سازی انرژی در حوزه بررسی عملکرد مشخصات انعکاسی نما قرار گرفت. ابتدا به بررسی تاثیر خودسایه اندازی به عنوان یک ایده برای طراحی فرم در جهت کاهش مصرف انرژی در شهر تهران پرداخته شد.

مقایسه اول مربوط به مصرف انرژی ساختمان عمودی و ساختمان خودسایه انداز با مشخصات مشابه است. ساختمان خود سایه انداز به صورت فرم هرم معکوس ناقص در نظر گرفته شد.

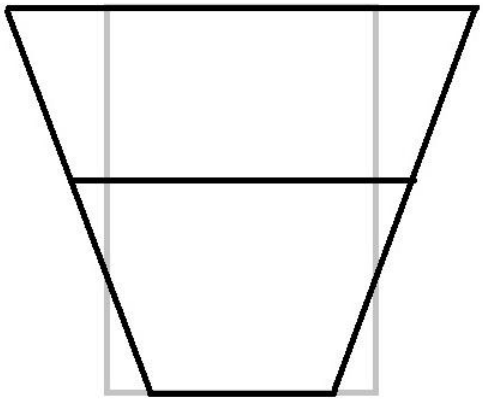


شکل (۳-۳) مدل های انرژی تولید شده در نرم افزار رویت

برای اینکه مقایسه درستی صورت گیرد یک بار حجم هر دو ساختمان، یک بار سطح هر دو ساختمان (مجموع مساحت طبقات) و یک بار مساحت پلان همکف هر دو ساختمان یکسان در نظر گرفته شد. مشخصات این دو ساختمان در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول (۳-۱۰) مشخصات ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت یکسان بودن سطح

تعداد طبقات	۲
ارتفاع	۸ m
مجموع مساحت طبقات	۲۰۰ m^2
درصد نسبت پنجره به دیوار	۳۰
مصالح	پیش فرض نرم افزار درحالت conceptual mass
کاربری	اداری



شکل (۳-۴) ساختمان عمودی و خود سایه انداز در حالت یکسان بودن سطح. تصویر کمرنگ نمایانگر ساختمان عمودی است.

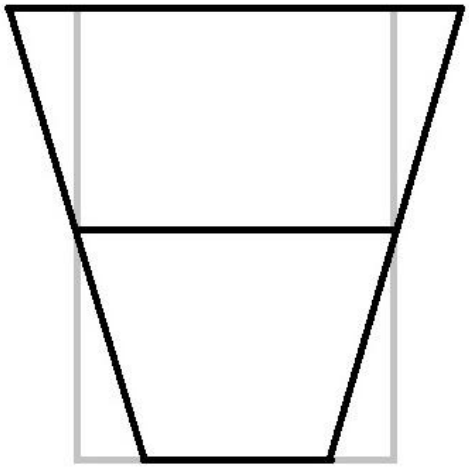
در این حالت مجموع مساحت طبقات یکسان در نظر گرفته شده است. زاویه انحراف دیوار ۱۵ درجه می باشد. تصویر کمرنگ نمایانگر ساختمان عمودی است.

زاویه انحراف دیوار در این حالت با توجه به محدودیت هایی که پیش فرض ها ایجاد کردند انتخاب شد. در واقع با توجه به مجموع مساحت در نظر گرفته شده برای طبقات، در صورتی که زاویه انحراف دیوارها بیشتر در نظر گرفته می شد سطح طبقه همکف به قدری کوچک می شد که از نظر عملکردی پاسخگو نبود و اگر زاویه انحراف کمتر در نظر گرفته می شد، سایه ای که ساختمان روی خودش می انداخت بسیار ناچیز می شد.

جدول(۳-۱۱)مشخصات ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت یکسان بودن حجم

تعداد طبقات	۲
ارتفاع	۸m
حجم	۸۰۰ m^3
درصد نسبت پنجره به دیوار	۳۰
مصالح	پیش فرض نرم افزار درحالت conceptual mass

کاربری	اداری

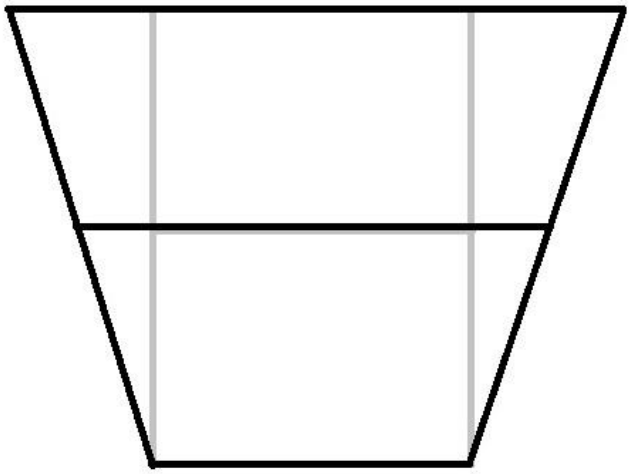


شکل (۳-۵) ساختمان عمودی و ساختمان خود سایه انداز در حالت یکسان بودن حجم

تصویر کمرنگ نمایانگر ساختمان عمودی است. در این حالت حجم ساختمان عمودی و ساختمان خودسایه انداز یکسان در نظرگرفته شده است.

جدول(۳-۱۲)مشخصات ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت یکسان بودن مساحت طبقه همکف

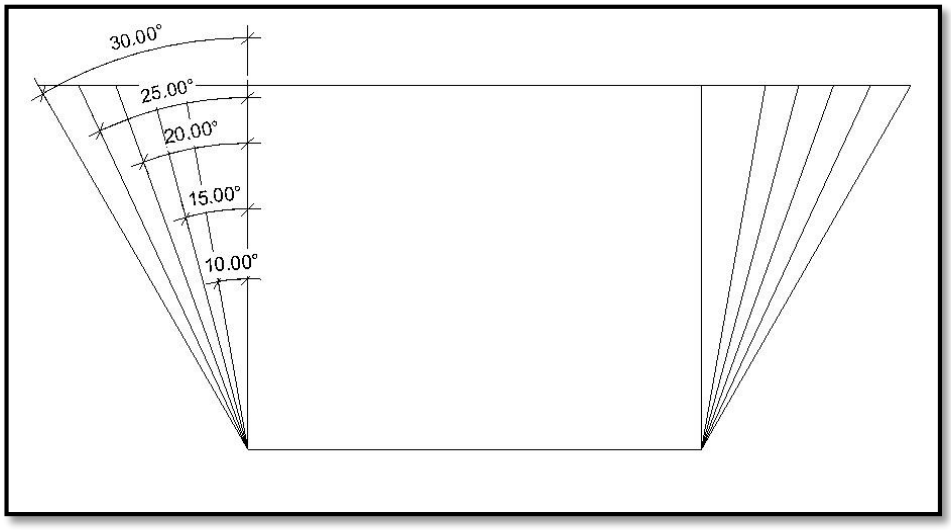
تعداد طبقات	۲
ارتفاع	۸m
مساحت طبقه همکف	۱۰۰
نسبت پنجره به دیوار	۳۰
مصالح	پیش فرض نرم افزار درحالت conceptual mass
کاربری	اداری



شکل (۳-۶) ساختمان عمودی و ساختمان خود سایه انداز در حالت یکسان بودن مساحت طبقه همکف

تصویر کمرنگ نمایانگر ساختمان عمودی است. در این حالت سطح طبقه همکف هر دو مدل یکسان فرض شده و زاویه انحراف دیوار ۱۵ درجه در نظر گرفته شده است.

برای سنجیدن اثر خود سایه اندازی، ساختمان های هرم معکوس ناقص با زاویه شیب ۱۰ درجه، ۱۵ درجه، ۲۰ درجه، ۲۵ درجه، ۳۰ درجه و با همان مساحت پلان توسط نرم افزار رویت مدل شد و به کمک پلاگین اینسایت ۳۶۰ آنالیز انرژی شد.



شکل (۳-۷) دیاگرام مدل های عمودی و خود سایه انداز با یکسان در نظر گرفتن پلان همکف

مرحله بعد به بررسی تاثیر مشخصات انعکاسی مصالح نما بر ساختمان خود سایه انداز و ساختمان عمودی به تفکیک می پردازد. مصالح رایج ساختمان های شهر تهران برای شبیه سازی استفاده شد. مصالح تشکیل دهنده دیوار در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول (۳-۱۳) پیش فرض در نظر گرفته شده برای مصالح دیوار

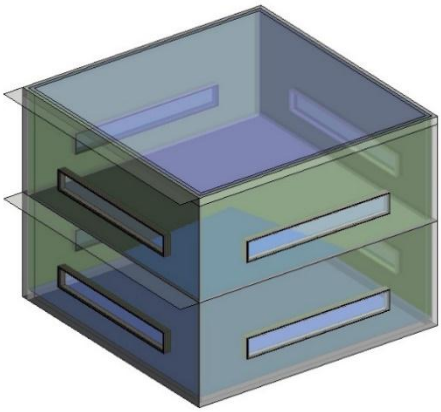
سنگ تراورتن	۲cm
ملات ماسه سیمان	۳cm
بلوک سفالی	۲۰cm
ملات گچ و خاک	۳cm

برای بررسی تاثیر مشخصات انعکاسی سنگ تراورتن مقایسه دو نوع تیره و روشن این نوع از سنگ انجام شد. طبق پژوهش الکاپار[۲۵] و همکاران (Alchapar, Correa, & Cantón, 2014) ضریب انعکاس (آلبیدو) نوعی از تراورتن سفید ۰.۸ و تراورتن طوسی تیره۰.۲ می باشد.

برای بررسی تاثیر مشخصات انعکاسی پوسته خارجی بر بهره وری مصرف انرژی ساختمان مصالح سقف و کف و دیوارها و نوع پنجره ها در تمامی مدل ها یکسان در نظر گرفته شد. سقف و کف، دال بتنی و سقف نهایی دارای ۵ سانتی متر عایق حرارتی هستند و پنجره ها از نوع تک جداره می باشند.

در مرحله سوم برای یافتن تاثیر سایه در عملکرد مشخصات انعکاسی نمای ساختمان در کاهش مصرف انرژی، یک ساختمان عمودی با سایه بان افقی جنوبی با دو مصالح مختلف نما از نظر مشخصات انعکاسی بررسی می شود. عمق سایه بان با توجه به مقررات ملی ساختمان ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. تمام مشخصات این مدل مشابه مدل عمودی است که پیشتر ذکر شد.

[25] **Noelia Alchapar**



شکل (۳-۸) مدل انرژی ساختمان دارای سایه بان جنوبی، ساخته شده توسط نرم افزار رویت ۲۰۱۹

۳-۳-۲ اعتبار سنجی

یکی از مراحل تحقیق(مرحله مقایسه دو ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت ثابت بودن سطح طبقه همکف) به منظور اطمینان و اعتبار سنجی، دوباره توسط نرم افزار شبیه ساز انرژی دیزاین بیلدر مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت.

۳-۳-۳ معرفی اینسایت ۳۶۰

اینسایت ۳۶۰ با رویت و فرملت کار می کند. مزایای استفاده از آن دستیابی به آنالیزهای مختلف در مراحل اولیه طراحی است. به عنوان مثال می توان تاثیر استفاده از عایق، شیشه چند جداره، چرخش ساختمان و ... را در همان مراحل اولیه طراحی فهمید.

آنالیز انرژی چیست؟

معنی و مفهوم این موضوع از دیدگاه معماری بسیار مهم است. بر اساس مطالعه پرکینز و ویل در سال ۲۰۱۴ که برای انجمن آمریکا برای اقتصاد کارآمد انرژی، WBEA(آنالیز کل انرژی ساختمان) عبارت

اســت از: فرآیند تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی ساختمان با محاسبه اینکه چگونه ادغام فرم، سیستم و پوسته ساختمان تحت شرایط محیطی عمل می کند.

به عبارت ســاده، آنالیز انرژی از دیدگاه معماری، یک مقایســه ســناریوی پایه از مدل های ســاختمان، مقایســه فاکتورهایی مانند جهت گیری ســاختمان، مشــخصــات پوسته ساختمان، درصد جداره شفاف ساختمان و مصالح و سیستم های اساسی است. ابزار اینسایت ۳۶۰ سرنخ هایی را برای بهترین سناریو در این راستا ارائه می دهد.

Insight 360 توانایی معماران و تیم طراحی را قادر به دســـترســـی متمرکز به داده های عملکردی و موتورهای پیشــرفته تحلیل انرژی می کند. از طریق ادغام قوی با Revit و FormIt 360 و دســترســی مستقیم به راهنمایی ها و توصیه های موتورهای شبیه سازی قابل اعتماد و معیارهای صنعت، معماران می توانند با درک عناصــری که منجر به بهبود نتایج ســاخت و ســاز در کل چرخه عمر ساختمان می شــوند، به روند طراحی دســت یابند. Insight 360 بسیاری از جریان های موجود در حال حاضر مانند محدوده هزینه انرژی، تجزیه و تحلیل روشنایی، تجزیه و تحلیل خورشیدی را یکپارچه می سازد و ابر EnergyPlus علاوه بر گســترش قابلیت های فعلی این ابزار یک رویکرد جامع برای عملکرد ساختمان ایجاد می کند.

اولین ورژن اینســایت ۳۶۰ از انرژی پلاس فقط برای محاسبه بار سرمایش گرمایش استفاده می کرد و از DOE2 که یک موتور انرژی ســریع تر ولی کم جزئیات تر اســت برای شــبیه سازی های طولانی تر سالانه استفاده می کرد. اتودسک این رویکرد را به این دلیل انتخاب کرد که انرژی پلاس شبیه سازی های ســالانه را به اندازه کافی ســریع اجرا نمی کرد. ورژن جدید اینســایت با ســرعت بالا در آنالیز که محصــول مشــترک تیم توســعه و تولید انرژی پلاس و مهندســان اتودســک بود فعال شد(منبع: سایت اتودسک).

فصل چهارم

۴ تحلیل یافته ها

۴-۱ مقدمه

شناخت صورت گرفته در فصل قبلی مربوط به بررسی ساختمان های شهر تهران و مصالح متداول می تواند قدم مهمی در راستای تحقیقات بعدی در جنبه های مختلف باشد. با توجه به این که نتایج ارائه شده در این فصل برای شهر تهران می باشد در این پژوهش بر مبنای مشاهدات میدانی و تحلیل های صورت گرفته سنگ تراورتن به عنوان مصالح نما برای انجام شبیه سازی های انرژی در نظر گرفته شد و تحلیل های مربوط به فرم نیز مختص شرایط آب و هوایی شهر تهران می باشد. برای این منظور، ابتدا داده های ورودی به نرم افزار تبیین و سپس نتیجه آنالیز ها با نمودارها و جداول نشان داده می شود و پیرامون آنها بحث می شود. تحلیل های انجام شده بر مبنای مقایسه می باشد.

پس از تحلیل نتایج حاصل از مشاهدات میدانی، موارد بررسی شده در این فصل شامل چهار بخش است. ابتدا به مقایسه مصرف انرژی ساختمان عمودی و ساختمان خودسایه انداز با مشخصات مشابه پرداخته می شود. برای دریافت نتیجه جامع در رابطه با این موضوع، شبیه سازی در سه حالت ثابت بودن سطح (مجموع مساحت طبقات)، ثابت بودن حجم و ثابت بودن سطح طبقه همکف انجام می گیرد. به دلیل چشم گیر بودن نتایج در حالت ثابت بودن سطح طبقه همکف، برای دریافت اطلاعات بیشتر، این آنالیز در رابطه با ساختمان های خودسایه انداز دیگری با همان سطح طبقه همکف و با زوایای مختلف انحراف دیوار صورت می گیرد.

مرحله دوم، به بررسی تاثیر مشخصات انعکاسی مصالح نما بر ساختمان خود سایه انداز و ساختمان عمودی به تفکیک می پردازد. در مرحله سوم برای اطمینان از نتایج قبلی و یافتن تاثیر سایه در عملکرد مشخصات انعکاسی نمای ساختمان در کاهش مصرف انرژی، یک ساختمان عمودی با سایه بان افقی جنوبی با دو مصالح مختلف نما از نظر مشخصات انعکاسی بررسی می شود.

۴-۲ بررسی و تحلیل نتایج حاصل از مشاهدات میدانی

موارد بررسی شده در این قسمت به سه حوزه شناخت انواع مصالح ساختمانی، رابطه بین انواع مصالح ساختمانی و سن آن ها و ترکیب مصالح می پردازد.

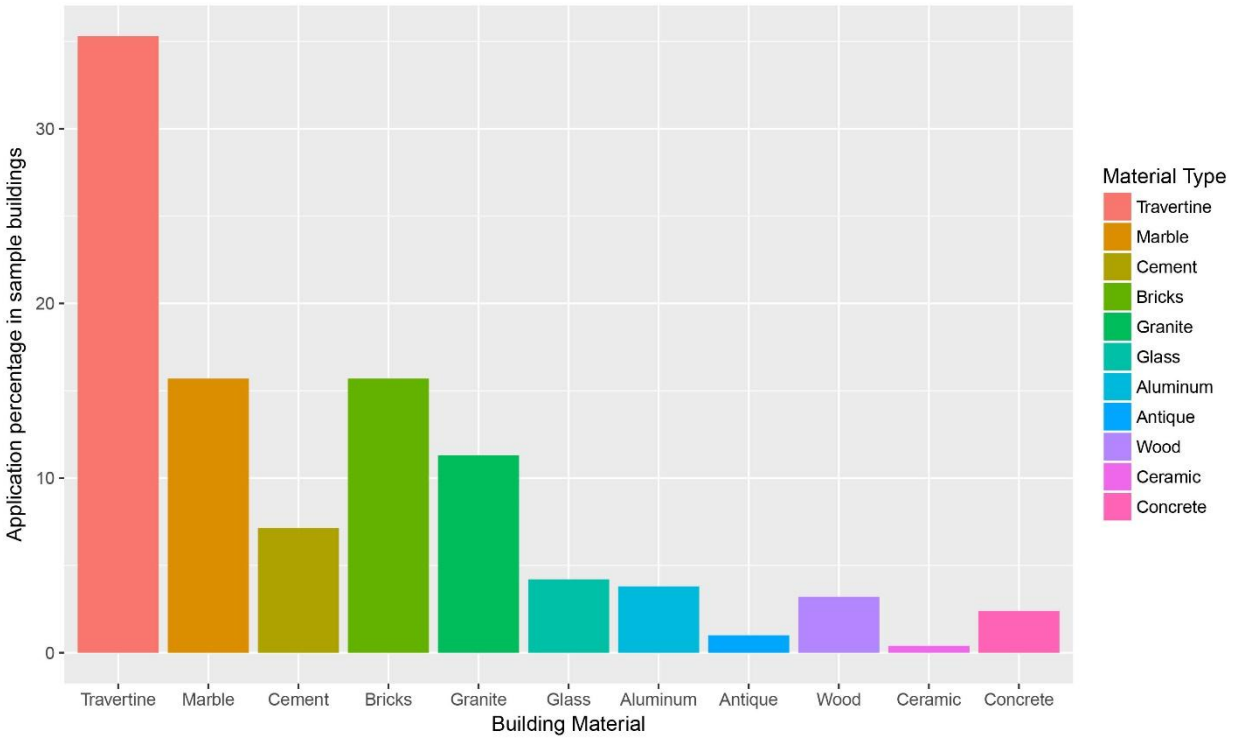
۴-۲-۱ انواع مصالح ساختمانی

جدول زیر کاربرد مصالح مختلف نمای ساختمان های نمونه گیری شده شهر تهران را نشان می دهد. نمودار میله ای مقایسه ای مناسب از فراوانی مصالح مختلف را ارائه می دهد. با توجه به نمودار ۱ سنگ تراورتن بیشترین فراوانی را در میان مصالح دیگر دارد. پس از آن سنگ مرمریت و آجر در رده دوم فراوانی قرار می گیرند.

جدول (۴-۱) کاربرد مصالح نمای ساختمان‌های شهر تهران

متریال	تعداد کاربرد در ساختمان های نمونه	درصد
تراورتن	۱۷۸	۳۵/۳
مرمریت	۷۹	۱۵/۷
سیمان	۳۶	۷/۱۴
آجر	۷۹	۱۵/۷
گرانیت	۵۷	۱۱/۳
شیشه	۲۱	۴/۲
آلومینیوم	۱۹	۳/۸
سنگ آنتیک	۵	۱

چوب	۱۶	۳/۲
سرامیک	۲	۰/۴
بتن	۱۲	۲/۴



نمودار(۴-۱) کاربرد مصالح نمای ساختمان های شهر تهران

جدول زیر، یک دسته بندی کلی تر درباره مصالح استفاده شده در ساختمان های شهر تهران را ارائه می دهد.

جدول (۴-۲) دسته بندی مصالح نمای ساختمان های شهر تهران بر اساس کاربرد

متریال	تعداد	درصد
سنگ	۳۱۹	۶۳.۵
آجر	۷۹	۱۵.۷
سیمان	۳۶	۷.۲
شیشه	۲۱	۴.۲
آلومینیوم	۱۹	۳.۸
چوب	۱۶	۳.۲
بتن	۱۲	۲.۳
سرامیک	۲	۰.۴

بررسی نمونه ها نشان میدهد که سنگ سهم عمده مصالح استفاده شده را تشکیل می دهد. این نتیجه را می توان به کل ساختمان های شهر تهران تعمیم داد چرا که با درنظر گرفتن خطای نمونه گیری، اختلاف موجود چشم گیر می باشد. با توجه به رایج بودن مصالح سنگ، فاکتور فروش سال اخیر یکی از سنگ فروشی های بزرگ شهر تهران مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود در سال اخیر فروش سنگ تراورتن بالاترین فراوانی را در میان مصالح دیگر داشت. پس از آن سنگ مرمریت با ۴۱ درصد و سنگ گرانیت با ۱۲.۶ درصد در رده دوم و سوم فراوانی در میان سنگ ها قرار دارند. نکته قابل توجه که در مشاهدات میدانی نیز کاملا قابل لمس بود این است که سنگ چینی در میان انواع دیگر خانواده سنگ مرمریت بیشترین فراوانی را دارد (جدول ۳-۴).

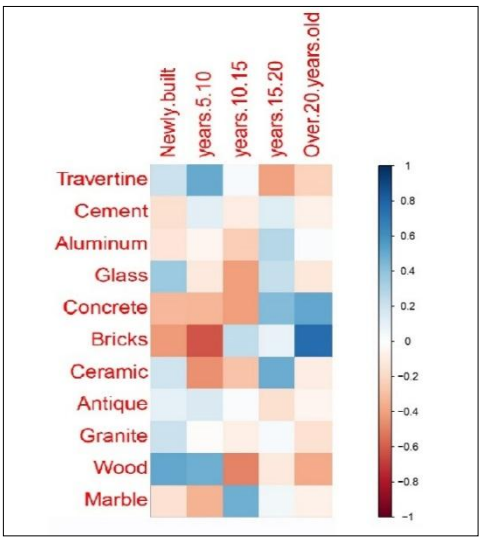
جدول (۴-۳) فراوانی مصالح سنگ با بررسی فاکتور فروش سال ۹۶

خانواده سنگ	انواع سنگ	متراژ	جمع کل	جمع کل بدون احتساب سنگ پله و سنگ فرش	درصد کل بدون احتساب سنگ پله و سنگ فرش
تراورتن	شکلاتی	۱۷.۲	۲۱۷.۶۵	۱۵۴.۵۵	۴۵.۳
	درپوش	۹.۵۵			
	عباس آباد	۶.۳۰			
	فرش	۷۲.۱۰			
	سیلور	۸۹			
	-	۳۲.۵			
گرانیت	مروارید فرش	۶۴.۰۸	۲۳۲.۰۸	۷۱.۲۳	۱۲.۶
	مشکی نمره	۸			
	فرش نهبندان شیاردار	۶۰			
	فرش نهبندان	۶۵			
	نمره	۴			
	خرمدره	۶			
	گل پنبه ای	۲۵			

مرمریت	آباده		۳۰.۴	۹۲.۳۶		۲۱	
	لامستون		۳۷.۶۸		۴۳		
	گوهره		۴.۲۸				
	پادری گوهره		۲۰				۴۱
	چینی	ابری	۳۷.۹	۱۶۷.۱۱	۷۲.۳۶	۲۰	
		الیگودرز	۱۲۹.۲۱				

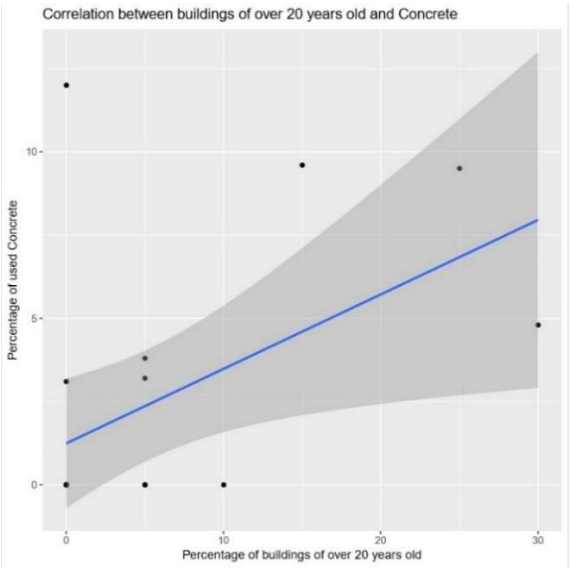
۴-۲-۲ رابطه بین انواع مصالح ساختمانی و سن ساختمان

پس از به دست آوردن فراوانی مصالح و فراوانی ساختمان ها با سن های مختلف، همبستگی بین نوع مصالح و سن آن‌ها با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. دامنه ی همبستگی بین +۱ و -۱ می باشد، به این معنی که هرچه همبستگی بین دو مولفه به +۱ نزدیکتر باشد، مولفه‌ها ارتباط مستقیم تری با یکدیگر دارند و بالعکس. به عنوان مثال در نمودار زیر سنگ تراورتن نسبت به ساختمان های نوساز و ۱۰-۵ سال با رنگ آبی نشان داده شده است. این به این معنی است که همبستگی بین این دو مولفه مثبت است. به عنوان مثال این نمودار نشان می دهد سنگ تراورتن در ساختمان‌های ۱۰-۵ سال نسبت به ساختمان های دیگر فراوانی بیشتری دارد. این تحلیل برای آجر تقریبا به صورت برعکس اتفاق می‌افتد؛ به این صورت که همبستگی آجر نسبت به ساختمان‌های زیر ۱۰ سال منفی است.

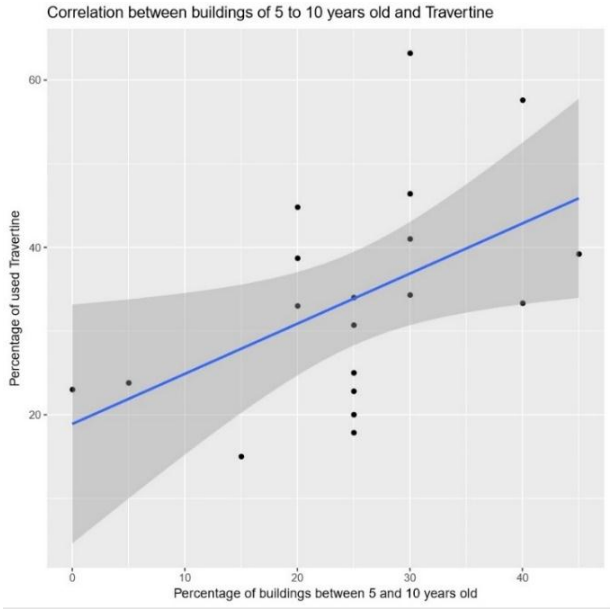


نمودار (۴-۲) همبستگی مصالح نمای ساختمان های شهر تهران و عمر ساختمان ها

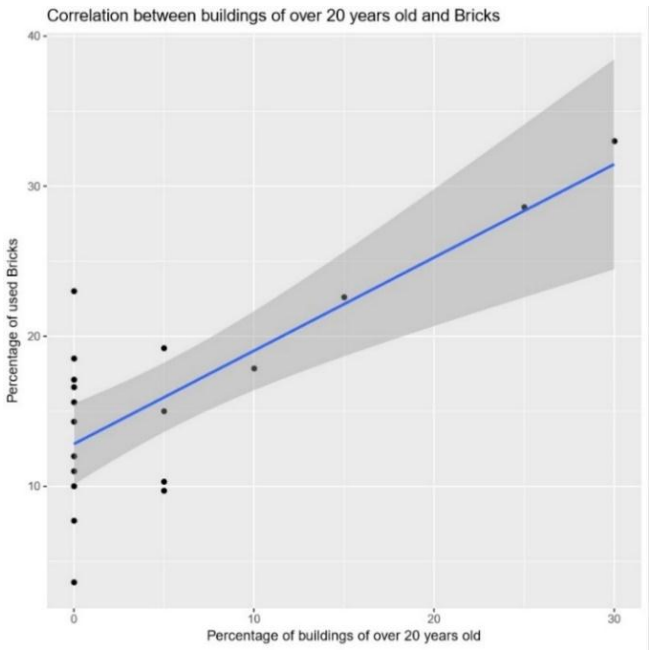
به منظور بررسی معنی‌داری ارتباطات معکوس و مستقیم، آزمون تست همبستگی انجام شد و سطح معنی داری ۰.۰۵ در نظر گرفته شد (P value). داده های معنی‌دار به صورت نمودار نشان داده شده اند.



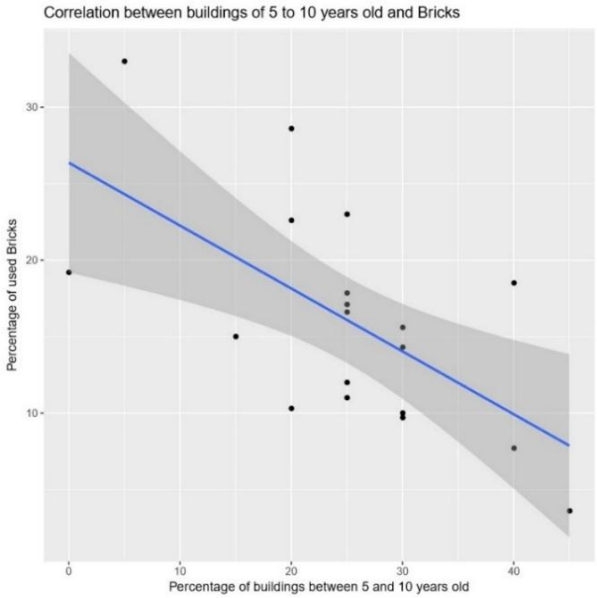
نمودار (۴-۳) همبستگی بین ساختمان های بالای ۲۰ سال و بتن



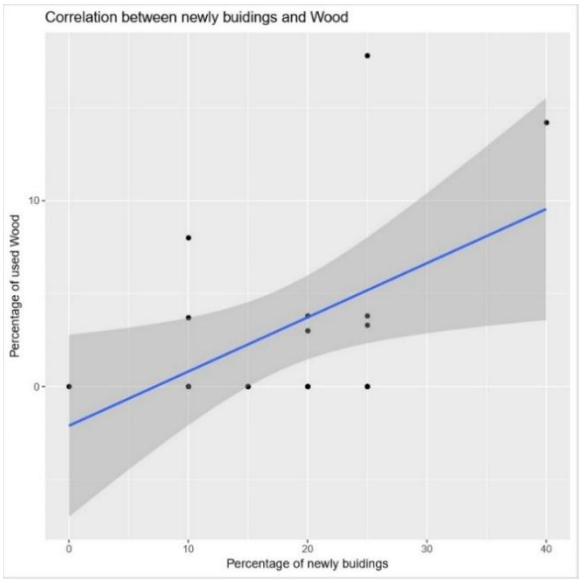
نمودار (۴-۴) همبستگی بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ سال و سنگ تراورتن



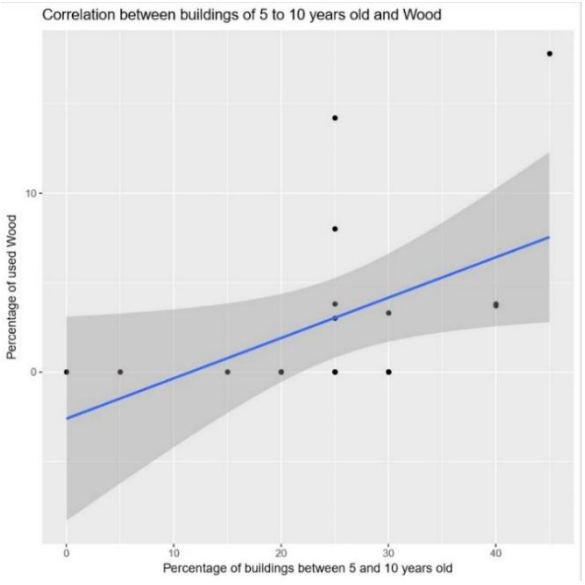
نمودار (۴-۵) همبستگی بین ساختمان های بالای ۲۰ سال و آجر



نمودار (۴-۶) همبستگی بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ سال و آجر



نمودار (۴-۷) همبستگی بین ساختمان های نوساز و چوب

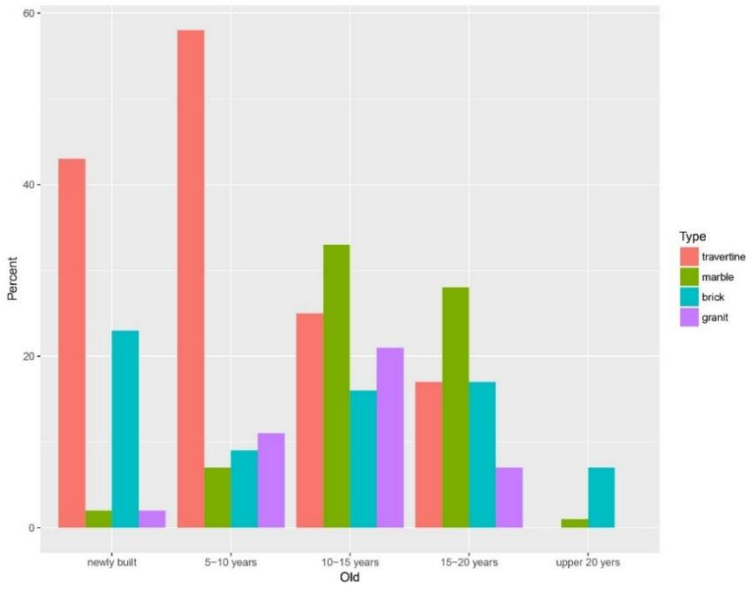


نمودار (۴-۸) همبستگی بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ سال و چوب

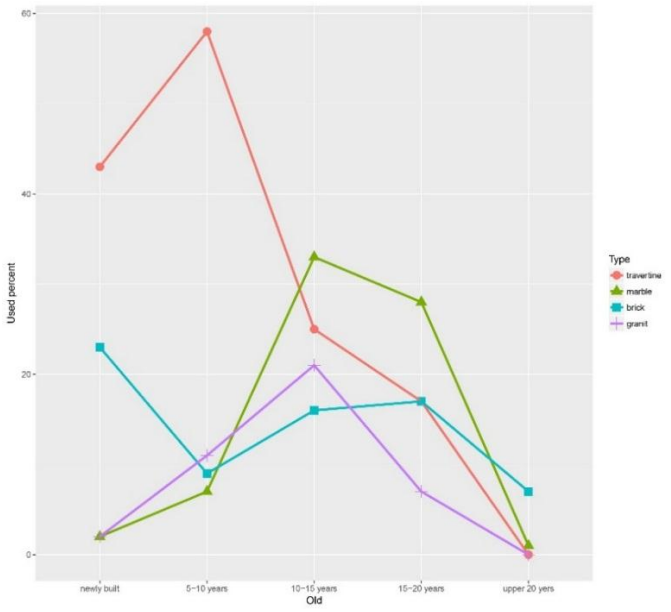
با توجه به نمودارهای بالا رابطه همبستگی بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ سال سن با مصالح از جنس سنگ تراورتن مثبت می باشد. این رابطه در ساختمان های بالای ۲۰ سال و با مصالح از جنس بتن نیز مثبت می باشد. نمودار (۴-۶) نشان می دهد یک رابطه همبستگی معکوس بین ساختمان های ۵ تا ۱۰ ساله و با مصالح آجر وجود دارد. از طرفی این رابطه در ساختمان های آجری بالای ۲۰ سال مستقیم می باشد. ساختمان هایی که در مصالح نمای آن ها چوب به کار رفته یک رابطه همبستگی مثبت با ساختمان های نوساز و ۵ تا ۱۰ سال سن دارند.

نمودارهای زیر رابطه بین ۴ مصالح رایج مورد استفاده در ساختمان ها و سن آن ها را نشان می دهد که داده های آن ها از بررسی ساختمان های نمونه به دست آمده است. نتایج حاصل از نمودارهای همبستگی مصالح و سن ساختمان ها به نتایج حاصل از نمودار های زیر بسیار نزدیک است. موضوعی که در نمودارهای زیر چشم گیر است اختلاف بارز بین فراوانی مصالح تراورتن با مصالح دیگر در ساختمان های نوساز و ۵ تا ۱۰ سال است و با توجه به هماهنگی این نتایج با نتایج حاصل از نمودارهای همبستگی و نمودار حاصل از تحلیل فاکتور واحد فروش مصالح در سال گذشته می توان با

قطعیت اذعان کرد که رایج ترین مصالح شهر تهران از ۱۰ سال گذشته تا به اکنون سنگ تراورتن می باشد.



نمودار (۴-۹) مقایسه فراوانی ۴ مصالح نمای رایج در تهران با توجه به سن ساختمان



نمودار (۴-۱۰) مقایسه فراوانی ۴ مصالح نمای رایج در تهران با توجه به سن ساختمان

۴-۲-۳ ترکیب مصالح

ساختمان ها از مواد و مصالح ساختمانی مختلف با ترکیب ها و اتصالات مختلف ساخته شده‌اند. پژوهش ها به مطالعه و گسترش مواد و مصالح مختلف و استفاده از آن‌ها، از مواد زائد گرفته تا سنگ و چوب و فلز و مواد کامپوزیتی می‌پردازند. بیشتر بیان های استعاری معماری توسط پوسته و فضاهای معمارانه بیان می‌شوند و خصوصیات مصالح ساختمانی از جمله بافت و رنگ تاثیر زیادی در این حوزه و حوزه های دیگر دارند؛ بنابراین مطالعه ترکیب مصالح مختلف در پوسته ساختمان بسیار مهم است. در این میان ترکیب فرم های مختلف مصالح، رنگ های مختلف، انواع مختلف و تلفیق موارد قبل مطرح می‌شود(Wang, 2018). با توجه به اهمیت این موضوع، سعی در شناخت و تیپ بندی ترکیب مصالح به کار رفته در ساختمان‌های شهر تهران داریم. برای این منظور ترکیب مصالح به کار رفته در هر یک از ساختمان های نمونه بررسی شد. در ساختمان های موجود شاهد ترکیب های مختلفی از مصالح بودیم. مواردی که بیشتر از دو بار تکرار شده بودند به عنوان یکی از تیپ های ترکیب مصالح به شمار آورده شد. در جدول زیر به انواع آنها اشاره شده است.

جدول (۴-۴) تیپ بندی ترکیب مصالح نمای ساختمان های شهر تهران

ترکیب مصالح	تعداد
چوب-تراورتن	۲
مرمر-آجر	۲
آلومینیوم-شیشه	۲
تراورتن-گرانیت	۵
آجر-شیشه	۲
تراورتن-آجر	۲۱

تراورتن-شیشه	۳
گرانیت-مرمر	۲
گرانیت-شیشه	۲
تراورتن-آنتیک	۲
تراورتن-مرمر	۲
آجر-چوب	۳

با توجه به جدول بالا **ترکیب سنگ تراورتن و آجر** بیشترین فراوانی را در میان ترکیب های دیگر داشت. همان طور که پیشتر به آن اشاره شد سنگ تراورتن بیشترین فراوانی را در میان مصالح دیگر داشت که این نتایج مربوط به کاربرد یک نوع سنگ تراورتن و همین طور ترکیب دو یا چند نوع آن می باشد. پس از بررسی های به عمل آمده نتایج حاکی از آن بود که کاربرد سنگ **تراورتن کرم و سفید** هر کدام به تنهایی و کاربرد **ترکیب دو نوع سنگ تراورتن کرم و شکلاتی**، پرکاربردترین نوع ترکیب در میان انواع دیگر آن بود.

۴-۳ مقایسه مصرف انرژی ساختمان عمودی و خودسایه انداز

این قسمت به بررسی و مقایسه مصرف انرژی مدل ساختمان عمودی و خودسایه انداز می پردازد. برای جامع بودن این تحلیل، مقایسه در سه حالت ثابت فرض کردن سطح زیر بنا، ثابت فرض کردن حجم و ثابت فرض کردن سطح طبقه همکف انجام شد که در ادامه به آن ها پرداخته می شود.

۴-۳-۱ مقایسه در حالت ثابت نگه داشتن سطح (مجموع مساحت طبقات)

یک ساختمان عمودی و یک ساختمان هرم معکوس ناقص به عنوان یک فرم خودسایه انداز، با شرایط یکسان در شهر تهران با یکدیگر مقایسه شدند. زاویه انحراف دیوار فرم خودسایه انداز ۱۵ درجه در نظر

گرفته شـد. برای مقایسـه این دو سـاختمان از حالت conceptual mass در نرم افزار رویت برای شـبیه سـازی اسـتفاده شـد. پیش فرض نرم افزار در این حالت مصالح را به صورت مصالح ساختمانی سـبک[۲۶] در نظر می گیرد. درصد نسبت پنجره به دیوار در همه جبهه ها ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. مجموع مسـاحت سـطح طبقات سـاختمان ها ۲۰۰ مترمربع و ارتفاع آن ها ۸ متر در نظر گرفته شده اسـت. کاربری هر دو مدل، اداری در نظر گرفته شـد و حالت پیش فرض نرم افزار برای اطلاعات مورد نیاز برای شبیه سازی انرژی یک ساختمان اداری، اعمال شد.

نتایج نشان داد مصرف انرژی ساختمان خودسایه انداز کمتر از ساختمان عمودی است.

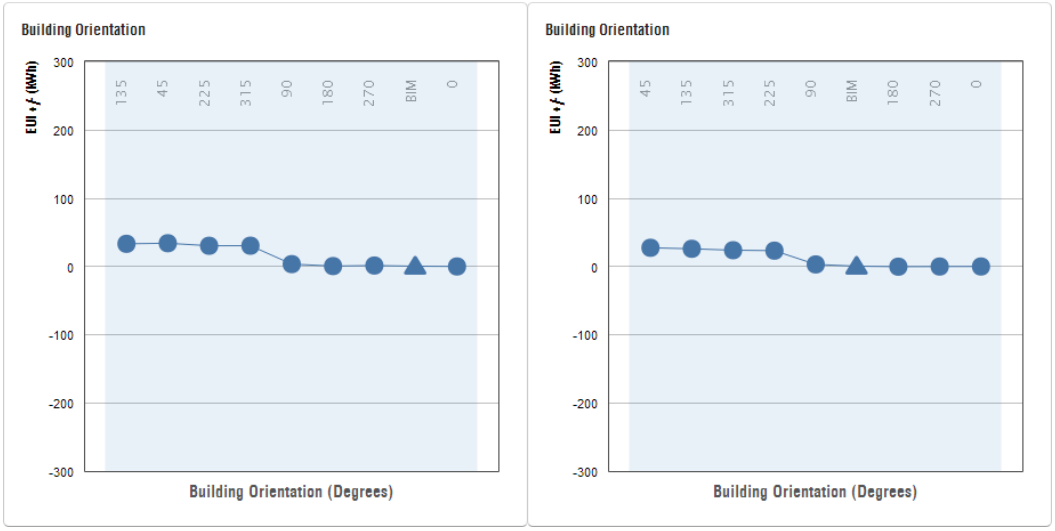
ساختمان عمودی **ساختمان خودسایه انداز**

شکل (۴-۱) مقایسه مصرف انرژی ساختمان عمودی و ساختمان خودسایه انداز در حالت یکسان بودن سطح

اینسـایت ۳۶۰ راهکارهایی را ارائه می دهد که مصـرف انرژی هر دو این سـاختمان ها کمتر شود و به استانداردها نزدیک شود.

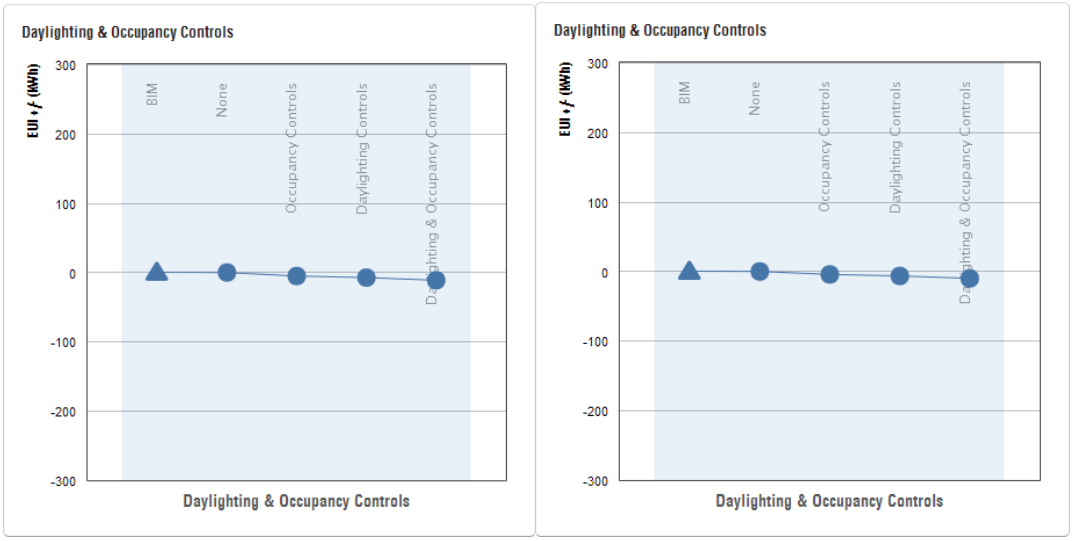
BIM مدل سـاخته شـده در نرم افزار و در واقع حالت کنونی را نشـان می دهد که با علامت مثلث نمایش داده شده است.

[26] Lightweight construction



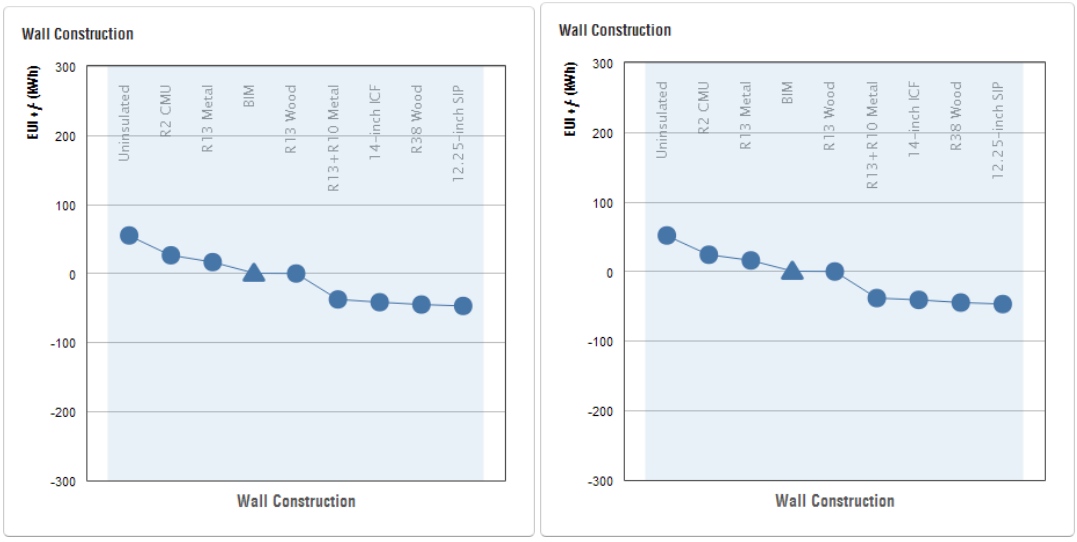
ساختمان خود سایه انداز ساختمان عمودی

شکل(۴-۲)تاثیر جهت گیری در مصرف انرژی



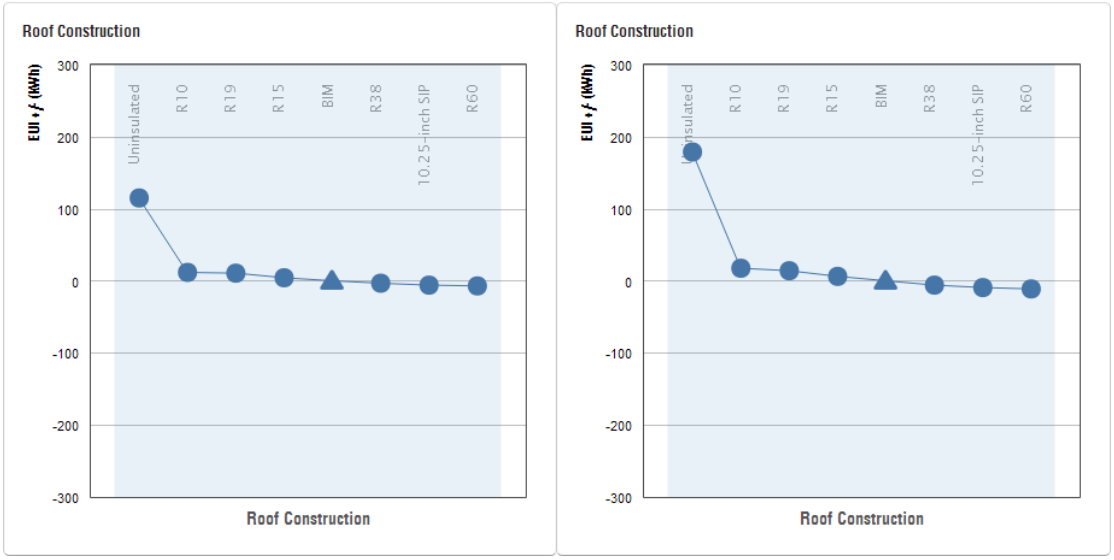
ساختمان خود سایه انداز ساختمان عمودی

شکل(۴-۳)تاثیر کنترل ساکنان بر نور روز در مصرف انرژی



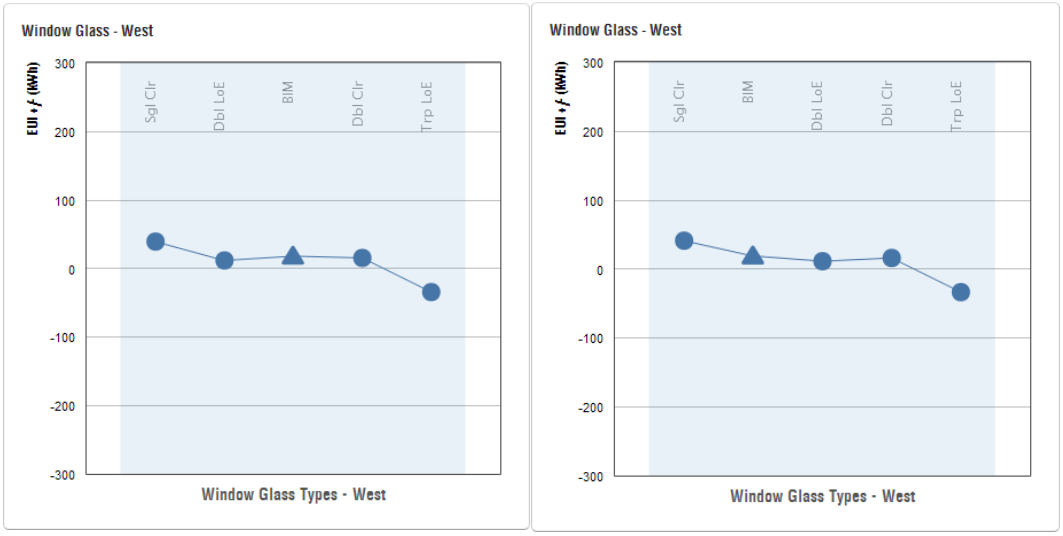
ساختمان عمودی **ساختمان خود سایه انداز**

شکل (۴-۴) تاثیر مصالح دیوار در مصرف انرژی



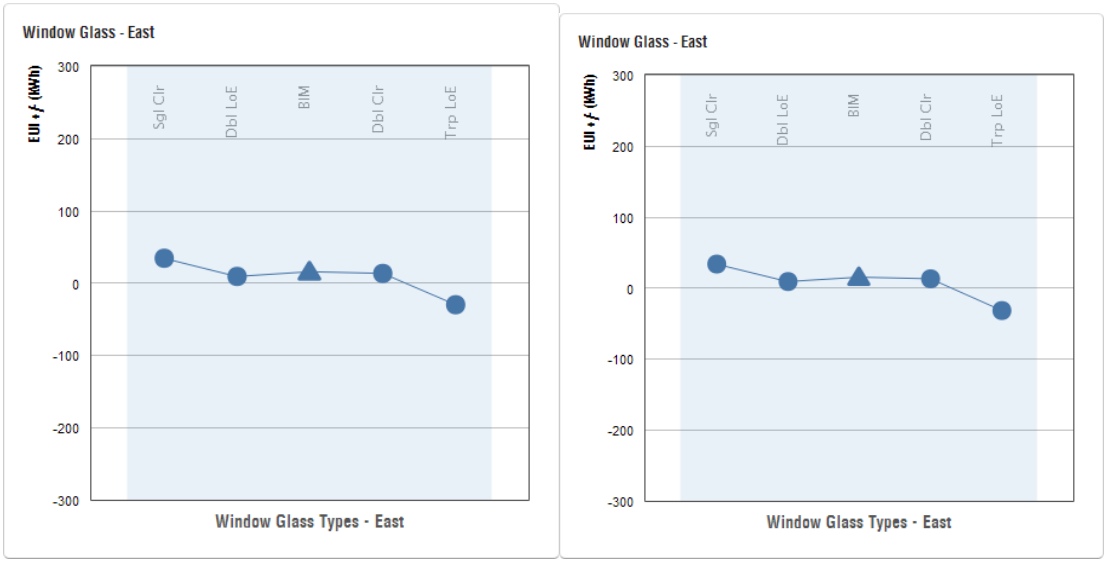
ساختمان عمودی **ساختمان خود سایه انداز**

شکل (۴-۵) تاثیر سقف در مصرف انرژی



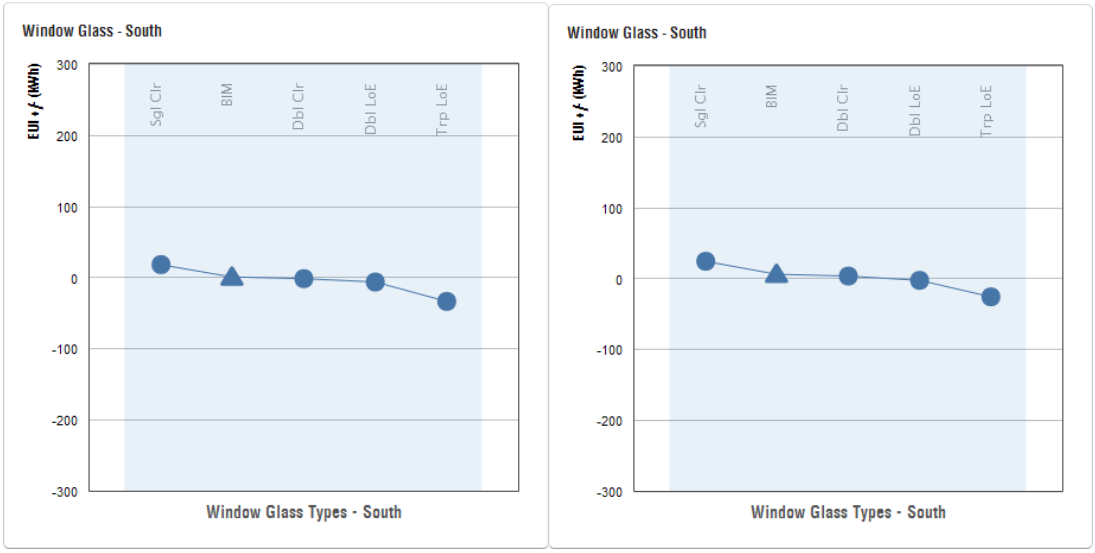
ساختمان عمودی ساختمان خود سایه انداز

شکل(۴-۶) تاثیر نوع شیشه پنجره غربی در مصرف انرژی



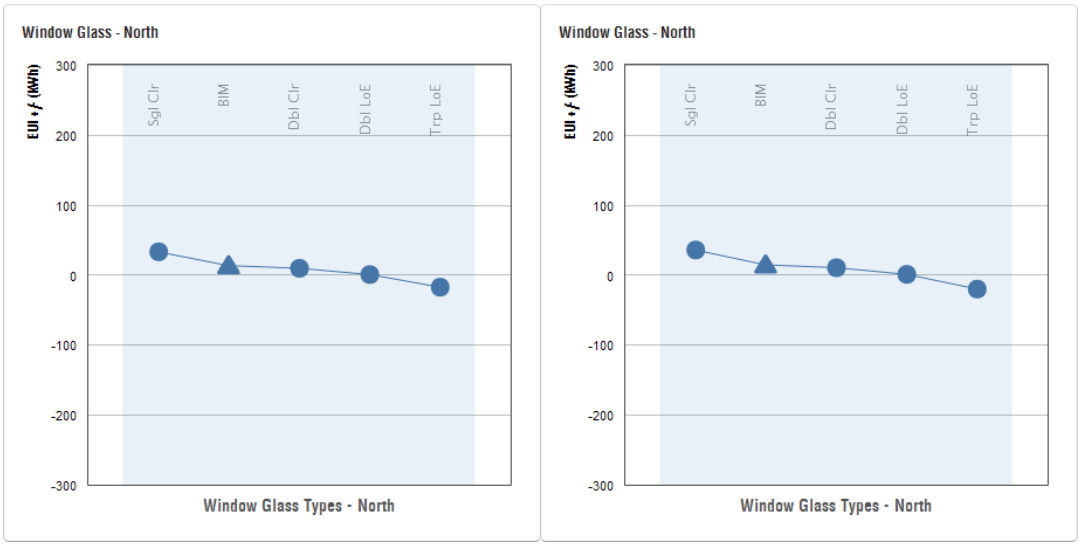
ساختمان عمودی ساختمان خود سایه انداز

شکل (۴-۷) تاثیر نوع شیشه پنجره شرقی در مصرف انرژی



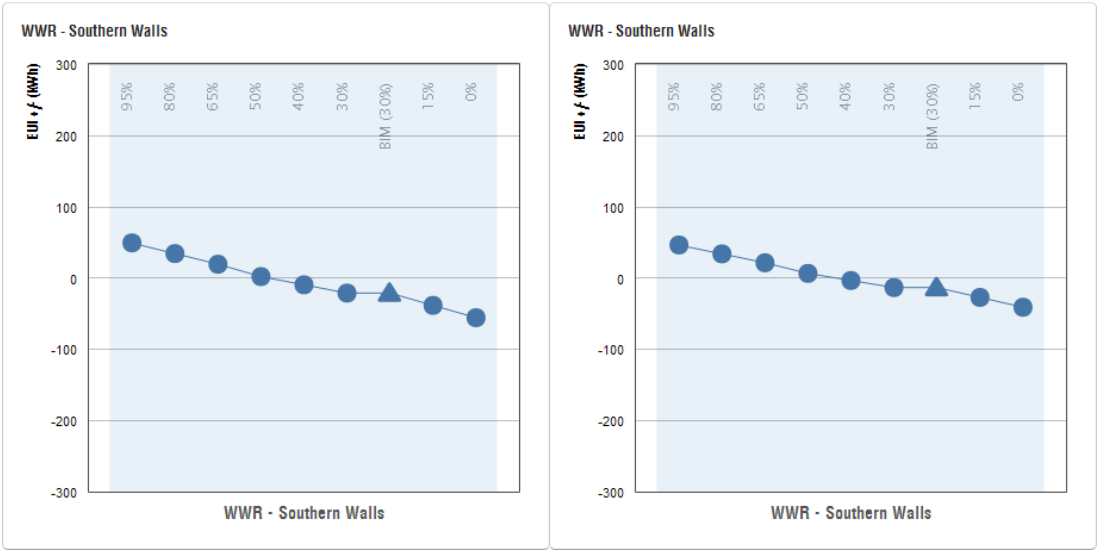
ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

شکل (۴-۸) تاثیر نوع شیشه پنجره جنوبی در مصرف انرژی



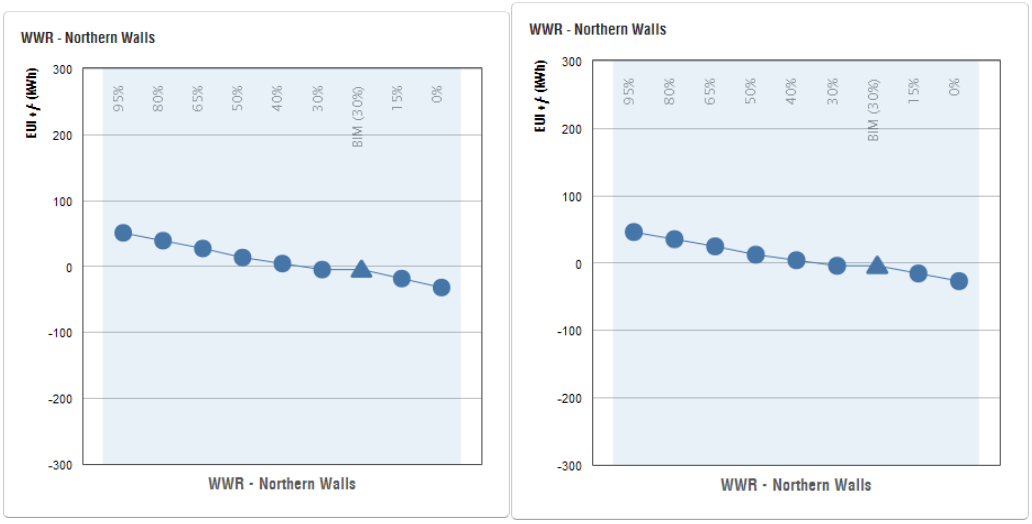
ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

شکل (۴-۹) تاثیر نوع شیشه پنجره شمالی



ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

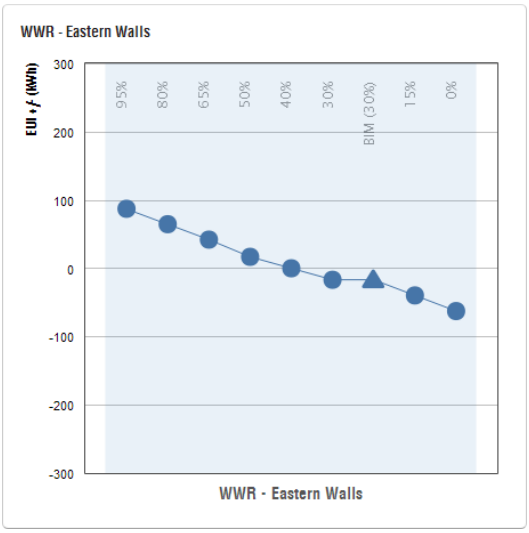
شکل (۴-۱۰) تاثیر نسبت پنجره به دیوار جنوبی



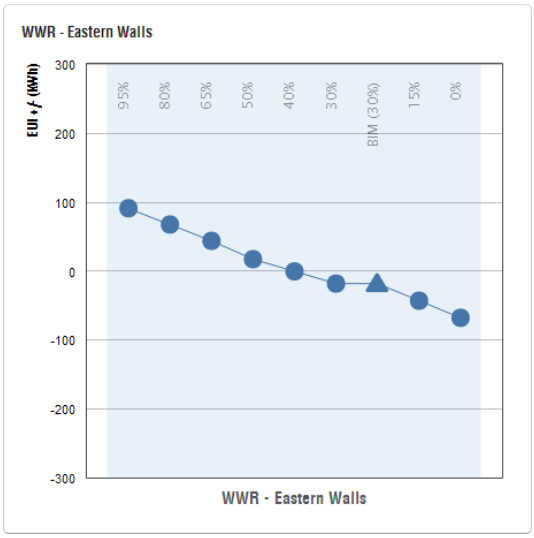
ساختمان خود سایه انداز

ساختمان عمودی

شکل (۴-۱۱) تاثیر نسبت پنجره شمالی به دیوار

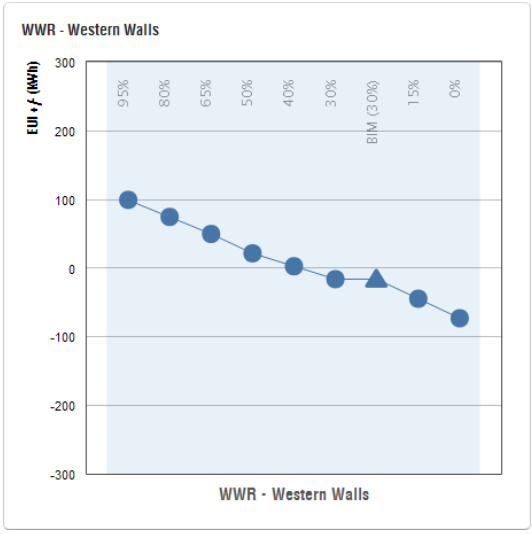


ساختمان عمودی

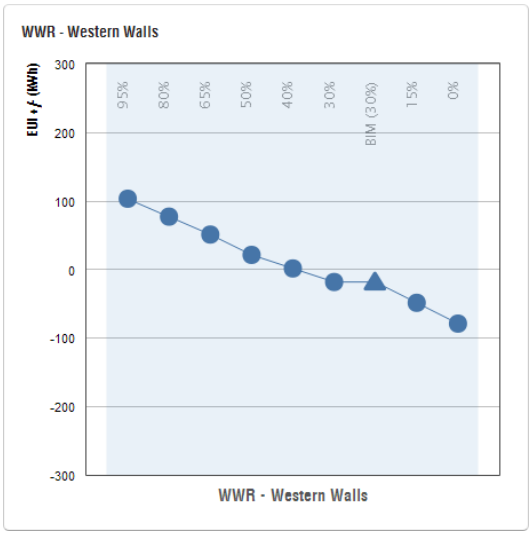


ساختمان خود سایه انداز

شکل (۴-۱۲) تاثیر نسبت پنجره شرقی به دیوار

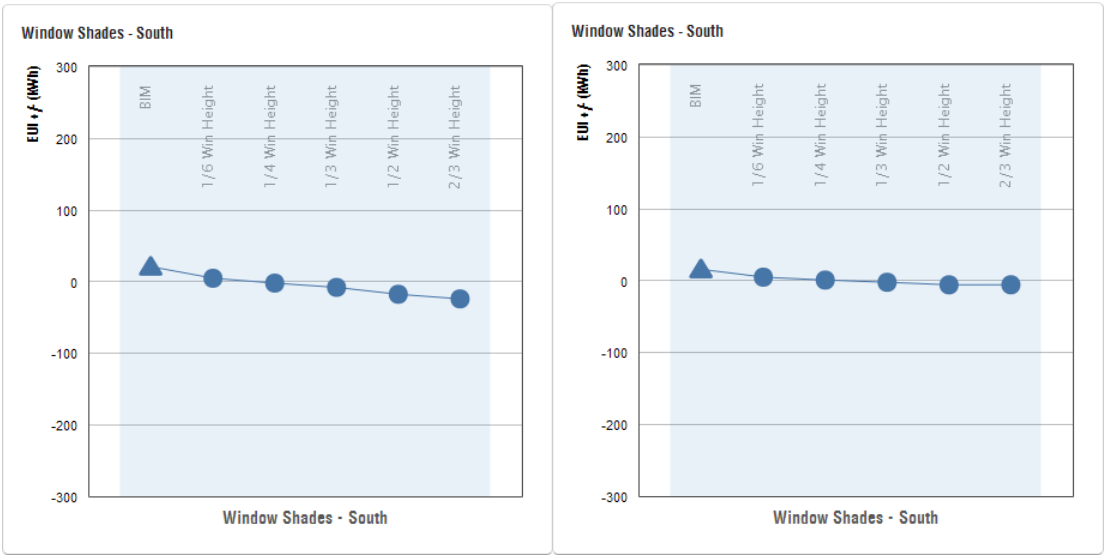


ساختمان عمودی



ساختمان خود سایه انداز

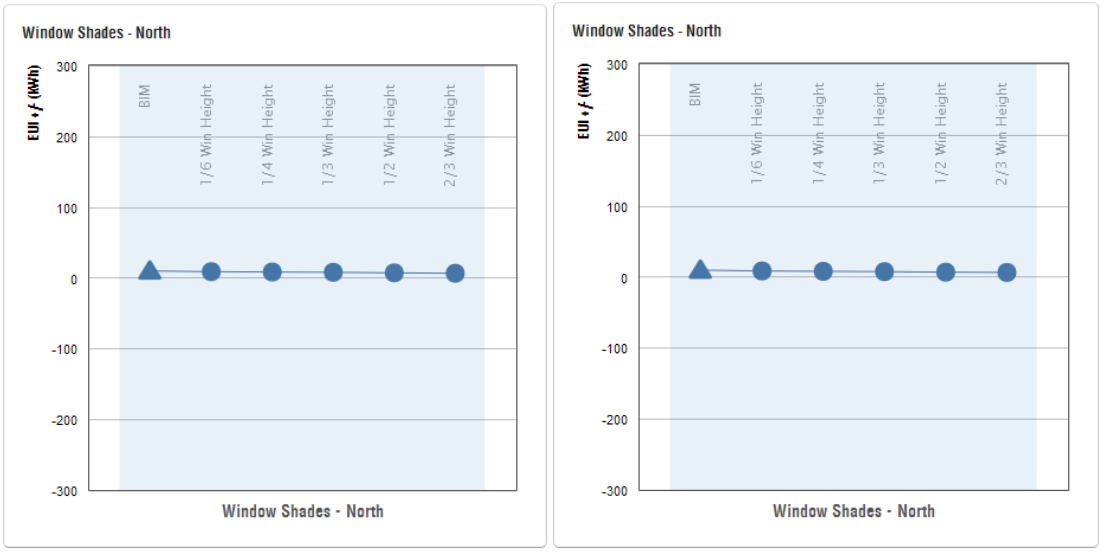
شکل (۴-۱۳) تاثیر نسبت پنجره غربی به دیوار



ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

شکل (۴-۱۴) تاثیر سایه بان پنجره جنوبی

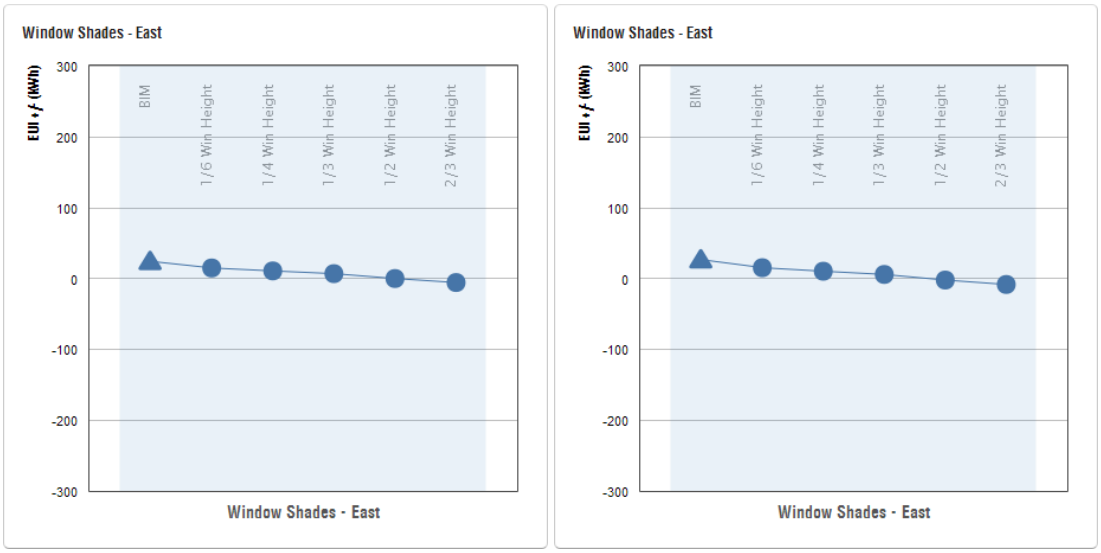
همان طور که پیش بینی می شد تاثیر قرار دادن سایه بان در ساختمان خودسایه انداز که به واسطه هندسه اش رو خودش سایه می اندازد از ساختمان عمودی کمتر است و نمودار آن تقریبا خطی است.



ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

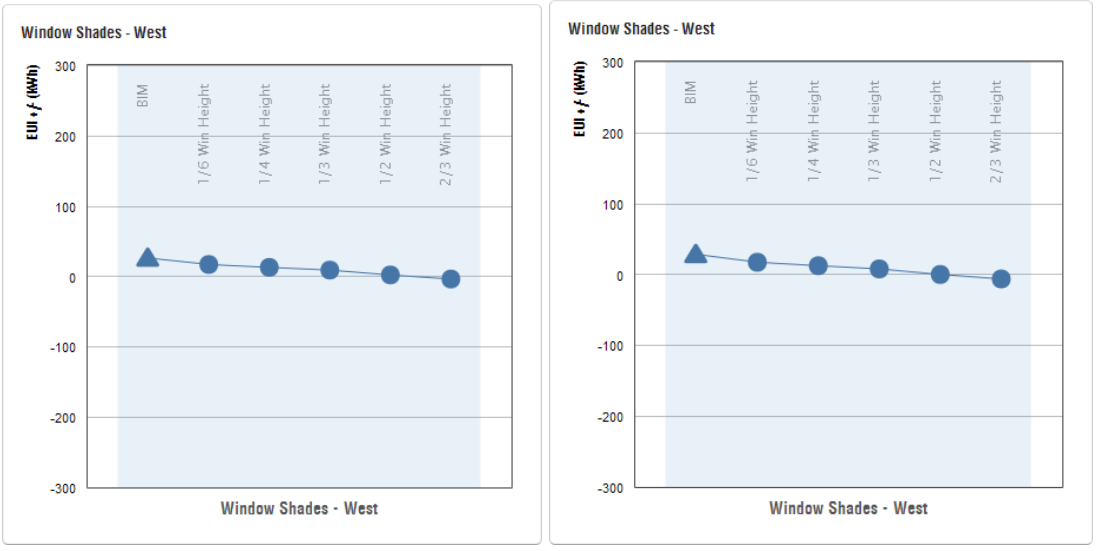
شکل (۴-۱۵) تاثیر سایه بان پنجره شمالی

همان طور که نمودارها نشان می دهند، قرار دادن سایه بان در جبهه شمالی به دلیل آنکه در معرض تابش خورشید قرار نمی گیرد، تاثیر چندانی در هیچ یک از مدل ها ندارد.



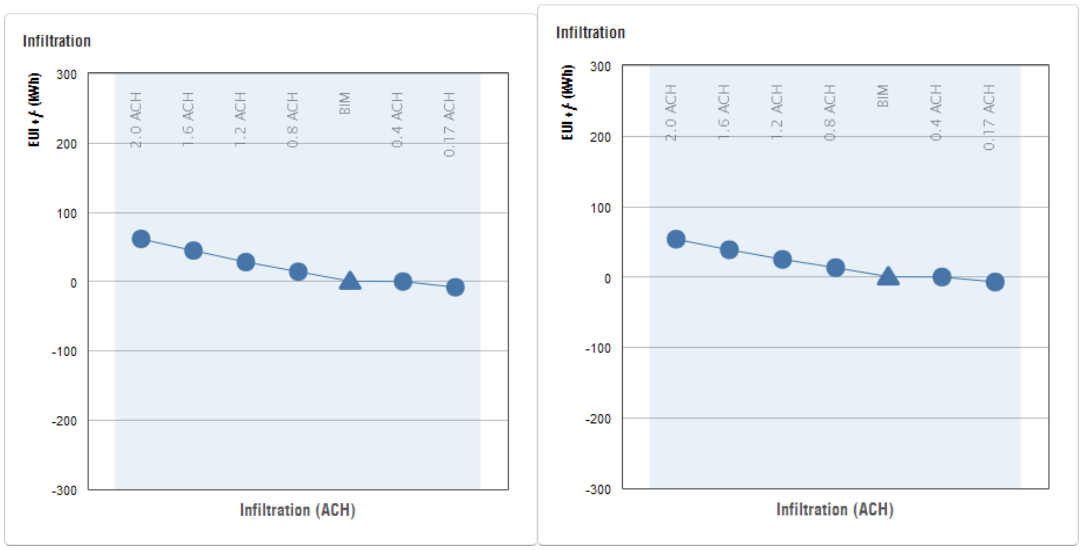
ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

شکل (۴-۱۶) تاثیر سایه بان پنجره شرقی



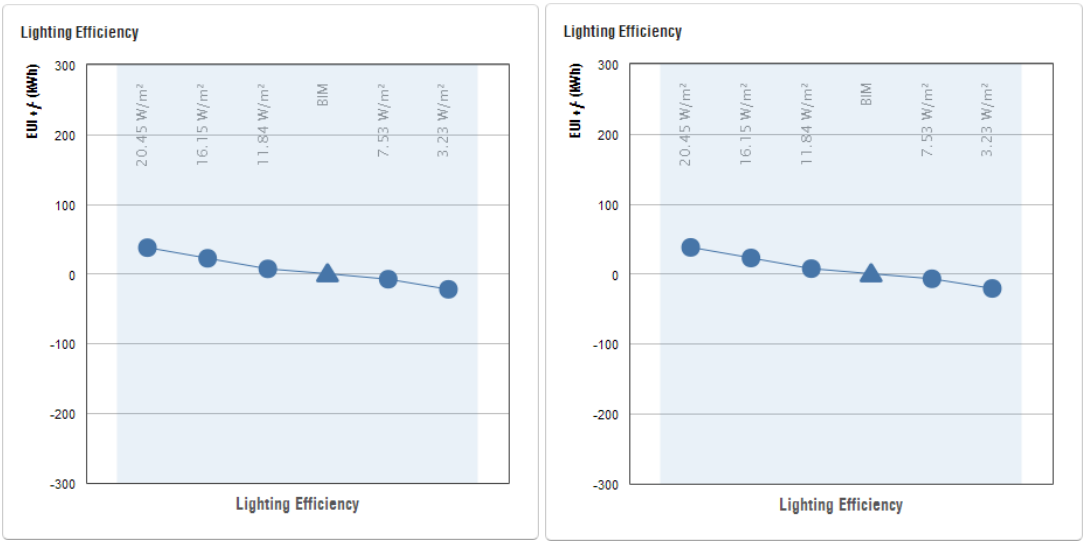
ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

شکل (۴-۱۷) تاثیر سایه بان پنجره غربی



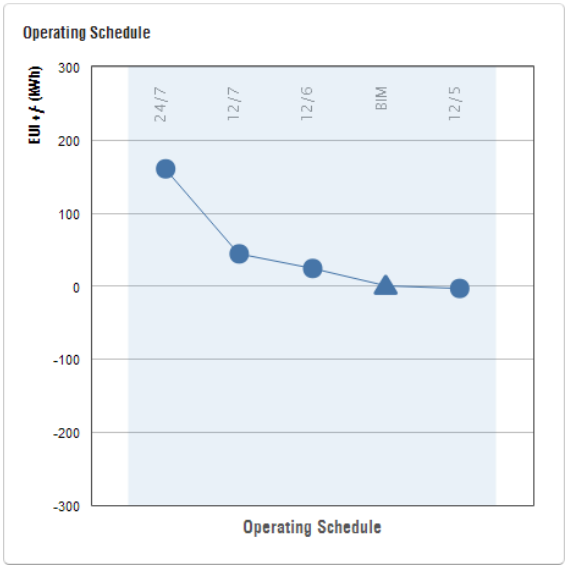
ساختمان خود سایه انداز ساختمان عمودی

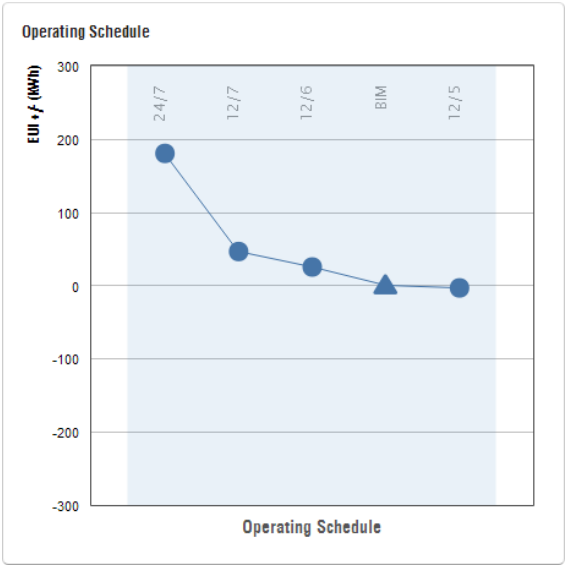
شکل (۴-۱۸) تاثیر نفوذ هوا



ساختمان خود سایه انداز ساختمان عمودی

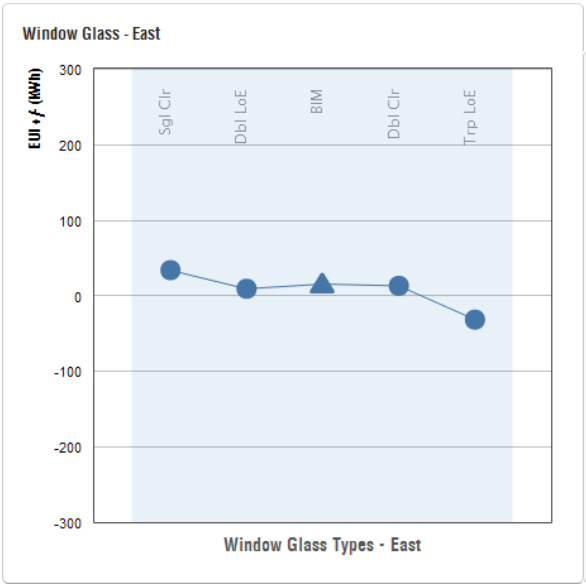
شکل (۴-۱۹) تاثیر کارایی سیستم روشنایی

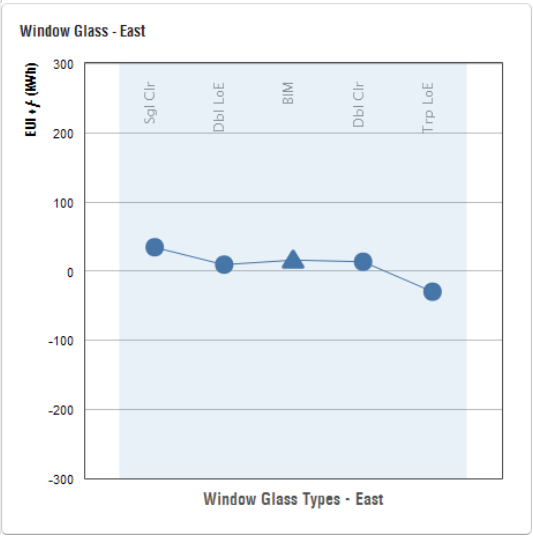




ساختمان عمودی **ساختمان خود سایه انداز**

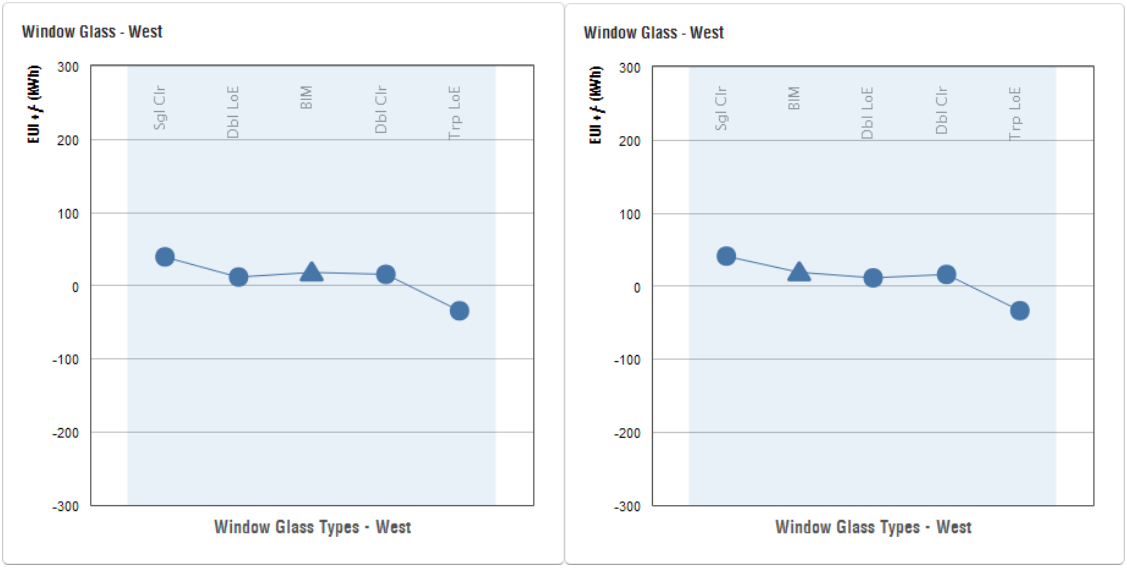
شکل (۴-۲۰) تاثیر مدت زمان استفاده از ساختمان در مصرف انرژی





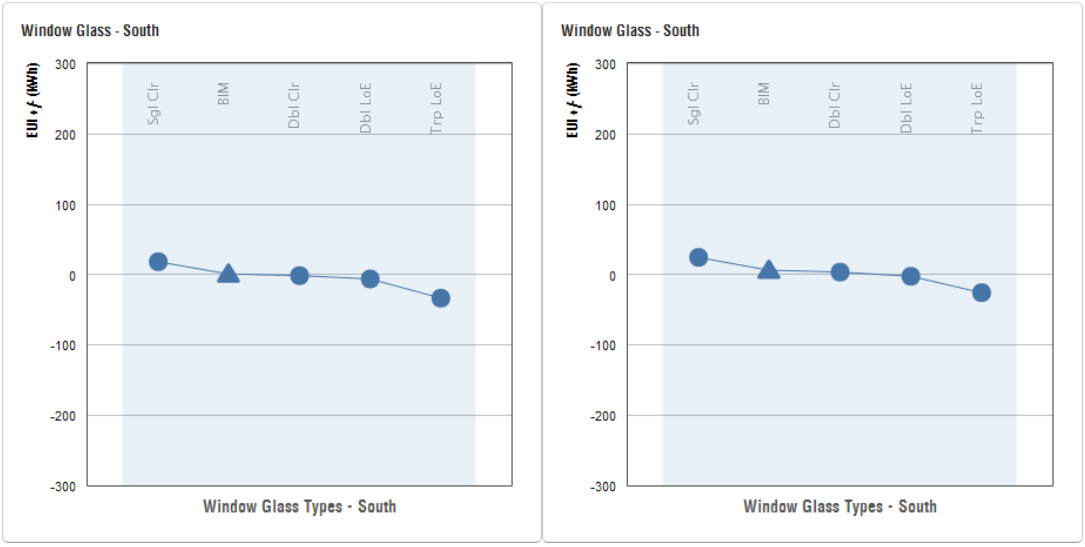
ساختمان عمودی **ساختمان خود سایه انداز**

شکل (۴-۲۱) تاثیر نوع پنجره شرقی



ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

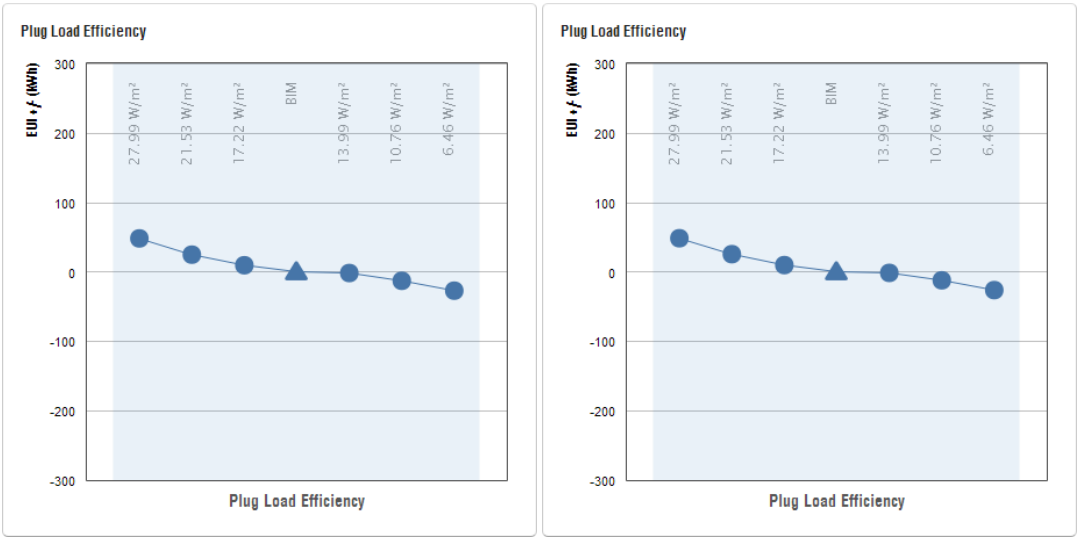
شکل (۴-۲۲) تاثیر نوع پنجره غربی



شکل (۴-۲۳) تاثیر نوع پنجره جنوبی

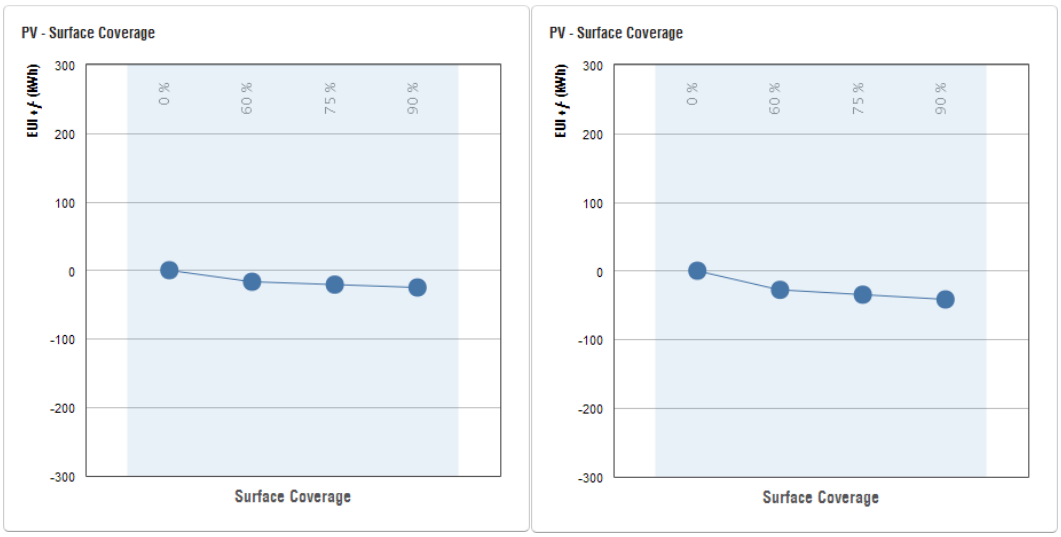
ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

دو جداره و سه جداره کردن پنجره در ساختمان خودسایه انداز تاثیر کمتری در کاهش مصرف انرژی به نسبت ساختمان عمودی دارد چرا که تابش کمتری دریافت میکند.



ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

شکل (۴-۲۴) تاثیر کارایی سیستم برقی



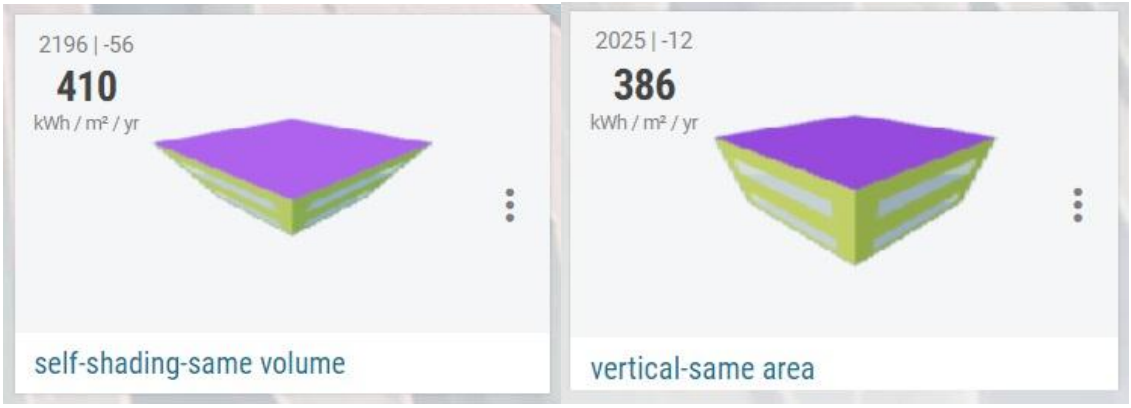
ساختمان خود سایه انداز **ساختمان عمودی**

شکل (۴-۲۵) تاثیر پی وی پنل ها

کاهش مصرف انرژی با درصد یکسانی از پوشش با پی وی پنل ها در ساختمان خودسایه انداز بیشتر است چرا که سطح بام در این حالت بیشتر است.

۴-۳-۲ مقایسه در حالت ثابت نگه داشتن حجم

عملکرد ساختمان خودسایه انداز با ثابت نگه داشتن حجم منفی بود؛ بنابراین با حجم یکسان یک ساختمان عمودی از نظر انرژی کاراتر است.



ساختمان عمودی **ساختمان خودسایه انداز**

شکل (۴-۲۶) مقایسه مصرف انرژی ساختمان عمودی و ساختمان خودسایه انداز در حالت یکسان بودن حجم

۴-۳-۳ مقایسه در حالت ثابت نگه داشتن سطح طبقه همکف

بار دیگر برای سنجیدن عملکرد خودسایه اندازی، پلان همکف ثابت نگه داشته شد و یک ساختمان هرم معکوس ناقص با زاویه شیب دیوار ۱۵ درجه (مشابه زاویه شیب دیوار در حالت هم سطح) مدل شد. در این حالت با وجود اینکه مساحت سقف به مراتب افزایش یافت ولی مصرف انرژی از دو مدل قبل کمتر بود. در این حالت۳۷ kwh/m2/yr، معادل حدود **ده درصد** کاهش مصرف انرژی داشته ایم.

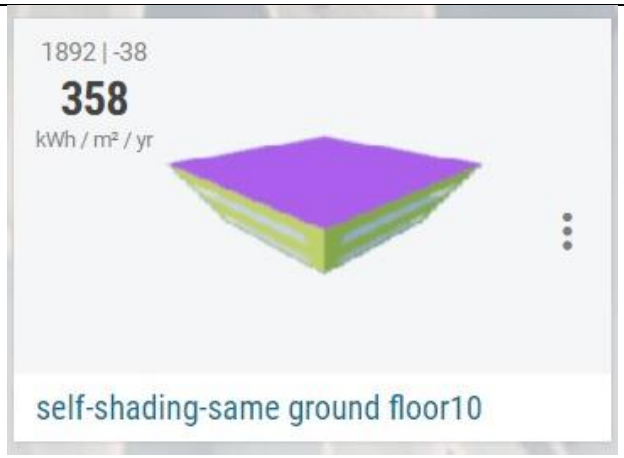
ساختمان عمودی **ساختمان خودسایه انداز**

شکل (۴-۲۷) مقایسه مصرف انرژی ساختمان عمودی و ساختمان خودسایه انداز در حالت یکسان بودن سطح طبقه همکف

برای سنجیدن اثر خود سایه اندازی، ساختمان های هرم معکوس ناقص دیگر با زاویه شیب ۱۰ درجه، ۲۰ درجه، ۲۵ درجه، ۳۰ درجه و با همان مساحت پلان توسط نرم افزار رویت مدل شد و به کمک پلاگین اینسایت۳۶۰ آنالیز انرژی شد. نتایج در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول (۴-۵) مقایسه مصرف انرژی سالیانه ساختمان های خودسایه انداز با زوایای مختلف انحراف دیوار توسط نرم افزار رویت ۲۰۱۹ پلاگین اینسایت۳۶۰

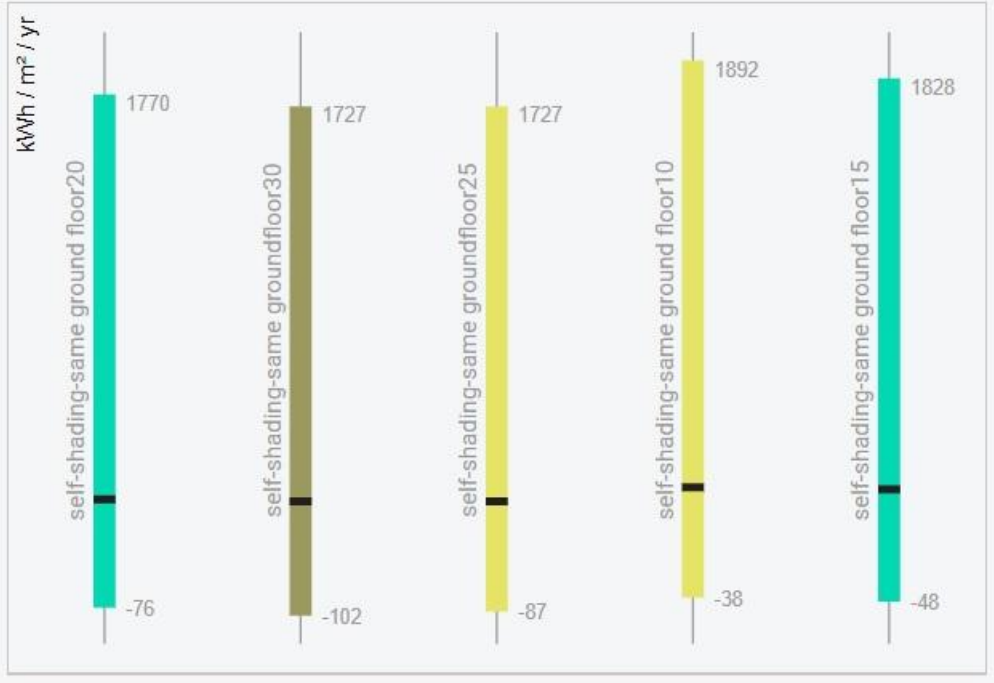
زاویه شیب نسبت به خط عمود بر قاعده	درصد کاهش مصرف انرژی نسبت به ساختمان عمودی	مصرف انرژی بر حسب $kwh/m^2/yr$

۱۰ درجه	7,2		
۱۵ درجه	۹.۶		
۲۰ درجه	17		
۲۵ درجه	۱۹		

۳۰ درجه	۲۰	

نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد با پیش فرض های در نظر گرفته شده برای ساخت مدل انرژی، ساختمان خودسایه انداز در حالت زاویه انحراف دیوار ۳۰ درجه بهترین عملکرد را از نظر بهره وری انرژی دارد و نسبت به حالت عمودی ۲۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی می شود.

نتایج نشان می دهد عملکرد انرژی ساختمان خودسایه انداز به شکل هرم معکوس ناقص در مقایسه با ساختمان عمودی در حالت ثابت بودن پلان طبقه همکف، در محدوده بررسی شده (۱۵ تا ۳۰ درجه) با افزایش زاویه انحراف دیوار بهبود می یابد.



۲۰ درجه ۳۰ درجه ۲۵ درجه ۱۰ درجه ۱۵ درجه

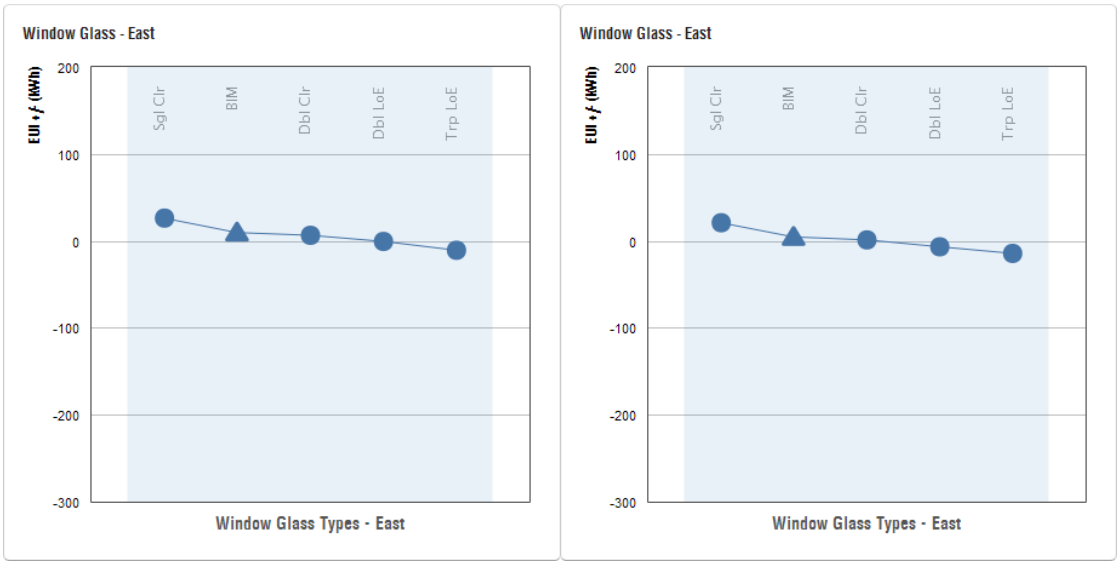
نمودار (۴-۱۱) مقایسه مقدار، بیشینه و کمینه مصرف انرژی ساختمان های خود سایه انداز با زاویه انحراف دیوار نسبت به خط عمود بر قاعده ۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰ درجه

۴-۴ تاثیر مولفه آلبیدو نما در مصرف انرژی دو ساختمان عمودی مشابه

مصرف انرژی دو ساختمان عمودی با مشخصات یکسان و با تفاوت در ضریب جذب خورشیدی مصالح نما مقایسه شد. ساختمان عمودی ۱ با آلبیدوی ۰.۸ عملکرد بهتری نسبت به ساختمان ۲ با آلبیدوی ۰.۲ داشت و با روشن شدن رنگ مصالح تراورتن نما ۱۶ کیلووات ساعت، معادل ۵ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی شد.

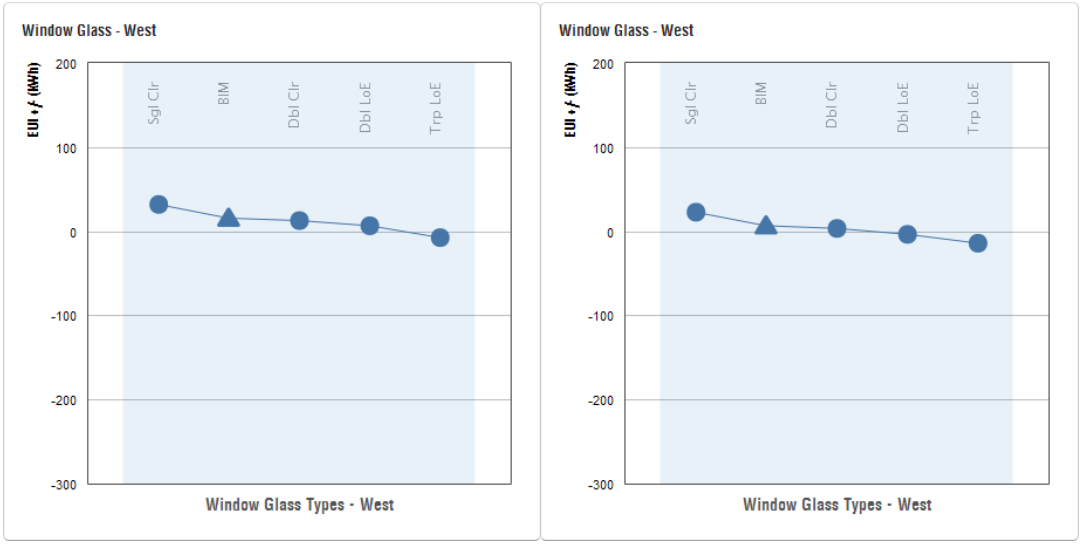
ساختمان عمودی ۱، آلبیدو=۰.۸ **ساختمان عمودی ۲، آلبیدو=۰.۲**

شکل (۴-۲۸) مقایسه تاثیر آلبیدو در مصرف انرژی دو ساختمان عمودی مشابه



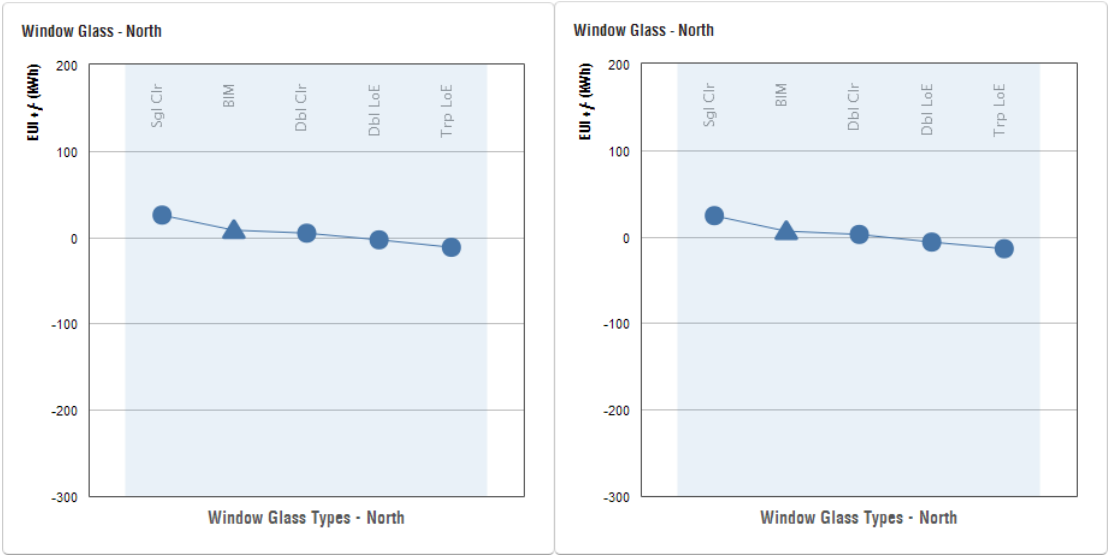
ساختمان عمودی۱ **ساختمان عمودی۲**

شکل(۴-۲۹)تاثیر نوع پنجره شرقی در مصرف انرژی



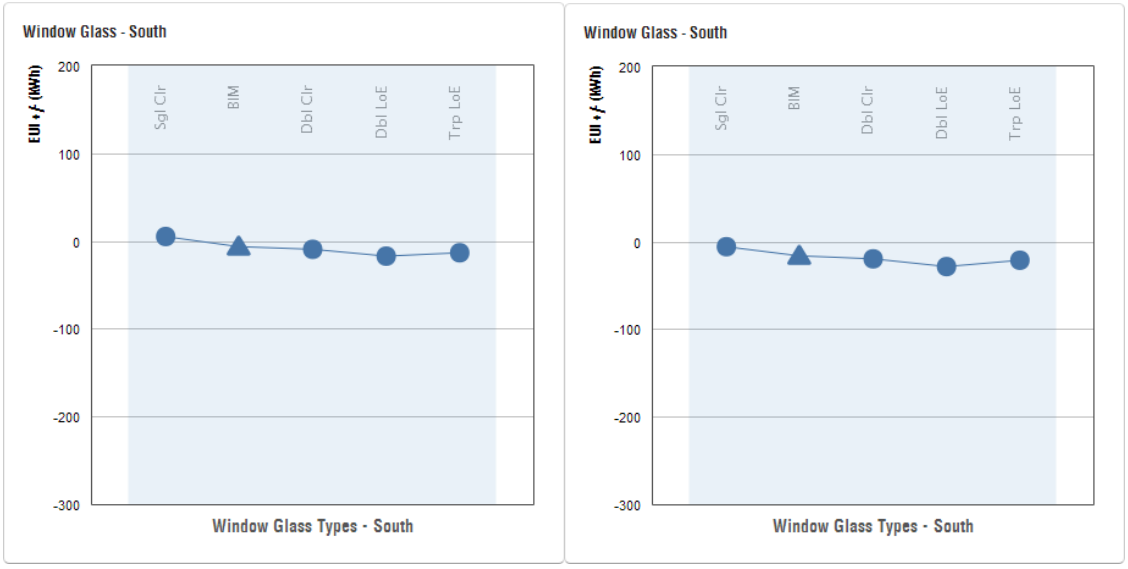
ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۳۰)تاثیر نوع پنجره غربی در مصرف انرژی



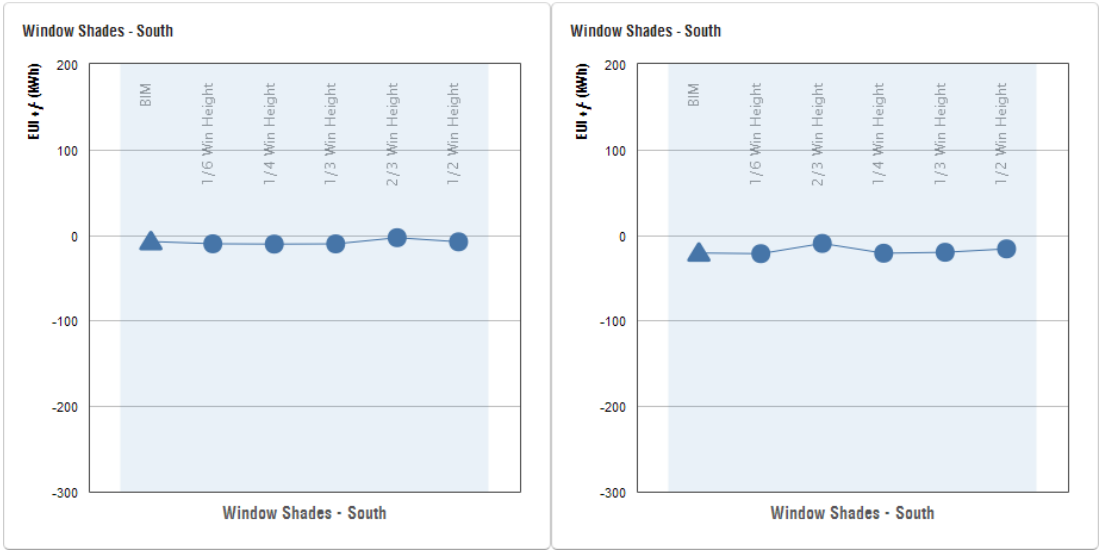
ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۳۱)تاثیر نوع پنجره شمالی در مصرف انرژی



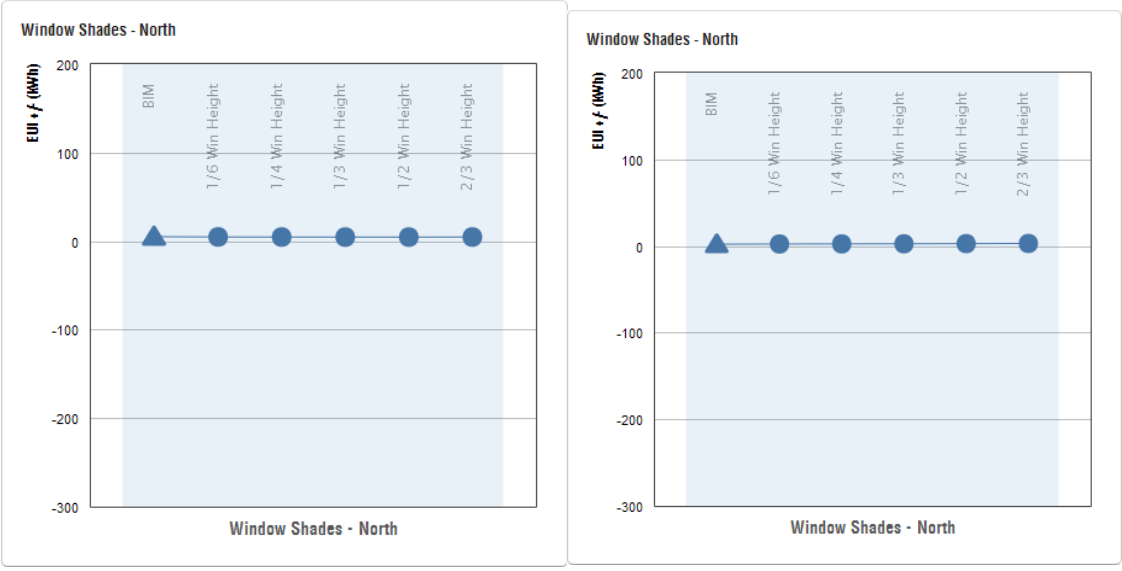
ساختمان عمودی۱ **ساختمان عمودی۲**

شکل(۴-۳۲)تاثیر نوع پنجره جنوبی در مصرف انرژی



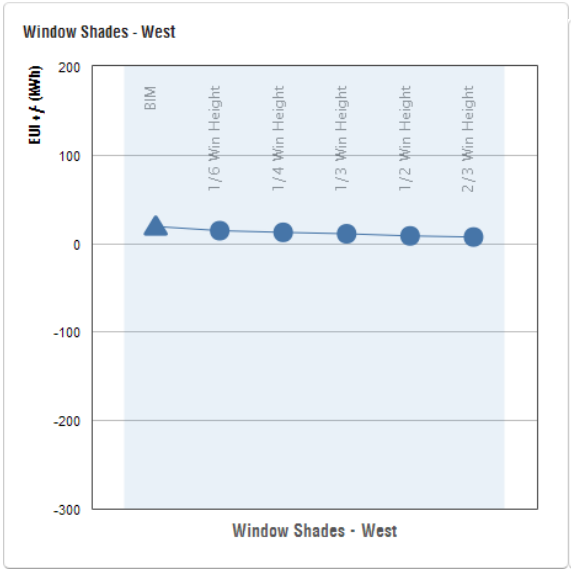
ساختمان عمودی۱ **ساختمان عمودی۲**

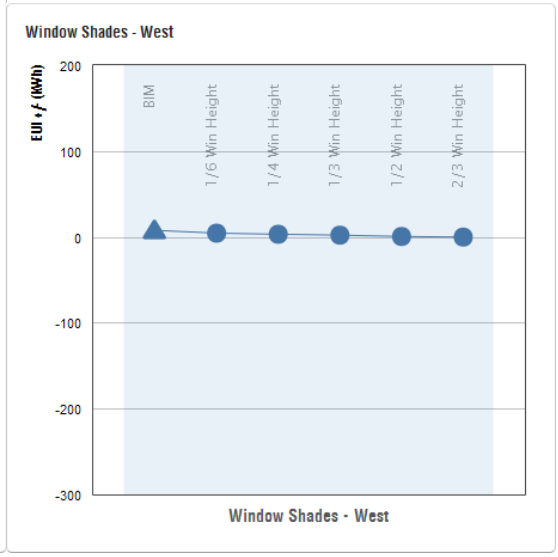
شکل(۴-۳۳)تاثیر سایه بان پنجره جنوبی در مصرف انرژی



ساختمان عمودی۱ **ساختمان عمودی۲**

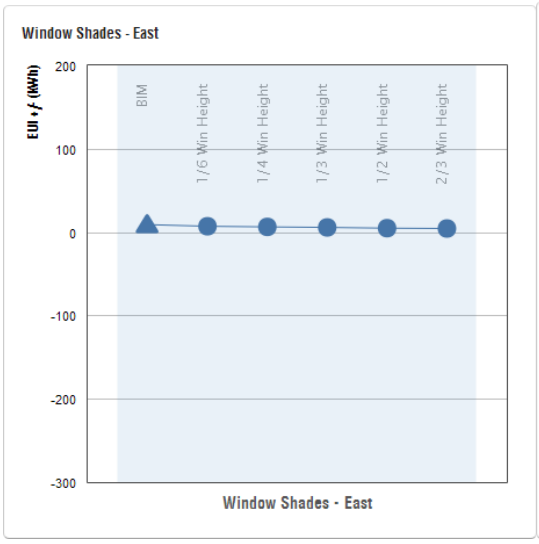
شکل(۴-۳۴)تاثیر سایه بان پنجره شمالی در مصرف انرژی

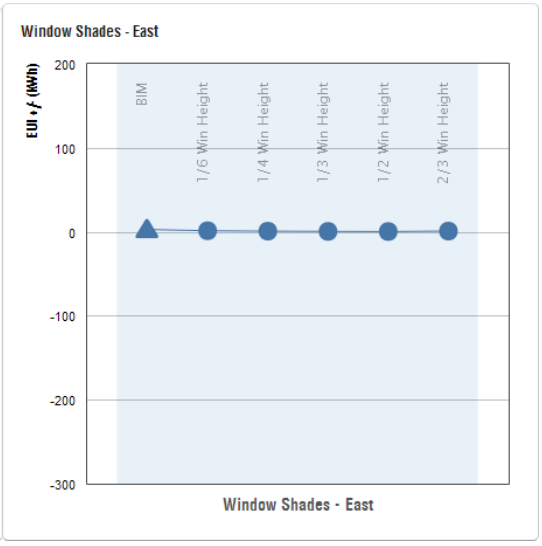




ساختمان عمودی۲ **ساختمان عمودی۱**

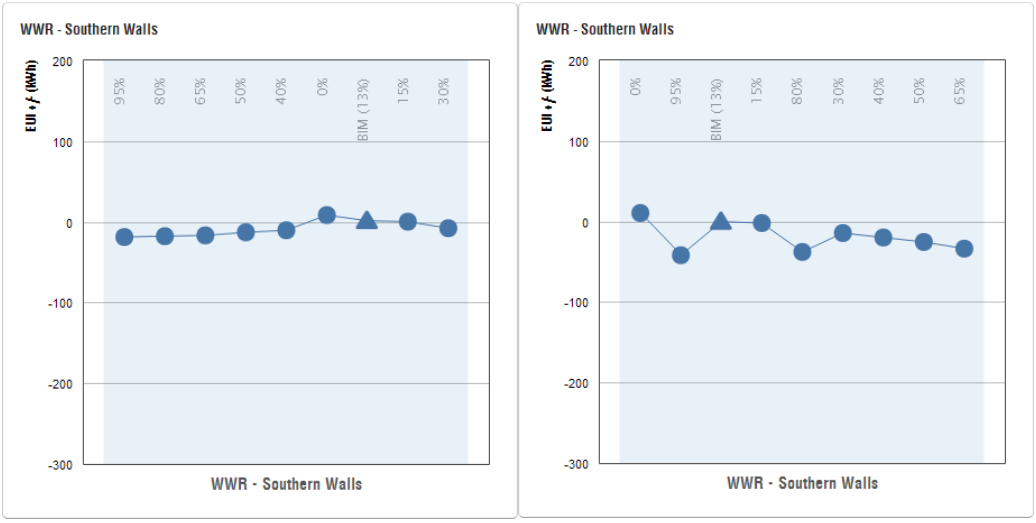
شکل(۴-۳۵)تاثیر سایه بان پنجره غربی در مصرف انرژی





ساختمان عمودی۲ **ساختمان عمودی۱**

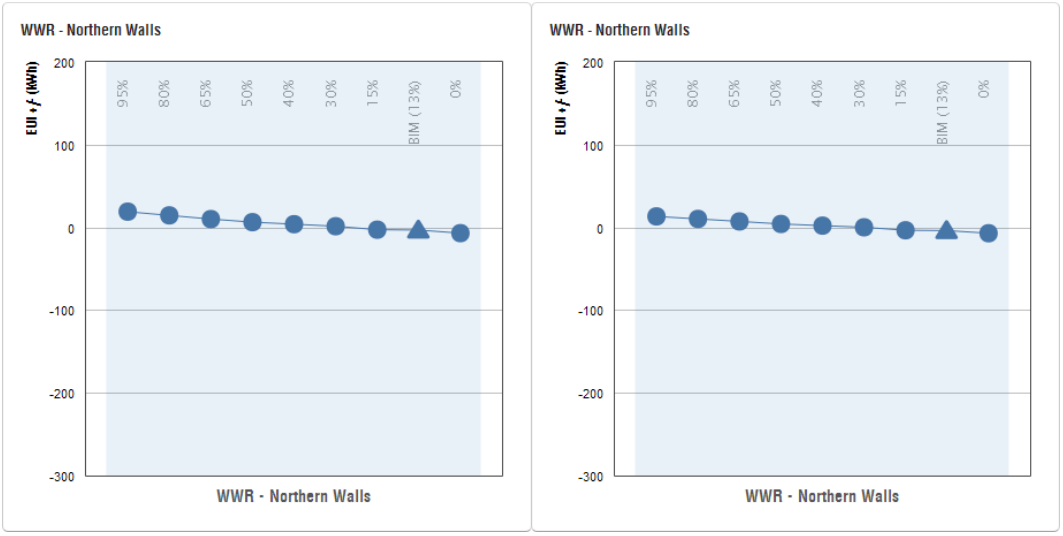
شکل(۴-۳۶)تاثیر سایه بان پنجره شرقی در مصرف انرژی



ساختمان عمودی۱ **ساختمان عمودی۲**

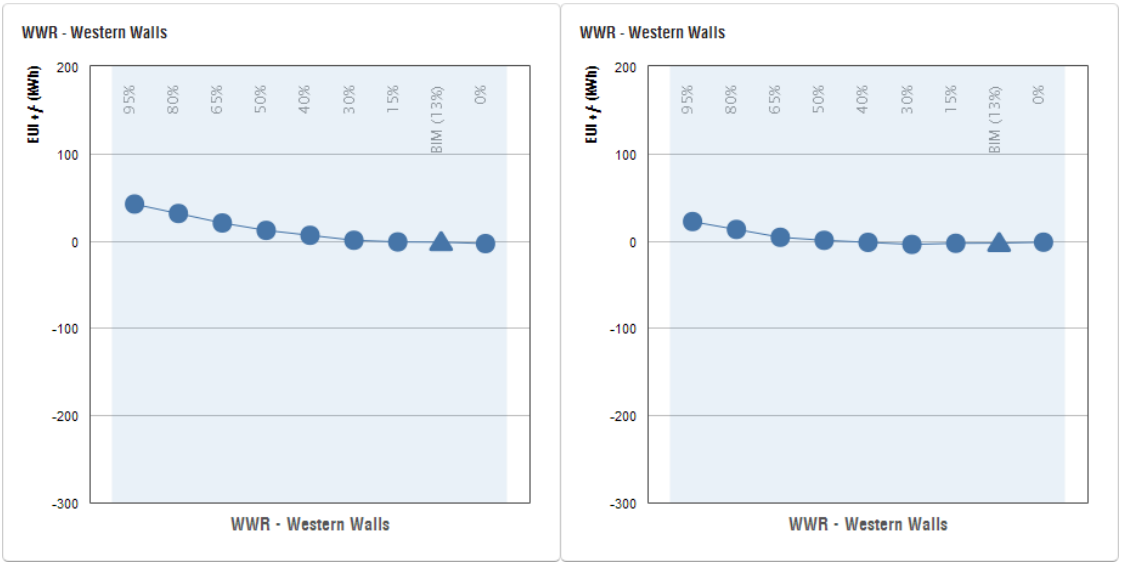
شکل(۴-۳۷)تاثیر درصد نسبت پنجره به دیوار جنوبی در مصرف انرژی

در ساختمان عمودی ۱با اعمال درصد پنجره یکسان می توانیم مصرف انرژی را به نسبت ساختمان ۲ به مقدار بیشـــتری کاهش دهیم. این موضـــوع را می توان این گونه تحلیل کرد که با افزایش انعکاس پـذیری ســـطوح ، ورود مجموع تـابش به داخل کمی افزایش پیدا خواهد کرد؛ بنابراین در یک مکان مشـخص و با درصـد پنجره مشـخص یک سـاختمان با مصالح انعکاس دهنده تابش بیشتری به داخل دریافت می کند.



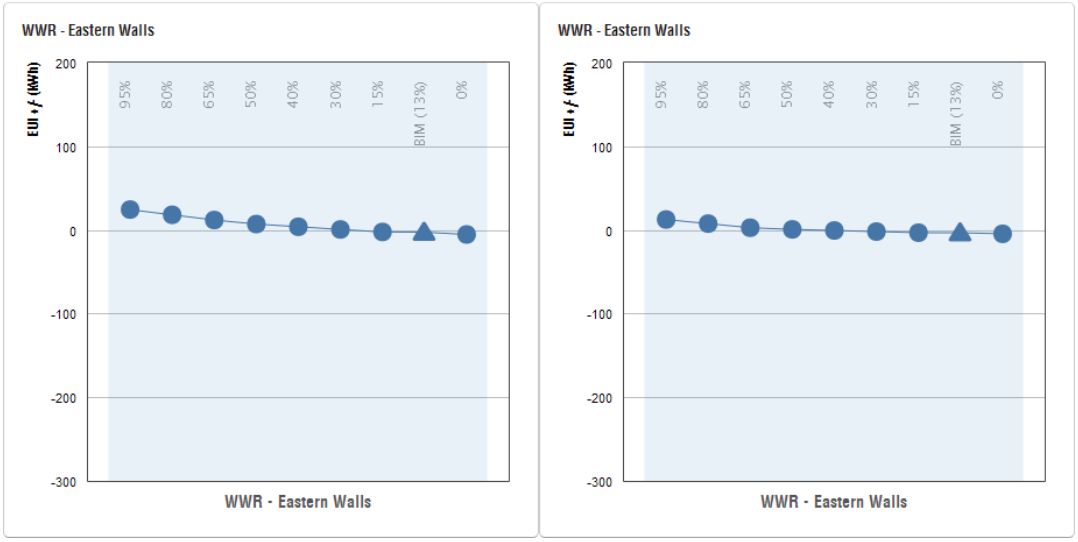
ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۳۸)تاثیر درصد نسبت پنجره به دیوار شمالی در مصرف انرژی



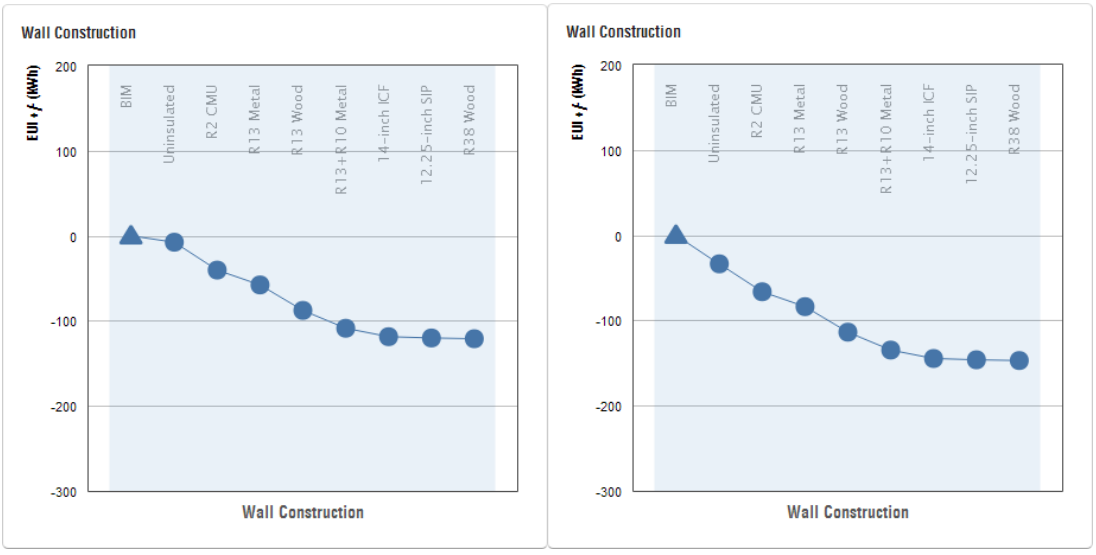
ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۳۹)تاثیر درصد نسبت پنجره به دیوار غربی در مصرف انرژی



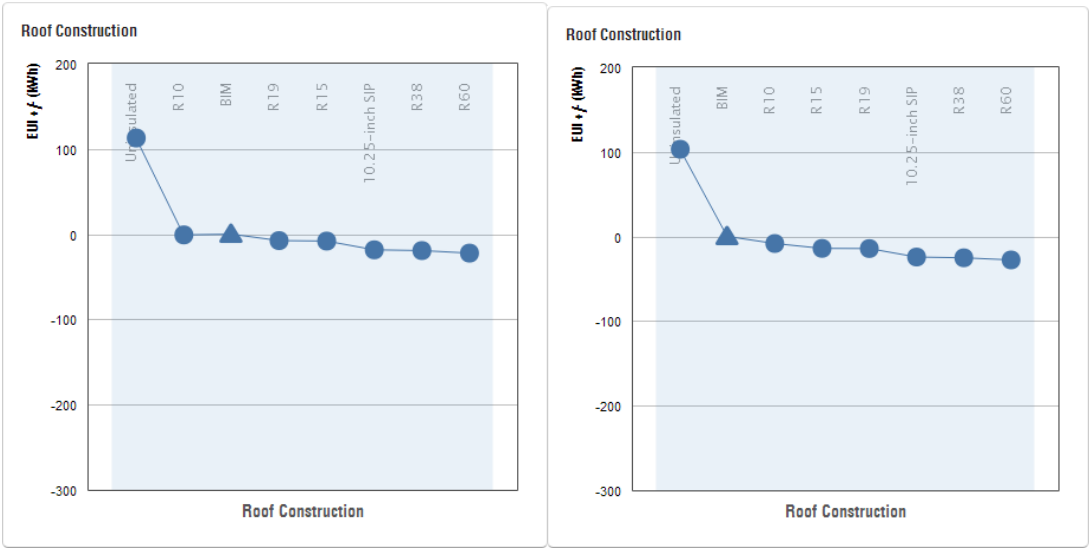
ساختمان عمودی۲ ساختمان عمودی۱

شکل(۴-۴۰)تاثیر درصد نسبت پنجره به دیوار شرقی در مصرف انرژی



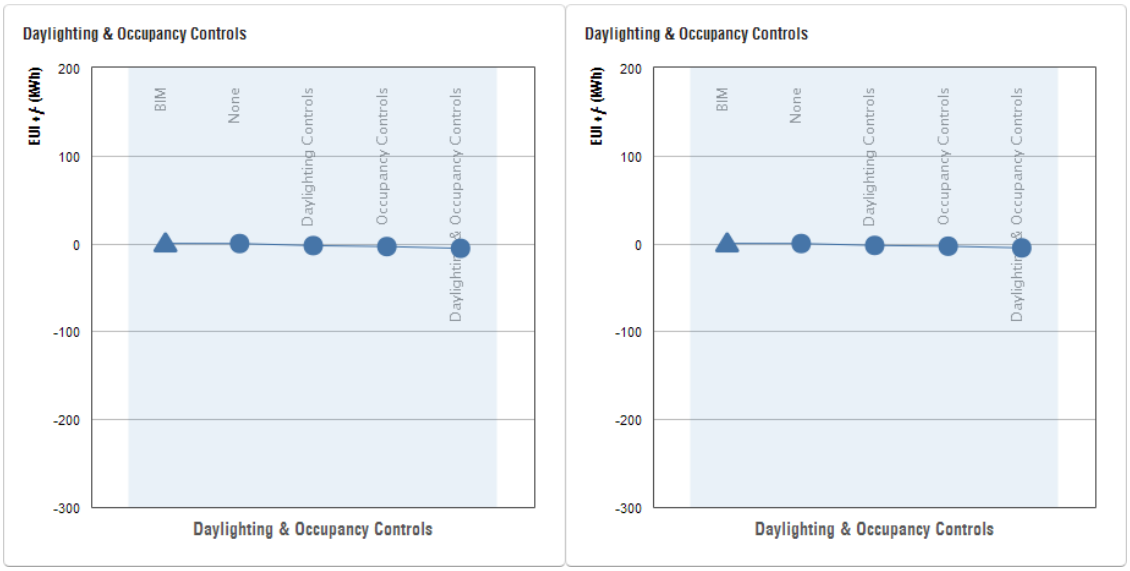
ساختمان عمودی۲ ساختمان عمودی۱

شکل(۴-۴۱)تاثیر نوع دیوار در مصرف انرژی



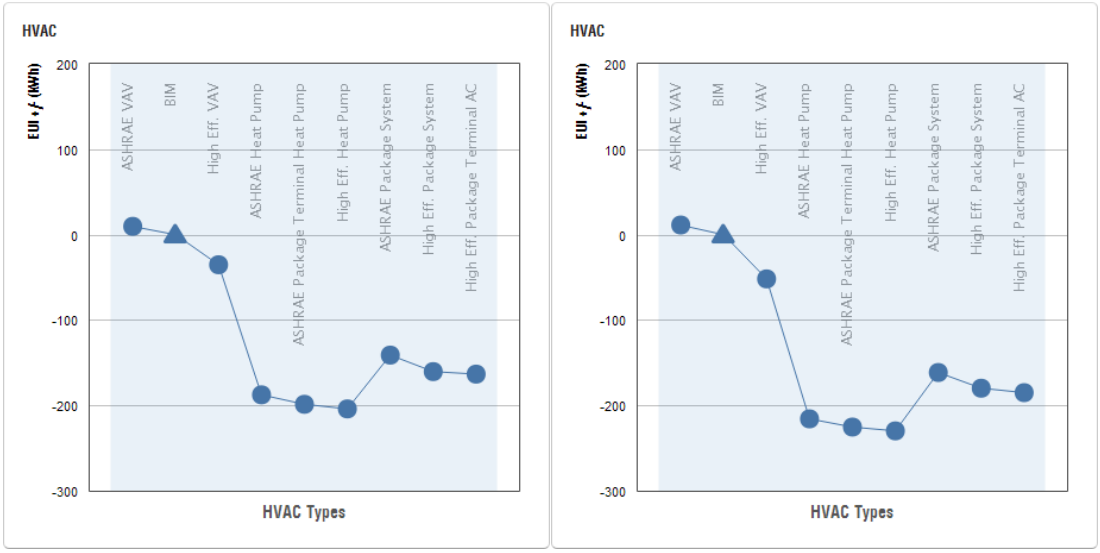
ساختمان عمودی۲ ساختمان عمودی۱

شکل(۴-۴۲)تاثیر نوع سقف در مصرف انرژی



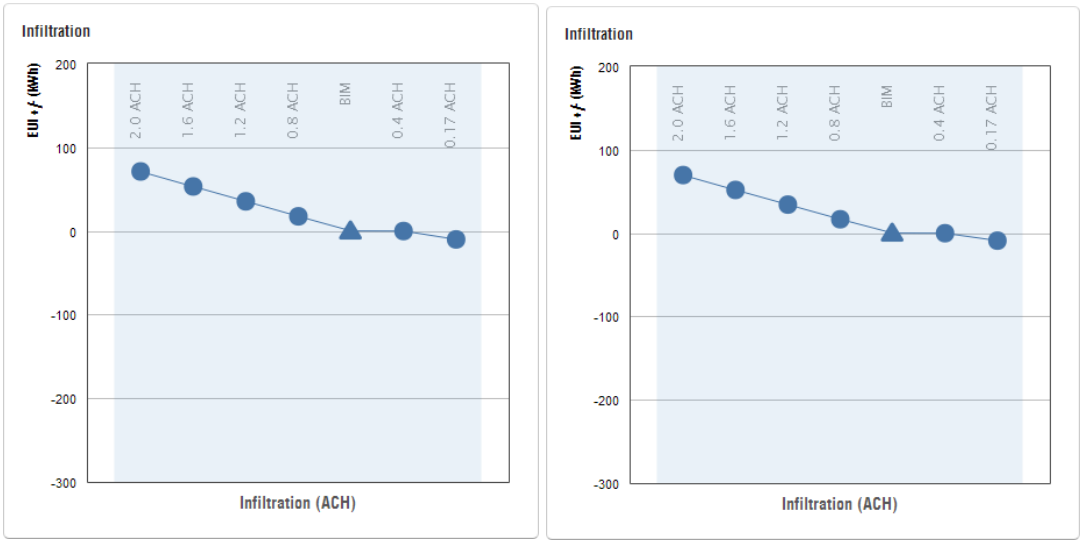
ساختمان عمودی۲ ساختمان عمودی۱

شکل(۴-۴۳)تاثیر کارایی سیستم روشنایی در مصرف انرژی



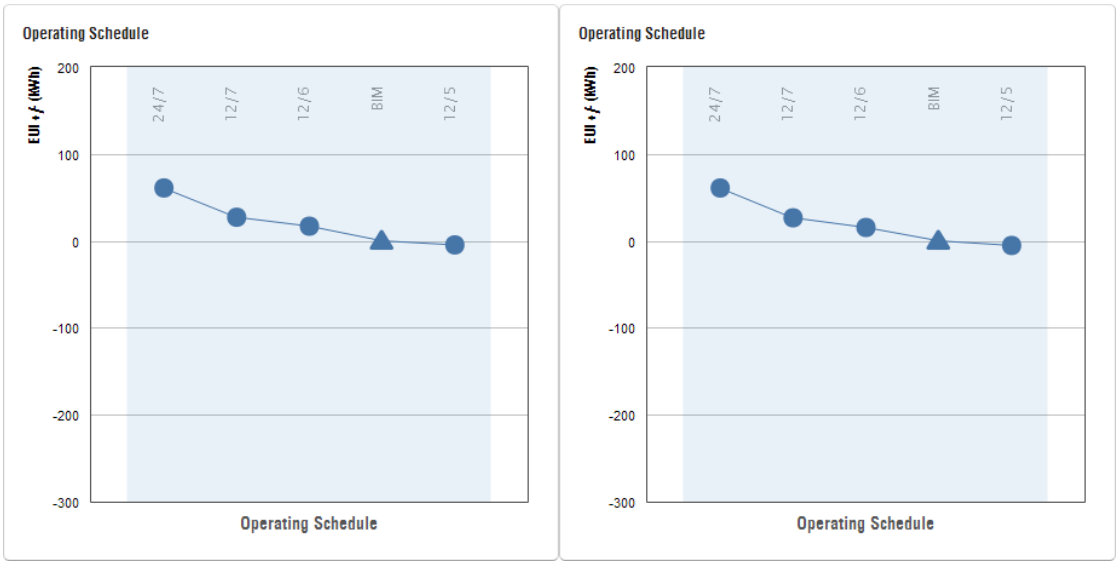
ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۴۴)تاثیر سیستم سرمایش گرمایش و تهویه مطبوع در مصرف انرژی



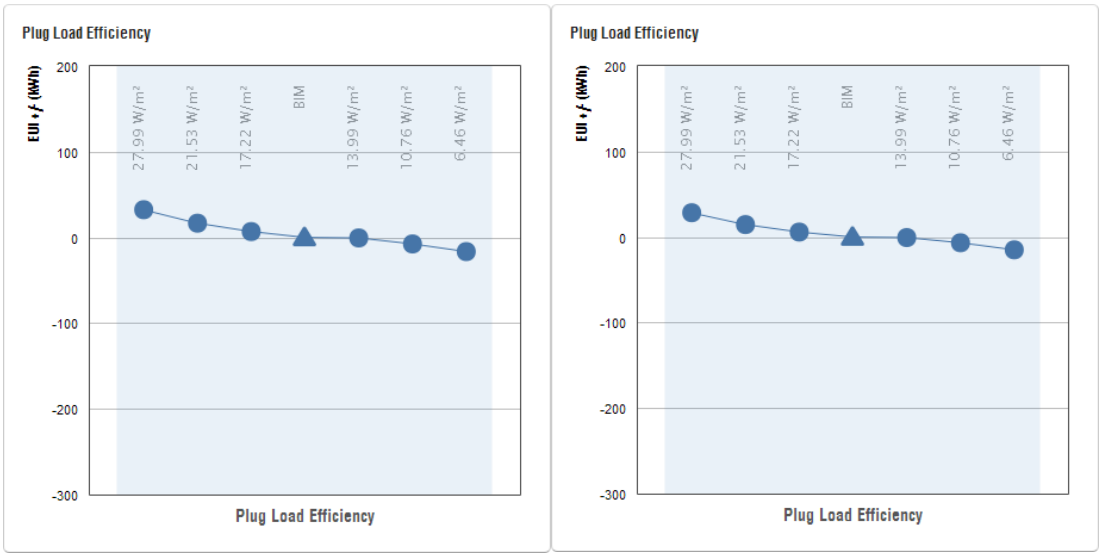
ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۴۵)تاثیر نرخ نفوذ هوا در مصرف انرژی



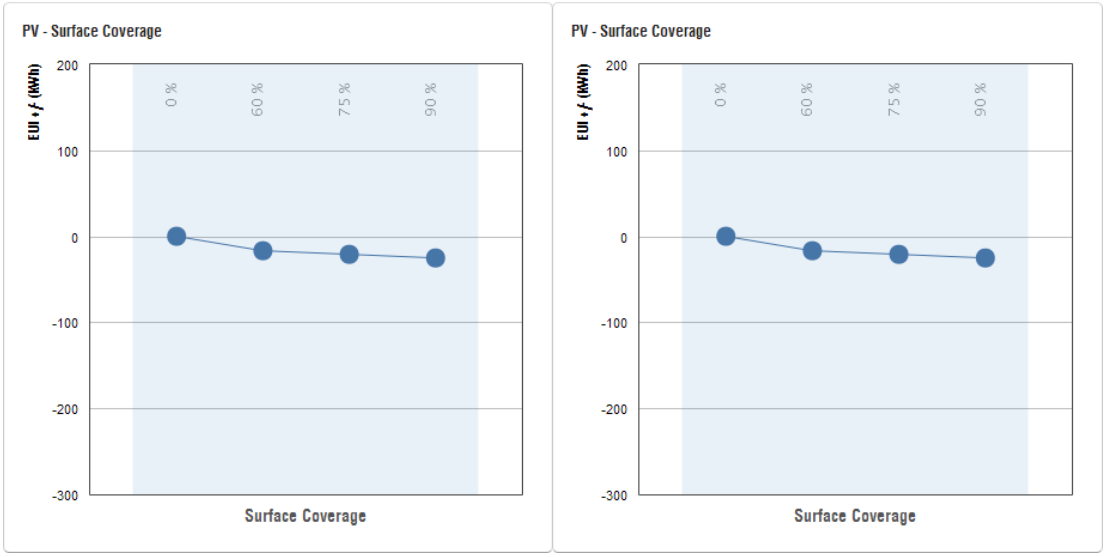
ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۴۶)تاثیر مدت زمان استفاده از ساختمان در مصرف انرژی



ساختمان عمودی۱ ساختمان عمودی۲

شکل(۴-۴۷)تاثیر کارایی سیستم برقی در مصرف انرژی



ساختمان عمودی۱ **ساختمان عمودی۲**

شکل(۴-۴۸)تاثیر پی وی پنل ها در مصرف انرژی

۴-۵ تاثیر مولفه آلبیدو نما در مصرف انرژی دو ساختمان خودسایه انداز مشابه

تاثیر مشخصات انعکاسی مصالح در فرم خودسایه انداز ساختمان نیز بررسی شد. به این منظورمدل انرژی ساختمان که مشخصات آن پیشتر ذکر شد، با دو سنگ تراورتن نما با آلبیدو ۰.۲ و ۰.۸ ساخته شد. نتایج حاکی از آن بود که در این فرم نیز عملکرد ساختمان با آلبیدو بیشتر بهتر است.

مقایسه تاثیر آلبیدو در مصرف انرژی دو ساختمان خودسایه انداز مشابه

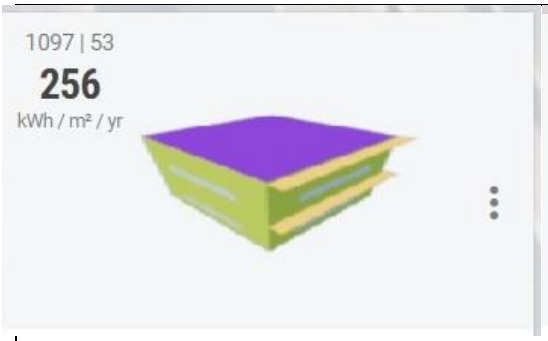
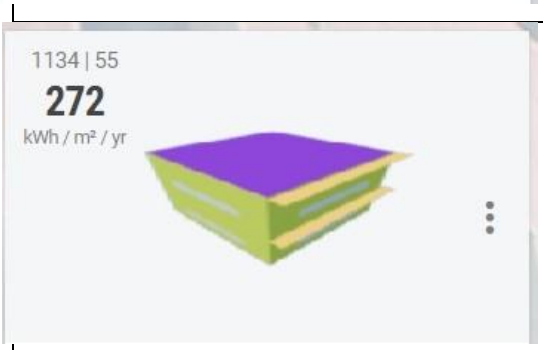
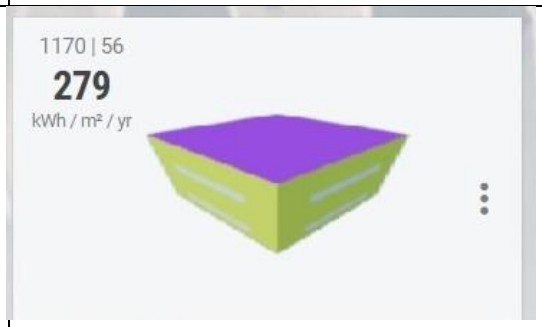
ساختمان خودسایه انداز۱، آلبیدو= ۰.۸ ساختمان خود سایه انداز۲، آلبیدو=۰.۲

شکل(۴-۴۹)مقایسه تاثیر آلبیدو در مصرف انرژی دو ساختمان خودسایه انداز مشابه

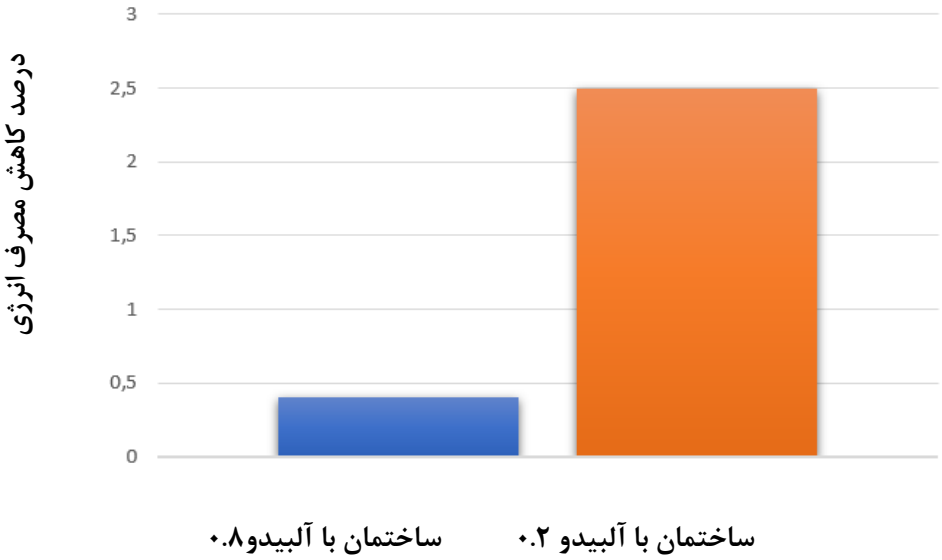
۴-۶ تاثیر استفاده از سایه بان جنوبی در عملکرد آلبیدو نما در جهت کاهش مصرف انرژی

برای اینکه تاثیر اســتفاده از سایه و آلبیدوی بالا در عملکرد حرارتی ساختمان مشخص شود و استفاده از این دو راهکار در کنار هم برای کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار گیرد، برای ساختمان عمودی، ســایه بان در جبهه جنوبی در نظر گرفته شــد. عمق ســایه بان با توجه به مقررات ملی ساختمان ۸۰ ســانتی متر در نظر گرفته شــد. یک بار با مصالح سنگ تراورتن با آلبیدو ۰.۲ و بار دیگر با آلبیدو ۰.۸، آنالیز انرژی صــورت گرفت. نتایج حاکی از آن بود که تاثیر اســتفاده از سایه بان در ساختمان با آلبیدو مصالح نمای ۰.۲ بیشتر از تاثیر آن در ساختمان با آلبیدو مصالح نمای ۰.۸ است. با این وجود، عملکرد انرژی ساختمان با آلبیدوی بالا و دارای سایه بان بهتر از ساختمان با آلبیدوی پایین و دارای سایه بان است.

جدول (۴-۶) مقایسه تاثیر سایه بان جنوبی در عملکرد مشخصه انعکاسی نما (آلبیدو) در جهت کاهش مصرف انرژی

ساختمان ها با آلبیدوی ۰.۸		
ساختمان ها با آلبیدوی ۰.۲		

با اضافه شدن سایه بان به ساختمان با آلبیدو ۰.۸ با $kwh/m^2/yr$ ۱ کاهش مصرف انرژی مواجه بودیم در صورتی که با اضافه شدن سایه بان به ساختمان با آلبیدو ۰.۲ $kwh/m^2/yr$ ۷ کاهش مصرف انرژی داشـتیم. بخشـی از نمای سـاختمان دارای سایه بان، در ماه هایی از سال و در ساعاتی از روز در سایه قرار می گیرد و این موضـوع باعث می شود با اضافه شدن سایه بان به ساختمان تیره تر (ساختمان با ضـریب جذب بالاتر و آلبیدوی کمتر) با کاهش انرژی بیشتری مواجه باشیم. نمودار زیر مقایسه درصد کاهش مصرف انرژی با اضافه شدن سایه بان به هر دو نمونه ساختمان را نشان می دهد. همان طور که نمودار نشـان می دهد درصد کاهش مصرف انرژی در ساختمان با مصالح بازتابنده با اضافه شدن سایه بان، بسیار کمتر از ساختمان دیگر است.

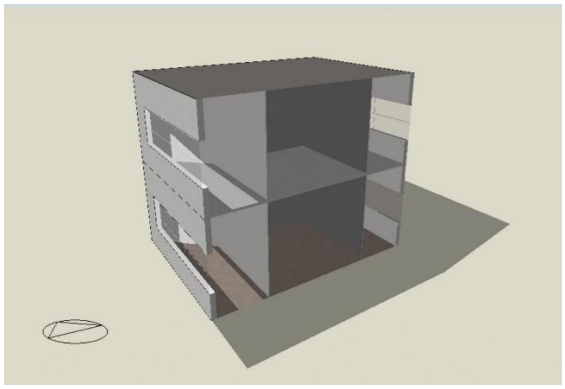


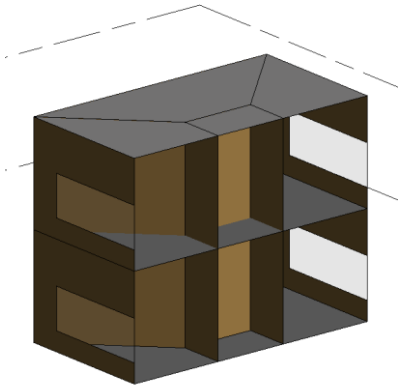
نمودار(۴-۱۲) مقایسه درصد کاهش مصرف انرژی ساختمان های با آلبیدو متفاوت با اضافه شدن سایه بان جنوبی

۴-۷ اعتبار سنجی

اعتبار یافته ها با آنالیز مجدد از مقایسه ساختمان عمودی و خودسایه انداز در حالت ثابت فرض کردن سطح طبقه همکف در نرم افزار شبیه ساز انرژی دیزاین بیلدر مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام این کار سعی شد تمامی تنظیمات اعمال شده در نرم افزار رویت اعم از مشخصات مصالح، نسبت پنجره به دیوار، نوع پنجره، کاربری ساختمان و ... در نرم افزار دیزاین بیلدر اعمال شود.

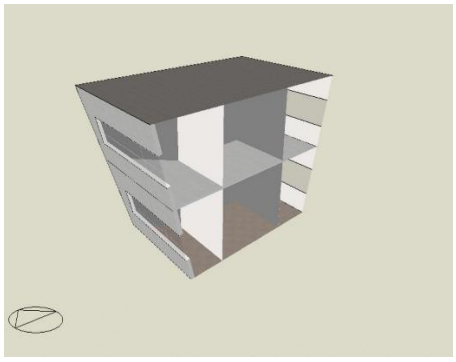
مدل انرژی ساخته شده در رویت در این مقایسه در حالت conceptual mass قرار داشت. این حالت زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که هدف کاربر آنالیز فرم ساختمان باشد بدون اینکه فضای داخلی و اجزای دقیق دیوارها، سقف و کف مد نظر باشد. این حالت به خصوص برای انجام مقایسه های فرمی مناسب می باشد. با توجه به مشخصاتی که مدل conceptual mass دارد انطباق دقیق آن با نرم افزار دیزاین بیلدر کمی دشوار بود ولی تمام سعی در راستای انجام این کار صورت گرفت. شکل (۴-۵۰) و (۴-۵۱) مدل های ساخته شده در دو نرم افزار را نشان می‌دهد. مدل های ساخته شده در نرم افزار رویت به صورت خودکار تولید شده اند به طوری که زون بندی و دیوار های داخلی توسط نرم افزار ایجاد شده است که آنالیز دقیق تری از فرم داشته باشد. ترسیم دیوارهای داخلی و زون بندی در نرم افزار دیزاین بر نرم افزار رویت منطبق شد.

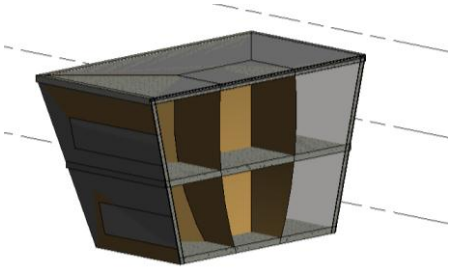




ساختمان عمودی در نرم افزار دیزاین بیلدر ساختمان عمودی در نرم افزار رویت

شکل(۴-۵۰) مدل های ساخته شده عمودی در دو نرم افزار رویت و دیزاین بیلدر





ساختمان خودسایه انداز در نرم افزار دیزاین بیلدر ساختمان خودسایه انداز در نرم افزار رویت

شکل (۴-۵۱) مدل های ساخته شده خودسایه انداز در دو نرم افزار رویت و دیزاین بیلدر

بررسی بار سرمایش و گرمایش دو ساختمان در نرم افزار دیزاین بیلدر نشان داد ساختمان خودسایه انداز به نسبت ساختمان عمودی بار سرمایشی کمتر و بار گرمایشی بیشتری دارد ولی در مجموع انرژی کمتری مصرف می کند .

مقایسه انجام گرفته در دیزاین بیلدر هم حاکی از عملکرد بهتر ساختمان خودسایه انداز از نظر مصرف انرژی بود به این صورت که در ساختمان خودسایه انداز با حدود دو درصد کاهش مصرف انرژی به نسبت ساختمان عمودی مواجه بودیم. نتایج آنالیز انرژی اینسایت ۳۶۰ به طور کلی منطبق بر نتایج نرم افزار دیزاین بیلدر بود و ساختمان خودسایه انداز مصرف انرژی کمتری به نسبت ساختمان عمودی داشت با این تفاوت که در اینسایت ۳۶۰ در حالت مورد بررسی، شاهد حدود ۱۰ درصد کاهش مصرف

انرژی بودیم که اختلاف به وجود آمده بین دو نرم افزار با توجه به ماهیت متفاوت این دو و نحوه ورود و آنالیز داده ها به وجود آمده است.

نتایج قبلی با در نظر گرفتن پروفیل upvc برای پنجره ها بدســـت آمده بود. نتایج حاصـــل از تغییر پروفیل پنجره ها به حالت چوبی نشـان داد، سـاختمان خودسایه انداز به نسبت ساختمان عمودی ۴ درصـد مصرف انرژی کمتری دارد. در واقع کاهش ۱۷ درصدی بار سرمایشی، افزایش ۱۵ درصدی بار گرمایشی را جبران کرد.

شکل(۴-۵۲)، (۴-۵۳) و (۴-۵۴)، مشخصات مصالح هر دو ساختمان را نشان می دهند.

Construction Template	
Template	**Project-Sara**
Construction	
External walls	mass exterior wall-R1.73
Below grade walls	Project below grade wall
Flat roof	mass roof R3.87
Pitched roof (occupied)	Project pitched roof
Pitched roof (unoccupied)	Project unoccupied pitched roof
Internal partitions	mass interior wall R0.49
Semi-Exposed	
Semi-exposed walls	Project semi-exposed wall
Semi-exposed ceiling	Project semi-exposed ceiling
Semi-exposed floor	Project semi-exposed floor
Floors	
Ground floor	mass floor-R0.74
External floor	mass floor-R0.74
Internal floor	Project internal floor

شکل(۴-۵۲)مشخصات مصالح دو ساختمان عمودی و خودسایه انداز برگرفته از نرم افزار دیزاین بیلدر

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m2-K)	4.460
Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K)	5.540
Surface resistance (m2-K/W)	0.100
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m2-K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K)	5.130
Surface resistance (m2-K/W)	0.040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m2-K)	0.268
R-Value (m2-K/W)	3.876
U-Value (W/m2-K)	**0.258**
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0.3626
Km - Internal heat capacity (KJ/m2-K)	32.6144
Upper resistance limit (m2-K/W)	3.876
Lower resistance limit (m2-K/W)	3.876
U-Value surface to surface (W/m2-K)	0.268
R-Value (m2-K/W)	3.876
U-Value (W/m2-K)	**0.258**

شکل(۴-۵۳)مشخصات جزئیات مصالح سقف برگرفته از نرم افزار دیزاین بیلدر

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m2-K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K)	5.540
Surface resistance (m2-K/W)	0.130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m2-K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m2-K)	5.130
Surface resistance (m2-K/W)	0.040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m2-K)	0.641
R-Value (m2-K/W)	1.730
U-Value (W/m2-K)	**0.578**
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0.2231
Km - Internal heat capacity (KJ/m2-K)	55.8690
Upper resistance limit (m2-K/W)	1.730
Lower resistance limit (m2-K/W)	1.730
U-Value surface to surface (W/m2-K)	0.641
R-Value (m2-K/W)	1.730
U-Value (W/m2-K)	**0.578**

شکل(۴-۵۴)مشخصات جزئیات مصالح دیوار خارجی برگرفته از نرم افزار دیزاین بیلدر

۵ نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۵-۱ مقدمه

اهمیت به کارگیری مواد و مصالح مناسب در صنعت ساختمان موضوعی است که این تحقیق را به بررسی وضع موجود نمای ساختمان های شهر تهران سوق داد. نتایج حاکی از آن بود که در شهر تهران سنگ با اختلاف، بیشترین فراوانی را به نسبت مصالح دیگر دارد و در میان مصالح سنگی، سنگ تراورتن از دیگر مصالح پیشی می‌گیرد. مشاهدات میدانی نشان داد که سنگ تراورتن کرم رنگ و پس از آن تراورتن سفید در میان رنگ های دیگر این نوع از سنگ، فراوانی بیشتری در نمای ساختمان های شهر تهران دارد. به خصوص در سال های اخیر بیشتر شاهد اقبال مردم به سمت این سنگ بوده ایم. پس از سنگ تراورتن، سنگ مرمریت، آجر و سنگ گرانیت به ترتیب بیشترین فراوانی را در میان مصالح نمای ساختمان های شهر تهران دارا هستند. مشاهدات میدانی همچنین نشان داد سنگ چینی در میان انواع دیگر خانواده مرمریت بیشترین فراوانی را دارد که البته بیشتر در مناطق با سطح اقتصادی متوسط به چشم میخورد. ارتباط بین نوع مصالح به کار رفته در ساختمان ها با موقعیت اقتصادی منطقه کاملا قابل لمس بود ولی نمی توان رابطه ای بین مناطق مختلف شهر تهران و نوع مصالح به کار رفته در نمای ساختمان های آن منطقه پیدا کرد چرا که هر منطقه از نظر سطح اقتصادی قابل تعریف نیست و نقاط مختلف آن می توانند تفاوت فاحشی با یکدیگر داشته باشند.

نتایج نشان داد یک رابطه همبستگی مثبت بین ساختمان های بالای ۲۰ سال و با مصالح آجر و همین طور بتن وجود دارد. با این وجود مشاهدات میدانی نشان داد اقبال مردم برای استفاده از آجر در ترکیب با سنگ در ساختمان های نوساز نیز وجود دارد. سنگ تراورتن در ساختمان‌های ۱۰-۵ سال نسبت به ساختمان های دیگر فراوانی بیشتری دارد. این تحلیل برای آجر تقریبا به صورت برعکس اتفاق می‌افتد؛ به این صورت که همبستگی آجر نسبت به ساختمان‌های زیر ۱۰ سال منفی است. نتایج همچنین نشان داد استفاده از مصالح چوب و ساختمان های نوساز و با سن ۵ تا ۱۰ سال رابطه معناداری با یکدیگر داشتند. تحلیلی که روی ۴ مصالح رایج انجام شد نشان دهنده این است که مصالح

تراورتن با اختلاف چشـمگیر نسـبت به مصـالح دیگر در ساختمان های نوساز و ۵ تا ۱۰ سال رایج تر است که این مسئله را نتایج حاصل از بررسی فاکتور فروش مصالح نیز تصدیق می کند.

تعریف چند الگوی موجود از ترکیب مصـالح نما برای سـاختمان‌های شـهر تهران نتیجه نهایی بررسی نمونه ها است که از رایج ترین آن‌ها می‌توان به ترکیب دو نوع سنگ تراورتن کرم و شکلاتی و ترکیب سنگ تراورتن (یک یا دو نوع) و آجر اشاره کرد.

صـرف نظر از کاربرد مصالح مختلف در نمای ساختمان های شهر، موضوعی که بعد از مشاهده میدانی شـهر کاملا محسوس بود عدم وحدت و هماهنگی بین نمای ساختمان های شهر تهران است. در واقع اصـول انتخاب مصالح و طراحی نما که می بایست در هماهنگی با ساختمان های مجاور باشد، در اکثر موارد مورد غفلت قرار گرفته اسـت که این مشکل با وضع ضوابط اجرایی مناسب و دقیق نماسازی می تواند تا حد زیادی مرتفع شـود. نکته قابل توجه دیگر این اسـت که موج اسـتفاده از مصـالح مختلف ساختمانی در دهه های مختلف متفاوت بوده است. تحولات در فرمها و نماهای ظاهری بناها و استفاده از مصـالح سـاختمانی متنوع در دوره های مختلف بسـیار بیشـتر از تحولات در سازه ها و ساختارهای سـاختمان ها بوده اسـت؛ به نحوی که میتوان ادعا کرد که روش های سـاختمانی به طور غالب به اسـکلتهای فولادی و بتنی محدود شد، لیکن فرمهای ظاهری و نماها همزمان با تحولات و نوآوری در روش ها و مصـالح سـاختمانی در کشـورهای توسعه یافته، دستخوش تغییر و تحول شده است. (جانی پور ۱۳۸۵) این موضوع تا حد زیادی متاثر از مبلغان تجاری مصالح بوده است و مشخصات فنی، زیبایی شناسی، اقلیمی و ... مصالح کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

۵-۲ خودسایه اندازی در شهر تهران

نتایج این پژوهش نشان داد که با اعمال داده های آب و هوایی تهران در وضع کنونی، در حالت یکسان در نظر گرفتن سطح طبقه همکف، ساختمان هرم معکوس ناقص با زوایای انحراف پیش فرض پژوهش، به نسـبت ساختمان عمودی بین ۷ تا ۲۰ درصد مصرف انرژی کمتری دارد که این عدد قابل ملاحظه

ای اســت. این کاهش مصــرف انرژی با افزایش زاویه انحراف دیوار بیشــتر می شــد به طوری که در ســاختمان خودسایه انداز با زاویه انحراف ۳۰ درجه با ۲۰ درصد کاهش مصرف انرژی مواجه بودیم. در حالت ثابت فرض کردن سطح زیربنای طبقات کاهش مصرف انرژی ساختمان خودسایه انداز به قدری چشــم گیر نبود که بتوان آن را پیشــنهاد داد. در حالت ثابت فرض کردن حجم دو ســاختمان نمونه، مصــرف انرژی ســاختمان عمودی به نســبت ساختمان خودسایه انداز کمتر بود. امروزه استفاده از این راهکار با در نظر گرفتن نیازهای زیبایی شناسانه و عملکردی طراحی و همچنین محدودیت های سایت می تواند نقش به ســزایی در کاهش بار ســرمایشــی و کاهش مصــرف انرژی سالیانه داشته باشد. نتایج پژوهش ها نشــان داده در بســیاری موارد و در اقلیم های عموما گرم و خشــک، کاهش بار ســرمایشی حاصــل از این راهکار به نسبت افزایش بار گرمایشی آن بیشتر است. در واقع با ثابت نگه داشتن سطح همکف ســاختمان و مقایســه دو ساختمان عمودی و خودسایه انداز، افزایش سطح بام یکی از مواردی اســت که در حالت خودســایه انداز منجر به افزایش بار گرمایشــی ســاختمان خواهد شد ولی نتایج در برخی مناطق حاکی از آن اســت که این افزایش بار گرمایشــی در طول ســال از کاهش بار ســرمایشی ساختمان کمتر است و مصرف انرژی سالیانه ساختمان کمتر خواهد شد.

با توجه به روند گرم شــدن کره زمین و پیش بینی هایی که در خصوص به طور مشخص آب و هوای شــهر تهران می شود در آینده نه چندان دور لزوم استفاده از چنین راهکارهایی در همان مراحل اولیه طراحی، نه تنها به عنوان یک آلترناتیو بلکه به عنوان یک اصــل احســاس خواهد شــد. در واقع برای تشویق طراحان برای نزدیک شدن به اهداف جهانی کاهش مصرف انرژی می بایست ضوابط شهرداری در این حوزه از انعطاف بیشتری برخوردار شود و بستری فراهم شود که طراحی در کنار پاسخ به اهداف عملکردی و زیبایی شناسانه از نظر انرژی نیز کارا باشد و استفاده از سیستم های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع که علاوه بر اثرات مخرب زیســت محیطی، هزینه های زیادی را نیز به ساختمان تحمیل می کند، به حداقل ممکن کاهش یابد.

۵-۳ مشخصات انعکاسی نما در شهر تهران

تمرکز این پژوهش روی فاکتور Albedo مصالح نما بوده است. اکثر پژوهش های پیشین در این حوزه به رنگ مصـالح ساختمانی می پردازند. همان طور که کسمایی اهمیت رنگ ساختمان را به قدری می داند که صـحبت در رابطه با جهت گیری ساختمان که یکی از مهم ترین عوامل طراحی است را بدون در نظر گرفتن رنگ بی مورد می داند.

برای ورود به این حوزه اگر آلبیدو را به جای رنگ، فاکتور مقایسـه قرار دهیم انتخاب دقیق تری است. چرا که وقتی از رنگ صـحبت می کنیم فقط محدوده نور مرئی را شـامل می شود ولی وقتی از آلبیدو صـحبت میکنیم کل محدوده نور (فرابنفش، فرو سـرخ و مرئی) را شامل می شود. نتایج پژوهش موید یافته های پیشین، مبنی بر عملکرد بهتر ساختمان با آلبیدو نمای بالاتر یا به عبارت دیگر ضریب جذب کمتر اسـت. برای بررسـی تاثیر میزان تابش در عملکرد آلبیدوی نمای سـاختمان، در این پژوهش عملکرد دو سـاختمان کاملا مشـابه با تفاوت در آلبیدو وقتی سـایه وجود داشـت در اقلیم شهر تهران بررسی شد. در هر دوی این حالت ها عملکرد ساختمان با آلبیدوی بالاتر بهتر بود. بنابر نتایج پژوهش، اسـتفاده از مصـالح بازتابنده در ساختمان های شهر تهران، به خصوص با توجه به روند گرم شدن این شـهر، راهکار بسـیار سـاده و بدون هزینه ای اسـت که می تواند مصرف انرژی ساختمان و هزینه های مربوط بـه آن را کـاهش دهد. این روش می تواند در مرحله انتخاب مصـالح در مراحل اولیه طراحی ساختمان مورد توجه قرار گیرد. همچنین در حیطه بازسازی و رنگ آمیزی ساختمان های موجود می توان این موضوع را مورد توجه قرار داد.

نتایج این پژوهش همچنین نشـان داد اثر خنک کنندگی سـایه بان در سـاختمان با مصـالح بازتابنده کمتر از ساختمان دیگر است. درصد کاهش مصرف انرژی در ساختمان با آلبیدو ۰.۸، حدود ۰.۴ درصد مشـاهده شد در حالی که این عدد در ساختمان با آلبیدو ۰.۲ به ۲.۵ درصد می رسد که تفاوت بسیار آشـکاری اسـت. در واقع دلیل این موضـوع را می توان در این حقیقت جسـت و جو کرد که اثر خنک

کنندگی مصالح بازتابنده رابطه مثبتی با میزان تابش خورشید به آن سطح داردو دقیقا به همین دلیل است که اثر خنک کنندگی در ساختمان با مصالح بازتابنده دارای سایه بان جنوبی کمتر مشاهده شد. نکات کلی به طور خلاصه در ادامه عنوان می شود.

۵-۴ جمع بندی به طور خلاصه

- اثر خنک کنندگی سایه بان در ساختمان با مصالح بازتابنده کمتر از ساختمان با مصالح غیر بازتابنده است.

-استفاده از مصالح با آلبیدوی بالا در شهر تهران به عنوان راهکاری برای کاهش بار سرمایشی و کاهش مصرف انرژی به شمار می رود ولی در صورتی که الزامات زیبایی شناسی طراح را به استفاده از مصالح تیره سوق داد استفاده از سایه بان تا حد زیادی می تواند مصرف انرژی را کاهش دهد.

-استفاده از فرم هرم معکوس به عنوان یک فرم خود سایه انداز می تواند ایده ای برای فرم یابی ساختمان باشد چرا که به واسطه سایه ای که ساختمان روی خودش می اندازد بار سرمایشی کاهش پیدا می کند و با وجود آن که سطح سقف نسبت به حالت عمودیش بیشتر می شود و با افزایش بار گرمایشی نسبت به حالت عمودی مواجه هستیم، مصرف انرژی سالیانه به نسبت فرم عمودی آن کمتر است.

- استفاده از مصالح روشن با آلبیدوی بالا و استفاده از سایه بان افقی جنوبی برای کاهش بار سرمایشی در شهر تهران در کنار یکدیگر توصیه می شود و این دو راهکار خلالی در عملکرد یکدیگر ایجاد نمی کنند.

-استفاده از راهکارهای ذکر شده و راهکارهای دیگر برای کاهش بار سرمایشی که در همان مراحل ابتدایی طراحی لحاظ می شوند در آینده نه چندان دور، با روند گرم شدن کره زمین، به خصوص در مناطق گرم و خشک به عنوان یک ضرورت تلقی خواهند شد.

۵-۵ پیشنهادات

جنبه های جالب توجه دیگری از موضــوع پروژه در حین روند رفت و برگشــتی جمع آوری اطلاعات و شبیه سازی انرژی نمود کرد که برای انجام پژوهش های بعدی پیشنهاد می شود:

-بررسی تاثیر آلبیدو مصالح نما در اقلیم های سرد در کاهش و یا افزایش مصرف انرژی

-بررسی اثر متقابل آلبیدو مصالح پیاده رو و ساختمان در عملکرد انرژی ساختمان

-بررسی اثر خودسایه اندازی در کاهش مصرف انرژی در سایر شهرهای با اقلیم گرم و خشک مثل یزد

-بررسی اثر خودسایه اندازی ساختمان در سال های آتی شهر تهران با توجه به داده های آب و هوایی آینده

-بررسی عملکرد حرارتی یک نمونه ساختمان خودسایه انداز موجود در شهری مثل تهران

-بررسی اثر متقابل جهت گیری و آلبیدوی مصالح ساختمان در کارایی انرژی

-بررسی تاثیر آلبیدو انواع مصالح نمای رایج در شهر تهران مانند انواع سنگ ها و آجر

فهرست منابع

Alchapar, N. L., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2014). Classification of building materials used in the urban envelopes according to their capacity for mitigation of the urban heat island in semiarid zones. Energy and Buildings, 69, 22-32.

Capeluto, I. G. (2003). Energy performance of the self-shading building envelope. *Energy buildings*, *35*(3), 327-336.

Chan, A., & Chow, T. (2014). Thermal performance of air-conditioned office buildings constructed with inclined walls in different climates in China. *Applied energy*, *114*, 45-57.

Kamal, M. (2011). Shading: A simple technique for passive cooling and energy conservation in buildings'. *11*(1), 18-23.

Kandar, M., Nimlyat, P., Abdullahi, M., & Dodo, Y. (2016). A Field Study of Thermal and Visual Performance of Self-Shading Energy Commission Diamond Building, Putrajaya, Malaysia. *Indian Journal of Science Technology*, *9*, 46.

Karlessi, T., & Santamouris, M. (2013). Research on thermochromic and PCM doped infrared reflective coatings. In *Advances in the Development of Cool Materials for the Built Environment* (Vol. 83, pp. 85).

Lavafpour, Y., & Sharples, S. (2014). Impact of the envelope geometry on cooling demand in very airtight UK dwellings under current and future weather projections. *Energy Procedia, 62*, 421-430.

Lavafpour, Y., & Sharples, S. (2015). Summer thermal comfort and self-shading geometries in Passivhaus dwellings: A pilot study using future UK climates. *Buildings*, *5*(3), 964-984.

Nikpour, M., Kandar, M. Z., Ghasemi, M., Ghomeshi, M., & Safizadeh, M. R. (2012). Heat transfer reduction using self shading strategy in energy commission building in Malaysia. *Journal of Applied Sciences, 12*(9), 897-901.

Pacheco-Torgal, F. (2014). Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020. *Construction building materials, 51*, 151-162.

Yang, J., Wang, Z.-H., & Kaloush, K. E. (2015). Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a 'silver bullet'for mitigating urban heat island? *Renewable Sustainable Energy Reviews, 47*, 830-843.

Zinzi, M. (2016). Cool Materials. In *Energy Performance of Buildings* (pp. 415-436): Springer.

Http://insight360.autodesk.com/oneenergy

اصلانی بوسجین ف، (۱۳۸۲) **"بررسی شیوه های مؤثر طراحی معماری پایدار در صرفه جویی انرژی"** مجموعه مقالات سومین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت.

حیدری ش، (۱۳۹۳) **"سازگاری حرارتی در معماری نخستین قدم در صرفه جویی مصرف انرژی"** انتشارات دانشگاه تهران، تهران.ص ۱۳۳-۱۳۴

سراج ف، (۱۳۸۷) **"استفاده بهینه و موثر از انرژی های پاک تنها راه‌حل حفظ محیط‌زیست"** انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۵، ۱۴۷-۱۵۹.

شفیعی م، (۱۳۹۲)، پایان نامه ارشد: **"طراحی ساختمان اداری بلند مرتبه پایدار در تهران"**، دانشگاه هنر.

عمیدی ع، (۱۳۹۵)، **"نظریه های نمونه گیری و کاربردهای آن"**، مرکز نشر دانشگاهی، تهران

فاضلی ن، (۱۳۹۱) **"معماری، انرژی، آسایش"** چاپ اول، نشر انشاء، تهران، ص ۳۲.

فرهادی ص، (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشـد: **"بررسی و مقایسه روش تدریس حل مسئله طبق روش دیویی و روش تدریس متداول در دوره ابتدایی بر پیشرفت تحصیلی درس تعلیمات اجتماعی دانش آموزان دختر پایه پنجم شهر تهران"**، دانشکده روان شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبایی.

قبادیان و، (۱۳۹۰) **"بارسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران"** چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص ۳۵.

قیابکلو ز، (۱۳۹۱) **"مبانی فیزیک ساختمان ۲ (تنظیم شرایط محیطی)"** چاپ چهارم، جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، تهران، ص ۳۱

کسمایی م، (۱۳۷۸) **" اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۸۱-۸۲

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۲۰۱

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۲۰۲

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۲۰۴

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۲۰۵

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۲۱۶

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۴۸

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۶۰-۶۲

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۶۴-۶۷

کسمایی م، (۱۳۷۸) **"اقلیم و معماری"** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۷۷

کسمایی، م، (۱۳۷۸) **اقلیم و معماری "** انتشارات بازتاب، تهران. ص ۶۹-۷۰

کیا، م. م.، & ب،کریمی. (۱۳۹۳). نقش شفافیت و کشیدگی بنا بر مصرف انرژی ساختمان های خودسایه‌انداز .اولین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی، تهران.

محمدی م، مهدوی نژاد م، (۱۳۹۵)، **"نقش خودسایه‌اندازی در کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های عمومی"** کنفرانس بین المللی عمران، معماری و منظر شهری، ترکیه، استانبول.

مرادی س، (۱۳۸۶)، **"تنظیم شرایط محیطی"**چاپ سوم، انتشارات شهیدی، تهران، ص ۸۹.

مسعودی تنکابنی س. (۱۳۹۴)، پایان نامه ارشد: **"نقش خودسایه‌اندازی در کاهش مصرف انرژی ساختمانها؛ نمونه موردی: طراحی مجموعه مسکونی جدید در منطقه ۲۲ تهران"** دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس.

منصوری مجومرد پ، (۱۳۹۵)، پایان نامه ارشد: **"تحلیل نقش پوسته‌های خودسایه‌انداز در افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی؛ نمونه طراحی: ساختمان اداری شرکت نفت"** دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس.

مور ف، (۱۳۸۲)، **"سیستم‌های کنترل محیط زیست (تنظیم شرایط محیطی در ساختمان)"**، ترجمه کی نژاد و آذری، چاپ اول، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز.

نصراللهی ف، (۱۳۹۳)، **"ساختمان‌های اداری انرژی کارا بهره وری انرژی با طراحی معماری"**، مجموعه مقالات تحقیقاتی پروژه شهرهای جوان.

واتسون د، لبز ک، (۱۳۹۲)، **"طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان"**، ترجمه قبادیان، دانشگاه تهران، تهران، ص ۶۰.

واتسون د، لبز ک، (۱۳۹۲)، **"طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان"**، ترجمه قبادیان، دانشگاه تهران، تهران، ص ۶۲.

Abstract

Approaching the global goals of reducing non-renewable energy consumption, should be taken more seriously in our country by the global warming process, increasing environmental pollution and the resulting economic pressures. Regarding that the building industry is one of the country's largest energy consumers, it would be useful to provide solutions to utilize the country's climate capacity effectively to minimize the use of heating, cooling and ventilation systems. Considering the issues of building energy efficiency in the early stages of design is one of the points that this research addresses. Orientation, form, materials and so on are effective factors in the building that will play an important role in the overall energy performance of the building. This study, after identifying the most commonly used facade materials in Tehran, measures the role of the Albedo Factor as one of the reflective properties of facade materials in reducing the energy consumption of the building. Also, it investigates the effect of self-shading. In this study, the effect of different angles of wall inclination was investigated on an incomplete reverse pyramid building as a self-shading form in Tehran. The results showed that increasing the angle of inclination resulted in a decrease in energy consumption in the target range (between 10 and 30 degrees). Also, in this study, it is tried to investigate the effect of the albedo of the facade materials on the energy efficiency of buildings, and the effect of shadow on the albedo of facade performance in reducing the energy consumption of buildings. For this purpose, we first compare the effects of albedo on two vertical buildings, two self-shading buildings and then two buildings with a horizontal south shader.

The results showed that in all these cases higher albedo building performance was better in terms of energy consumption, but the shade reduced the high albedo effect in reducing energy consumption because high albedo performance was dependent on sunlight. Thus adding a southern canopy to Building with lower albedo, caused lower annual energy consumption. In other words, the cooling effect of the canopy was lower in buildings with reflective materials than other buildings, but the energy performance of buildings with higher albedo was still better. The energy analysis performed in this study was performed by the Insight 360 Plugin 2019 software.

Keywords: Self-shading, Albedo, Reducing energy consumption, Facade materials

Shahrood University of Technology

Faculty of Architecture

MSc Thesis in Architecture

The impact of reflective properties of materials on energy efficiency optimization of self-shading buildings

By: Sara Jalali

Supervisors:
Dr Danial Monsefi Parapari
Dr Mohammadjavad Mahdavinejad

6/98