

# تحلیل انرژی بار سرمایشی ساختمان با استفاده از سایبان و عایق حرارتی در سه اقلیم گرم، معتدل و سرد ایران

مرتضی اصغری<sup>۱</sup>، زهرا پولایی موزیرچی<sup>۲</sup> و\* حمید یزدانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند

<sup>۲</sup> استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند

<sup>۳</sup> دکتری تخصصی، دانشکده معماری، دانشگاه علم و صنعت، تهران

\*مسئول مکاتبات: Poolaei@damavandiau.ac.ir

## چکیده

## واژگان کلیدی

شبیه‌سازی  
انرژی  
ساختمان  
سایبان  
عایق حرارتی

## تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۸/۳۰

تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۱/۱۹

امروزه برای فراهم کردن آسایش در ساختمان‌ها انرژی زیادی صرف می‌شود که ضروریست میزان انرژی مصرفی سنجیده و راهکارهای مناسب جهت کاهش مصرف انرژی ارائه گردد. یکی از راه‌های بدست آوردن مقدار انرژی مصرفی جهت ایجاد آسایش، استفاده از برنامه‌های شبیه‌سازی مصرف انرژی ساختمان مانند انرژی پلاس و دیزاین بیلدر است. در این مقاله یک مدل واقعی انتخاب و با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر میزان انرژی مصرفی جهت بار سرمایش آن در سه شهر اهواز، تهران و تبریز بر اساس دو راهبرد مختلف شبیه‌سازی شده و میزان تأثیرات آنها بر مصرف انرژی الکتریکی در روز ۱ جولای مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. راهبرد اول استفاده از معادله انتقال حرارت تشعشعی و کاهش سطح مقطع تابیده شده ساختمان با بکارگیری سایبان با عمق‌های مختلف (۶ حالت) است و راهبرد دوم بکارگیری معادله فوریه است که با استفاده از عایق حرارتی با ضخامت‌های متفاوت (۵ حالت) میزان کاهش شار حرارتی ساختمان محاسبه شده است. نتایج نشان داد که برای شهر اهواز و تهران راهبرد دوم با اختلاف زیادی بر راهبرد اول ارجحیت دارد ولی در شهر تبریز اختلاف دو راهبرد کم است. همچنین نتایج شهر اهواز نشان داد که تصور ما در کاهش مصرف انرژی با استفاده از سایبان غالباً صحیح نیست و کاربرد عایق حرارتی حتی با ضخامت یک سانتیمتر تأثیر خوبی در کاهش مصرف انرژی دارد.

## ۱ مقدمه

برنامه مشترکی در خصوص کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها با عنوان ساختمان‌های با مصرف انرژی صفر<sup>۷</sup> [۵، ۶]، یا ساختمان‌های سبز<sup>۸</sup> ارائه، تصویب و اقدام نمودند.

بر اساس بررسی‌های صورت‌پذیرفته توسط صندوق بین‌المللی پول [۷]، ایران در رده کشورهای با مصرف انرژی بالا قرار دارد و در سال‌های (۲۰۰۰) تا (۲۰۱۲) با توجه به تغییر سطح آسایش و شرایط زندگی، رشد مصرف انرژی در ایران سریعتر گردیده است [۸].

پژوهشگران و محققان زیادی به بررسی کاهش انرژی مصرفی ساختمان در حوزه‌های مختلف پرداختند که از آن جمله می‌توان به ۱. سیستم‌های تهویه مطبوع هوشمند و کم‌مصرف [۹]، ۲. بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر [۱۰]، ۳. بررسی پوسته ساختمان با تکیه بر استفاده از انرژی خورشید [۱۱]، مانند دودکش خورشیدی و جلوگیری از اتلاف انرژی جداره‌های ساختمان [۱۲]، مانند عایق حرارتی و یا استفاده مناسب از سایبان اشاره نمود [۱۳].

بر این اساس بیشتر دغدغه طراحان و معماران ساختمان به کاهش گرمای ورودی ناشی از تابش مستقیم نور خورشید بر جداره‌های ساختمان [۱۴]، و همچنین کاهش انتقال حرارت از جداره‌ها و پل‌های حرارتی بدلیل اختلاف دمایی محیط بیرون با داخل [۱۵، ۱۶] جهت حفظ دمای ساختمان و شرایط

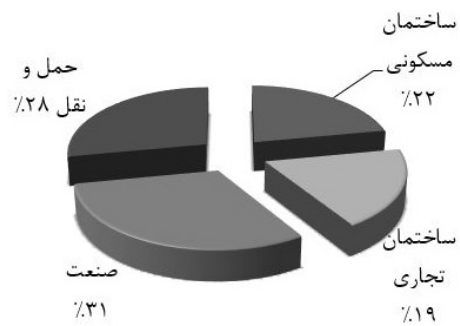
انسان‌ها برای بالا بردن کیفیت زندگی خود اقدام به تغییر شرایط محیطی در راستای فراهم نمودن آسایش بیشتر برای خود هستند که از آن جمله می‌توان به استفاده از تهویه مطبوع در ساختمان‌های اداری و مسکونی اشاره کرد.

ایجاد و حفظ شرایط آسایش مستلزم مصرف انرژی است که در حال حاضر سهم زیادی از آن با بهره‌برداری از منابع فسیلی امکان‌پذیر است [۱]. سازمان مدیریت اطلاعات انرژی آمریکا در سال (۲۰۱۲) جهت کنترل مصرف انرژی، تحقیقاتی بر روی منابع و میزان تولید و مصرف انرژی در دنیا انجام داده است [۲]. همانگونه که می‌دانیم مصرف انرژی علاوه بر تحمیل هزینه بالا، عامل مهمی در تغییر شرایط آب و هوای زندگی ما و تخریب محیط زیست محسوب می‌شود.

دپارتمان انرژی آمریکا<sup>۱</sup> میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف جامعه را به چهار گروه حمل و نقل<sup>۲</sup>، صنعت<sup>۳</sup>، ساختمان‌های اداری<sup>۴</sup>، و مسکونی<sup>۵</sup>، تقسیم نموده که در شکل ۱ نشان داده شده است [۳، ۴]، که سهم ساختمان متشکل از تجاری و مسکونی برابر با ۴۱ درصد است. این حجم انرژی صرف شرایط آسایش ساکنین شامل روشنایی، تهویه مطبوع، امکانات رفاهی و غیره می‌شود، بر این اساس سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر<sup>۶</sup> و دپارتمان انرژی آمریکا

<sup>1</sup>Department Of Energy(DOE) <sup>2</sup>Transportation <sup>3</sup>Industry <sup>4</sup>Commercial <sup>5</sup>Residential <sup>6</sup>Energy Efficiency And Renewable Energy (EERE) <sup>7</sup>Zero Energy Buildings <sup>8</sup>Green Building

آسایش ساکنین در شرایط آب و هوای مختلف معطوف گردیده است.



شکل ۱: مصرف انرژی در بخش‌های مختلف

ژنتیک و کاربرد نرم‌افزارهای ای اس پی آر و دایسیم<sup>۷</sup> به بهینه‌سازی نور و انرژی در ساختمان مسکونی پرداختند [۲۶]. در سال ۲۰۱۴ کریستین و همکاران بر روی افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از انواع سایبان و پنجره پرداختند که نتایج نشان داد استفاده از پنجره دو جداره مجهز به پرده کرکه‌ای از مدل‌های دیگر دارای راندمان بالاتری است [۲۷]. در سال (۲۰۱۵) آقای مارتین تالفلدت و همکاران با نرم‌افزار آی‌دی‌ای-آی‌سی‌ای<sup>۸</sup> تحقیقاتی در زمینه کنترل بهینه سایبان‌های خارجی در آب و هوای اروپا را انجام دادند [۲۸].

در سال (۲۰۱۵) آقای ژانگ لیانینگ با روش عددی ال‌سی‌سی<sup>۹</sup> به بررسی تاثیرات ضخامت عایق حرارتی بر روی بار سرمایش و گرمایش ساختمان‌های تجاری در آب و هوای مختلف کشور چین اقدام که نتایج نشان داد استفاده از عایق حرارتی بار گرمایی را بیشتر از بار سرمایی تحت تاثیر خود قرار می‌دهد [۲۹]. خانم آنا هولوا و همکاران در سال (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر استفاده از عایق حرارتی بر خانه‌های سنتی اروپا که در قرن نوزدهم میلادی با جداره‌های چوبی<sup>۱۰</sup> ساخته شده‌اند پرداخته که استفاده از عایق حرارتی شرایط آسایش را بهبود و مصرف انرژی را کاهش داد [۳۰]. آقای یوانیس آکساپولوس و همکاران با توجه به انتقال حرارت هدایت دیوارهای خارجی و تاثیر مولفه‌های وزش باد بر این دیوار (سرعت و جهت) به بررسی اقتصادی‌ترین و بهینه‌ترین ضخامت عایق حرارتی بر روی دیوارهای خارجی به روش ال‌سی‌اس<sup>۱۱</sup> در سال (۲۰۱۵) اقدام که استفاده از عایق حرارتی در وجه شمالی با ضخامت ۴/۲۵ تا ۱۵ سانتیمتر بهتر از حالت‌های دیگر ارائه شده بود [۳۱]. خالد نجم رفتار و عملکرد حرارتی دیوارهای خارجی ساختمان‌های مسکونی در کشور عراق را در سال (۲۰۱۵) مورد بررسی قرار داده که استفاده از دو لایه هوایی در داخل و خارج ساختمان باعث بهبود مقاومت حرارتی ساختمان شده است [۳۲]. اوامر کالیناکیلی به بررسی انتخاب بهترین ضخامت عایق حرارتی بر روی جداره‌ها پرداختند [۳۳].

بیشتر تلفات انرژی در ساختمان در اثر انتقال حرارت هدایت<sup>۱۲</sup> و تشعشعی<sup>۱۳</sup> است که این عوامل ارتباط مستقیمی با موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، رطوبت نسبی و کاربرد ساختمان دارد. لذا استفاده از سایبان و عایق حرارتی تاثیر مستقیمی بر کاهش مصرف انرژی و بالا رفتن راندمان سیستم تهویه مطبوع ساختمان می‌گذارد. در مقاله حاضر به تحلیل عوامل فوق در سه آب و هوای ۱. گرم و مرطوب همانند اهواز ۲. معتدل همانند تهران ۳. سرد همانند تبریز پرداخته شده است. مدل در نرم‌افزار شبیه‌سازی و با استفاده از سایبان با ۶ عمق مختلف و عایق حرارتی با ۵ ضخامت متفاوت به بررسی و تاثیر راهبردهای کاهش انتقال حرارت تشعشع و هدایت بر بار سرمایی ساختمان پرداخته شده است.

## ۲ مشخصات جغرافیایی و اقلیمی

### ۱.۲ شهر اهواز

شرایط جغرافیای شهر اهواز مندرج در جدول ۱ و شرایط اقلیمی آن گرم و

به عنوان مثال آقای جیان و همکاران در سال (۲۰۱۱) با نرم‌افزار دی او ای<sup>۱</sup> به بررسی تاثیر سایبان‌های خورشیدی در مصرف انرژی پرداختند که استفاده از سایبان در ساختمان اداری کاهش ۹/۴ درصدی و مسکونی ۶/۸ درصدی مصرف انرژی را در پی داشت [۱۷]. و ایشان در همان سال تاثیر عملکرد سایبان متحرک را بر مصرف انرژی و میزان کاهش هزینه حاصل شده از آن را مورد بررسی قرار دادند و با مقایسه هزینه نصب سایبان متحرک و کاهش هزینه انرژی مصرفی، توانست به ۵۰ درصد صرفه‌جویی مالی برسد [۱۸]. و در ادامه ایشان تحقیقات خود را در سال (۲۰۱۱) به روش تجربی با بررسی بر روی سایبان‌های خورشیدی متحرک و قابل تنظیم توسط ساکنین در ساختمان‌های اداری ادامه دادند که نتایج حاصل بی‌توجهی ساکنین به کاهش مصرف انرژی با استفاده از سایبان را نشان داد [۱۹]. در سال (۲۰۱۳) مقاله آقای ویلیام برین به رفتار کارمندان ساختمان اداری بر روی سایبان با کنترل دستی پرداخته که بررسی‌ها نشان داد، کارمندان تغییر در سایبان را بر اساس روشنایی و بهبود دیدشان انجام داده‌اند و توجهی به شرایط دمایی نداشته‌اند [۲۰]. خانم پرهیزگار و همکاران در سال (۲۰۱۳) با نرم‌افزار آ.جی.آی<sup>۲</sup> و اکوتکت<sup>۳</sup> تحقیقاتی در زمینه طراحی سایبان خورشیدی متحرک با تولید برق و اثر آن بر جریان انرژی یک اتاق اداری اقدام، که استفاده از سیستم روشنایی هوشمند و نصب سلول خورشیدی بیشترین صرفه‌جویی و بازگشت سرمایه را نشان داد [۲۱]. آقای ابراهیم‌پور و همکاران در سال (۲۰۱۱) روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان دانشگاهی شهر تبریز را با نرم‌افزار انرژی پلاس مورد بررسی قرار دادند که استفاده از سایبان با عمق ۵۰ سانتیمتر و رنگ روشن جداره‌ها باعث کاهش مصرف انرژی گردید [۲۲]. آقای جیان و همکاران با شبیه‌سازی رفتار ساکنین با ماتریکس زنجیره مارکو<sup>۴</sup> و استفاده از نرم‌افزارهای بی‌سی‌وی تی بی<sup>۵</sup> و انرژی پلاس در سال (۲۰۱۴) به بررسی کاهش مصرف انرژی با سایبان‌های متحرک دستی پرداختند [۲۳] و ایشان در همان سال به بررسی بهبود شرایط حرارتی و بصری با سایبان متحرک اقدام نمودند [۲۴]. خانم نیکوفرد و همکاران در سال (۲۰۱۴) تاثیرات نصب سایبان بر مصرف انرژی گرمایی، سرمایی و تولید گازهای گلخانه‌ای را با نرم‌افزار ای اس پی آر<sup>۶</sup> در یک ساختمان مسکونی مورد بررسی قرار دادند که فقط استفاده از سایبان کرکه‌ای اتوماتیک کاهش مصرف انرژی را در پی داشت [۲۵]. سال (۲۰۱۴) آقای مانزان و همکاران با الگوریتم

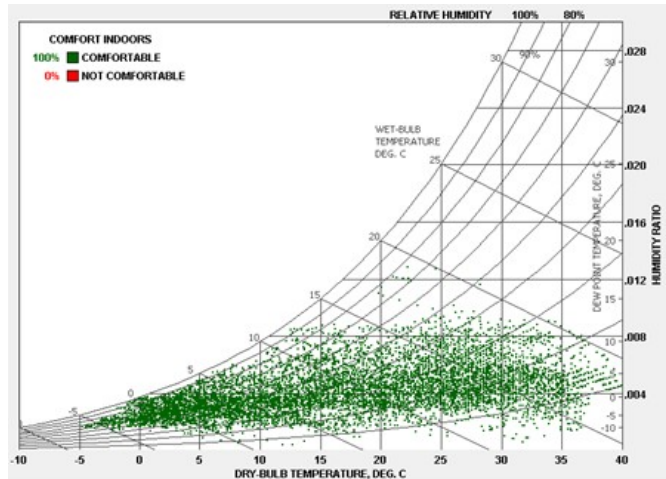
<sup>1</sup>DOE-2 <sup>2</sup>IGI <sup>3</sup> Ecotect <sup>4</sup>Matrix Markov Chain <sup>5</sup>BCVTB Wall <sup>11</sup>LCS <sup>12</sup>Conductivity <sup>13</sup>Radiation

<sup>6</sup>ESP-R <sup>7</sup>DAYSIM <sup>8</sup>IDE-ICE4.5 <sup>9</sup>LCCA <sup>10</sup>Timber-Framed

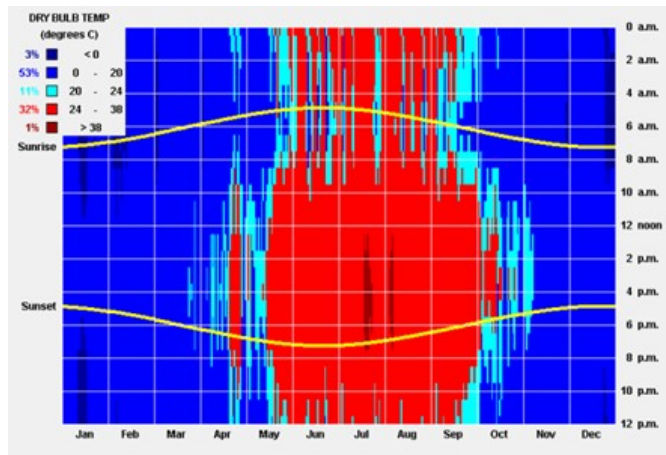
قانون مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ ساختمان‌های شهر تهران را در گروه ساختمان‌های با مصرف انرژی متوسط به حساب می‌آورد.

جدول ۲: مشخصات شهر تهران [۳۴]

ارتفاع از سطح دریا (m)	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (°N)
۱۱۲۰	۵۱/۱۹	۳۵/۴۱



شکل ۴: محدوده شرایط آسایش شهر تهران



شکل ۵: میزان دما سالیانه شهر تهران

### ۳.۲ شهر تبریز

شرایط جغرافیای شهر تبریز مندرج در جدول ۳ و شرایط اقلیمی آن سرد و خشک است که شکل‌های ۶ و ۷ بدست آمده از نرم‌افزار کلاسی میت کانسالتن به خوبی توصیف‌کننده اقلیم آن است. قانون مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ ساختمان‌های شهر تبریز را در گروه ساختمان با مصرف انرژی بالا و نیاز غالب حرارتی آن را گرمایش به حساب می‌آورد.

جدول ۳: مشخصات شهر تبریز [۳۴]

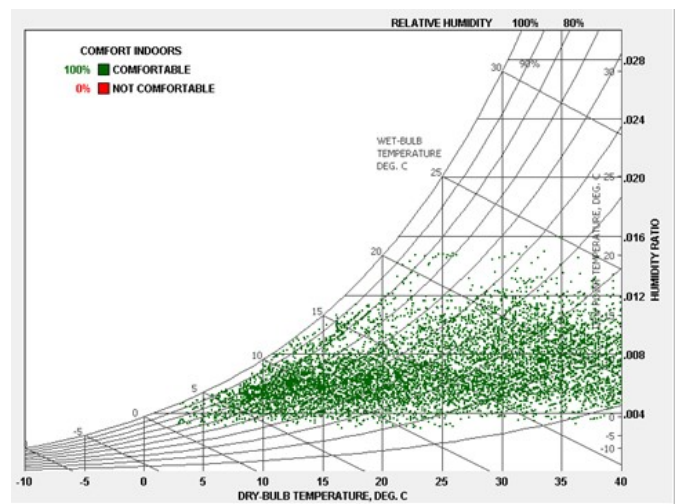
ارتفاع از سطح دریا (m)	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (°N)
۱۳۶۱	۴۶/۱۷	۳۸/۰۵

مرطوب است که شکل‌های ۲ و ۳ بدست آمده از نرم‌افزار کلاسی میت کانسالتن به خوبی توصیف‌کننده اقلیم آن است که در بیش از نیمی از سال ساختمان‌ها نیازمند سرمایش هستند.

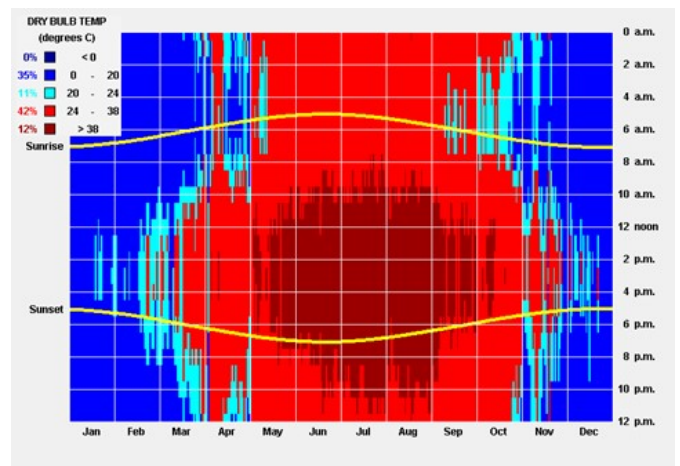
قانون مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ ساختمان‌های شهر اهواز را در گروه ساختمان‌های با مصرف انرژی بالا و نیاز غالب حرارتی آن را سرمایش به حساب می‌آورد [۳۴].

جدول ۱: مشخصات شهر اهواز [۳۴]

ارتفاع از سطح دریا (m)	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (°N)
۱۲/۰۰	۴۸/۷۲	۳۱/۲۸



شکل ۲: محدوده شرایط آسایش شهر اهواز



شکل ۳: میزان دما سالیانه شهر اهواز

### ۲.۲ شهر تهران

شرایط جغرافیای شهر تهران مندرج در جدول ۲ و شرایط اقلیمی آن معتدل است که شکل‌های ۴ و ۵ بدست آمده از نرم‌افزار کلاسی میت کانسالتن به خوبی توصیف‌کننده اقلیم آن است.

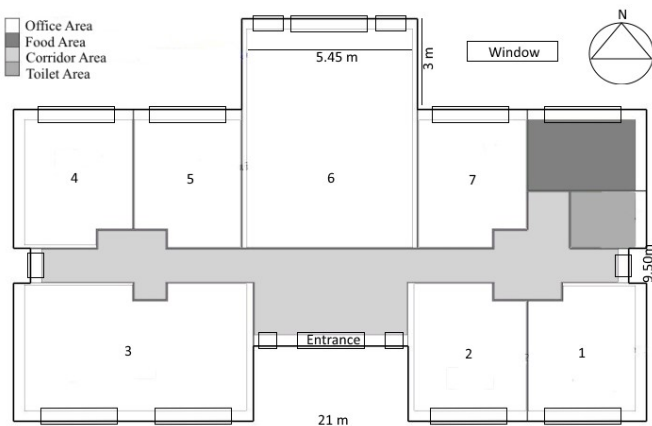


یک راهرو، یک آشپزخانه، یک سرویس بهداشتی و یک روشویی به مساحت ۲۰۸/۶۹ مترمربع است که بر روی سطح بتنی یکپارچه با ارتفاع ۴۰ سانتیمتر قرار گرفته است.

به منظور محاسبه میزان انرژی لازم برای رسیدن به شرایط آسایش که همان تامین دما و رطوبت در محدوده استاندارد است، باید شرایط اتاق به صورت گذرا باشد. لذا ساختمان را در نرم افزار دیزاین بیلدر که قدرت شبیه سازی انرژی به صورت ساعتی در کل سال را دارد شبیه سازی گردیده است.

باتوجه به اینکه مدل فوق واقعی است مدل سازی به طور کامل و با در نظر گرفتن تمام پنجره ها، درب ها و جهت جغرافیایی موجود انجام گردیده است. فضای درون ساختمان به دو قسمت، با سیستم سرمایش (کولر گازی پنجره ای) و بدون سیستم سرمایشی تقسیم می شود.

مساحت محیط های دارای سیستم سرمایش شامل اتاق های اداری و آشپزخانه به مساحت ۱۶۸/۹۰ متر مربع و محیط بدون سیستم سرمایش شامل سرویس بهداشتی و راهرو به مساحت ۳۹/۷۹ متر مربع مطابق شکل ۹ و جدول شماره ۴ است.



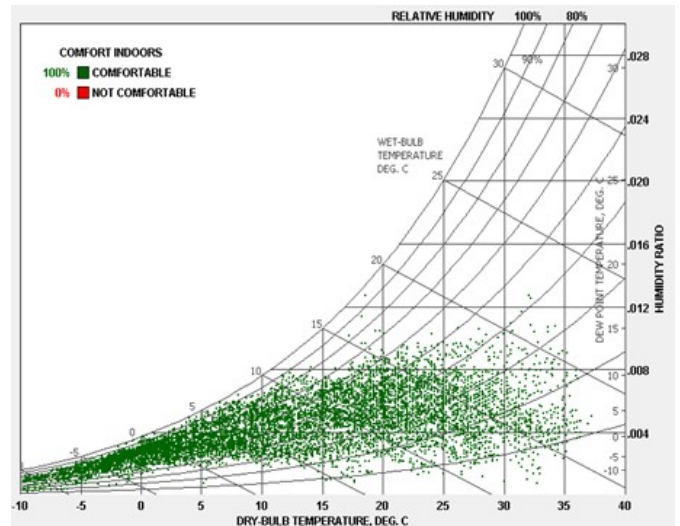
شکل ۹: تقسیم بندی حرارتی فضای اصلی

جدول ۴: مساحت محیط های مختلف

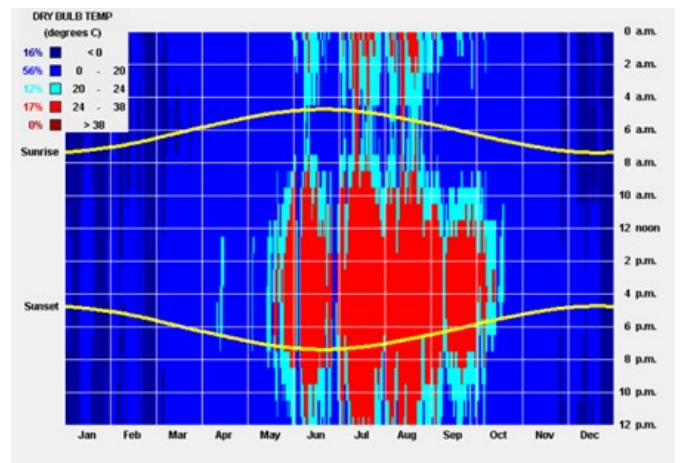
محیط	مساحت (m <sup>2</sup> )
اتاق اداری شماره ۱	۱۵/۳۱
اتاق اداری شماره ۲	۱۵/۳۱
اتاق اداری شماره ۳	۳۹/۲۴
اتاق اداری شماره ۴	۱۶/۱
اتاق اداری شماره ۵	۱۵/۲۴
اتاق اداری شماره ۶	۴۳/۳۲
اتاق اداری شماره ۷	۱۵/۳۳
آشپزخانه	۹/۰۵
راهرو	۳۵/۴۲
سرویس بهداشتی	۴/۳۷

### ۲.۳ روشنایی

ساختمان فوق توسط لامپ های فلورسنتی سقفی با شدت روشنایی ۵۰۰ لوکس و ضریب درخشندگی ۰/۷۲ تامین می شود.



شکل ۶: محدوده شرایط آسایش شهر تبریز



شکل ۷: میزان دما سالیانه شهر تبریز

در تحقیقات حاضر یک ساختمان با کاربری اداری و مشخصات ذیل مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۸).



شکل ۸: ساختمان مورد بررسی

### ۳ مشخصات ساختمان

#### ۱.۳ مشخصات هندسی

ساختمان مورد نظر با کاربری اداری بصورت یک طبقه شامل ۷ اتاق اداری،

### ۳.۳ مواد و مصالح ساختمانی

در قسمت‌های مختلف ساختمان به صورت نفر بر متر مربع برابر جدول ۶ محاسبه گردیده است.

مشخصات حرارتی مصالح تشکیل‌دهنده جداره‌ها به تفصیل در جدول ۵ موجود است.

جدول ۶: چگالی حضور افراد

مکان	چگالی افراد انسان / متر مربع
اتاق اداری	۰/۰۷
آشپزخانه	۰/۱
راهرو	۰/۰۷
سرویس بهداشتی	۰/۱

جدول ۵: مشخصات حرارتی اجزا

جنس لایه	ضریب هدایت $Wm^{-1}K^{-1}$	ظرفیت گرمایی ویژه $Jkg^{-1}K^{-1}$	چگالی $kgm^{-3}$	ضخامت cm
دیوار خارجی				
آجر نما	۱/۱	۸۴۰	۱۹۲۰	۳
ملات سیمان	۱/۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰	۲/۵
آجر	۱/۰	۸۴۰	۱۱۰۰	۳
گچ و خاک	۱/۱۵	۸۴۰	۱۰۰۰	۲/۵
گچ	۰/۷	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۰/۴
رنگ روغنی	۰/۱	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۰/۱
بام				
قیرگونی	۰/۲۳	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۰/۴
ملات سیمان	۱/۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰	۲
بتن	۰/۳۴	۸۴۰	۱۳۰۰	۵
بلوک سقف	۰/۷۶	۸۴۰	۱۹۲۰	۳۰
گچ و خاک	۱/۱۵	۸۴۰	۱۰۰۰	۲/۵
گچ	۰/۷	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۰/۴
رنگ روغنی	۰/۱	۱۵۰۰	۱۰۰	۰/۱
کف				
بتن کف	۲/۳	۱۰۰۰	۲۳۰۰	۲۰
پوکه معدنی	۲	۱۰۴۵	۱۹۵۰	۵
ملات سیمان	۱/۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰	۲/۵
موزائیک	۱/۴	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۳
دیواره سرویس بهداشتی				
آجر نما	۱/۱	۸۴۰	۱۹۲۰	۳
ملات سیمان	۱/۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰	۲/۵
آجر	۱/۰	۸۴۰	۱۱۰۰	۳۰
قیرگونی	۰/۲۳	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۰/۴
ملات سیمان	۱/۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰	۲/۵

### ۷.۳ تقسیم‌بندی فضای ساختمان

ساختمان بر اساس تجهیزات و کاربرد به چهار قسمت حرارتی توسط نرم‌افزار همانند شکل ۹ تقسیم شده است.

#### ۱.۷.۳ اداری

نفرت موجود دارای فعالیت بدنی پایین بوده و تجهیزات اداری موجود دارای تولید انرژی گرمایی برابر ۵۷ وات بر متر مربع است و این محیطها مجهز به سیستم سرمایشی کولر گازی پنجره‌ای است که خصوصیات آن بر اساس استاندارد نرم‌افزار و بدون ورود هوای تازه تعریف شده است.

#### ۲.۷.۳ راهرو

محل عبور کارمندان بوده و دارای هیچ‌گونه تجهیزات تولید کننده سرمایش و گرمایش نیست.

#### ۳.۷.۳ سرویس بهداشتی

هیچ‌گونه سیستم تاسیساتی و یا فن دمنده‌ای در این قسمت فعال نیست.

#### ۴.۷.۳ آشپزخانه

این محل دارای تجهیزاتی مانند اجاق‌گاز، آبگرمکن، یخچال و غیره است و سیستم سرمایشی آن کولر گازی است. شکل ۸ نشان‌دهنده این تقسیم‌بندی است. [۳۶، ۳۵]

## ۴ روش انجام تحقیق و نتایج

در این تحقیق برای شبیه‌سازی ساختمان و تاثیر راهبردها از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده شده است. این نرم‌افزار بدلیل داشتن محیط گرافیکی، طراحی تهویه مطبوع، CFD و توانمندی‌های دیگر مورد استقبال گسترده محققان قرار گرفته است و اعتبارسنجی نتایج آن توسط استاندارد ANSI/ASHRAE 140-2014 مورد بررسی قرار گرفته است.

استفاده از موتور پردازش‌گر انرژی پلاس و مقالات منتشر شده نشان از اعتبار بالای نتایج این نرم‌افزار است [۱۰، ۱۳، ۱۴، ۳۷].

انتقال حرارت در جداره‌های ساختمان متأثر از سه پارامتر انتقال حرارت هدایت، جابجایی و تشعشع است. این سه پارامتر ایجاد یک بالانس حرارتی

پنجره‌ها دارای قاب فلزی با شیشه یک جداره ۴ میلیمتری بوده و درب ورودی از نوع شیشه میرال نشکن است که خصوصیات آنها بر اساس استاندارد نرم‌افزار تعریف شده است.

### ۴.۳ وسایل الکتریکی

انرژی گرمایی حاصل از کارکرد تجهیزات الکتریکی فعال در محیط‌های اداری ۷۵ وات بر متر مربع و در آشپزخانه ۵۲ وات بر متر مربع فرض شده است.

### ۵.۳ تعویض هوا

نفوذ طبیعی هوا به داخل ساختمان از طریق درب ورودی، پنجره‌ها و منافذ دیگر باعث تغییر دما و نسبت رطوبت هوای داخل ساختمان می‌گردد لذا میزان تعویض هوا را برابر ۰/۷ تعویض هوا بر ساعت فرض شده است.

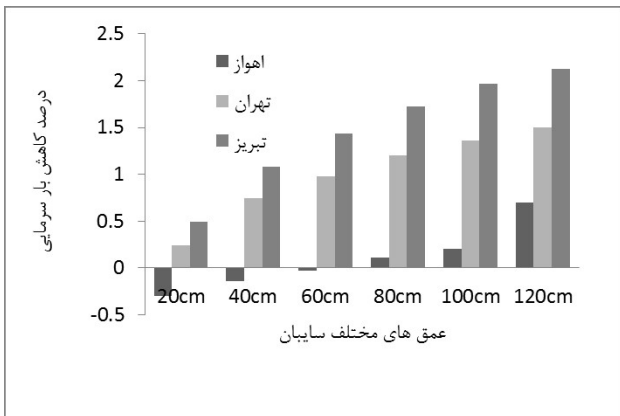
### ۶.۳ زمان کاری اداره

روزهای کاری از شنبه تا چهارشنبه و از ساعات ۷ تا ۱۶ است که ۱۱ نفر به صورت مداوم در مجموعه حاضر و مشغول به کار هستند. حضور افراد

مصرف انرژی با سایبان دارای عمق ۱۲۰ سانتیمتر تا ۲/۱۳ درصد کاهش یافته است.



شکل ۱۰: فضای اصلی با سایبان



شکل ۱۱: کاهش مصرف انرژی با استفاده از سایبان

### ۳.۴ راهبرد دوم: کاهش انتقال حرارت از جدارها به کمک عایق کاری

در این تحقیق با توجه به اینکه سیستم خنک کننده در ساعات اداری روشن و در زمان های دیگر خاموش است لذا جهت کاهش اینرسی حرارتی که باعث تسریع در رسیدن به شرایط آسایش محیط و کاهش تولید بار سرمایی و انرژی مصرفی توسط سیستم خنک کاری می گردد، عایق حرارتی در داخل جدارهای خارجی ساختمان طراحی شده است.

پایه و اساس این روش استفاده از معادله انتقال حرارت فوریه است. از آنجاییکه معادلات انتقال حرارت در دیوارهای ساختمان بدون چشمه حرارتی، در یک جهت و با توجه به تغییرات دمای هوا آن را می توان پایدار فرض نمود لذا می توان آن را ساده و به صورت ذیل بدست آورد:

$$q = -k \nabla T \quad (3)$$

ساختمان ترسیم شده در مرحله اول را در این مرحله با عایق های حرارتی پلی اورتان با مشخصات جدول ۷ به ضخامت های مختلف ۱ تا ۵ سانتیمتر برای همان روز و در سه شهر مورد نظر همانند شکل ۱۲ مجدداً شبیه سازی گردیده است.

در جداره خارجی ساختمان می نمایند که معادلات حاکم بر بالانس حرارتی جداره ها برابر است با معادله (۱):

$$q''_{sol} + q''_{LWR} + q''_{ko} + q''_{conv} = 0 \quad (1)$$

تمامی ترم های معادله بالا برای شار خالص بر سطح مثبت هستند به غیر از  $q''_{ko}$  که به طور معمول از خارج به داخل مثبت در نظر گرفته می شود [۳۸]. در این بخش به بررسی تاثیرات انتقال حرارت هدایت و تشعشعی بر میزان مصرف انرژی مورد نیاز سرمایش ساختمان فوق پرداخته شده است. در گام نخست ساختمان را با شرایط و ساختار واقعی در روز ۱ جولای و در سه شهر مختلف توسط نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی نموده و در گام بعدی به تاثیر راهبردهای ۱ - انتقال حرارت تشعشعی (استفاده از سایبان) ۲ - انتقال حرارت هدایت (عایق حرارتی) بر بار سرمایش آن پرداخته شده است.

### ۱.۴ محاسبه مصرف انرژی فضای اصلی

میزان انرژی الکتریکی مصرفی جهت بار سرمایش ساختمان با شرایط توصیف داده شده از نظر کاربرد، مصالح مصرفی، تجهیزات، شرایط آب و هوایی در روز یک جولای شبیه سازی گردیده که نتایج بدست آمده به عنوان شاخص جهت مقایسه با حالت دیگر استفاده می شود.

### ۲.۴ راهبرد اول: کاهش انتقال حرارت تشعشعی جذب شده در سطح خارجی

هرگاه دو یا چند جسم که از سطح خود انرژی منتشر می کنند اگر در معرض دید یکدیگر قرار گیرند تبادل حرارت تشعشعی صورت می گیرد و مقداری از انرژی تابش شده هر سطح به سطح دیگر برخورد می کند، که این پارامتر در شرایط آسایش ساختمان تاثیرگذار است. اساس و پایه این راهبرد، استفاده از معادله استفان بولتزمن با هدف کاهش انتقال حرارت تشعشعی به جداره ها توسط سایبان است. در معادله استفان بولتزمن با تغییر پارامتر سطح مقطع تاثیرپذیز از تابش نور خورشید سعی در کاهش انتقال حرارت تشعشعی و در نهایت کاهش بار سرمایی مورد نیاز ساختمان شده است.

$$E = \epsilon \sigma T^4 A \quad (2)$$

جهت کاهش انتقال حرارت تشعشعی بر روی جداره های ساختمان از سایبان های عمود بر دیوار در شش مرحله با طولی برابر با طول پنجره، قطر ۱۰ سانتیمتر و عمقی برابر با (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، سانتیمتر) برای همان روز خاص در سه شهر مورد نظر مطابق شکل ۱۰ مجدداً شبیه سازی گردیده است. شکل ۱۱ درصد کاهش مصرف انرژی را در سه اقلیم مختلف را نشان می دهد. مصرف انرژی در آب و هوای اهواز در سه حالت اول افزایش یافته و در بهترین حالت که سایبان با عمق ۱۲۰ سانتیمتر است کاهش مصرف انرژی به حدود یک درصد می رسد و در آب و هوای معتدل تهران سایبان باعث کاهش مصرف انرژی شده اما حداکثر به ۱/۵ درصد رسیده است و در آب و هوای سرد و خشک تبریز استفاده از سایبان دارای راندمان بالاتری بوده و

## ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر یک ساختمان اداری در سه اقلیم مختلف و با دو راهبرد مختلف (۱۱ حالت مختلف) شبیه‌سازی و مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفته و نتایج نشان‌دهنده این است که:

### ۱.۶ راهبرد اول

در مناطق گرم و مرطوب اهواز دارای راندمان پایینی است چه بسا که بدلیل افزایش جرم ساختمانی در سه حالت اول اینرسی حرارتی بر کاهش سطح مقطع تابش خورشید غلبه کرده و رشد مصرف انرژی را در پی دارد و در بهترین حالت با عمق سایبان ۱۲۰ سانتیمتری به ۶۹۶٪ درصد کاهش مصرف انرژی می‌رسد.

در آب و هوای معتدل تهران نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی، سایبان دارای تاثیر مناسبی نبوده و با عمق ۱۲۰ سانتیمتری به ۱/۵ درصد کاهش مصرف انرژی می‌رسد.

در آب و هوای سرد و خشک تبریز تاثیر مناسب‌تر است و ۲/۱۳ درصد کاهش مصرف انرژی بار سرمایی است.

### ۲.۶ راهبرد دوم

در شهر اهواز با عایق حرارتی به ضخامت ۵ سانتیمتر می‌توان مصرف انرژی بار سرمایی را تا ۷/۸ درصد کاهش داد.

در شهر تهران عایق حرارتی دارای راندمان بالایی است و به میزان ۸/۸۴۵ مصرف انرژی بار سرمایی را کاهش داده است.

در شهر تبریز استفاده از عایق حرارتی باعث کاهش انرژی مورد نیاز بار سرمایی به میزان ۳/۵۴۳ درصد شده است ولی به دلیل آب و هوایی نسبتاً خنک در مقایسه با مدل‌های دیگر دارای عدد کوچکتری است.

در پایان استفاده از عایق حرارتی که پارامتر اصلی در مبحث ۱۹ محسوب می‌شود بسیار مناسب‌تر از سایبان که جزء عوامل ویژه فوئی مبحث است توصیه می‌گردد حتی اگر عمق سایبان را افزایش دهیم باز هم رشد چشم‌گیری در کاهش مصرف انرژی بدست نمی‌آید.

## ۷ فهرست علائم

A	مساحت سطح (m <sup>2</sup> )
$q_{sol}''$	حرارت مستقیم جذب‌شده از خورشید
$q_{LWR}''$	حرارت تشعشعی جذب‌شده از محیط (Wm <sup>-2</sup> )
$q_{conv}''$	انتقال حرارت همرفتی (Wm <sup>-2</sup> )
$q_{ko}''$	شار حرارتی خارج (Wm <sup>-2</sup> )

### علائم یونانی

$\epsilon$	ثابت گسیلندگی
$\sigma$	ثابت استفان بولتزمن

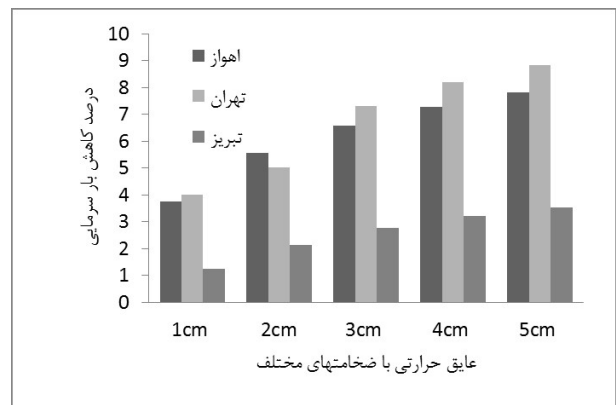
### جدول ۷: مشخصات حرارتی عایق

چگالی	ظرفیت گرمایی ویژه	ضریب هدایت
kgm <sup>-3</sup>	Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
۳۰/۰۰۰۱۱	۴۵۴/۰۱۱۴۴۴	۰/۰۰۸۶۴۴۸



شکل ۱۲: عایق کاری حرارتی از داخل

مقایسه نتایج حاصله در این گام با گام نخست در شکل ۱۳ نشان داده شده است. شکل ۱۳ نشان از کاهش مصرف انرژی در شهر اهواز تا ۷/۸ درصد، در تهران ۸/۸۴۵ درصد و در شهر تبریز ۳/۵۴۳ درصد دارد.



شکل ۱۳: کاهش مصرف انرژی با استفاده از عایق حرارتی

نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد که استفاده از عایق حرارتی دارای راندمان مناسب‌تری در اقلیم‌های فوق نسبت به سایبان است و این در حالی است که استفاده از سایبان در اقلیم گرم و مرطوب انرژی مورد نیاز سرمایش را افزایش داده است.

## ۵ تقدیر و تشکر

تحقیق حاضر، خلاصه نتایج حاصل از طرح تحقیقاتی و پژوهشی (بررسی تاثیر سایبان و عایق حرارتی بر بار سرمایشی ساختمان اداری در سه اقلیم گرم و مرطوب، معتدل و سرد) مصوب معاونت پژوهش و فناوری شرکت انتقال گاز ایران است و با حمایت مالی آن سازمان انجام گردیده است.



- [15] E. d. Angelis, E. Serra. Light steel-frame walls: thermal insulation performances and thermal bridges. *ScienceDirect, Energy Procedia*, 45:362-371, 2014.
- [16] Y. Kharkin, E. Korol, A. Davidiyuk. Technology for erecting sandwich external walls with heat insulation layer made of low conductivity concrete. *ScienceDirect, Procedia Engineering*, 117:172-178, 2015.
- [17] Yao, J. Current status and energy savings potential of solar shading in Ningbo. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5:975-978, 2011.
- [18] J. Yao, C. Yan. Evaluation of The energy performance of shading devices based on incremental costs. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5:494-496, 2011.
- [19] Yao, J. An investigation of adjustment of solar shading devices in office buildings. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5:151-153, 2011.
- [20] W. O'Brien, K. Kapsis, A. K. Athienitis. Manually-operated window shade patterns in office buildings. *Building and Environment*, 60:319-338, 2013.
- [21] T. Parhizgar, H. Jafarian, Y. Kialashki Y. Sabohi. Optimal design of a moveable solar shading on office room with electricity generation. *Iran's energy*, 15(1):81-96, 2012. (in Persian فارسی).
- [22] A. Ebrahimpour, Y. Karimi. The best methods to optimize energy consumption for an educational building in tabriz. *Modares Mechanical Engineering*, 17(4):91-104, 2012. (in Persian فارسی).
- [23] Yao, J. Determining the energy performance of manually controlled solar shades: A stochastic model based co-simulation analysis. *Applied Energy*, 127:64-80, 2014.
- [24] Yao, J. An investigation into the impact of movable solar shades on energy, indoor thermal and visual comfort improvements. *Building and Environment*, 71:24-32, 2014.
- [25] S. Nikoofard, V. I. U. Ian, B. Morrison. Technoeconomic assessment of the impact of window shading retrofits on the heating and cooling energy consumption and GHG emissions of the Canadian housing stock. *Energy and Buildings*, 2013.
- [26] M. Manzan, R. Padovan, A. Clarich L. Rizzian. Energy and daylighting optimization for an office with fixed and moveable shading devices. *Department of engineering and architecture, Trist, Italy*, 2014.
- [27] C. Carletti, F. Sciarpi, L. Pierangiol. The Energy upgrading of existing buildings: window and shading device typologies for energy efficiency refurbishment. *sustainability*, 6:5354-5377, 2014.
- [28] M. Thalfeldt, J. Kurnitski. External shading optimal control macros for 1- and 2-piece automated blinds in European climates. *BUILD SIMUL*, 8:13-25, 2015.
- [29] Z. Lianying, W. Yuan, Z. Jiyuan L. Xing Z. Linhua. Numerical study of effects of wall's insulation thickness on energy performance for different climatic regions of china. *ScienceDirect-Energy Procedia*, 75:1290-1298, 2015.
- [1] A. F. Maryanczykai, J. Schnotale, J. Radonb K. Was. Experimental measurements and CFD simulation of a ground source heat exchanger operating at a cold climate for a passive house ventilation system. *Energy and Buildings*, 68:562-570, 2014.
- [2] Primary Energy Consumption by Source and Sector. <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annua>. Accessed on 10 July 2015.
- [3] N. Fumo, P. Mago, R. Luck. Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models. *Energy and Buildings*, 42:2331-2337, 2010.
- [4] J. Cho, J. Yang, W. Park. Evaluation of air distribution system's airflow performance for cooling energy savings in high-density data centers. *Energy and Buildings*, 68:270-279, 2014.
- [5] M. Weißenbergera, W. Jensch, W. Lang. The convergence of life cycle assessment and nearly zero-energy buildings: The case of Germany. *Energy and Buildings*, 76:551-557, 2014.
- [6] V. Sulakatko, I. Lill, E. Liisma. Analysis of on-site construction processes for effective external thermal insulation composite system (ETICS) installation. *ScienceDirect, Procedia Economics and Finance*, 21:297-305, 2015.
- [7] A. Guillaume, R. Zyteck. International monetary fund islamic republic of iran. *International Monetary Fund*, (10/76), Washington, D.C./United States, 2010.
- [8] Fund, I. M. Article IV Consultation-Staff Report, press release, and statement by the executive director for the islamic republic of iran. *International Monetary Fund*, (14/93), 2014.
- [9] M. Maasoumy, M. Razmara, M. Shahbakhti A. S. Vincentelli. Handling model uncertainty in model predictive control for energy efficient buildings. *Energy and Buildings*, 77:377-392, 2014.
- [10] A. R. Rempel, A. W. Rempel, K. V. Cashman K. N. Gates C. J. Page B. Shawe. Interpretation of passive solar field data with EnergyPlus models: Un-conventional wisdom from four sunspaces in Eugene, Oregon. *Building and Environment*, 60:158-172, 2013.
- [11] D. S. Lee, J. H. Jo, S. H. Koo B. Y. Lee. Development of climate indices using local weather data for shading design. *sustainability*, 7:1884-1899, 2015.
- [12] P. Biddulpha, V. Gori, C. A. Elwell C. Scott C. Rye R. Lowe T. Oreszczyn. Inferring the thermal resistance and effective thermal mass of a wall using frequent temperature and heat flux measurements. *Energy and Buildings*, 78:10-16, 2014.
- [13] M. M. Mahdy, M. Nikolopoulou. Evaluation of fenestration specifications in Egypt in terms of energy consumption and long term cost-effectiveness. *Energy and Buildings*, 69:329-343, 2014.
- [14] J. Joe, W. Choi, H. Kwon J. H. Huh. Load characteristics and operation strategies of building integrated with multi-story double skin façade. *Energy and Buildings*, 60:609-619, 2013.



- [30] A. Hoła, M. Czarnota. Analysis of the possibilities of improving timber-framed wall thermal insulation with regards to historical buildings. *ScienceDirect-Procedia Engineering*, 111:311–316, 2015.
- [31] I. Axaopoulosa, P. Axaopoulos, G. Panayiotouc S. Kalo-girouc J. Gelegenis. Optimal economic thickness of various insulation materials for different orientations of external walls considering the wind characteristics. *ScienceDirect*, 90:939–952, 2015.
- [32] Najim, K. B. External load-bearing walls configuration of residential buildings in Iraq and their thermal performance and dynamic thermal behavior. *Energy and Buildings*, 84:169–181, 2014.
- [33] Kaynakli, O. Parametric investigation of optimum thermal insulation thickness for external walls. *energies*, 4:913–927, 2011.
- [34] Office of the National Regulations Building. *National Regulations Building Iran*, Office of the National Regulations Building, energy saving in section 19, 2014. (in Persian فارسی).
- [35] [www.ahwaz.ostan-khz.ir](http://www.ahwaz.ostan-khz.ir). Accessed june 2015.
- [36] [www.energyplus.net/weather-region/asia\\_wmo\\_region\\_2/IRN](http://www.energyplus.net/weather-region/asia_wmo_region_2/IRN).
- [37] R. H. Henninger, M. J. Witte. Energyplus Testing with ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 (BESTEST). *U.S. Department of Energy*, 2004.
- [38] Energy, U.S.D.o. *EnergyPlusTM Documentation*, v8.4.0, 2015.