



## تحلیل انرژی یک سیستم سرمایش و گرمایش برای یک ساختمان اداری

حسین باقری<sup>۱</sup>، عباس کوثری نیا<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. گروه مهندسی مکانیک، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

\*نویسنده مسئول: [abbas.kosarineia@iauhvaz.ac.ir](mailto:abbas.kosarineia@iauhvaz.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷

### چکیده

در این پژوهش به تحلیل و بررسی انرژی یک سیستم تولید همزمان سرمایش و گرمایش، برای یک ساختمان اداری با استفاده از انرژی خورشید در دو اقلیم متفاوت شامل شهرهای تبریز و زاهدان پرداخته شده است. به همین منظور ابتدا یک ساختمان نمونه اداری با ابعاد  $112/7 \text{ m}^2$  در نرم افزار Hap 4.9 شبیه‌سازی شده و تغییرات انرژی مورد نیاز برای سرمایش و گرمایش در طول کل سال بیان می‌گردد. سپس جهت تأمین نیاز انرژی ساختمان مورد بررسی به عملکرد گرمایش و سرمایش یک سیستم آزمایشگاهی موجود در پژوهشگاه وزارت نیرو مستقر در شهر تهران، با تغییرات مورد نیاز برای ساختمان و اقلیم‌های مورد نظر پرداخته شده است. همچنین برای شبیه‌سازی سیستم از نرم افزار شبیه سازی TRNSYS 16 استفاده شده و خروجی های سالانه سیستم برای هر دو اقلیم مذکور ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که سیستم مورد نظر در فصل تابستان دمای آسایش  $24/4^\circ\text{C}$  و در زمستان دماهای  $21^\circ\text{C}$  و  $15/6^\circ\text{C}$  بسته به حضور یا عدم حضور پرسنل را در شهرهای مورد نظر تأمین کرده است.

کلمات کلیدی: سیستم‌های تولید همزمان، ساختمان، اقلیم

### مقدمه

یکی از موضوعاتی که در جهان وابسته به انرژی به طور عام و در درون یک کشور به طور خاص توجه بسیاری را جلب کرده است، بحث امنیت انرژی می‌باشد [۱]. رشد اقتصاد، جمعیت و نیز سرانه مصرف انرژی موجب افزایش تقاضا برای انرژی در چند دهه گذشته شده است. سوخت‌های فسیلی برای تأمین انرژی زیادی که در سراسر جهان به مصرف می‌رسند، عرضه می‌شوند. بنابراین، سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین عامل گرمایش جهانی هستند [۲]. روشی که از دیرباز وجود داشته و امروزه هم مورد توجه بیشتری قرار گرفته و یکی از روش‌های صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها نیز می‌باشد، تولید همزمان سرمایش و گرمایش که یکی از مهم‌ترین کاربردهای تولید پراکنده (تولید نیاز مجموعه در همان مکان) می‌باشد. از طرفی صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها که در حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند و انرژی‌های تجدیدپذیر مفاهیمی بسیار مرتبط و نزدیک با یکدیگر هستند که در سال ۲۰۱۰ منجر به متولد شدن مفهوم "ساختمان‌های با مصرف انرژی نزدیک صفر" شدند [۳]. با مطالعه پژوهش‌های پیشین مطالب جالب توجهی بدست آمده است. میائو و همکاران [۴] به بهینه‌سازی طراحی و شرایط کارکرد، جنبه‌های انرژی، اقتصادی و زیست محیطی یک سیستم CCHP برای کاربرد در هتل‌ها، دفاتر اداری و منازل مسکونی در چین پرداختند. روش وزنی و نظریه انتخاب بهینه فازی برای ارزیابی عملکرد استفاده شد. نتایج نشان داد استفاده از سیستم های CCHP در تمام موارد منجر به کاهش آلاینده‌ها می‌شود. کالیسی و همکاران [۵] به تحلیل انرژی و اقتصادی یک سیستم تولید چندگانه با استفاده از پیل سوختی، کلکتورهای CPVT، برای تأمین اکسیژن و هیدروژن در پیل سوختی و چیلر جذبی برای یک ساختمان دانشگاهی کوچک پرداختند. آن‌ها سپس با تحلیل پارامترهایی شامل مساحت کلکتورها و دمای شروع به کار گرم کن کمکی مخزن به یافتن بهترین پیکربندی برای سیستم پرداختند و در نهایت مدت زمان بازگشت سرمایه را محاسبه

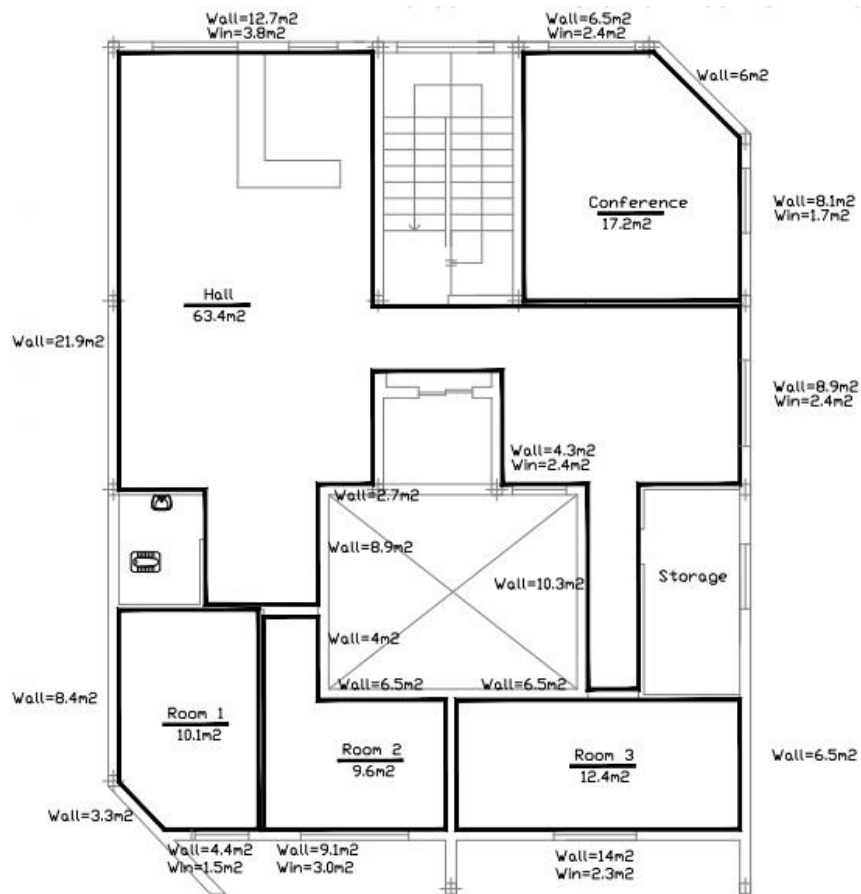
<sup>1</sup> Nearly Zero Energy Buildings



کردند. معلمان و همکاران [۶] به مطالعه عملکرد یک سیستم CCHP با چیلر آمونیوم-آب و ظرفیت ۵ تن تبرید در شهر تهران پرداختند. پس از مقایسه نتایج حاصل با یک سیستم PVT نمونه، بازدهی سیستم را به میزان ۷۱٪ گزارش دادند. اوکان و یوسف [۷] امکان سنجی استفاده از یک سیستم سرمایش خورشیدی شامل صفحات خورشیدی لوله خلا و چیلر تک اثره لیتیوم بروماید-آب را در شهر دھوک عراق انجام دادند. با بهینه سازی مساحت کلکتورها مشخص شد که این سیستم برای یک ساختمان ۲۷۰ متر مربعی مناسب است. باقری و عظیمی [۸] تحلیل ترمودینامیکی یک سیستم تولید همزمان سرمایش، گرمایش و برق را با استفاده از انرژی خورشیدی در دو اقلیم ایران انجام دادند. پس از طراحی سیستم تهویه و برق برای روزهای بحرانی سال و ارائه کسر خورشیدی، تحلیل پارامتریک سیستم با استفاده از متغیرهایی مانند مساحت کلکتورها، دما گرم کن کمکی، دبی جریان و حجم مخزن ذخیره انجام گرفت و عملکرد سیستم بهبود یافته گزارش شد.

### مبانی نظری و شبیه سازی سیستم

ساختمان اداری نمونه:



شکل ۱: نمایی از نقشه ساختمان طراحی شده در نرم افزار Auto CAD

در شکل (۱) نقشه یک ساختمان اداری طراحی شده، که این ساختمان در امتداد محور شمال به جنوب واقع است و موقعیت قرارگیری دیوارها و پنجره‌ها نسبت به راستای شمال در شکل مشخص شده است. ابعاد فضای مورد تهویه نیز در شکل نمایان شده؛ بنابراین کل مساحت مورد نظر جهت تهویه  $112/7 \text{ m}^2$  می‌باشد و ارتفاع سقف نیز  $2/7 \text{ m}$  در نظر گرفته شده است. شرایط طرح خارج برای شهرهای مورد نظر، از مرجع [۹] و منحنی سایکرومتریک شهرها استخراج شده است. شرایط طرح داخل نیز



برای تابستان  $24/4^{\circ}\text{C}$  در تمام طول روز و در زمستان  $21^{\circ}\text{C}$  در ساعات اداری و  $15/6^{\circ}\text{C}$  در ساعات غیراداری تعریف شده است. تعداد کارکنان این ساختمان ۵ نفر و ساعت کاری آنها ۸ الی ۱۶ می‌باشد. نظر به مرجع [۹] نرخ تهویه هوای داخل ساختمان ۲ بار در هر ساعت است؛ همچنین تعویض غیراختیاری و خارج از کنترل هوای ساختمان که نفوذ نامیده می‌شود با توجه به سرعت باد در هر اقلیم، تعداد دیوارهای مجاور به هوای خارج و دیوارهای پیش ساخته از جدول‌های مربوطه استخراج شده و در نرم افزار اعمال گشته است.

جدول (۱): مشخصات مصالح به کار رفته برای دیوارهای خارجی و ضریب انتقال حرارت

جنس مصالح دیوار	R-Value	U-Value
گچ و خاک	۰/۰۱۳۵۰	
عایق حرارتی پلیمری	۰/۱۲۸۲۱	
بتن با سنگ‌دانه سبک (بلوک سیمانی)	۰/۶۵۵۴۸	۱/۰۰۳
آجر نما (۳ سانتی‌متری)	۰/۰۳۰۰۰	

جدول (۲): مشخصات مصالح به کار رفته برای سقف و ضریب انتقال حرارت

جنس مصالح سقف	R-Value	U-Value
گچ و خاک	۰/۰۶۲۱۳	
سیمان و بلوک سبک	۰/۴۰۶۴۰	۱/۱۹۳
سقف پیش ساخته	۰/۲۰۰۰۰	

جدول ۳: مشخصات تجهیزات مورد اشاره و ضریب انتقال حرارت

تجهیزات	U-Value
پنجره ۲ جداره با لایه هوای ۶ میلی‌متری	۳/۲۴۳
ضریب سایه افکنی پرده کرکره‌ای پنجره	۰/۶۱۵
دیوار پیش ساخته	۱/۷

جدول ۴: بار سرمایشی و گرمایشی خروجی از نرم افزار

زاهدان		تبریز	
بار سرمایشی (KW)	بار گرمایشی (KW)	بار گرمایشی (KW)	بار سرمایشی (KW)
۱۲/۷	۱۱/۹	۱۴/۶	۱۰/۶

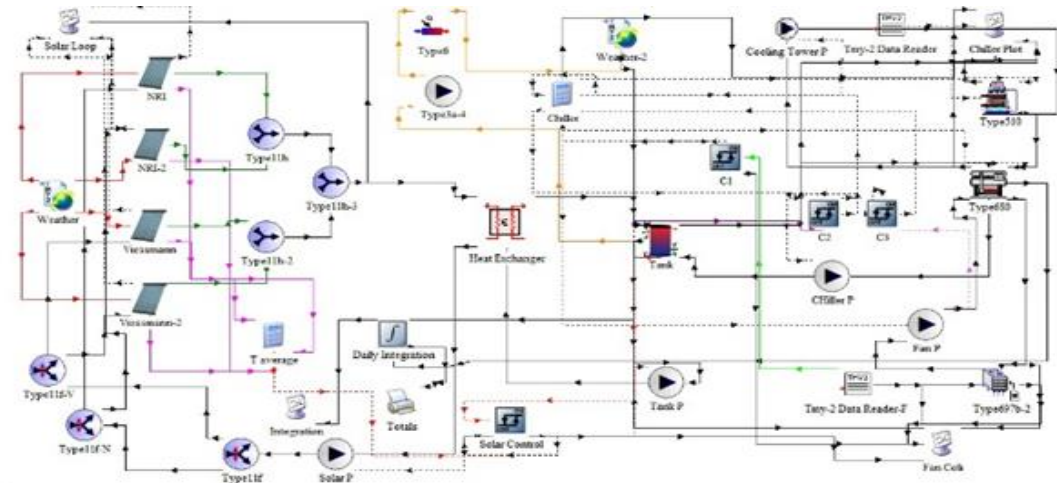
با توجه به مرجع [۱۰] جنس مصالح به کار رفته برای دیوارهای خارجی در جدول (۱) آورده شده است. همچنین جنس مصالح سقف نیز در جدول (۲) بیان گردیده. مشخصات شیشه به کار رفته در پنجره‌ها، پرده کرکره‌ای پنجره‌ها و دیوار پیش ساخته بین فضاها داخلی نیز در جدول (۳) بیان گردیده است. همچنین طول سایه بان برابر با ۹۰cm در نظر گرفته شده است. پس از وارد کردن اطلاعات موجود در نرم افزار و استخراج گزارش خروجی آن، بار سرمایشی و گرمایشی بیشینه در شهرهای مختلف بدست آمده که این نتایج مبنای انتخاب تجهیزات می‌باشند. این اطلاعات در جدول (۴) بیان شده است.

شبیه سازی سیستم سرمایش و گرمایش:

همانطوری که در سیستم سرمایش در شکل (۲) ملاحظه می‌گردد، سیستم محلول به کمک یکسوکوندها به مبدل حرارتی منتقل می‌شود. در این تجهیز، محلول اتیلن گلیکول و آب مخزن ذخیره، عمل تبادل حرارت را انجام می‌دهند. این محلول به

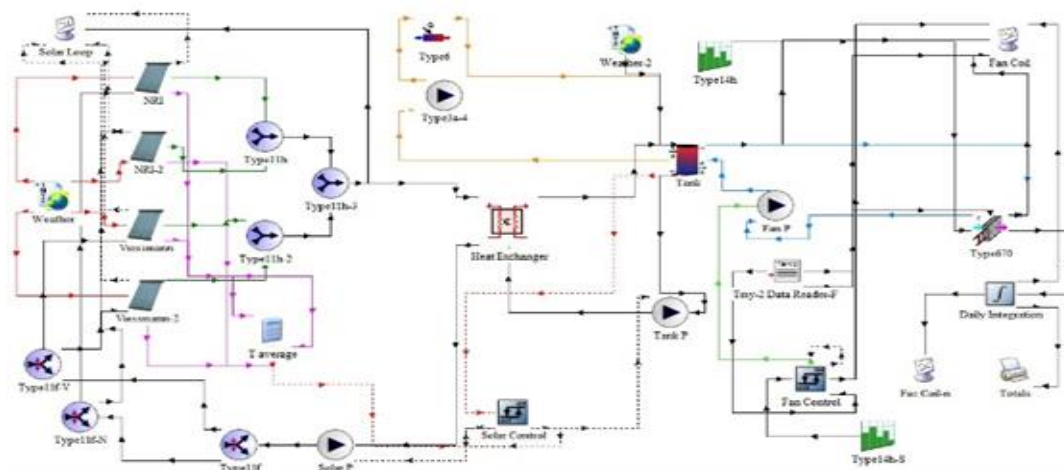


دلیل دارا بودن بازه دمایی مناسب از یخ زدگی در فصل زمستان و تبخیر در فصل تابستان مصون است و گزینه مناسبی برای انتخاب به عنوان سیال عامل در سیستم‌های خورشیدی می‌باشد. سپس اتیلن گلیکول از طریق پمپ و جداکننده‌های موجود در سیستم مجدداً به لوله‌های موجود در کلکتورها بازمی‌گردد تا چرخه عملکرد کلکتورهای خورشیدی را تکمیل کند و آب گرم شده در مبدل حرارتی نیز وارد قسمت بالای مخزن ذخیره می‌شود.



شکل ۲: نمایی از سیستم طراحی شده در ترنسیس برای سرمایه‌ش

در مخزن ذخیره آب گرم شده که در قسمت بالای مخزن قرار دارد به چیلر جذبی وارد می‌شود. آب خنک قسمت پایین مخزن هم جهت تبادل حرارت با محلول اتیلن گلیکول دوباره به مبدل حرارتی فرستاده می‌شود. همچنین یک گرم‌کن کمکی در مخزن تعبیه شده است تا در صورت لزوم گرمای آب را به سطح مورد نیاز چیلر که با توجه به کاتالوگ آن تعیین می‌گردد، برساند. همچنین آب سرد تولید شده در چیلر برای تأمین انرژی سرمایه‌ش مورد نیاز به فن کویل ها فرستاده می‌شود. در شکل (۳) نمایی از شبیه‌سازی سیستم گرمایش ارائه شده است. چون هدف مقایسه عملکرد همین سیستم برای تأمین گرمایش شهرهای مذکور بوده، با ایجاد برخی تغییرات عملکرد گرمایشی آن بررسی شده است.



شکل (۳): نمایی از سیستم طراحی شده در ترنسیس برای گرمایش

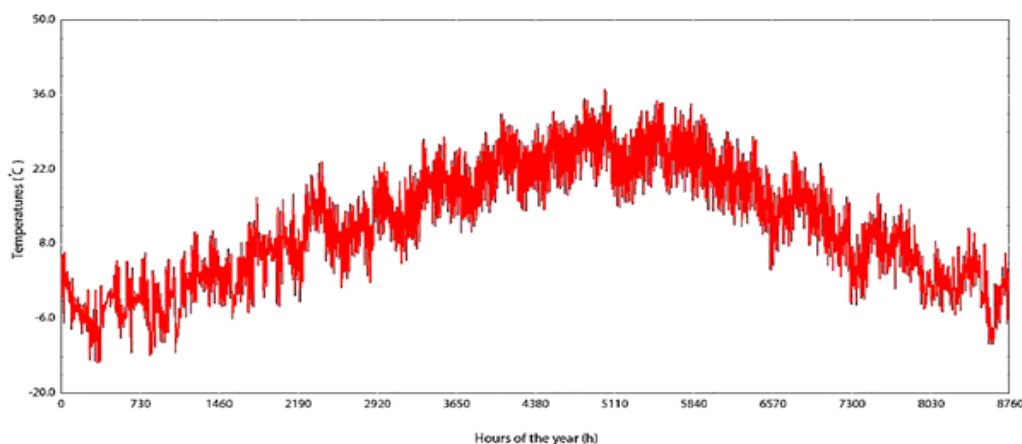
در این سیستم چرخه عملکرد کلکتورهای خورشیدی و مبدل حرارتی دقیقاً مشابه قبل است و آب قسمت پایین مخزن ذخیره نیز همانند حالت سرمایه‌ش جهت تبادل حرارت به مبدل حرارتی فرستاده شده و آب گرم شده به قسمت بالای مخزن



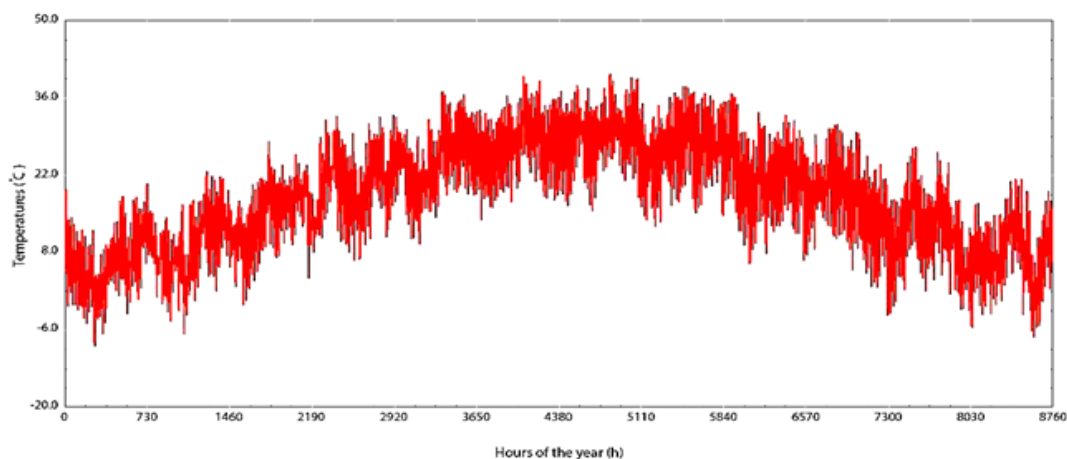
وارد می‌شود. عملکرد گرم‌کن کمکی نیز در صورت ناتوانی سیستم خورشیدی مشابه قبل است. سپس آب گرم ایجاد شده مستقیماً به سمت فن کویل گرمایشی منتقل می‌شود. آب گرم بازگشتی از این واحد نیز دوباره از طریق پمپ (Fan P) به مخزن منتقل می‌گردد.

### نتایج و بحث

اعتبار سنجی نرم افزار مورد استفاده برای سرمایش و گرمایش با استفاده از مرجع [۸] انجام پذیرفته و خطای محاسباتی کمتر از ۱۰٪ گزارش شده است. در این بخش ابتدا نمودار تغییرات دمای هوای محیط در شهرهای تبریز و زاهدان با استفاده از نرم افزار در شکل (۴) و (۵) ارائه شده است. در واقع چون وظیفه سیستم سرمایش و گرمایش ایجاد تغییر در دمای این شهرها با توجه به محدوده آسایش حرارتی می‌باشد، این نمودار ارائه شده است.



شکل (۴): تغییرات دمای هوای محیط در طول سال برای شهر تبریز



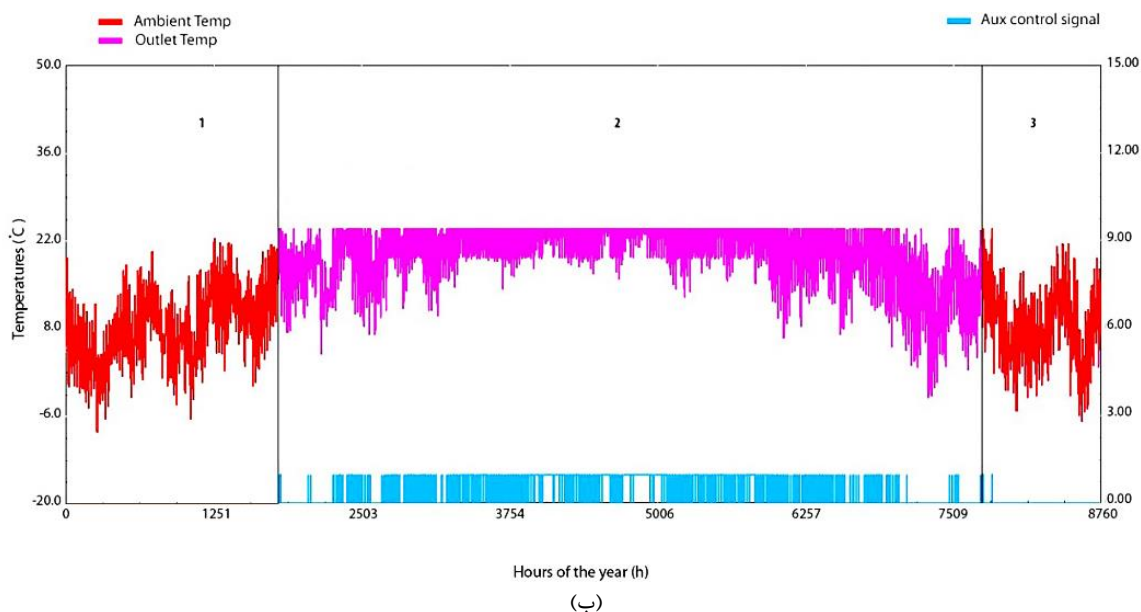
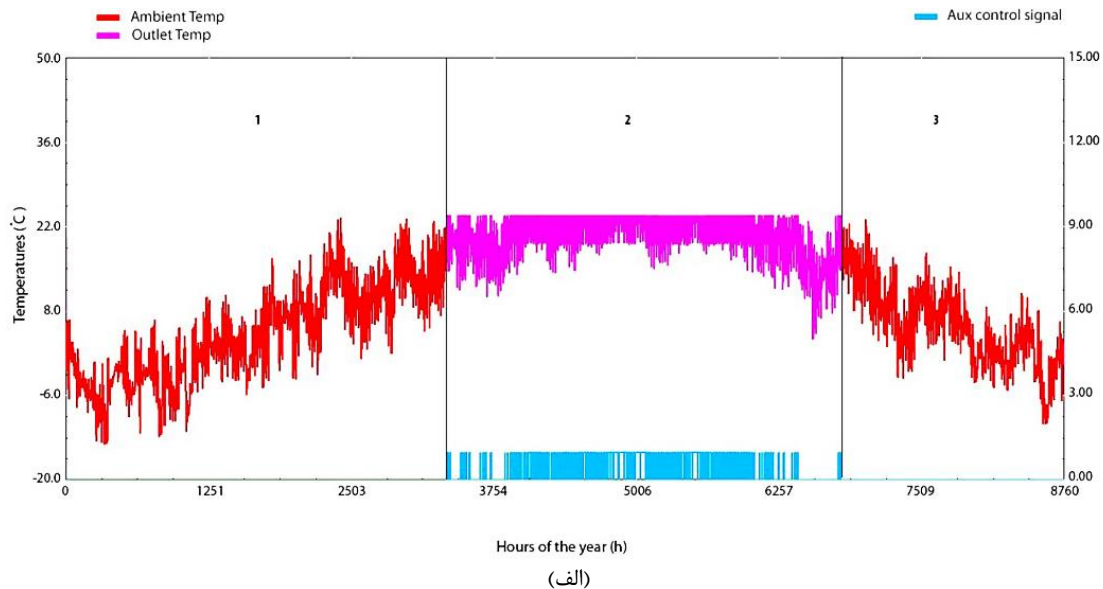
شکل (۵): تغییرات دمای هوای محیط در طول سال برای شهر زاهدان

بنابراین نیاز است تا عملکرد سیستم در تمام سال مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که سیستم سرمایش و گرمایش مذکور قابلیت تأمین انرژی مورد نیاز را در طول سال دارا می‌باشد.

ارزیابی عملکرد سیستم سرمایش در تمام طول سال در شکل (۶) نشان داده شده است. ابتدا منحنی دمای محیط (نمودار قرمز رنگ) رسم شده است. سپس مجدداً دمای محیط با در نظر گرفتن عملکرد فن کویل سرمایشی در روزهایی که نیاز بوده



(نمودار بنفش رنگ) نشان داده شده است. نمودارها به ۳ ناحیه تقسیم شده‌اند که نواحی ۱ و ۳ بیانگر عدم نیاز به سرمایش و ناحیه ۲ نمایانگر بازه نیازمند سرمایش است و بیان می‌کند سیستم توانسته است هرگاه دمای محیط بالاتر از  $24/4^{\circ}\text{C}$  باشد آن را در محدوده آسایش تنظیم کند.



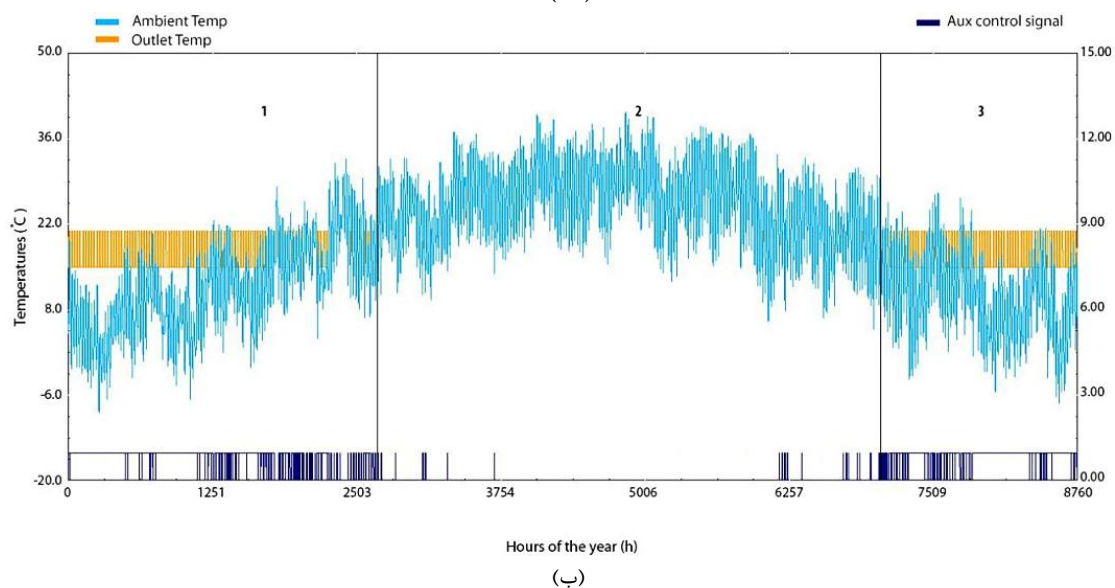
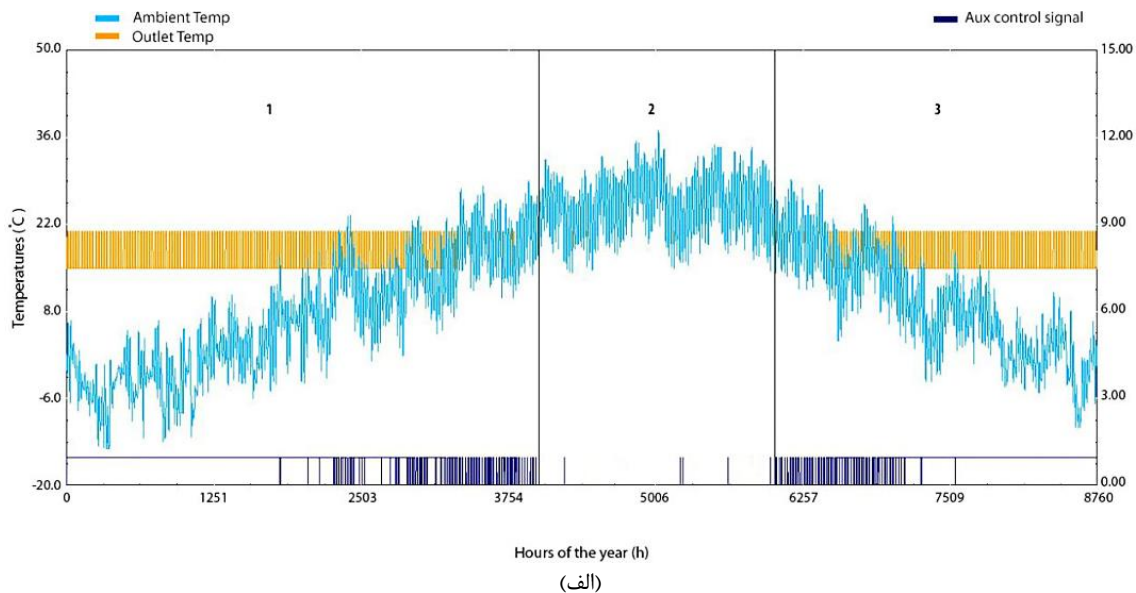
شکل ۶: عملکرد سیستم سرمایش در تمام طول سال (الف) تبریز (ب) زاهدان

بنابراین در این بازه گرم‌کننده، پشتیبان به فراخور نیاز شروع به کار کرده که با نمودار آبی رنگ نمایش داده شده است. مشاهده می‌گردد که برای شهر زاهدان ناحیه ۲ به سبب نیاز سرمایشی بیشتر، بزرگتر از تبریز است. همچنین این تقسیم بندی صحت عملکرد کنترل‌کننده‌های سیستم را اثبات می‌کند.

در شکل (۷) ارزیابی عملکرد گرمایشی سیستم در تمام طول سال نمایش داده شده است. با توجه به اینکه در بحث گرمایش حد بالا و پایین آسایش حرارتی در نظر گرفته شده است، منحنی نارنجی رنگ نشان دهنده تغییرات عملکرد سیستم در طول



شبانه روز می‌باشد و در ساعاتی حضور افراد هرگاه دما به زیر  $21^{\circ}\text{C}$  تنزل یافت سیستم شروع به ایجاد گرمایش می‌نماید؛ حال آنکه این دما برای ساعات عدم حضور کارکنان برابر  $15/6^{\circ}\text{C}$  است. این نمودارها به ۳ ناحیه تقسیم شده‌اند. در ناحیه‌های ۱ و ۳ سیستم در حالت تأمین کردن نیاز گرمایشی مورد نیاز است و گرم‌کن کمکی نیز (نمودار آبی رنگ) در مواردی که احتیاج باشد شروع به فعالیت کرده است.



شکل ۷: عملکرد سیستم گرمایشی در تمام طول سال (الف) تبریز (ب) زاهدان

حال آنکه در ناحیه ۲ نیاز محسوسی جهت تأمین گرمایش با توجه به الگوی رفتاری تعیین شده برای این سیستم وجود نداشته است. نمودار (الف) مربوط به شهر تبریز و نمودار (ب) مربوط به زاهدان است. مشاهده می‌شود که در شکل (ب) ناحیه ۲ بزرگتر بوده که نشان از نیاز کمتر گرمایشی در زاهدان است.

نتیجه‌گیری



در این تحقیق شبیه سازی یک سیستم خورشیدی برای یک ساختمان اداری در دو شهر زاهدان و تبریز مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا یک ساختمان نمونه به متراژ  $112/7 \text{ m}^2$  در نظر گرفته شد و بار سرمایشی و گرمایشی آن محاسبه گردید. سپس با شبیه سازی یک سیستم تولید همزمان در نرم افزار و ارائه نتایج حاصل برای کل بازه ۳۶۵ روز سال، مشاهده شد که سیستم مذکور قابلیت تامین انرژی در تمام روزهای سال را دارد و بنابراین می‌تواند در این دو شهر مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌گردد تا از محرک‌های اولیه مختلف فسیلی مانند توربین گاز یا مولد بازیاب بخار و تجدید پذیر مانند انرژی باد و زمین گرمایی در این سیستم استفاده گردد و نتایج حاصل با یافته‌های این تحقیق مقایسه شوند.

### فهرست علائم

CHP	Combine Heating and Power
CCHP	Combine Cooling Heating and Power
PVT	Pholtovoltaic/Thermal
CPVT	Concentrative Pholtovoltaic/Thermal

### مراجع

- [1] Elsheikh .M.H, Shnawah .D.A, Sabri .MF, Said .SB, Hassan .MH, Bashir MB, Mohamad M., (2014), A review on thermoelectric renewable energy: Principle parameters that affect their performance, Renewable and sustainable energy reviews,30, pp. 337-355.
- [2] Hwang Y, Radermacher R, Alili AA, Kubo I., (2008), "Review of solar cooling technologies," Hvac&R Research, 14(3), pp. 507-528.
- [3] del Amo Sancho A, (2014), "Solar trigeneration: A transitory simulation of HVAC systems using different typologies of hybrid panels," Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2(1), pp. 1-14.
- [4] Li M, Mu H, Li N, Ma B., (2016), "Optimal design and operation strategy for integrated evaluation of CCHP (combined cooling heating and power) system," Energy, 99, pp. 202-220.
- [5] Calise F, Figaj RD, Massarotti N, Mauro A, Vanoli L., (2017), "Polygeneration system based on PEMFC, CPVT and electrolyzer: Dynamic simulation and energetic and economic analysis," Applied energy, 192, pp. 530-542.
- [6] Moaleman, A., A. Kasaeian, M. Aramesh, O. Mahian, L. Sahota, and G. Nath Tiwari, (2018), "Simulation of the performance of a solar concentrating photovoltaic-thermal collector, applied in a combined cooling heating and power generation system," Energy conversion and Management, 160, pp. 191-208.
- [7] Uçkan, I., A. A. Yousif ,(2019), "Simulation of a solar absorption cooling system in Dohuk city of the Northern Iraq," Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 42(14), pp. 1716-1732.
- [8] Bagheri H, Azimi, A., (2020), "Thermodynamic analysis of a CCHP system for a building using solar collectors and PV panels in two different climate zones in Iran," Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, pp. 1-20.
- [۹] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، (۱۳۸۲)، نشریه شماره ۲۷۱ شرایط طراحی برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ویژه تعدادی از شهرهای کشور، چاپ اول، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- [۱۰] وزارت مسکن و شهرسازی، مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، (۱۳۸۹)، چاپ اول، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.