

به نام خدا



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده‌ی مهندسی انرژی

پروژه درس مدیریت مصرف انرژی ساختمان

عنوان:

محاسبه و مقایسه بار سرمایشی ماهانه ساختمان دانشکده انرژی دانشگاه شریف با استفاده از
نرم‌افزار انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ در تابستان

نگارش:

حمیدرضا فتحی

علیرضا حبیبی

استاد درس: جناب آقای دکتر عباس رجبی

زمستان ۱۴۰۰

چکیده

از زمان گذشته تا کنون محاسبه بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان برای استفاده درست تجهیزات و عدم اتلاف انرژی مسئله‌ای هائز اهمیت بوده است. در این سال‌ها برای این منظور روش‌ها و اطلاعات زیادی تدوین و گردآوری شده است که استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ یکی از جدیدترین و دقیق‌ترین آن‌ها می‌باشد و شامل سه روش نیمه پایا ماهانه، ساعتی خلاصه شده و شبیه‌سازی با جزئیات است. به دلیل حجم زیاد محاسبات برای ساختمان‌های بزرگ و دارای برنامه‌های زمانی پیچیده و اهمیت یافتن مصرف انرژی این روش‌های محاسباتی کارکرد مناسبی از خود نشان نمی‌دهد. از طرفی با پیشرفت تکنولوژی نرم‌افزارهای بسیاری برای محاسبات بار ساختمانی به وجود آمده است که نرم‌افزار انرژی پلاس یکی از دقیق‌ترین آن‌ها می‌باشد و با دریافت ورودی‌هایی نظیر محل قرارگیری ساختمان، مصالح ساختمانی، برنامه روشنایی و حضور افراد به صورت ماهانه، روزانه و ساعتی این کار را انجام می‌دهد. در این پژوهش انرژی سرمایشی ماهانه بدست آمده از نرم‌افزار انرژی پلاس و روش نیمه‌پایای ماهانه استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ با هم مقایسه شده است. برای این کار از ساختمان دانشکده مهندسی انرژی دانشگاه صنعتی شریف در چهار ماه گرم سال، شرایط متفاوت آب‌وهوایی سه شهر تهران، تبریز و قم هم‌چنین قرارگیری ساختمان در چهار جهت جغرافیایی استفاده شده است. نتایج حاصل اختلاف میانگین ۱۸.۹٪ بار محاسبه شده از استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ را نسبت به نرم‌افزار انرژی پلاس نشان می‌دهد اما روند تغییرات در بررسی تاثیر پارامترهای مورد بررسی در هر دو روش یکسان می‌باشد.

کلمات کلیدی: نرم‌افزار انرژی پلاس، استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰، روش نیمه پایا ماهانه

فهرست

۱.....	مقدمه
۳.....	متدلوژی
۷.....	بحث و نتایج
۱۳.....	جمع بندی و نتیجه گیری
۱۵.....	منابع

مقدمه

نرم افزار انرژی پلاس^۱ یک نرم افزار تجاری در حوزه مدل سازی ساختمان است که توسط مهندسان و معماران برای محاسبات بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان و همچنین میزان مصرف آب و برق و گاز ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد [۱].

یک چارچوب دیگر برای محاسبات بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان استفاده از استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰^۲ می باشد که یکی از استانداردهای اساسی است و به منظور تحقق هدف الزامات سازمان اروپایی عملکرد انرژی ساختمان^۳ ایجاد شده است. سه نوع روش متفاوتی که برای محاسبات سرمایش و گرمایش در این استاندارد بیان شده است شامل روش نیمه پایا ماهانه^۴، روش ساعتی خلاصه شده^۵ و روش شبیه سازی با جزئیات^۶ است. در واقع این استاندارد مجموعه ای از روش های محاسباتی در سطح های جزئیات متفاوت را ارائه می دهد که میزان انرژی سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز یک ساختمان و اثر بازیابی و میزان حرارت های اتلافی دستگاه های سرمایش و گرمایش مورد استفاده در ساختمان را محاسبه می نماید. روش های محاسباتی به کار رفته در استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ قبلاً اعتبارسنجی شده و در مقالات به چاپ رسیده اند [۲-۴].

ساختمان دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۸۸ در پنج طبقه ساخته شده است و دارای زیربنایی به مساحت ۱۳۱۴ مترمربع می باشد. نمایی از دانشکده انرژی در شکل ۱ آمده است و همچنین شکل شماتیکی کلی از پوسته ی این ساختمان در شکل ۲ قابل مشاهده است.

¹ Energy Plus

² Iso 13790

³ European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)

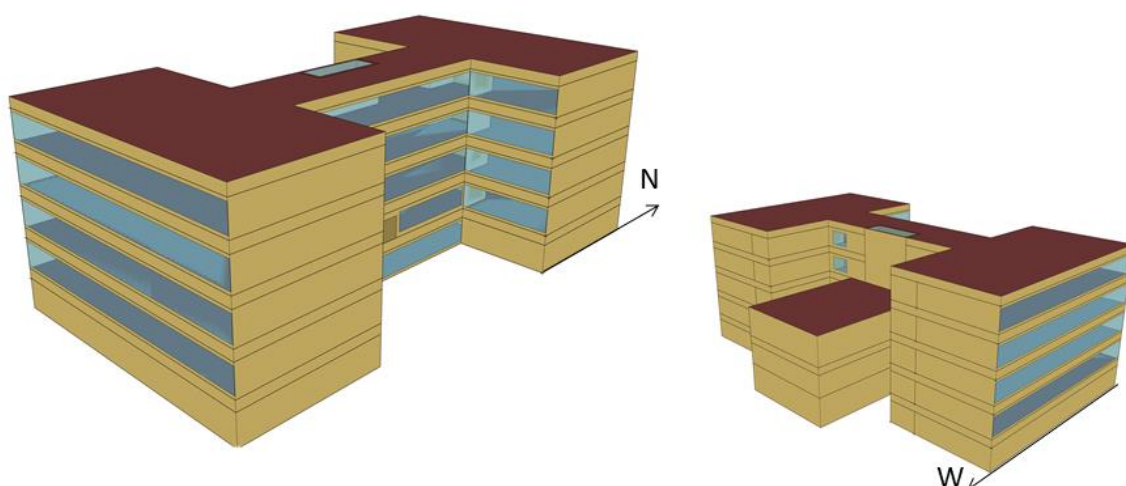
⁴ Quasi-state method

⁵ Simplified hourly method

⁶ Detailed simulation



شکل ۱- ساختمان دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف

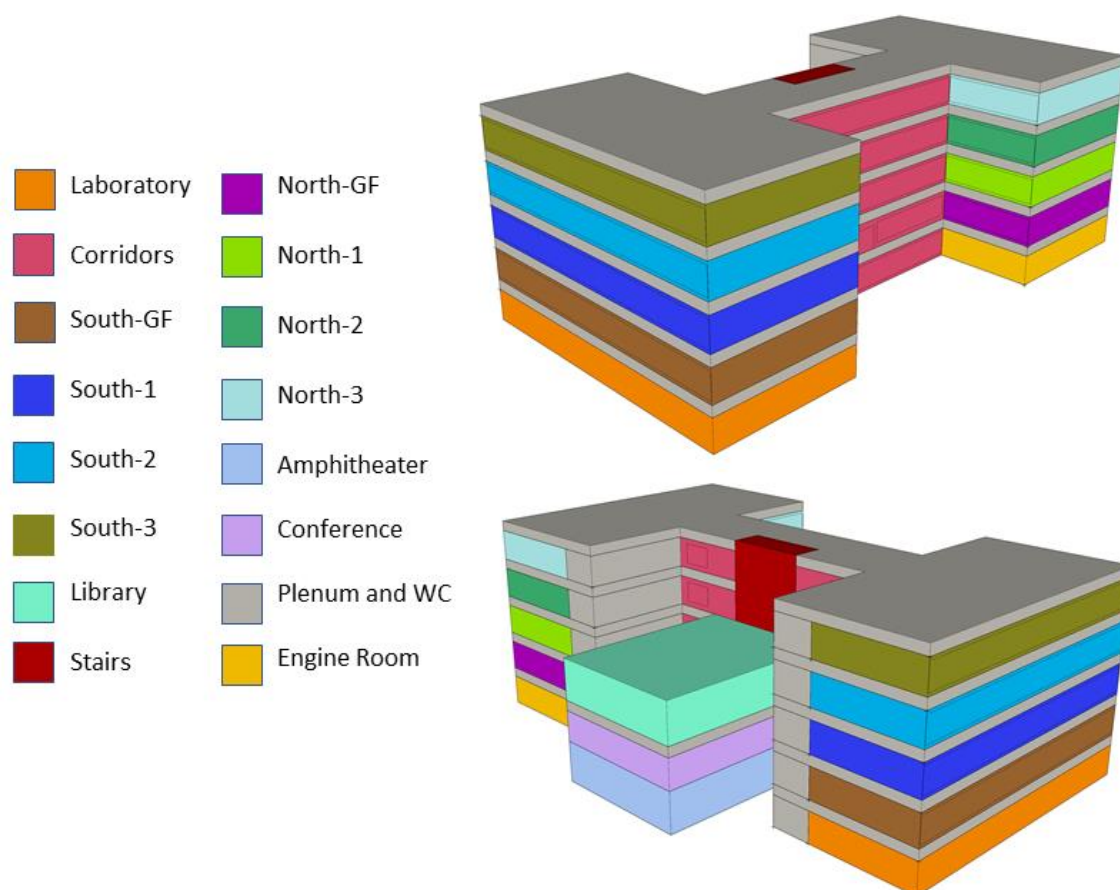


شکل ۲- شکل شماتیک پوسته ساختمان دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف

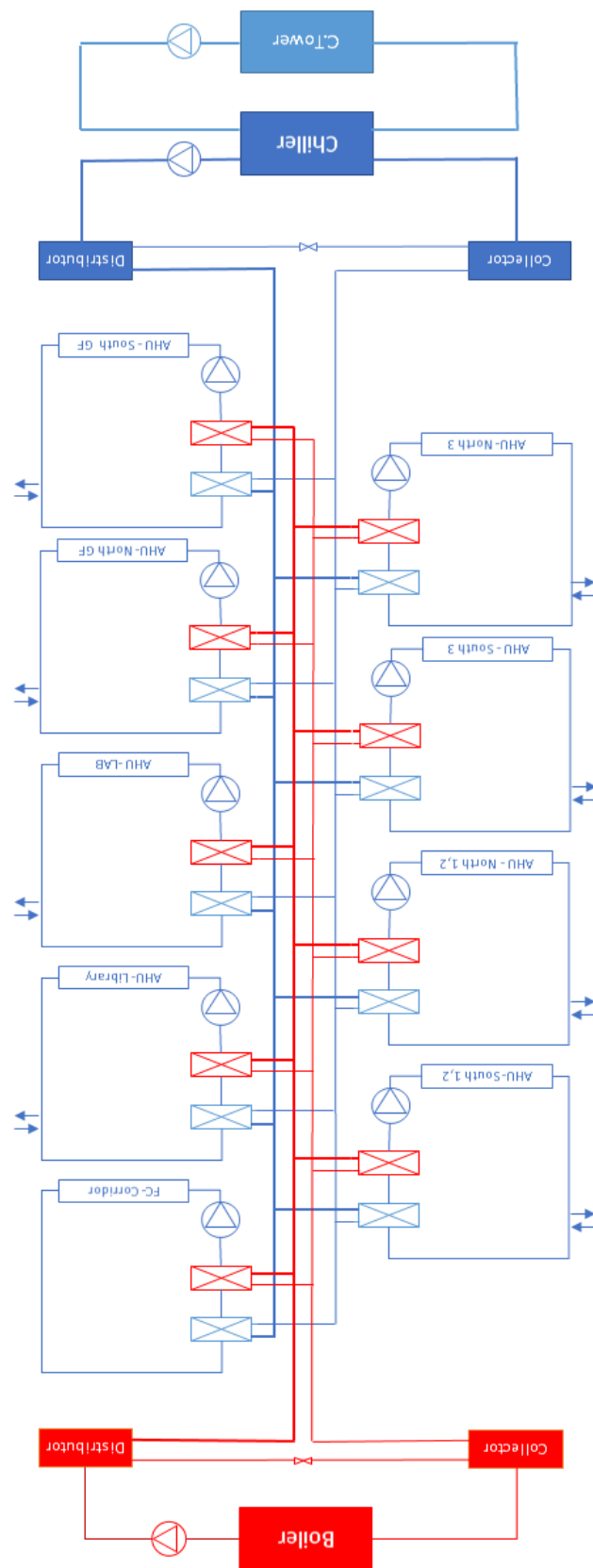
متدلوژی

در مدل تهیه شده در نرم افزار انرژی پلاس با تعریف زون های مختلف برای ساختمان دانشکده انرژی و با در نظر گیری دقیق اطلاعات آب و هوایی، برنامه های زمانی کارکرد وسایل و حضور افراد، ست پوینت های دمایی متفاوت برای زون ها و زمان های مختلف و ... محاسبات دقیق میزان بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان انجام می شود.

نمایی کلی از زون های متفاوت تعریف شده در مدل انرژی پلاس در شکل ۳ قابل مشاهده است. همچنین نقشه کلی از سیستم تهویه مطبوع تعبیه شده در این مدل در شکل ۴ آمده است.



شکل ۳- زون های تعریف شده برای ساختمان در مدل انرژی پلاس



شکل ۴- مدل سیستم تهویه در مدل انرژی پلاس

استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ با بیان شرایطی امکان مدل‌سازی ساختمان به صورت تک زون را فراهم داشته است که این شرایط به صورت زیر می‌باشند:

- مقادیر ست پوینت گرمایی در فضاهای مختلف بیشتر از ۴ کلوین تفاوت نداشته باشند.
 - فضاهای متفاوت یا همگی به صورت مکانیکی خنک شوند و یا همگی به صورت مکانیکی خنک نشوند و دمای ست پوینت سرمایش فضاها بیشتر از ۴ کلوین تفاوت نداشته باشد.
 - تمامی فضاها با یک سیستم سرمایش یا یک سیستم گرمایش شوند.
 - اگر سیستم تهویه‌ای موجود است، حداقل ۸۰ درصد فضاهای مختلف توسط یک سیستم تهویه شوند.
- مقدار انرژی مورد نیاز برای سرمایش ساختمان در زیرفصل هفتم استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ بر طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{c,nd} = Q_{c,g} - \eta_{c,Is} Q_{c,ht} \quad (۱)$$

که در این رابطه $Q_{c,nd}$ برابر با انرژی سرمایش مورد نیاز ساختمان است و $\eta_{c,Is}$ معرف ضریب بهره‌وری بدون بعد مربوط به اتلافات گرمایی است که در زیرفصل ۱۱۲ استاندارد به محاسبه آن پرداخته شده است. همچنین $Q_{c,g}$ برابر با مجموع حرارت‌های تولیدی و $Q_{c,ht}$ برابر با مجموع انتقال حرارت صورت گرفته است که برای این دو ترم داریم:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \quad (۲)$$

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (۳)$$

که Q_{tr} برابر با انتقال حرارت صورت گرفته به خاطر هدایت، Q_{ve} برابر با انتقال حرارت صورت گرفته به خاطر تهویه، Q_{int} برابر مجموع حرارت‌های تولیدی داخلی در یک بازه سرمایش مشخص و Q_{sol} برابر با مجموع حرارت‌های تولیدی خورشیدی در یک بازه سرمایش مشخص است که به ترتیب در برابر زیرفصل ۱۸م، ۱۹م، ۱۰م و ۱۱م استاندارد به محاسبه آن می‌پردازد.

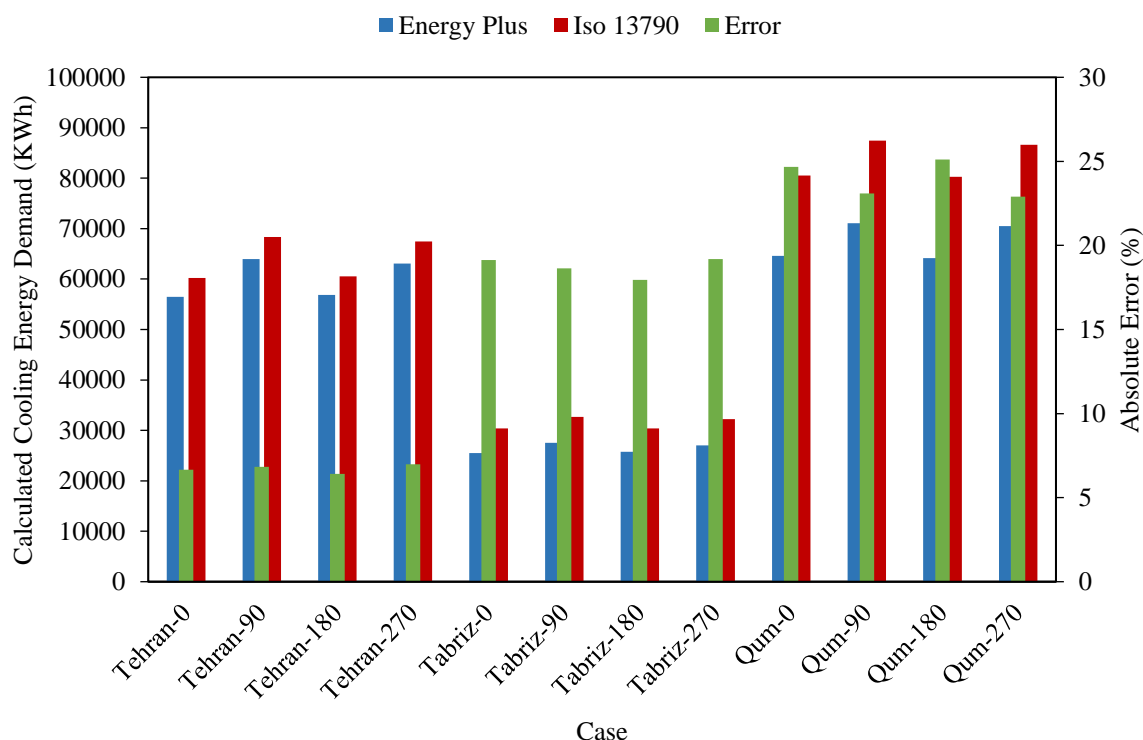
در یک توصیف کلی فرضیاتی که برای محاسبات استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ به کار رفته‌اند عبارت‌اند از:

- در نظرگیری ساختمان به صورت تک زون
- ثابت ماندن دما داخلی برابر با میانگین ماهانه دمای تمام زون‌های ساختمان در تمام مدت
- ثابت ماندن دما خارجی برابر با میانگین ماهانه در تمامی مدت
- عدم وجود پل حرارتی در پوسته‌ی ساختمان
- عدم قرارگیری شی یا ساختمانی در اطراف ساختمان دانشکده انرژی که سایه آن بر روی ساختمان بیافتد.
- عدم وجود فضاهای تهویه نشده در درون ساختمان یا در اطراف ساختمان و ارتباط تمامی دیوارهای خارجی ساختمان با محیط بیرون
- کارکرد پیوسته تجهیزات تهویه
- وجود نداشتن شار حرارتی از طرف لوله‌های آب و فاضلاب درون ساختمان
- وجود نداشتن شار حرارتی از طریق فرآیندهای آزمایشگاهی
- عدم پیش‌گرمایش یا پیش‌سرمایش هوای محیط در هنگام ورود آن به دستگاه‌های تهویه
- وجود نداشتن ساختمانی در اطراف ساختمان دانشکده که باعث ایجاد انتقال حرارت هدایتی بین این دو ساختمان شود. در واقع ترم هدایتی تنها از انتقال حرارت با هوای محیط و زمین ناشی می‌شود.

بحث و نتایج

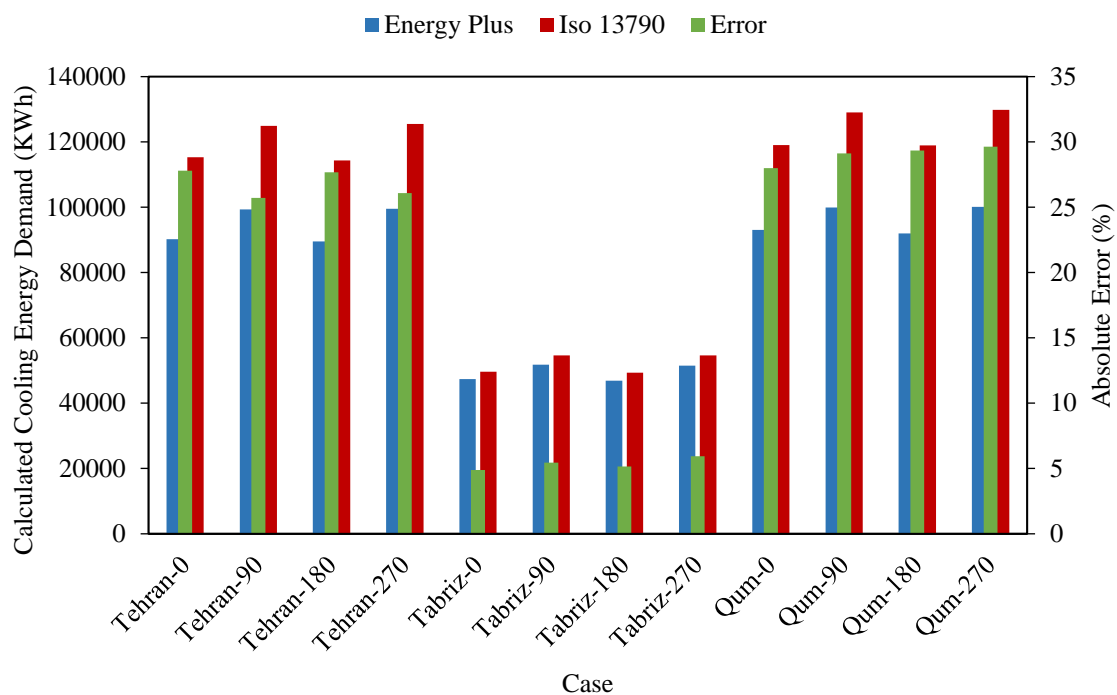
در این پژوهش هدف محاسبه بار سرمایشی مورد نیاز ساختمان دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف است. بدین منظور از دو روش محاسبه نرم افزار انرژی پلاس و محاسبه با استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ استفاده شده است. مقدار سرمایش ماهانه در ۴ ماه تابستانی (ماه های می، جون، جولای و آگوست معادل ۱۱ اردیبهشت تا ۱۰ شهریور) و برای ۱۲ مورد مطالعاتی شامل قرارگیری ساختمان در ۳ آب و هوای شهرهای تهران، تبریز و قم و چرخش ساختمان در ۴ جهت شمال، غرب، شرق و جنوب توسط این دو روش محاسبه و مقایسه شده اند که این نتایج برای ۴ ماه مورد بحث در شکل های ۵-۸ آمده است. در هر کدام از این شکل ها میزان سرمایش مورد نیاز ساختمان بر حسب کیلووات ساعت محاسبه شده بر اساس انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ و درصد اختلاف این دو برای هر کیس آمده است.

Month: May



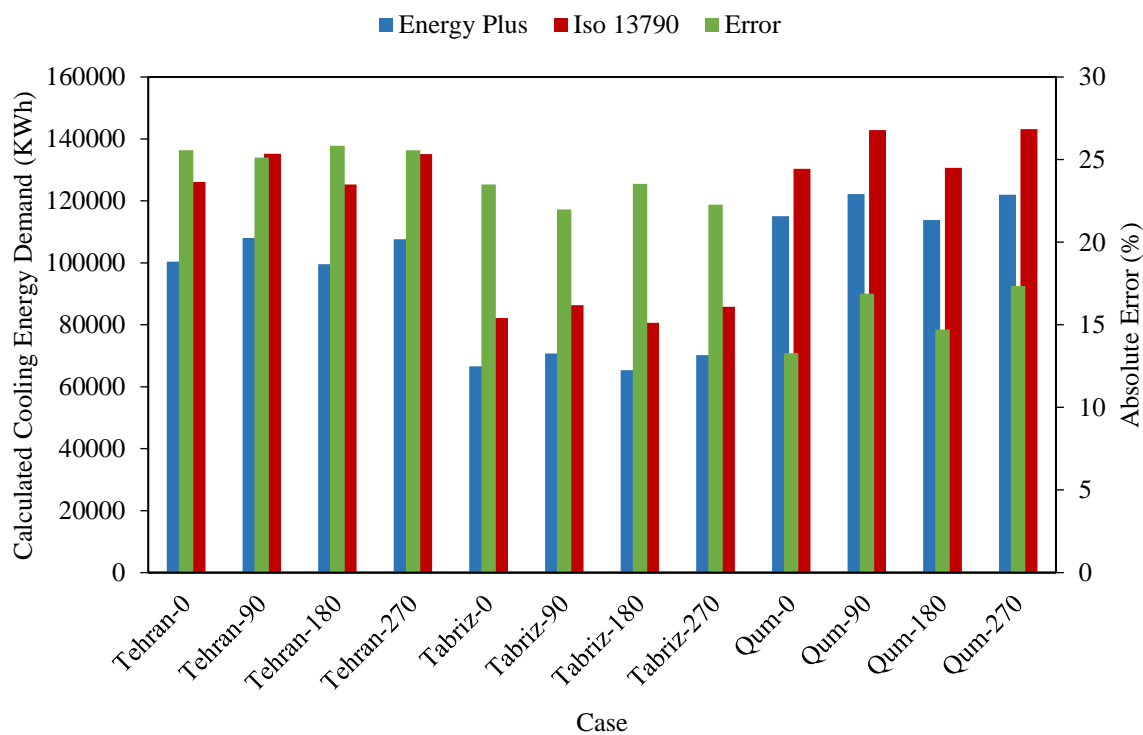
شکل ۵- سرمایش مورد نیاز در ماه می، محاسبه با انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ و اختلاف آن ها

Month: June



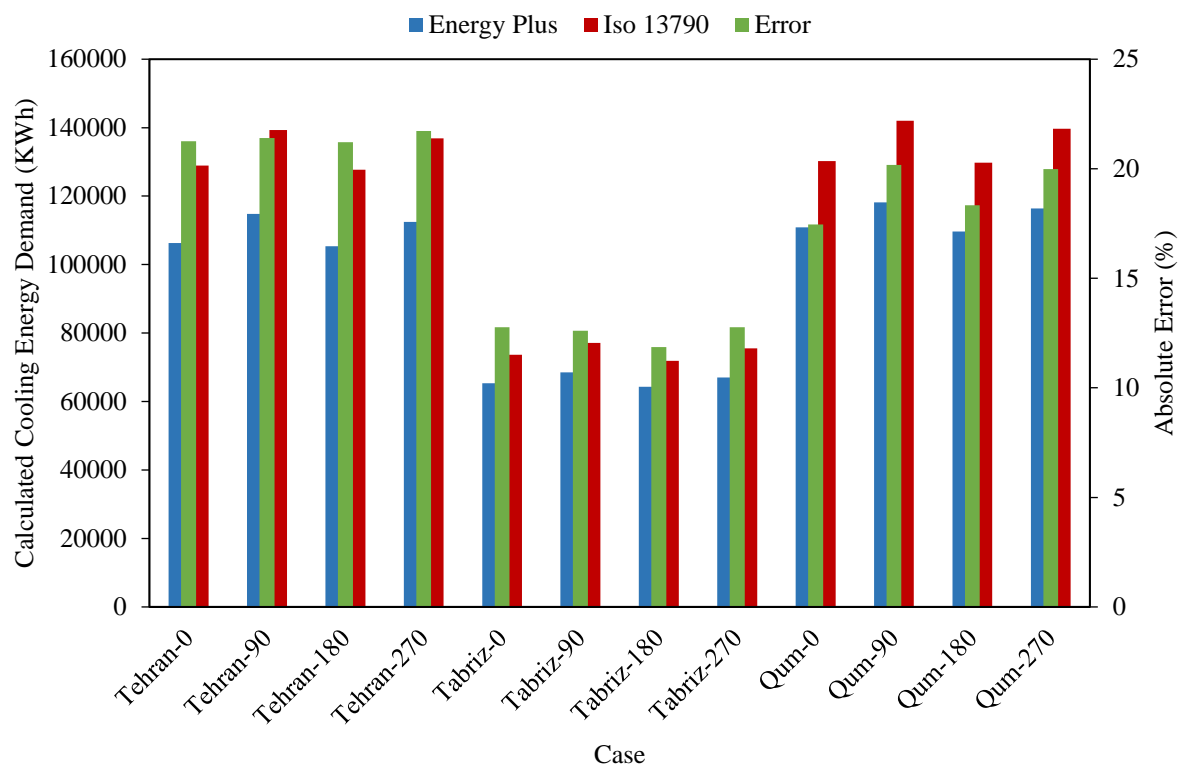
شکل ۶- سرمایش مورد نیاز در ماه جون، محاسبه با انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ و اختلاف آن‌ها

Month: July



شکل ۷- سرمایش مورد نیاز در ماه جولای، محاسبه با انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ و اختلاف آن‌ها

Month: August



شکل ۸- سرمایش مورد نیاز در ماه آگوست، محاسبه با انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ و اختلاف آن‌ها

مورد اولی که از نتایج مشخص است این است که بر اساس محاسبات هر دو روش کاملاً مبرهن است که میزان انرژی سرمایش مورد نیاز ساختمان در صورت قرارگیری آن در شهر تبریز کمتر از شهرهای تهران و قم است. که این موضوع به اقلیم خنک‌تر و سردتر تبریز باز می‌گردد که در ماه‌های تابستان متوسط دمای شهر تبریز کمتر از دو شهر دیگر است و تابش خورشیدی نیز کمتر می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰، میزان سرمایش مورد نیاز ساختمان در شهر قم نیز اندکی بیشتر از سرمایش مورد نیاز در صورت قرارگیری ساختمان در شهر تهران می‌باشد که این موضوع به دلیل آب و هوای گرم‌تر و تابش خورشیدی بیشتر در شهر قم نسبت به شهر تهران است. گزاره‌های بالا برای قرارگیری ساختمان در هر ۴ جهت جغرافیایی صادق است.

موضوع دیگری که از نتایج قابل مشاهده است، تاثیر چرخش ساختمان در جهت‌های جغرافیایی است. همانطور که از نتایج مشخص است فارغ از شهر مورد بررسی میزان بار سرمایشی مورد نیاز محاسبه شده طبق هر دو

روش انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰، در صورت چرخش ساختمان به میزان ۹۰ یا ۲۷۰ درجه بیشتر از حالت قرارگیری ساختمان با میزان چرخش ۰ یا ۱۸۰ درجه است. علت این موضوع به موجود بودن مساحت پنجره‌های بیشتر در دو طرف دیگر ساختمان است که با چرخش ساختمان به میزان ۹۰ یا ۲۷۰ درجه باعث ورود بیشتر تابش خورشیدی و نیاز به سرمایش بیشتر می‌شود. اساساً به دلیل تقارن موجود در ساختمان نتایج حالت‌های قرارگیری ساختمان در جهت اصلی و چرخش ۱۸۰ درجه و همچنین چرخش ۹۰ یا ۲۷۰ درجه با یکدیگر تفاوت محسوسی ندارد.

بر اساس نتایج، در همه‌ی شهرها و فارغ از جهت قرارگیری ساختمان، میزان سرمایش مورد نیاز ساختمان محاسبه شده بر اساس هر دو روش انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰، در ماه‌های جولای و آگوست (معادل تیر و مرداد ماه) بیشتر از دو ماه دیگر است که ناشی از دمای هوای بالاتر در فصل تابستان است. در این خصوص می‌توان بیان نمود که بیشترین انرژی سرمایش برای قرارگیری ساختمان در شهر تهران مربوط به ماه آگوست (۱۰ مرداد الی ۱۰ شهریور) و در هنگام چرخش ۹۰ درجه آن است که مقدار سرمایش مورد نیاز برابر با ۱۱۴۷۸۷ کیلووات ساعت در ماه بر اساس روش انرژی پلاس می‌باشد. همچنین بیشترین انرژی سرمایش برای قرارگیری ساختمان در شهر قم مربوط به ماه جولای (۱۰ تیر الی ۱۰ مرداد) و در هنگام قرارگیری آن در جهتی است که ساختمان ۹۰ درجه نسبت به وضعیت فعلی (نشان داده شده در شکل ۲) می‌چرخد که مقدار سرمایش مورد نیاز برابر با ۱۲۲۱۹۵ کیلووات ساعت در ماه بر اساس روش انرژی پلاس می‌باشد. و در نهایت، بیشترین انرژی سرمایش برای قرارگیری ساختمان در شهر تبریز مربوط به ماه جولای (۱۰ تیر الی ۱۰ مرداد) و در هنگام قرارگیری آن در چرخش ۹۰ درجه است که مقدار سرمایش مورد نیاز برابر با ۷۰۷۴۴ کیلووات ساعت در ماه بر اساس روش انرژی پلاس می‌باشد.

در خصوص مقایسه نتایج دو روش محاسباتی همانطور که مشاهده می‌شود اختلافی در نتایج وجود دارد. بیشترین اختلاف برای شهرهای تهران و قم در ماه جون اتفاق می‌افتد که به ترتیب درصد تفاوت نتایج برابر با ۲۷ و ۲۹ درصد است. این اختلاف در شهر تهران و در ماه می در حدود ۷ درصد و در سایر ماه‌ها حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد شده است. در شهر قم و در ماه می و جون حدود ۲۵ الی ۳۰ درصد، در ماه جولای و آگوست

بین ۱۰ تا ۲۰ درصد اختلاف در نتایج موجود است. همچنین برای شهر تبریز در ماه جون اختلاف حدود ۵ درصد، در ماه آگوست حدود ۱۵ درصد و در ماه‌های می و جولای اختلاف حدود ۲۰ درصد مشاهده می‌گردد. به طور کلی اگر از خطاهای موجود در تمامی کیس‌ها و در تمامی ماه‌ها (۴۸ داده خطا) به صورت رابطه زیر میانگین‌گیری شود، خطا برابر با ۱۸.۹۵٪ می‌باشد.

$$MAPE^1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{s_i - e_i}{e_i} \right| \quad (4)$$

که در آن e_i معرف نتایج بدست آمده از محاسبات انرژی پلاس و s_i معرف نتایج بدست آمده از محاسبات استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ می‌باشد. معیار دیگری برای بررسی اختلاف داده‌های محاسبه شده از دو روش، استفاده از معیار مجذور میانگین مربعات خطاها^۲ (RMSE) است. فرمول محاسبه خطا بر اساس این روش به قرار زیر است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (e_i - s_i)^2} \quad (5)$$

بر همین اساس برای هر شهر با توجه به اینکه محاسبات برای چهار ماه و چهار جهت جغرافیایی انجام شده است مقدار n برابر با ۱۶ حالت برای هر شهر است و بر اساس نتایج موجود مقدار RMSE برابر با ۲۱۸۸۳ کیلووات ساعت برای شهر تهران، ۹۲۴۹ کیلووات ساعت برای شهر تبریز و ۲۱۵۸۵ کیلووات ساعت برای شهر قم می‌شود. همچنین اگر تمامی حالات یعنی (۴۸ حالت به ازای هر سه شهر) در نظر گرفته شود مقدار RMSE برابر با ۱۸۵۳۲ کیلووات ساعت می‌شود.

اگر مقدار RMSE با استفاده از میانگین نتایج انرژی پلاس بر اساس رابطه زیر نرمالایز شود مقدار آن برابر با ۰.۲۲۸ می‌شود.

¹ Mean Absolute Percentage Error

² Root Mean Square Error

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (e_i - s_i)^2}}{\bar{e}} \quad (6)$$

علت عمده تفاوت نتایج بین دو روش محاسباتی انرژی پلاس و استاندارد به نحوه محاسبات بار سرمایه‌گذاری ساختمان با توجه به استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ و نرم‌افزار انرژی پلاس برمی‌گردد. همچنین مقدار اندکی تفاوت در مقدار بیشتر انرژی سرمایه‌گذاری به روش استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ به دلیل فرض تک زون بودن ساختمان در محاسبات آن می‌باشد. مورد دیگری که در محاسبات روش استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ تاثیرگذار است گام زمانی محاسبات است که در این روش گام زمانی ماهیانه در نظر گرفته شده است که با یک مرحله محاسبات به نتایج رسیده شود اما با داشتن گام زمانی دقیق‌تر روزانه و یا حتی ساعتی مقدار اندکی نتایج روش استاندارد متفاوت و دقیق‌تر خواهد شد.

ست پوینت دمایی در محاسبات استاندارد به صورت ثابت برای تمامی ۲۴ ساعت روز است در حالی که در محاسبات انرژی پلاس برنامه‌های زمانی^۱ ست پوینت برای روزهای هفته، آخر هفته، شب و روز و ماه‌های سال وجود دارد. به جهت داشتن شرایط مقایسه دو روش ست پوینت‌های دمایی در هر دو روش استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ و تنظیمات مربوطه در برنامه زمانی نرم‌افزار انرژی پلاس برابر مقدار ۲۴ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است.

¹ Schedule time

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به محاسبه بار سرمایشی مورد نیاز یک ساختمان با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس و استاندارد ایزو ۱۳۷۹۰ برای حالت‌های مختلف و مقایسه آن‌ها پرداخته شد. برای این منظور ساختمان دانشکده مهندسی انرژی دانشگاه صنعتی شریف در سه شهر تهران، تبریز و قم استفاده شد که شبیه‌سازی ساختمان در هر چهار جهت جغرافیایی و برای چهار ماه گرم می، جون، جولای و آگوست انجام شد.

در ادامه در مورد روش‌های استفاده شده و فرضیات در نظر گرفته شده به طور مختصر توضیح داده شد. نرم‌افزار انرژی پلاس با دریافت ورودی‌هایی مانند فایل آب‌وهوایی شهر مورد نظر، زون‌های مختلف ساختمان، سیستم‌های تهویه مطبوع مربوطه، مختصات صفحات ساختمان شامل دیوارها (داخلی سقف)، پنجره‌ها (داخلی و خارجی)، سقف، پشت بام، کف طبقات و زمین، جنس لایه‌های مورد استفاده در این صفحات و خصوصیات آن‌ها، برنامه زون‌ها، شامل برنامه دمایی، روشنایی، استفاده از تجهیزات و حضور افراد به صورت ساعتی روزانه و ماهانه شبیه‌سازی را به صورت دقیق انجام می‌دهد. اما در روش استاندارد به دلیل دوری از پیچیدگی و کاهش حجم و زمان محاسبات فرض‌هایی نظیر تک زون بودن ساختمان، ثابت ماندن دما داخل و خارج در تمام مدت، کارکرد پیوسته تجهیزات تهویه، عدم وجود ناحیه تهویه نشده یا ساختمانی دیگر اطراف ساختمان مورد نظر و ... برای ساده‌سازی انجام شد.

در نهایت نیز به نمایش نتایج حاصل از این دو روش و تحلیل آن‌ها پرداخته شد. مقدار انرژی سرمایشی مورد نیاز محاسبه شده به روش استاندارد برای تمامی حالات بیشتر از نتایج نرم‌افزار می‌باشد و مقدار اختلاف میانگین برابر ۱۸.۹۵٪ وجود دارد که علت اصلی آن تفاوت ماهیت دو روش، خطاهای اندک محاسباتی و فرض‌های ساده‌شونده در طی محاسبات استاندارد است. اما روند کلی نتایج حاصل از استاندارد و نرم‌افزار یکسان می‌باشد. شهر تبریز به دلیل آب و هوای خنک‌تری که نسبت به شهر قم تهران دارد همچنین موقعیت جغرافیایی شمالی‌تر به آن‌ها تابش کم‌تری از خورشید دریافت می‌کند به همین دلیل انرژی سرمایشی کم‌تری نیاز دارد. شهر قم آب و هوای گرم و خشک دارد و هرچند تابش خورشیدی بیشتری در طول روز نسبت به

شهر تهران دریافت می‌کند اما در طول شب خنک‌تر از تهران می‌باشد این دو عامل باعث شده‌اند که نتایج حاصل از نرم افزار انرژی پلاس برای شهر قم و تهران اختلاف زیادی با هم نداشته باشند اما به طور کلی بار سرمایشی مورد نیاز برای شهر قم اندکی بیشتر از شهر تهران می‌باشد. ماه‌های جولای و آگوست نسبت به ماه‌های می و جون انرژی سرمایشی بیشتری نیاز دارند که دلیل آن گرم‌تر شدن دمای هوا و تابش بیشتر خورشید در این ماه‌ها می‌باشد. هنگامی که ساختمان به میزان ۹۰ یا ۲۷۰ درجه چرخش دارد به دلیل این که مساحت بیشتری از صفحات ساختمان به‌ویژه پنجره‌ها مدت زمان بیشتری در معرض تابش خورشید قرار می‌گیرند انرژی سرمایشی بیشتری مورد نیاز می‌باشد که برای هر سه شهر و تمامی ماه‌ها این نکته قابل مشاهده است.

به طور کلی به نظر می‌رسد که نتایج حاصل از نرم‌افزار انرژی پلاس دقیق‌تر و قابل اطمینان‌تر می‌باشد اما نتایج استاندارد نیز قابل قبول و دارای اختلافی در حدود ۱۸ درصد با نتایج نرم‌افزار است که در صورت محاسبات دقیق‌تر استاندارد نیز این اختلاف می‌تواند اندکی کاهش یابد اما در کل به دلیل تفاوت ماهیت دو روش همیشه مقداری اختلاف در نتایج قابل مشاهده است.

- [١] D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert, and B. T. Griffith, "Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs," *Building and environment*, vol. 43, no. 4, pp. 661-673, 2008.
- [٢] I. Csáky and F. Kalmár, "Effects of solar radiation asymmetry on buildings' cooling energy needs," *Journal of Building Physics*, vol. 40, no. 1, pp. 35-54, 2016.
- [٣] I. Csáky and F. Kalmár, "Effects of thermal mass, ventilation, and glazing orientation on indoor air temperature in buildings," *Journal of Building Physics*, vol. 39, no. 2, pp. 189-204, 2015.
- [٤] G. Kokogiannakis, P. Strachan, and J. Clarke, "Comparison of the simplified methods of the ISO 13790 standard and detailed modelling programs in a regulatory context," *Journal of Building Performance Simulation*, vol. 1, no. 4, pp. 209-219, 2008.