



دانشکده مهندسی مکانیک
رشته مکانیک گرایش سیستم‌های انرژی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مطالعه مطلوبیت استفاده از سیستم سرمایش و گرمایش با استفاده از
پمپ حرارتی با موتور گازسوز (GEHP) در اقلیم‌های متفاوت ایران و
بررسی روش‌های جایگزین مناسب

نگارنده: مهسا خادمی گزنک

اساتید راهنما
دکتر سید مجید هاشمیان
دکتر محمود چهارطاقی

شهریور ۱۳۹۶

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته ای که از خواسته هایشان گذشتند، سختی ها را به

جان خریدند و خود را سپربلای مشکلات و ناملایمات کردند

تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسیم.

سپاس‌گزاری

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این مرحله از تحصیل را به پایان برسانم .

از اساتید فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر سید مجید هاشمیان و جناب آقای دکتر محمود چهارطاقی که همواره بنده را در تهیه این پایان نامه، مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تعهدنامه

این جانب **مهسا خادمی گزنک** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک - گرایش سیستم‌های انرژی دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه با عنوان "**مطالعه مطلوبیت استفاده از سیستم پمپ حرارتی با محرک گازسوز (GEHP) در اقلیم‌های متفاوت ایران و بررسی روش‌های جایگزین مناسب**" تحت راهنمایی **دکترسید مجید هاشمیان و دکتر محمود چهارطاقی** متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط این جانب 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 مدرکی یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج بانام <<دانشگاه صنعتی شاهرود>> و یا <<shahrood university of technology>> به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افراد که در به دست آوردن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت شده است.
- 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 اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق و نشر

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

چکیده

از جمله مشکلات اصلی در جهان، کاهش سوخت‌های فسیلی و آلودگی محیط زیست ناشی از به‌کار گرفتن سیستم‌های تأمین‌کننده سرمایه‌ش و گرمایش در ساختمان‌های مسکونی بوده‌است. لذا با کارآمدتر شدن این سیستم‌ها و استفاده از سوخت‌هایی با آلاینده‌گی کمتر، می‌توان به کاهش این خطرات کمک نمود. همچنین با در نظر گرفتن این نکته که کارایی هر سیستم سرمایه‌ش و گرمایشی رابطه مستقیمی با اقلیمی که در آن به‌کار گرفته شده‌است؛ دارد، بنابراین در پژوهش حاضر مطلوبیت استفاده از سیستم پمپ حرارتی با موتور گازسوز را در اقلیم‌های متفاوت کشور ایران با استفاده از دو دیدگاه اقتصادی و فنی مورد بررسی قرار داده؛ و تصویر روشنی از عملکرد هر یک از سیستم‌ها ارائه گردیده‌است. لذا جهت این بررسی، ابتدا پنج شهر به‌عنوان نمونه انتخاب شده، با استفاده از اطلاعات دمایی و دو روش بیان شده؛ اقلیم و ویژگی‌های هر شهر از جمله شرایط آب و هوایی در دو فصل بحرانی تابستان و زمستان مشخص گردیده‌است. سپس ساختمانی پنج طبقه در هر یک از شهرهای نمونه، در نرم افزار کریر مدل‌سازی شده‌است. با استفاده از این نرم افزار، بارهای سرمایه‌ش و گرمایشی هر یک از ساختمان‌ها مشخص گردیده و با توجه به این بارها، ابعاد مناسب سیستم‌های سرمایه‌ش و گرمایشی تعیین گردیده‌است. سپس جهت تعیین سیستم مناسب در هر یک از اقلیم‌ها، از دو دیدگاه اقتصادی و فنی تحلیل صورت گرفت. در دیدگاه اقتصادی، سیستم‌ها با در نظر گرفتن پارامترهای همچون: سرمایه‌گذاری اولیه، نرخ بهره و همچنین پارامترهای استاندارد اقتصادی نظیر ارزش حال خالص (NPV) سنجیده شده‌اند. همچنین در دیدگاه فنی، سیستم‌ها از دو جنبه امکان‌پذیری استفاده (توانایی سیستم در تأمین حداقل شرایط آسایش حرارتی با توجه به نمودار زیست اقلیمی) و نیز تأمین شرایط رفاهی (با در نظر گرفتن عواملی نظیر: میزان آلاینده‌گی، یکنواختی شرایط داخلی، ایمنی و ...) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در دیدگاه فنی معیار مقایسه کیفی بوده؛ لذا جهت کمی نمودن

میزان مطلوبیت هر یک از سیستم‌ها از دو روش ضرایب گسسته و منطق فازی استفاده شده‌است. نتایج بررسی‌های نشان داده که ساختمان نمونه در شهرهای همدان و بندرعباس به ترتیب بیشترین نیاز به دما-روز و بارهای گرمایشی و نیز سرمایشی را دارا بوده که کاملاً سازگار با نوع اقلیمی است که برای آن‌ها تعیین شده‌است. همچنین با تحلیل نتایج بارهای سرمایشی و گرمایشی مربوط به هر طبقه در همه شهرها، مشاهده شده‌است که بیشترین و کمترین بارهای سرمایشی به ترتیب مربوط به طبقات پنجم و دوم و نیز برای بارهای گرمایشی به ترتیب بیشترین و کمترین بارها مربوط به طبقات همکف و وسط بوده‌است؛ لذا مصرف انرژی و به طبع هزینه‌های آن در طبقات وسط کمتر و بیشترین هزینه تأمین انرژی مربوط به طبقه پنجم و همکف بوده‌است. همچنین نتایج تحلیل اقتصادی در همه شهرها، سیستم GEHP را مطلوب‌ترین سیستم جهت تأمین سرمایش و گرمایش معرفی نموده و سیستم‌های اسپلیت (در بابلسر) و چیلر+هیتر جذبی (در سایر شهرها) بیشترین هزینه را طی بیست سال به ارزش حال خالص دارا بوده‌اند. در تحلیل فنی-امکان‌پذیری استفاده، سیستم کولر آبی+پکیج و چیلر+هیتر جذبی توانایی تأمین شرایط آسایش را در مناطق مرطوب و یا خیلی گرم نداشته‌اند. با توجه به تحلیل رفاهی صورت گرفته‌شده، بیشترین و کمترین میزان مطلوبیت از روش ضرایب گسسته به ترتیب مربوط به GEHP و کولر آبی و نیز از روش منطق فازی به ترتیب مربوط به GEHP و چیلر+هیتر جذبی بوده است. لذا با ادغام دو دیدگاه اقتصادی و فنی، در همه شهرها، GEHP بهترین عملکرد و بالاترین مطلوبیت را دارا بوده و در صدر جدول قرار گرفته‌است. اسپلیت در رده دوم قرار گرفته، چیلر+هیتر جذبی و کولر آبی+پکیج در مناطق مرطوب و یا خیلی گرم عدم کارایی و در مناطق خشک دارایی کارایی به نسبت پایینی بوده و در رده آخر قرار می‌گیرند.

کلید واژه‌ها:

سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی ، دما-روز، GEHP ، آسایش حرارتی، اقلیم‌های ایران

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

هاشمیان م، خادمی م، چهارطاقی م، (۱۳۹۶) "انتخاب بهینه سیستم سرمایش و گرمایش چند ساختمان با شرایط کاربری متفاوت از دیدگاه فنی و اقتصادی" هفدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود.

علائم

ضریب عملکرد	COP
نرخ حجمی (m^3/s)	\dot{V}
ظرفیت حرارتی پایین سوخت (kJ/m^3)	Q_{LHV}
دما-روز گرمایشی ($^{\circ}C$)	HDD
دما-روز سرمایشی ($^{\circ}C$)	CDD
زمان به کارگیری سیستم در طول روز (h)	TOS
دما-روزهای نیاز به گرمایش سالانه ($^{\circ}C$)	H
دما-روزهای نیاز به سرمایش سالانه ($^{\circ}C$)	C
درصد رطوبت تابستان	R
دما ($^{\circ}C$)	T
بار حرارتی و یا برودتی (w)	Q
مساحت جداره خارجی (m^2)	A
ضریب کلی هدایت جداره (w / m^2k)	U
اختلاف دمای هوای خارج و داخل ($^{\circ}C$)	ΔT_e
شدت تشعشعات خورشید بر سطح (w / m^2)	J
ضریب تشعشع	F
بار گرمایی خارج شده (w)	q
تعداد ساکنین ساختمان (persion)	N
دفعات تعویض هوا (l / s)	N
حجم اتاق (m^3)	V
چگالی هوا (kg / m^3)	D
آنتالپی هوا با بخار آب (J / kg)	H
توان مصرفی (w)	W
ظرفیت گرمایی ویژه هوا (J / kgK)	c
ارزش آینده (ریال)	FV
ارزش حال (ریال)	PV

نرخ تورم	IR
مقدار سرمایه گذاری اولیه (ریال)	LV
مدت زمان معین (سال)	Y
ارزش جریان نقدینگی در سال t ام (ریال)	S
ارزش حال خالص (ریال)	NPV

علائم یونانی

بازده	η
ضریب جذب	α

زیر نویس

اوپراتور	Eva
ورودی	In
سوخت	Fuel
محظه احتراق	Comb
کندانسور	Con
آسایش در حالت گرمایشی	B,h
آسایش در حالت سرمایشی	B,c
میانگین روزانه	mean, i
بیشینه روزانه	max, i
کمینه روزانه	min, i
سرمایشی	Cooling
گرمایشی	heating
ساکنین ساختمان (نفر)	P
خارجی	O
داخلی	I
تجهیزات الکتریکی	Sys
شمارنده هر سال	J

فهرست مطالب

۱	مقدمه و مرور کلی	۱
۲	مقدمه	۱-۱
۳	انرژی، مصرف کنندگان و پیامدهای آن	۲-۱
۵	اقلیم‌های جغرافیایی ایران	۳-۱
۶	دما-روز	۱-۳-۱
۶	معرفی اقلیم‌های جغرافیایی ایران	۲-۳-۱
۸	اقلیم گرم و خشک	۳-۳-۱
۸	اقلیم سرد	۴-۳-۱
۸	اقلیم معتدل و مرطوب	۵-۳-۱
۸	اقلیم گرم و مرطوب	۶-۳-۱
۹	معرفی محدوده آسایش حرارتی	۱-۴
۱۲	معرفی انواع سیستم‌های متداول سرمایه‌گذاری در کشور ایران	۱-۵
۱۳	سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری	۱-۵-۱
۱۳	سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری غیر مستقیم	۱-۱-۵-۱
۱۳	سیستم سرمایه‌گذاری تبخیری مستقیم	۲-۱-۵-۱
۱۵	مزایا و معایب سرمایه‌گذاری تبخیری	۳-۱-۵-۱
۱۶	سیستم سرمایه‌گذاری تراکمی	۲-۵-۱

۱۸	مزایا و معایب سرمایه‌ش تراکمی	۱-۲-۵-۱
۱۹	چیلر	۱-۵-۳
۱۹	سیستم سرمایه‌ش جذبی (چیلر جذبی)	۱-۵-۳-۱
۲۱	مزایا و معایب سرمایه‌ش جذبی	۲-۳-۵-۱
۲۲	پمپ حرارتی	۱-۵-۴
۲۳	پمپ حرارتی با موتور گازسوز	۱-۴-۵-۱
۲۵	مزایا و معایب پمپ حرارتی با موتور گازسوز	۲-۴-۵-۱
۲۹	مروری بر کارهای پیشین	۲
۳۰	مقدمه	۱-۲
۳۱	مروری بر تعدادی از پژوهش‌های انجام شده	۲-۲
۴۲	تحقیق حاضر	۳-۲
۴۳	مدل‌سازی و مطالعه موردی	۳
۴۴	مقدمه	۱-۳
۴۵	تعیین محدوده آسایش حرارتی	۲-۳
۴۵	محاسبه دما-روز سرمایه‌ش و گرمایشی	۳-۳
۴۶	مدل‌سازی موقعیت‌های جغرافیایی	۴-۳
۴۷	روش اول	۱-۴-۳
۴۷	روش دوم	۲-۴-۳
۵۰	مدل‌سازی ساختمان نمونه	۵-۳

۵۰	تعیین بارهای سرمایشی و گرمایشی	۶-۳
۵۱	معادلات حاکم	۱-۶-۳
۵۲	شرایط مورد بررسی	۲-۶-۳
۵۳	بررسی سیستم حرارتی مناسب	۷-۳
۵۳	ارزیابی مطلوبیت هر سیستم	۸-۳
۵۴	ارزیابی با دیدگاه اقتصادی	۱-۸-۳
۵۴	محاسبات اقتصادی	۱-۱-۸-۳
۵۵	تعیین هزینه‌های سوخت	۲-۱-۸-۳
۵۵	محاسبات بهای برق مصرفی	۳-۸-۱-۲-۱
۵۶	محاسبات گازبها	۳-۸-۱-۲-۲
۵۷	محاسبات آببها	۳-۸-۱-۲-۳
۵۸	ارزیابی با دیدگاه فنی	۲-۸-۳
۵۹	ارزیابی فنی-امکان به‌کارگیری	۱-۲-۸-۳
۶۰	ارزیابی فنی-رفاهی	۲-۲-۸-۳
۶۰	روش استفاده از ضرایب گسسته	۱-۲-۲-۸-۳
۶۰	روش منطق فازی	۲-۲-۲-۸-۳
۶۱	اعتبارسنجی نرم‌افزار	۹-۳
۶۳	نتایج	۴
۶۴	مقدمه	۱-۴

۶۴.....	نتایج محاسبات دما-روز سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای هر شهر	۲-۴
۶۴.....	شهر شیراز	۱-۲-۴
۶۶.....	شهر یزد	۲-۲-۴
۶۷.....	شهر همدان	۳-۲-۴
۶۸.....	شهر بابلسر	۴-۲-۴
۶۹.....	شهر بندرعباس	۵-۲-۴
۷۱.....	مقایسه کلی شهرها	۶-۲-۴
۷۱.....	نتایج مدل سازی موقعیت جغرافیایی	۳-۴
۷۳.....	نتایج تحلیل بارهای سرمایشی و گرمایشی	۴-۴
۷۴.....	نتایج شهر شیراز	۱-۴-۴
۷۵.....	نتایج شهر یزد	۴-۴-۲
۷۶.....	نتایج شهر همدان	۳-۴-۴
۷۷.....	نتایج شهر بابلسر	۴-۴-۴
۷۸.....	نتایج شهر بندرعباس	۵-۴-۴
۷۹.....	مقایسه کلی شهرها	۶-۴-۴
۸۱.....	نتایج تحلیل اقتصادی	۵-۴
۸۲.....	نتایج تحلیل اقتصادی به تفکیک شهرها	۱-۵-۴
۸۲.....	شهر شیراز	۱-۱-۵-۴
۸۳.....	شهر یزد	۲-۱-۵-۴

۸۵	..... شهر همدان	۳-۱-۵-۴
۸۷	..... شهر بابلسر	۴-۱-۵-۴
۸۸	..... شهر بندرعباس	۵-۱-۵-۴
۸۹	..... مقایسه نتایج تحلیل اقتصادی همه شهرها	۶-۱-۵-۴
۹۰	..... نتایج تحلیل اقتصادی به تفکیک سیستم‌ها	۲-۵-۴
۹۱	..... سیستم کولر آبی + پکیج	۱-۲-۵-۴
۹۱	..... سیستم کولر اسپلیت	۲-۲-۵-۴
۹۲	..... سیستم GHP	۳-۲-۵-۴
۹۳	..... سیستم چیلر+ هیتر جذبی	۴-۲-۵-۴
۹۴	..... مقایسه کلی سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی	۵-۲-۵-۴
۹۴	..... نتایج تحلیل فنی	۶-۴
۹۵	..... تحلیل فنی - بکارگیری استفاده	۴-۶-۱
۹۶	..... تحلیل فنی - رفاهی	۴-۶-۲
۹۶	..... نتایج تحلیل با استفاده از روش ضرایب گسسته	۱-۲-۶-۴
۹۷	..... نتایج تحلیل با مدل فازی	۲-۲-۶-۴
۱۰۱	..... جمع بندی نتایج و پیشنهادها	۵
۱۰۲	..... جمع بندی نتایج	۱-۵
۱۰۶	..... پیشنهادها	۲-۵
۱۰۸	..... پیوست	۶

۱۰۹	بررسی میزان مطلوبیت ساختمان‌ها با کاربری متفاوت	أ
۱۰۹	ساختمان مورد مطالعه	أ-۱)
۱۱۰	نتایج دیدگاه اقتصادی ساختمان تجاری	أ-۲)
۱۱۱	نتایج دیدگاه اقتصادی ساختمان کتابخانه	أ-۳)
۱۱۳	تعاریف و اصطلاحات	ب)
۱۱۵	نمودارهای بیوکلماتیک	ج)
۱۱۵	شهر یزد	ج-۱)
۱۱۵	شهر همدان	ج-۲)
۱۱۶	شهر بابلسر	ج-۳)
۱۱۶	شهر بندرعباس	ج-۴)
۱۱۷	جداول محاسبات بهای سوخت	د)
۱۱۷	جداول اقلیم‌بندی وزارت نیرو	د-۱)
۱۱۸	جداول اقلیم‌بندی شرکت گاز	د-۲)
۱۲۲	جداول تعیین ضرایب قیمتی آب بها برای شهرها	د-۳)

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): مصرف نهایی انرژی به تفکیک بخش‌ها ۳
- شکل (۲-۱): نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران ۷
- شکل (۳-۱): نمودار سایکرومتریک ۱۰
- شکل (۴-۱): نمودارهای بیوکلماتیک الف) وضعیت آب و هوایی در هر منطقه از نمودار ب) محدوده آسایش حرارتی و سیستم‌های حرارتی امکان‌پذیر ۱۱
- شکل (۵-۱): نمایی از کولر آبی و اجزای آن ۱۴
- شکل (۶-۱): محدوده عملکردی مناسب کولر آبی بر اساس دما و رطوبت ۱۵
- شکل (۷-۱): نمودار T-S سیکل تبرید تراکمی ب) فلودیگرام چرخه تبرید پمپ حرارتی ۱۷
- شکل (۸-۱): اجزای تشکیل دهنده الف) کولرهای گازی ب) کولر اسپلیت (سیستم سرمایش-چیلر تراکمی) ۱۸
- شکل (۹-۱): الف) سیکل تبرید جذبی و اجزای سیستم ب) شماتیک چیلر جذبی ۲۱
- شکل (۱۰-۱): شماتیک پمپ حرارتی با محرک خارجی ۲۳
- شکل (۱۱-۱): چرخه عملکردی سیستم GEHP در حالت سرمایش و گرمایش ۲۵
- شکل (۱۳-۱) توانایی یک پمپ حرارتی با موتور گازسوز دور متغییر ۲۷

- شکل (۱-۱۴): الف: نمودار مقایسه‌ای عملکرد سیستم‌های GHP و EHP در حالت گرمایشی؛ ب:
- نمودار مقایسه‌ای عملکرد سیستم‌های GHP و EHP در حالت سرمایشی..... ۲۷
- شکل (۳-۱): فلوجارت روش‌های تعیین نوع اقلیم برای هر شهر..... ۴۹
- شکل (۳-۲): الف) پلان یک طبقه از ساختمان نمونه (ب) نمایی از کل طبقات ساختمان مورد بررسی ۵۰
- شکل (۳-۳): تعرفه‌های برق مناطق عادی..... ۵۶
- شکل (۳-۴): الف) ماه‌های گرم مناطق گرمسیر ۴ (ب) تعرفه‌های برق مناطق گرمسیر ۱..... ۵۶
- شکل (۳-۵): گازبهای مصرفی در ۵ ماهه فصل سرد..... ۵۷
- شکل (۳-۶): گازبهای مصرفی در ۷ ماهه فصل گرم..... ۵۷
- شکل (۳-۷): الف) قیمت آب مصرفی خانگی با توجه به مترمکعب مصرف (ب) قیمت خدمات دفع
فاضلاب شهری مشترکین خانگی..... ۵۸
- شکل (۴-۱): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر شیراز..... ۶۵
- شکل (۴-۲): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر یزد..... ۶۷
- شکل (۴-۳): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر همدان..... ۶۸
- شکل (۴-۴): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر بابلسر..... ۶۹
- شکل (۴-۵): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر بندرعباس..... ۷۰

- شکل (۴-۶): مقایسه‌ای بین دما-روزهای گرمایش و سرمایش شهرهای مورد بررسی ۷۱
- شکل (۴-۷): نمودار بیوکلیماتیک شهر شیراز ۷۲
- شکل (۴-۸): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان در شهر شیراز ۷۵
- شکل (۴-۹): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان یزد ۷۶
- شکل (۴-۱۰): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان همدان ۷۷
- شکل (۴-۱۱): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان در بابلسر ۷۸
- شکل (۴-۱۲): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان در شهر بندرعباس ۷۹
- شکل (۴-۱۳): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای همه شهرهای نمونه ۸۰
- شکل (۴-۱۴): درصد هریک از بارهای سرمایشی (نهان و محسوس) و گرمایشی مورد نیاز برای
شهرهای مورد بررسی ۸۱
- شکل (۴-۱۵): نمودار مقایسه‌ای بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در
شهر شیراز ۸۳
- شکل (۴-۱۶): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر شیراز ۸۳
- شکل (۴-۱۷): نمودار مقایسه‌ای بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در
شهر یزد ۸۴
- شکل (۴-۱۸): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر یزد ۸۵

- شکل (۴-۱۹): مقایسه بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر همدان ۸۶
- شکل (۴-۲۰): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر همدان ۸۶
- شکل (۴-۲۱): مقایسه بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر بابلسر ۸۷
- شکل (۴-۲۲): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر بابلسر ۸۸
- شکل (۴-۲۳): مقایسه بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر بندر عباس ۸۹
- شکل (۴-۲۴): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر بندرعباس ۸۹
- شکل (۴-۲۵): هزینه‌های هریک از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال به ارزش حال به تفکیک شهرهای نمونه ۹۰
- شکل (۴-۲۶): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال کولر آبی + پکیج برای شهرهای مورد بررسی ۹۱
- شکل (۴-۲۷): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال اسپلیت برای شهرهای مورد بررسی ۹۲
- شکل (۴-۲۸): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال GEHP برای شهرهای مورد بررسی ۹۳
- شکل (۴-۲۹): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال چیلر+هیتر جذبی برای شهرهای

- مورد بررسی ۹۳
- شکل (۴-۳۰): مقایسه همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در پنج شهر مورد بررسی ۹۴
- شکل (۴-۳۱): نتایج تحلیل رفاهی با استفاده از ضرایب گسسته ۹۷
- شکل (۴-۳۲): نتایج تحلیل براساس منطق فازی: الف) فاز اول بررسی براساس متغیرهای هزینه‌ای
ب) فاز دوم بررسی براساس متغیرهای عملکردی ۹۹
- شکل (۴-۳۳): میزان کمی مطلوبیت استفاده از هر سیستم از دیدگاه فنی- رفاهی ۱۰۰
- شکل (۶-۱): نمونه مدل ساختمان ۱۱۰
- شکل (۶-۲): هزینه سیستم‌های حرارتی در همه اقلیم‌ها برای ساختمان تجاری ۱۱۱
- شکل (۶-۳): هزینه سیستم‌های حرارتی در همه اقلیم‌ها برای ساختمان کتابخانه ۱۱۲
- شکل (۶-۴): نمودار بیوکلیماتیک شهر یزد ۱۱۵
- شکل (۶-۵): نمودار بیوکلیماتیک شهر همدان ۱۱۵
- شکل (۶-۶): نمودار بیوکلیماتیک شهر بابلسر ۱۱۶
- شکل (۶-۷): نمودار بیوکلیماتیک شهر بندرعباس ۱۱۶

فهرست جداول

- جدول (۱-۳): انتخاب شاخص زمستانه نیاز گرمایی سالانه ۴۸
- جدول (۲-۳): انتخاب شاخص نیاز سرمایی سالانه ۴۸
- جدول (۳-۳): انتخاب شاخص رطوبت تابستانه ۴۸
- جدول (۱-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر شیراز ۶۵
- جدول (۲-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر یزد ۶۶
- جدول (۳-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر همدان ۶۸
- جدول (۴-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر بابلسر ۶۹
- جدول (۵-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر بندرعباس ۷۰
- جدول (۶-۴): نتایج حاصل از تعیین اقلیم و نوع تابستان و زمستان شهرهای مورد بررسی ۷۳
- جدول (۷-۴): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در شیراز برای هر طبقه و کل طبقات ۷۴

جدول (۴-۸): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در یزد برای هر طبقه و کل

طبقات ۷۵

جدول (۴-۹): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در همدان برای هر طبقه و کل

طبقات ۷۶

جدول (۴-۱۰): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در بابلسر برای هر طبقه و کل

طبقات ۷۸

جدول (۴-۱۱): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در بندرعباس برای هر طبقه و

کل طبقات ۷۹

جدول (۴-۱۲): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال

حاضر برای شیراز ۸۲

جدول (۴-۱۳): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال

حاضر برای یزد ۸۴

جدول (۴-۱۴): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال

حاضر شهر همدان ۸۶

جدول (۴-۱۵): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال

حاضر شهر بابلسر ۸۷

جدول (۴-۱۶): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال

- حاضر شهر بندرعباس ۸۸
- جدول (۴-۱۷): تحلیل امکان‌پذیری استفاده از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در هر اقلیم ۹۵
- جدول (۴-۱۸): تحلیل رفاهی سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی ۹۶
- جدول (۶-۱): بارهای گرمایشی و سرمایشی اقلیم‌های متفاوت برای ساختمان تجاری ۱۱۰
- جدول (۶-۲): هزینه‌های سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی برای اقلیم‌های متفاوت ۱۱۱
- جدول (۶-۳): بارهای گرمایشی و سرمایشی اقلیم‌های متفاوت برای ساختمان کتابخانه ۱۱۲
- جدول (۶-۴): هزینه‌های سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی برای اقلیم‌های متفاوت ۱۱۳
- جدول (۶-۵): جدول اقلیم‌بندی وزارت نیرو ۱۱۷
- جدول (۶-۶): جدول اقلیم‌بندی شرکت گاز ۱۱۸
- جدول (۶-۷): جدول تعیین ضرایب قیمتی آب‌بهای شهرهای مختلف ایران ۱۲۲

۱ مقدمه و مرور کلی

۱-۱ مقدمه

امروزه کاهش سوخت‌های فسیلی و آلودگی محیط‌زیست از جمله مشکلات اصلی در کل جهان به‌شمار می‌روند. منبع اصلی انرژی در جهان سوخت‌های فسیلی است و از بین رفتن سوخت‌های فسیلی، خطر کمبود انرژی را در آینده به‌همراه خواهد داشت. از سوی دیگر، مصرف سوخت‌های فسیلی سبب اختلالاتی در محیط زیست همچون آلودگی و اثرات گلخانه‌ای^۱ می‌شود [۲،۱].

با توجه به نگرانی‌ها در مورد افزایش سریع سطح CO₂ در جو (۲۸۶ ppm تا ۴۰۵ ppm) از زمان آغاز انقلاب صنعتی (حدود ۱۷۷۵) تا اکتبر ۲۰۱۶ [۳]، لذا تجزیه و تحلیل کامل و درک تکنولوژی‌های الکتریکی و حرارتی که مصرف‌کننده عمده انرژی هستند، الزامی است. همچنین توسعه منابع انرژی جایگزین (به خصوص منابع انرژی تجدیدپذیر) و بهبود بهره‌وری انرژی تجهیزاتی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند؛ می‌تواند مصرف سوخت فسیلی و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی را کاهش دهد [۴].

از آغاز قرن بیست و یکم، انرژی و محیط زیست تبدیل به یک مسئله استراتژیک ملی شده‌است. آلاینده‌ها در سیستم‌های برودتی شامل: آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از احتراق گاز طبیعی در دیگ‌ها و موتورهای احتراق، نشت و یا تخلیه گاز مبرد و همچنین تولید برق در نیروگاه‌ها می‌باشد [۵].

از آنجایی که کربن دی‌اکسید تولیدشده از گاز طبیعی حدود نیمی از کربن دی‌اکسید تولیدی در نیروگاه‌های ذغال سنگ برای تولید برق است [۶]؛ و پیشنهاد ایالات متحده به مجمع تغییرات اقلیمی سازمان ملل متحد^۲ (UNFCCC) سناریوی بوده تا میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای^۱ (GHG) را تا سال

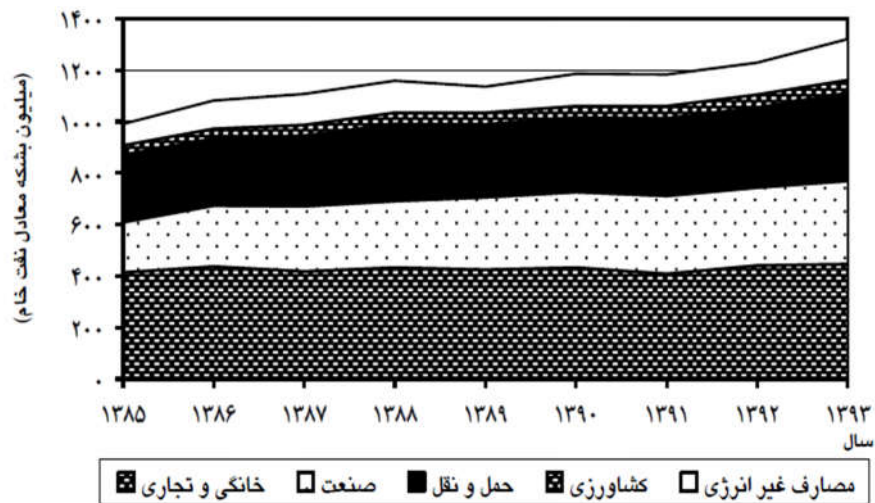
^۱ Greenhouse effect

^۲ United Nations Framework Convention on Climate Change

۲۰۲۵ به میزان ۲۶ تا ۲۸٪ نسبت به سال ۲۰۰۵ کاهش دهد، لذا گاز طبیعی به علت عرضه روزافزون، قیمت کم، و تحت سناریوی بیان شده به عنوان سوخت قابل قبول (پل-bridge) جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پذیرفته شده [۷] و نقش مهمی در ساختار انرژی آینده ایفا می‌کند. توسعه سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی مانند تجهیزات تهویه مطبوع، که از سوختی مانند گاز طبیعی بهره می‌گیرند، یکی از راه‌کارهای توسعه انرژی محسوب می‌شود [۸].

۲-۱ انرژی، مصرف‌کنندگان و پیامدهای آن

در حال حاضر سهم ساختمان‌های مسکونی، عمومی و تجاری از مصرف کل برق در کشور حدود ۴۹٪ بوده [۸] و با توجه به مصرف بالای انرژی در بخش ساختمان‌های مسکونی، این بخش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ لذا با مدیریت تقاضا در بخش مسکونی، می‌توان به‌طور قابل توجهی سبب کاهش اوج تقاضای انرژی و استفاده کمتر از آن شد [۹].



شکل (۱-۱): مصرف نهایی انرژی به تفکیک بخش‌ها [۸]

¹ Greenhouse gas

همان‌طور که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است؛ در ایران نیز همچون اغلب کشورها بخش‌های خانگی و تجاری یکی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی هستند. بخش اعظم مصرف انرژی جهت سرمایش، گرمایش، پخت و پز و روشنایی در ساختمان‌های مسکونی در ایران از منابع فسیلی (نفت و گاز) و برق تأمین می‌گردد و انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت بسیار محدود استفاده می‌شوند. فعالیت‌هایی همچون احتراق سوخت‌های فسیلی، تجزیه زباله‌های زیست محیطی، تصفیه آب و به‌کارگیری سیستم‌های تهویه مطبوع، که به‌صورت روزمره در بخش مسکونی صورت می‌گیرد، سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند: دی‌اکسید کربن^۱، اکسید نیتروژن^۲، متان^۳ و گازهای فلوراید^۴ می‌شود [۱۰، ۱۱].

در جامعه جهانی کنونی، نیاز به انرژی الکتریکی با در نظر گرفتن انواع مصارف (خانگی، تجاری، صنعتی و کشاورزی) نیازی روزافزون است [۱۲]. جهت تأمین این انرژی مورد نیاز، برق در نیروگاه‌ها تولید شده و توسط خطوط انتقال توزیع و به مصرف‌کننده نهایی منتقل می‌شود و در این مسیر مقدار بسیار زیادی از انرژی به سبب پایین بودن راندمان تجهیزات تلف خواهد شد. کارآمدی تبدیل گرما به برق در نیروگاه تولید برق حدود ۳۳٪ است، باقی مانده گرما به هوای بیرون از محیط داده می‌شود. برق تولید شده با کیفیت بالا، باید جهت به حرکت درآوردن کمپرسور برای تولید سرمایش، و نه تولید حرارت استفاده گردد؛ به دلیل این‌که، از گرما برای تولید برق استفاده شده و سپس برق تولیدی برای تبدیل به گرما مصرف شده است؛ یعنی یک فرم بسیار مفید انرژی (برق) به فرم کم اهمیت‌تر (گرما) تبدیل شده که انتخاب عاقلانه و درستی نمی‌باشد [۱۳].

^۱ CO₂

^۲ N₂O

^۳ CH₄

^۴ fluorinated gases

همچنین در صنایع جهت تأمین حرارت و یا بخار مورد نیاز، از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود. پس از تأمین انرژی موردنیاز، گرمای مازاد به هوای بیرون از محیط داده می‌شود، و مقدار زیادی از انرژی اتلاف می‌گردد. در این حالت، می‌توان از سیستمی که از گرمای اتلافی تولید سرمایه‌گذاری نماید، استفاده نمود و هزینه‌های اضافی تولید برق جهت سرمایه‌گذاری را کاهش داد و همچنین مشکلات و اثرات مربوط به آلودگی محیط‌زیست را نیز به میزان بسیاری کاهش داد [۱۴، ۱۵].

لذا با توجه به تقاضای بالای انرژی در بخش‌های ذکر شده مخصوصاً بخش ساختمانی و مسکونی، می‌توان با اجرای راه‌کارهای مدیریتی و صرفه‌جویی در انرژی و همچنین اعمال استانداردها و دستورالعمل‌های بخش ساختمان، به طور قابل ملاحظه‌ای مصرف انرژی را کاهش داد.

کاهش مصرف انرژی در این بخش با توجه به تأثیر آن در مصرف نهایی انرژی کل کشور، سبب کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا شده، لذا با توجه به پتانسیل صرفه‌جویی بالایی که در بخش ساختمانی، به دلیل سادگی و عدم نیاز به سرمایه‌گذاری‌های بالا نسبت سایر بخش‌های مصرف‌کننده انرژی وجود دارد، توجه و مطالعات بیشتر در این بخش، ضروری خواهد بود [۹].

۳-۱ اقلیم‌های جغرافیایی ایران

در فرایند توسعه همگام با محیط زیست، ارزیابی آسایش حرارتی به صورت بومی ضروری می‌باشد، زیرا با تعیین آن به مقدار زیادی از اتلاف انرژی جلوگیری می‌شود. دما و رطوبت مطلوب (شرایط آسایش) از مهم‌ترین پارامترهایی هستند که باید در بحث سرمایه‌گذاری به آن‌ها توجه شود؛ همچنین بخش مهمی از محاسبات مهندسی از نظر مصالح ساختمانی، ظرفیت سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و یا تهویه مطبوع برای تأمین پایدار شرایط آسایش انجام می‌گیرد.

۱-۳-۱ دما-روز

براساس تعریف، انحراف میانگین دمای روزانه از دمای آسایش انسان، دما-روز^۱ (درجه-روز) نامیده می‌شود. مقادیر دما-روزهای سرمایش و گرمایش تابعی از عناصر اقلیمی (دما، تابش، ابرناکی و ...) و عناصر جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع و ...) می‌باشد [۱۶].

محاسبه مقادیر میانگین دما-روزهای نیاز به گرمایش و سرمایش، به‌عنوان اطلاعات پایه و اساسی در برآورد مقدار انرژی مورد نیاز جهت تأمین بارهای حرارتی ساختمان‌ها و برنامه‌ریزی مصرف انرژی در طول سال به شمار می‌رود. لذا این معیار ضمن ارائه اطلاعاتی دقیق از میزان نیازهای حرارتی ساختمان، شهر و یا منطقه، سبب تأمین آسایش حرارتی و ذخیره‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز می‌شود [۱۷، ۱۸].

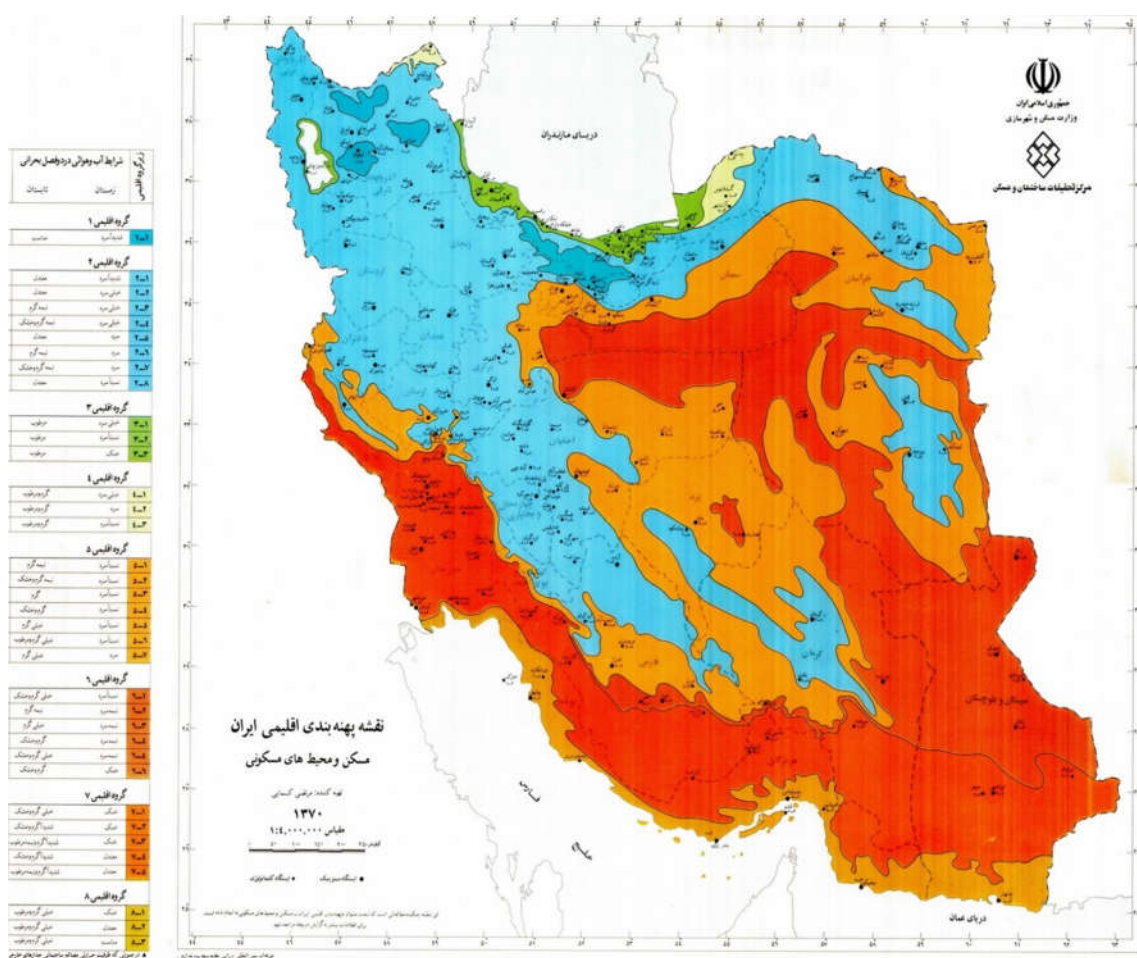
۱-۳-۲ معرفی اقلیم‌های جغرافیایی ایران

به‌طور کلی تفاوت‌های اقلیمی در اکثر نقاط جهان با عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا مشخص شده‌است. میزان متفاوت و متغیر عوامل اقلیمی همچون تابش خورشید، دمای هوا و رطوبت به دلیل تفاوت موقعیت جغرافیایی مناطق مختلف بر روی آب و هوا و همچنین بر روی میزان نیاز به بار سرمایشی و گرمایشی تأثیرگذار بوده‌است. با توجه به متغیرهای بیان شده، مطابق شکل (۱-۲)، کشور ایران دارای هشت گروه اقلیمی بوده؛ اما این دسته‌بندی در کاربردهای انرژی که توسط سازمان‌های تأمین‌کننده از قبیل نفت، گاز و برق تهیه شده، در چهار اقلیم ادغام شده‌است؛ که در تحقیق جاری این چهار گروه اقلیمی مورد بررسی قرار خواهند گرفت: [۱۹، ۲۰]

- اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی شامل مناطق بیابانی و نیمه بیابانی)

^۱ Degree-day

- اقلیم سرد و کوهستانی (مناطق کوهستانی غرب کشور)
 - اقلیم معتدل و مرطوب (کرانه جنوبی دریای خزر)
 - اقلیم گرم و مرطوب (کرانه شمالی خلیج فارس و دریای عمان)
- لذا در این بخش توضیحی مختصر در رابطه با ویژگی‌های هر اقلیم اعم از شرایط آب و هوایی، وضعیت تابش خورشید، میزان بارندگی و ... ارائه شده‌است [۲۰].



شکل (۲-۱): نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران [۲۱]

۱-۳-۳ اقلیم گرم و خشک

اکثر مناطق نیمه استوایی دارای آب و هوای گرم و خشک هستند. در این اقلیم، رطوبت کم و نبود ابر در آسمان باعث شده تا دامنه تغییرات دمای هوا در این مناطق بسیار زیاد شود. میزان تابش خورشید بسیار بالا و بارندگی بسیار کم بوده و رطوبت هوا خیلی کم و خشکی هوا بسیار بالا است. فلات مرکزی ایران شامل دو منطقه متمایز بیابانی و نیمه بیابانی است.

۱-۳-۴ اقلیم سرد

کرانه کوهستانی غرب کشور دارای اقلیم سرد است؛ شدت تابش آفتاب در تابستان زیاد و در زمستان کم است. زمستان‌ها طولانی و سرد و یخبندان بوده و تابستان‌ها هوا معتدل است. میزان بارندگی در تابستان کم و در زمستان زیاد بوده و بیشتر به صورت برف است.

۱-۳-۵ اقلیم معتدل و مرطوب

سواحل دریای خزر با آب و هوای معتدل و بارندگی فراوان، از جمله مناطق معتدل محسوب می‌شود. رطوبت هوا زیاد و درجه حرارت هوا معتدل است. در این منطقه بارندگی بسیار زیاد و در تابستان به صورت رگبار است.

۱-۳-۶ اقلیم گرم و مرطوب

سواحل جنوبی ایران که به وسیله رشته کوه‌های زاگرس از فلات مرکزی جدا شده‌اند، اقلیم گرم و مرطوب کشور را تشکیل می‌دهد. رطوبت هوا در این اقلیم بسیار بالا است و به همین دلیل اختلاف درجه حرارت شب و روز در فصول مختلف سال پایین است. تابستان‌ها بسیار گرم و مرطوب و زمستان‌ها معتدل است. شدت زیاد تابش آفتاب در هوای مرطوب منطقه باعث خیرگی چشم می‌شود.

۴-۱ معرفی محدوده آسایش حرارتی

محدوده‌ای از دما و رطوبت که در آن ساز و کار تنظیم حرارت بدن، در حداقل فعالیت باشد، شرایط آسایش حرارتی نامیده می‌شود. آسایش انسان در یک ساختمان به چهار عامل: دمای هوا، سرعت جریان هوا، رطوبت نسبی و کنترل خاک و بو بستگی دارد. با توجه به نمودار مشخصات هوا (سایکرومتریک^۱) در شکل (۳-۱) و نمودار شاخص زیست اقلیمی (بیوکلیماتیک^۲) که در شکل (۴-۱) توسط گیونی ارائه شده است؛ منطقه آسایش فنی را حدود دمای هوا در فصول مختلف را بین 20°C - ۲۷ و حدود رطوبت نسبی را بین ۲۰-۷۰٪ نشان می‌دهد. لذا دمای آسایش در زمستان، حداقل دما و در تابستان، حداکثر دمای بازه بیان شده بوده؛ همچنین رطوبت نسبی هوای محیط در اقلیم‌های خشک حدود ۲۰-۴۰٪ و در مناطق و اقلیم‌های مرطوب حدود ۵۰-۷۰٪ در نظر گرفته شده است [۲۲] و با توجه به این نمودار می‌توان امکان‌پذیری استفاده از هر سیستم را در اقلیم مورد نظر با توجه به دیدگاه فنی لحاظ نمود.

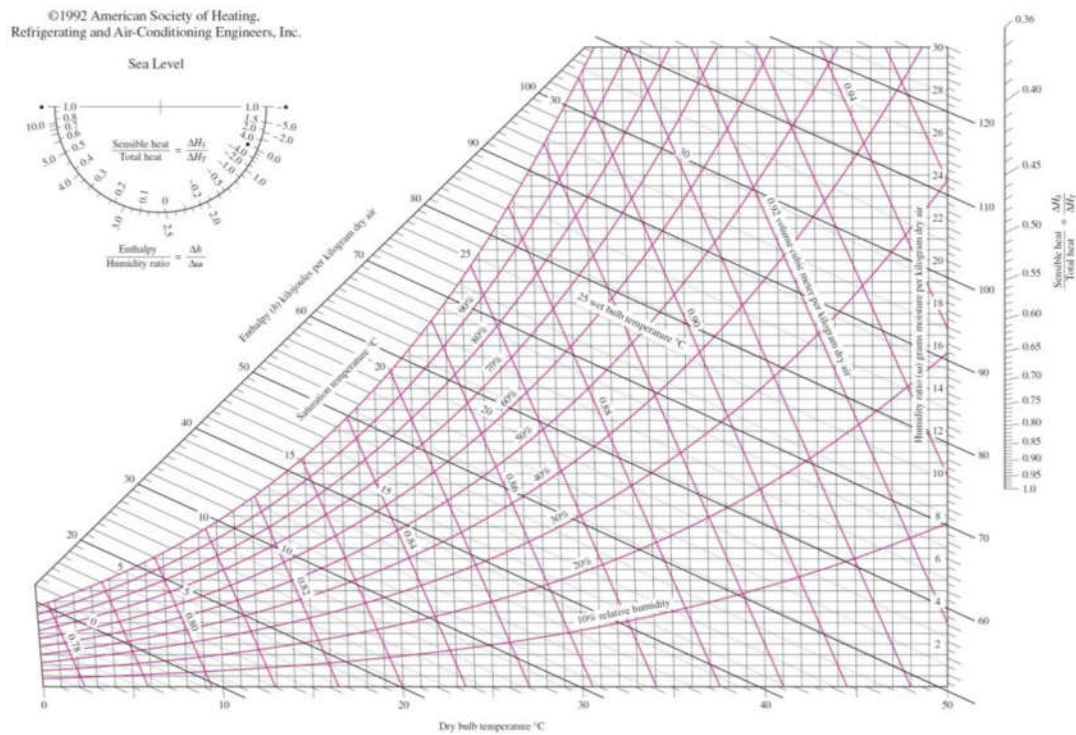
بنابراین در محدوده‌های سردتر از حد پایین آسایش و گرم‌تر از حد بالای آسایش نمودار بیوکلیماتیک، محدوده‌هایی مشخص شده است که نشان‌دهنده حدود عملکرد اجزا و عناصر مختلف ساختمان در گسترش منطقه آسایش در این دو سمت می‌باشد [۲۱]. لذا با توجه به این نمودار، منطقه آسایش تعیین گردیده و سیستم‌های پیشنهاد شده در هر منطقه از آن، صرفاً از جهت تأمین شرایط دمایی و رطوبتی (امکان‌پذیری استفاده) سنجیده شده‌اند؛ و از دیدگاه اقتصادی و رفاهی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.

همچنین شکل (۴-۱) الف؛ نشان‌دهنده نوع آب و هوا و اقلیم در هر منطقه از نمودار بیوکلیماتیک

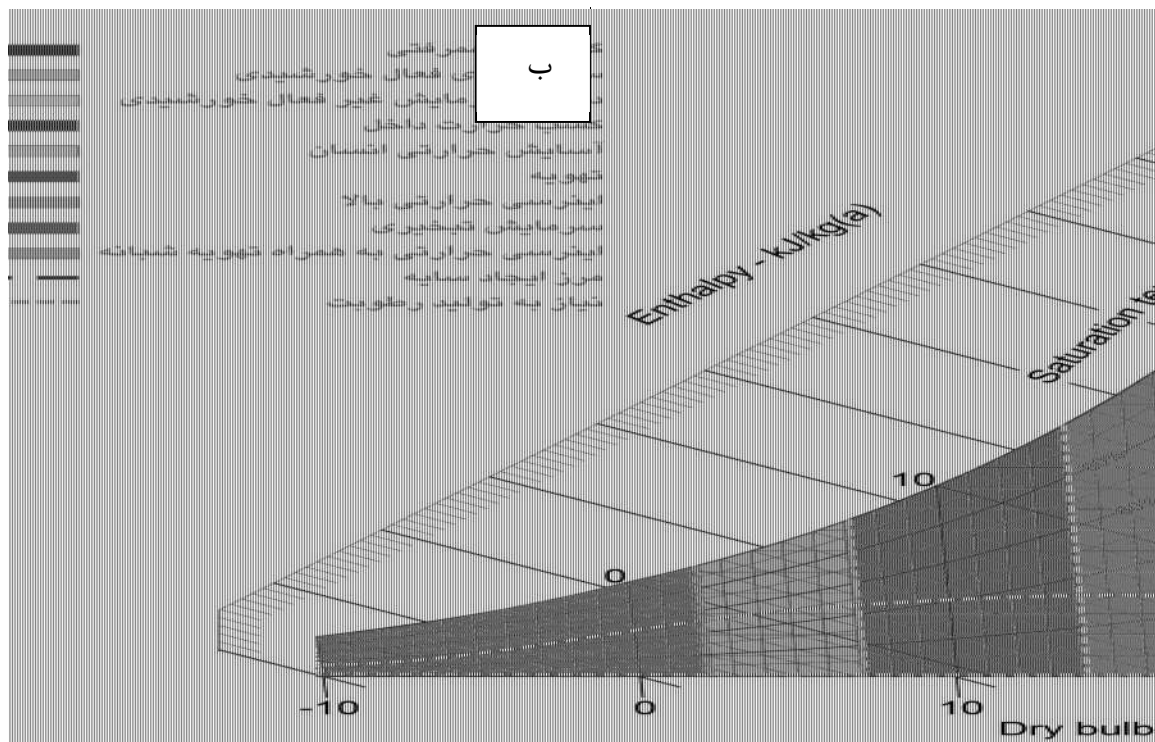
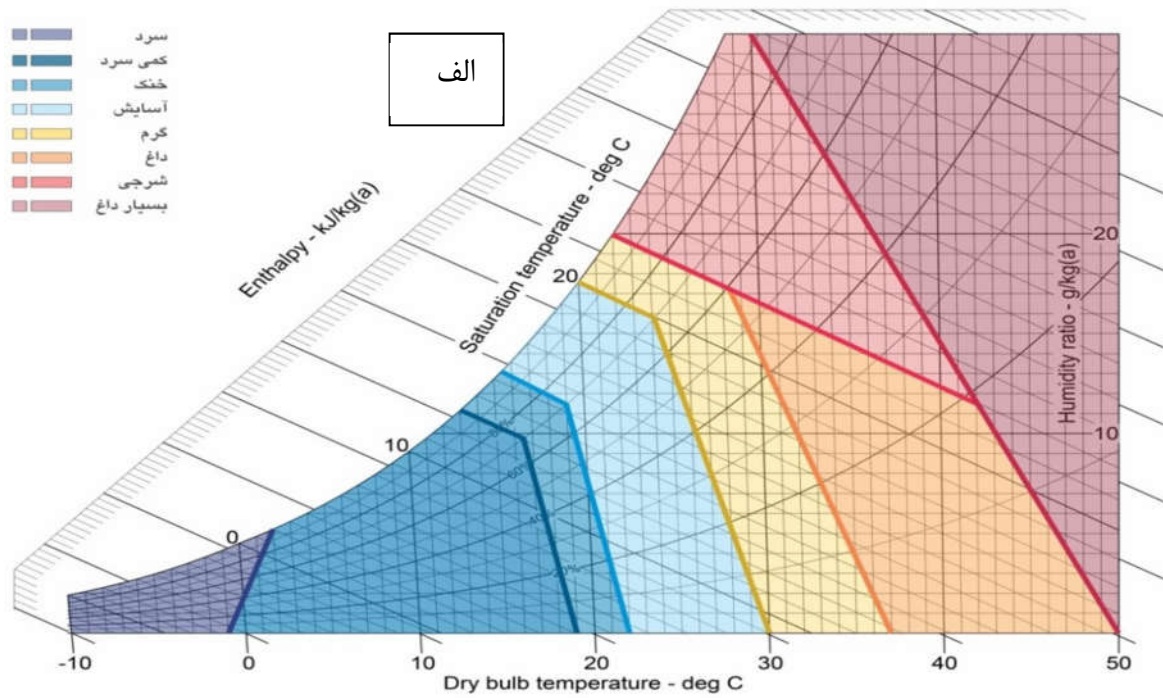
¹ Psychrometric chart

² Bioclimatic

براساس دما و رطوبت نسبی بوده و قسمت ب؛ نشان‌دهنده مطلوبیت استفاده از هریک از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و تهویه مطبوع براساس مطلوبیت فنی بوده‌است.



شکل (۳-۱) : نمودار سایکرومتریک [۲۳]



شکل (۴-۱) : نمودارهای بیوکلماتیک الف) وضعیت آب و هوایی در هر منطقه از نمودار ب) محدوده آسایش حرارتی و سیستم‌های حرارتی امکان‌پذیر

در نمودار بیوکلیماتیک، منطقه آسایش انسانی تنها از دیدگاه برقراری شرایط فنی بررسی شده است؛ اما در جوامع امروزی، فرهنگ مصرف بر مبنای معیارهای اقتصادی و رفاهی نیز بوده است، لذا باید هریک از روش‌های تأمین سرمایش و گرمایش مورد نیاز ساختمان‌ها با توجه به همه معیارهای موجود، بررسی گردد.

طراحی و انتخاب مناسب تجهیزات و تأسیسات مکانیکی نه تنها آسایش افراد را تأمین می‌کند، بلکه سبب افزایش عمر ساختمان، صرفه‌جویی اقتصادی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین سبب کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی خواهد شد.

در واقع کیفیت محیط داخلی^۱ (IEQ)، با توجه به هر دو جنبه حرارتی و کیفیت هوای داخلی (میزان رطوبت)، نه تنها در آسایش انسان، بلکه در مصرف انرژی ساختمان نیز تأثیر به‌سزایی دارد. در جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از تهویه هوا در ساختمان‌ها، توجه به این نکته الزامی است که کیفیت محیط داخلی مورد نیاز نسبت به تغییرات محدوده دما و تغییرات در نرخ جریان هوای تهویه، کمترین حساسیت را دارا باشد. [۲۴]

۵-۱ معرفی انواع سیستم‌های متداول سرمایش در کشور ایران

جهت تأمین سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع مجتمع‌های مسکونی روش‌های متفاوتی به‌کار گرفته می‌شود؛ که هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایب و همچنین سازگار با شرایط خاص آب و هوایی، جهت تأمین آسایش و رفاه حرارتی می‌باشند، که برخی از متداول‌ترین آن‌ها را معرفی نموده و در ادامه به بررسی عملکرد و اجزا و مزایا و معایب هریک پرداخته شده است:

- سیستم سرمایش تبخیری
- سیستم سرمایش تراکمی (با موتور الکتریکی)

^۱Indoor Environmental Quality

- سیستم سرمایش جذبی
- سیستم تبرید تراکمی گازسوز (GEHP)

۱-۵-۱ سیستم سرمایش تبخیری

سرمایش تبخیری فرآیندی است که از پدیده تبخیر به عنوان یک جاذب گرمایی طبیعی استفاده می شود [۲۵]. در این فرآیند گرمای محسوس هوا جذب شده و به عنوان گرمای نهان لازم جهت تبخیر آب استفاده می شود. تجهیزات سرمایش تبخیری را می توان به دو گروه تقسیم نمود:

- سرمایش تبخیری غیرمستقیم^۱
- سرمایش تبخیری مستقیم^۲

۱-۱-۵-۱ سیستم سرمایش تبخیری غیر مستقیم

در سیستم های تبخیری غیر مستقیم، جریان هوای اولیه در یک مبدل حرارتی که جریان هوای ثانویه از آن می گذرد، سرد می شود [۲۶]. سیستم سرمایش تبخیری غیرمستقیم معایب متعددی مانند: بازدهی سرمایشی نسبتاً پایین، اندازه های هندسی بزرگ و وابستگی زیاد به شرایط محیطی داشته؛ که این معایب، استفاده وسیع از این سیستم را در ساختمان ها محدود ساخته است [۲۷].

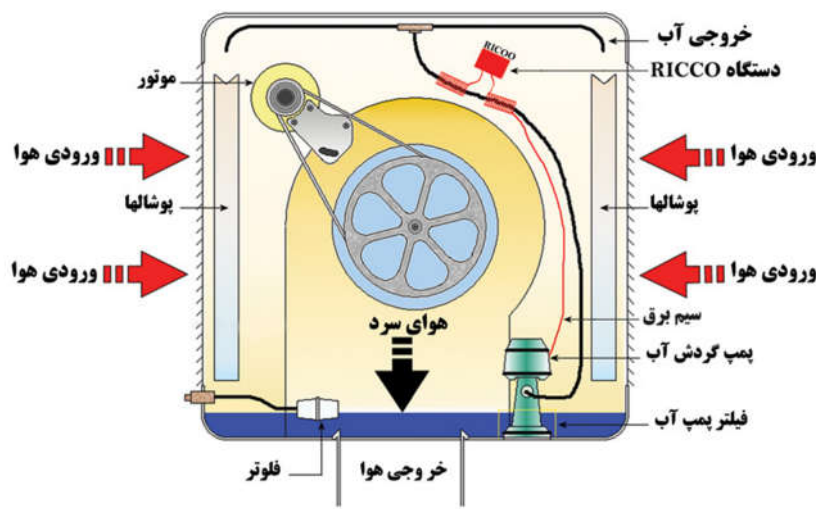
۲-۱-۵-۱ سیستم سرمایش تبخیری مستقیم

در سرمایش تبخیری مستقیم، هوا در تماس مستقیم با آب خنک شده؛ که این تماس ممکن است توسط سطوح مرطوب گسترده (پوشال ها) صورت می گیرد. از نمونه های سرمایش تبخیری مستقیم با سطوح مرطوب می توان به کولر آبی اشاره نمود [۲۶]. در سرمایش تبخیری، شرایط آب و هوایی

¹ Indirect evaporative

² Direct evaporative

به‌ویژه حداکثر دمای مرطوب در تابستان، در طراحی سیستم یک پارامتر تعیین‌کننده است [۲۸]. طی دهه‌های اخیر، سیستم سرمایش تبخیری (کولر آبی) به دلیل سادگی ساختار و استفاده مناسب از انرژی‌های طبیعی موجود و قیمت اولیه نسبتاً پایین به‌عنوان گزینه‌ای متداول در تولید سرمایش محسوب می‌گردد [۲۹]. شماتیک کولر آبی همانند شکل (۵-۱) بوده و عملکرد آن بدین صورت است که تماس مستقیم هوا با آب از طریق سطوح مرطوب گسترده و یا مواد خاص دیگری نظیر سلولز با سطح زیاد و حجم کم صورت می‌گیرد. هوا در هنگام تماس با آب، گرمای خود را از دست داده و آب تبدیل به بخار می‌شود؛ در نتیجه هوا، خنک شده و رطوبت آن افزایش می‌یابد. تقریباً ۸۰٪ از این انتقال حرارت، انتقال حرارت نهان و ۲۰٪ انتقال حرارت محسوس است [۲۸]. الکتروفن هوای خنک شده با رطوبت حدود ۹۰٪ را از روی پوشال‌های مرطوب عبور داده و به طرف کانال و یا محیطی که به سرمایش نیاز دارد؛ هدایت می‌کند.



شکل (۵-۱): نمایی از کولر آبی و اجزای آن

کیفیت سرمایش تولیدی در کولر آبی، رابطه مستقیم با رطوبت و دمای محیط بیرونی (هوای آزاد) دارد. در صورتی که دما و رطوبت هوا از مقدار مشخصی بیشتر باشد، راندمان تولید سرمایش در

کولرهای آبی به شدت کاهش می یابد. ناحیه عملکردی مناسب برای کولرهای آبی بر اساس نمودار سایکرومتریک و محاسبه دمای حباب تر و خشک با ارائه محدوده‌هایی از دما و رطوبت برطبق شکل (۱-۶) بوده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود؛ کولرهای آبی قادرند در بازه رطوبت نسبی ۱۵ تا ۵۰ درصد و در بازه دمایی ۲۴ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد دارای عملکردی مطلوب باشند [۳۰-۳۲].

دمای هوای خروجی از کولر (درجه سانتی‌گراد)									
رطوبت نسبی (درصد)									
دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)		۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
	۲۴	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
	۲۸	۱۳	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
	۳۲	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
	۳۶	۱۷/۵	۱۹	۲۰/۵	۲۲	۲۳/۵	۲۵	۲۶/۵	۲۸
	۴۰	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴
	۴۴	۲۳	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۳۳		
	۴۸	۲۵	۲۷	۲۹	۳۲				

شکل (۱-۶): محدوده عملکردی مناسب کولر آبی بر اساس دما و رطوبت [۳۰]

۳-۱-۵-۱ مزایا و معایب سرمایش تبخیری

امروزه با توجه به خشکسالی‌های مکرر و همچنین پیشرفت صنعت و تکنولوژی، آلاینده‌ها به‌طور چشمگیری از نقطه نظر تنوع و غلظت در شهرها افزایش یافته و با در نظر گرفتن این نکته که عملکرد کولر آبی، که براساس مکش هوای محیط اطراف است؛ در عمل حجم بالایی از آلاینده‌های مختلف شامل: ریزگردها، گازهای منواکسید کربن^۱ و ... را وارد محیط داخلی (فضای مسکونی) نموده و باعث ایجاد بیماری‌هایی از جمله: آلرژی، تشدید بیماری‌های قلبی و عروقی، بیماری‌های تنفسی و .. می‌گردد [۳۳]. همچنین سیستم سرمایشی کولرهای آبی بر مبنای تبخیر است، لذا حجم بالایی از آب و

^۱ CO

رطوبت را وارد محیط داخلی نموده و علاوه بر اختلال در شرایط آسایش افراد سبب بروز پیش زمینه بیماری‌هایی مانند رماتیسم و ... می‌شود [۳۰]. بنابراین سرمایه‌گذاری تبخیری در مناطق گرم و خشک می‌تواند آسایش نسبی را با هزینه‌های پایین تأمین کند، اما در مناطق مرطوب و خیلی گرم کارایی نخواهد داشت؛ زیرا آسایش حرارتی مطلوب را فراهم نخواهد کرد.

۱-۵-۲ سیستم سرمایه‌گذاری تراکمی

هر چرخه سرمایشی از چهار قسمت اصلی: تبخیرکن^۱ (اوپراتور)، متراکم‌ساز^۲ (کمپرسور)، مایع‌کن^۳ (کندانسور) و شیر انبساط^۴ تشکیل شده و شامل چهار فرایند زیر بوده است؛ که بصورت دیاگرام T-S و همچنین فلودیاگرام این چرخه در یک پمپ حرارتی در شکل (۷-۱) نشان داده شده است:

۱-۲ : تراکم ایزنتروپیک در کمپرسور

۲-۳ : دفع حرارت در فشار ثابت در کندانسور

۳-۴ : انبساط در آنتروپی ثابت

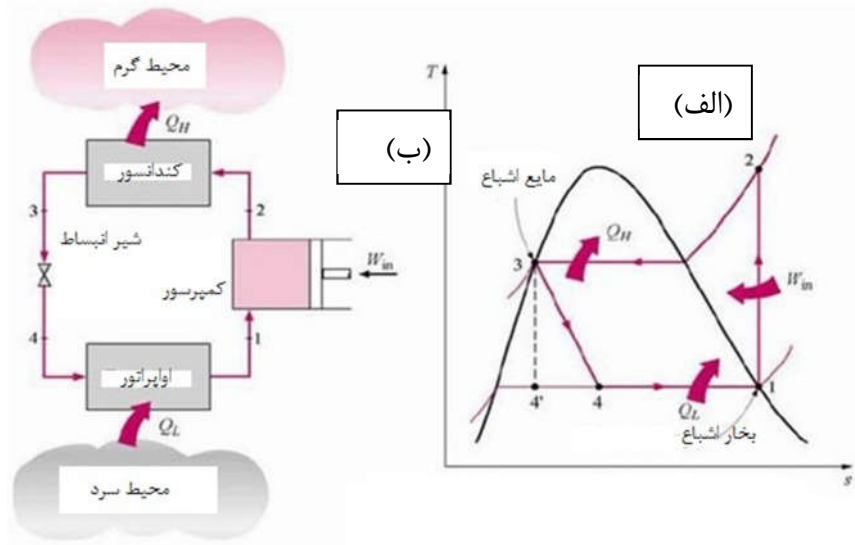
۴-۱ : جذب حرارت در فشار ثابت در اوپراتور

¹ Evaporator

² Compressor

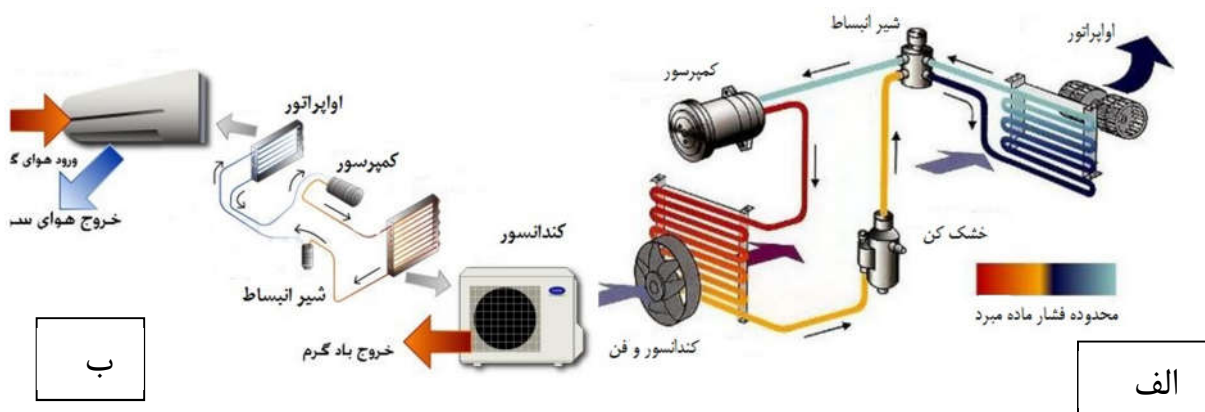
³ Condenser

⁴ Expansion valve



شکل (۷-۱): (الف) نمودار T-S سیکل تبرید تراکمی (ب) فلودیگرام چرخه تبرید پمپ حرارتی [۲۲]

در یک چرخه ایده‌آل تبرید تراکمی بخار مطابق شکل (۷-۱)، مبرد در حالت ۱ به صورت بخار اشباع وارد کمپرسور می‌شود و به صورت ایزنتروپیک به فشار کندانسور تراکم می‌یابد. دمای مبرد طی این فرآیند تراکمی آنتروپی ثابت به حد کافی بالاتر از دمای محیط اطراف افزایش یافته، سپس مبرد به صورت بخار فوق گرم در حالت ۲ وارد کندانسور شده و در نتیجه با انتقال حرارت به محیط اطراف به صورت مایع اشباع در حالت ۳، کندانسور را ترک می‌کند. مبرد به صورت مایع اشباع در حالت ۳ با عبور از یک شیر انبساط یا لوله موئین، فشار آن کاهش می‌یابد. دمای مبرد طی این فرآیند به زیر دمای فضای سرد شونده (محیط سرد) افت می‌کند. مبرد در حالت ۴ به صورت یک مخلوط اشباع با کیفیت پایین وارد اواپراتور شده و با جذب حرارت از فضای سرد شده کاملاً تبخیر شده و اواپراتور را به صورت بخار اشباع ترک کرده و با وارد شدن به کمپرسور چرخه را تکمیل می‌کند [۲۲، ۳۴، ۳۵]



شکل (۸-۱): اجزای تشکیل دهنده الف) کولرهای گازی ب) کولر اسپلیت (سیستم سرمایش-چیلر تراکمی)

کولرهای اسپلیت و گازی نمونه‌ای از چیلر تراکمی همانند شکل (۸-۱) است. ماده مبرد مورد استفاده در کولر گازی فریون ۲۲ است. ماده مبرد قبل از ورود به شیر انبساط به صورت مایع در فشار زیاد و دمای محیط است. پس از عبور از شیر انبساط، در اواپراتور دمای آن کاهش یافته و در فشار و دمای پایین شروع به تبخیر می‌نماید. عمل تبخیر در طول اواپراتور ادامه یافته، از مقدار مایع کم شده و به مقدار بخار افزوده می‌شود تا در خروج از اواپراتور ماده مبرد کاملاً تبخیر شده و به صورت بخار درآمده باشد. گرمای لازم برای تبخیر ماده مبرد از محیط اطراف گرفته شده، بنابراین سبب سرد شدن هوا می‌گردد. بخار خروجی از اواپراتور وارد کمپرسور شده؛ در کمپرسور عمل فشرده سازی گاز مبرد صورت می‌گیرد، سپس مبد با فشار و دمای بالا وارد کندانسور شده، که با آزاد کردن گرما که به دمای محیط می‌رسد، و تقطیر صورت گیرد. در خروج از کندانسور، ماده مبرد به صورت مایع تحت فشار زیاد، به پشت شیر انبساط می‌رسد. شیر انبساط دارای یک حسگر دمایی است که بعنوان ترموستات عمل کرده و بر اساس درجه دما، مقدار معینی از ماده مبرد را به درون مارپیچ تبخیر می‌فرستد و چرخه سرمایشی تکرار می‌شود.

۱-۲-۵-۱ مزایا و معایب سرمایش تراکمی

یکی از مهم‌ترین مشکلات کولرهای گازی، عدم امکان تهویه هوا و تجمع آلودگی در محیط‌های بسته

ناشی از فعالیت‌های روزمره افراد است. امروزه با پیشرفت‌های زیادی که در زمینه تولید کولرهای اسپلیت و گازی صورت گرفته‌است، امکانات مختلفی در جهت تأمین سلامت و آرامش ساکنین ساختمان‌های مسکونی افزوده شده‌است. بطور مثال کولرهای موجود در بازار دارای امکانات زیر می‌باشند [۳۶،۳۷]:

- فیلتر pure (برای حذف گرد و غبار موجود در هوا و ایجاد جریان هوای خروجی پاک از کولر)
- فیلتر catechin (فیلتر ضد بو و ضد باکتری)
- فیلتر full HD (برای جلوگیری از انتشار ذرات میکروسکوپی آلرژی زا و گرد و غبار)
- فیلتر deodorizing (برای حذف بوهای نامطبوع موجود در هوا)

۱-۵-۳ چیلر

چیلر دستگاهی است که در یک فرآیند سیکلی با تغییر فاز، حرارت را از سیال عامل سیکل (معمولاً آب) می‌زداید. سیال عامل در یک مبدل حرارتی برای خنک کاری هوا استفاده می‌شود. چیلرها به دو دسته تراکمی و جذبی تقسیم می‌شوند. چیلرهای تراکمی در واقع پمپ‌های حرارتی هستند که با استفاده از انرژی مکانیکی، حرارت را به صورت اجباری از منبع سرد به منبع گرم منتقل می‌کنند حال آنکه چیلرهای جذبی با استفاده از انرژی حرارتی چنین عملی را انجام داده و باعث ایجاد برودت و سرما می‌شوند [۳۸]. انرژی مکانیکی چیلر تراکمی می‌تواند توسط الکتروموتور و یا موتور گازسوز تأمین گردد.

۱-۵-۳-۱ سیستم سرمایش جذبی (چیلر جذبی)

سیستم تبرید جذبی سیستمی است که به کمک حرارت و گرما کار می‌کند. درتهویه مطبوع از

چیلرهای جذبی که در آن‌ها لیتیوم بروماید^۱ و آب به ترتیب به‌عنوان جاذب و مبرد بوده، استفاده می‌شود. اساس کار چیلرهای جذبی بدین صورت است که به‌جای سیستم کمپرسور در چیلرهای تراکمی از کمپرسور گرمایی (شامل ژنراتور^۲، ایزربر^۳، پمپ^۴ و مبدل حرارتی^۵) برای تبخیر ماده مبرد در محوطه‌ای از محلول لیتیوم بروماید و فشرده‌سازی بخار مبرد در فشار بالا استفاده می‌شود. بخار آب متراکم شده وارد کندانسور شده و توسط آب یا هوای محیط خنک شده و به مایع تبدیل شده و با عبور از شیر انبساط وارد اوپراتور می‌شود. مایعی که وارد اوپراتور می‌شود به‌دلیل کاهش فشار، نقطه جوش آن پایین آمده‌است؛ لذا حرارت از هوا به مبرد منتقل شده و مبرد می‌جوشد و هوا خنک می‌شود. بخار مبرد (آب) دوباره وارد ایزربر شده و حرارت آن به‌وسیله لیتیوم بروماید گرفته می‌شود؛ با توجه به اینکه محلول لیتیوم بروماید+آب موجود در ایزربر، با جذب بخار آب رقیق شده و از قدرت جذب‌کنندگی آن، کاسته می‌شود و همچنین با تبخیر آب موجود در اوپراتور، میزان آن به‌طور پیوسته کاهش پیدا می‌کند، لذا جهت تداوم کار چیلر لازم است تا آب جذب شده توسط محلول لیتیوم بروماید+آب از آن جدا شده و به اوپراتور برگشت داده شود؛ که این فرآیند در ژنراتور انجام می‌گیرد. سپس محلول لیتیوم بروماید غلیظ پس از عبور از یک مبدل حرارتی به ایزربر برگشت داده می‌شود؛ این عمل جهت سرد شدن محلول لیتیوم بروماید غلیظ و افزایش قدرت جذب‌کنندگی و همچنین پیش‌گرمایش محلول لیتیوم بروماید+آب که به سمت ژنراتور می‌رود؛ صورت می‌گیرد. بخار آب تولید شده در ژنراتور نیز با عبور از کندانسور تقطیر شده و توسط شیر انبساط کاهش فشار صورت

^۱ LiBr

^۲ Generator

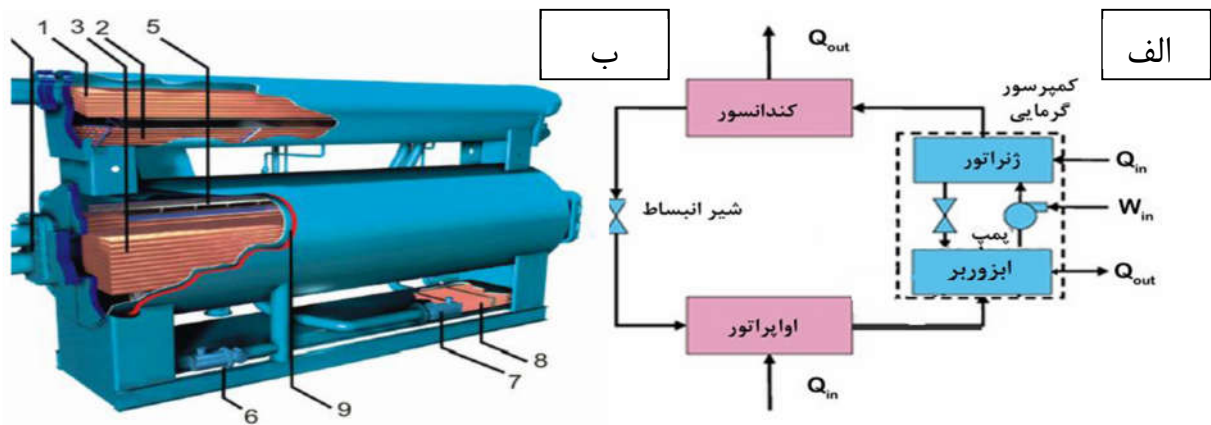
^۳ Absorber

^۴ pump

^۵ Heat exchanger

گرفته؛ سپس به اواپراتور برگشت داده شده و این چرخه در طول روند سرمایش تکرار می‌شود [۳۸-۴۰].

لذا انرژی ورودی برای سیستم سرمایش جذبی، انرژی گرمایی است که در ژنراتور به محلول داده می‌شود. این انرژی می‌تواند به صورت آب داغ، بخار یا شعله مستقیم به‌جای استفاده از موتور الکتریکی یا موتور احتراق داخلی در سیستم تبرید تراکمی باشد. در شکل (۹-۱) الف، اجزای جایگزین کمپرسور، و سیکل کاری یک سیستم تبرید جذبی نشان داده شده‌است.



شکل (۹-۱): الف) سیکل تبرید جذبی و اجزای سیستم ب) شماتیک چیلر جذبی [۳۸]

همچنین شکل (۹-۱) ب، یک نمونه چیلر جذبی دو استوانه‌ای را نشان داده شده که شامل اجزایی مانند: ۱- لوله‌های کندانسور ۲- لوله‌های ژنراتور ۳- لوله‌های اواپراتور ۴- محفظه لوله‌های ایزوربر ۵- افشانک‌های مبرد ۶- پمپ مبرد ۷- پمپ محلول ۸- مبدل حرارتی ۹- اواپراتور می‌باشد [۳۸].

۱-۵-۳-۲ مزایا و معایب سرمایش جذبی

چیلرهای جذبی به‌دلیل عدم استفاده از مبردهای کلرو فلورو کربن^۱ (CFC) و استفاده از مبردهای

^۱ Chlorofluorocarbon

کم ضررتر برای محیط زیست [۴۱]، استفاده محدود از قطعات گردشی و متحرک، عدم وجود صدا و ارتعاش، عمر مفید طولانی و استفاده از انرژی حرارتی به عنوان انرژی مصرفی ورودی به جای کار و انرژی الکتریکی مورد توجه قرار گرفته‌اند. معایب این سیستم‌ها ضریب عملکرد پایین‌تر نسبت به سیستم تراکمی، انعطاف و کنترل‌پذیری پایین و کارکرد سیستم در فشارهای پایین و خلا سیستم [۳۹]، هزینه اولیه بالا و کریستالیزاسیون لیتیوم بروماید غلیظ می‌باشد [۴۲]. همچنین جهت خنک نمودن کندانسور و ابزوربر، باید از سیال واسطه‌ای مانند آب و برج‌های خنک‌کن مرطوب استفاده نمود؛ و بدلیل این‌که عملکرد برج‌های خنک‌کن مرطوب، بر مبنای سیستم تبخیری است؛ لذا این سیستم در مناطقی که از رطوبت نسبی بالایی برخوردارند؛ کارایی ندارد؛ لذا اقلیم تأثیر زیادی بر استفاده از سیستم جذبی دارد [۶،۴۳].

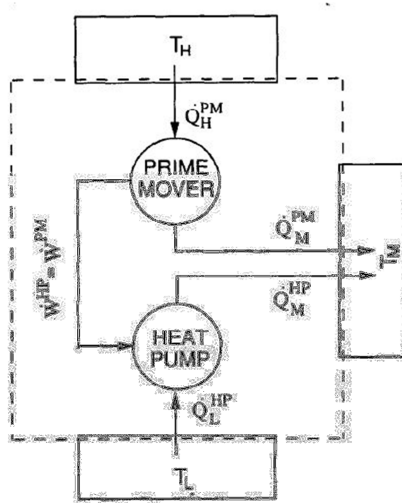
۱-۵-۴ پمپ حرارتی

پمپ حرارتی دستگاهی است که عمل انتقال انرژی از نقطه مبدا که دمای آن کم است را به نقطه مقصد که دارای دمای بیشتری است؛ به وسیله یک موتور محرک امکان‌پذیر می‌کند. پمپ‌های حرارتی بر اساس محیطی که از آن انرژی جذب می‌کنند مانند: هوا، آب و زمین؛ ماده‌ای که از آن برای انتقال حرارت استفاده می‌کنند نظیر: هوا و یا آب و همچنین نوع عملکردشان که سرمایش هوا، گرمایش هوا، گرمایش آب و یا همه این موارد است، تقسیم‌بندی می‌شوند [۴۴]. همچنین بر اساس نوع موتور محرک این سیستم؛ که می‌تواند الکتریکی و یا گازسوز باشد؛ پمپ حرارتی به دو دسته پمپ حرارتی با موتور الکتریکی^۱ (EHP) و پمپ حرارتی با موتور گازسوز^۲ (GEHP یا GHP) تقسیم بندی می‌شود [۴۵].

^۱ Electric engine heat pump

^۲ Gas engine heat pump

شکل (۱-۱۰) نشان‌دهنده انتقال حرارت در یک پمپ حرارتی با محرک اولیه^۱ (PM) حرارت را از یک محیط دما بالا (T_H) و پمپ حرارتی^۲ (HP) حرارت را از یک محیط دما پایین (T_L) گرفته و هر دو به یک محیط با دمای متوسط (T_M) انتقال می‌دهند [۴۶]. میزان گرمای انتقالی از منبع سرد توسط پمپ حرارتی، Q_H^{PM} میزان گرمای انتقالی از منبع گرم توسط محرک اولیه و Q_M^{PM} و Q_M^{HP} به ترتیب میزان گرمای انتقالی به محیط توسط پمپ حرارتی و محرک اولیه در دمای متوسط است.



شکل (۱-۱۰): شماتیک پمپ حرارتی با محرک خارجی [۵۴]

۱-۴-۵-۱ پمپ حرارتی با موتور گازسوز

در این روش از تأمین سرمایه‌ش با پمپ حرارتی، انرژی لازم جهت حرکت کمپرسور، توسط یک موتور احتراق داخلی گازسوز تأمین شده و در نتیجه بر خلاف کمپرسورهای الکتریکی، نیاز به مصرف برق وجود ندارد [۴۷]. پمپ‌های حرارتی با موتور گازسوز دارای دو مبدل حرارتی در داخل و خارج فضای

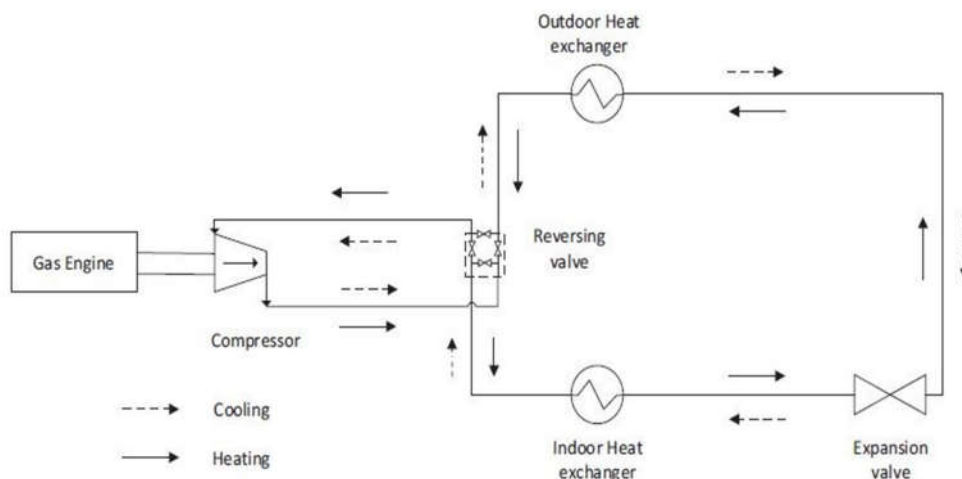
^۱ Prime mover

^۲ Heat pump

مسکونی بوده، که می‌تواند نیازهای مختلف گرمایش و سرمایش را از طریق تغییر شرایط عملیاتی موتور، تحقق بخشد؛ در وضعیت سرمایشی، مبدل داخلی اواپراتور و مبدل بیرونی کندانسور است و در حالت گرمایشی، مبدل داخلی کندانسور و مبدل بیرونی اواپراتور است. تغییر کارکردی وضعیت از حالت سرمایش به گرمایش توسط یه شیر معکوس‌شونده صورت می‌گیرد [۴۸-۵۴]

شکل (۱-۱۱) پمپ حرارتی گازسوز را در دو وضعیت عملکردی سرمایشی و گرمایشی نشان می‌دهد. این سیستم شامل یک پمپ حرارتی برگشت پذیر تراکمی بخار (شامل یک کمپرسور، یک کندانسور، شیر انبساط، یک شیر معکوس‌کننده^۱ و یک اواپراتور) و یک کمپرسور نوع باز است که توسط یک موتور احتراق داخلی گازسوز هدایت می‌شود [۴۵،۵۵]. قسمت خارجی پمپ حرارتی گازسوز شامل موتور احتراق است که برای اطمینان و آسودگی مصرف‌کنندگان در محیط خارج از ساختمان نصب شده و قسمت داخلی شامل مبدل حرارتی، فن دور متغیر و فیلترها است که در داخل ساختمان نصب می‌شود. فلش‌های خط چین نشان دهنده حالت کارکردی سرمایشی و فلش‌های خط صاف حالت کارکردی گرمایشی را نشان می‌دهد که با استفاده از یک شیر معکوس‌کننده، تغییرات حالت کارکردی بین این دو حالت اتفاق می‌افتد [۵۶،۵۵].

^۱ Reversing valve



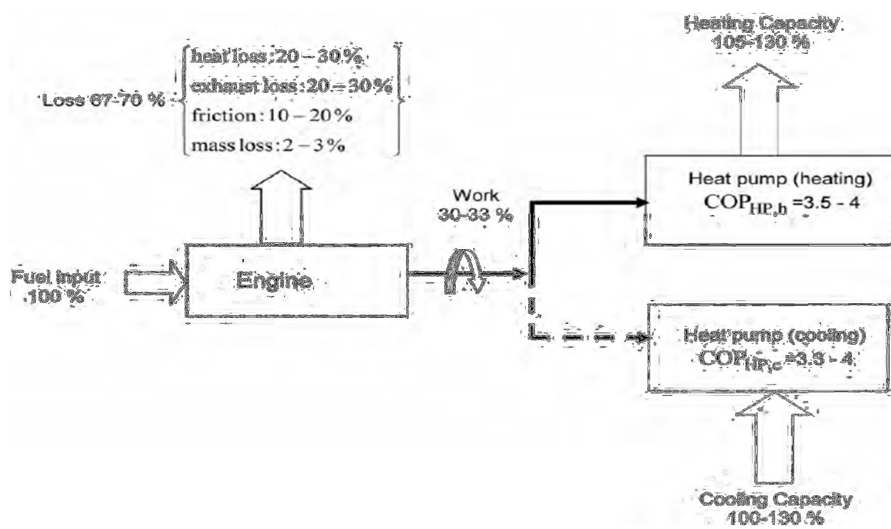
شکل (۱-۱): چرخه عملکردی سیستم GEHP در حالت سرمایش و گرمایش [۵۶]

۲-۴-۵-۱ مزایا و معایب پمپ حرارتی با موتور گازسوز

فرایند تبدیل انرژی سوخت مصرفی به کار مفید و همچنین درصد تلفات انرژی را در یک پمپ حرارتی با محرک گازسوز در دو وضعیت سرمایشی و گرمایشی در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود؛ بخشی از انرژی سوخت مصرفی بصورت تلفات حرارتی و اصطکاک در موتور هدر رفته و کار مفید خروجی موتور گاز سوز سبب به حرکت درآوردن کمپرسور و ایجاد سرمایش و گرمایش می شود. تقریباً از هر ۱۰۰ واحد انرژی ورودی (سوخت) حدود ۱۳۰ واحد بار سرمایشی و گرمایشی به دست می آید [۵۷،۵۵]. همچنین ضریب عملکرد چرخه پمپ حرارتی با توجه به اینکه بار سرمایشی و یا گرمایشی مورد نیاز است؛ برطبق روابط (۱-۱) و (۲-۱) تعریف می گردد:

$$COP_c = \frac{Q_{Eva}}{Q_{in}} = \frac{Q_{Eva}}{\dot{V}_{Fuel} Q_{LHV} \eta_{comb}} \quad (1-1)$$

$$COP_h = \frac{Q_{Con}}{Q_{in}} = \frac{Q_{Con}}{\dot{V}_{Fuel} Q_{LHV} \eta_{comb}} \quad (2-1)$$

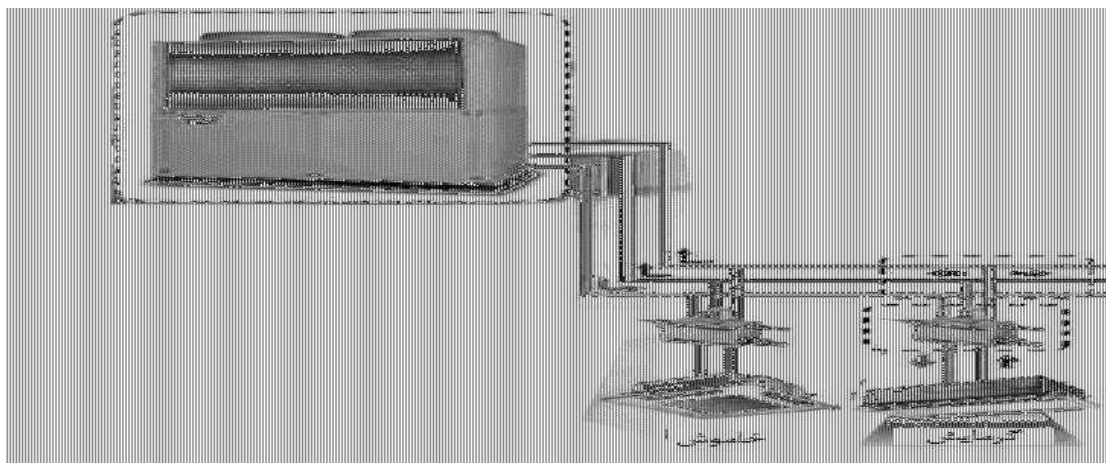


شکل (۱۲-۱): نمودار جریان انرژی در فرآیندهای سیستم GEHP در دو حالت کارکردی سرمایش و گرمایش [۵۸]

گاز طبیعی که به‌عنوان سوخت در موتور احتراق داخلی پمپ‌های حرارتی گازسوز استفاده می‌شود، در میان سوخت‌های فسیلی، کمترین میزان تولید آلاینده‌ها را دارا بوده‌است. افزایش استفاده از سیستم‌های سرمایش و گرمایش با مصرف گاز طبیعی، می‌تواند جایگزین خوبی برای تولید و مصرف انرژی‌هایی مانند الکتریسیته که نیازمند سوزاندن سوخت‌هایی نظیر گازوئیل، نفت یا زغال سنگ که تولید آلاینده‌های آنها، بیشتر از گاز می‌باشد؛ گردد [۵۹]. همچنین به دلیل آن که احتراق در خارج محیط خانه و ساختمان بوده و محصولات احتراق نیز به فضای خارج از محیط داخلی و مسکونی آزاد می‌شوند، در داخل خانه، آلودگی ناشی از گازهای تولید شده بر اثر احتراق، بوجود نمی‌آید.

پمپ حرارتی با موتور گازسوز به کمک کنترل الکترونیکی و کارکرد موتور با سرعت متغیر، در فصل زمستان، توانایی ایجاد گرمایش را برای محیطی که دمای اطراف آن تا دمای 23°C - باشد؛ را داشته و همچنین در فصل تابستان، برخلاف سیستم‌های تهویه مطبوع متداول که از انرژی الکتریکی استفاده نموده و دارای موتور با سرعت ثابت هستند؛ این سیستم با کاهش دمای اتاق، به کمک ترموستات خاموش شده و در سرعت کمتری کار می‌کند تا دمای محیط داخلی یکنواخت‌تر گردد [۶۰].

همانند شکل (۱۳-۱) یک سیستم GEHP به دلیل داشتن موتور با سرعت متغییر و شیر معکوس کننده، می‌تواند در هر اتاقی با توجه به نوع نیاز، عملکرد مطلوب داشته باشد [۶۱].



شکل (۱۳-۱) توانایی یک پمپ حرارتی با موتور گازسوز دور متغییر

همچنین همان‌طور که در شکل‌های (۱۴-۱) الف و ب مشخص است؛ در حالت گرمایشی سیستم GHP با استفاده از گرمای بازیافتی در سریع‌ترین زمان در مقایسه با سیستم پمپ حرارتی با موتور الکتریکی (EHP) دمای اتاق را به دمای مد نظر رسانده و در حالت سرمایشی نیز با سرعت زیادی نسبت به سیستم EHP به دمای مد نظر رسیده و حتی اگر دما محیط اطراف افزایش زیادی داشته باشد، سیستم GHP ثبات دمایی را حفظ می‌کند. [۶۲]



شکل (۱۴-۱) الف: نمودار مقایسه‌ای عملکرد سیستم‌های GHP و EHP در حالت گرمایشی؛ ب: نمودار مقایسه‌ای عملکرد سیستم‌های GHP و EHP در حالت سرمایشی

لذا پمپ‌های حرارتی به علت پتانسیل بالای صرفه‌جویی در انرژی و حفاظت از محیط زیست گزینه‌ای مناسب جهت تأمین سرمایش و گرمایش برای کاربردهای تجاری، مسکونی و .. می‌باشند. این سیستم‌ها در کاربری مسکونی به‌طور گسترده‌ای جهت تهویه مطبوع، تأمین آب گرم خانگی، گرمایش استخر و حرارت فضا استفاده می‌شوند [۶۶-۶۲].

۲ مروری بر کارهای پیشین

افزایش روزافزون آلودگی محیط زیست، روبه اتمام بودن اکثر منابع انرژی مانند: سوخت‌های فسیلی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ذخیره سازی آن از جمله مسائل مهمی بوده که در جوامع امروزی باید به آن توجه ویژه داشت؛ همچنین با در نظر گرفتن این نکته که در طول سال‌ها، مصرف انرژی جهت گرمایش و تهویه مطبوع^۱ (HVAC)، با افزایش ساختمان‌ها و بهبود سطح آسایش افراد به طور چشمگیری افزایش یافته و سیستم‌های گرمایشی متداول و تولید آب گرم خانگی عمدتاً از سوخت‌های فسیلی، به طور مستقیم یا غیرمستقیم استفاده می‌نمایند که کارایی انرژی بسیار پایین و آلودگی زیست‌محیطی زیادی دارند [۶۷].

برطبق مطالعات و پیش‌بینی‌های صورت گرفته شده، روند روبه رشدی برای بارهای سرمایشی مورد نیاز ساختمان‌ها با توجه به تغییرات آب‌وهوایی آینده ترسیم شده‌است، لذا کارآمدتر شدن تجهیزات حرارتی و برودتی، استفاده از سوخت‌های پاک و یا کم‌ضرتر، به‌کارگیری سیستم‌هایی با تکنولوژی پیشرفته و جدیدتر مانند پمپ حرارتی با موتور گازسوز (GEHP) و درک ارتباط میان میزان نیاز به بارهای سرمایشی و گرمایشی با نوع اقلیم و ... از جمله موضوعاتی است که در حال حاضر توجه بیشتری به آن‌ها شده‌است.

در این فصل به تعدادی از تحقیقات و پژوهش‌هایی که در زمینه پمپ حرارتی با موتور گازسوز و ارتباط بین اقلیم‌بندی کشور ایران با میزان بار حرارتی صورت گرفته؛ پرداخته شده‌است. پژوهش‌های انجام شده به بخش‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- استفاده از سوخت گاز جهت سرمایش و گرمایش

^۱ Heating ventilation and air conditioning

- تجزیه و تحلیل انرژی پمپ حرارتی با موتور گازسوز و مقایسه آن با پمپ حرارتی با موتور

الکتریکی

- بررسی عملکرد پمپ حرارتی با موتور گازسوز در حالت سرمایشی و گرمایشی
- تجزیه و تحلیل اقتصادی و مدل سازی پمپ حرارتی با موتور گازسوز
- شرایط محیطی و پارامترهای تأثیرگذار بر بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان
- سطح اشغال ساختمان‌ها و تأثیر آن بر مصرف انرژی
- تأثیر شرایط آب و هوایی بر عملکرد سیستم GEHP
- تعیین محدوده آسایش حرارتی و اثر آن بر مصرف انرژی
- اندازه‌گیری میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سیستم GEHP
- نوآوری و بهبود عملکرد سیستم GEHP

لذا در ادامه به شرح مختصری از تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌های عنوان شده، پرداخته شده‌است.

۲-۲ مروری بر تعدادی از پژوهش‌های انجام شده

هپاسلی [۶۸] به بررسی و برآورد ارزش انرژی و انرژی‌ژیک و انرژی‌ژیک منابع مختلف انرژی برای کاربرد در ساختمان‌های مسکونی پرداخته‌است. به اعتقاد وی در انتخاب منابع انرژی برای کاربری مسکونی و دیگر کاربری‌ها، قیمت هر منبع، نقش مهمی را بازی می‌کند. منابع انرژی در این پژوهش برای یک پمپ حرارتی: زغال سنگ، گاز طبیعی، نفت کوره، نفت دیزل، گاز مایع (LPG) و چوب در نظر گرفته شده و در نهایت، ارزش انرژی و انرژی‌ژیک منابع با یکدیگر مقایسه شده‌است. بالاترین قیمت انرژی مربوط به نفت دیزل و پایین‌ترین قیمت انرژی مربوط به گاز طبیعی است. تفاوت بین ارزش انرژی و انرژی‌ژیک برای تمام حامل‌های انرژی کوچک بوده‌است.

ریان و همکاران [۶۹] مطالعاتی تحت عنوان دستاوردهای جدید در زمینه سرمایش با سوخت گاز

انجام داده و به این نتیجه رسیده است که در آب و هوای گرم، پمپ حرارتی گازسوز، دما و همچنین رطوبت ساختمان را در تمام مدت سال توسط یک ترموستات قابل کنترل، به میزان مطلوبی رسانده و هزینه‌های تولید سرمایش در این سیستم نسبت به سیستم‌های الکتریکی تهویه مطبوع، تا بیش از ۷۰٪ کاهش یافته است. همچنین سرعت متغیر پمپ حرارتی گازسوز، سبب فراهم شدن جریان یکنواخت از هوا و حصول بازده بزرگتر شده است؛ که این ویژگی، تنها در برخی پمپ‌های حرارتی با موتور الکتریکی با بازده بالا مشاهده می‌شود.

سپهر صنایع و همکاران [۷۰]، به مقایسه هزینه‌های مصرف انرژی پمپ حرارتی گازسوز با پمپ حرارتی الکتریکی و پزولا و همکاران [۷۱] به مقایسه این دو سیستم در تأمین بارهای جزئی مورد نیاز پرداخته‌اند. با توجه به هزینه‌های متفاوت انرژی الکتریکی و سوخت گاز طبیعی، هزینه‌های جاری کارکرد هر یک از این سیستم‌ها را در مناطق مختلف، تعیین شده و به نتایج زیر رسیده‌اند:

- با توجه به فراوانی گاز طبیعی و قیمت کم این سوخت در ایران، استفاده از پمپ‌های حرارتی گازسوز می‌تواند بسیار سودمند باشد. هزینه‌های جاری استفاده از پمپ‌های حرارتی گازسوز در ایران در مقایسه با پمپ‌های حرارتی الکتریکی مشابه، به مراتب کمتر از ۳۰٪ و کاربرد آن‌ها اقتصادی‌تر است هر چند باید در نظر داشت که با توجه به هزینه‌های متفاوت گاز و برق در سایر نقاط دنیا، ارزیابی فنی و اقتصادی مربوط به هر منطقه، باید صورت پذیرد.
- با توجه به مقایسه اقتصادی و تحت سناریوهای پیشنهادی قیمت، سیستم GHP مناسب‌ترین راه حل جهت تأمین بارهای سرمایشی و گرمایشی در دو فصل زمستان و تابستان در ساختمان‌ها با افق سرمایه‌گذاری بیست ساله است. زمان بازپرداخت GHP در مقایسه با EHP در هر دو حالت نیاز به بار سرمایشی و یا گرمایشی به دلیل هزینه بسیار بالای سرمایه‌گذاری این فن آوری، بیشتر بوده و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری مقرون به صرفه تکنولوژی EHP سبب شده تا زمان بازپرداخت سرمایه‌گذاری کوتاه باشد.

- با توجه به سیستم بازیابی گرما در موتور GHP، در طول تابستان و زمستان عملکرد سیستم افزایش یافته و علاوه بر این، موتور گرماگیر این سیستم، قادر به بهره‌وری بسیار زیاد در تأمین بارهای جزئی بوده در حالی که EHP به شدت تحت تأثیر شرایط طراحی و شرایط آب و هوایی بوده، اما بهترین عملکرد را در بین تمام فن‌آوری‌های دیگر در شرایط محیطی متوسط و بار کامل نشان داده‌است.

زو و یانگ [۷۲] در پژوهش خود با بهره‌گیری از گرمای بازیافتی حاصل از موتور گازسوز، برای بهبود عملکرد سیستم GEHP و با بررسی دماهای مختلف محیط اطراف و میزان رطوبت در تابستان و زمستان، به این نتیجه دست یافته‌اند که سیستم GEHP انرژی بیشتری از پمپ حرارتی با موتور الکتریکی (EHP) ذخیره کرده (در فصل تابستان به میزان ۶۰/۵٪ و در فصل زمستان ۷۰٪) و به‌طور کلی عملکرد بهتری خواهد داشت.

همچنین الی و همکاران [۱۳] به تجزیه و تحلیل انرژی پمپ‌های حرارتی و الکتریکی در یک مطالعه مقایسه‌ای جامع، پرداخته‌اند. ایشان با در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی و استفاده از برق در برابر گاز طبیعی (یا گرمای هدررفته) و با تحلیل انرژی و انرژی کار خروجی از این دو موتور، به نتایج زیر رسیده‌اند.

- موتور حرارتی به‌صورت پیوسته، حرارت را به کار مکانیکی تبدیل می‌کند و در صورت افزایش بار عملیاتی، این موتور توانایی انتقال قدرت به پمپ حرارتی را دارد در حالی که موتور الکتریکی در این زمینه عملکرد مطلوبی ندارد.
- در حالت کلی موتور الکتریکی فشرده‌تر و قوی‌تر بوده اما موتور حرارتی در برابر نوسانات عملکرد بهتری دارد.
- مجموع برگشت ناپذیری‌های برای موتور الکتریکی و موتور حرارتی به ترتیب $22/7 \text{ kw}$ و 22 kw

۶۷/۸۹ در $\eta = 0.7$ بوده است.

هیپاسلی و همکاران [۵۵] در مطالعه خود، تاریخچه جامعی در مورد استفاده از سیستم GEHP و در رابطه با عملکرد آن ارائه نمود. به منظور تحلیل عملکرد سیستم، پارامترهایی نظیر ظرفیت مبدل‌های حرارتی و ضریب عملکرد^۱ سیستم GEHP با استفاده از معادلات بقای جرم و انرژی مدل‌سازی شد. نتایجی که به‌طور کلی از این پژوهش بدست آمد به شرح زیر است:

- بازیابی حرارت می‌تواند حدود ۳۰٪ از ظرفیت گرمایش کل برای سیستم‌های GEHP را تأمین نماید.
- بهره‌وری انرژی سیستم را می‌توان با کم نمودن سرعت موتور به حداکثر رسانید.
- هنگامی که درجه حرارت محیط کم است، ذخیره انرژی توسط سیستم GEHP افزایش می‌یابد.
- سیستم GEHP زمانی که برای هر دو کاربرد گرمایش آب مصرفی و گرمایش فضا استفاده می‌شود، کارآمدتر است.

لیو و همکاران [۷۳] با هدف بهبود ضریب عملکرد (COP)، نسبت انرژی اولیه^۲ (PER) و صرفه‌جویی در انرژی، یک سیستم GEHP با کندانسور تبخیری را مورد تحلیل قرار داده و عملکرد سرمایشی سیستم را در طیف گسترده‌ای از دمای محیط، سرعت کندانسور تبخیری و سرعت موتور گازسوز را بررسی نموده‌اند. نتایج نشان داده‌است که ظرفیت سرمایش و مصرف انرژی اولیه با افزایش سرعت هوای کندانسور و کاهش دمای هوای محیط اطراف، افزایش می‌یابد. همچنین استفاده از کندانسور تبخیری به جای کندانسور معمولی سبب کاهش مصرف انرژی و انتشار گاز گلخانه‌ای CO₂ شده‌است. هو و همکاران [۷۴] عملکرد پمپ حرارتی با موتور گازسوز را در شرایط عملیاتی متفاوت مورد بررسی

¹ coefficient of performance

² Primary energy ratio

قرار داده و به نتایج زیر دست یافته‌اند:

- با افزایش سرعت موتور ظرفیت گرمایش افزایش یافته درحالی‌که نسبت انرژی اولیه کاهش یافته‌است.
- با کاهش دمای هوای محیط بیرون، هم ظرفیت گرمایشی و هم نسبت انرژی اولیه کاهش یافته‌است.
- دمای آب ورودی تأثیر کمی بر ظرفیت گرمایشی دارد، در حالی که بر انرژی اولیه سیستم تأثیر زیادی داشته؛ و با افزایش دمای آب ورودی، نسبت انرژی اولیه کاهش می‌یابد.
- جهت کاهش مصرف انرژی پمپ حرارتی، موتور گازسوز باید با کمترین سرعت متناسب با بارهای گرمایشی مورد نیاز فعالیت کند.

صنایع و چهارطاقی [۵۸] به مدل‌سازی و بهینه‌سازی حرارتی و اقتصادی پمپ حرارتی با موتور گازسوز با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته‌اند. پارامترهای تابع هدف در این بررسی، هزینه کل سالانه (مجموع هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری) بوده که از دیدگاه اقتصادی و فنی بهینه‌سازی صورت گرفته‌است. هشت پارامتر طراحی سیستم از قبیل: فشار کندانسور و اواپراتور در حالت سرمایش و گرمایش، جریان جرمی هوای ورودی به مبدل‌های حرارتی داخلی و خارجی و سرعت چرخش موتور در حالت سرمایش و گرمایش انتخاب شده‌است. نتایج بدست آمده به شرح زیر است:

- مقادیر پارامترهای طراحی (هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی) برای یک مطالعه موردی با هدف حداقل نمودن آن‌ها، هرکدام به ترتیب میزان $۰.۶۴/۲۳\%$ و $۰.۳۵/۶۷\%$ از کل هزینه‌ها بدست آمده‌است.
- ضرایب عملکرد موتور GEHP در حالت سرمایش و گرمایش به ترتیب $۱/۶۱$ و $۱/۶۴$ بوده‌است.
- در تحلیل حساسیت پارامترها، با افزایش ۰.۵% قیمت سوخت و هزینه اولیه، هزینه کل به ترتیب به میزان $۰.۱۱/۲۸\%$ و $۰.۳۱/۹۶\%$ افزایش یافته، که این میزان بستگی به هزینه انرژی و

سوخت در منطقه مورد مطالعه دارد.

صنایع و همکارانش [۷۵] عملکرد پمپ‌های حرارتی با موتور گازسوز برای کاربرد مسکونی و تجاری در مناطق مختلف آب‌وهوایی کشور ایران را در مقایسه با پمپ حرارتی با موتور الکتریکی با استفاده از سه رویکرد: هزینه سالانه مصرف انرژی^۱، هزینه مشابه یکنواخت سالیانه^۲ (EUAC) و محاسبه دوره بازگشت سرمایه^۳ مورد تجزیه و تحلیل اقتصادی قرار دادند و به نتایج زیر دست یافتند:

- در دیدگاه اول، هزینه سالانه مصرف انرژی برای موتور الکتریکی و موتور گازسوز بررسی شده و هزینه‌های عملیاتی سالانه موتور الکتریکی بسیار بیشتر از موتور گازسوز بوده‌است.
- در دیدگاه دوم، با توجه به تحلیل اقتصادی انجام شده دریافتند که موتور گازسوز در مصارف خانگی برای همه شرایط آب‌وهوایی نسبت به موتور الکتریکی برتری دارد اما در کاربرد تجاری موتور الکتریکی کارآمدتر بوده‌است.
- با توجه به رویکرد سوم و محاسبه زمان بازگشت سرمایه، دریافتند که با افزایش بار سرمایشی، زمان بازگشت سرمایه کاهش خواهد یافت.

کمال و همکاران [۵۶] عملکرد پمپ‌های حرارتی با محرک گازسوز را در مقایسه با پمپ‌های حرارتی الکتریکی در یک ساختمان تجاری، در بازه زمانی معین مورد بررسی قرار داده و با ارزیابی نتایج از نظر اقتصادی، به این نتیجه رسیده‌اند که سیستم GEHP در ابعاد بزرگ، زمانی که نیاز سرمایش و گرمایشی در ساختمان کم باشد، عملکرد کلی پایین‌تری خواهد داشت و همچنین به بررسی اهمیت سائز سیستم GEHP، با توجه به بار مورد نیاز سرمایشی و گرمایشی ساختمان پرداخته‌اند.

1 Annual cost of energy consumption

2 Equivalent uniform annual cost

3 Payback period

دجونادی و همکاران [۷۶] به بررسی مزایا و معایب بزرگتر از ظرفیت بودن^۱ تجهیزات تهویه مطبوع پرداخته‌اند. ایشان معتقدند که مهندسان، معمولاً سیستم‌های تهویه مطبوع را با توجیه نیاز به یک ضریب ایمنی منطقی برای مدیریت نیازهای آینده ساختمان، بزرگتر از اندازه طراحی کرده و با این عمل، هزینه‌های اضافی برای تهیه و نصب تجهیزات و همچنین تعمیر و نگهداری و مصرف بالای انرژی را، به مصرف کننده ساختمان تحمیل می‌کنند.

یلدیز و همکاران [۷۷] به شناسایی پارامترهای ساختمانی تاثیرگذار بر بارهای گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز برای ساختمان‌های آپارتمانی در آب و هوای گرم و مرطوب پرداخته‌اند. در این مقاله، تجزیه و تحلیل برای تعیین حساسیت پارامترهای مهم برای ساختمان‌های در آب و هوای گرم و مرطوب با توجه به طراحی یک ساختمان آپارتمان موجود در ازمیر، ترکیه انجام شده‌است. نتایج نشان داده‌است که پارامترهای حساس وابسته به بار حرارتی: موقعیت مکانی آپارتمان مانند همکف بودن و یا واقع بودن در طبقات متوسط و طبقات بالا و همچنین ضریب انتقال حرارت^۲ (U)، مساحت کل پنجره‌ها و ضریب افزایش حرارت خورشیدی^۳ (SHGC) در شیشه‌های زاویه‌دار تأثیر قابل توجهی در عملکرد انرژی ساختمان در آب و هوای گرم و مرطوب دارد.

کورگناتی و همکاران [۲۴] به مطالعه و دسته‌بندی شرایط محیط خارجی و انرژی مورد نیاز ساختمان برای سرمایش و گرمایش پرداخته‌است. در این مقاله، با استفاده از شبیه‌سازی انرژی ساختمان، تقاضای انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش یک ساختمان اداری واقع در مناطق مختلف اروپا با کنترل مکانیکی در سطوح مختلف کیفیت محیط داخلی اعم از دسته اول تا دسته سوم از استاندارد

1 Oversizing

2 Heat transfer coefficient

3 Solar heat gain coefficient

EN-15251، محاسبه شده است. ایشان به رابطه متقابل تقاضای انرژی گرمایش و سرمایش و سطح

مورد نیاز از کیفیت هوای محیط داخلی دست پیدا کرده اند که به قرار زیر است:

- با تغییر در نرخ تهویه در سردترین شرایط آب و هوایی، بدون بازیابی حرارت، محدوده تغییرات تقاضای انرژی اولیه جهت گرمایش، تا 70 kwh/m^2 بوده، در حالی با تغییر در دمای عملکرد برای همان کیفیت، محدوده تغییرات تنها در حدود 17 kwh/m^2 بوده است.
- با تغییر در نرخ های تهویه در گرم ترین مناطق، تغییرات در هر دو متغیر ناچیز و حدود $3-2 \text{ kwh/m}^2$ بوده است.

- در شرایط آب و هوایی سرد، تقاضای انرژی جهت گرمایش و در آب و هوای گرم، غالباً تقاضای انرژی جهت سرمایش بیشتر بوده است؛ لذا سطح کیفیت مورد انتظار هوا در محیط داخلی در تقاضای انرژی اولیه تأثیرگذارتر بوده و با تغییر دادن نرخ تهویه و دمای عملکردی، میزان تقاضای انرژی اولیه در سردترین مناطق تقریباً 5 kwh/m^2 و در گرم ترین مناطق در محدوده $19-24 \text{ kwh/m}^2$ تغییر کرده است.

مارتانی و همکاران [78] به بررسی رابطه پویا بین اشغال و مصرف انرژی ساختمان پرداخته اند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که استفاده از انرژی جهت گرمایش و سیستم تهویه مطبوع (HVAC) ارتباط بیشتری با عواملی چون اشغال ساختمان و دمای محیط خارجی داشته در حالی که مصرف برق ارتباط کمتری با اشغال ساختمان داشته است.

سکی و همکاران [79]، تأثیر استفاده و اشغال ساختمان را بر روی مصرف انرژی در مهد کودک و مدرسه در فنلاند بررسی نموده است. ایشان معتقدند که بهبود بهره‌وری انرژی و استفاده بهینه از ساختمان وابستگی مهمی به طراحی ساختمان و فاز عملیاتی ساختمان دارد، لذا چگونگی اندازه‌گیری بهره‌وری انرژی در فاز عملیاتی اهمیتی ویژه داشته است. این مسئله نیازمند شناخت ارتباط بین اشغال ساختمان، بازده فضا و بهره‌وری انرژی است. در این مطالعه شاخص‌های موجود بهره‌وری انرژی معرفی

و محاسبه شده و یک شاخص جدید برای بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها با توجه به هر دو فاکتور اشغال فضا و کارایی معرفی شده‌است. شاخص‌های استفاده شده در این مقاله جهت اندازه‌گیری کارایی انرژی و پتانسیل بهبود انرژی در نظر گرفته شده‌اند و استفاده ترکیبی از شاخص‌ها نیز تصویری کلی از بهره‌وری انرژی ساختمان ارائه داده‌است. نتایج حاکی از آن است که با توجه به داده‌های بدست آمده از کنتورهای اندازه‌گیری مصرف آب و برق و گاز، مصرف انرژی جهت گرمایش متغیرتر از مصرف برق بوده؛ و همچنین ارائه چندین خدمات در یک ساختمان در بازه‌های زمانی متفاوت بهینه‌تر از حالتی است که از چند ساختمان جداگانه برای ارائه خدمات استفاده شود.

جانووکوا و همکاران [۸۰] به مطالعه تأثیر شرایط آب و هوایی بر عملکرد سرمایشی پمپ حرارتی با موتور گازسوز داخلی پرداخته‌اند. ایشان با اندازه‌گیری نسبت بازده انرژی^۱ (EER) و نسبت انرژی اولیه (PER) برای سیستم GEHP در حالت سرمایشی در مدت زمان اندازه‌گیری مشخص، به نتایج زیر دست یافته‌اند:

- هنگامی که دمای محیط اطراف از $13/5^{\circ}\text{C}$ به 28°C افزایش یابد، بازده انرژی و نسبت انرژی اولیه به ترتیب از $0/93$ به $2/48$ و از $0/51$ به $1/21$ رسیده‌است.
- مقدار متوسط فاکتورهای سرمایش در دمای متوسط $20/8^{\circ}\text{C}$ ، $EER=1/7$ و $PER=0/77$ بدست آمده‌است.

صنایع و همکاران [۸۱] به بررسی تجربی اثر دمای محیط بر پمپ حرارتی گازسوز پرداخته‌اند. بدین منظور یک نمونه پمپ حرارتی گازسوز با دستگاه‌ها و سنسورهای اندازه‌گیری مورد نظر در یک آزمایشگاه تحقیقاتی نصب نموده و تست تجربی جهت تعیین مشخصه‌های عملکرد در هر دو حالت کارکرد سرمایش و گرمایش بررسی کردند. نتایج نشان داد:

¹ Energy efficiency ratio

- در حالت سرمایش با افزایش دمای محیط از 26°C به 38°C ، نسبت فشار کمپرسور و توان مصرفی آن افزایش می‌یابد و در نتیجه مصرف سوخت به اندازه $23/55\%$ افزایش و ضریب عملکرد به اندازه $20/2\%$ کاهش می‌یابد.

- در حالت گرمایش با افزایش دمای محیط از 3°C به 18°C توان مصرفی کمپرسور کاهش یافته، بنابراین مصرف سوخت به اندازه 25% کاهش و ضریب عملکرد به اندازه $21/1\%$ افزایش می‌یابد.

- حداکثر خطای مربوط به نتایج تجربی برای ظرفیت سوخت مصرفی در حالت سرمایش و گرمایش و ضریب عملکرد به ترتیب $2/75\%$ ، 5% و $5/7\%$ حاصل شده‌است.

استون و لبز [۸۲] به بررسی اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان‌ها پرداخته‌اند. با در نظر گرفتن تأثیر مستقیم محدوده آسایش حرارتی بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها؛ محدوده آسایش در کشورهای با اقلیم سرد و مرطوب مانند انگلیس محدوده‌های دمایی پایین و رطوبت بالا و در اقلیم‌های گرم مثل فرانسه و آمریکا محدوده‌های دمایی بالا و رطوبت پایین پیشنهاد شده‌است. ایشان دریافتند که در کشورهای با آب و هوای سرد با کاهش محدوده آسایش تا حد قابل تحمل برای افراد، میزان مصرف انرژی مورد نیاز گرمایش کاهش می‌یابد و در اقلیم‌های گرم با نزدیک کردن محدوده آسایش به مرزهای احساس گرما و احساس سرما، مقدار مصرف انرژی را برای سرمایش و گرمایش در طول سال به حد بهینه می‌رساند.

صادقی روش و طباطبایی [۸۳] به بررسی و تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوای خشک پرداخته‌اند. با توجه به این نکته که بیش از 60% وسعت ایران در اقلیم خشک و فراخشک واقع شده است، بنابراین شناسایی محدوده‌های آسایش در این اقلیم اهمیت مضاعفی می‌یابد. ایشان به منظور محاسبه محدوده آسایش حرارتی در شرایط خشک، شهر یزد را مورد توجه قرار داده و با

استفاده از مدل اولگی^۱ محدوده آسایش حرارتی برای دوره‌های گرم و سرد سال را محاسبه کردند. براساس نتایج حاصل، محدوده آسایش حرارتی برای منطقه مطالعاتی در شرایط تابستان 27°C - $21/8$ و برای شرایط زمستانی $23-20/4^{\circ}\text{C}$ ارزیابی شده، لذا رعایت محدوده حرارتی پیشنهادی ضمن تأمین شرایط مناسب داخلی، از مصرف ناپایدار انرژی جلوگیری می‌کند.

ژانگ و همکاران [۸۴] به مطالعه تجربی پمپ حرارتی با موتور گازسوز به همراه موتور بازیافت حرارت پرداخته‌است. در این مقاله، ویژگی‌های عملکرد تجربی سیستم GEHP با موتور بازیافت حرارتی مورد بررسی قرار گرفته و اثرات چند عامل مهم از جمله سرعت موتور، دمای محیط، سرعت جریان آب کندانسور و دمای ورودی آب کندانسور بر عملکرد سیستم در یک طیف گسترده‌ای از شرایط عملیاتی مورد بررسی قرار گرفته‌است. نتایج زیر بدست آمده‌است:

- سرعت موتور و دمای محیط اثرات قابل توجهی بر عملکرد GEHP داشته و حدود $40-50\%$ گرمای اتلافی از موتور، برای ظرفیت گرمایی کل اختصاص داده شده که بیش از شرایط عملیاتی مورد مطالعه بوده و سبب بهبود در عملکرد سیستم GEHP شده‌است.
- COP و PER در حالتی که از گرمای اتلافی موتور استفاده شده به ترتیب به میزان 14% و 12% کاهش یافته‌است، و همچنین سرعت موتور از 1400 دور در دقیقه به 2000 دور در دقیقه رسیده‌است.
- COP و PER با افزایش درجه حرارت محیط از 3°C به 12°C ، به ترتیب به میزان 22% و 16% افزایش یافته‌است.
- سرعت جریان آب کندانسور و دمای آب ورودی کندانسور تأثیر کمی در ضریب عملکرد سیستم GEHP داشته‌است.

¹ Olgyay

ژانگ و همکاران [۸۵] پمپ حرارتی با محرک گازسوز، با سیستم ذخیره انرژی را معرفی نموده؛ که همراه با ذخیره انرژی، دارای سیستم منبع تغذیه مستقل نیز می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی منطبق با نتایج داده‌های آزمایشگاهی نشان داده‌است که به‌طور متوسط تفاوت ۸/۹٪، ۹/۶۳٪، ۲۱/۷٪، به ترتیب در نسبت انرژی اولیه گرمایشی و سرمایشی و تعویض حالت وجود دارد. همچنین نسبت انرژی اولیه سالانه پمپ حرارتی با موتور گازسوز با سیستم ذخیره گرمایش و سرمایش و تغییر حالت به ترتیب به میزان ۶/۱۱٪، ۱۹/۱۱٪، ۳۴/۸۳٪ افزایش یافته‌است. همچنین GEHP با سیستم ذخیره انرژی حالت کاری پایدارتری در ساختمان‌های واقع در شرایط مختلف آب‌وهوایی داشته و نسبت انرژی اولیه سالانه بیشتری با کمترین هدر رفت انرژی نسبت به سیستم پمپ حرارتی با موتور گازسوز معمول فراهم می‌کند.

۳-۲ تحقیق حاضر

با توجه به تحقیقات و پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه پمپ حرارتی با موتور گازسوز و روش‌های تأمین سرمایش و گرمایش و تنوع اقلیمی کشور ایران که به‌صورت مختصر به آن‌ها اشاره شد و همچنین وابستگی نیازهای سرمایشی و گرمایشی به اقلیم، چنین به‌نظر می‌رسد که از دیدگاه کلان انرژی باید یک هماهنگی بین اقلیم و نوع سیستم تأمین کننده سرمایش و گرمایش به‌وجود آید، و این مسئله نیاز به بررسی‌های بیشتر از دیدگاه اقتصادی، فنی و رفاهی دارد.

در پژوهش حاضر، با بررسی نیازهای حرارتی و برودتی هر یک از اقلیم‌های کشور، به‌کارگیری و استفاده از سیستم‌های متداول سرمایشی و گرمایشی از قبیل: کولر آبی، اسپلیت، GEHP و چیلر جذبی، از دیدگاه فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته، و براساس سطح مطلوبیت از نظر هر دیدگاه، طبقه‌بندی صورت گرفته و سیستم بهینه سرمایشی و گرمایشی برای هر اقلیم، معرفی گردیده‌است.

۳ مدل‌سازی و مطالعه موردی

در این بخش ابتدا به تعیین محدوده آسایش حرارتی برای هر اقلیم پرداخته شده، سپس پنج شهر را به عنوان نمونه انتخاب نموده و با استفاده از روش‌های موجود، به مدل‌سازی موقعیت‌های جغرافیایی شهرهای نمونه از قبیل مشخص نمودن وضعیت تابستان و زمستان و همچنین نوع گروه اقلیمی هر شهر پرداخته شده تا امکان‌پذیری هر سیستم با توجه به آن‌ها مشخص گردد؛ سپس با استفاده از رابطه‌های موجود، میزان نیاز هر شهر به بارهای سرمایشی و گرمایشی برطبق دما-روز بدست آمده است.

سپس یک ساختمان با ابعاد و تعداد طبقات مشخص فرض نموده، با استفاده از نرم افزار تخصصی کریر^۱، بارهای مورد نیاز جهت سرمایش و گرمایش محاسبه گردیده و با توجه به بارهای مورد نیاز، ابعاد سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، هزینه اولیه هر سیستم و توان سرمایشی و گرمایشی آن مشخص شده است. با در نظر گرفتن متوسط ساعات نیاز به بار حرارتی و برودتی در طول ماه، هزینه‌های جاری استفاده از سیستم، تعمیر و نگهداری، بازدید دوره‌ای و ... محاسبه شده، و با بکارگیری دو دیدگاه اقتصادی و فنی (امکان بکارگیری و تأمین شرایط رفاهی) سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی بر اساس میزان مطلوبیت، طبقه‌بندی شده‌اند.

لذا پنج شهر شیراز، یزد، همدان، بابلسر و بندرعباس را به عنوان نمونه انتخاب نموده، آمار و اطلاعات هواشناسی آن‌ها را در یک دوره پنج‌ساله از ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک) در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۲ استخراج شده [۸۶]، سپس با توجه به روابط بیان شده در زیر بخش‌های بعدی، محاسبات صورت گرفته است.

¹ Carrier

۲-۳ تعیین محدوده آسایش حرارتی

همان‌طور که در بخش‌های قبل بیان شده‌است؛ مقدار انرژی لازم جهت گرمایش و سرمایش یک ساختمان به شرایط محیطی و اقلیمی که در آن واقع شده‌است؛ بستگی دارد. با توجه به این نکته که افراد در شرایط اقلیمی یکسان احساس آسایش دمایی مشابهی دارند؛ لذا کافی‌است تا برای هر منطقه اقلیمی، محدوده آسایش حرارتی به‌طور دقیق مشخص شود. محدوده آسایش حرارتی در هر منطقه مطالعاتی برای کشور ایران در شرایط تابستان $27^{\circ}\text{C} - 21/8$ و در شرایط زمستانی $23 - 20/4^{\circ}\text{C}$ ارزیابی شده‌است [۸۳]. همچنین، با بالا بردن درجه آسایش داخلی و نزدیک کردن دمای آسایش به دمایی که احساس سرما یا گرما برای افراد بوجود می‌آید؛ برای هر دو نوع ساختمان موجود و جدید می‌توان نیاز به بار سرمایشی را کاهش داد و بدون هیچ هزینه اضافی سبب کاهش مصرف انرژی گردید [۸۷]، لذا در تحقیق حاضر، محدوده آسایش حرارتی برای تابستان $t_{b,c} = 22^{\circ}\text{C}$ و برای شرایط زمستان $t_{b,h} = 21^{\circ}\text{C}$ در نظر گرفته شده‌است.

۳-۳ محاسبه دما-روز سرمایشی و گرمایشی

دما-روز و سرمایشی^۱ (CDD) و گرمایشی^۲ (HDD) وابسته به دمای آسایش است. اگرچه برای محاسبه دما-روز، آستانه‌های دمایی متفاوتی پیشنهاد شده که هر یک کاربرد ویژه خود را دارد؛ [۸۸،۸۹] اما روش محاسبه دما-روز در تمام موارد تقریباً یکسان است. لذا جهت محاسبه دما-روز گرمایشی و سرمایشی برای هر اقلیم به‌ترتیب از روابط (۱-۳) و (۲-۳) استفاده شده‌است [۹۰]. همچنین متوسط ساعات نیاز به بار سرمایشی و گرمایشی در طول روزهای هر ماه، برای همه شهرهای

¹ Cooling degree-day

² Heating degree-day

مورد بررسی با استفاده از روابط (۳-۳) و (۴-۳)، محاسبه شده است.

$$HDD = \sum_1^n T_{b,h} - T_{mean,i} \quad (۱-۳)$$

$$CDD = \sum_1^n T_{mean,i} - T_{b,c} \quad (۲-۳)$$

$$TOS_{cooling} = 24 \times \frac{T_{mean,i} - T_{b,c}}{T_{max,i} - T_{b,c}} \quad (۳-۳)$$

$$TOS_{heating} = 24 \times \frac{T_{b,h} - T_{mean,i}}{T_{b,h} - T_{min,i}} \quad (۴-۳)$$

$$T_{mean,i} = (T_{max,i} + T_{min,i})/2 \quad (۵-۳)$$

در روابط بیان شده $T_{mean,i}$ میانگین روزانه دمای هوا بوده که به صورت رابطه (۵-۳) تعریف می شود و در آن $T_{max,i}$ بیشینه دمای روزانه و $T_{min,i}$ کمینه دمای روزانه و T_b دمای آسایش حرارتی، $T_{b,h}$ و $T_{b,c}$ به ترتیب دمای آسایش در حالت گرمایشی و سرمایشی بوده و واحد همه ترمها، درجه سانتی گراد است. همچنین TOS ساعات نیاز به عملکرد سیستم های تهویه مطبوع در طول روز بوده که در حالت سرمایشی و گرمایشی، متفاوت بوده، و برحسب ساعات است.

۴-۳ مدل سازی موقعیت های جغرافیایی

با در نظر گرفتن این نکته که گذشت زمان و تغییرات شرایط آب و هوایی، سبب تغییر در اقلیم ها شده است، لذا امکان استفاده به طور مستقیم از تقسیم بندی های اقلیمی و نمودارهای بیوکلیماتیک ساختمانی موجود در کتاب پهنه بندی اقلیمی ایران برای هر شهر، وجود ندارد؛ لذا با توجه به شکل (۱-۳) از دو روش می توان با استفاده از اطلاعات دمایی، رطوبت، دمای آسایش و ... اقلیم و ویژگی های

هر شهر از جمله شرایط آب و هوایی در دو فصل بحرانی تابستان و زمستان و مشخصه اقلیمی آن را با سه پارامتر دما-روز گرمایشی، سرمایشی و نیز رطوبت تابستانی مشخص نمود.

۳-۴-۱ روش اول (نمودار بیوکلیماتیک)

در این روش با در نظر گرفتن اطلاعات بیشینه دما ماهانه و کمینه دما ماهانه و میزان رطوبت نسبی که از پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور طی پنج سال متوالی (۱۳۹۲-۱۳۸۸) اخذ شده [۸۶]، و مقایسه این اعداد بیشینه و کمینه و میزان رطوبت نسبی؛ با جداول موجود در کتاب پهنه‌بندی اقلیمی؛ که برای هر اقلیم دارای محدوده دمایی و رطوبت خاصی است؛ با تقریبی مناسب می‌توان گروه اقلیمی برای هر شهر و همچنین شرایط آب و هوایی در دو فصل بحرانی زمستان و تابستان مشخص نمود. سپس با استفاده از گروه اقلیمی، نمودار سایکرومتریک هر شهر و اقلیم مشخص گردیده، سپس می‌توان تحلیل با دیدگاه فنی، جنبه امکان‌پذیری استفاده صورت گیرد.

۳-۴-۲ روش دوم (فاکتورهای اقلیمی)

در این روش با در نظر گرفتن دمای آسایش و میانگین دمای ماهانه، فاکتورهای مانند دما-روز گرمایشی و سرمایشی و میزان رطوبت نسبی برای هر شهر با استفاده از روابط (۱-۳) و (۲-۳) مشخص گردیده، سپس با توجه به جداول (۱-۳) تا (۳-۳)، هر شهر با سه مشخصه اقلیمی نیاز گرمایی سالانه (H)، نیاز سرمایی سالانه (C)، رطوبت تابستان (R) مشخص شده است [۹۰]. حال با توجه به فلوچارت بیان شده در شکل (۱-۳)، اگر میزان رطوبت و نیاز به بارهای سرمایشی بیشتر از حد معینی باشد، امکان استفاده از برخی سیستم‌ها وجود نخواهد داشت. به طور مثال اگر میزان رطوبت بیشتر از ۵۰٪ باشد، امکان استفاده از سیستم کولر آبی و همچنین چیلر+هیتر جذبی وجود نخواهد داشت. همچنین در دماهای بسیار بالا نیز، کولر آبی عملکرد مطلوبی نداشته است؛ لذا اگر

میزان دما-روزهای سرمایشی بیشتر از 1800°C باشد، از کولر آبی نمی توان استفاده نمود. لذا اگر شرایط بیان شده برقرار نباشد، امکان استفاده از همه سیستمها وجود دارد.

جدول (۱-۳): انتخاب شاخص زمستانه نیاز گرمایی سالانه

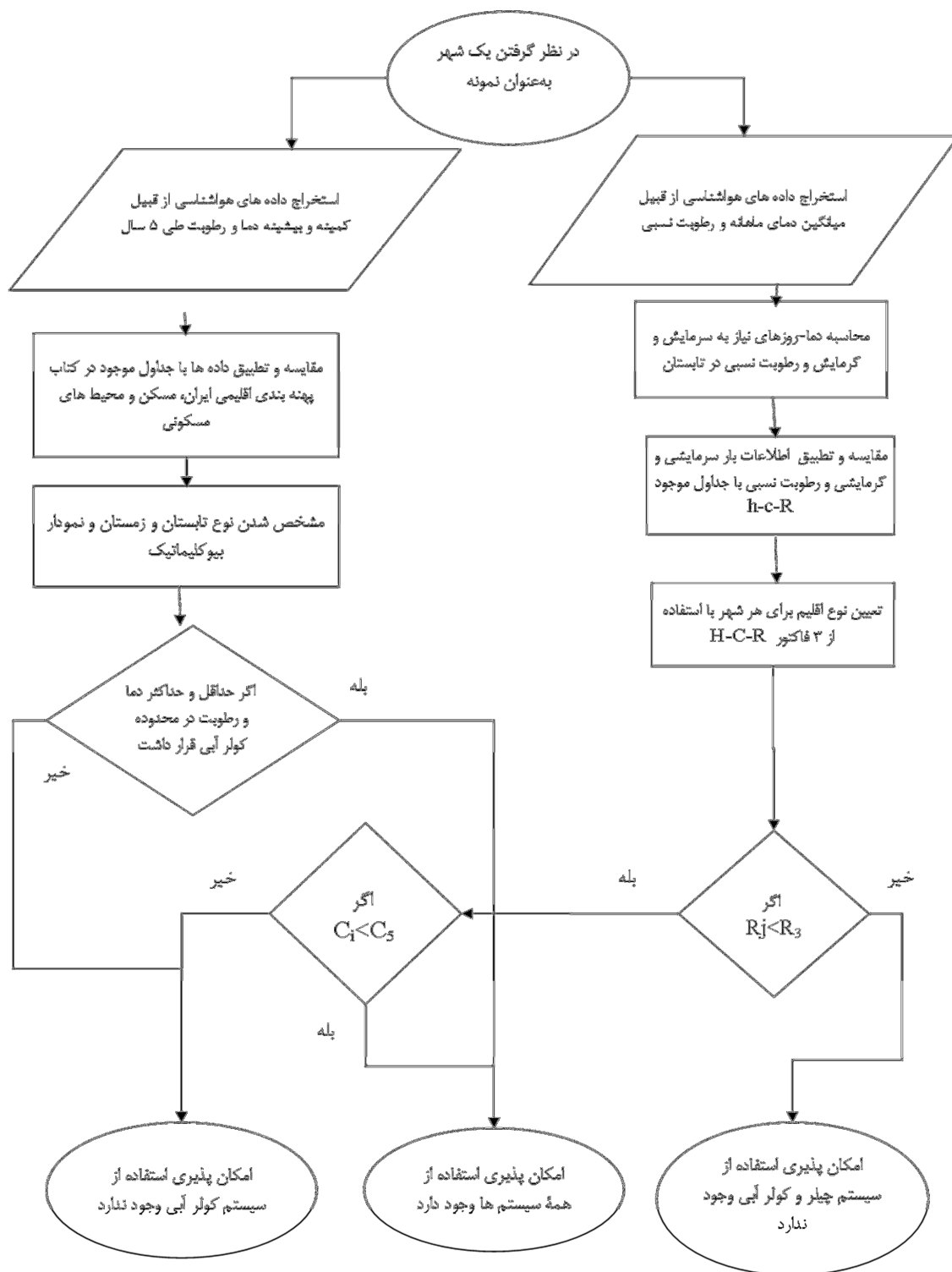
نماد	توصیف	نیاز گرمایی سالانه (دما-روز)
H ₇	فرا سرد	بیشتر از ۳۸۰۰
H ₆	بسیار سرد	۳۰۰۰-۳۸۰۰
H ₅	سرد	۲۰۰۰-۳۰۰۰
H ₄	نیمه سرد	۱۵۰۰-۲۰۰۰
H ₃	نسبتا سرد	۱۰۰۰-۱۵۰۰
H ₂	معتدل	۵۰۰-۱۰۰۰
H ₁	ملایم	کمتر از ۵۰۰

جدول (۲-۳): انتخاب شاخص نیاز سرمایشی سالانه

نماد	توصیف	نیاز سرمایشی سالانه (دما-روز)
C ₅	بسیار گرم	بیشتر از ۱۸۰۰
C ₄	گرم	۱۰۰۰-۱۸۰۰
C ₃	نسبتا گرم	۵۰۰-۱۰۰۰
C ₂	معتدل	۱۰۰-۵۰۰
C ₁	ملایم	۰-۱۰۰

جدول (۳-۳): انتخاب شاخص رطوبت تابستانه

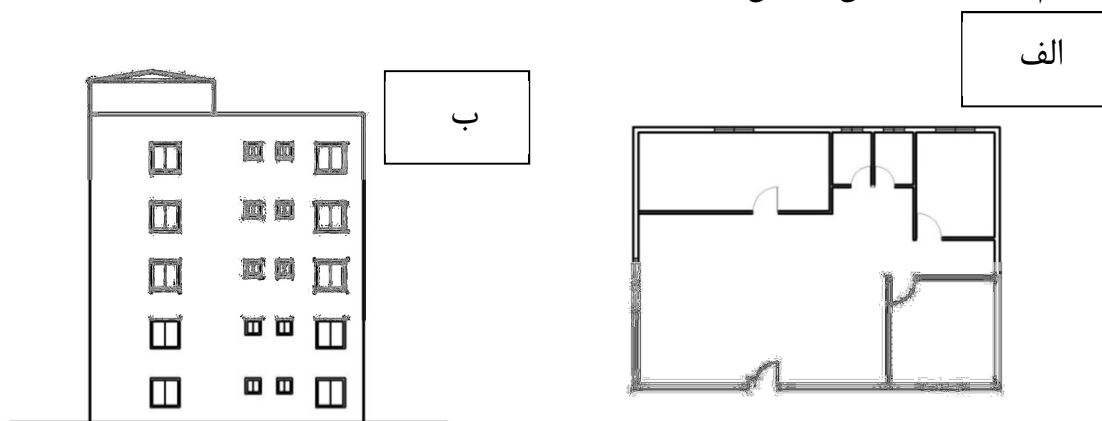
نماد	توصیف	حدود میانگین رطوبت
R ₁	خشک	کمتر از ۳۰٪
R ₂	عادی	۳۰-۵۰٪
R ₃	نیمه مرطوب	۵۰-۷۰٪
R ₄	مرطوب	بیشتر از ۷۰٪



شکل (۳-۱): فلوچارت روش های تعیین نوع اقلیم برای هر شهر

۵-۳ مدل سازی ساختمان نمونه

یک ساختمان مسکونی پنج طبقه با مساحت هر طبقه 140m^2 را در نرم افزار اتوکد^۱ همانند شکل (۲-۳) مدل سازی نموده سپس ساختمان نمونه با سطح اشغال ۴ نفر را در نرم افزار کریر، بر اساس موقعیت جغرافیایی و اقلیمی هر پنج شهر مورد بررسی شبیه سازی نموده، و با استفاده از امکانات این نرم افزار میزان نیاز به بار گرمایشی و سرمایشی برای هر ساختمان استخراج شده است. در شکل (۲-۳) الف، پلان هر طبقه از ساختمان مسکونی مورد بررسی و در قسمت ب، نمایی کلی از تمام طبقات ساختمان، نمایش داده شده است.



شکل (۲-۳): الف) پلان یک طبقه از ساختمان نمونه ب) نمایی از کل طبقات ساختمان مورد بررسی

۶-۳ تعیین بارهای سرمایشی و گرمایشی

تعیین سایز صحیح تجهیزات سرمایشی و گرمایشی ساختمان های مسکونی، مسئله ای مهم جهت رسیدن به شرایط مناسب آسایش حرارتی داخل ساختمان و کاهش مصرف هزینه های اولیه و جاری این سیستم ها بوده که لازمه آن، محاسبه میزان دقیق بارهای سرمایشی (نهان و محسوس) و

^۱ Autocad

گرمایشی مورد نیاز ساختمان‌ها است. جهت تعیین بارهای حرارتی و برودتی در این پژوهش، از نرم افزار کریر استفاده شده است. همچنین از معادلات بیان شده در بخش بعدی استفاده شده است.

۳-۶-۱ معادلات حاکم

جهت تعیین بارهای سرمایشی (نهان و محسوس) و گرمایشی مورد نیاز در ساختمان‌ها، از روابط (۳-۶) و (۳-۷) ارائه شده، استفاده شده است [۹۱،۹۲].

$$Q_{cooling} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \times 1.1 \quad (۳-۶)$$

$$Q_{heating} = (Q_6 + Q_7) \times 1.1 \quad (۳-۷)$$

در رابطه‌های بالا، $Q_{cooling}$ و $Q_{heating}$ به ترتیب نشان‌دهنده میزان نیاز ساختمان به بار سرمایشی و گرمایشی برحسب وات بوده است. همچنین جهت محاسبه ترم‌های بار سرمایشی مورد نیاز ساختمان از روابط (۳-۸) تا (۳-۱۲) استفاده شده است.

$$Q_1 = AU \Delta T_e \quad (۳-۸)$$

$$Q_2 = AF \alpha J \quad (۳-۹)$$

$$Q_3 = N_p q_p \quad (۳-۱۰)$$

$$Q_4 = n V d (h_o - h_i) \quad (۳-۱۱)$$

$$Q_5 = \sum w_{sys} \quad (۳-۱۲)$$

در روابط ذکر شده، Q_1 بار تشعشی و هدایتی جداره‌های خارجی، Q_2 جذب تشعشع خورشید از طریق دیوارها و پنجره‌ها، Q_3 بار سرمایی ساکنین اتاق، Q_4 بار مورد نیاز جهت برآورد نفوذ هوای گرم خارج و Q_5 انتشار حرارت ناشی از روشنایی و سایر تجهیزات الکتریکی و مکانیکی بوده و واحد همه

این ترمها وات است.

همچنین جهت محاسبه ترمهای مورد نیاز بارهای گرمایشی ساختمان از روابط (۱۳-۳) و (۱۴-۳) استفاده شده است.

$$Q_6 = AU \Delta T_e \quad (13-3)$$

$$Q_7 = C d nV (T_i - T_o) \quad (14-3)$$

در روابط بیان شده Q_6 نشان‌دهنده اتلاف حرارت از طریق دیواره و پنجره ها و Q_7 اتلاف حرارت از طریق نفوذ بوده و واحد آنها وات است.

۳-۶-۲ شرایط مورد بررسی

شرایط و فرضیاتی که در این بررسی در نظر گرفته شده است به شرح زیر می‌باشد:

- ساختمان نمونه برای همه شهرها به صورت یکسان از لحاظ ابعادی، جنس دیواره، کف و سقف و سازه جزئیات یکسان در نظر گرفته شده است.
- ساعات نیاز به بارهای حرارتی و برودتی در هر ماه با استفاده از رابطه (۳-۳) و (۴-۳) در نظر گرفته شده است.
- همان‌گونه که بیان شده است؛ میزان نیاز به بارهای حرارتی و برودتی وابستگی زیادی به موقعیت مکانی ساختمان مانند: بر روی زمین، طبقات متوسط و طبقات بالا دارد [۷۷]. لذا بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای هر طبقه را به صورت جداگانه محاسبه نموده، و با توجه به میزان بار، ابعاد سیستم سرمایش و گرمایش تخمین زده شده است.
- بارهای حرارتی و برودتی با استفاده از نرم افزار کریر، با توجه به اطلاعاتی همچون طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح زمین، دمای طرح زمستان و تابستان، ماههای نیاز به

سرمایش و ... برای همه شهرهای نمونه، بررسی و محاسبه شده است.

۷-۳ بررسی سیستم حرارتی مناسب

همان طور که بیان شده است؛ تعیین سائز صحیح تجهیزات سرمایشی و گرمایشی در ساختمان‌های مسکونی، مسئله‌ای مهم و تأثیرگذار بر تأمین آسایش حرارتی و کاهش هزینه‌های اولیه و جاری این سیستم‌ها است. اگر میزان انرژی بالاتر از حد مورد نیاز تخمین زده شود، میزان هزینه‌های اولیه افزایش یافته و به این طریق، راندمان کلی کاهش می‌یابد. همچنین در شرایط آب و هوایی مرطوب، تخمین دقیق دستگاه‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد. زیرا انتخاب دستگاه‌های بزرگ سبب کوتاهی فاصله زمانی روشن و خاموش شدن دستگاه شده و این امر موجب کنترل اندک رطوبت و کاهش راندمان کل سیستم خواهد شد. در سیستم‌های هوایی نیز، استفاده از تجهیزات با ظرفیت‌های بالا موجب به‌کارگیری فن‌های بزرگ‌تر و افزایش نشتی از کانال‌های هوا به واسطه افزایش فشار داخل کانال‌ها شده، که موجب افزایش مصرف انرژی و کاهش راندمان کلی خواهد شد.

همچنین برخی از سیستم‌ها مانند GHP، کولر اسپلیت و چیلر به همراه هیتر جذبی، قادر هستند تمامی ظرفیت سرمایش و گرمایش را برآورده کنند، اما کولرآبی صرفاً جهت تأمین بارهای سرمایشی کاربرد دارد و برای برآوردن نیاز گرمایشی ساختمان نیاز به پکیج مرکزی وجود دارد.

۸-۳ ارزیابی مطلوبیت هر سیستم

برای تعیین سیستم حرارتی مناسب، با در نظر گرفتن بار سرمایشی (نهان و محسوس) و گرمایشی مورد نیاز ساختمان‌های نمونه که از نتایج تحلیل نرم‌افزاری بدست آمده‌اند، روش‌های مختلف تأمین سرمایش و گرمایش از دیدگاه مطلوبیت فنی (امکان پذیری استفاده و تأمین شرایط رفاهی مناسب هر سیستم با استفاده از دو روش ضرایب گسسته و منطق فازی) و دیدگاه اقتصادی (مخارج اقتصادی

ناشی از سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری با در نظر داشتن ضرایبی نظیر تورم، سود سرمایه‌گذاری اولیه و استهلاک) طی یک دوره کامل بهره‌برداری از ساختمان که حدوداً بیست سال در نظر گرفته شده را با یکدیگر مقایسه کرد. لذا با توجه به طول عمر متوسط سیستم‌های حرارتی، محاسبات در چهار دوره پنج‌ساله بررسی شده است.

۳-۸-۱ ارزیابی با دیدگاه اقتصادی

در ارزیابی با دیدگاه اقتصادی؛ به محاسبه هزینه‌های سیستم از قبیل هزینه سرمایه‌گذاری، استهلاک، طول عمر سیستم و هزینه‌های جاری از قبیل تعمیرات و نگهداری و سوخت با استفاده از تعرفه‌های شرکت‌های عرضه کننده انرژی مانند: برق، گاز و آب پرداخته شده و با توجه به اینکه شرایط زمانی تأمین هر یک از این هزینه‌ها، تأثیر متفاوتی بر توجیه اقتصادی سیستم انتخابی دارد، لذا نحوی محاسبات اقتصادی در به‌کارگیری هر سیستم با استفاده از شاخص‌های اقتصادی نظیر ارزش حال خالص (NPV) در نظر گرفته شده است.

۳-۸-۱-۱ محاسبات اقتصادی

ارزش آینده هزینه‌های اولیه و جاری با توجه به رابطه (۳-۱۵) و ارزش حال همه این هزینه‌ها با استفاده از رابطه (۳-۱۶) محاسبه شده است [۹۳].

$$FV = LV \times \left(1 + \frac{IR}{100}\right)^y \quad (۳-۱۵)$$

$$PV = S \times \left(1 + \frac{IR}{100}\right)^{-y} \quad (۳-۱۶)$$

در رابطه فوق FV و PV به ترتیب نشان‌دهنده ارزش آینده و ارزش حال هر یک از هزینه‌ها بوده؛ y تعداد سال‌های مورد بررسی و IR نرخ بهره و یا تورم، LV سرمایه‌گذاری اولیه و S ارزش جریان

نقدینگی در مدت زمان y سال بوده و نیز همه ترمها برحسب ریال می‌باشد.

همچنین ارزش حال خالص (NPV) نیز از جمع همه ارزش‌های حال مطابق رابطه (۳-۱۷) محاسبه شده‌است.

$$NPV = \sum NPV_j \quad (۳-۱۷)$$

۳-۱-۸-۲ تعیین هزینه‌های سوخت

در این بخش، هزینه سوخت‌های مورد استفاده در سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از قبیل آب، برق و گاز با توجه به تعرفه‌های شرکت‌های عرضه کننده آنها و برطبق اقلیمی که هر شهر در آن واقع شده‌است، تعیین گردیده و براساس آن، محاسبات هزینه‌های جاری در دیدگاه اقتصادی صورت گرفته‌است.

۳-۱-۸-۱ محاسبات بهای برق مصرفی

با توجه به تعرفه‌های شرکت برق و شرایط عمومی آن، که توسط وزارت نیرو تصویب شده‌است [۹۴]، قیمت برق براساس مناطق جغرافیایی، به مناطق عادی و گرمسیر و نیز براساس ماه‌های گرم و سرد، هزینه‌های آن تقسیم بندی شده‌است. همچنین برطبق مصرف برحسب کیلووات ساعت در ماه دارای طبقه‌بندی‌های چندگانه‌ای بوده که در شکل (۳-۳) و (۳-۴) ارائه شده‌است. لذا جهت تعیین نوع منطقه با توجه به جدول (۶-۱) موجود در پیوست ج-۱، شهر یزد و بابلر جزء مناطق گرمسیر نوع ۴ در نظر گرفته شده؛ ماه‌های گرم لحاظ شده برای شهر بابلر از ۱۵ خرداد تا ۱۵ شهریور (به مدت ۳ ماه) و برای شهر یزد از اول تیر تا پایان مرداد (به مدت ۲ ماه) بوده و هزینه‌های برق آنها در این مدت براساس شکل (۳-۴) الف و در سایر ماه‌ها براساس شکل (۳-۳) در نظر گرفته شده‌است. شهر بندرعباس منطقه گرمسیر نوع ۱ بوده که از اول فروردین تا پایان آذر (به مدت ۹ ماه)، بعنوان ماه گرم

برای این شهر در نظر گرفته شده است. در ماه‌های گرم تعرفه برق براساس شکل (۳-۴) ب و در سایر ماه‌های سال براساس جدول (۳-۳) محاسبه شده است. همچنین شهر شیراز و همدان به‌عنوان شهرهای عادی در نظر گرفته شده و تعرفه برق آن‌ها با تعرفه عادی و برطبق جدول (۳-۳) محاسبه شده است.

۱- تعرفه مناطق عادی و ماههای غیر گرم مناطق گرمسیر

قیمت پایه هر کیلووات ساعت (ریال)	متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات ساعت در ماه)
۴۵۰	۰ تا ۱۰۰
۵۲۵	مازاد بر ۱۰۰ تا ۲۰۰
۱۱۲۵	مازاد بر ۲۰۰ تا ۳۰۰
۲۰۲۵	مازاد بر ۳۰۰ تا ۴۰۰
۲۳۲۵	مازاد بر ۴۰۰ تا ۵۰۰
۲۹۲۶	مازاد بر ۵۰۰ تا ۶۰۰
۳۲۲۶	مازاد بر ۶۰۰

شکل (۳-۳): تعرفه‌های برق مناطق عادی

ب) تعرفه ماههای گرم در مناطق گرمسیر ۱

قیمت پایه هر کیلووات ساعت (ریال)	متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات ساعت در ماه)
۱۵۰	۰ تا ۱۰۰۰
۱۶۶	مازاد بر ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰
۱۸۰	مازاد بر ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰
۲۵۰	مازاد بر ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰
۱۳۵۱	مازاد بر ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰
۱۷۲۶	مازاد بر ۴۵۰۰ تا ۶۰۰۰
۲۰۲۵	مازاد بر ۶۰۰۰

الف) ۲- تعرفه ماههای گرم در مناطق گرمسیر ۴

قیمت پایه هر کیلووات ساعت (ریال)	متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات ساعت در ماه)
۳۶۱	۰ تا ۱۰۰
۴۲۱	مازاد بر ۱۰۰ تا ۲۰۰
۷۵۰	مازاد بر ۲۰۰ تا ۳۰۰
۱۲۰۰	مازاد بر ۳۰۰ تا ۴۰۰
۱۷۲۶	مازاد بر ۴۰۰ تا ۵۰۰
۲۲۵۱	مازاد بر ۵۰۰ تا ۶۰۰
۲۷۰۱	مازاد بر ۶۰۰

شکل (۴-۳): الف) ماه‌های گرم مناطق گرمسیر ۴ ب) تعرفه‌های برق مناطق گرمسیر ۱

۲-۲-۱-۸-۳ محاسبات گازبها

جهت محاسبه گازبهای هر شهر، شرکت گاز اقلیم‌بندی را با توجه به جدول (۶-۲) ارائه شده در پیوست ج-۲ انجام داده است [۹۵] که برطبق این دسته‌بندی؛ شهر شیراز، بابلسر و یزد جزء اقلیم ۳،

شهر همدان اقلیم ۱ و شهر بندرعباس جزء اقلیم ۴ دسته‌بندی شده که براساس حجم مصرف (مترمکعب گاز) در ماه‌های گرم سال (۱۶ فروردین تا ۱۵ آبان) و سرد سال (۱۶ آبان تا ۱۵ فروردین سال بعد) به‌طور جداگانه به‌ترتیب برطبق شکل (۳-۵) و (۳-۶) طبقه‌بندی شده و محاسبات بهای گاز خانگی در سال ۱۳۹۴ (که در سال ۹۵ بدون تغییر مانده‌است) برطبق آن‌ها صورت گرفته‌است. همچنین شرکت گاز برای استفاده از چیلرهای جذبی تعرفه ۱۵۰۰ ریال را برای هر متر مکعب مصرف تعیین نموده‌است [۹۶].

دامنه(پله)مصرف	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم	دوازدهم
اقلیم ۱	تا ۳۰۰	۴۰۰-۳۰۱	۵۰۰-۴۰۱	۶۰۰-۵۰۱	۷۰۰-۶۰۱	۸۰۰-۷۰۱	۹۰۰-۸۰۱	۱۰۰۰-۹۰۱	۱۱۰۰-۱۰۰۱	۱۲۰۰-۱۱۰۱	۱۳۰۰-۱۲۰۱	مزادبر ۱۳۰۰
اقلیم ۲	تا ۲۵۰	۳۵۰-۲۵۱	۴۵۰-۳۵۱	۵۵۰-۴۵۱	۶۵۰-۵۵۱	۷۵۰-۶۵۱	۸۵۰-۷۵۱	۹۵۰-۸۵۱	۱۰۵۰-۹۵۱	۱۱۵۰-۱۰۵۱	۱۲۵۰-۱۱۵۱	مزادبر ۱۲۵۰
اقلیم ۳	تا ۲۰۰	۳۰۰-۲۰۱	۴۰۰-۳۰۱	۵۰۰-۴۰۱	۶۰۰-۵۰۱	۷۰۰-۶۰۱	۸۰۰-۷۰۱	۹۰۰-۸۰۱	۱۰۰۰-۹۰۱	۱۱۰۰-۱۰۰۱	۱۲۰۰-۱۱۰۱	مزادبر ۱۲۰۰
اقلیم ۴	تا ۱۵۰	۲۵۰-۱۵۱	۳۵۰-۲۵۱	۴۵۰-۳۵۱	۵۵۰-۴۵۱	۶۵۰-۵۵۱	۷۵۰-۶۵۱	۸۵۰-۷۵۱	۹۵۰-۸۵۱	۱۰۵۰-۹۵۱	۱۱۵۰-۱۰۵۱	مزادبر ۱۱۵۰
قیمت هر متر مکعب گاز در سال ۹۴ (تومان)	۴۱	۶۹	۹۶	۱۲۴	۱۵۱	۲۲۰	۲۶۲	۳۰۳	۳۴۵	۳۸۶	۴۴۱	۴۸۳

شکل (۳-۵): گازبهای مصرفی در ۵ ماهه فصل سرد

دامنه(پله)مصرف	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم	دوازدهم
حجم مصرف	تا ۴۵	۹۵-۴۶	۱۴۵-۹۶	۱۹۵-۱۴۶	۲۴۵-۱۹۶	۲۹۵-۲۴۶	۳۴۵-۲۹۶	۳۹۵-۳۴۶	۴۴۵-۳۹۶	۴۹۵-۴۴۶	۵۴۵-۴۹۶	مزادبر ۵۴۵
قیمت هر متر مکعب گاز در سال ۹۴ (تومان)	۱۰۸	۱۳۱	۱۶۵	۲۱۱	۲۵۷	۳۰۰	۳۱۵	۳۴۹	۳۷۲	۳۹۵	۴۱۸	۴۳۰

شکل (۳-۶): گازبهای مصرفی در ۷ ماهه فصل گرم

۳-۲-۱-۸-۳ محاسبات آب‌بها

جهت انجام محاسبات بهای آب مصرفی، باید به این نکته دقت داشت که علاوه بر هزینه آب، باید کارمزد دفع فاضلاب نیز لحاظ گردد؛ و بر طبق شکل‌های (۳-۷) الف و ب و نیز براساس میزان مصرف مترمکعب بر ساعت در هر ماه، تعرفه‌های آب بها و بهای دفع فاضلاب در سال ۱۳۹۴ طبقه‌بندی

شده است [۹۷]. همچنین برطبق مصوبه‌های شرکت آب و فاضلاب، در صورتی که در ماه‌های گرم سال (خرداد-تیر-مرداد-شهریور) مصرف آب بیش از ۲۵ متر مکعب در ماه باشد، مقدار ۲۰٪ بر هزینه آب‌بها افزوده خواهد شد. علاوه بر این از ضرایب قیمتی آب‌بهای شهرهای مختلف برطبق جدول (۳-۶) موجود در پیوست ج-۳، در محاسبات استفاده شده است. لذا مطابق با آن ضرایب تبعیض استانی برای شهرهای شیراز، یزد، همدان، بابلسر و بندرعباس به ترتیب اعداد ۱/۱۴، ۱/۳۱، ۱/۱۷، ۰/۷۰، ۱/۳۱ در نظر گرفته شده است.

الف		ب	
۳. قیمت آب مصارف خانگی در پله‌های مختلف مصرف		۵. قیمت (کارمزد) خدمات دفع فاضلاب شهری، مشترکین خانگی	
قیمت نسبت به مازاد (ریال بر مترمکعب)	طبقات مصرف (مترمکعب)	قیمت نسبت به مازاد خدمات دفع فاضلاب (ریال بر مترمکعب)	میزان آب مصرفی ماهیانه (مترمکعب)
۱,۲۹۰	۰ < X ≤ ۵	۳۰۰	۰ < X ≤ ۵
۱,۹۳۰	۵ < X ≤ ۱۰	۴۹۰	۵ < X ≤ ۱۰
۲,۵۷۰	۱۰ < X ≤ ۱۵	۵۰۰	۱۰ < X ≤ ۱۵
۳,۲۲۰	۱۵ < X ≤ ۲۰	۶۹۰	۱۵ < X ≤ ۲۰
۴,۵۰۰	۲۰ < X ≤ ۲۵	۱,۱۷۰	۲۰ < X ≤ ۲۵
۷,۰۸۰	۲۵ < X ≤ ۳۰	۱,۸۲۰	۲۵ < X ≤ ۳۰
۹,۶۵۰	۳۰ < X ≤ ۳۵	۲,۱۳۰	۳۰ < X ≤ ۳۵
۱۲,۸۷۰	۳۵ < X ≤ ۴۰	۵,۱۹۰	۳۵ < X ≤ ۴۰
۲۵,۷۴۰	۴۰ < X ≤ ۵۰	۱۲,۳۹۰	۴۰ < X ≤ ۵۰
۵۱,۴۸۰	X > ۵۰	۱۸,۰۰۰	X > ۵۰

شکل (۳-۷): الف) قیمت آب مصرفی خانگی با توجه به مترمکعب مصرف ب) قیمت خدمات دفع فاضلاب شهری مشترکین خانگی

۳-۸-۲ ارزیابی با دیدگاه فنی

تحلیل از دیدگاه فنی شامل بررسی هر سیستم از جنبه رفاهی با توجه به معیارهای همچون میزان آلاینده‌های محیط زیست، مصرف سوخت‌ها، کیفیت هوای خروجی از سیستم و میزان مصرف سوخت‌ها و ... و نیز از جنبه امکان‌پذیری استفاده از تجهیزات در اقلیم و شرایط کارکردی، بوده است. در ارزیابی‌های این دیدگاه از داده‌های کیفی استفاده شده است، لذا روشی جهت کمی نمودن آن‌ها نیاز

بوده که در پژوهش حاضر از روش منطق فازی^۱ بهره گرفته شده است.

۳-۸-۲-۱ ارزیابی فنی-امکان به کارگیری

از دیدگاه فنی عملکرد مطلوب سیستم در شرایط اقلیمی متفاوت، مهم ترین معیار بکارگیری یک سیستم حرارتی است. به بیان دیگر سیستم باید بتواند تحت شرایط اقلیمی خاص، شرایط آسایش حرارتی مطلوب را ایجاد نماید. به طور مثال سیستم کولرآبی در محدوده های دمایی و رطوبت خاص عملکرد مطلوبی داشته [۳۰]، چیلرهای جذبی در آب و هوای مرطوب کارایی مطلوب نداشته اند [۴۳]. همچنین سیستم GEHP در شرایط عملکردی گرمایشی، با افزایش سرعت موتور ظرفیت گرمایش افزایش یافته در حالی که نسبت انرژی اولیه کاهش یافته است و با کاهش دمای هوای محیط اطراف، هم ظرفیت گرمایشی و هم نسبت انرژی اولیه کاهش یافته است [۷۴]، و در حالت عملکرد سرمایشی، با افزایش دمای محیط، ضریب عملکرد کاهش می یابد [۸۱]. لذا با توجه به محدودیت های بیان شده برای سیستم ها و مدل سازی موقعیت جغرافیایی، می توان امکان به کارگیری هریک از سیستم های سرمایشی و گرمایشی را در هر اقلیم سنجید. در نمودار زیست اقلیمی، اگر دما و رطوبت حداکثر و حداقل هر شهر، در محدوده کولر آبی و سیستم تهویه مطبوع قرار داشته باشد، همه سیستم ها توانایی بکارگیری در شهر مد نظر را داشته در غیر این صورت، از کولر آبی نمی توان در آن شهر استفاده نمود. همچنین با بررسی فاکتورهای تعیین شده برای شهرهای مختلف؛ اگر میزان رطوبت کمتر از R₃ و میزان دما-روزهای نیاز به سرمایش کمتر از C₅ باشد، همه سیستم ها توانایی بکارگیری در اقلیم مورد نظر را داشته، اما اگر میزان رطوبت بیشتر از حد بیان شده باشد، سیستم کولر آبی و چیلر+هیتر جذبی عدم توانایی و اگر دما-روزهای نیاز به سرمایش بیشتر از حد

¹ Fuzzy logic

بیان شده باشد؛ نیز کولر آبی توانایی بکارگیری در آن اقلیم را ندارد.

۳-۸-۲-۲ ارزیابی فنی-رفاهی

در تحلیل رفاهی به بررسی درجه مطلوبیت هر سیستم بر طبق معیارهای مختلفی همچون: شرایط عملکردی نظیر: میزان سرو صدا، آلاینده‌گی محیط‌زیست، یکنواختی سرمایش و گرمایش، رطوبت و ... و متغیرهای هزینه‌ای مانند: مصرف سوخت‌هایی مانند: آب، برق، گاز، میزان نیاز به تعمیرات و نگهداری و ... پرداخته شده‌است. همچنین جهت کمی نمودن این معیارهای کیفی از دو روش استفاده از ضرایب گسسته و روش منطق فازی بهره گرفته شده‌است.

۳-۸-۲-۲-۱ روش استفاده از ضرایب گسسته

در این بخش، با استفاده از داده‌های کیفی گسسته‌ای همچون کاملاً مطلوب=A، خوب=B، هنوز قابل قبول=C و غیر قابل قبول=D به بررسی و طبقه‌بندی هریک از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی براساس معیارهایی رفاهی بیان شده، پرداخته شده‌است. با در نظر گرفتن میزان کمی مطلوبیت برای ۲ A=۱ و B=۱ و همچنین عدم مطلوبیت برای C=-۱ و D=-۲، میزان کمی برای مطلوبیت هر سیستم محاسبه گردیده‌است.

۳-۸-۲-۲-۲ روش منطق فازی

همان‌گونه که بیان شده‌است؛ یکی از روش‌های کمی نمودن داده‌های کیفی، استفاده از روش منطق فازی، که یکی از قابلیت‌های نرم افزار متلب بوده؛ می‌باشد. در تحقیق حاضر جهت کمی نمودن نتایج تحلیل رفاهی، از روش نامبرده استفاده شده‌است. بدین صورت که هریک از متغیرهای تحلیل فنی-رفاهی را به‌عنوان ورودی این بخش معرفی شده و خروجی تحلیل، میزان مطلوبیت هر یک از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی مورد بررسی، قرار گرفته‌است.

جهت بررسی مدل فازی در تحلیل رفاهی، متغیرها به دو بخش متغیرهای هزینه‌ای و نیز عملکردی تفکیک شده‌اند. متغیرهای عملکردی مانند: زمان تغییر بار (TCL)، بازدهی سرمایشی و گرمایشی (EFFI)، آلودگی محیط زیست (PUL)، یکنواختی هوای محیط داخلی (CTA)، ایمنی دستگاه (safty) و زمان راه‌اندازی (TSU) در نظر گرفته شده و همچنین متغیرهای هزینه‌ای به دو بخش هزینه‌های اولیه (cost) که شامل هزینه سرمایه‌گذاری طی دوره مورد بررسی و نیز هزینه‌های جاری (c-c) شامل هزینه سوخت‌هایی نظیر آب و برق و گاز و تعمیرات و نگهداری در نظر گرفته شده‌است. برای هر یک از متغیرها دو حالت وضعیتی مناسب و ضعیف در نظر گرفته شده، همچنین برای سیستم‌های مورد بررسی (کولر آبی+پکیج، اسپلیت، چیلر+هیتر جذبی و GHP) چهار حالت عملکردی ضعیف، متوسط، خوب و عالی در نظر گرفته شده است. حال با وضع قوانینی منطقی و مطابق با ویژگی‌ها و عملکرد هر سیستم، تحلیل صورت گرفته، و با در نظر گرفتن بهترین حالت عملکردی و هزینه‌ای؛ میزان مطلوبیت هر یک از سیستم‌ها مشخص گردیده‌است.

۹-۳ اعتبارسنجی نرم افزار

به منظور استفاده از هر ابزار محاسباتی در ابتدا باید صحت و دقت محاسبات آن ارزیابی شوند. صحت و دقت محاسبات مربوط به بارهای گرمایشی و سرمایشی ساعتی و تعیین ظرفیت اجزای سیستم‌های تهویه مطبوع در نرم افزار مورد استفاده در این تحلیل که نرم افزار کریر بوده‌است؛ حدود ۲-۱۰٪ اختلاف در نتایج مورد نظر برای مثال‌های عملی را نشان داده است [۹۸]. همچنین صحت محاسبات مربوط به مصرف سالیانه انرژی با دو نمونه واقعی از ساختمان‌های مسکونی آپارتمانی شهر تهران مورد ارزیابی قرار گرفته شده و تفاوت حداکثر ۷٪ در نتایج مربوط را نشان داده است [۹۹]. بر این اساس دقت محاسبات این نرم افزار در حد کاملاً مناسبی بوده و قابل استفاده در تحلیل‌های مورد نظر این پژوهش است.

نتایج ۴

۴-۱ مقدمه

در این بخش نمودارها، جداول و نتایج حاصل از تحلیل‌های صورت گرفته، ارائه شده‌است. نتایج در پنج بخش شامل: نتایج محاسبات دما-روز سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای هر شهر، تعیین نوع اقلیم، نتایج تحلیل نرم افزار کریر شامل بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان‌های نمونه، تحلیل اقتصادی و نیز فنی همه سیستم‌ها طبقه‌بندی شده‌است.

۴-۲ نتایج محاسبات دما-روز سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای هر شهر

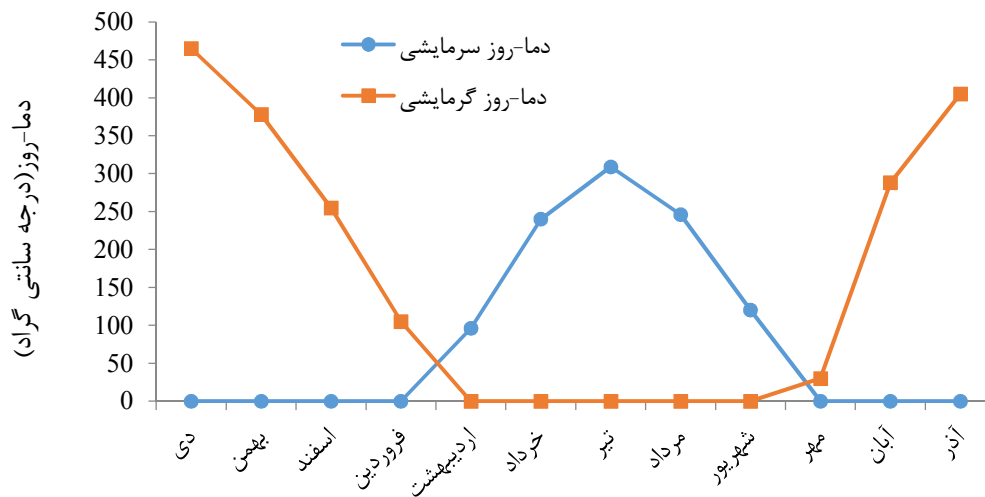
در این بخش نتایج محاسبات دما-روز سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز و میزان ساعات نیاز به تجهیزات سرمایشی و گرمایشی در طول روز محاسبه شده برای شهرهای نمونه در جداول، و همچنین مقایسه‌ای بین دما-روز سرمایشی و گرمایشی در شکل‌ها ارائه گردیده‌است. در انتها نیز نمودار مقایسه‌ای میان همه شهرهای ارائه شده‌است.

۴-۲-۱ شهر شیراز

نتایج محاسبات دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر شیراز و متوسط ساعات نیاز به بارهای سرمایشی و گرمایشی در طول یک روز برای کل ماه‌های سال در جدول (۴-۱) ارائه گردیده‌است. شکل (۴-۱) در بردارنده نموداری مقایسه‌ای از دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای شهر شیراز بوده‌است. نتایج نشان داده‌است که ساختمان نمونه در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور نیاز به بارهای سرمایشی و در ماه‌های مهر تا فروردین نیاز به بارهای گرمایشی داشته و مجموع نیاز به دما-روزهای گرمایشی بیشتر از سرمایشی بوده و به طبع ساعات نیاز به بارهای سرمایشی نیز بیشتر بوده‌است.

جدول (۱-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر شیراز

شهر شیراز	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	مجموع
دما-روز سرمایشی	۰	۰	۰	۱۲۰	۲۴۶	۳۰۹	۲۴۰	۹۶	۰	۰	۰	۰	۱۰۱۱
دما-روز گرمایشی	۴۶۵	۳۷۸	۲۵۵	۱۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۳۰	۲۸۸	۴۰۵	۱۹۲۶
ساعات نیاز به بار سرمایشی	۰	۰	۰	۴/۶۶	۹/۵۵	۱۲	۹/۳۲	۳/۷۲	۰	۰	۰	۰	۱۱۷۷/۸۶
ساعات نیاز به بارهای گرمایشی	۱۳/۲۸	۱۰/۷۶	۷/۲۵	۲/۹۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸۵	۸/۱۹	۱۱/۵۳	۱۶۴۴/۹۸



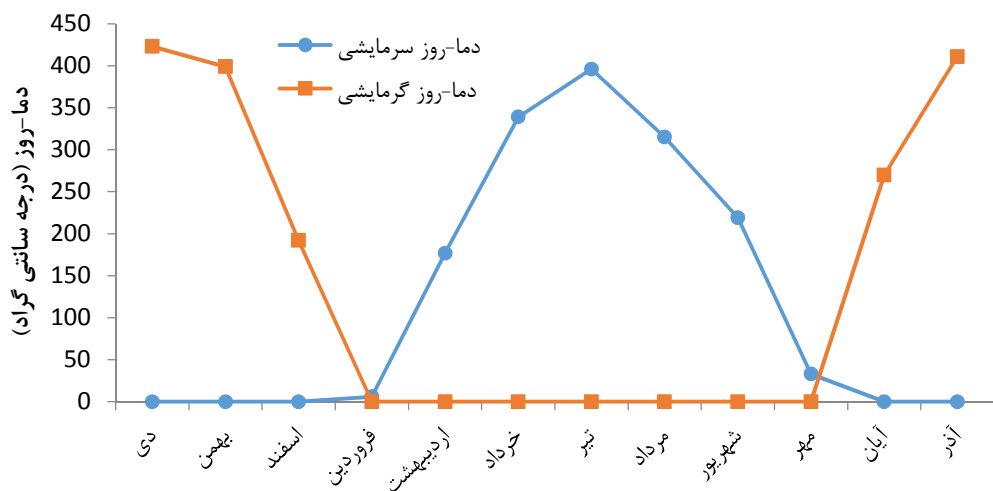
شکل (۱-۴): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر شیراز

شهر یزد ۲-۲-۴

در این بخش نتایج مربوط به محاسبات دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و متوسط ساعات نیاز به این بارها در طول روز برای هر ماه در جدول (۲-۴) و مقایسه‌ای میان دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی در شکل (۲-۴) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده شده است، ماه‌های نیاز به سرمایش برای شهر یزد بیشتر از نیاز به گرمایش بوده اما مجموع دما-روزهای گرمایشی بیشتر از دما-روزهای سرمایشی بوده؛ اما ساعات نیاز به سرمایش بیشتر از گرمایش بوده است. این تناقض به این دلیل است که در ماه‌های سرد، تعداد روزهایی که دمای آن‌ها بسیار کمتر از میانگین دمای ماهانه بوده، بیشتر بوده است.

جدول (۲-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر یزد

شهر یزد	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	مجموع
دما-روز سرمایشی	۰	۰	۰	۶	۱۷۷	۳۳۹	۳۹۶	۳۱۵	۲۱۹	۳۳	۰	۰	۱۴۸۵
دما-روز گرمایشی	۴۲۳	۳۹۹	۱۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۰	۴۱۱	۱۶۹۸
ساعات نیاز به بار سرمایشی	۰	۰	۰	۰/۲	۶	۱۱/۴۹	۱۳/۴۲	۱۰/۶۷	۷/۴۲	۱/۱۱	۰	۰	۱۵۱۰/۱۶
ساعات نیاز به بارهای گرمایشی	۱۱/۲۴	۱۰/۶	۵/۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷/۱۷	۱۰/۹۲	۱۳۵۳/۸۸



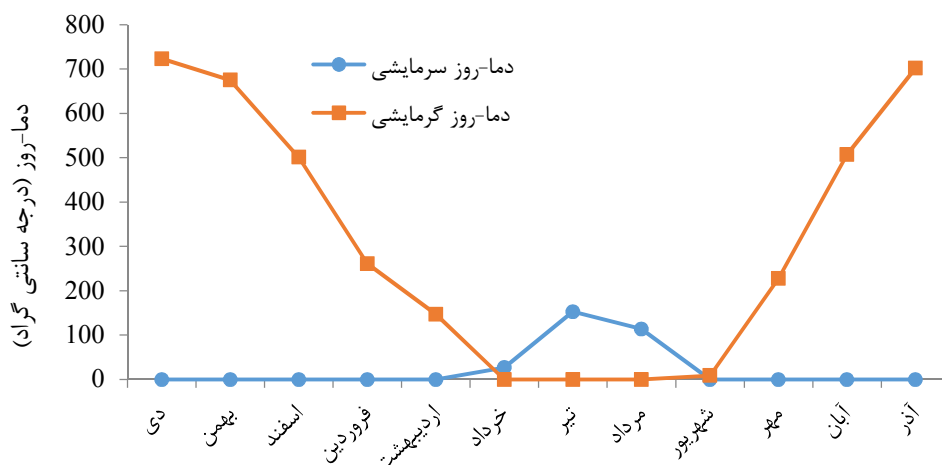
شکل (۲-۴): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایه‌گذاری و گرمایشی شهر یزد

۳-۲-۴ شهر همدان

جدول (۳-۴) نشان‌دهنده دما-روزها و ساعات نیاز به بارهای سرمایه‌گذاری و گرمایشی و شکل (۴-۳) مقایسه‌ای بین این مقادیر است. نتایج نشان‌دهنده آنست که دما-روز سرمایه‌گذاری و متوسط ساعات نیاز به سرمایه‌گذاری و همچنین ماه‌های نیاز به سرمایه‌گذاری، بسیار کمتر از حالت گرمایشی بوده‌است. همچنین تعداد ماه‌های نیاز به گرمایش بسیار بیشتر بوده‌است.

جدول (۴-۳): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر همدان

شهر همدان	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	مجموع
دما-روز سرمایشی	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷	۱۵۳	۱۱۴	۰	۰	۰	۰	۲۹۴
دما-روز گرمایشی	۷۲۳	۶۷۵	۵۰۱	۲۶۱	۱۴۷	۰	۰	۰	۹	۲۲۸	۵۰۷	۷۰۲	۳۷۵۳
ساعات نیاز به بار سرمایشی	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۲۲	۶/۹۵	۵/۱۸	۰	۰	۰	۰	۴۰۰/۹
ساعات نیاز به بارهای گرمایشی	۱۳/۳۲	۱۲/۴۴	۹/۲۳	۴/۸۱	۲/۷	۰	۰	۰	۰/۱۶	۴/۲	۹/۳۴	۱۲/۹۴	۲۰۷۵/۳۹



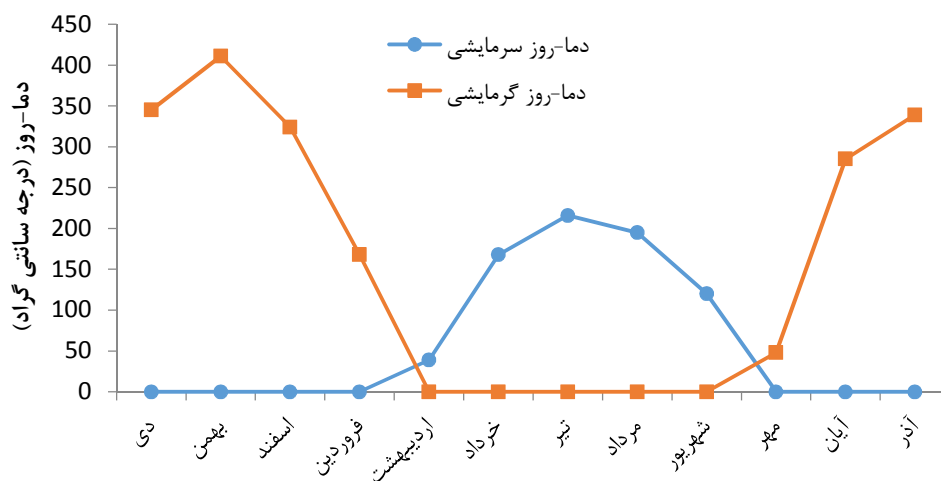
شکل (۴-۳): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر همدان

۴-۲-۴ شهر بابلسر

نتایج حاصل از محاسبات مربوط به دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و میزان متوسط ساعات نیاز به این بارها در جدول (۴-۴) و نتایج مقایسه میان آن‌ها در شکل (۴-۴) ارائه شده‌است. نتایج نشان داده‌است که میزان نیاز به بارهای سرمایشی و همچنین ساعات نیاز به بارهای سرمایشی کمتر از گرمایشی بوده‌است. تعداد ماه‌های نیاز به گرمایش نیز بیشتر بوده‌است.

جدول (۴-۴): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر بابلسر

شهر بابلسر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	مجموع
دما-روز سرمایشی	۰	۰	۰	۰	۱۲۰	۱۹۵	۲۱۶	۱۶۸	۳۹	۰	۰	۰	۷۳۸
دما-روز گرمایشی	۳۴۵	۴۱۱	۳۲۴	۱۶۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۸۵	۳۳۹	۱۹۲۰
ساعات	۰	۰	۰	۰	۶/۵۷	۱۰/۶۸	۱۱/۸۳	۹/۲	۲/۱۳	۰	۰	۰	۱۲۱۳/۱۵
نیاز به بار سرمایشی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ساعات	۱۱/۶۹	۱۳/۹۳	۱۰/۹۸	۵/۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۵۲/۵۴
نیاز به بارهای گرمایشی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰



شکل (۴-۴): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر بابلسر

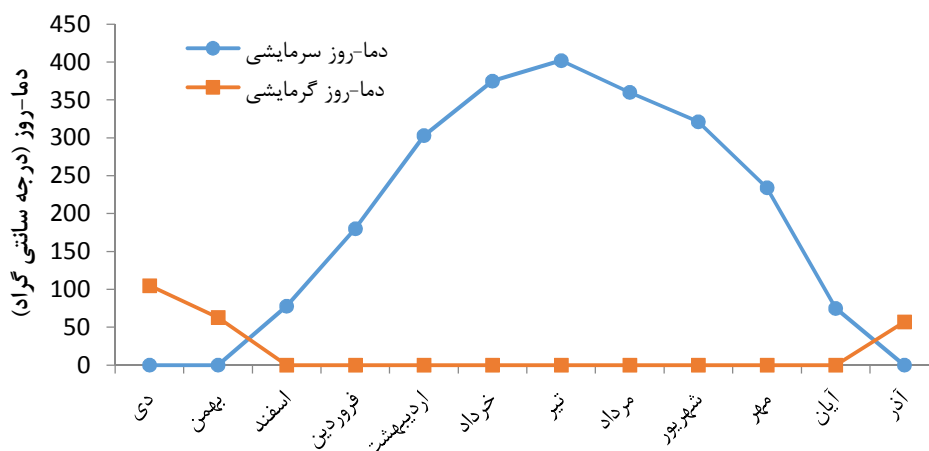
۴-۲-۵ شهر بندرعباس

در این بخش جدول (۴-۵) حاوی اطلاعاتی همچون میزان دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و

متوسط ساعات نیاز به این بارها بوده، و شکل (۴-۵) نشان‌دهنده مقایسه‌ای بین آن‌ها است. نتایج نشان‌دهنده است که میزان دما-روزهای سرمایشی و همچنین ساعات نیاز به این بارهای سرمایش بسیار بیشتر از حالت گرمایشی بوده است. همچنین تعداد ماه‌های نیاز به سرمایش بسیار بیشتر بوده است.

جدول (۴-۵): دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی و ساعات نیاز به این بارها در طول سال برای شهر بندرعباس

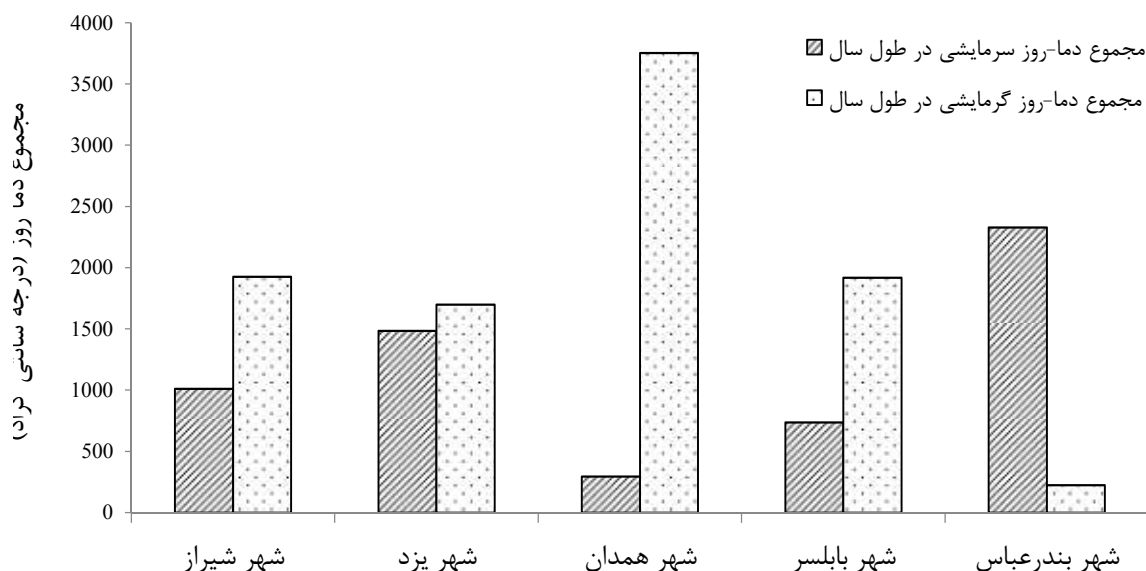
شهر بندرعباس	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	مجموع
دما-روز سرمایشی	۰	۰	۷۸	۱۸۰	۳۰۳	۳۷۵	۴۰۲	۳۶۰	۳۲۱	۲۳۴	۷۵	۰	۲۳۲۸
دما-روز گرمایشی	۱۰۵	۶۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۷	۲۲۵
ساعات نیاز به بار سرمایشی	۰	۰	۲/۴۷	۵/۷۱	۹/۶۱	۱۱/۹	۱۲/۷۶	۱۱/۴۲	۱۰/۱۹	۷/۴۲	۲/۳۸	۰	۲۲۱۷/۱۴۳
ساعات نیاز به بارهای گرمایشی	۵/۲۸	۳/۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲/۸۶	۳۳۹/۶۲



شکل (۴-۵): نمودار مقایسه‌ای دما-روزهای سرمایشی و گرمایشی شهر بندرعباس

۶-۲-۴ مقایسه کلی شهرها

مقایسه‌ای بین دما-روزهای گرمایشی و سرمایشی شهرهای مختلف صورت گرفته است که در شکل (۶-۴) ارائه شده است. با توجه به این مقایسه، مشاهده شده که شهر همدان بیشترین نیاز را به بارهای گرمایشی و نیز مجموع بارهای سرمایشی و گرمایشی را دارا بوده است. شهر بندرعباس بیشترین نیاز را به بار سرمایشی و در مجموع کمترین نیاز را به مجموع بارهای سرمایشی و گرمایشی دارا بوده است.

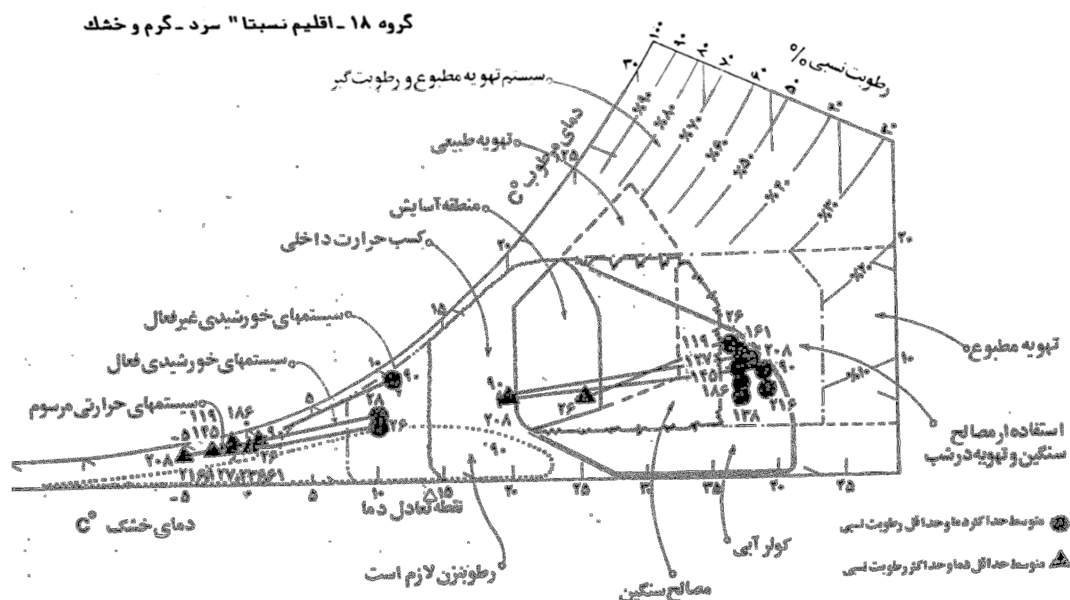


شکل (۶-۴): مقایسه‌ای بین دما-روزهای گرمایشی و سرمایشی شهرهای مورد بررسی

۳-۴ نتایج مدل‌سازی موقعیت جغرافیایی

با توجه به دو روش بیان شده در فصل قبل، هر شهر با سه مشخصه اقلیمی H, C, R و همچنین نوع تابستان و زمستان و نمودار بیوکلیماتیک خاصی مشخص گردیده است. نتایج محاسبات نشان داده است که، شهر شیراز با توجه به شکل (۷-۴) که نشان‌دهنده نمودار زیست اقلیمی است؛ دارای زمستان نسبتاً سرد و تابستان گرم و خشک و در گروه ۴-۵ پهنه‌بندی ایران (شکل ۱-۱)

۲) در نظر گرفته شده، همچنین جزء گروه اقلیمی $H_4C_4R_1$ فرض شده است. با توجه به این نمودار، امکان استفاده از سیستم کولر آبی و رسیدن به شرایط آسایش وجود داشته است. نمودارهای بیوکلیماتیک برای سایر شهرها نیز در پیوست ب موجود است.



شکل (۴-۷): نمودار بیوکلیماتیک شهر شیراز

همچنین اطلاعات و نتایج محاسبات مربوط به تعیین نوع اقلیم و ویژگی‌های تابستان و زمستان هر یک از شهرهای مورد بررسی در جدول (۴-۶) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج بدست آمده، تطبیقی میان بارهای مورد نیاز هر ساختمان و نوع تابستان و زمستان مشخص گردیده، وجود دارد. همان طور که مشاهده شده است، شهر یزد کمترین رطوبت نسبی و بابلسر بیشترین رطوبت نسبی تابستانه را دارا بوده، سه شهر یزد، شیراز و بابلسر، در میزان نیاز به گرمایش در یک گروه بوده و دو شهر شیراز و یزد دارای یک مشخصه اقلیمی هستند.

جدول (۴-۶): نتایج حاصل از تعیین اقلیم و نوع تابستان و زمستان شهرهای مورد بررسی

شهر	مجموع دما-روز سرمايشی در کل سال	مجموع دما-روز گرمايشی در کل سال	درصد رطوبت تابستان	نوع تابستان	نوع زمستان	شماره اقلیم	شماره جدول بیوکلیماتیک	مشخصه اقلیمی
شیراز	۱۰۱۱	۱۹۲۶	۲۷	گرم و خشک	نسبتا سرد	۴-۵	گروه ۱۸	H ₄ C ₄ R ₁
یزد	۱۴۸۵	۱۶۹۸	۲۰	خیلی خشک و گرم	نسبتا سرد	۱-۶	گروه ۲۰	H ₄ C ₄ R ₁
همدان	۲۹۴	۳۷۵۶	۳۶	معتدل	شدیدا سرد	۱-۲	گروه ۲	H ₆ C ₂ R ₂
باپلسر	۷۳۸	۱۹۲۰	۸۰	گرم و مطوب	نسبتا سرد	۳-۴	گروه ۲۱	H ₄ C ₃ R ₄
بندرعباس	۲۳۲۸	۲۲۵	۷۰	شدیدا گرم و نیمه مرطوب	خنک	۳-۷	گروه ۳۱	H ₁ C ₅ R ₃

۴-۴ نتایج تحلیل بارهای سرمايشی و گرمايشی

در این بخش بارهای سرمايشی نهان و محسوس و همچنین بارهای گرمايشی مورد نیاز هر ساختمان با توجه به اقلیمی که ساختمان در آن واقع شده است؛ برای هر طبقه و به طور کلی برای همه طبقات ساختمان ارائه شده است.

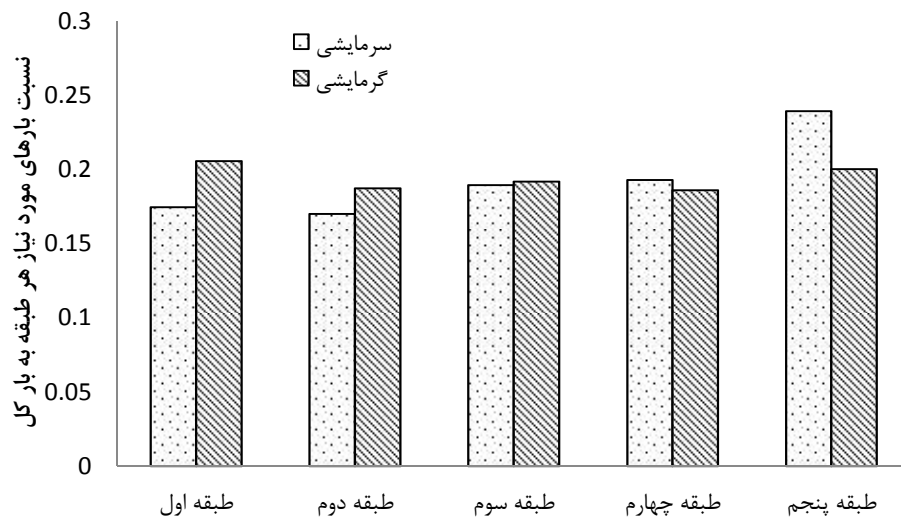
نتایج به صورت جداول حاوی میزان بارهای سرمايشی و گرمايشی مورد نیاز طبقات و ساختمان و همچنین شکل‌ها حاوی اطلاعاتی همچون نسبت بارهای مورد نیاز جهت سرمايش و گرمايش هر طبقه نسبت به کل انرژی ساختمان، برای هر شهر به صورت مجزا ارائه گردیده و همچنین در انتها مقایسه‌ای بین انرژی حرارتی و برودتی مورد نیاز برای همه شهرهای مورد بررسی صورت گرفته است.

۱-۴-۴ نتایج شهر شیراز

بارهای سرمایشی (نهان و محسوس) و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه، برای هر طبقه و به‌طور کلی در جدول (۷-۴) و نمودار مقایسه‌ای آن در شکل (۸-۴) ارائه شده‌است. نتایج نشان داده‌است که بیشترین و کمترین بار سرمایشی و نیز گرمایشی مورد نیاز به‌ترتیب مربوط به طبقات پنجم و دوم و همچنین اول و چهارم بوده‌است. در مجموع طبقه پنجم بیشترین و طبقه دوم کمترین میزان کل انرژی جهت سرمایش و گرمایشی را نیاز دارد. همچنین میزان نیاز به بارهای گرمایشی در این شهر، بیشتر از بارهای سرمایشی است.

جدول (۷-۴): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در شیراز برای هر طبقه و کل طبقات

شیراز	طبقه اول		طبقه دوم		طبقه سوم		طبقه چهارم		طبقه پنجم		کل ساختمان	
	نهان	محسوس	نهان	محسوس	نهان	محسوس	نهان	محسوس	نهان	محسوس	نهان	محسوس
بارها (kW)	۰/۰۰۸	۳/۹۴۵	۰/۰۰۸	۴/۳۹۳	۰/۱۰	۴/۴۷۶	۰/۰۰۸	۵/۵۵۲	۰/۱۱	۲۳/۱۴۲	۰/۹۱	۳۳/۲۰۷
سرمایشی	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۱/	۰/	۰/	۰/
گرمایشی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰



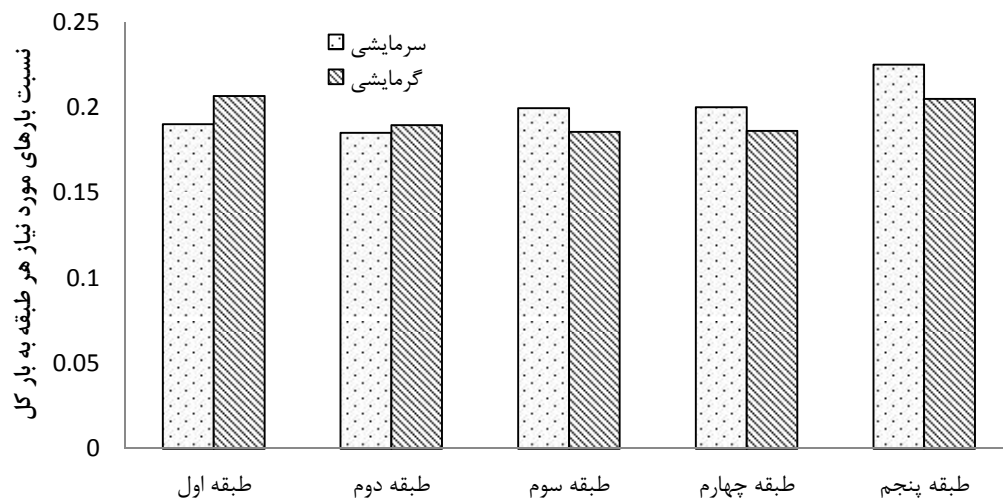
شکل (۸-۴): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان در شهر شیراز

۲-۴-۴ نتایج شهر یزد

نتایج بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای ساختمان نمونه در شهر یزد در جدول (۸-۴) و شکل (۹-۴) ارائه گردیده است. همان گونه که مشاهده می شود؛ بیشترین و کمترین بار سرمایشی و نیز گرمایشی مورد نیاز به ترتیب مربوط به طبقات پنجم و دوم و همچنین طبقات اول و دوم بوده است. همچنین، طبقات پنجم و نیز دوم به ترتیب بیشترین و کمترین مجموع بارهای حرارتی و برودتی را نیاز دارند. همچنین میزان نیاز به بارهای سرمایشی کل ساختمان در این شهر، کمتر از بارهای گرمایشی است.

جدول (۸-۴): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در یزد برای هر طبقه و کل طبقات

یزد	طبقه اول		طبقه دوم		طبقه سوم		طبقه چهارم		طبقه پنجم		کل ساختمان	
	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس
سرمایشی (kW)	۱/۰۶۴	۴/۹۶۰	۰/۱۹	۴/۷۹۴	۱/۰۸۴	۵/۳۳۴	۱/۰۶۵	۵/۳۸۲	۱/۰۲۴	۶/۴۶۹	۱/۴۳	۲۷/۷۴۷
گرمایشی	۰	۷/۳۸۶	۰	۶/۷۷۴	۰	۶/۶۳۴	۰	۶/۶۵۶	۰	۷/۳۲۷	۰	۳۵/۷۲۱



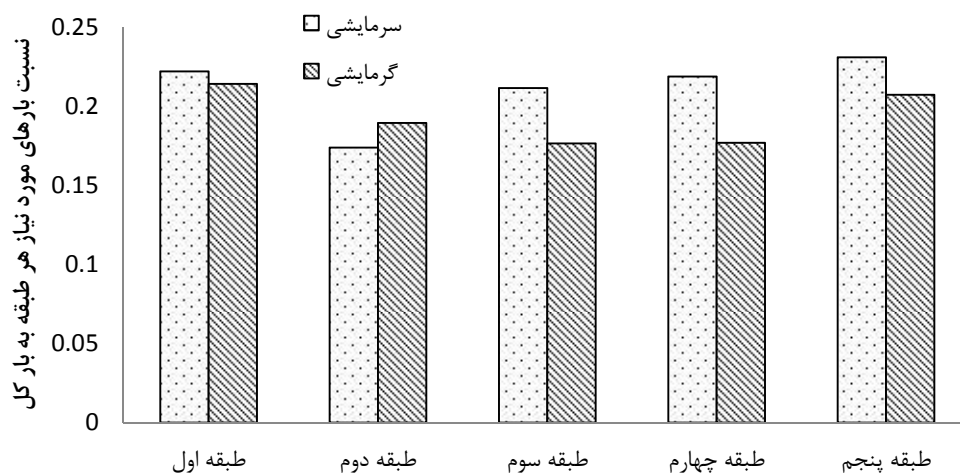
شکل (۹-۴): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان یزد

۳-۴-۴ نتایج شهر همدان

در این بخش نیز، نتایج بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در شهر همدان، به صورت جدول (۹-۴) و شکل (۱۰-۴) ارائه گردیده است. نتایج نشان داده است که بیشترین و کمترین بار سرمایشی مورد نیاز به ترتیب مربوط به طبقات پنجم و دوم، همچنین بار گرمایی مورد نیاز به ترتیب مربوط به طبقات اول و نیز سوم بوده است. همچنین کمترین بار سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز در طول سال مربوط به طبقه دوم، و بیشترین بار مربوط به طبقه پنجم بوده است. میزان نیاز به بارهای گرمایشی در این شهر بیشتر از بارهای سرمایشی بوده است.

جدول (۹-۴): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در همدان برای هر طبقه و کل طبقات

بارها (kW)	طبقه اول		طبقه دوم		طبقه سوم		طبقه چهارم		طبقه پنجم		کل ساختمان
	محسوس	نهان	محسوس	نهان	محسوس	نهان	محسوس	نهان	محسوس	نهان	
سرمایشی	۴/۴۳۶	۰/۳۴۸	۳/۵۹۳	۱/۱۵۳	۴/۳۷۳	۰/۱۸۵	۴/۵۲۹	۰/۱۸۵	۴/۸۵۲	۱/۱۲۴	۳۰۵
گرمایشی	۹/۴۱۴	۰	۸/۳۲۸	۰	۷/۷۵۹	۰	۷/۷۸۲	۰	۹/۱۱۹	۰	۴۳/۹۵۲



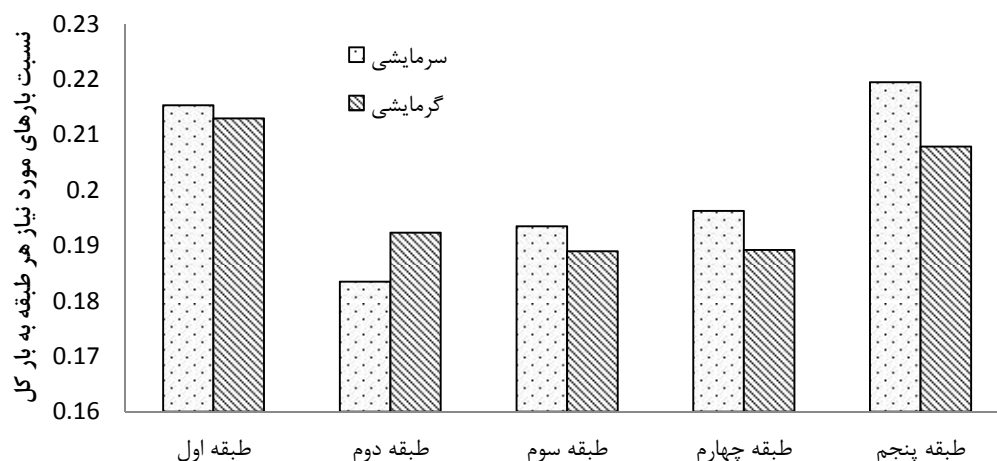
شکل (۴-۱۰): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان همدان

۴-۴-۴ نتایج شهر بابلسر

نتایج مربوط به تحلیل بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه به تفکیک طبقات، در جدول (۴-۱۰) ارائه گردیده است. با توجه به شکل (۴-۱۱) که نشان دهنده درصد نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به کل طبقات بوده است، بیشترین و کمترین نیاز به بار سرمایشی و گرمایشی به ترتیب مربوط به طبقات پنجم و دوم؛ و نیز طبقات اول و سوم بوده است. همچنین بیشترین و کمترین نیاز سالانه انرژی به ترتیب مربوط به طبقه پنجم و دوم بوده است. میزان نیاز به بارهای گرمایشی کل ساختمان در این شهر کمتر از بارهای سرمایشی است.

جدول (۴-۱۰): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در بابلسر برای هر طبقه و کل طبقات

بابلسر	طبقه اول		طبقه دوم		طبقه سوم		طبقه چهارم		طبقه پنجم		کل ساختمان	
	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس
بارها (kw)	۱/۰۱۶	۴/۲۹۸	۱/۸۲۶	۴/۵۲۱	۱/۸۸۲	۴/۶۰۱	۱/۸۷۹	۵/۲۴۹	۱/۸۸۰	۲۳/۹۹۳	۱/۹۳۵	۳
سرمایشی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
گرمایشی	۵/۲۲۰	۴/۷۱۲	۴/۶۳۱	۴/۶۳۱	۴/۶۳۱	۴/۶۳۶	۵/۰۹۴	۵/۰۹۴	۲۴/۵۰۹	۲۴/۵۰۹	۲۴/۵۰۹	۲۴/۵۰۹



شکل (۴-۱۱): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان در بابلسر

۵-۴-۴ نتایج شهر بندرعباس

در این بخش نیز، میزان بارهای سرمایشی (محسوس و نهران) و گرمایشی مورد نیاز هر طبقه در جدول (۴-۱۱) و نموداری مقایسه‌ای از نسبت انرژی حرارتی و برودتی هر طبقه به کل انرژی ساختمان در شکل (۴-۱۲) ارائه گردیده است. بیشترین و کمترین بار سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز به ترتیب مربوط به طبقات پنجم و دوم، و نیز طبقات اول و سوم بوده است. در مجموع طبقات پنجم و دوم به ترتیب بیشترین و کمترین بارهای کل را نیازمند هستند. همچنین میزان نیاز به بارهای سرمایشی بسیار بیشتر از بارهای گرمایشی است.

جدول (۴-۱۱): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان نمونه در بندرعباس برای هر طبقه و کل طبقات

بندرعباس	طبقه اول		طبقه دوم		طبقه سوم		طبقه چهارم		طبقه پنجم		کل ساختمان	
	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس	نهران	محسوس
سرمایشی (kW)	۱۸۶۳	۵/۴۵۶	۱۸۶۶	۵/۸۶۳	۱۸۹۵	۵/۸۶۵	۱۸۶۵	۷/۱۱۵	۹۰۰	۳۰/۱۵۸	۱۷۴	۱۸
گرمایشی	۰	۴/۲۰۴	۰	۳/۷۱۲	۰	۳/۷۹۸	۰	۳/۹۸۶	۰	۲۰/۲۹۹	۰	۰

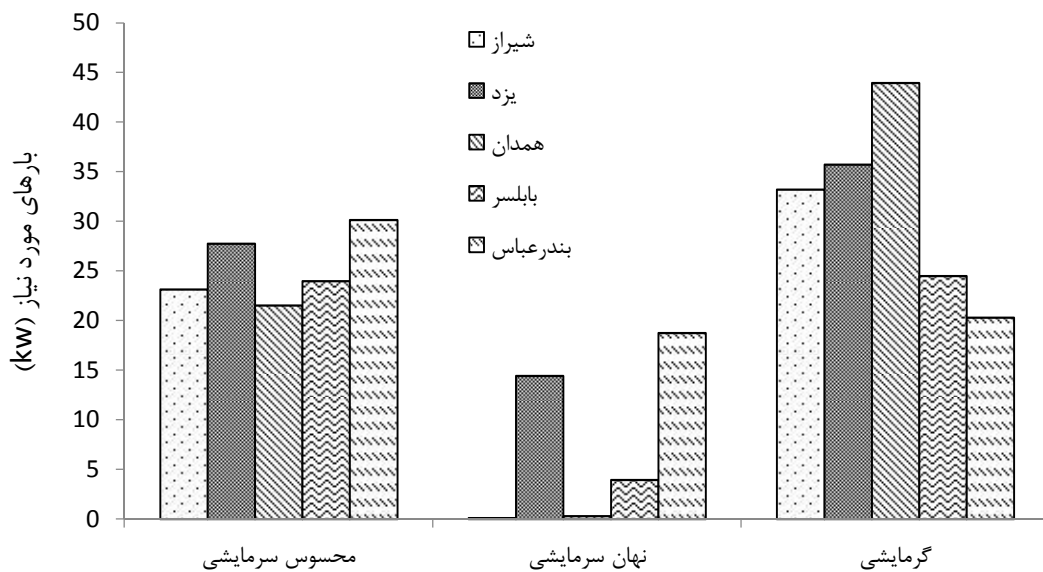


شکل (۴-۱۲): نسبت بارهای مورد نیاز هر طبقه به بار کل ساختمان در شهر بندرعباس

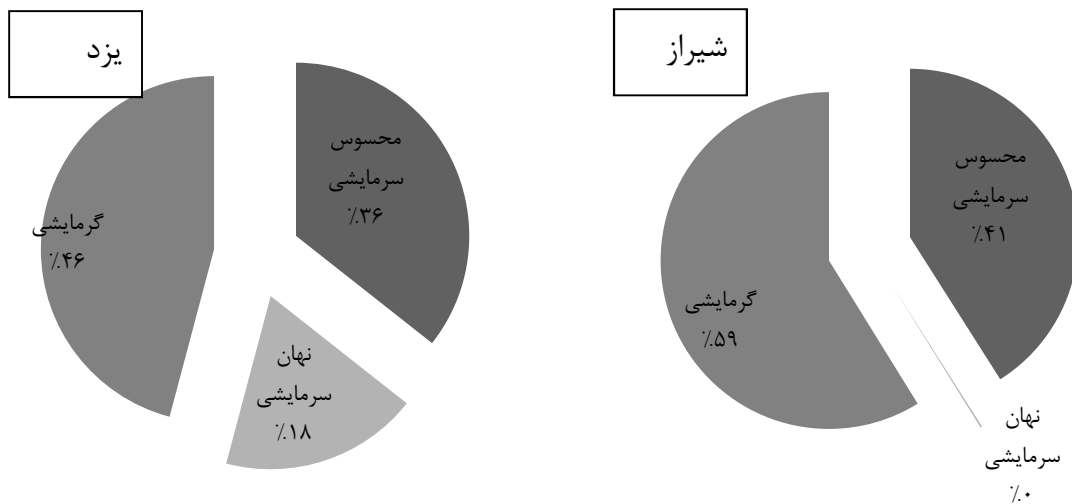
۴-۴-۶ مقایسه کلی شهرها

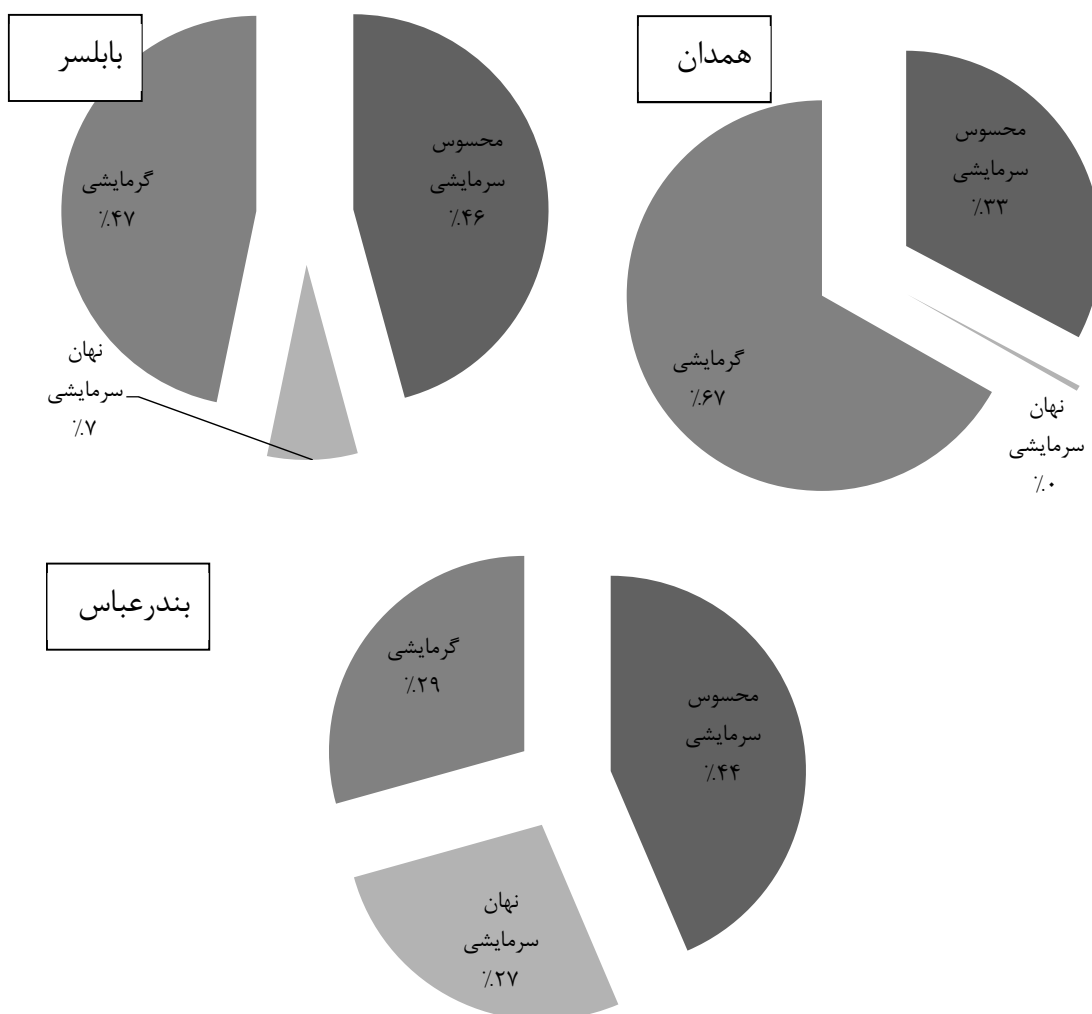
شکل (۴-۱۳) نشان دهنده نمودار مقایسه‌ای بارهای سرمایشی و گرمایشی همه شهرها و شکل (۴-۱۴) نشان دهنده درصد بارهای نهران و محسوس سرمایشی و گرمایشی به کل بارهای مورد نیاز ساختمان‌های مورد بررسی در همه شهرها است. نتایج تحلیل و بررسی این دو نمودار حاکی از آن است که شهر بندرعباس بیشترین بار سرمایشی (نهران و محسوس) و شهر همدان کمترین بار سرمایشی و در بارهای گرمایشی برعکس این ترتیب برقرار است. با توجه به این نکته که

فعالیت افراد در این ساختمان‌ها به صورت نشسته و با حداقل فعالیت فرض شده است؛ و بارهای سرمایشی نهان وابسته به گرمای خروجی از افراد می‌باشد، لذا در همه شهرها میزان بارهای نهان سرمایشی کمتر از بارهای محسوس بوده و میزان آن کمتر از ۲۸٪ از کل بارهای مورد نیاز ساختمان است. شهر بندرعباس بیشترین بار سرمایشی نهان و شهر شیراز و همدان کمترین بار سرمایشی نهان (در حدود ۰٪) را دارا بوده است.



شکل (۴-۱۳): بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای همه شهرهای نمونه





شکل (۴-۱۴): درصد هریک از بارهای سرمایه‌اشی (نهان و محسوس) و گرمایشی مورد نیاز برای شهرهای مورد بررسی

۴-۵ نتایج تحلیل اقتصادی

در این بخش نتایج تحلیل اقتصادی صورت گرفته برای همه سیستم‌ها با در نظر گرفتن نرخ سود، تورم، هزینه‌های اولیه و جاری و نرخ حامل‌های سوخت که با استفاده از شاخص اقتصادی ارزش حال خالص (NPV) به صورت مجموع هزینه‌های خالص کل بیست سال به ازای سال حاضر، به تفکیک شهرهای مورد بررسی و همچنین سیستم‌ها ارائه شده‌است.

۴-۵-۱ نتایج تحلیل اقتصادی به تفکیک شهرها

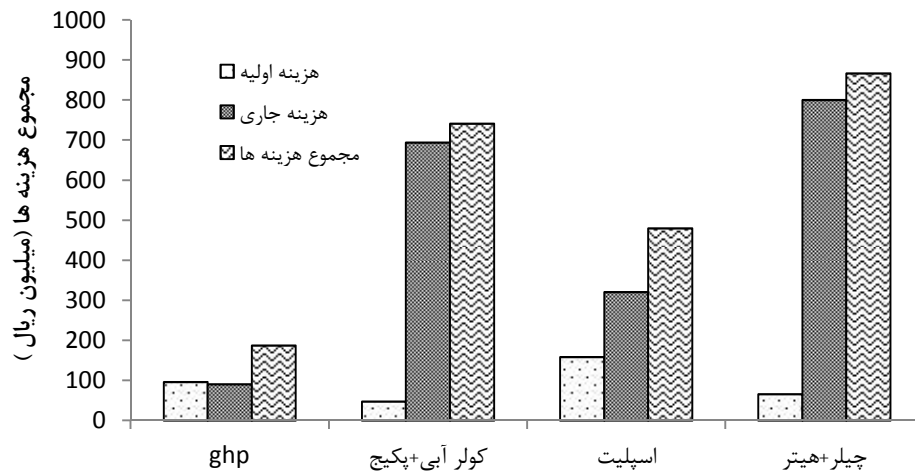
در این بخش، نتایج تحلیل اقتصادی صورت گرفته برای همه سیستم‌ها، برای همه شهرها به صورت جداگانه ارائه گردیده است.

۴-۵-۱-۱ شهر شیراز

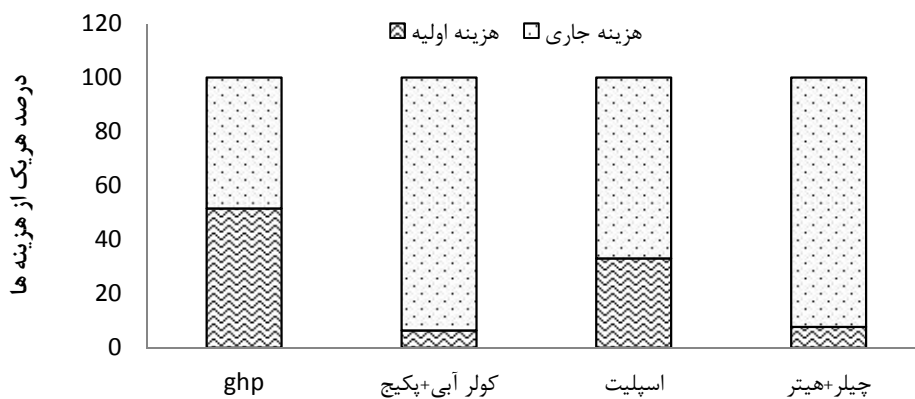
نتایج میزان هزینه‌های کل هر سیستم به کار گرفته شده طی بیست سال به ارزش حال خالص در شهر شیراز، در جدول (۴-۱۲) و مقایسه هزینه‌های خالص کل طی بیست سال همه سیستم‌ها به ارزش حال در شکل (۴-۱۵) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج به دست آمده، سیستم اسپلیت بیشترین هزینه خالص بیست سال را به ارزش حال، معادل ۸۶۶ میلیون ریال و سیستم GEHP کمترین هزینه معادل ۱۸۷ میلیون ریال داشته است. با توجه به شکل (۴-۱۶) که نشان‌دهنده درصد هریک از هزینه‌های اولیه و جاری سیستم‌های مختلف است، سیستم GEHP و نیز چیلر به ترتیب دارای کمترین و بیشترین هزینه جاری در این شهر می‌باشند. لذا هزینه عملیاتی بالای مربوط به سیستم‌های چیلر و کولر آبی سبب شده تا با این که هزینه اولیه به نسبت کمتری دارند، اما مجموع هزینه‌های بهره‌گیری از آن‌ها بیشتر از سایر سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی گردد.

جدول (۴-۱۲): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال حاضر برای شیراز

سیستم‌ها	هزینه کل بعد از گذشت ۲۰ سال (میلیون ریال)	هزینه کل سیستم سرمایش و گرمایش در سال حاضر (میلیون ریال)
GHP	۱۲۶۱/۹۲	۱۸۷/۵۸
کولر آبی+پکیج	۴۹۸۶/۹۳	۷۴۱/۲۷
اسپلیت	۳۲۲۶/۷۹	۴۷۹/۶۴
چیلر+ هیتر جذبی	۵۸۲۸/۷۵	۸۶۶/۴۱



شکل (۴-۱۵): نمودار مقایسه‌ای بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر شیراز



شکل (۴-۱۶): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر شیراز

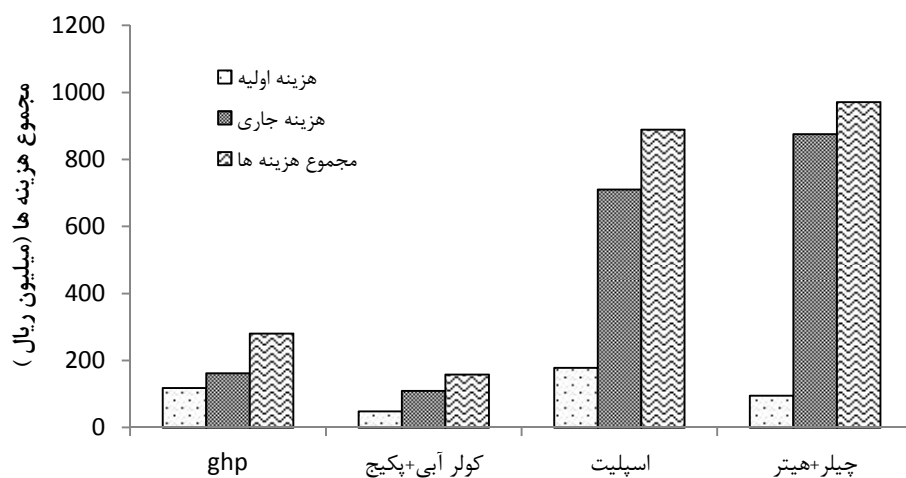
۲-۱-۵-۴ شهر یزد

نتایج تحلیل اقتصادی هزینه‌های سیستم‌های موجود در شهر یزد، در جدول (۴-۱۳) و همچنین مقایسه این سیستم‌ها در شکل (۴-۱۷) ارائه شده‌است. نتایج نشان دهنده مطلوب بودن سیستم GHP در رتبه اول و سیستم چیلر+هیتر جذبی در رتبه آخر است. میزان هزینه‌های هریک از سیستم‌های بیان شده به ترتیب میزان ۲۸۱ و ۹۷۱ میلیون ریال بوده‌است. با توجه به شکل (۴-۴)

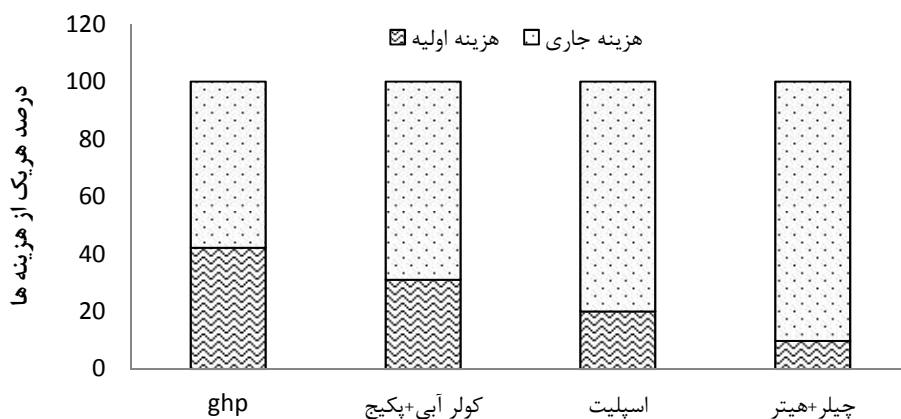
۱۸) که نشان‌دهنده درصد هریک از هزینه‌های اولیه و نیز جاری است؛ کولر آبی+پکیج و سیستم GEHP با اختلاف کمی کمترین و چیلر+هیتر جذبی دارای بیشترین درصد هزینه جاری نسبت به کل هزینه‌ها بوده‌است.

جدول (۴-۱۳): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال حاضر برای یزد

سیستم‌ها	هزینه کل بعد از گذشت ۲۰ سال (میلیون ریال)	هزینه کل سیستم سرمایش و گرمایش در سال حاضر (میلیون ریال)
GHP	۱۸۹۳/۳۴	۲۸۱/۴۳
کولر آبی+پکیج	۱۰۶۸/۶۲	۱۵۸/۸۴
اسپلیت	۵۹۸۳/۱۷	۸۸۹/۳۶
چیلر+هیتر جذبی	۶۵۳۷/۶	۹۷۱/۷۷



شکل (۴-۱۷): نمودار مقایسه‌ای بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر یزد



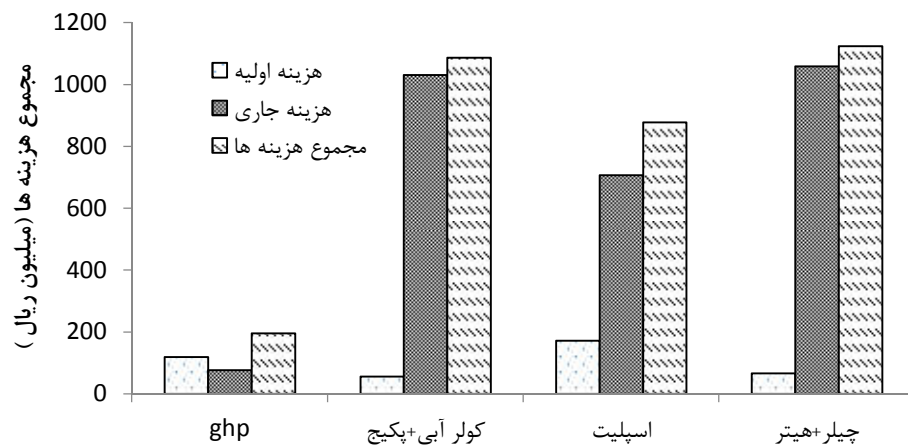
شکل (۴-۱۸): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر یزد

۳-۱-۵-۴ شهر همدان

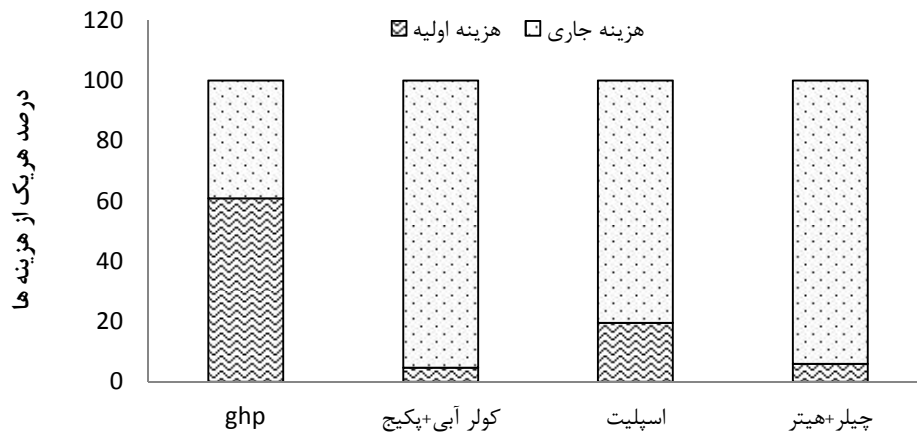
نتایج تحلیل اقتصادی سیستم‌های حرارتی و برودتی در شهر همدان مطابق جدول (۴-۱۴) و همچنین مقایسه هزینه‌ای صورت گرفته‌شده براساس ارزش حال در شکل (۴-۱۹) ارائه گردیده‌است. نتایج نشان داده‌است؛ سیستم GEHP بیشترین مطلوبیت و چیلر+هیتر جذبی کمترین مطلوبیت را دارا بوده و میزان هزینه هر یک از این سیستم‌ها طی بیست سال به ارزش حال، به ترتیب میزان ۱۹۵ و ۱۱۲۴ میلیون ریال بوده‌است. با توجه به شکل (۴-۲۰) که نشان‌دهنده درصد هر یک از هزینه‌های عملکردی و سرمایه‌گذاری نسبت به هزینه کل است، سیستم GEHP کمترین و کولر آبی+پکیج بیشترین هزینه جاری را دارا بوده‌است.

جدول (۴-۱۴): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال حاضر شهر همدان

سیستم‌ها	هزینه کل بعد از گذشت ۲۰ سال (میلیون ریال)	هزینه کل سیستم سرمایش و گرمایش در سال حاضر (میلیون ریال)
GHP	۱۳۱۴/۰۴	۱۹۵/۳۲
کولر آبی+پکیج	۷۲۷۲/۰۵	۱۰۸۰/۹۴
اسپلیت	۵۹۰۴/۲۹	۸۷۷/۶۴
چیلر+هیتر جذبی	۷۵۶۲/۸۳	۱۱۲۴/۱۷



شکل (۴-۱۹): مقایسه بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر همدان



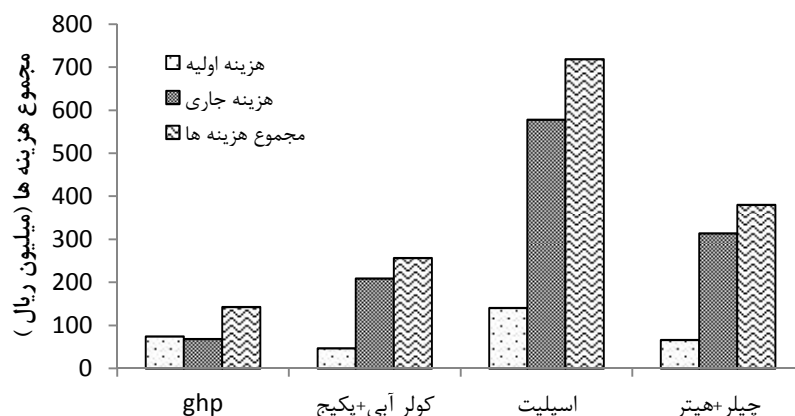
شکل (۴-۲۰): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر همدان

۴-۵-۱-۴ شهر بابلسر

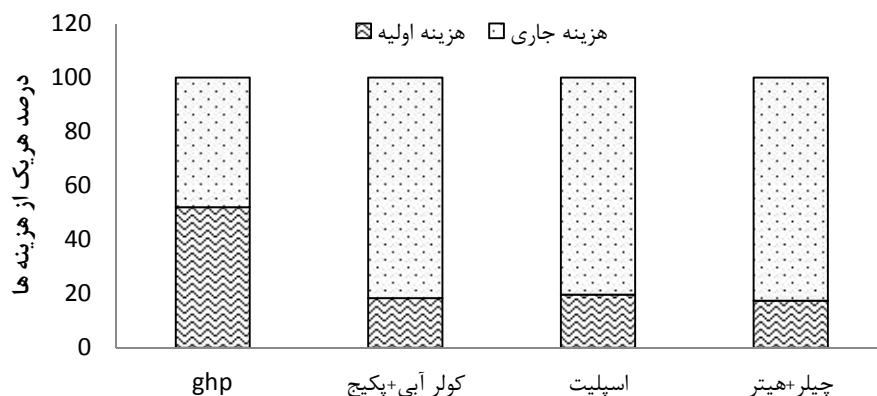
نتایج تحلیل اقتصادی انجام شده برای شهر بابلسر مطابق جدول (۴-۱۵) و شکل (۴-۲۱) ارائه گردیده است. نتایج نشان دهنده آن است که سیستم GEHP بیشترین مطلوبیت و اسپلیت کمترین مطلوبیت را از لحاظ اقتصادی دارا بوده و هزینه آن‌ها طی بیست سال به ارزش حال، به ترتیب میزان ۱۴۲ و ۷۱۹ میلیون ریال بوده است. همچنین شکل (۴-۲۲) نشان دهنده درصد هریک از هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به هزینه کل سیستم‌های مورد بررسی بوده است. نتایج بیانگر آن است که سیستم GEHP کمترین و کولر اسپلیت بیشترین درصد هزینه عملکردی را دارا بوده است.

جدول (۴-۱۵): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال حاضر شهر بابلسر

سیستم‌ها	هزینه کل بعد از گذشت ۲۰ سال (میلیون ریال)	هزینه کل سیستم سرمایش و گرمایش در سال حاضر (میلیون ریال)
GHP	۹۶۱/۹۵	۱۴۲/۹۹
کولر آبی+پکیج	۱۷۲۵/۹۳	۲۵۶/۵۵
اسپلیت	۴۸۳۷/۹۱	۷۱۹/۱۲
چیلر+هیتر جذبی	۲۵۵۶/۶۸	۳۸۰/۰۳



شکل (۴-۲۱): مقایسه بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر بابلسر



شکل (۴-۲۲): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر بابلسر

۴-۵-۱-۵ شهر بندرعباس

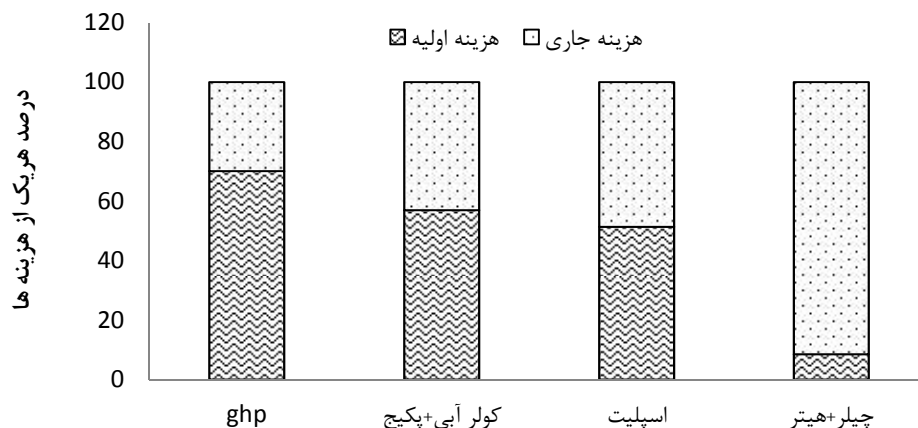
در این بخش نتایج تحلیل اقتصادی صورت گرفته در جدول (۴-۱۶) و مقایسه هزینه‌های براساس هزینه حال خالص هریک از سیستم‌ها در شکل (۴-۲۳) ارائه شده‌است. نتایج نشان‌دهنده آن‌ها که کولر آبی+پکیج بیشترین مطلوبیت و چیلر+هیتر جذبی کمترین مطلوبیت را دارا بوده و هزینه آن‌ها طی بیست سال به ارزش حال، به ترتیب میزان ۷۷ و ۱۱۲۰ میلیون ریال بوده‌است. با توجه به شکل (۴-۲۴) سیستم چیلر+هیتر جذبی بیشترین هزینه جاری و سیستم اسپلنت بیشترین هزینه اولیه را دارا بوده، و نیز سیستم کولرآبی+پکیج دارای کمترین هزینه کل و چیلر+هیتر جذبی به دلیل هزینه عملکردی بسیار بالا، با اختلاف زیادی بیشترین مجموع هزینه را طی بیست سال به ارزش حال حاضر دارا بوده‌اند.

جدول (۴-۱۶): هزینه‌های کل سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال و تبدیل به سال حاضر شهر بندرعباس

سیستم‌ها	هزینه کل بعد از گذشت ۲۰ سال (میلیون ریال)	هزینه کل سیستم سرمایش و گرمایش در سال حاضر (میلیون ریال)
GHP	۱۴۲۶/۵۳	۲۱۲/۰۴
کولر آبی+پکیج	۵۲۳/۴۱	۷۷/۸
اسپلنت	۲۶۳۱/۸۳	۳۹۱/۲۱
چیلر+هیتر جذبی	۷۵۳۷/۸۷	۱۱۲۰/۴۶



شکل (۴-۲۳): مقایسه بین هزینه‌های سال حاضر همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در شهر بندر عباس

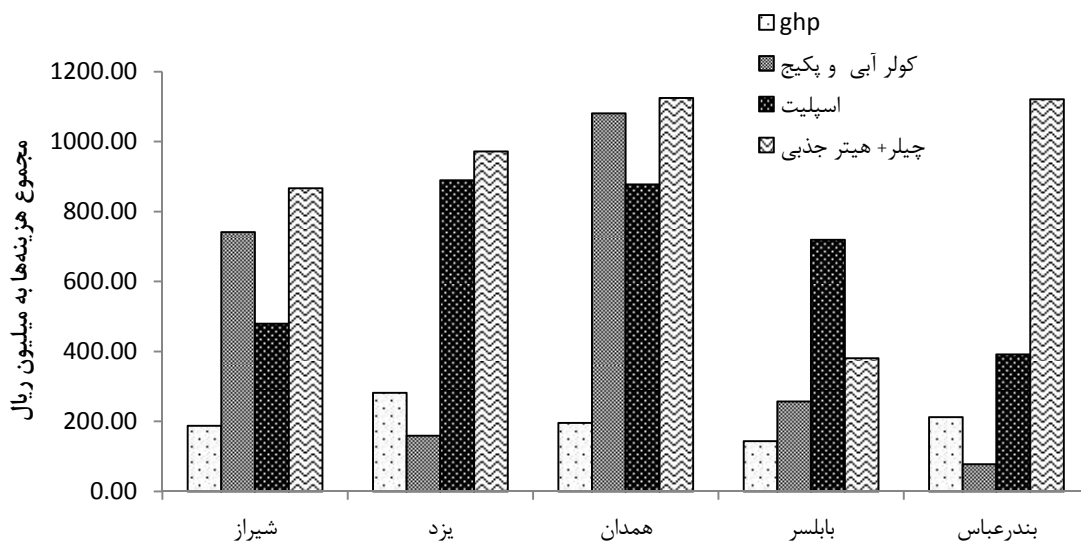


شکل (۴-۲۴): درصد هزینه‌های اولیه و جاری نسبت به کل هزینه‌ها برای شهر بندرعباس

۴-۵-۱-۶ مقایسه نتایج تحلیل اقتصادی همه شهرها

در این بخش، هزینه‌های سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال به ارزش حال حاضر در همه شهرهای مورد بررسی مطابق شکل (۴-۲۵) با یکدیگر مقایسه شده‌است. نتایج نشان داده‌است که سیستم GEHP در میان همه سیستم‌ها برای اکثر شهرها دارای کمترین هزینه بوده، و سیستم اسپلیت در شهر بابلسر (دارای بیشترین رطوبت نسبی در تابستان) و چیلر+هیتر جذبی در سایر شهرهای مورد بررسی بیشترین هزینه در طول بیست سال به ارزش حال دارا بوده‌است. همچنین در شهر همدان، هزینه سیستم‌های کولر آبی +پکیج و چیلر+هیتر جذبی بیشتر از سایر

شهرهای بوده است و در مجموع نیز هزینه سیستم‌ها طی بیست سال به ارزش حال حاضر در این شهر بیشتر از سایر شهرها است. همچنین شهر بندرعباس در مجموع، کمترین هزینه را برای سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی به دلیل قیمت سوخت کمتر، دارا بوده است. لذا این نمودار به خوبی نشان دهنده تاثیر قیمت سوخت بر میزان هزینه‌های سرمایش و گرمایش بوده است.



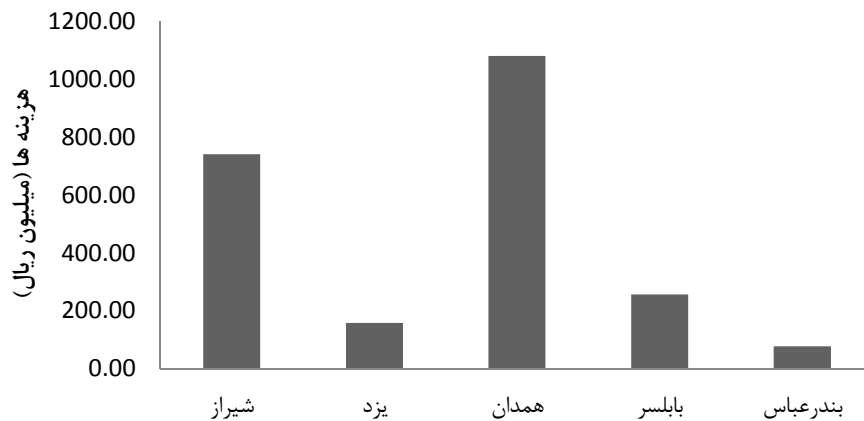
شکل (۴-۲۵): هزینه‌های هریک از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طی بیست سال به ارزش حال به تفکیک شهرهای نمونه

۲-۵-۴ نتایج تحلیل اقتصادی به تفکیک سیستم‌ها

در این بخش، نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی انجام شده به تفکیک سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی برای همه شهرها، با توجه به هزینه بیست سال به ارزش خالص در حال حاضر ارائه شده است، که با توجه به آن، میزان مطلوبیت هر سیستم نسبت به شهرهای دیگر تعیین گردیده است.

۱-۲-۵-۴ سیستم کولر آبی + پکیج

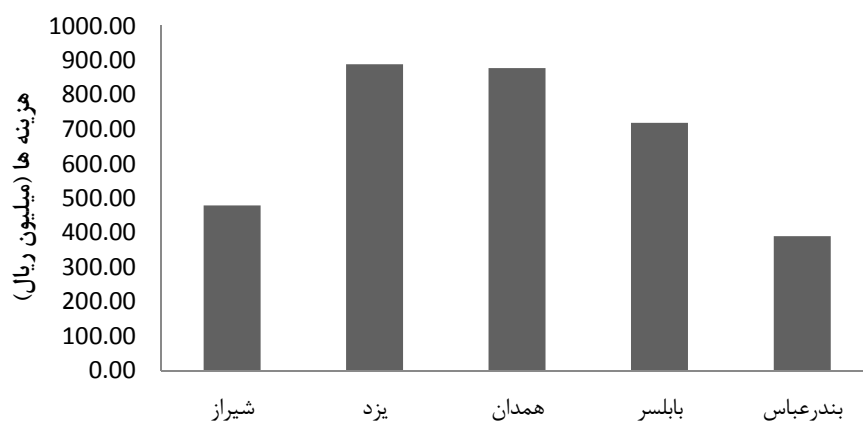
در این بخش، نتیجه تحلیل اقتصادی و هزینه‌های سیستم کولر آبی + پکیج جهت سرمایه‌گذاری و گرمایش همه شهرهای مورد بررسی در شکل (۴-۲۶) ارائه گردیده است. نتایج نشان داده که این سیستم کمترین هزینه را در شهر بندرعباس و بیشترین هزینه را در شهر همدان دارا بوده است.



شکل (۴-۲۶): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال کولر آبی + پکیج برای شهرهای مورد بررسی

۲-۲-۵-۴ سیستم کولر اسپلیت

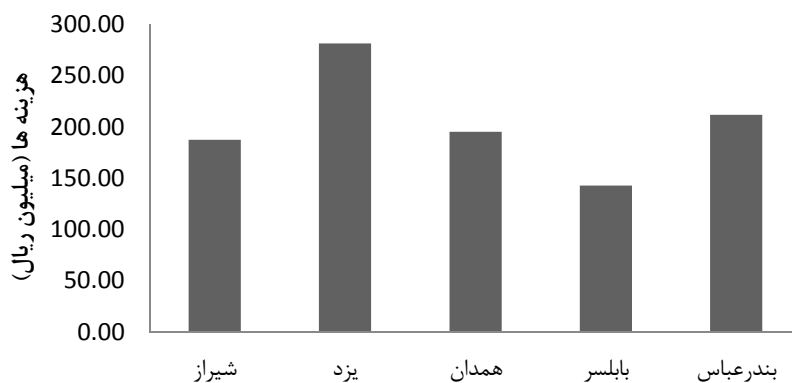
نتیجه تحلیل اقتصادی صورت گرفته کولر اسپلیت، در شکل (۴-۲۷) ارائه شده است. با توجه به این نمودار، کولر اسپلیت در شهر یزد بیشترین و در شهر بندرعباس کمترین هزینه کل طی بیست سال به ارزش حال حاضر را دارا بوده است. که کمترین هزینه در شهر بندرعباس به دلیل بهای کمتر سوخت در این شهر است.



شکل (۴-۲۷): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال اسپلیت برای شهرهای مورد بررسی

۴-۵-۲-۳ سیستم GEHP

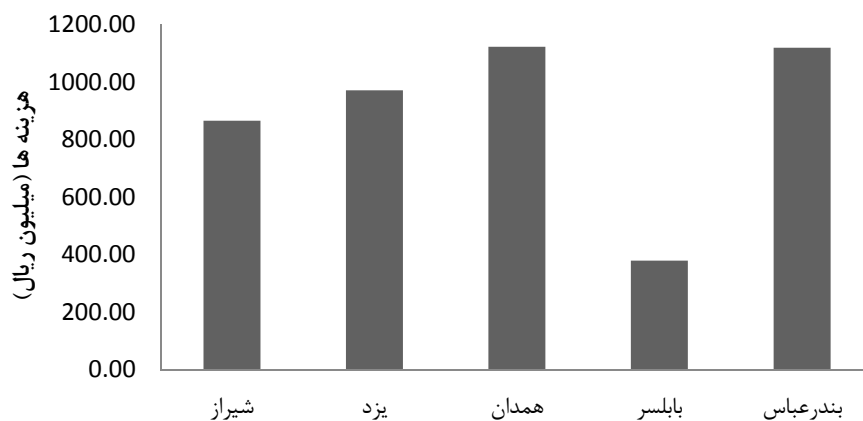
در این بخش، نتایج تحلیل اقتصادی بر مبنای هزینه کل سیستم GEHP طی بیست سال به ارزش سال حاضر، در شکل (۴-۲۸) ارائه گردیده است. با توجه به این نمودار، کمترین و بیشترین هزینه‌ها به ترتیب مربوط به شهرهای بابلسر و یزد بوده است. همچنین هزینه‌های همه شهرها، دارای تفاوتی زیادی با یکدیگر نیستند؛ این عدم متغییر بودن میزان تفاوت هزینه‌ها، به دلیل هزینه‌های عملکردی پایین سیستم GEHP و هزینه اولیه بالای آن بوده؛ که تقریباً برای همه شهرها، از موتور GEHP با ابعاد یکسانی استفاده شده، و تفاوت اندک به دلیل هزینه‌های عملکردی و میزان متفاوت نیاز به سرمایش و گرمایش بوده است.



شکل (۴-۲۸): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال GEHP برای شهرهای مورد بررسی

۴-۲-۵-۴ سیستم چیلر+ هیتر جذبی

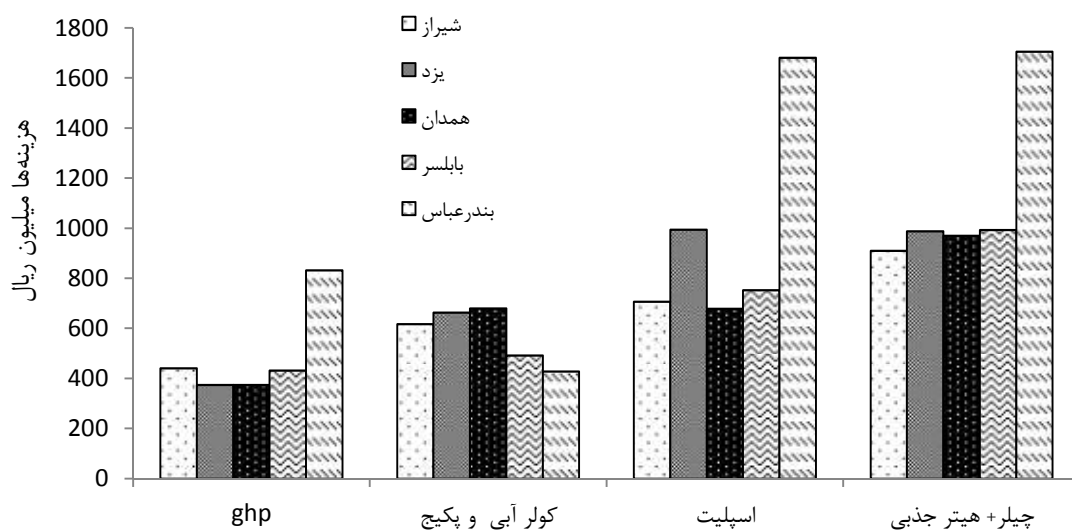
نتایج تحلیل‌های اقتصادی انجام شده برای سیستم چیلر+هیتر جذبی در شکل (۴-۲۹) ارائه گردیده‌است. بر طبق این نمودار بیشترین و کمترین هزینه طی بیست سال به ارزش حال برای سیستم چیلر+ هیتر جذبی، به ترتیب مربوط به شهرهای همدان و نیز بابلسر بوده‌است.



شکل (۴-۲۹): مقایسه هزینه‌های طی بیست سال به ارزش حال چیلر+هیتر جذبی برای شهرهای مورد بررسی

۴-۵-۲-۵ مقایسه کلی سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی

در این بخش، نتایج تحلیل‌های اقتصادی صورت گرفته برای همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در هر پنج شهر مورد بررسی، در شکل (۴-۳۰) ارائه گردیده‌است. نتایج تحلیل اقتصادی حاکی از آن است که در مجموع، سیستم GEHP و کولر آبی + پکیج (به‌جز برای شهر همدان) دارای کمترین هزینه و سیستم چیلر+ هیتر جذبی بیشترین هزینه کل طی بیست سال به ارزش حال حاضر را برای همه شهرها دارا بوده‌است. همچنین سیستم GEHP برای اکثر شهرها (به‌جز برای شهر بندرعباس به دلیل نیاز بالای سرمایشی و ابعاد بزرگ این سیستم) کمترین هزینه حال خالص سرمایه‌گذاری و عملکردی را در یک افق بیست ساله دارا بوده‌است. در حالی که سایر سیستم‌ها دارای هزینه‌های متغیرتری برای شهرهای مختلف بوده‌اند.



شکل (۴-۳۰): مقایسه همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در پنج شهر مورد بررسی

۴-۶ نتایج تحلیل فنی

در این بخش به تحلیل نتایج فنی از دو جنبه امکان پذیری استفاده از سیستم‌های مختلف در هر

اقلیم و نیز به جنبه تأمین شرایط رفاهی توسط هر سیستم در هر اقلیم و برای همه ساختمان های مورد بررسی، پرداخته شده است.

۴-۶-۱ تحلیل فنی - بکارگیری استفاده

از دیدگاه فنی عملکرد مطلوب سیستم در شرایط اقلیمی متفاوت، مهم ترین معیار بکارگیری یک سیستم حرارتی است. به بیان دیگر سیستم باید بتواند تحت شرایط اقلیمی متفاوت، شرایط آسایش را ایجاد نماید. در این بخش توانایی هر یک از سیستم های سرمایشی و گرمایشی، براساس شرایط مختلف عملکردی در هر اقلیم با استفاده از دو روش نمودار زیست اقلیمی و همچنین ۳ فاکتور معین شده در مدل سازی موقعیت جغرافیایی، برای هر یک از شهرها سنجیده شده است؛ و در نهایت مطابق با جدول (۴-۱۷) ارائه گردیده شده؛ که در صورت امکان پذیری استفاده، سیستم های مختلف در هر اقلیم، با نماد + و در صورت عدم امکان پذیری با نماد - در جدول نمایش داده شده است.

جدول (۴-۱۷): تحلیل امکان پذیری استفاده از سیستم های سرمایشی و گرمایشی در هر اقلیم

سیستم ها	اقلیم ۱	اقلیم ۲	اقلیم ۳	اقلیم ۴
	شیراز	همدان	بابلسر	بندرعباس
کولر آبی+پکیج	+	+	-	-
GHP	+	+	+	+
اسپلیت	+	+	+	+
چیلر+هیتر جذبی	+	+	-	-

۲-۶-۴ تحلیل فنی-رفاهی

در تحلیل رفاهی به بررسی درجه مطلوبیت هر یک از سیستم‌ها بر طبق معیارهای تأمین کننده شرایط آسایش رفاهی، با استفاده از دو روش ضرایب گسسته و همچنین روش منطق فازی پرداخته شده است.

۱-۲-۶-۴ نتایج تحلیل با استفاده از روش ضرایب گسسته

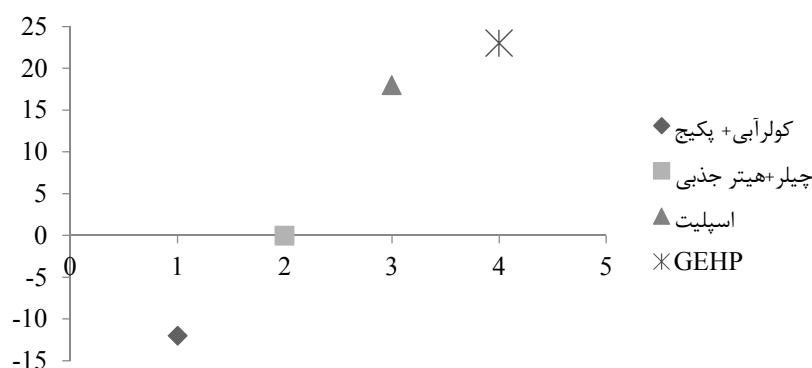
در این بخش، هریک از معیارهای تأمین کننده آسایش رفاهی همچون: میزان سرو صدا، آلاینده‌گی محیط زیست، یکنواختی سرمایش و گرمایش، رطوبت، میزان مصرف سوخت‌ها (آب، برق، گاز) و همچنین کیفیت سرمایش و گرمایش، براساس ضرایب کیفی از قبیل A, B, C و D طبقه بندی شده، و نتایج در جدول (۴-۱۸) ارائه گردیده است.

جدول (۴-۱۸): تحلیل رفاهی سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی

GHP	اسپلیت	چیلر+هیتر جذبی	کولرآبی+پکیج	معیار مقایسه
A ^[61]	B	C	D	تعمیر و نگهداری
A	A	C	D	مصرف آب
A	D	C	B	مصرف برق
B	A	C	A	مصرف گاز
A	B	A	D	استهلاک
D	B	D	A	قیمت اولیه
A	A	B	C	زمان پاسخگویی به تغییر بار
A	B	C	D	ایمنی
A	A	B	D	راندمان گرمایش
A	A	B	C	راندمان سرمایش
A	A	A	C	زمان راه‌اندازی

C	B	D	C	آلاینده‌های زیست‌محیطی
A	B	C	B	ثبات شرایط آسایش فضا
A	C	D	D	کنترل‌پذیری و مانوردهی

همچنین مطلوبیت هر سیستم از دیدگاه تأمین شرایط رفاهی، بصورت پیشنهادی با در نظر گرفتن ضرایب مطلوبیت $A=2$ و $B=1$ و همچنین عدم مطلوبیت برای $C=-1$ و $D=-2$ ، بصورت کمی در نظر گرفته شده و نتایج مقایسه در شکل (۴-۳۱) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده شده است؛ سیستم GEHP دارای بیشترین درجه از مطلوبیت بوده، و سیستم کولرآبی + پکیج نیز، کمترین مطلوبیت را دارا بوده است.



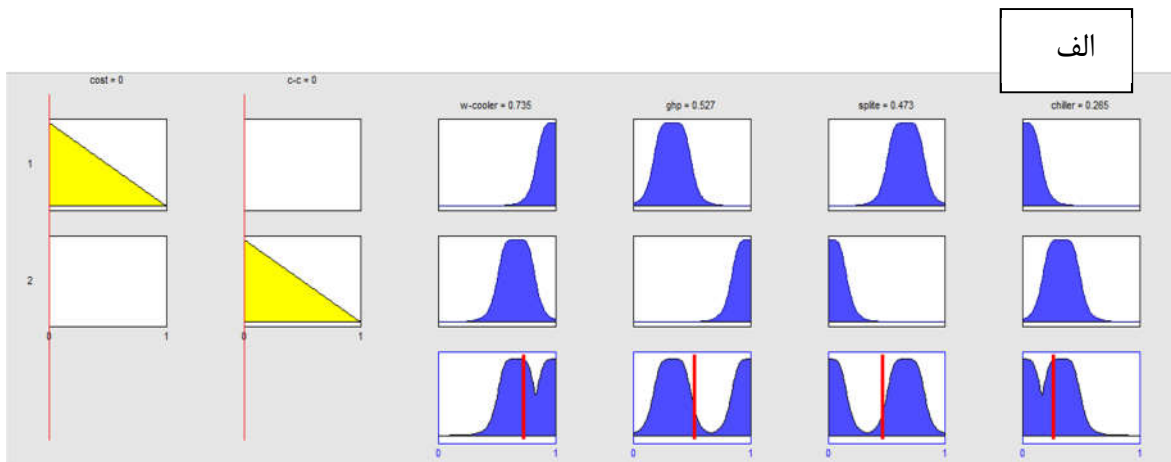
شکل (۴-۳۱): نتایج تحلیل رفاهی با استفاده از ضرایب گسسته

۴-۲-۶-۲ نتایج تحلیل با مدل فازی

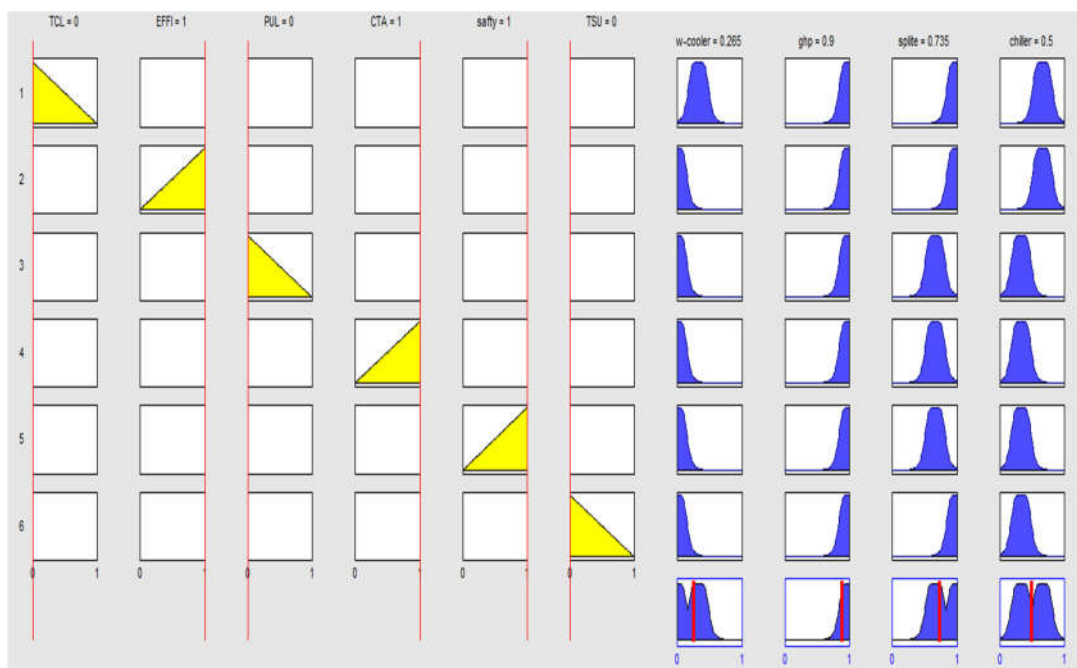
در تحلیل فازی انجام شده، جهت نشان دادن میزان مطلوبیت و عدم آن برای هر یک از متغیرها، بازه بین ۰ تا ۱ در نظر گرفته شده است. برای برخی از متغیرها که افزایش آن‌ها مطلوب‌تر است مانند راندمان سرمایشی و گرمایشی، ایمنی دستگاه، یکنواختی محیط داخلی و ...، عدد ۱

به‌عنوان فرض مطلوبیت مدل مورد بررسی و برای سایر متغیرها که کاهش آن‌ها مد نظر بوده‌است مانند: زمان تغییر بار، میزان آلودگی محیط زیست و زمان راه‌اندازی مقادیر هزینه‌های اولیه و جاری؛ عدد صفر را به‌عنوان فرض مطلوبیت تحلیل قرار داده‌است.

برطبق این فرضیات؛ میزان مطلوبیت و عملکرد مناسب هر سیستم در دو بررسی فوق، در شکل‌های (۴-۳۲) الف و ب نشان داده شده‌است. همچنین شکل (۴-۳۳) نتایج حاصل از منطق فازی را نمایش داده‌است؛ لذا برای هر یک از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی مورد توجه در این پژوهش، در دو فاز بررسی، میزان مطلوبیت به قرار زیر است:



ب



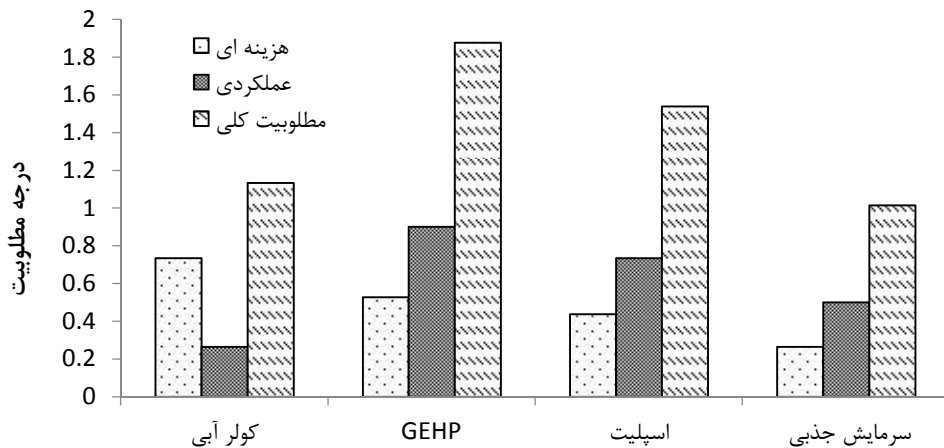
شکل (۴-۳۲): نتایج تحلیل براساس منطق فازی: الف) فاز اول بررسی براساس متغیرهای هزینه‌ای

ب) فاز دوم بررسی براساس متغیرهای عملکردی

در فاز اول بررسی که براساس متغیرهای هزینه‌ای بوده‌است، سیستم کولر آبی+پکیج بیشترین میزان مطلوبیت را با عدد 0.735 دارا بوده، بعد از آن سیستم‌های GEHP، کولر اسپلیت و چیلر+هیتر جذبی مقادیر 0.527 ، 0.437 و 0.265 را به خود اختصاص داده‌اند.

در فاز دوم بررسی که براساس متغیرهای عملکردی بوده‌است، سیستم GEHP دارای بیشترین میزان مطلوبیت معادل 0.9 ، سپس به ترتیب سیستم‌های کولر اسپلیت، چیلر+هیتر جذبی و سیستم کولرآبی+پکیج اعداد 0.735 ، 0.5 و 0.265 را دارا بوده‌اند.

با توجه به این نکته که متغیرهای عملکردی هر سیستم نسبت به هزینه‌ای، در تأمین شرایط رفاهی نقش بیشتری دارد، لذا در مجموع میزان مطلوبیت در حالت عملکردی از ضریب بالاتری برخوردار بوده و نتایج مطابق شکل (۴-۳۳) نشان داده‌است.



شکل (۴-۳۳): میزان کمی مطلوبیت استفاده از هر سیستم از دیدگاه فنی-رفاهی

همان گونه که مشاهده شده است؛ در همه اقلیم‌ها با تفاوت اندک، سیستم GEHP به دلیل هزینه‌های تعمیرات و نگهداری کم، عدم مصرف آب، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، راندمان سرمایش و گرمایشی بالا، ایجاد ثبات بالای شرایط داخلی، طول عمر طولانی، استهلاک کم، ایمنی و کنترل پذیری و ومانور دهی بالا، در رده اول طبقه‌بندی سیستم‌ها براساس میزان مطلوبیت قرار دارد. سیستم اسپلیت به دلیل مصرف بالای برق و همچنین عدم ثبات شرایط داخلی علی رغم وجود توانایی‌هایی مانند راندمان سرمایش و گرمایشی بالا، هزینه اولیه مناسب، ایمنی بالا و سرعت ایجاد سرمایش در رده دوم قرار گرفته است. سیستم کولر آبی + پکیج به علت مصرف بالای برق و آب، استهلاک بالا، عدم توانایی در ثبات شرایط داخلی، عدم کنترل پذیری، راندمان سرمایشی و گرمایشی پایین در رده سوم و سیستم چیلر+هیتر جذبی به دلیل هزینه اولیه بالا، هزینه‌های تعمیرات و نگهداری زیاد، مصرف بالای سوخت‌ها و منابع انرژی مانند آب و گاز و برق و آلاینده‌گی بالای محیط‌زیست در رده آخر قرار گرفته است.

۵ جمع بندی نتایج و پیشنهادها

۱-۵ جمع‌بندی نتایج

در تحقیق حاضر، مطلوبیت استفاده از سیستم GEHP و سایر سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در اقلیم‌های مختلف کشور ایران مورد بررسی قرار گرفته تا سیستم بهینه از دو دیدگاه اقتصادی و فنی معرفی گردد. لذا جهت انجام این پژوهش، ابتدا اقلیم‌های مختلف کشور ایران و روش‌های متداول سرمایش و گرمایشی معرفی و مورد بررسی قرار گرفته، سپس پنج شهر را انتخاب نمونه و پس از تعیین نوع اقلیم هریک، ساختمانی پنج طبقه را در هر یک از شهرها با استفاده از نرم افزار کریر مدل‌سازی شده است. سپس با استفاده از نتایج خروجی از نرم افزار شامل بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز هر طبقه و کل ساختمان، تحلیل‌های اقتصادی (از روش NPV) و فنی (امکان بکارگیری و نیز جنبه رفاهی) در یک دوره بکارگیری بیست ساله صورت گرفته است. نتایج این تحلیل‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- نتایج محاسبات دما-روز های مورد نیاز جهت سرمایش و گرمایش نشان‌دهنده این بوده که شهر بندرعباس و همدان به ترتیب بیشترین نیاز را به بارهای سرمایشی و گرمایشی داشته‌اند که نشان می‌دهد در صورت انتخاب اشتباه سیستم سرمایش و گرمایش هدر رفت انرژی بسیار زیادی رخ خواهد داد.
- با تحلیل نتایج مربوط به بارهای سرمایشی مورد نیاز هر طبقه از ساختمان در همه شهرهای مورد بررسی، مشاهده شده است بیشترین و کمترین بار مربوط به طبقات پنجم و نیز دوم بوده است.
- با تحلیل نتایج مربوط به بارهای گرمایشی مورد نیاز هر طبقه از ساختمان در همه شهرهای مورد بررسی، مشاهده شده است بیشترین و کمترین بار مربوط به طبقات اول و نیز وسط بوده است.
- با تحلیل مجموع بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز هر طبقه به صورت مجزا، در همه شهرهای مورد بررسی، کمترین و بیشترین بارهای مورد نیاز به ترتیب برای طبقات دوم و پنجم بوده است. لذا

مصرف انرژی و به طبع هزینه‌های آن در طبقه دوم کمتر و در طبقه پنجم بیشترین میزان بوده است.

- با توجه به این نکته که بارهای سرمایشی نهان با توجه به گرمای خروجی از افراد محاسبه می‌شود، لذا چون فعالیت افراد بصورت نشسته و با حداقل تحرک فرض شده است، این میزان بارهای سرمایشی نهان ساختمان‌ها در همه شهرهای مورد بررسی کمتر از ۲۷٪ از کل بارهای مورد نیاز ساختمان بوده است.

- با مقایسه بارهای سرمایشی و گرمایشی همه شهرها، مشاهده شده است که بارهای گرمایشی در محدوده زیادی از ۲۹/۲۰-۹۵/۴۳ تغییرات داشته اما بارهای سرمایشی مورد نیاز برای همه شهرها دارای محدود تغییرات کمتر و در حدود ۱۵/۳۰-۵۴/۲۱ kw بوده است.

- با توجه به نتایج تحلیل اقتصادی به تفکیک شهرهای مورد بررسی سیستم GEHP در میان همه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی برای بیشتر شهرها (به جز بندرعباس و یزد)، دارای کمترین هزینه کل بوده؛ و سیستم اسپلیت در شهر بابلسر (دارای بیشترین رطوبت نسبی در تابستان) و چیلر+هیتر جذبی در سایر شهرهای مورد بررسی بیشترین هزینه در طول بیست سال به ارزش حال را دارا بوده است. همچنین در شهر همدان، هزینه سیستم‌های کولر آبی+پکیج و چیلر+هیتر جذبی بیشتر از سایر شهرها بوده و در مجموع نیز هزینه سیستم‌ها طی بیست سال به ارزش حال حاضر در این شهر، بیشتر از سایر شهرها است. همچنین شهر بندرعباس در مجموع، کمترین هزینه را برای سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی به دلیل بهای سوخت کمتر، نیاز داشته است.

- در تحلیل فنی-امکان بکارگیری از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در اقلیم‌های متفاوت توانایی‌های هر سیستم جهت تأمین دما و میزان رطوبت مطلوب با استفاده از دو روش بیان

شده (استفاده از نمودار سایکرومتریک و نیز ۳ مشخصه اقلیمی هر شهر)، سنجیده شده است؛ لذا سیستم کولر آبی در مناطق مرطوب و یا خیلی گرم توانایی مطلوب را ندارد؛ همچنین سیستم چیلر+هیتر جذبی نیز توانایی تأمین شرایط مطلوب را در مناطق و اقلیم‌های مرطوب ندارد.

- با توجه به تحلیل رفاهی با استفاده از ضرایب گسسته، مشخص شده است که سیستم GEHP دارای بیشترین میزان مطلوبیت و سیستم کولر آبی+پکیج دارای کمترین میزان مطلوبیت بوده است.

- با توجه به تحلیل رفاهی براساس منطق فازی صورت گرفته شده، سیستم GEHP، بیشترین میزان مطلوبیت را در میان سایر سیستم‌ها با اختلاف زیادی داشته، بعد از آن سیستم کولر اسپلیت و سیستم کولر آبی + پکیج و در رده آخر سیستم چیلر+هیتر جذبی قرار دارد.

- با در نظر گرفتن و مقایسه دو روش مورد استفاده از تحلیل رفاهی، مشاهده شده است که سیستم GHEP و کولر آبی + پکیج به ترتیب دارای بیشترین و کمترین توانایی جهت تأمین شرایط رفاهی مناسب بوده‌اند.

- سیستم GEHP به دلیل عدم مصرف آب، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، راندمان سرمایش و گرمایشی بالا، ایجاد ثبات بالای شرایط داخلی، طول عمر طولانی، استهلاک کم، ایمنی و کنترل پذیری و ومانور دهی بالا، در رده اول طبقه‌بندی سیستم‌ها براساس میزان مطلوبیت قرار دارد.

- سیستم اسپلیت به دلیل مصرف بالای برق و همچنین عدم ثبات شرایط داخلی علی رغم وجود توانایی‌هایی مانند راندمان سرمایش و گرمایشی بالا، هزینه اولیه مناسب، ایمنی بالا و زمان راه اندازی کم در رده دوم قرار گرفته است.

- سیستم چیلر+هیتر جذبی به دلیل هزینه اولیه بالا، مصرف بالای سوختها و منابع انرژی مانند آب و گاز و برق و آلاینده‌گی بالای محیط‌زیست علی‌رغم طول عمر بالا و راندمان سرمایشی و گرمایشی مناسب، در رده سوم قرار گرفته‌است.
- سیستم کولرآبی + پکیج به علت مصرف بالای برق و آب، استهلاک بالا، عدم توانایی در ثبات شرایط داخلی، عدم کنترل پذیری، زمان راه‌اندازی زیاد، ایمنی کم و راندمان سرمایشی و گرمایشی پایین در رده آخر قرار گرفته‌است.

۲-۵ نتیجه‌گیری

- سیستم GEHP برای ساختمان‌های مورد بررسی (متجمع ۵ طبقه و بزرگ) مستقل از شهر مورد بررسی مطلوب بوده‌است.
- با بررسی سایر ساختمان‌ها با کاربری متفاوت (موجود در پیوست آ) :
 - سیستم GEHP برای ساختمان‌های تجاری که واحدهای بزرگی به‌شمار می‌روند؛ مستقل از شهر مورد بررسی، مطلوب می‌باشد.
 - همچنین این سیستم برای کاربری کتابخانه، به جز در اقلیم گرم و خشک که کولر آبی از میزان مطلوبیت بیشتری برخوردار بوده‌است؛ در سایر اقلیم‌ها بیشترین میزان مطلوبیت را دارا بوده‌است.
- در مناطقی که دمای محیط بیرونی به زیر صفر می‌رسد؛ اگر بخواهیم از سیستم‌های دو منظوره استفاده نماییم؛ به دلیل یخ‌زدگی کندانسور تنها می‌توان از موتور GEHP برای ایجاد استفاده نمود.
- در صورتی که به هر دلیل اعم از کوچک بودن واحدها، عدم دسترسی به GEHP و .. در ساختمان‌های مسکونی نتوان از این سیستم استفاده نمود، با استفاده از نمودارهای تحلیل

اقتصادی و رفاهی و امکان‌پذیری می‌توان سیستم مناسب بعدی را انتخاب نمود:

- برای اقلیم گرم و خشک با توجه به امکان‌پذیری همه سیستم‌ها، از کولر آبی می‌توان استفاده نمود.
- و برای سایر اقلیم‌ها، از سیستم اسپلیت می‌توان استفاده نمود.

۳-۵ پیشنهادها

- در این پژوهش مطلوبیت استفاده از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی طبقه‌بندی شده، اما میزان وابستگی این سیستم‌ها به شرایط عملیاتی مانند متفاوت بودن نوع ساختمان و یا متفاوت بودن فعالیت و یا تعداد افراد استفاده‌کننده از سیستم بررسی نشده‌است. لذا پیشنهاد می‌شود تا پژوهشی با متفاوت بودن عوامل ذکر شده صورت گیرد.
- با توجه به مزایای زیاد سیستم GEHP، باید بتوان این دو نقص را نیز در این سیستم برطرف نمود:
 - تحقیق برای توجیه‌پذیری اقتصادی سیستم‌های GEHP در ظرفیت‌های پایین
 - تحقیق در زمینه موتورهایی با راندمان بالاتر
- با در نظر گرفتن این نکته که سیستم GEHP در چشم‌انداز بیست ساله، از لحاظ اقتصادی و رفاهی از میزان مطلوبیت بالایی در همه شهرها برخوردار بوده‌است، لذا پیشنهاد می‌گردد که یک تعرفه ترجیحی توسط شرکت‌های ارائه‌کننده سوخت و همچنین جهت خریداری برای مصرف‌کنندگان و یا برای تولیدکنندگان به‌منظور تولید انبوه این سیستم پیشنهاد می‌گردد تا میزان مطلوبیت استفاده از آن در مدت زمان و بازه کوتاه‌تر نیز نمایان گردد.
- با توجه به مزایای زیاد سیستم GEHP، باید بتوان این دو نقص را نیز در این سیستم برطرف نمود:

- تحقیق برای توجیه‌پذیری اقتصادی سیستم‌های GEHP در ظرفیت‌های پایین
- تحقیق در زمینه موتورهایی با راندمان بالاتر
- نموداری همانند نمودار زیست اقلیمی برای سیستم‌ها از جنبه رفاهی و اقتصادی تهیه گردد.
- همچنین پیشنهاد می‌گردد تحلیل‌های اگزورژی اقتصادی برای هر یک از سیستم‌ها در اقلیم‌های متفاوت صورت گیرد و با این دیدگاه، میزان مطلوبیت هر یک مشخص و طبقه‌بندی گردد.

٦ پیوست

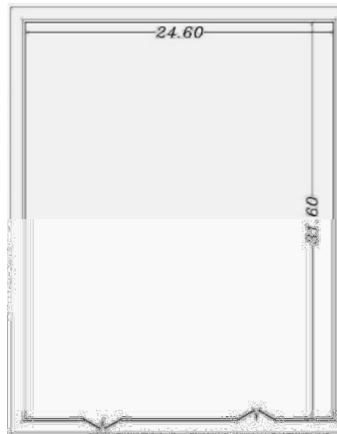
أ) بررسی مطلوبیت سیستم‌ها در ساختمان با کاربری متفاوت

در این بخش از پژوهش، برای دو ساختمان تجاری و کتابخانه همانند روند صورت گرفته در بخش سوم، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی را از دیدگاه اقتصادی مورد بررسی قرار داده‌شده، و نیز تحلیل رفاهی به دلیل عدم تغییر سیستم‌ها، همانند تحلیلی که برای ساختمان مسکونی بوده، در نظر گرفته شده‌است.

أ-۱) ساختمان مورد مطالعه

در این بخش ساختمان مورد بررسی در نرم افزار اتوکد^۱ طراحی شده و در نرم افزار کریر مدلسازی و از نظر میزان بار حرارتی تحلیل شده است. ساختمان‌ها با مساحت زیر بنای 800 m^2 با ارتفاع 4 m همانند شکل (۶-۱) برای کاربری تجاری و کتابخانه در همه شهرهای مورد بررسی شبیه‌سازی شده‌است. در این مدلسازی جنس و مساحت دیوارها، پنجره‌ها و سایر جزئیات برای همه شهرها یکسان در نظر گرفته شده‌است. ساختمان نمونه با پارامتر اشغال نفر/ 4 m^2 (یعنی ۲۰۰ نفر ساکن) و همچنین فعالیتی افراد در ساختمان تجاری بصورت کار اداری با تحرک کم و نیز در ساختمان کتابخانه فعالیت افراد بصورت نشسته فرض شده؛ و همچنین پروفیل حضور ساکنین ساختمان بصورت تمام وقت از ۸ تا ۲۴ در نظر گرفته شده‌است.

¹ Autocad



شکل (۱-۶): نمونه مدل ساختمان

۲-۱) نتایج دیدگاه اقتصادی ساختمان تجاری

بارهای سرمایشی (محسوس و نامحسوس) و گرمایشی مورد نیاز ساختمان تجاری برای همه شهرهای مورد بررسی، در جدول (۱-۶) ارائه شده است.

جدول (۱-۶): بارهای گرمایشی و سرمایشی اقلیم های متفاوت برای ساختمان تجاری

بار گرمایشی (kw)	بار سرمایشی (kw)		شهرهای مورد مطالعه از هر اقلیم	اقلیم ها
	نامحسوس	محسوس		
۵۱/۲	۲۶	۶۲/۲	شیراز	اقلیم ۱
۶۰/۵	۰/۰۷	۷۱/۲	یزد	اقلیم ۲
۸۱/۵	۳/۳	۵۶/۸	همدان	اقلیم ۳
۴۹/۳	۴۱/۶	۶۴/۵	بابلسر	اقلیم ۴
۳۳/۵	۸۳/۳	۷۹	بندرعباس	

هزینه های کل سیستم سرمایشی و گرمایشی شامل هزینه اولیه و هزینه های جاری در یک بازه بهره برداری بیست ساله در همه اقلیم ها، با پارامتر استاندارد NPV در شکل (۲-۶) مقایسه گردیده است. همان طور که مشاهده می شود سیستم GEHP دارای کمترین هزینه کل برای همه شهرها بوده است در حالی که سیستم چیلر هیت رزبری بیشترین هزینه را در همه شهرها دارا بوده است.

جدول (۲-۶): هزینه‌های سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی برای اقلیم‌های متفاوت

هزینه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی (میلیون ریال)				شهرهای مورد مطالعه از هر اقلیم	اقلیم‌ها
چیلر+هیتر جذبی	اسپلیت	کولر آبی + پکیج	GEHP		
۹۰۹/۹۸	۷۰۶/۱۲	۶۱۷/۱۱	۴۲۱/۰۷	شیراز	اقلیم ۱
۹۸۷/۷	۹۹۴/۶۶	۶۶۳/۱۱	۳۷۴/۰۲	یزد	اقلیم ۲
۹۶۹/۶۵	۶۷۸/۱۶	۶۸۰/۱۱	۳۷۳/۹۷	همدان	اقلیم ۳
۹۹۳/۱	۹۰۱/۱۱	۴۹۱/۳۷	۴۳۲/۲۳	بابلسر	اقلیم ۴
۱۷۰۵/۰۳	۱۶۸۰/۶۶	۴۲۷/۴۹	۸۳۱/۴۸	بندرعباس	



شکل (۲-۶): هزینه سیستم‌های حرارتی در همه اقلیم‌ها برای ساختمان تجاری

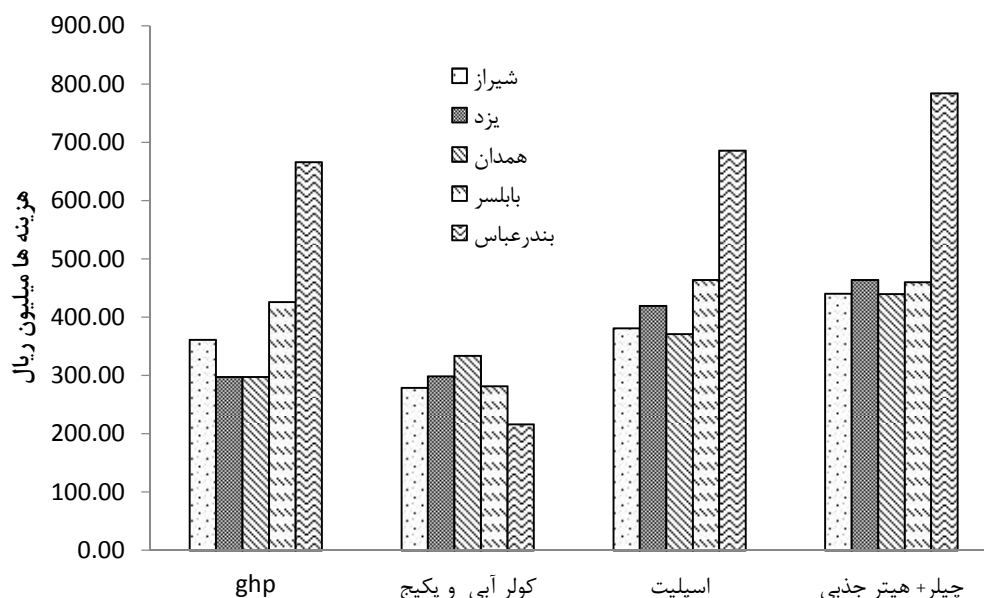
۳-۱) نتایج دیدگاه اقتصادی ساختمان کتابخانه

در این بخش همانند بخش قبلی، بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز برای همه اقلیم‌ها در جدول (۳-۶) ارائه شده است.

جدول (۳-۶): بارهای گرمایشی و سرمایشی اقلیم‌های متفاوت برای ساختمان کتابخانه

اقلیم‌ها	شهرهای مورد مطالعه از هر اقلیم	بار سرمایشی (kw)		بار گرمایشی (kw)
		محسوس	نامحسوس	
اقلیم ۱	شیراز	۶۲	۲۱/۹	۵۷
	یزد	۷۰/۶	۰/۰۵	۶۱/۲
اقلیم ۲	همدان	۵۵/۴	۰/۱	۷۹/۴
اقلیم ۳	بابلسر	۶۲/۶	۳۷/۹	۵۱/۷
اقلیم ۴	بندرعباس	۷۹/۲	۸۰/۹	۳۳

مقایسه هزینه‌ای طی بیست ساله به ارزش حال خالص سیستم‌های مختلف سرمایشی و گرمایشی در یک ساختمان با کاربری کتابخانه برای همه شهرها، در شکل (۳-۶) و هزینه‌های سیستم‌ها در جدول (۴-۶) ارائه گردیده است. همان‌طور که مشاهده گردیده است، سیستم کولر آبی در اقلیم ۱ دارای کمترین هزینه، و در سایر اقلیم‌ها سیستم GEHP کمترین هزینه طی بیست سال را به ارزش حال خالص دارا بوده است.



شکل (۳-۶): هزینه سیستم‌های حرارتی در همه اقلیم‌ها برای ساختمان کتابخانه

جدول (۴-۶): هزینه‌های سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی برای اقلیم‌های متفاوت

هزینه سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی (میلیون ریال)				شهرهای	اقلیم‌ها
چیلر+هیتر جذبی	اسپلیت	کولر آبی + پکیج	GEHP	مورد مطالعه از هر اقلیم	
۴۴۰/۶۴	۳۸۱/۲۲	۲۷۸/۹۵	۳۶۱/۰۸	شیراز	اقلیم ۱
۴۶۴/۲۹	۴۱۹/۵۱	۲۹۸/۸۵	۲۹۷/۴	یزد	
۴۳۹/۹۷	۳۷۱/۱۳	۳۳۳/۹۳	۲۹۷/۳۶	همدان	اقلیم ۲
۴۵۹/۹۸	۴۶۴/۱۲	۲۸۱/۷۳	۴۲۶/۱۲	بابلسر	اقلیم ۳
۷۸۴/۶۹	۶۸۵/۸۱	۲۱۶/۰۸	۶۶۶/۴۱	بندرعباس	اقلیم ۴

ب) تعاریف و اصطلاحات

تعاریف کلی موردنیاز برای درک بهتر این گزارش به شرح زیر است:

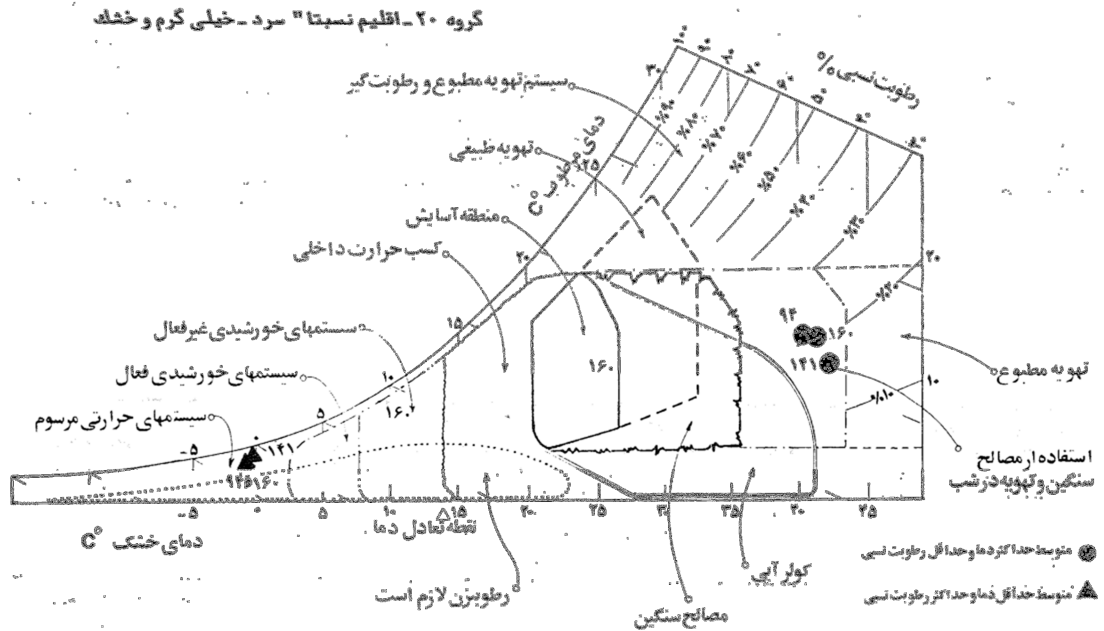
- انرژی: انرژی کمیتی است که برای توصیف وضعیت یک ذره، شی یا سامانه به آن نسبت داده می‌شود. همچنین انرژی را به صورت توانایی انجام تغییرات نیز تعریف می‌کنند.
- انرژی: توانایی انجام کار را انرژی می‌گویند.
- سرمایش: پایین آوردن دمای یک شی یا سیستم، پایین‌تر از دمای آن در شرایط فعلی است.
- بار سرمایشی: نرخ گرمایی است که باید از محیط خارج شود تا دما و رطوبت محیط حفظ شود.
- گرمایش: بالا بردن دمای یک شی یا سیستم، بالاتر از دمای آن در شرایط فعلی است.
- دما-روز: نیاز به گرم شدن (بر حسب درجه حرارت-دما) در طول یک روز بر اساس دمای مبدا را، دما-روز گویند.
- پمپ حرارتی: وسیله‌ای که عمل انتقال انرژی از نقطه مبدا (کم دما) به نقطه مقصد که دارای

دمای بیشتر می‌باشد را انجام می‌دهد.

- پمپ حرارتی گازسوز: پمپ حرارتی است که نیروی مورد نیاز خود برای انتقال انرژی را از سوختن گاز دریافت کند.
- اقلیم: به شرایط آب و هوایی یک منطقه جغرافیایی نظیر دما، رطوبت، فشار اتمسفر، باد، بارش و سایر مشخصه‌های هواشناسی در مدت زمانی نسبتاً طولانی گویند.
- دمای آسایش: دمایی است که در آن افراد احساس راحتی و آسایش کرده و هیچ اقدامی جهت تغییر دمایی انجام نمی‌دهد.
- سطح رفاه حرارتی: به محدوده‌ای از دما و میزان رطوبت و بطور کلی شرایط محیطی که انسان در آن شرایط احساس آسایش و راحتی می‌کند.
- قیمت تمام شده: قیمتی که با در نظر گرفتن همه جوانب از جمله هزینه مواد اولیه، هزینه تولید، مالیات و ... تصویب می‌شود.
- نوع کاربری: نحوه استفاده متفاوت از یک شی یا مکان یا ساختمان و ... را گویند.
- ساعات مصرف: مجموع ساعات استفاده از یک دستگاه یا ساختمان و ... را گویند.
- نمودار یا شاخص زیست اقلیمی انسانی (بیوکلیماتیک انسانی): این نمودار به شاخص اولگی نیز معروف است، شاخصی است که بیانگر شرایط آب و هوایی یک ایستگاه یا منطقه از نظر آسایش و راحتی می‌باشد. این شاخص از چهار عنصر حداکثر دما و حداکثر رطوبت نسبی و حداقل دما و حداقل رطوبت نسبی تشکیل شده و برای دو بخش شرایط شبانه و شرایط روزانه محاسبه می‌شود.

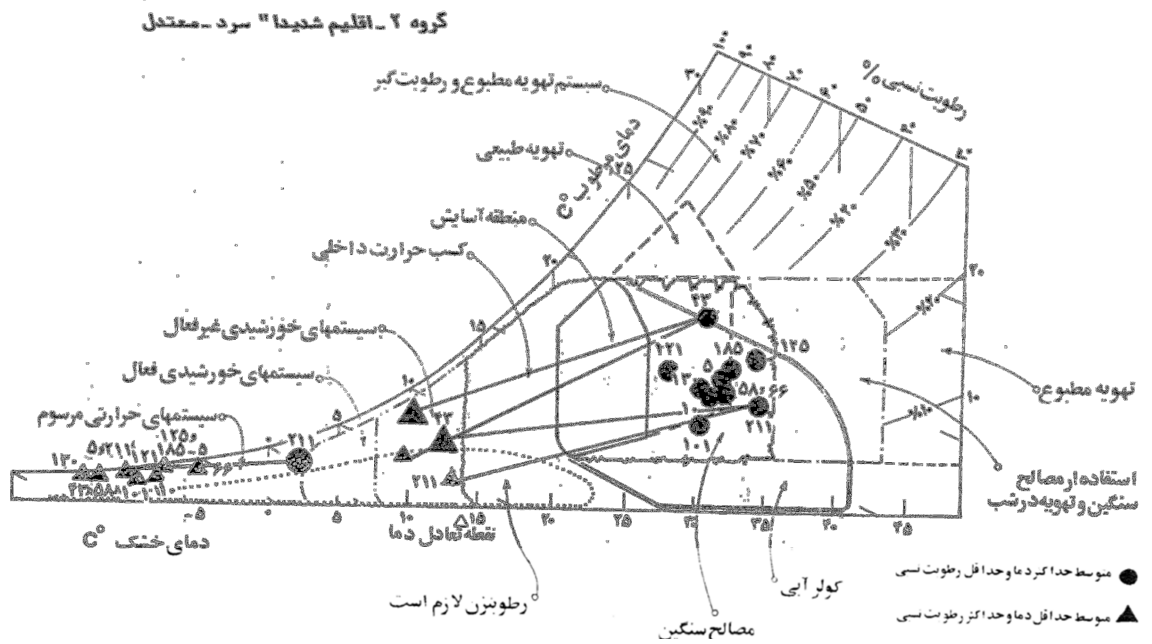
ج) نمودارهای بیوکلیماتیک

ج-۱) شهر یزد



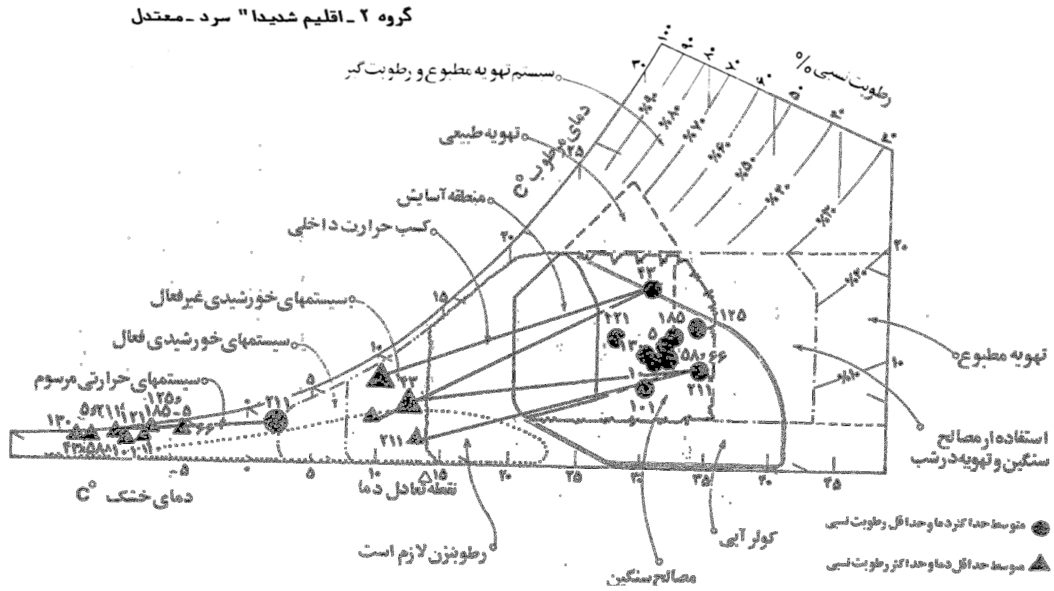
شکل (۴-۶): نمودار بیوکلیماتیک شهر یزد

ج-۲) شهر همدان



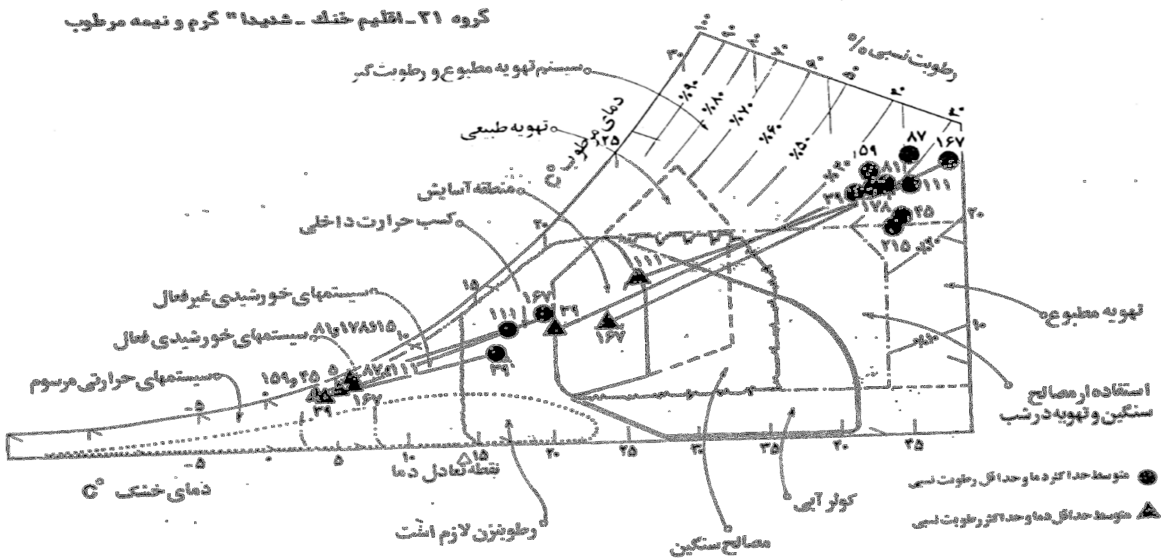
شکل (۵-۶): نمودار بیوکلیماتیک شهر همدان

شهر بابلسر (ج-۳)



شکل (۶-۶): نمودار بیوکلیماتیک شهر بابلسر

شهر بندرعباس (ج-۴)



شکل (۶-۷): نمودار بیوکلیماتیک شهر بندرعباس

د) جداول محاسبات بهای سوخت
د-۱) جداول اقلیم‌بندی وزارت نیرو

جدول (۶-۵): جدول اقلیم‌بندی وزارت نیرو

منطقه	محدوده تحت پوشش	مدت (ماه)	دوره زمانی
گرمسیر (۱)	کلید شهرهای استانهای خوزستان، بوشهر و هرمزگان و شهرستانهای چابهار و کنارک و شهرستان دهلران	۹	اول فروردین تا پایان آذر
	شهرستانهای دوگبدان و لیکک	۷	شانزدهم فروردین تا پانزدهم آبان
	شهرستانهای لامرد و مهر، جیرفت، کهنوج، قلعه گنج، عنبرآباد، رودبار جنوب، منوجان و بخش فاریاب	۷	اول فروردین تا پایان مهر
	شهرستانهای مهران، دره شهر و آبدانان و شهرستان نیک شهر	۶	اول اردیبهشت تا پایان مهر
	شهرستان لارستان، خنج و گراش	۵	اول خرداد تا پایان مهر
	شهرستانهای ایرانشهر و سرپاز، قیر و کارزین و فرابند	۳	اول خرداد تا پایان مرداد
	شهرستان لنده	۳	اول تیر تا پایان شهریور
	شهرستانهای کازرون، خشت و کمارج، جهرم، داراب و زرین دشت	۲	مرداد و شهریور

گرمسیر (۲)	شهرستانهای دهدشت، جرام، ارزویه (شاهماران)، شهداد، بم، فهرج؛ زابل، زهک، هیرمند، هامون و نیمروز	۶	اول اردیبهشت تا پایان مهر
	شهرستان لنده	۳	اردیبهشت، خرداد و مهر
	شهرستانهای ایرانشهر و سرپاز، قیر و کارزین و فرابند	۳	اردیبهشت، شهریور و مهر
	شهرستانهای کازرون، خشت و کمارج، جهرم، داراب و زرین دشت	۲	خرداد و تیر
	شهرستان لارستان، خنج و گراش	۱	اردیبهشت
گرمسیر (۳)	شهرستانهای گیلانغرب، سرپل ذهاب، قصر شیرین، نفت شهر و دهستانهای سرقلعه و جگیران	۶	اول اردیبهشت تا پایان مهر
	استان قم	۴	اول خرداد تا پایان شهریور
	شهرستانهای گنبد، کلاله، مینودشت و آق قلا	۳،۵	اول خرداد تا ۱۵ شهریور
	شهرستان طبس	۳	اول خرداد تا پایان مرداد
	شهرستان بل دختر	۳	اول تیر تا پایان شهریور
	شهرستان ممسنی (نورآباد)	۲	تیر و مرداد
گرمسیر (۴)	شهرستان رستم	۴	اول خرداد تا پایان شهریور
	کلید شهرستانهای استان گلستان به استثناء شهرستانهای (گنبد، کلاله، مینودشت و آق قلا)	۳،۵	اول خرداد تا ۱۵ شهریور
	شهرستانهای جعفرآباد، پارس آباد، اصلاندوز، بیله سوار و ازگله	۳	اول تیر تا پایان شهریور
	شهرستانهای بافق و میرجاوه	۳	اول خرداد تا پایان مرداد
	کلید شهرهای استان گیلان به استثناء (ماسوله، دیلمان و جیرنده)، کلید شهرهای استان مازندران به استثناء (بلده، رینه، کجور، محمدآباد، کیاسر، مرزن آباد، کلاردشت و آلاشت)	۳	۱۵ خرداد تا ۱۵ شهریور
	شهرستانهای گرمسار، کاشان، آران و بیدگل، خرو و بیابانک، ساوه و زرندیه؛ یزد، اشکدر، میبد، اردکان؛ فسا و سیروان	۲	اول تیر تا پایان مرداد
	شهرستان طبس	۲	اردیبهشت و شهریور
	شهرستان ممسنی (نورآباد)	۲	خرداد و شهریور

(د-۲) جداول اقلیم‌بندی شرکت گاز

جدول (۶-۶): جدول اقلیم‌بندی شرکت گاز

نام استان	نوع اقلیم	نام شهر
آذربایجان شرقی	۱	تمامی شهرها و شهرستانها
آذربایجان غربی	۱	تمامی شهرها و شهرستانها
اردبیل	۱	اردبیل-خلخال-سرعین-مشکین شهر-نمین-نیر-گیوی-هیر-رضی-لاهرود-ابی بیگلو-عنبران-کوثر
	۲	پارساباد-جعفرآباد-بیله‌سوار-گرمی-انگوت-اصلاندوز-موران
اصفهان	۱	داران-دامنه-سمه-فریدونشهر-بوئین و میاندشت-حنا-افوس-چادگان-رزوه-خمسلو و سنگباران(برفانبار) - (سمیرم - ونک)
	۲	(دهاقان-گلشن)-دهق-رضوانشهر-زرینشهر-(سدهلجان-ورنامخواست)-گلشهر-شهر ضاعلو بجه-فولادشهر-گلپایگان-مبارکه-خوانسار-چرمین-دیزبجه-چمگردان-زاینده‌رود-زیباشهر-(میمه-لایبید)-وزوان-گوگد-جوشقانوکامو-قمصر-(نطنز-خالدآباد)-شهر مجلسی-طاخونچه-برزک-کرکوند-منظریه-(سدهلجان-ورنامخواست)-عسگران-(باغبه‌داران-فولادشهر)-تیران-
	۳	اصفهان - آران و بیدگل - خمینی شهر - درچه - (شاهینشهر - گرگاب) - فلاورجان - قهدریجان - کاشان - (کلیشاد و سودرجان) - کوهپایه - گلدشت - نائین - باقران - نجفآباد - بهارستان - بهاران شهر - خوراسگان - هرنه - ورزنه - (دولتآباد-شاپورآباد) - پیربکران - سپاهان شهر - کمشچه - حبیب آباد - خورزوق - دستگرد-گزبرخوار - کوشک - ایمانشهر - اردستان - مهاباد - زواره - ابوزید آباد - نوشاباد - بادرود - نیاسر - جوزدان - ازیه - نیکاباد - محمد آباد - حسناباد - تودشک - سگری - کهریزسنگ - (حسن آباد و نصرآباد) - سفیدشهر - ابریشم
ایلام	۳	تمامی شهرها و شهرستانها
بوشهر	۳	جم-ریز
	۴	بوشهر-اهرم-برازجان-خورموج-بندرکنگان-عسلویه-بندر دیر-طاهری-ابدان-کاکي-نخل تقی-چغادک
تهران	۱	دماوند-آبسر-کیلان-فیروزکوه-آبعلی-ارجمند
	۳	تهران-اسلامشهر-پاکدشت-پیشوا-رباط کریم-قرچک-واوان-ورامین-اشتهارد-شهر قدس-شهریار-فردیس-کرج-نظرآباد-گرمره-هشتگرد-باقرآباد-قیامدشت-چهاردانگه-رودهن-گلستان-نسیم شهر-ملارد-اندیشه-وحیدیه-فردوسیه-امیریه-صفادشت-شریفآباد-جوادآباد-مشکیندشت-محمدشهر-ماهدشت-کمالشهر-شاهدشهر-صباشهر-پرنده-باغسان-تنکمان-چهارباغ-شهر جدید هشتگرد-کوهسار-بومهن-پردیس-نصیرآباد-صالح آباد-باقرآباد-تهرانسر-

شهرک آزادی-کهریزک		
شهرکرد-بروجن-بلداجی-جونغان-شلمزار-فارسان-فردانبه-فرخشهر-گندمان-هفشجان-سامان-ناغان-سورشجان-بن-باباحیدر-گهرو-طاقانک-نافج-سفیددشت-شهرکیان-سودجان-کوهرنگ(چلگرد)-نقنه	۱	چهارمحال و بختیاری
لردگان-اردل-مالخلیفه-الونی	۲	
بیرجند-قاین-سربیشه-اسدیبه-خوسف- (خضری و دشت بیاض)- حاجی آباد زیرکوه - زهان - ارین شهر- اسفدان - نیمبلوک- مود	۲	خراسان جنوبی
سرایان-نهبندان-اپسک-سهقلعه-شوسف-فردوس-اسلامیه-بشروه	۳	
مشهد-کلات-سفیدسنگ-تریت حیدریه-شهرجدیدیینالود-چناران-سبزوار- سرخس- کندر- فریمان-قوچان - نیشابور - تربت جام- طرهبه- باهنر- (گلبهار- گلکان)- کاشمر- شاندیز- بردسکن- خلیل آباد- (صالح آباد- نیلشهر) - نصرآباد (احمدآباد صولت)- بابک- فیض آباد- قلندرآباد- ملک آباد-انابد- (بزغان- فروزه)- خرو- درود- قدمگاه - رباط سنگ- فرهادگرد- مزدآوند- چکنه- عشقآباد- جغتای- نقاب- کدکن- نیلشهر- ریوش- دولتآباد	۲	خراسان رضوی
جنگل- درگز- لطفآباد- نوخندان- چاپشلو- خواف- باخرز- سنگان- رشتخوار- (تایباد- مشهدریزه)- بیدخت- فردوس- گناباد- کاریز- سلام- نشتیفان- کاخک- بجزستان-	۳	
تمامی شهرها و شهرستانها		خراسان شمالی
دهدز	۳	خوزستان
اهواز- امیدیه- اندیمشک- آغاچاری- ایذه- باغملک- بهبهان- دزفول- رامشیر- رامهرمز- سوسنگرد- شادگان- شوش- شوستر- ماهشهر- حمیدیه- بندرامام- مسجدسلیمان- هفتگل- آبادان- جایزان- قاعه تل- میانکوه- شیبان- هویزه- بستان- خرمشهر- ویس- ملاثانی- الوان- میانرود- صفیآباد- دزآب- گتوند- هندیجان- چمران- اروندکنار- مینوشهر- زهره- زیدون- صیدون- رفیع- دارخوین- حر- شاوور- لالی- حسینییه- شرافت- خوئیده- صالحشهر- ترکالکی- جنتمکان- سماله- مشراکه- منداوند- حمزه	۴	
تمامی شهرها و شهرستانها	۱	زنجان
دامغان - شاهرود - مهدی شهر - بسطام - شه میرزاد- امیریه- مجن - کلاته خنج - بیارجمند - (کالپوش (روستاهای میامی) - میامی) - دیباج	۲	سمنان
سمنان-ارادان-ایوانکی-سرخه-گرمسار-درجزین	۳	
بعد از اشتراک پذیری در سطح استان نوع اقلیم مشخص خواهد شد.	-	سیستان و بلوچستان
تمامی شهرها و شهرستانها	۲	قزوین
اقلید	۱	فارس
آباده-سپیدان-مروودشت-قادرآباد-صفاشهر-بهمن-سیدان-بیضا-ایزدخواست-	۲	

صغاد-بوانات-سورمق-کرهای		
شیراز-زرقان-فسا-فیروزآباد-قائمیه-کازرون-کوار-نورآباد-دشتارژن(خانزنیان)- سروستان-میمندارسنجان-(سعادتشهر-پاسارگاد)-نیریز-داراب-استهبان- زاهدشهر-رونیز-جنتشهر-ششده-خرامه-صدرا-مصیری-لیویی-نودان-کنارتخته- بالاده-(قیر-فتحآباد)-خشت-نوبندگان-آبادهطشک-ایچ-زریندشت-بابانار	۳	
فراشبند-جهرم-قطب آباد-لار-لامرد-مهر-وراوی-گراش-خنج-اوز-خاوران	۴	
کهک - دستجرد - سلفجگان	۲	قم
قم - قنوات - جعفریه	۳	
تمامی شهرها و شهرستانها	۱	کردستان
کرمان-سرچشمه-بافت-بردسیر-رابر-راین-ماهان-چوپار-باغین-کاظمآباد- زنگیآباد-اخیارآباد-پاریز-بزنجان-چرود-	۲	کرمان
رفسنجان - سیرجان - زرنده-شهر بابک-راور-انار-نجفشهر-کشکوییه-زیدآباد-	۳	
کهنوج-جیرفت-بم-قلعه گنج	۴	
کرمانشاه-صحنه-کنگاور-سنقر-هرسین-بیستون-اسلامآبادغرب-جوانرود-روانسر- پاوه-ثلاث-میانراهان-کرنده	۲	کرمانشاه
گیلانغرب	۳	
قصر شیرین-سرپل ذهاب	۴	
گچساران-دهدشت-چرام-سوق-باشت-لنده-لیکک	۲	کهگیلویه و بویراحمد
یاسوج-سیسخت-مارگون-لیکک	۳	
آزادشهر-رامیان-گالیکش-مینودشت-نوده خاندور	۲	گلستان
گرگان-آققلابندرترکمن-بندرگز-خانبین-علیآباد-فاضلآباد-کردکوی-کلاله- گمیشان-گنبد-نوکنده-دلند-سرخنکلاته-نگینشهر-سیمینشهر-انبارالوم-جلین- اینچه برون	۳	
استارا-املش-سیاهکل-ماسال-اسالم-شاندرمن-لیسار-لوندویل-حویق-رانکو- دیلمان-چوبر-تالش	۲	گیلان
رشت-استانهاشرفیه-انزلی-تولم شهر-پرهسر-چابکسر-خشکبیجار-خمام-رستم آباد-رضوانشهر-رودبار-رودسر-شفت-شلمان-شهر صنعتی رشت-صومعه سرا- ضیابرجوراب-فومن-کلاچای-کومله-لاهیجان-لنگرود-لوشان-منجیل-واجارگاه- هشتپر-لشتنشا-کیاشهر-کوحصفهان-رحیمآباد-سنگر-طاهرگوراب- احمدسرگوراب-طاقور-توتکابن-رودبنه-گورابزمیخ-جیرنده-پرهسر-چافوچمخاله	۳	
خرم آباد-ازنا-الیگودرز-بروجرد-درود-اشترانیان-الشر-نورآباد-زاغه-فیروزآباد- چالانچولان-مومن آباد	۲	لرستان
کوهدشت - پلدختر	۳	
شیرگاه	۲	مازندران
ساری-آمل-امیرکلا-بابل-بابلسر-بهشهر-تنکابن-جویبار-چالوس-رستمکلا-	۳	

رامسر-سلمانشهر-فریدنکنار-قائمشهر-بهنمیر-گلوگاه-محمودآباد-نکا-نور-نوشهر-کتالموساداتشهر-عباسآباد-رویان-نیروگاهنکا-کیاکلا-خلیلشهر-کلارآباد-نشتارود-چمستان-رویان-خرمآباد-سورک-ایزدشهر-زیرآب-سرخرود-گتاب-مرزیکلا		
اراک-استانه-خمین-تفرش-شازند-محلات-مهاجران-نراق-نیمور-اشتیان-فرمهین-کمیجان-خنداب-میلاجرد-توره-سنجان-داوودآباد-قورچیباشی-غرقآباد-نوبران-هندودر-جاورسیان-ساروق-کارچان-کرهرود-رازقان	۲	مرکزی
دلیجان-زاویه-ساوه-(مامونیه-زرنديه)-پرندهک-خشکرد	۳	
تمامی شهرها و شهرستانها	۴	هرمزگان
همدان-اسدآباد-بهار-تویسرکان-سرکان-کبودراهنگ-لاله جین-ملایر-نهادند-رزن-سامن-فامنین-قروه درجزین-جورقان-صالح آباد-ازندریان-فیروزان-جوکار-دمق-حسین آبادشاملو-شیرین سو-فرسفج-قهاوند-گلته-مریانج-زند-برزول-گیان	۱	همدان
تفت-مهريز-نیر-هرات-مروست	۲	یزد
یزد-اردکان-میبد-زارچ-اشکذر-عقدا-شاهدیه-ابرقوه-حمیدیا-احمدآباد-بافق	۳	

د-۳) جداول تعیین ضرایب قیمتی آب بها برای شهرها

جدول (۶-۷): جدول تعیین ضرایب قیمتی آب بهای شهرهای مختلف ایران

نام استان	ضریب	نام شهر
آذربایجان شرقی	۱/۳۰	تبریز
	۱/۱۵	سردرود، خسروشهر، مراغه، مرند، بناب، شبستر، شرفخانه، شندآباد، گوگان، آقرشهر، ایلخچی
	۰/۹۶	سایر شهرهای استان
آذربایجان غربی	۱/۱۵	ارومیه
	۱/۰۰	تکاب
	۰/۹۲	خوی، مهاباد، میاندوآب، بوکان
	۰/۷۷	سلماس، ماکو، بازرگان، پیرانشهر، نقده، سردشت، سیلوانه، سرو، توشین، گردکشانه، قره‌ضیالدین، فیروزی، ربط، میرآباد، قوشچی، تازه شهر، چهار برج، باروق، محمدیار، سیمینه، شاهین‌دژ، محمودآباد، کشاورز، اشتویه، نالوس، آواجیق، سیه چشمه
	۰/۷۰	سایر شهرهای استان
اردبیل	۱/۰۶	اردبیل
	۰/۸۴	مشگین‌شهر، پارس آباد
	۰/۷۰	سایر شهرهای استان
اصفهان	۱/۲۷	اصفهان
	۱/۲۲	کاشان، نائین
	۱/۰۲	شاهین‌شهر، شهرضا، خمینی‌شهر، زرین‌شهر، فولادشهر، فلاورجان، خوراسگان، میمه، آران و بیدگل، تیران، نیک‌آباد، محمدآباد، نصرآباد، کوهپایه، بهارستان، حسن‌آباد، ورزنه، هرتد، ازیه، درچه بیاز، قهدریجان، ابریشم، نجف‌آباد، گلدشت، کهریزسنگ، حبیب، اردستان
	۰/۸۵	نیاسر، قمصر، گلپایگان، خوانسار، سمیرم، فریدون‌شهر، زواره، رضوانشهر، کوشک، زیباشهر، مه، حنا، ونک، بوئین و میاندشت، افسوس، داران، دامنه، برف انبار، پیربکران، بهاران‌شهر، کلیشاد و سودرجان، ایمانشهر، منظریه، جوشقان و کامو، مشکات، بزرک، گوگرد
	۰/۷۲	سایر شهرهای استان
البرز	۱/۳۲	کرج بزرگ
	۱/۱۳	نظرآباد
	۱/۰۴	سایر شهرهای استان
ایلام	۱/۱۶	ایلام
	۰/۷۸	مهران، دهلران، دره شهر، بدره، میمه، بهله، موسیان، لومار، سرایله، توحید، صالح‌آباد، آبدانان، زرته، ایوان
	۰/۷۰	سایر شهرهای استان
بوشهر	۱/۲۶	بوشهر، بندر گناوه
	-/۸۱	بیرازجان، بندر دیلم
	-/۷۰	سایر شهرهای استان
تهران	۱/۴۵	تهران
	۱/۱۳	ورامین، اسلامشهر، پاکدشت، قدس، قرچک، شهریار، باغستان، اندیشه، ملارد، گلستان، نسیم شهر
	۱/۰۴	سایر شهرهای استان
چهار محال و بختیاری	۱/۰۱	شهرکرد
	-/۶۵	سایر شهرهای استان
خراسان جنوبی	۱/۰۲	بیرجند
	-/۵۸	سایر شهرهای استان

مشهد	۱/۴۵	خراسان رضوی
تیشاپور	۱/۳۳	
گناباد، سبزوار، تربت حیدریه	۱/۳۰	
کاشمر، قوچان، بجستان، طرقبه، شاندیز و قاسم‌آباد	۱/۱۶	
تایباد، تربت جام، خواف، سرخس، درگز، بردسکن، خلیل‌آباد، فریمان، چناران، کلات، جغتای، نقاب، بایگ، دولت‌آباد، کدکن، ریاط سنگ، رشتخوار، توختدان، چاپشلو، داورزن، ریوش، ملک‌آباد، رضویه، درود، قدمگاه، خرو، عشق‌آباد، نشتیفان، سلامی، گلپهار، بینالود	۰/۹۷	
سایر شهرهای استان	۰/۸۲	
بجنورد	۱/۰۲	خراسان شمالی
اسفراین، شیروان	۰/۶۵	
سایر شهرهای استان	۰/۶۳	
درفول، اندیمشک، مسجد سلیمان، ایته	۱/۰۴	خوزستان
اهواز	۰/۹۵	
آبادان، خرمشهر، شیبان، بندرماهشهر، بهبهان، شوشتر، شوش، حمیدیه، شادگان، دزآب، صفی‌آباد، میانه، قلعه خواجه، باغ ملک، قلعه تل، لالی	۰/۶۷	
سایر شهرهای استان	۰/۶۰	
زنجان	۱/۱۴	زنجان
سایر شهرهای استان	۰/۸۰	
سمنان	۱/۰۵	سمنان
شاهرود، دامغان، مهدی‌شهر	۰/۸۱	
سایر شهرهای استان	۰/۷۰	
شیکه جدید شهر زاهدان و آب شیرین کن چابهار و کنارک	۱/۶۶	سیستان و بلوچستان
زابل	۱/۰۳	
شیکه قدیم شهر زاهدان، سایر منابع (بجز آب شیرین کن) چابهار و کنارک	۰/۵۰	
ایرانشهر، خاش، سراوان، سرباز، زهک، راسک، نیک‌شهر، فتوح، دوست محمد، بنجار، محمدآباد، ادیمی، نگور	۰/۷۹	
سایر شهرهای استان	۰/۷۰	
شیراز	۱/۱۴	فارس
مرودشت، لار، گراش، اوز، خنج	۱/۰۵	
کازمین (فتح‌آباد)	۰/۹۱	
کازرون، فیروزآباد، آباده، جهرم، داراب، فسا، تورآباد، لامرد، اشکنان، اهل، مهر	۰/۸۱	

۱۱-۸	قزوین	
-۱۸۲	تاکستان، اقبالیه، آیکه، محمدیه، بیدستان، الوند	قزوین
-۱۷۰	سایر شهرهای استان	
۱۱۳۵	قم	قم
-۱۷۱	سایر شهرهای استان	
۱۱۱۱	سنندج	کردستان
-۱۸۷	بانه، سفز، قروه، مریوان	
-۱۷۳	سایر شهرهای استان	
۱۱۱۶	کرمان، رفسنجان	کرمان
۱۱-۸	سیرجان	
۱۱۰-۰	بافت	
-۱۷۷	بم، جیرفت، بهرمان، زرنه، ماهان، شهر بابک، یزدسیر، زاب، بزنجان، دهج، گلباف، باغین، چترود، فاریاب، گلزار، نگار، عنبرآباد، مردهک	
-۱۷۰	سایر شهرهای استان	
۱۱-۹	کرمانشاه	کرمانشاه
-۱۷۶	سایر شهرهای استان	
-۱۹۸	یاسوج	کهگیلویه و بویراحمد
-۱۷۲	مارگون، دوگنبدان، دهدشت، چرام، باشت، سی سخت، لیکک	
-۱۶۰	سایر شهرهای استان	
۱۱-۶	گراگان	گلستان
-۱۷۵	گنبد کلووس، بندر ترکمن، مینودشت، علی آباد، قاضل آباد، کردکوی، سرخکلاته، گلبکش، انبار الوم، آق قلان، بندر گز، کلانه، آزادشهر، خان بیین، رامیان، دلد، نوکنده	
-۱۷۰	سایر شهرهای استان	
۱۱-۶	رشت	گیلان
-۱۸۴	بندر انزلی، آستارا، لاهیجان، لنگرود، رودسر، فومن، صومعه سرا، آستانه اشرفیه	
-۱۷۱	سایر شهرهای استان	
۱۱-۸	خرم آباد	لرستان
-۱۸۳	بروجرد، الیگودرز، دورود، نورآباد، کوهدهشت	
-۱۷۰	سایر شهرهای استان	
۱۱۱۶	بابل	مازندران
۱۱-۸	ساری	
-۱۸۶	امل، قائمشهر	
-۱۷۲	رامسر، چالوس، بابلسر، تنکابن، محمودآباد، نوشهر، فریدونکنار، کلاردشت، مرزن آباد، رینه، گزنک، امیرکلا، گناب، بهشهر، خلیل شهر، سلماس شهر، عباس آباد، کلارآباد، نشتارود، خرم آباد، کتالم و سادات شهر، کیاسر، آلاشت، پل سفید، زیرآب، شیرگاه، بلده، چمستان، نور	
-۱۷۰	سایر شهرهای استان	
۱۱۲-۰	اراک	مرکزی
۱۱۱۳	محلات	
-۱۹۸	آشتیان	
-۱۷۵	ساوه، نوبران، دلپجان، تفرش، خمین، خنداب، سنجان، رهرو، قورچی باشی، نراق، کمپجان	

استانه، شازند، هندودر، توره		
سایر شهرهای استان	۰/۷۰	
بندرعباس	۱/۳۱	هرمزگان
قشم	۱/۱۸	
میناب، بندر لنگه و بندر کنگ	۱/۰۵	
سایر شهرهای استان	۰/۹۱	
همدان	۱/۱۷	
ملایر، نهاوند، اسدآباد	۰/۸۸	همدان
تویسرکان، مریانج، کبودرآهنگ، بهار، رزن، لالچین، سرکان، ازندریان، چوکار، سامن، زنگنه، فیروزان، برزول، کیان، قهاوند، فامنین، جورقان، گل تپه، صالح آباد، دمق، فرسج، قروه درجزین	۰/۷۴	
سایر شهرهای استان	۰/۷۰	
یزد، حمیدیه و شاهده	۱/۳۱	
اردکان، میبد	۱/۲۲	یزد
طیس، تفت، بهاباد، بافق، مهریز، زارچ، اشکذر	۰/۹۴	
سایر شهرهای استان	۰/۷۸	

- [1] Subramanyam V, Ahiduzzaman Md., Kumar A., (2017), “*Greenhouse Gas Emissions Mitigation Potential in the Commercial and Institutional Sector*”, Energy and Buildings 140:295-304.
- [2] U.S. Energy Information Administration, (2016), “*Primary Energy Review*”.
- [3] NASA, (2016), “*Carbon Dioxide: Latest Measurements*”, June 2016
- [4] Jiang F., Li X., Wei B., Hu R., Li Z., (2009), “*Observed trends of heating and cooling degree-days in Xinjiang Province, China*”, Theoretical Applied Climatology 97:349–360.
- [۵] منصوری ش، رستمی ث، جبار م، نوری م، (۱۳۸۷)، "مقایسه ترموآکونومیکی به کارگیری سیستم‌های سرمایشی تراکمی و جذبی در پهنه‌های آب و هوایی ایران"، همایش ملی سوخت، انرژی و محیط‌زیست.
- [6] Shimada K., Tanaka Y., Gomic K., Matsuoka Y., (2007), “*Developing a long-term local society design methodology towards a low-carbon economy: an application to Shiga Prefecture in Japan*”, Energy Policy 35 4688–4703.
- [7] White House, (2015), “*FACT SHEET: U.S. Reports its 2025 Emissions Target to the UNFCCC*”.
- [۸] امینی ف، فرمد م، (۱۳۹۳)، "ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳"، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.
- [9] Hens H., Verbeeck G., Verdonck B., (2001), “*Impact of energy efficiency measures on the CO2 emissions in the residential sector, a large scale analysis*”, Energy and Buildings 33:275-281.
- [10] Office of Energy Efficiency, (2008), “*Energy Efficiency Trends in Canada 1990-2005*”.
- [11] United States Environmental Protection Agency, (2013), “*Commercial and Residential Sector Emissions*”.
- [12] Kevin K.W. Wan, Danny H.W. Li, Dalong Liu, Joseph C. L, (2011), “*Future trends of building heating and cooling loads and energy consumption in different climates*”, Building and Environment 46, pp.223-234.

- [13] Ally MR., Sharma V., Abdelaziz O., (2017), "Exergy Analysis of Electrically and Thermally driven Engines to Drive Heat Pumps: An Exhaustive Comparative Study", International Journal of Refrigeration.
- [14] Srihirin P., Aphornratana S., Chungpaibulpatana S., (2001), "A review of absorption refrigeration technologies", Renewable and Sustainable Energy Reviews 5 pp. 343-372.
- [15] Chua H.T., Toh H.K, Malek A., Ng K.C., Sirinivasan K, (2000), "A general thermodynamic framework for understanding the behavior of absorption chillers", International Journal of Refrigeration 23, pp. 491-507.
- [۱۶] خلیلی ع. (۱۳۸۷)، "تحلیل سه بعدی درجه-روزهای سرمایش و گرمایش در ایران"، فصلنامه تحقیقاتی جغرافیا، شماره ۵۵ و ۵۴، ص ۷-۱۸.
- [۱۷] مسعودیان الف، علیجانی ب، ابراهیمی ر، (۱۳۹۰)، "واکاوی میانگین درجه/روز مورد نیاز گرمایش و سرمایش در قلمرو ایران" مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره اول، ۲۳-۳۶
- [۱۸] رضانی ب، کاظم‌نژاد ز، (۱۳۹۳)، "واکاوی و اقلیم بندی مجموع میانگین نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو گیلان با تأکید بر مصر گاز طبیعی خانوار" چشم انداز جغرافیایی در مطالعات انسانی، سال نهم، شماره ۲۶، ص ۱-۱۶.
- [۱۹] کسمایی م، (۱۳۸۲)، "اقلیم و معماری"، ویراست دوم، اصفهان: خاک.
- [۲۰] مرادی س، (۱۳۹۴)، "تنظیم شرایط محیطی"، چاپ یازدهم.
- [۲۱] کسمایی م، (۱۳۷۲)، "پهنه بندی اقلیمی ایران، مسکن و محیط‌های مسکونی"، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ویرایش اول.
- [22] Givoni, B. (1976), "Man, Climate and Architecture", Elsevier press, New York, USA.
- [23] Cengel Y.A, Boles M.A, (2008), "Thermodynamics an Engineering Approach", 7.th Edition.
- [24] Corgnati S.P, Fabrizio E., Raimondo D., Filippi D., (2011), "Categories of indoor environmental quality and building energy demand for heating and cooling", Building Thermal, Lighting, And Acoustics Modeling, vol. 4, pp. 97-105.

[25] Chen, Q., Yang, K., Wang, M., Pan, N., Guo, Z.Y., (2010), "A new approach to analysis and optimization of evaporative cooling system I: Theory". Energy, 35: pp. 2448-2454.

[۲۶] وکیل الرعایا و، (۱۳۹۳)، " سرمایه‌ش تبخیری"، فصل‌نامه سرمایه‌ش و گرمایش، شماره اول.

[۲۷] ابراهیمی م، بشیرنژاد ک، ابراهیمی الف، (۱۳۹۴) "بررسی انواع سیستم‌های سرمایه‌ش تبخیری مستقیم و غیر مستقیم"، کنفرانس سراسری دانش و فناوری مهندسی مکانیک و برق ایران.

[28] Genskow L.R., Beimesch W.E., Hecht J.P., Kemp I.C., Langrish T., Schwartzbach C., Lee Smith F., (2008), "Perry's chemical engineers' handbook. / Section 12, Psychrometry, evaporative cooling, and solids drying"

[29] Maheshwari, G.P., Al- Ragom, F., Suri, R.K., (2001), "Energy-saving potential of an indirect evaporative cooler". Applied Energy, 69(1), May, pp. 69-76.

[۳۰] رضوانی مهموئی ع. شکیب س.ح، (۱۳۹۵)، "ارزیابی فنی، اقتصادی و بهداشتی استفاده از کولرآبی در مقایسه با کولرگازی در مناطق کویری ایران (مطالعه موردی: شهر قاین واقع در استان خراسان جنوبی)"، اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیط‌زیست و توسعه پایدار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه محقق اردبیلی.

[۳۱] استاندارد ملی ایران: شماره ۲۴۳۶، "ویژگی‌ها و روش‌های آزمون کولرآبی".

[۳۲] استاندارد ملی ایران: شماره ۲-۴۹۱۰، "کولرآبی-روش اندازه‌گیری مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی".

[۳۳] (۱۳۹۱) پایگاه خبری وزارت بهداشت، "ریزگردها باعث تشدید آسم، برونشیت، آمفیزم و بیماری‌های قلبی می‌شوند".

[۳۴] استوکر، ویلبرت اف - و جونز، جerald د، (۱۳۸۷) "نهویه مطبوع و تبرید"، ترجمه غلامحسین منوچهری نائینی، انتشارات نقش مانا، اصفهان.

[35] Zhang, L.Z., (2006), "Energy performance of independent air dehumidification systems with energy recovery measures". Energy, 31, pp. 1228-42.

[۳۶] سایت رسمی شرکت گلدیران، نمایندگی رسمی شرکت ال جی در ایران (<http://www.goldiranac.com>)

- [۳۷] سایت رسمی نمایندگی سامسونگ در ایران (<http://www.samsung.com>)
- [۳۸] سلطان دوست م.، (۱۳۹۰)، "چیلر جذبی" ناشر یزدا، تهران، ویرایش دوم.
- [۳۹] ادیبی ت.، فرهنگ مهر و.، (۱۳۹۴)، "بررسی امکان جایگزینی سیکل سرمایش جذبی خورشیدی به جای سیکل سرمایش تراکمی در مناطق گرمسیری ایران"، مجله فنی و مهندسی فناوری‌های نوین در سیستم‌های انرژی، سال اول، شماره چهارم.
- [40] Srihirin P, Aphornratana S, Chungpaibulpatana S, (2001), "A review of absorption refrigeration technologies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 5: 343-372.
- [41] Kilic M, Kaynakli O, (2007), "Second law-based thermodynamic analysis of water-lithium bromide absorption refrigeration system", *Energy*, Vol. 32, pp. 1505-1512.
- [۴۲] ظفری م.، زیاری فر ع.، ویسی و.، اسدی پرتو آذر ا.، شکبیا م. (۱۳۹۰)، "مقایسه اقتصادی و آماری در دو نوع از دستگاه‌های سرمایشی گاز سوز و شعله مستقیم (چیلرهای جذبی و تراکمی)"، دومین همایش بین‌المللی چیلر و برج خنک کن ایران.
- [۴۳] واحد تحقیق و توسعه شرکت پیشران انرژی، (۱۳۸۸)، "مقایسه عملکرد سیستم‌های سرمایش تراکمی و سیستم‌های سرمایش جذبی رایج در ساختمان‌های با کاربری غیر مسکونی (اداری-تجاری)"
- [۴۴] کاملی ح.، (مترجم)، (۱۳۹۴)، "نقشه راه تکنولوژی ساختمان‌های پر بازده (تجهیزات سرمایش و گرمایش)"، سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا).
- [45] Lian Z., Park S.R., Huang W., et al. (2005), "Conception of combination of gas-engine-driven heat pump and water-loop heat pump system", *International Journal of Refrigeration* 28(6):810-819.
- [46] Dentice D'accadia M., Sasso M., Sibilio S., (1997), "Optimum performance of heat engine driven heat pumps: A finite time approach", *Energy Conversion. Management* 38, No. 4, pp. 401-413.
- [۴۷] صنایع س، چهارطاقی م.، (۱۳۸۸)، "مدلسازی و بررسی عملکرد سیستم‌های پمپ حرارتی گازسوز"، اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، ایران، تهران.

- [48] Borba Bruno Soares M.C, Szklo A., Schaeffer R.,(2012), “*Plug-in hybrid electric vehicles as a way to maximize the integration of variable renewable energy in power systems: the case of wind generation in northeastern Brazil*”.*Energy* 37:469-481.
- [49] Huang J.Y, Gonzalez L.F. (2012), “*On parallel hybrid-electric propulsion system for unmanned aerial vehicles*”. *Progress in Aerospace Sciences* 51:1-17.
- [50] Juang Y.S, Lin S.S, Kao H.P. (2008), “*A knowledge management system for series-parallel availability optimization and design*”. *Expert Systems with Applications* 34(1):181-193.
- [51] Renedo C.J., Ortiz A., Mañana M., et al., (2007), “*A more efficient design for reversible air-air heat pumps*”, *Energy & Buildings* 39:1244-1249.
- [52] Tyrus J.M., Long R.M., Kramskaya M. (2004),”*Hybrid electric sport utility vehicles*”. *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 53:1607-1622.
- [53] Huang K.D, Tzeng S.C.(2004),” *A new parallel-type hybrid electric-vehicle*”. *Applied Energy* 79(1):51-64.
- [۵۴] چهارطاقی م.، (۱۳۹۳)، ” معرفی پمپ حرارتی گازسوز ”، دو فصل نامه علمی-تخصصی انرژی های نو.
- [55] Hepbasli A, Erbay Z, Icier F, et al. , (2009), “*A review of gas engine driven heat pumps (GEHPs) for residential and industrial applications*”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 13(1):85-99.
- [56] Kamal R. , Kumar Narasimhan A, Wickramaratne C, Bhardwaj A, Goswami D.Y, Stefanakos E. K., Ingley H.A.,(2016),” *Field performance of gas-engine driven heat pumps in a commercial building*”, *International journal of refrigeration* 68:15–27.
- [57] Yang Z., Wang W.B., Wu X., (2013) , “*Thermal modeling and operating tests for a gas-engine driven heat pump working as a water heater in winter*”, *Energy and Buildings* 58 219–226.
- [58] Sanaye S., Chahartaghi M., (2010), “*Thermal modeling and operating tests for the gas engine-driven heat pump systems*”, *Energy* 35:351–363.
- [59] Minesota Blue Flame Gas Association ,(2003),”*Natural Gas Heat pumps*”
- [60] Kasahara H., Yoshimura A., (2002), “*High-Performance, High-Reliability Gas Heat Pump*”, *Technical Review* Vol.39 No. 2.

- [61] SANYO_GHP_Introduction_GHPworkshop_2011.
- [62] <http://www.aisin.co.jp>
- [63] Garimella S., (2003) ,”*Innovations in energy efficient and environmentally friendly space-conditioning systems*” Energy 28(15):1593-1614.
- [64] Shao S., Shi W., Li X., et al.,(2004) ,”*A new inverter heat pump operated all year round with domestic hot water*” Energy Conversion & Management 45(13-14):2255-2268.
- [65] Sun P., Wu J.Y., Wang R. Z., et al. (2011) “*Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools*”,Energy & Buildings 43(5):1071-1080.
- [66] Sebarchievici C., Sarbu I., (2015), “*Performance of an experimental ground-coupled heat pump system for heating, cooling and domestic hot-water operation*”. Renewable Energy 76(4):148-159.
- [67] Tsinghua University Building Energy Saving Research Center, (2012) "*Annual Report on China Building Energy Efficiency*". Beijing: China Architecture and Building Press, (in Chinese).
- [68] Hepbasli A., (2008), “*A study on estimating the energetic and exergetic prices of various residential energy sources*”, Energy and Buildings 40: 308–315.
- [69] Ryan W., (2002), “*New developments in gas cooling*”, ASHRAE Journal, VOL.44, NO.4.
- [۷۰] صنایع س، چهارطاقی م، نیرومند ب، و آخرتی ر، (۱۳۸۵)، "پمپ حرارتی گازسوز و مقایسه هزینه های مصرف انرژی آن با پمپ حرارتی الکتریکی"، پنجمین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور.
- [71] Pezzola L., Danti P., Magnani S., (2016), “*Performance comparison among Gas Heat Pump, Electric Heat Pump and conventional thermal devices in tertiary sector applications*”, Energy Procedia 101:416 – 423.
- [72] Xu Z., Yang Z., (2009),” *Saving energy in the heat-pump air conditioning system driven by gas engine*”, Energy and Buildings 41:206–211.

- [73] Liu H., Zhou Q., Zhao H., (2016), "Experimental study on cooling performance and energy saving of gas engine-driven heat pump system with evaporative condenser", *Energy Conversion and Management* 123: 200–208.
- [74] Hu B., Cao F., Shu P., (2017), "Thermal Modeling and Experimental Research of Gas Engine-driven Heat Pump in Variable Condition", *Applied Thermal Engineering* 123, pp.1504-1513.
- [75] Sanaye S., Aghaei Meybodi M., Chahartaghi M., (2010), "Modeling and economic analysis of gas engine heat pumps for residential and commercial buildings in various climate regions of Iran", *Energy and Buildings* 42:1129–1138.
- [76] Djunaedy E., Wymelenberg K.v., Acker B., Thimmana H., (2011), "Oversizing of HVAC system: Signatures and penalties", *Energy and Buildings* 43:468–475.
- [77] Yıldız Y., Durmus D., Arsan, (2011), "Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment buildings in hot-humid climates", *Energy* 36: 4287-4296.
- [78] Martani C., Lee D., Robinson P., Britter R., Ratti C., (2012), "ENERNET: Studying the dynamic relationship between building occupancy and energy consumption", *Energy and Buildings* 47:584–591.
- [79] Sekki T., Airaksinen M., Saari A., (2015), "Impact of building usage and occupancy on energy consumption in Finnish daycare and school buildings", *Energy and Buildings* 105: 247–257.
- [80] Janovcov M., Kal J. J., Malcho M., (2015), "The impact of the weather conditions on the cooling performance of the heat pump driven by an internal natural gas combustion engine", *EPJ Web of Conferences* 92: 02029.
- [۸۱] صنایع س. و چهارطاقی م، (۱۳۸۹)، "بررسی تجربی اثر دمای محیط بر عملکرد پمپ حرارتی گازسوز"، دومین کنفرانس بین المللی گرمایش، سرمایه‌ش، و تهویه مطبوع، تهران.
- [۸۲] استون ر. و لیز ک.، (۱۳۷۲)، "طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان"، ترجمه وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی، دانشگاه تهران، تهران
- [۸۳] صادقی روش م، طباطبائی م، (۱۳۸۸)، "تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوای خشک (مطالعه موردی: شهر یزد)"، نشریه هویت شهر، سال سوم، شماره ۴، ۳۹-۴۶.

[84] Zhang W., Wang T., Zheng S., Peng X., Wang X., (2015), “*Experimental Study of the Gas Engine Driven Heat Pump with Engine Heat Recovery*” *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2015, 1-10.

[85] Zhang Q., Yang Z., Gao Y. D., (2017) , “*The multi-goal optimal analysis of stand-alone gas engine heat pump system with energy storage (ESGEHP) system*”, *Energy and Buildings* 139 525–534.

[۸۶] داده‌های هواشناسی و اقلیمی: <http://irimo.ir>

[87] Wong S.L., Wan K.W., Li D.H.W, Lam J.C. , (2010),” *Impact of climate change on residential building envelope cooling loads in subtropical climates*”, *Energy and Buildings* 42 (2010) 2098–2103.

[88] Chean L., XiuQi F., Shuai L., (2007), “*Impacts of climate warming on heating energy consumption and southern boundaries of severe cold and cold regions in China*”, *Chinese Science Bulletin* 52: 2854- 2858.

[89] Rehman S., Al-Hadhrami L.M, Khan S., (2010), “*Annual and easonal trends of cooling, heating, and industrial degree-days in coastal regions of Saudi Arabia*”, *Theoretical and Applied Climatology* 104: 479- 488.

[۹۰] خلیلی ع.، (۱۳۸۳)، “تدوین یک سامانه جدید پهنه بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش-سرمایش و اعمال آن بر گستره ایران”، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی - شماره ۷۵، ۴-۱۵.

[91] Porges F., (2001), “*HVAC engineering’s handbook*”, 11th.

[۹۲] طباطبائی م.، (۱۳۸۱)، “محاسبات تاسیسات ساختمان شامل حرارت مرکزی، تهویه مطبوع، آبرسانی و دفع فاضلاب ساختمان و ...”، ویرایش هفتم.

[93] Beggs C., (2002) “*Energy: Management, Supply and Conservation*”, Elsevier Science & Technology Books.

[۹۴] شرکت برق استان تهران: <http://www.tbttb.ir>

[۹۵] شرکت ملی گاز ایران: <http://www.nigc.ir>

[۹۶] شرکت ساری پویا: <http://saripuya.com>

[۹۷] شرکت آب و فاضلاب استان تهران: <http://www.tpww.ir>

[۹۸] گروه انرژی و مدیریت مصرف، (۱۳۸۳)، "گزارش پروژه نرم افزار صرفه جویی انرژی در ساختمان" پژوهشگاه نیرو.

[۹۹] گروه انرژی و مدیریت مصرف، (۱۳۸۶)، "گزارش مرحله دوم پروژه تعیین معیار مصرف انرژی الکتریکی در ساختمانهای مسکونی" پژوهشگاه نیرو.

Abstract

Two of the main problems in the world are the reduction of fossil fuels and environmental pollution, due to the use of HVAC system in residential buildings. Therefore, by increasing the efficiency of these systems and using less polluting fuels, the risks can be reduced. Also, considering that the efficiency of each HVAC system is directly related to the climate, in which it is used, Therefore, in the present study, the desirability of the use of a gas engine heat pump (GEHP) system in different climates of Iran has been examined, by using two economic and technical aspects; and the performance of each of the systems has been presented. Therefore, for the purpose of this study, five cities have been selected as the sample, by using the temperature data, the climate and characteristics of each city, including weather conditions, have been identified in two critical seasons of summer and winter. Then a five- floors building in each of the sample cities is modeled in the Carrier software. With this software, the heating and cooling loads of each building have been calculated, and due to these loads, the dimensions of the cooling and heating systems have been determined. Then, to determine the appropriate systems in each climate, from economic and technical aspects, study was performed. In economic terms, systems are analysed by taking into account parameters such as initial investment, interest rates, and standard economic parameters such as Net Present Value (NPV). In technical terms, systems are measured by two aspects: feasibility of use (the ability of the system to provide the minimum thermal comfort conditions according to the bioclimatic diagram) and also providing welfare conditions (taking into account factors such as pollution, uniformity of the internal conditions, safety and etc.). In the technical aspect, the comparison scale was qualitative; therefore, in order to counting the desirability of each system, two methods of discrete coefficients and fuzzy logic have been used. The results of the research show that the sample buildings in Hamedan and Bandar Abbashave the most need for degree-day and load, respectively, heating and cooling, which is fully compatible with the type of climate determined for them. Also, by analyzing the results of cooling and heating loads for each floor in all cities, the highest and lowest cooling and heating loads, respectively, were related to the fifth and second floor and also the first and middle floor; Therefore, energy consumption and the cost of it, in the first and second floor

were the lowest and the highest cost of energy was related to the fifth floor. Also, the results of economic analysis in all cities shown that, the GEHP system is the most desirable system for providing cooling and heating, and split (in Babolsar) and chiller+heater absorption (in other cities) have had the highest cost for twenty years in net present value analysing. In terms of the feasibility of use, the cooler+package and chiller+heater absorption have not been able to provide comfort conditions in wet or very humid areas. Considering the welfare analysis, in both methods GEHP is the most desirable, and in discrete coefficients and fuzzy logic method, respectively, cooler+package and chiller+heater absorption is the last one. Therefore, with the integration of two economic and technical aspects, in all cities, GEHP has the best performance and highest desirability and is at the top of the table. The split is placed in the second position, the chiller+heater absorption and the cooler+package are ineffective in the wet or very hot climate and in the dry climate they have relatively low performance and are placed in the last position.

Keywords:

HVAC systems, degree-day, GEHP, thermal comfort, climate of Iran



Shahrood University of Technology

Faculty of Mechanical Engineering

MSc Thesis in Energy Systems Engineering

**Study the desirability of using gas engine heat pumps (GEHP)
in different climates of Iran, and Assessment of alternative
methods**

By: Mahsa Khademi Gazenak

Supervisors:

Dr. Seyed Majid Hashemian

Dr. Mahmood Chahartaghi

september 2017