Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-032

شبیه سازی عددی بار حرارتی اتاق مسکونی با فن کویل با الگوریتم بهینه سازی ژنتیک

۱. اردلان مفتخری* ۲. احمد پسندیده فرد
۱ کارشناس دانشگاه شهید مهاجر اصفهان، ardalanmoftakhari@yahoo. com
۲ استادیار دانشگاه شهید مهاجر اصفهان

چکیده :

کاربرد الگوریتم های مدل سازی عددی در جنبه های مختلف علوم مهندسی به خصوص در آنالیز سیستم های حرارتی بیش از پیش مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این راستا بواسطه وجود خطا در روش های آنالیز عددی ، افزایش دقت نتایج در تحلیل مسائل بیش از قبل مورد توجه قرار می گیرد. در تحقیق حاضر ، از آنالیز معکوس جهت تحلیل رفتار حرارتی یک اتاق مسکونی با سیستم گرمایشی و سرمایشی با فن کویل استفاده شده است و تاثیر الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی پارامترهای دخیل در مسئله نمایش داده شده است.

کلمات کلیدی : آنالیز مصرف انرژی ، روش عددی ، بهینه سازی .

۱ مقدمه

در چندین دهه اخیر، مدل سازی مصرف انرژی در ساختمان ها مورد توجه بسیاری از محققین در سرتاسر دنیا قرار گرفته است . هم چنین در این راستا تحقیقات و آزمایشات متعددی جهت شبیه سازی عوامل مولد و تامین کننده آسایش حرارتی و برودتی در فضای یک اتاق در ساختمان انجام گرفته است . این تحقیقات به صورت گسترده ای در زمینه های تجربی در آزمایشگاه ها بر روی تجهیزات تامین کننده آسایش حرارتی و برودتی مانند رادیاتورها ، چیلرها ، فن کویل ها ، هواسازها و دیگر ادوات سیستم های تاسیسات حرارتی و برودتی صورت گرفته است . این درحالی است که طراحی و بررسی سیستم های سرمایشی و گرمایشی در علوم آنالیز عددی به طور همزمان انجام گرفته است . این امر در سالیان پیشین با پیشرفت های شگرف علوم کامپیوتری ، سرعت هرچه بیشتری به خود گرفته است به طوری که در چند دهه اخیر مدل سازی با استفاده از کامپیوتر کارآیی خود را به عنوان ابزاری قدرتمند در بررسی عملکردسیستم های گرمایشی و سرمایشی نمایش داده است . بواسطه ارتباط تنگاتنگ مابین پارامتر های طراحی در سیستم های حرارتی و برودتی از جمله شرایط آب و هوایی اقلیم ، نوع سیستم های گرمایشی و سرمایشی ، خصوصیات طراحی و ... می بایست تاثیر دقیق هر یک از این پارامتر ها بر عملکرد سیستم کل را تعیین نمود. از طرفی طراح باید قادر باشد ، از امکانات کامپیوتر در فرآیند محاسبات و پردازش اطلاعات استفاده کرده و علاوه بر آن شرایط را برای طراحی بهینه فراهم سازد. در مدل سازی عادی ، طرحی توسط طراح به صورت گام به گام به حالت عددی برای کامپیوتر تعریف می گردد و سپس کامپیوتر نیز طی فرآیند پردازش پاسخ هایی را برآورد می نماید. توجه با این نکته ضروری به نظر می رسد که این فرآیند نه تنها وقتگیر و گاهی خسته کننده است بلکه این مشکل را هم دارد که در محدوده وسیعی از پاسخ های قابل قبول تنها تعداد محدودی پاسخ را بنا به تشخیص طراح ارزیابی کرده و عملکرد آنها را با هم مقایسه می کند . در مقابل ، با بهره برداری از الگوریتم های بهینه سازی می توان در محدوده گسترده ای از فضای جواب پاسخهایی که در راستای هدف مشخص مسئله , بهترین عملکرد را دارند , جستجو کرد . در کشور های توسعه یافته در حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد مصرف انرژی سالیانه مربوط به بخش ساختمان ها می باشد . در ایران نیز طبق آمار های بدست آمده از شرکت بهینه سازی مصرف سوخت حدود ۴۲درصد از انرژی تولیدی کشور در بخش ساختمان ها مصرف می گردد که طبق آمار های بدست آمده از شرکت ملی گاز ایران در حدود ۷۴ درصد از این انرژی برای امر گرمایش ساختمان ها مصرف می شود . با توجه به مصرف بالای انرژی در ساختمان ها و هم چنین استاندارد نبودن شرایط طراحی ساختمان ها و مصالح کاربردی آنها نیاز به تحلیل دقیق عملکرد و بهینه سازی ساختمان ها به منظور کاهش مصرف انرژی احساس می شود.

از جمله روش های تحلیل بار حرارتی و شبیه سازی انرژی می توان از رهیافت روش حل مستقیم در تحلیل و آنالیز معادلات حاکم بر ساختمان ها اشاره نمود . در این رهیافت تعیین متغیر ها

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-032

و چگونگی فرایند انتقال حرارت و تعیین انرژی با استفاده از دو نوع روش می تواند صورت پذیرد .

اولین روش انجام آزمون های تجربی و دومین روش مدل سازی تحلیلی و یا شبیه سازی عددی فرایند انتقال حرارت و تعیین انرژی می باشند . در روش اول ، مقادیر درجه حرارت بصورت تابعی از زمان و مکان با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی اندازه گیری می شوند . در روش دوم بدون استفاده از داده های تجربی ، محققان یک مدل ریاضی را که ممکن است بر پایه یک معادله دیفرانسیل و یا یک سیستم از معادلات دیفرانسیل به همراه شرایط اولیه و مرزی مناسب استوار باشد ، ارائه می کنند. سپس آنان روش های تحلیلی و یا عددی مناسب جهت گسسته سازی معادلات را استفاده کرده و سپس مدل گسسته شده را با استفاده از حجم زیادی از محاسبات حل می کنند و آن گاه جدول و یا منحنی هایی از نتایج ارائه می دهند .در نهایت نتایج شبیه سازی مدل و داده های تجربی که به طور مجزا از هم تهیه می شوند ، با هم مقایسه می شوند.این روند جهت حل مسائلی مناسب است که داده های ورودی همانند هندسه و ساختار درونی سیستم ، شرایط اولیه و مرزی و خواص ترموفیزیکی سیستم معلوم باشند.

در این حالت پس از یک مدل سازی از فیزیک مسئله یک شبیه سازی یا آزمون تجربی جهت بدست آوردن داده های خروجی مورد نیاز صورت می پذیرد که به چنین برخوردی که بسیار مرسوم است حل مسئله به صورت مستقیم گفته می شود . در واقع در این رهیافت که بر اساس حل مستقیم مسئله است ، تعیین معلول از طریق بررسی و شبیه سازی علت انجام می پذیرد . نوع سیستم گرمایشی و سرمایشی می تواند تاثیر قابل توجهی در مقادیر این داده های تجربی و مدل عددی داشته باشد. بنابراین در این راستا نیاز است انواع سیستم های حرارتی و برودتی رایج در ساختمان ها شناخته شود.

به طور کلی می توان سیستم های تامین کننده آسایش حرارتی و تهویه مطبوع در ساختمان ها را به دو دسته سیستم های همرفتی و سیستم های تشعشعی تقسیم بندی کرد . در سیستم های همرفتی ، دمای مطلوب طراحی ساختمان به عنوان مبنا قرار می گیرد و سیستم های گرمایشی و سرمایشی به صورتی انتخاب می شوند که دمای هوای مطلوب برای ساکنین اتاق فراهم سازد .

در نوشتار حاضر ، سعی شده است تا با تکیه بر تحقیقات قبلی ، تخمینی بهینه از پارامتر های موثر بر میزان مصرف انرژی حرارتی و برودتی در یک ساختمان مجهز به سیستم همرفتی فن کویل چنان انجام گیرد تا شرایط آسایش حرارتی برای ساکنین فراهم سازد . در این راستا از الگوریتم های بهینه سازی جهت گزارش مقادیر بهینه پارامتر های موثر استفاده شده است و همچنین نتایج با شرایط حضور سیستم های تهویه مطبوع همرفتی نیز مقایسه گردیده است.

۲ مدل سازی بار حرارتی در اتاق مسکونی

جهت انجام مدل سازی بار گرمایشی و سرمایشی در داخل اتاق باید ابتدا معادلات حاکم بر هر وسیله و بر هوای اتاق بررسی گردد.

۲ - ۱ مدل سازی انتقال حرارت دیواره ها

نکته قابل توجه در شبیه سازی انتقال حرارت دیواره های اتاق این است که متد اصلی انتقال حرارت از آنها رسانش گرمایی می باشد . معادله انتقال حرارت گذرا دیواره ها به شکل زیر می باشد

$$k\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial^2 x} + q(x,t) = (\rho c_p)\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} \qquad (۱)$$

شرط مرزی حاوی انتقال حرارت جابجایی است .

$$k\frac{\partial T(x,t)}{\partial x} = h[T_{air} - T(x,t)] \qquad (۲)$$

در حل عددی معادله هدایت گذرا با روش حجم محدود دامنه حل را مشابه شکل با یک حجم کنترل نمونه در نظر گرفته می شود . برای محاسبه جمله مشتق زمانی در مسئله انتقال حرارت هدایت گذرا از تقریب تفاضل پسرو استفاده شده است .

۲-۲ تعادل حرارتی اتاق مسکونی

در این مرحله هدف یافتن رابطه ای برای مدل سازی انتقال حرارت هوای اتاق با ادوات موجود در اتاق می باشد . پس از بررسی مدل سازی حرارتی دیواره ها ، باید معادله توازن حرارتی برای هوای اتاق نوشته شود . هوای داخل اتاق در اثر تبادل حرارتی با دیواره ها از طریق جابجایی و همچنین تولید یا استخراج حرارت در داخل اتاق تغییر دما می دهد .

$$m_{air}\, cp_{air}\frac{dT_{air}}{dt} = Q_{air} + Q_{fur} + Q_{gen} \qquad (۳)$$

$$Q_{air} = \sum h_i A_i (T_{s,i} - T_{air}) \qquad (۴)$$

$$Q_{fur} = h_{fur} A_{fur} (T_{fur} - T_{air}) \qquad (۵)$$

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-032

جمله مربوط به دمای تجهیزات ، همان انتقال حرارت جابجایی از تجهیزات به هوای اتاق می باشد . این تجهیزات به دلیل تشعشعات وارده به اتاق از طریق دیواره ها و جذب تشعشعات گرم می شوند و انرژی خود را از طریق جابجایی به هوای اتاق انتقال می دهند .

جمله حاوی دمای تجهیزات ، همان انتقال حرارت به طریق جابجایی از تجهیزات به هوای اتاق می باشد . معادله تعادل گرمایشی برای تجهیزات درون اتاق به صورت زیر بیان می شود :

$$m_{fur}\, cp_{fur}\, \frac{dT_{fur}}{dt} = Q_{fur} + Q_{Radi,in} \qquad (۶)$$

$$Q_{fur} = -h_{fur} A_{fur} (T_{fur} - T_{air}) \qquad (۷)$$

برای حل معادلات فوق از روش های گسسته سازی تفاضل محدود پسرو استفاده می شود .

معادلات ذکر شده برای دیواره ها ، هوا و هم چنین تجهیزات داخل اتاق به یکدیگر وابسته هستند . با توجه به وابستگی امکان حل همزمان معادلات سخت است . از طرف دیگر این وابستگی غیر خطی بوده و لذا باید از الگوریتم حل تکراری استفاده نمود . در الگوریتم حل در ابتدا مشخصات دیواره ها و فضا ، شرایط مرزی و اولیه و مشخصات آب و هوایی وارد می شود .سپس به ترتیب معادلات تشعشع و انتقال حرارت هدایتی دیواره ها حل می شوند زیرا به عنوان شرط مرزی برای معادلات بعدی ایفای نقش می کنند . با حل این دو معادله نیز می توان بار حرارتی و برودتی و معادله بقای انرژی را نیز حل نمود .توجه به این نکته ضروری است که پس از پایان یک مرحله کامل حل ، مقادیر دما در زمان جدید محاسبه می شود و روند بالا تکرار می شود تا منجر به همگرایی پاسخ گردد .

۳ مدل سازی عددی انرژی ساختمان

پس از مدل سازی بار حرارتی ساختمان و تعیین بار فضا ، گام بعدی برای شبیه سازی انرژی تبدیل بار فضا به بار تجهیزات سیستم سرمایش و گرمایش می باشد.
از نوع آنالیزحالت پایدار معمولا برای سایز زنی سیستم های تهویه مطبوع استفاده می شود و از داده های نمونه داخل و شرایط خارج استفاده می کنند و برای ساختمان هایی که دارای سطوح با جرم حرارتی بالا ، دریافت تابش کم و دماهای داخلی ثابت هستند استفاده می شود.
بعد از محاسبه بار فضا برای شبیه سازی دینامیکی باید سیستم های تجهیزات گرمایشی و سرمایشی مدل می گردند . اساس شبیه سازی قانون اول ترمودینامیک است که با بکارگیری این قانون به صورت غیر دائم برای هر یک ازاجزا ، می توان به معادلاتی دست یافت که حالت سیستم را تفسیر می کنند. در این حالت چهار معادله دیفرانسیل بدست می آید که هر یک شرایط کارکرد یکی از اجزای سیستم گرمایش را تحلیل می کند .

۳ - ۱ مدل سازی منبع گرمایش

منبع تولید آب گرم در سیستم های حرارت مرکزی و گرمایش ، دیگ یا بویلر می باشد که معادله آن طبق رابطه زیر تعریف می گردد .

$$Q_s + Q_{1\to 2,w} + Q_{1\to 2,b} = Q_{2,w\to b} + Q_{1,w\to b} \qquad (۸)$$

$$Q_{1\to 2} = m_w c_{p,w} (1-\theta)(T1 - T2) \qquad (۹)$$

$$Q_{1\to 2,b} = \frac{1}{2} M_{bw} c_{p,bw} (1-\theta)(T1 - T2) \qquad (۱۰)$$

$$Q_{2,w\to b} = (\frac{1}{2} M_w{}^{-} c_{p,w} + m c_{p,w} \theta)\, T'_2 \qquad (۱۱)$$

$$Q_{1,w\to b} = (\frac{1}{2} M_w{}^{-} c_{p,w}{}^{-} + m_w c_{p,w} \theta)\, T'_1 \qquad (۱۲)$$

۳-۲ شبیه سازی عددی فن کویل

در تحقیق حاضر ، از فن کویل به عنوان جز تامین کننده بار گرمایشی و سرمایشی استفاده گردیده است. فن کویل نیز در مدل سازی عددی مانند رادیاتور و یا هرگونه تجهیزات دیگر گرمایشی و سرمایشی رفتار می کنند و طبق رابطه موجود در مرجع [17] شناخته می شوند .

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 \qquad (۱۳)$$

$$Q_2 = m c_p (1-\theta)(T3 - T4) \qquad (۱۴)$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} M_L c_p (T3 - T4) \qquad (۱۵)$$

$$Q_3 = -\epsilon c_{min} dt (T3 - T_{air}) \qquad (۱۶)$$

$$Q_4 = [\frac{1}{2} M_L c_p - m c_p \theta]\, T_3{}^{-} \qquad (۱۷)$$

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-032

$$Q_4 = [\frac{1}{2} M_L c_p + m c_p \theta]\, T_4^- \qquad (۱۸)$$

میزان انتقال حرارت از فن کویل نیز طبق مرجع[17] قابل تعیین است .

$$Q_4 = -\epsilon c_{min}(T_{h,i} - T_{c,i}) \qquad (۱۹)$$

۴ مفهوم بهینه سازی

بخش دشوار استفاده از ابزارهای مولد برای طراحی بهینه , تعریف تابع هدف مناسب و قیود مسئله است . تحلیل های زیست محیطی معمولا زمینه های مناسبی برای طراحی در راستای هدف محسوب می شوند , چرا که می توان عملکرد سیستم را از این لحاظ در قالب های کمی ارزیابی کرد . مثلاً سطح نور داخل فضا , دمای طرح داخل , میزان مصرف انرژی به منظور تأمین روشنایی , گرمایش و سرمایش و ... همه کمیتهای قابل اندازه گیری هستند که می توان بر اساس آنها تابع هدف و قیود را ارائه کرد . مثلاً مسئله خاص مورد بررسی در این مقاله عملکرد یک ساختمان به جهت میزان روشنایی فضای داخلی و رفتار حرارتی آن را در بر می گیرد که در ارتباط با کمیتهای قابل محاسبه یا اندازه گیرند .از ابزار مولد بیشتر در مراحل پایانی طراحی استفاده می شود , چرا که در مراحل اولیه عملاً پاسخ بهینه ای وجود مدارد و در عوض محدوده وسیعی از پاسخ ها موجود است که تمامی آنها بالقوه برای مسئله مورد بررسی پاسخ های مناسبی محسوب می شوند . هر چقدر پروسه حل جلوتر می رود نیاز به بهینه سازی هم افزایش پیدا می کند ؛ چرا که تعریف دقیق تر مسئله نیازها را روشن تر می کند . مثال های متعددی را می توان به عنوان مسایل قابل حل به این روش مطرح کرد . اندازه شیشه های پنجره بر مبنای شرایط آب و هوایی و جهت قرار گیری ساختمان , انتخاب نوع شیشه یا انتخاب مصالح ساختمانی مورد استفاده در دیوارها و سقف از آن جمله اند .

۴-۱ الگوریتم ژنتیک در مسائل بهینه سازی

قبل از تشریح روش حل و ارائه نتایج بهتر است الگوریتم بهینه سازی مورد استفاده مرور مختصری شود . الگوریتم ژنتیک تکنیک بهینه سازی عمومی است که برای جستجو در فضاهای پاسخ مغشوش که نقاط اکسترمم محلی بسیاری دارند , مورد استفاده قرار می گیرد . از آنجا که الگوریتم ژنتیک با استفاده از جمعیتی از پاسخ ها جستجو را انجام می دهد (به جای یک نقطه , چنان که در اکثر روشهای جستجو و بهینه یابی متداول است) , احتمال این که جستجو در دام یک بهینه محلی گرفتار شود کاهش می یابد . الگوریتم ژنتیک جستجو را با یک جمعیت نمونه تصادفی آغاز می کند و سپس با استفاده از عملکردهای تصادفی و بر مبنای مقادیر تابع هدف بهینه سازی را دنبال می کند. این عملکردهای تصادفی که هم گذری , جهش و باز تولید متناسب با شایستگی نامیده می شوند در حقیقت تلاشی برای مدل سازی فرآیند تولید مثل بر مبنای تئوری انتخاب طبیعی داروین محسوب می شوند . هر پاسخ قابل قبول برای مسئله در الگوریتم ژنتیک یک فرد نامیده می شود و دسته ای از پاسخ ها که در هر مرحله وجود دارد را یک جمعیت می نامند . هر جمعیت جدید یک نسل جدید محسوب می شود. در الگوریتم ژنتیک دودویی , که در اینجا نیز از آن استفاده می شود هر فرد با یک رشته دودویی که کروموزوم نامیده می شود , معرفی می گردد . این کروموزوم به ترتیب خاصی (که برنامه نویس معین می کند) پارامترهای دخیل در مسئله را کد می کند . هر کروموزوم از تعدادی ژن تشکیل شده که در حقیقت معادل بیتهای رشته دودویی است . شایستگی هر فرد نیز متناظر با مقدار تابع هدف در آن نقطه (یعنی با ازای مقادیر ورود یهایی برابر با مقادیر کد شده توسط کروموزوم مورد نظر) است . عملگرهای ژنتیکی که ابتدا معرفی شدند روند تکامل نسل ها را کنترل می کنند . احتمال این که یک کروموزوم در تولید نسل بعدی شرکت داده شود متناسب با میزان شایستگی آن است . هم گذری بر دو کروموزوم که به صورت تصادفی انتخاب شده اند عمل کرده و با جا به جا کردن ژنهای آنها از نقطه ای که آن هم به صورت تصادفی انتخاب می شود , دو کروموزوم جدید می سازد .جهش عبارتست از تعویض تصادفی یک ژن به منظور وارد کردن نقاط جدیدی از فضای پاسخ ها در پروسه بهینه سازی .حل با کمک الگوریتم ژنتیک با تولید یک جمعیت اولیه تصادفی از پاسخ های قابل قبول مسئله آغاز می شود . این پاسخ ها ارزیابی شده و عملکردهای ژنتیکی به آنها اعمال می شود . به این ترتیب نسل جدیدی از پاسخ ها ساخته می شود که میانگین شایستگی آنها از نسل قبلی بیشتر است . بسته به پیچیدگی مسئله شرایط هم گرایی برای آن وضع می شود که با ارضای آنها الگوریتم متوقف می گردد .الگوریتم ژنتیک قدرت خود را در حل مسایل پیچیده ای که روش های مبتنی بر مشتق معمولاً در حل آنها دچار اشکال

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-032

شده و روی مینیمم های محلی هم گرا می گردند , نشان داده است. از الگوریتم ژنتیک در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها استفاده های متعددی شده است که عمدتاً به منظور یافتن اندازه بهینه سیستم های تاسیساتی یا نحوه کنترل آنها بوده است .

۵ ارائه نتایج حل عددی

در این بخش نتایج حل عددی اتاق مسکونی با سیستم گرمایشی و سرمایشی فن کویل بازتاب داده می شود .

برای تحلیل ۲۴ ساعته ساختمان ، یک اتاق نمونه در شهر تهران در نظر گرفته شده است و بارهای گرمایشی و سرمایشی در طول روز محاسبه شدند . برای بررسی ، دو روز مختلف ، یکی در تابستان و دیگری در زمستان انتخاب شده اند . ورودی های برنامه یعنی داده های آب و هوایی شامل دمای هوا و شار تابش خورشید ، از اطلاعات سازمان هواشناسی ایران استخراج گردیده است . برای معتبر سازی مدل ارائه شده نتایج برنامه عددی نوشته شده ، بارهای گرمایشی و سرمایشی ساعتی بدست آمده از کد حاضر با نتایج نرم افزار کریر و plus Energy مقایسه شده است .

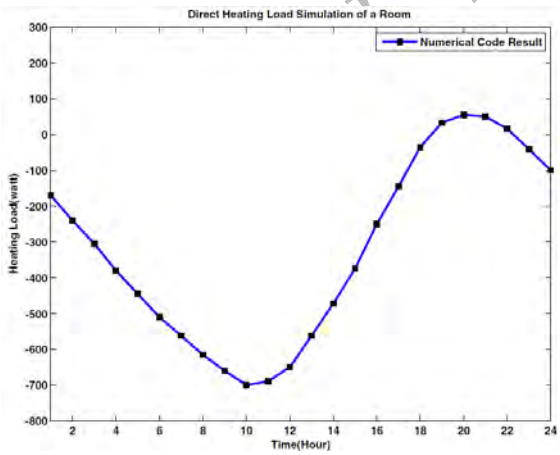
جدول ۱: حداکثر بارحرارتی ساختمان برحسب وات

Optimized code	Energy-Plus	Carrier
۱۳۶۸	۱۱۵۷	۱۱۲۶

جدول ۲: حداکثر بار برودتی ساختمان برحسب وات

Optimized code	Energy-Plus	Carrier
۲۳۴۹	۲۲۵۸	۲۲۱۷

همان گونه که گفته شد ، مدل استفاده شده ، معادلات موجود را به طور کامل و به صورت گذرا حل می کند که جواب یک معادله گذرا ، تابعی از شرایط اولیه آن می باشد . در اتاق ، شرط اولیه شامل شامل نحوه توزیع دما در دیواره ها ، دمای اولیه تجهیزات و هم چنین دمای اتاق می باشد . با واستفاده از شرایط موجود ، می توان معادلات را برای مدت زمان دلخواه ، مانند ۲۰ روز حل و جواب را به صورت تابعی از زمان محاسبه کرد . حال اگر شرایط آب و هوایی (دما و شار خورشید) در طول این ۲۰ روز ثابت فرض شود ، در طول روز بیستم ، تغییرات بار حرارتی در طول روز تابعی ضعیف از شرایط اولیه استفاده شده می باشد . بدین معنی در حین تغییرات در طول روز ، الگوی این تغییرات برای روزهای مختلف یکسان خواهد بود ، یعنی یک حالت شبه پایدار حاصل می شود . در واقع می توان فرض کرد جواب کلی ، حاصل از دو جواب گذرا و پایدار می باشد که با گذشت زمان کافی ، پاسخ گذرا و پایدار می باشد که با گذشت زمان کافی ، پاسخ گذرا حذف شده و پاسخ پایدار (که خود می تواند تابعی از زمان باشد) باقی می ماند . کلیه نتایج ارائه شده در بخش های بعدی ، نتایج حالت پایدار هستند . این بدین علت است که نرم افزاری مانند کریر ، نتایج حالت پایدار را ارائه می مند و لذا برای مقایسه ، نیاز به اطلاعات حالت پایدار می باشد . برای تحلیل دینامیکی و ارزیابی پارامتر های مهم و موثر در بار حرارتی ساختمان یک اتاق نمونه در شهر تهران درنظر گرفته شده که این مدل کاملا ساده بوده و هر چهار دیوار و همچنین سقف آن ، به محیط بیرون (تهویه نشده) راه دارند . مساحت فضا ۲۰ متر مربع (۴ متر در ۵ متر) و ارتفاع ۳ متر می باشد و در اتاق هیچ پنجره ای وجود ندارد .نتایج ارائه شده در اشکال بعدی نشان می دهد که بارهای گرمایشی و سرمایشی همخوانی بسیار خوبی با نتایج نرم افزار کریر و plus Energy دارند . همان گونه که مشاهده می شود بیشینه بار سرمایشی محاسبه شده از دو روش فوق ، کمتر از ۴ درصد با یکدیگر تفاوت دارند .

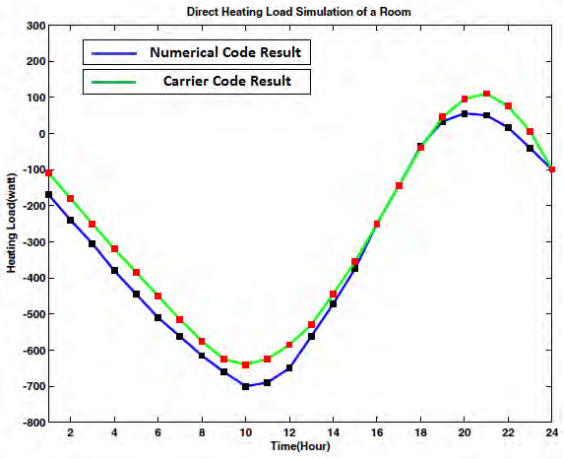


شکل (۱) : نتایج شبیه سازی بار گرمایشی.

www.SID.ir

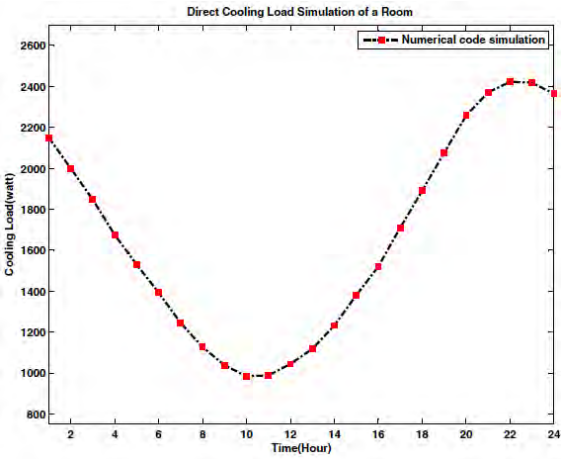
Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-032

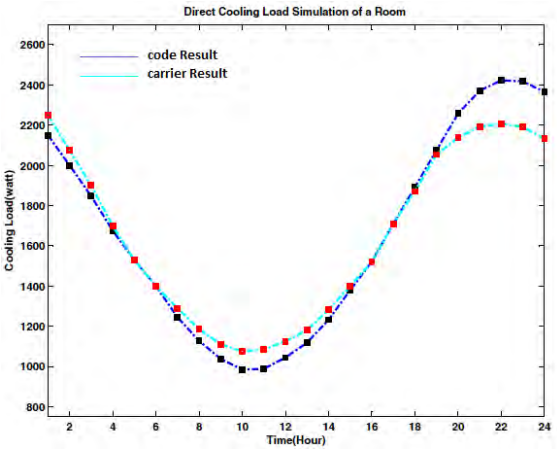


شکل (۲) : نتایج شبیه سازی بار گرمایشی کد و نرم افزار .

اختلاف مقادیر موجود را نمی توان به هیچ وجه دلیل بر مشکلات کد عددی حاضر دانست زیرا نرم افزار کریر معادلات بقا را به طور کامل حل نمی کند و تنها مدل ساده شده ای از آن (روش توابع انتقالی) را حل می کنند . ضرایب استفاده شده در این روش ، تجربی بوده و تنها برای ساختمان های خاصی (جنس های خاص دیوار) دقیق است و برای بقیه ساختمان ها ، ضرایب ساختمان های مشابه را استفاده می کند . لذا به طور منطقی ، تطبیق کامل نتایج کد دقیق عددی ، مورد انتظار نیست و کد کامپیوتری تولید شده ، برای محاسبات بار های گرمایشی و سرمایشی کاملا معتبر سازی شده و قابل اعتماد می باشد .



شکل (۳) : نتایج شبیه سازی بار سرمایشی.



شکل (۴) : نتایج شبیه سازی بار سرمایشی کد و نرم افزار .

نتایج شبیه سازی بار حرارتی و برودتی در ساختمان نمونه در جداول ۱ و ۲ ارائه گردیده است .

همانگونه که در جدول ۱ و ۲ قابل مشاهده است میزان بار حرارتی و برودتی مدل کد عددی ، با تقریب بهتری نسبت به نتایج دو نرم افزار تجاری **Energy-plus** و **carrier** رفتار می نماید . سپس با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک ، از بین تعداد زیادی داده بدست آمده از روش حل عددی ، مقادیر بهینه پارامتر بار حرارتی و برودتی در جداول ۱ و ۲ ارائه گردید و برای بررسی صحت نتایج ، مقایسه ای ضمنی مابین نتایج تحقیق حاضر و مرجع موجود انجام پذیرفته است.

۶ نتیجه گیری و بحث

در این تحقیق اثرات استفاده از تحلیل عددی در برآورد بار حرارتی و برودتی و میزان مصرف انرژی در ساختمان ها در شهر تهران برای یک ساختمان نمونه بررسی گردید . هم چنین اثرات استفاده از تجهیزات اولیه و ثانویه و میزان قابلیت کارکرد هر یک از آنها در یک اقلیم معین ، مشخص گردید . بدین منظور ابتدا معادلات بار فضا و مدل سازی دینامیکی ارائه گردید و با استفاده از روش های گسسته سازی به شکل معادلات جبری قابل استفاده در روش عددی تبدیل گردید . سپس با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک ، از بین تعداد زیادی داده بدست

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

آمده از روش حل عددی ، مقادیر بهینه پارامتر بار حرارتی و برودتی بدست آمد .

نتایج نشان از قدرت بالای این روش و موید مزایای برشمرده شده برای آنند . این نتایج نشان می دهند که با شروع از یک جمعیت اولیه با انحراف زیاد در الگوی طرحها , الگوریتم کم کم هم گرا شده و پاسخ های بهینه یا نزدیک به بهینه را ارائه می کند. برای اجراهای مختلف پاسخهای متفاوتی به دست می آید که حاکی از وجود ترکیب های مختلفی برای جواب است که همگی استانداردهای مورد نظر را برآورده می کنند. به این ترتیب اطلاعات ارزشمندی از آن می تواند طرحهای جایگزین را با در نظر گرفتن شرایط و محدودیت های دیگر مسئله را در اختیار داشته باشد. نتایج موجود در این تحقیق نشان از بهبود دقت نتایج محاسبات بواسطه استفاده از الگوریتم های بهینه سازی را در فرآیند تحلیل مصرف انرژی در ساختمان ها را دارد .

به طور کلی ، استفاده از سیستم های حرارتی و برودتی به عنوان تجهیزات ثانویه در تامین آسایش حرارتی و برودتی موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می گردد . همانگونه که از جداول قابل برداشت است استفاده از رادیاتور در اقلیم های دارای زمستان خشک و سرد مثل تهران کاربرد مناسبی دارد و فن کویل نیز در فصل تابستان در مناطق خشکی مانند تهران کارایی دارد .

این نشان از قدرت روش های حل عددی در تخمین میزان انرژی ساختمان ها است که باید به طور قابل توجهی مورد توجه مهندسین HVAC قرار بگیرد تا در طراحی خود بتوانند شرایط را برای طراحی بهینه فراهم گردانند . نکته مهم این که هدف از این مقاله ارائه ابزار جدیدی است که طراحی را در راستای هدف جلو می برد و مسئله ای که مورد بررسی قرار گرفته صرفاً به عنوان مثالی برای نشان دادن قابلیت ابزار حل بهینه سازی می باشد و به همین دلیل ساده سازی های متعددی نیز برای آن در نظر گرفته شده است. این ابزار را می توان با هدف بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان برای مسایل متعدد دیگری نیز به کار گرفت .

۷ مراجع

[1] A., Novoselac, “Combined airflow and energy simulation program for
building mechanical system design,”
PhD dissertation, The Pennsylvania State University, USA, 2005.

[2] Iranian Fuel Conservation Organization (IFCO). (2006). Available:
[3] http://www.ifco.ir/building/buildingindex.as

[4] National Iranian Gas Company (NIGC). (2003), Internal Unpublished Report.

[5] J. L. M., Hensen, (1998). Modeling and simulation for HVAC design and performance evaluation. Available: http://www.starth.ac.uk.

[6] S. C. M., Hui, and K. P., “Cheung, Application of building energy
simulation to air conditioning design,” in Proc. Mainland-Hong Kong
Seminar’98, Beijing, China, March 1998, pp. 12-20.

[7] S. C. M., Hui, “Simulation based design tools for energy efficient buildings in Hong Kong,” Hong Kong Papers in Design and Developments, vol. 1, 1988, pp. 40-46.

[8] Stephenson, D.G., Mitalas, G.P. "Cooling load calculations by thermal response factor method ," ASHRAE Transactions, 73(1): pp. 509-515, 1967

[9] Kusada, T.,"summery of recent activities on Building simulation analysis in North America," proceedeing of Building Simulation , Sattle, pp.1-14, Aug. 1985.

[10] R.H. Yeh, S.P. Liaw, An exact solution for thermal characteristics of fins with power-law heat transfer coefficient, Int. Commun.Heat Mass Transfer 17 (3) (1990) 317–330

[11] Pedersen, C.O, Fisher, D.E. and Liesen, R.J, " A Heat balance based cooling loads calculation procedure," ASHRAE Transactions , 103(2): pp. 459-468, 1967.

[12] Hensen, R., Auer, H., and Biermay, p., "on system simulation for building performance evaluation," proceedind of Forth IBPSA world congress on Building simulation'95, Madison, pp.259-267, 1995.

[13] Andersen, K.K., "Stochastic modeling of energy systems," Department of Mathmatical

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Modeling , The Technical university of Denmark, PHD Thesis, 2001 .

[14] Baoping, X.U., Lin, F.U., and Hongfa, D.,"Dynamic Simulation of space heating systems with Radiators controlled by TRV sib buildings", Energy and Buildings, Vol. 40, pp.1755-1764, 2008 .

[15] Tzivanidis, C., Antonopoulos, K.A., and Gioti, F., "Numerical simulation of cooling energy consumption in connection with Thermostat operation mode and comfort requirements for the Athens buildings," Aplied Energy , Vol. 88, pp. 2871-2884, 2011 .

[16] De carli, M., Scarpa, M., Tomasi, R. and Zarrella, A., "A Numerical model for Thermal balance of a room equipped with Radiant systems," Building and Environment, Vol. 57, pp. 126-144, 2012.

[۱۷] Mcquistin, F.C. and Spitler, J.D., "Cooling and Heating Load Calculation Manual", ASHRAE, 1992.

www.Hvacconf.ir

www.SID.ir