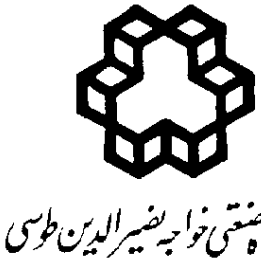
بنام حضرت دوست




پایان نامه کارشناسی ارشد

# تحلیل گذرای یک سیستم سرمایش خورشیدی برای شرایط مختلف اقتصادی و آب و هوایی در ایران

**استادان راهنما:**

دکتر مجید بازارگان

دکتر مجید عمید پور

**دانشجو:**

محمد رضایی فیروزجایی ۸۹۱۷۱۴۴

۱۳۹۱

**بسمه تعالی**

| | | |
|---|---|---|
| تاسیس ۱۳۰۷<br>دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی | **تأییدیه هیأت داوران** | **شماره:**<br>**تاریخ:** |

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

.....

.....

.....

توسط آقای / خانم ..... ، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ..... گرایش ..... در تاریخ ...../...../..... ۱۳ مورد تأیید قرار می‌هند.

| | | |
|---|---|---|
| **۱- استاد راهنمای اول** | جناب آقای / سرکار خانم دکتر ..... | امضاء |
| **۲- استاد راهنمای دوم** | جناب آقای / سرکار خانم دکتر ..... | امضاء |
| **۳- استاد مشاور** | جناب آقای / سرکار خانم دکتر ..... | امضاء |
| **۴- ممتحن داخلی** | جناب آقای / سرکار خانم دکتر ..... | امضاء |
| **۵- ممتحن خارجی** | جناب آقای / سرکار خانم دکتر ..... | امضاء |
| **۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده** | جناب آقای / سرکار خانم دکتر ..... | امضاء |

**بسمه تعالی**

| | | |
|---|---|---|
| تاسیس ۱۳۰۷<br>دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی | **حق طبع و نشر و مالکیت نتایج** | شماره:<br>تاریخ: |

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

این اثر ناقابل تقدیم می‌گردد به

تمامی اعضای مهربان و دلسوز خانواده‌ام

که با حمایت‌های بی دریغ خود، همواره مشوق من بوده‌اند.

Use Solar, Save Dollar.

محمد رضایی فیروزجایی

Rezaei.fm@gmail.com

## چکیده

در این مطالعه ابتدا یک سیستم سرمایشی( به همراه سیستم گرمایشی) که با هدف کاهش هزینه اولیه سیستم، و برای مناطق گرم و مرطوب طراحی شده است، معرفی شده است. در طرحی سیستم مذکور سعی شده است با استفاده از نوع معماری ساختمان و به کارگیری روش‌های سرمایشی ساده و طبیعی مانند بادگیرها، دودکش خورشیدی، کلکتورهای هوا گرم کن و ترکیب این سیستم‌ها با یک سیستم رطوبت زدایی دسیکنت خورشیدی، تا حد ممکن شرایط آسایش در داخل ساختمان تأمین گردد. در فرایند عملکرد این سیستم طراحی شده، جذب انرژی هورشیدی از طریق یک سیستم هواگرمکن خورشیدی، حذف رطوبت هوای ورودی به ساختمان از طریق یک چرخ دسیکنت، بازیاب حرارتی از طریق یک مبدل هوا به هوا و سرمایش هوا از طریق سیستم سرمایش تبخیری انجام می‌گیرد. سپس در ادامه ضمن مدل‌سازی قسمت‌های مختلف سیستم، عملکرد آن برای یک ساختمان نمونه در مناطق مذکور (گرم و مرطوب شمال و جنوب کشور) شبیه‌سازی شده است. با توجه به اینکه سیستم سرمایشی قالب در مناطق گرم و مرطوب کشور سیستم‌های سرمایش تبرید تراکمی می‌باشد، لذا مبنای محاسبات بر اساس میزان برق مصرفی انجام شده است. در این پژوهش سیستم طراحی شده برای شرایط آب و هوایی دو شهر بوشهر و بابلسر شبیه سازی شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد این سیستم می-تواند در طول روزهای گرم تابستان شرایط نسبتاً مطلوبی را در داخل ساختمان به وجود آورد و برای شهر بوشهر تا حدود ۴۸ درصد و برای شرتیط آب و هوایی شهر بابلسر تا حدود ۵۴ درصد به طور سالیانه از انرژی الکتریکی مورد نیاز برای تامین بار برودتی ساختمان بکاهد. همچنین در انتهای پژوهش، چگونگی تامین بار حرارتی ساختمان در طول روز از طریق کلکتور هواگرم طراحی شده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

**فهرست مطالب**

چکیده ..... ۱
۱-فصل اول ..... ۲
۱-۱-تبیین اهداف پژوهش ..... ۴
۲-فصل دوم: ..... ۹
۲-۱- جذب انرژی خورشید ..... ۱۰
۲-۲- ذخیرهسازی انرژی خورشید ..... ۱۲
۲-۳- انواع سیستمهای سرمایش خورشیدی ..... ۱۴
۲-۳-۱- سیستم سرمایش دودکش خورشیدی ..... ۱۶
۲-۳-۲- سیستم سرمایش جذبی خورشیدی ..... ۱۷
۲-۳-۳- سیستم سرمایش دسیکنت خورشیدی ..... ۱۹
۲-۴-پیشینه پژوهش ..... ۲۳
فصل سوم ..... ۳۰
۳-۱- چالشهای موجود در زمینه سیستمهای سرمایش خورشیدی ..... ۳۱
۳-۲- تبیین هدف ..... ۳۳
۳-۳- معیارهای طراحی ..... ۳۴
۳-۴- الگوهای استفاده شده در طرح ..... ۳۸
۳-۴-۱- سرمایش طبیعی (بادگیرها) ..... ۳۸
۳-۴-۲- سیستم سرمایش دسیکنت جامد خورشیدی ..... ۴۰
۳-۴-۳- سیستم سرمایش تبخیری ..... ۴۱
۳-۴-۴- تخلیه هوای گرم (سیستم سرمایش دودکش خورشیدی) ..... ۴۲
۳-۵- فرایند طراحی سیستم ..... ۴۳
۳-۵- طراحی سیستم ..... ۴۵
۳-۶- تشریح عملکرد سیستم ..... ۴۶
۳-۷- حالت‌های مختلف سرمایشی ..... ۴۹

۳-۸- حالت گرمایشی ..... ۵۳
۳-۹- ویژگیهای (منحصر به فرد) سیستم طراحی شده ..... ۵۴
۴- فصل چهارم: ..... ۵۶
۴-۱- مدلسازی چرخ دسیکنت ..... ۵۷
۴-۱-۱- استخراج معادلات حاکم بر چرخ ..... ۵۸
۴-۱-۲- حل معادلات حاکم ..... ۶۶
۴-۲- مدلسازی کلکتور خورشیدی هوا گرم ..... ۷۰
۴-۲-۱- استخراج معادلات حاکم ..... ۷۱
۴-۲-۲- حل معادلات ..... ۷۷
۴-۳- مدلسازی سرمایش تبخیری ..... ۷۹
۴-۴- مدلسازی ساختمان ..... ۷۹
۴-۵- محاسبه شدت تابش خورشید ..... ۸۰
۵-فصل پنجم: ..... ۸۴
۵-۱- بررسی پارامترهای موثر بر عملکرد چرخ دسیکنت ..... ۸۵
۵-۱-۱- سرعت دوران چرخ ..... ۸۶
۵-۱-۲- دمای هوای بازیاب ..... ۸۷
۵-۱-۴- بررسی اثر سرعت هوا در مجاری ..... ۸۹
۵-۱-۵- بررسی نسبت هوای فرایند به بازیاب ..... ۹۰
۵-۱-۶- مشخصات چرخ دسیکنت ..... ۹۱
۵-۲- بررسی طرحهای مختلف کلکتور هوا گرم ..... ۹۲
۵-۳- تحلیل عملکرد سیستم سرمایش خورشیدی ..... ۹۹
۵-۴- تحلیل حالت گرمایی ..... ۱۰۸
فعالیتهای آینده ..... ۱۱۱
منابع و مآخذ ..... ۱۱۲

## فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: سیستم سرمایش دسیکنت خورشیدی و بررسی چگونگی عملکرد آن بر روی نمودار سایکرومتریک.....۶
شکل ۲-۱: استفاده از کلکتور خورشیدی سهموی برای تولید برق و برودت در یک چیلر جذبی دو اثره با ( COP=1.35) [۱] ۱۱
شکل ۲-۳: برشی از یک مخزن ذخیره آب گرم خورشیدی [۶].....۱۳
شکل ۲-۴:خط سیاه بالای نمودار مدت زمان استفاده از انرژی خورشید برای تأمین بار سرمایی ساختمان را نشان می‌دهد [۷]. ۱۴
شکل ۲-۵: فهرست سیستمهای سرمایشی شناخته شده (سیستمهای پررنگ در شکل به مرحله تجاری سازی نیز رسیده‌اند اما بقیه سیستمها بیشتر جنبه تحقیقاتی دارند) [۸]. .....۱۵
شکل ۲-۷: استفاده از دودکش خورشیدی برای انجام سرمایش در ساختمان مرکز انرژی هاوایی [۹]. .....۱۶
شکل ۲-۸: ترکیب دو سیستم سرمایش غیر فعال: دودکش خورشیدی و سیستم سرمایش زمینی .....۱۷
شکل ۲-۹: استفاده از چیلرهای جذبی خورشیدی برای تأمین بار سرمایی ساختمان [۷].....۱۸
شکل ۲-۱۰: چگونگی عملکرد سیستمهای سرمایش دسیکنت [۱۱].....۲۰
شکل ۲-۱۱: مکانیزم عملکرد یک سیستم سرمایش دسیکنت خورشیدی (دسیکنت جامد) .....۲۱
شکل ۲-۱۲:عملکرد سیستم سرمایش خورشیدی دسیکنت جامد شکل (۲-۱۱) بر روی نمودار سایکرومتریک [۸]. .....۲۲
شکل ۲-۱۳: سیستم دسیکنت مایع با کلکتور هوا گرم (سمت چپ).....۲۳
شکل ۲-۱۴: طرح سادهای از سیستم رطوبت زدایی دسیکنت خورشیدی [۱۷] .....۲۵
شکل ۲-۱۵: اصول عملکرد یک سیستم سرمایش و رطوبت زدایی دسیکنت خورشیدی [۱۸].....۲۵
شکل ۲-۱۶: سیستم ترکیبی سرمایش دسیکنت خورشیدی و سیستم دودکش خورشیدی [۱۸] .....۲۶
شکل ۲-۱۷: استفاده از بازیاب حرارتی با استفاده از هوای برگشتی در سیستم سرمایش دسیکنت [۲۰] .....۲۷
شکل ۲-۱۸: طراحی معماری یک ساختمان نمونه برای استفاده از سیستم سرمایش غیر فعال خورشیدی [۲۱].....۲۸
شکل۳-۱: محدوده دمایی و رطوبتی شرایط آسایش در داخل ساختمان در طرح زمستان و تابستان[۲۹] .....۳۶
شکل ۳-۲: سیستم سرمایش دسیکنت خورشیدی و بررسی چگونگی عملکرد آن بر روی نمودار سایکرومتریک.....۴۰
شکل ۳-۳: سیستم تخلیه هوای داخل و گرمایش هوا برای بخش بازیاب چرخ دسیکنت .....۴۳

شکل ۳-۵: شماتیک سیستم طراحی شده و قرارگیری آن بر روی ساختمان ..... ۴۸
شکل ۳-۶: نمودار PFD سیستم سرمایش خورشیدی ..... ۴۹
شکل ۳-۶: سیستم سرمایش در حالت بادگیر ..... ۵۱
شکل ۳-۷: سیستم در حالت دودکش خورشیدی ..... ۵۲
شکل ۳-۸: فرایند عملکرد سیستم در حالت گرمایی ..... ۵۴
شکل ۴-۲: نحوه شبکهبندی چرخ دسیکنت در دو راستا $\theta$ و z ..... ۶۰
شکل ۴-۳: ساختار چرخ دسیکنت و مجاری عبور هوا ..... ۶۰
شکل ۴-۴: مدلسازی انتقال حرارت و انتقال جرم در داخل مجاری عبور هوای چرخ دسیکنت ..... ۶۱
شکل ۴-۵: فرایند جذب ایزوترم برای مواد مختلف [۳۸] ..... ۶۴
شکل ۴-۶: جریان هوای تازه و بازیاب در چرخ دسیکنت در مدلسازی دو بعدی ..... ۶۸
شکل ۴-۷: شبکه بندی چرخ و صفحه مختصات برای حل عددی معادلات ..... ۶۸
شکل ۴-۸: بررسی تغییرات رطوبت هوا در خروجی از چرخ دسیکنت و مقایسه با نتایج تجربی ..... ۶۹
شکل ۴-۹: بررسی تغییرات دما و رطوبت هوا در خروجی از چرخ دسیکنت و مقایسه با نتایج تجربی ..... ۶۹
شکل ۴-۱۰: منحنی تغییرات رطوبت هوا در خروجی رطوبت زدایی ($z=L$) و خروجی بخش بازیاب ($z=0$) چرخ دسیکنت .... ۷۰
شکل ۴-۱۱: شکل کلکتور طراحی شده به همراه قسمتهای مختلف آن ..... ۷۲
شکل ۴-۱۲: مدلسازی انتقال حرارت در یک کلکتور هوا گرم خورشیدی دو پوشش ..... ۷۳
شکل ۴-۱۳: شبکه بندی کلکتور هوا گرم برای انجام فرایند حل عددی ..... ۷۳
شکل ۴-۱۴:تغییرات دمای خروجی از کلکتور در طول روز و صحه گذاری نتایج با استفاده از نتایج تجربی [۴۶] ..... ۷۸
شکل ۴-۱۵: بررسی تغییرات دمای هوا در طول کلکتور و دمای صفحه جاذب و پوششهای کلکتور بعد از ظهر ۱۸ ام آگوست در شهر آبادان ..... ۷۸
شکل ۴-۱۷: تابش ورودی به سطح کلکتور شیب دار و هندسه تابش ورودی ..... ۸۱
شکل ۴-۱۸: محاسبه مقدار متوسط تابش خورشید در شهر بوشهر در روز ۱۵ ام ماههای مختلف سال (با اعمال ضرایب ابرناکی) ۸۳

شکل ۵-۱: بررسی تأثیر سرعت چرخ دسیکنت بر رطوبت هوای خروجی برای دو دمای بازیاب (دمای هوای ورودی ۳۵ و رطوبت نسبی ۸۰٪) ..... ۸۶

شکل ۵-۲: بررسی تأثیر سرعت چرخ دسیکنت بر میزان کاهش رطوبت در هوای فرایند ورودی به ساختمان ..... ۸۷

شکل ۵-۳: بررسی تأثیر دمای هوای بازیاب بر رطوبت دفع شده از هوا ..... ۸۷

شکل ۵-۵: بررسی تأثیر دما و دبی هوای ورودی به چرخ بر میزان کاهش هوای خروجی از چرخ دسیکنت ..... ۸۸

شکل ۵-۶: بررسی تأثیر میزان دبی (سرعت) هوای عبوری از چرخ بر میزان کاهش رطوبت هوای خروجی ..... ۸۹

شکل ۵-۷: بررسی اثر نسبت دبی هوای بازیاب به فرایند بر رطوبت نسبی هوای خروجی از چرخ (رطوبت نسبی ورودی ۶۰٪) .. ۹۰

شکل ۵-۸: بررسی اثر نسبت دبی هوای بازیاب به فرایند بر رطوبت نسبی هوای خروجی از چرخ (دمای ورودی ۴۰ درجه) ..... ۹۱

شکل ۵-۹: شماتیک طرحهای مختلف بررسی شدهی کلکتور هوا گرم برای دست‌یابی به طرح بهینه ..... ۹۴

شکل ۵-۱۰:مقایسه دمای هوای خروجی از کلکتور برای چهار طرح بررسی شده در شرایط یکسان ..... ۹۵

شکل ۵-۱۱:استخراج دمای ساعتی هوای شهر بابلسر برای یک دوره یک ساله ..... ۱۰۰

شکل ۵-۱۲: نقشه PFD سیستم برای شهریور ماه در شهر بابلسر ..... ۱۰۱

شکل ۵-۱۳: نمودار سایکرومتریک در حالت سرمایش برای شهر بابلسر ..... ۱۰۲

شکل ۵-۱۴: نقشه PFD سیستم برای شهریور ماه در شهر بوشهر ..... ۱۰۳

شکل ۵-۱۵: نمودار سایکرومتریک در حالت سرمایش برای شهر بوشهر ..... ۱۰۳

شکل ۵-۱۶: بررسی میزان انرژی برودتی تأمین شده توسط خورشید برای ماهای مختلف شهرهای بابلسر و بوشهر ..... ۱۰۵

شکل ۵-۱۷: مقدار انرژی مورد نیاز ساختمان از نرم افزار کریر (قرمز) و مقدار انرژی مفید حاصل از هوای گرم خروجی کلکتور هوا گرم (سبز) در ماه بهمن- بابلسر ..... ۱۰۹

شکل ۵-۱۸: تغییرات دمای هوای محیط و دمای هوای خروجی از کلکتور در طول روز برای ماه بهمن در شهر بابلسر ..... ۱۱۰

شکل ۵-۱۹: محاسبه میزان صرفه جویی در مصرف انرژی برای گرمایش ساختمان در طول روز(از طلوع آفتاب تا غروب) ..... ۱۱۰

## فهرست نمادها

A : مساحت کلکتور بر حسی متر مربع
D : قطر چرخ دسیکنت بر حسب متر
H : آنتالپی سلیکاژل بر حسب کیلوژول بر کیلوگرم
h : ضریب انتقال حرارت جابجایی بر حسب وات بر متر مربع کلوین
I : تابش خورشید بر حسب وات بر متر مربع
K : ضریب انتقال حرارت هدایتی بر حسب وات بر متر کلوین
L : طول چرخ بر حسب متر
M : دبی هوا بر حسب کیلوگرم بر ثانیه
Ra : عدد رایلی
Re : عدد رینولدز
Sc : عدد اشمیت
Sh : عدد شرود
T : دما بر حسب کلوین
V : سرعت(هوا و باد) بر حسب متر بر ثانیه
W : حجم آب داخل سلیکاژل بر حسب کیلوگرم آب بر کیلوگرم هوا

**زیرنویس**

a : هوا
b : تابش مستقیم
c : پوشش کلکتور
d : تابش دیفیوز
f : سیال
m : دسیکنت
r : انتقال حرارت تابشی
g : زمین
u : انرژی مفید
P : صفحه جاذب
p : هوای فرایند

## ۱-فصل اول

# طرح موضوع و بیان اهداف پژوهش

محدودیت منابع انرژی و تقاضای زیاد انرژی در چند دهه اخیر لزوم گرایش به منابع جایگزین را در آینده دو چندان کرده است. انرژی‌های تجدید پذیر به عنوان منابع پاک و ارزان یکی از مهم‌ترین منابع انرژی جایگزین به شمار می‌آیند. در بین منابع انرژی‌های تجدید پذیر، خورشید تنها منبعی است که انرژی آن به صورت فراوان و همیشگی در همه جا قابل دسترس می‌باشد. استفاده از انرژی خورشید به شکل‌های مختلف در حال گسترش می‌باشد که در این بین تهیه آب گرم و تولید برق از متداول‌ترین روش‌های جذب انرژی به حساب می‌آیند. از طرفی در حال حاضر ساختمان‌های مسکونی و تجاری یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف کننده انرژی در جهان به حساب می‌آیند که حدود یک سوم از انرژی در این بخش مصرف می‌گردد که از این مقدار بخش زیادی از انرژی صرف تأمین بار سرمایی ساختمان می‌گردد. از این رو تأمین بار سرمایی ساختمان با استفاده از انرژی خورشید می‌تواند سهم بسزایی در کاهش انرژی مصرفی در این بخش داشته باشد؛ لذا استفاده از انرژی خورشید برای تأمین بار سرمایی، علاوه بر کاهش مصرف برق، سبب صرفه جویی در مصرف سوخت فسیلی مانند گاز نیز خواهد شد. یکی از مهم‌ترین مزیت سیستم‌های سرمایش خورشیدی نسبت به سیستم گرمایش، هم‌زمانی پیک بار سرمایی با پیک تابش خورشید می‌باشد که نیاز به ذخیره سازی انرژی را کمتر می‌کند ولی برخلاف سیستم گرمایش، در این سیستم‌ها انرژی جذب شده به طور مستقیم قابل استفاده نبوده و برای انجام سرمایش نیاز به یک سیستم واسطه برای تولید برودت می‌باشد. تاکنون سیستم‌های سرمایش خورشیدی زیادی شناسایی شده-اند. که این سیستم متناسب با شرایط مختلف آب و هوایی، میزان ضریب عملکرد[1] (COP)، میزان هزینه اولیه و ... متفاوت می‌باشند. اکثر تکنولوژی‌های تولید برودت از انرژی خورشیدی با الهام از سیستم‌های سرمایشی کنونی گسترش یافته‌اند. با توجه به اینکه منبع انرژی ورودی به اکثر سیستم‌های سرمایشی متداول انرژی الکتریسیته یا حرارت می‌باشد در بیشتر موارد سعی شده است با تولید برق یا حرارت از انرژی خورشید و استفاده از تکنولوژی‌های سرمایشی فعلی از میزان مصرف انرژی در این وسایل بکاهند، هرچند نو آوری‌های زیادی نیز در این زمینه انجام شده است. با وجود همه این تلاش‌ها به دلیل هزینه بالای تجهیزات مورد نیاز برای

[1] Coefficient of performance

جذب و تبدیل انرژی خورشیدی و راندمان پایین این تجهیزات، و به دلیل نیازی که در آینده به استفاده از انرژی خورشیدی برای بخش‌های مختلف از جمله سرمایش به وجود می‌آید، تلاش‌ها برای بهبود و ارتقای عملکرد این سیستم‌ها همچنان ادامه دارد. از این رو در این زمینه تاکنون اقدامات زیادی انجام شده است؛ که در ادامه برخی از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه معرفی می‌گردند.

### ۱-۱-تبیین اهداف پژوهش

همان طوری که اشاره شده است با توجه به هزینه بالای انرژی در دنیا و کشور و برنامه حذف تدریجی یارانه انرژی، لزوم گرایش به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر چه در دنیا و چه در کشورمان تخلف ناپذیر است. از میان انواع مختلف انرژی‌های نو و تجدیدپذیر انرژی خورشیدی تنها نوع انرژی است که تقریباً در همه جا و به اندازه کافی در دسترس می‌باشد. در کشورمان نیز به دلیل قرارگیری در کمربند گرم و خشک دنیا میزان تابش خورشیدی در دسترس بسیار زیاد می‌باشد. در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز کاربردهای فراوانی تاکنون شناخته شده است. یکی از پرکاربردترین زمینه استفاده از انرژی خورشیدی در بخش ساختمان و استفاده از انرژی خورشید برای تهویه مطبوع و تهیه آب گرم مصرفی در ساختمان می‌باشد. هرچند استفاده از انرژی خورشیدی بیشتر برای گرمایش و تهیه آب گرم بسیار متداول می‌باشد اما با توجه به سیستم‌های جدید سرمایشی شناخته شده، قابلیت استفاده از انرژی خورشید نیز فراهم شده است. در کشور ما نیز وجود مناطق گرم و خشک و گرم و مرطوب فراوان سبب شده است که بخش عمده انرژی مصرفی در ساختمان صرف انجام سرمایش ساختمان در تابستان گردد که متأسفانه تقریباً کل انرژی مورد نیاز برای سرمایش از انرژی بسیار گرانبهای الکتریکی تأمین می‌گردد. استفاده از وسایل سرمایشی برقی در کشورمان تا حدی زیاد شده است که در سال ۹۰ برای اولین بار پیک برق مصرفی در تابستان از شب به روز منتقل شده است. که بخش عمده‌ای از این انرژی در مناطق گرم و مرطوب کشور که استفاده از وسایل سرمایشی تمام برقی در این مناطق رایج می-باشد، مصرف می‌گردد. از این رو در حال حاضر در کشور بیش از هر زمانی لزوم مدیریت و پژوهش در زمینه

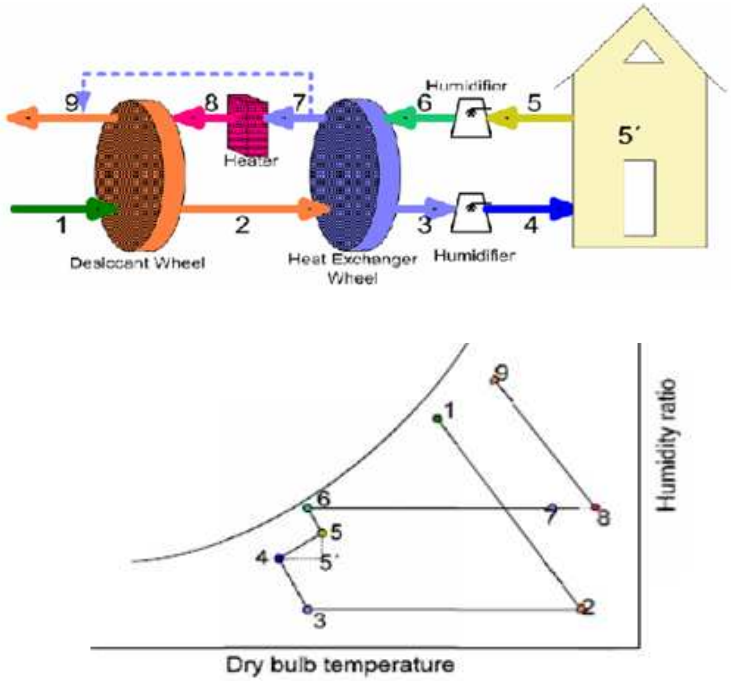
تأمین سرمایش ساختمان‌ها وجود دارد. برای دست‌یابی به الگوی صحیح مصرف انرژی در سیستم‌های سرمایشی اقداماتی فراوانی قابل انجام است. که برخی از این اقدامات عبارتند از:

- استفاده از مصالح مناسب برای جلوگیری از اتلاف‌های حرارتی
- استفاده از سیستم‌های سرمایشی با راندمان بالا
- طراحی مناسب ساختمان برای کاهش بار برودتی مورد نیاز ساختمان
- استفاده از روش‌های نوین سرمایشی به جای سیستم‌های فعلی
- استفاده از انرژی‌های نو و تجدید پذیر

در این پژوهش نیز سعی شده است با استفاده انرژی نو و تجدید پذیر خورشیدی و استفاده از یک سیستم ساده و کم هزینه، تمام یا بخشی از انرژی برودتی مورد نیاز ساختمان برای مناطق گرم و مرطوب کشور تأمین گردد. بر این اساس یک سیستم سرمایشی( به همراه سیستم گرمایشی) که با هدف کاهش هزینه اولیه سیستم و برای مناطق گرم و مرطوب طراحی شده است، معرفی شده است. در طرحی سیستم مذکور سعی شده است با استفاده از نوع معماری ساختمان و به کارگیری روش‌های سرمایشی ساده و طبیعی مانند بادگیرها، دودکش خورشیدی، کلکتورهای هوا گرم کن و ترکیب این سیستم‌ها با یک سیستم رطوبت زدایی دسیکنت خورشیدی، تا حد ممکن شرایط آسایش در داخل ساختمان تأمین گردد. بنابراین سیتستم اصلی مورد بررسی در این پژوهش سیستم سرمایش و رطوبت زدایی دسیکنت خورشیدی می‌باشد. فرایند عملکرد سیکل سرمایش و رطوبت زدایی دسیکنت خورشیدی که بر مبنای حذف رطوبت هوا با استفاده از یک چرخ موسوم به چرخ دسیکنت و یک مبدل بازیاب حرارتی می‌باشد، به صورت زیر می‌باشد.

در شکل زیر نمای کلی یک سیستم دسیکنت خورشیدی را به همراه عملکرد آن بر روی نمودار سایکرومتریک نشان داده شده است. با توجه به شکل (۱-۱) عملکرد سیستم بدین صورت می‌باشد. ابتدا هوای بیرون در چرخ

دسیکنت در مجاورت مواد جاذب رطوبت، رطوبت زدایی می‌شود (۱ به ۲) و سپس در یک بازیاب حرارتی به وسیله هوای سرد برگشتی از داخل ساختمان خنک می‌گردد (۲ به ۳) سپس در یک مرحله سرمایش دیگر هوای خروجی از بازیاب به روش سرمایش تبخیری تا دمای حباب مرطوب خنک می‌گردد (۳ تا ۴) و هوای خنک شده به داخل اتاق فرستاده می‌شود. هوای برگشتی نیز ابتدا به وسیله سرمایش تبخیری تا دمای اشباع خنک می‌گردد (۵ به ۶) و سپس در مبدل بازیاب هوای تازه ورودی به ساختمان را خنک می‌کند (۶ به ۷) سپس در ادامه به وسیله یک منبع حرارتی که عموما از جنس انرژی خورشیدی می‌باشد، گرم می‌گردد (۷ به ۸) و هوای گرم شده با عبور از روی مواد دسیکنت اشباع شده از رطوبت و جذب رطوبت این مواد، باعث انجام بازیاب و احیا در چرخ دسیکنت می‌گردد (۸ به ۹) و با جذب رطوبت به صورت هوای گرم و مرطوب از ساختمان خارج می‌گردد.




شکل ۱-۱: سیستم سرمایش دسیکنت خورشیدی و بررسی چگونگی عملکرد آن بر روی نمودار سایکرومتریک

در این پژوهش با بهره گیره از مکانیزم عملکرد سیستم سرمایش و رطوبت زدایی دسیکنت خورشیدی، یک سیستم سرمایش مناسب برای مناطق گرم و مرطوب کشور طراحی شده و عملکرد این سیستم طراحی شده مورد ارزیابی قرار گرفته است. در طراحی سیستم تمامی ملاحظات ممکن برای کاهش هرچه بیشتر هزینه اجرایی سیستم در نظر گرفته شده و سعی شده است سیستمی طراحی شده با ساده‌ترین شکل ممکن طراحی گردد. اهم فعالیت‌های انجام شده در فرایند انجام این پژوهش عبارتنداز:

- بررسی نیاز برودتی ساختمان‌های موجود در مناطق گرم و مرطوب کشور
- بررسی سیستم‌های سرمایشی موجود در مناطق گرم و مرطوب کشور و میزان مصرف انرژی این سیستم‌ها
- بررسی روش‌های قابل استفاده جهت انجام سرمایش طبیعی ساختمان
- بررسی روش‌های بومی موجود در کشور برای انجام سرمایش ساختمان و بررسی امکان استفاده این سیستم‌ها در ساختمان‌های جدید
- طراحی یک سیستم سرمایش خورشیدی با هزینه اولیه پایین برای ساختمان‌های مناطق گرم و مرطوب کشور
- تحلیل سیستم طراحی شده و محاسبه راندمان سیستم
- تهیه نقشه‌های اجرایی سیستم

بر اساس اهداف فوق ابتدا در فصل بعد انواع سیستم‌های سرمایش خورشیدی مورد بررسی قرار می‌گیرند تا با استفاده از نتایج این بررسی‌ها الگوهای مناسب برای طراحی سیستم نهایی انتخاب گردند. سپس در فصل سوم سیستم سرمایش خورشیدی مورد نظر طراحی مفهومی شده و چگونگی عملکرد آن تشریح می‌گردد. در فصل چهارم نیز سیستم طراحی شده برای انجام فرایند شبیه‌سازی، مدل‌سازی ریاضی و کد نویسی می‌گردد. در فصل پنجم نیز ابتدا ضمن بررسی صحت مدل بدست آمده، با بررسی عوامل مختلف موثر بر عملکرد سیستم، مقدار

مناسب برای هر پارامتر انتخاب می‌گردد و سپس سیستم بدست آمده به ازای مقادیر مناسب پارامترها برای شرایط آب و هوایی مورد نظر طی یک سال شبیه‌سازی گذرا شده و نتایج آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

**۲-فصل دوم:**

# سیستم‌های سرمایش خورشیدی در آینه پژوهش

برای طراحی یک سیستم سرمایش خورشیدی ابتدا لازم است سیستم‌های سرمایش خورشیدی موجود و آخرین تحقیقات در این زمینه مورد بررسی قرار گیرند. از این رو پیش از ورود به فاز طراحی سیستم ابتدا سعی شده است با جستجوی وسیع در این زمینه، تمامی سیستم‌ها موجود و شناخته شده در این زمینه شناسایی گردند. که به طور کلی اهم موارد بررسی شده در این قسمت عبارتند از:

۱- بررسی تأثیر شرایط اقلیمی بر نوع و عملکرد سیستم سرمایش خورشیدی
۲- بررسی تأثیر نوع کاربری ساختمان بر سیستم انتخابی
۳- بررسی میزان راندمان و برودتی تولیدی در سیستم‌های سرمایش خورشیدی
۴- بررسی روش‌های مختلف جذب انرژی خورشید برای تولید برودت
۵- بررسی روش‌های ذخیره سازی انرژی در سیستم‌های سرمایش خورشیدی
۶- بررسی تأثیر معماری ساختمان بر عملکرد سیستم سرمایش خورشیدی
۷- بررسی انواع روش‌های غیر فعال[1] خورشیدی بر سرمایش ساختمان
۸- بررسی جدیدترین سیستم‌های شناسایی شده برای سرمایش خورشیدی

## ۲-۱- جذب انرژی خورشید

اولین و مهم‌ترین پارامتر در طراحی سیستم‌های خورشیدی، طراحی یک سیستم مناسب برای جذب انرژی مورد نیاز سیستم از طریق انرژی خورشیدی در دسترس می‌باشد. این سیستم علاوه بر داشتن الزام‌ها مربوط به سیستم خورشیدی (به طور مثال سیستم سرمایش خورشیدی، گرمایش خورشیدی و ...) باید حداکثر مقدار انرژی در دسترس را نیز جذب کند. برای جذب انرژی خورشیدی باید از گردآورنده‌های[2] انرژی خورشیدی استفاده کرد. گردآورنده یا کلکتور خورشیدی را می‌توان به سه نوع کلکتورهای تولید حرارت، کلکتورهای تولید برق و کلکتورهای تولید همزمان برق و حرارت تقسیم کرد. انتخاب نوع کلکتور و میزان مساحت آن یکی از

[1] Solar passive cooling
[2] Solar collector