



دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی بیوسیستم - گرایش انرژی‌های تجدیدپذیر

عنوان

**طراحی و ساخت یک کنترلر الکتریکی برای گرمکن خورشیدی - الکتریکی با هدف بهینه**

**سازی مصرف انرژی**

استاد راهنما

دکتر راضیه پوردربانی

اساتید مشاور

دکتر بهمن نجفی

دکتر حسین بهفر

پژوهشگر

سحر محبوب کنفی

زمستان ۱۳۹۶

نام خانوادگی دانشجو: محبوب کنفی	نام: سحر
عنوان پایان نامه: طراحی و ساخت یک کنترلر الکتریکی برای گرمکن خورشیدی-الکتریکی با هدف بهینه سازی مصرف انرژی	
استاد راهنما: دکتر راضیه پور دربانی	
اساتید مشاور: دکتر بهمن نجفی - دکتر حسین بهفر	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی بیوسیستم
گرایش: انرژی های تجدیدپذیر	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی	تاریخ دفاع: ۱۳۹۶/۱۱/۰۹
	تعداد صفحات: ۹۲
چکیده:	
<p>محدود بودن منابع انرژی فسیلی ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشید را برهمگان روشن ساخته است. یکی از کاربردهای انرژی خورشیدی در گرمایش می باشد که می توان از آن در هواگرمکن های خورشیدی استفاده کرد. هدف از این پژوهش تأثیر استفاده از سامانه های کنترلی دما بر روی عملکرد هواگرمکن خورشیدی می باشد. سه عدد المنت الکتریکی در دهانه خروجی هواگرمکن تعبیه شده تا در صورت نیاز به هوای گرم این المنت ها روشن شده و هوای گرم تولید نمایند. شش عدد سنسور دمایی LM35 در نقاط مختلف کلکتور نصب شد تا دما را مشخص کنند و در برنامه متلب دمای شش عدد سنسور ثبت شدند. هدف ما تأمین دمای ۶۰ درجه سانتی گراد بود که برای خشک کردن میوه های تابستانی از قبیل زردآلو استفاده می شود. مقادیر مختلف دمای اندازه گیری شده نشان داد که هرچه بازه های دمایی برای بکاراندازی المنت ها بیشتر باشد، بدلیل کاهش فراجاهش در مدار، عملکرد سامانه کنترلی دما مناسب تر می باشد. همچنین عملکرد این کنترلر دما در حالتی که هرسه المنت باهم فعال و خاموش شوند، دوالمنت باهم همزمان فعال و خاموش شوند و زمانی که فقط یک المنت فعال و قطع شود، بررسی شدند. مقایسات واریانس ها نشان داد زمانی که دو المنت فعال شود این سامانه کنترلی به دلیل پایین بودن انحراف معیار، دارای پاسخ زمانی و فراجاهش مناسبی نسبت به حالت سه المنت و تک المنت بود. همچنین نتایج نشان داد که با استفاده از المنت های الکتریکی در هواگرمکن های خورشیدی می توان کمبود هوای گرم را در روزهای ابری و بارانی یا در مناطقی مثل اردبیل که تابش خورشیدی زیاد نمی باشد می توان به میزان قابل قبولی جبران نمود. طبق محاسبات انجام یافته مشخص گردید که در طول ساعات داده برداری، سهم انرژی خورشیدی در تأمین هوای داغ لازم، در یک روز کاملاً صاف و آفتابی ۴۴/۷۴٪ و در روز نیمه آفتابی به طور متوسط ۲۳/۶۶٪ بود.</p>	
کلید واژه ها: هواگرمکن خورشیدی-الکتریکی، بهینه سازی، کنترلر دما، انرژی خورشیدی	

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول: مقدمه و کلیات پژوهش</b>
۶۶	۱-۱ مقدمه:
۶۸	۲-۱ تعریف انرژی
۶۹	۳-۱ ضرورت به کارگیری انرژی تجدیدپذیر
۶۹	۱-۳-۱ محدودیت منابع انرژی
۶۹	۲-۳-۱ آلودگی زیست‌محیطی منابع انرژی
۷۱	۴-۱ انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران
۷۳	۵-۱ پیش‌بینی منابع و مصرف انرژی جهان در ۵۰ سال آینده
۷۳	۶-۱ انواع انرژی‌های تجدیدپذیر
۷۵	۷-۱ انرژی خورشیدی
۷۷	۸-۱ میزان تابش خورشید در سطح زمین
۷۷	۹-۱ شدت تابش خورشیدی
۷۸	۱۰-۱ وضعیت انرژی خورشیدی در ایران
۷۹	۱۱-۱ وضعیت انرژی خورشیدی جهان

## فصل دوم: بررسی منابع

۸۱	۱-۲ تاریخچه انرژی خورشیدی
۸۳	۲-۲ استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی
۸۳	۱-۲-۲ کاربردهای نیروگاهی انرژی خورشیدی:
۸۴	۲-۲-۲ کاربردهای غیرنیروگاهی
۸۴	۳-۲ هوا گرمکن خورشیدی
	<b>Error! Bookmark not defined.</b> ۱-۳-۲ معرفی اجزای دستگاه هواگرمکن خورشیدی
	<b>Error! Bookmark not defined.</b> ۲-۳-۲ زمینه‌های کاربرد هواگرمکن‌های خورشیدی
	<b>Error! Bookmark not defined.</b> ۴-۲ اجزای اصلی کلکتور صفحه تخت
	<b>Error! Bookmark not defined.</b> ۱-۴-۲ صفحه جاذب
	<b>Error! Bookmark not defined.</b> ۲-۴-۲ صفحات پوششی

Error! Bookmark not defined.	۳-۴-۲ عایق
Error! Bookmark not defined.	۴-۴-۲ لوله های انتقال دهنده
Error! Bookmark not defined.	۵-۴-۲ قاب
Error! Bookmark not defined.	۵-۲ عوامل موثر بر بازدهی کلکتور
Error! Bookmark not defined.	۶-۲ کنترلر:
Error! Bookmark not defined.	۱-۶-۲ سیستم کنترل فرآیند.
Error! Bookmark not defined.	۲-۶-۲ سیستم کنترل دما
Error! Bookmark not defined.	۷-۲ اطلاعات لازم در انتخاب کنترلر دمای مناسب جهت پروسه مورد کنترل
	<b>defined.</b>
Error! Bookmark not defined.	۱-۷-۲ مشخصات پروسه مورد کنترل:
Error! Bookmark not defined.	۸-۲ روش کنترلی مورد نیاز در کنترلر دما
Error! Bookmark not defined.	۹-۲ ضرورت و اهمیت پژوهش:
Error! Bookmark not defined.	۱۰-۲ اهداف پژوهش
Error! Bookmark not defined.	۱۱-۲ پیشینه پژوهش:

### فصل سوم: مواد و روش ها

Error! Bookmark not defined.	۱-۳ مشخصات کلی کلکتور مورد استفاده
Error! Bookmark not defined.	۲-۳ مراحل ساخت قسمت های مورد نیاز
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۳ قالب قیفی شکل
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۳ المنت های الکتریکی
Error! Bookmark not defined.	۳-۳ سامانه کنترلی
Error! Bookmark not defined.	۱-۳-۳ سخت افزار سیستم کنترل خودکار
Error! Bookmark not defined.	۱-۱-۳-۳ برد آردوینو Mega2560
Error! Bookmark not defined.	۲-۱-۳-۳ سنسور دما
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۱-۳-۳ انواع حسگرهای دمایی در دسترس:
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۱-۳-۳ معیار انتخاب بهترین حسگر برای این انتخاب:
Error! Bookmark not defined.	۳-۱-۳-۳ رله
Error! Bookmark not defined.	۲-۳-۳ نرم افزار سیستم کنترل خودکار
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۳-۳ فلوچارت کنترل سامانه:
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۳-۳ فلوچارت برنامه

## فصل چهارم: نتایج و بحث

۱-۴ نتایج و نمودار داده‌برداری بدون المنت الکتریکی (کلکتور شاهد) **Error! Bookmark not defined.**

۲-۴ عملکرد کنترلر دما برای هواگرمکن خورشیدی -الکتریکی با محدوده دمایی ۵۰،۳۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد **Error! Bookmark not defined.**

۱-۲-۴ عملکرد کنترلر دما در نقطه کنترلی ۶۰ درجه سانتی‌گراد و در حالت هوای آفتابی **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۴ عملکرد کنترلر دما در نقطه کنترلی ۶۰ درجه سانتی‌گراد و در حالت هوای ابری با باد شدید **Error! Bookmark not defined.**

۳-۴ عملکرد کنترلر دما برای هواگرمکن خورشیدی -الکتریکی با محدوده دمایی ۵۵،۵۰ و ۶۰ درجه (چرا) **Error! Bookmark not defined.**

۴-۴ عملکرد کنترلر دما برای هواگرمکن خورشیدی -الکتریکی با محدوده دمایی ۵۷،۵۴ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد **Error! Bookmark not defined.**

۵-۴ عملکرد کنترلر دما در دمای ۵۸ درجه برای هواگرمکن خورشیدی -الکتریکی زمانی که هر سه المنت با هم روشن و خاموش می‌شوند **Error! Bookmark not defined.**

۶-۴ عملکرد کنترلر دما در دمای ۵۸ درجه برای هواگرمکن خورشیدی -الکتریکی زمانی که ۲ المنت همزمان روشن و خاموش می‌شوند **Error! Bookmark not defined.**

۷-۴ عملکرد کنترلر دما در دمای ۵۸ درجه برای هواگرمکن خورشیدی -الکتریکی زمانی که فقط یک المنت عمل می‌کند **Error! Bookmark not defined.**

## فصل پنجم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

۱-۵ نتیجه گیری: **Error! Bookmark not defined.**

۲-۵ پیشنهادات: **Error! Bookmark not defined.**

منابع: **Error! Bookmark not defined.**

پیوست‌ها: **Error! Bookmark not defined.**

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....	جدول ۱-۳: مشخصات کلی حسگرهای موجود در بازار
۶۳.....	جدول ۱-۴: مشخصات آماری مربوط به تاثیر تعداد المنت فعال در مدار

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۷۰	شکل ۱-۱: نشر دی اکسید کربن ناشی از سوزاندن سوخت‌های قابل احتراق در سال ۲۰۰۵.....
۷۱	شکل ۲-۱: سرانه میزان خروجی گاز دی اکسید کربن در ایران.....
۷۲	شکل ۳-۱: نمودار تولید و مصرف نفت در ایران.....
۷۲	شکل ۴-۱: نمودار تولید و مصرف گاز در ایران.....
۷۳	شکل ۵-۱: پیش بینی منابع و مصرف انرژی.....
۷۵	شکل ۶-۱: ظرفیت تجمعی انرژی تجدیدپذیر (در گیگا وات) برای سال ۲۰۱۳-۲۰۲۰.....
۷۶	شکل ۷-۱: ظرفیت جهانی انرژی خورشیدی.....
۷۶	شکل ۸-۱: مقایسه ظرفیت نصب شده انرژی خورشیدی در کشورهای مختلف (نشریه آموزشی صنعت نفت، گاز و پتروشیمی، ۸۹).....
۷۷	شکل ۹-۱: مقدار تابش خورشیدی سطح زمین.....
۷۷	شکل ۱۰-۱: میزان شدت تابش انرژی خورشیدی در آب و هوای مختلف.....
۷۹	شکل ۱۱-۱: اطلس انرژی خورشیدی در ایران (Razmjoo, et al., 2016).....
۷۹	شکل ۱۲-۱: اطلس انرژی خورشیدی جهان (سانا).....
۸۴	شکل ۱-۲: نیروگاه سهموی خطی.....
	شکل ۲-۲: شماتیکی از هوا گرمکن خورشیدی..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
	شکل ۳-۲: شماتیک سیستم کنترل دما..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
	شکل ۱-۳: شماتیک کلی هواگرمکن خورشیدی طراحی شده در سالید ورک <b>Error! Bookmark not defined.</b>
	شکل ۲-۳: قالب قیفی شکل و محل قرار گیری المنت الکتریکی. <b>Error! Bookmark not defined.</b>
	شکل ۳-۳: شماتیک المنت الکتریکی طراحی شده در سالید ورک <b>Error! Bookmark not defined.</b>
	شکل ۴-۳: برد میکروکنترل مدل Mega2560 R3..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
	شکل ۵-۳: نمایشی از اصول عملکرد بیمتال..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>

- شکل ۳-۶: حسگر دما مدل LM35 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۷: پایه های حسگر LM35 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۸: نحوه اتصال خازن به حسگر دما ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۹: رله مدل SSR-40DA Solid State ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۱۰: نمایش و ثبت داده ها در برنامه متلب ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۱۱: هواگرمن خورشیدی -الکتریکی مجهز به کنترل کننده دما تکمیل شده **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۱۳: فلوجارت برنامه نوشته شده ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۱: مقایسه دمای ورودی داخل کلکتور ، دماهای سطح جاذب، دمای خروجی از کلکتور و دمای نهایی هواگرمن خورشیدی ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۲: نتایج عملکرد کنترلر دما در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در هوای آفتابی **Error! Bookmark not defined.**  
**not defined.**
- شکل ۴-۳: نتایج عملکرد کنترلر دما در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در حالت دمایی ابری با باد شدید **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۴: مقایسه عملکرد کنترلر دما در روز آفتابی و ابری ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۵: عملکرد کنترلر دما با محدوده دمایی ۵۰، ۵۵ و ۶۰ درجه سانتی گراد **Error! Bookmark not defined.**  
**not defined.**
- شکل ۴-۶: عملکرد کنترلر دما با محدوده دمایی ۵۴، ۵۷ و ۶۰ درجه سانتی گراد **Error! Bookmark not defined.**  
**defined.**
- شکل ۴-۶: مقایسه عملکرد کنترلر دما در روزهای ۱۵،۴ و ۱۶ مرداد **Error! Bookmark not defined.**  
**defined.**
- شکل ۴-۷: عملکرد کنترلر دما در حالتی که ۳ المنت همزمان فعال و خاموش می شوند **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۸: عملکرد کنترلر دما در حالتی که ۲ المنت همزمان فعال و خاموش شوند **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۹: عملکرد کنترلر دما در حالتی که فقط یک المنت فعال و خاموش **Error! Bookmark not defined.**  
**defined.**





فصل اول:

مقدمه و کلیات پژوهش

## ۱-۱ مقدمه:

انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) از آغاز صنعتی شدن زمین افزایش یافته است و کشورهای توسعه یافته و صنعتی مسئول اصلی انتشار این گازها بوده‌اند. استفاده از سوخت‌های فسیلی در نتیجه عواملی نظیر افزایش جمعیت، توسعه اقتصادی و اجتماعی و تغییرات تکنولوژیکی همواره بر شدت بروز این پدیده دامن زده است. دی‌اکسیدکربن حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، بزرگ‌ترین منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان‌ساخت به شمار می‌رود و بیشترین نقشی که انسان در پدیده تغییر آب و هوا داشته است در اثر انتشار روزافزون همین گاز بوده است. در طول قرن گذشته سوخت‌های فسیلی به دلیل ارزانی و سهولت در کاربرد ارائه انرژی بیشتری نسبت به منبع انرژی جایگزین داشتند. محدودیت ذخایر سوخت‌های فسیلی باعث شد قیمت سوخت شتاب بگیرد و ذخایر کاهش یابد. نگرانی‌های ناشی از بروز پدیده تغییر آب و هوا و خسارات آن سبب شده است که این موضوع از سوی فعالان غیردولتی در درجه اول و دانشمندان جهان و نیز در میان دولت‌ها مورد پیگیری قرار گیرد و در جهت جلوگیری از انتشار روزافزون این گازها و تلاش برای به حداقل رساندن آثار آن‌ها بر جوامع تصمیم‌گیری شود (Nadejda Komendantova, et al 2016).

استفاده بیش‌ازحد از سوخت‌های فسیلی باعث گرمایش زمین توسط دی‌اکسیدکربن شده است. از این رو ترویج انرژی تجدیدپذیر پاک شدیداً مورد نیاز هست (Panwar, et al., 2011). انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان منابع انرژی پاک مطرح می‌شوند. استفاده بهینه از این منابع باعث به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی، تولید حداقل ضایعات ثانویه و پایداری تولید بر اساس نیازهای اقتصادی و اجتماعی فعلی و آینده می‌شود. منابع انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۹٪ از کل انرژی جهان را در سال ۲۰۱۲ تولید کردند. ترویج انرژی تجدیدپذیر برای نیازهای انرژی در حال رشد بشر موردنیاز هست. با توجه به پایان‌پذیر بودن منابع

فسیلی و زیرزمینی و وابستگی شدید جوامع به منابع انرژی بخصوص سوخت‌های نفتی لازم است بسیار جدی‌تر از قبل به انرژی‌های طبیعی تجدیدپذیر توجه کرده و دنبال طرح‌های نوینی برای به‌کارگیری انرژی‌های نو باشیم. پتانسیل انرژی خورشیدی در میان دیگر منابع انرژی تجدیدپذیر (RES) تقریباً نامحدود است. خورشید به‌عنوان منبع انرژی جایگزین باید به‌طور گسترده در حوزه اقتصاد ملی استفاده می‌شود (Nadejda Komendantova, et al., 2016).

خورشید یکی از دو منبع مهم انرژی است که باید به آن روی آورد زیرا به فن‌آوری‌های پیشرفته و پرهزینه احتیاج نداشته و می‌تواند به‌عنوان یک منبع مفید و تأمین‌کننده انرژی در اکثر نقاط جهان به کار گرفته شود و برای کشورهایی که فاقد منابع انرژی زیرزمینی هستند مناسب‌ترین راه برای دستیابی به نیرو، رشد و توسعه اقتصادی می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از انرژی خورشیدی به علت ارزان بودن، تجدیدپذیر بودن، دوستدار محیط‌زیست بودن، پایان‌ناپذیر بودن و فراوان بودن بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Akpınar, 2010). در ایران با وجود اینکه یکی از کشورهای نفت‌خیز جهان بشمار می‌رود و داری منابع عظیم گاز طبیعی می‌باشد، خوشبختانه به علت شدت تابش خورشیدی در اکثر نقاط کشور (۳۰۰ روز آفتابی در دوسوم کشور با متوسط ۴/۵-۵/۵ کیلو وات ساعت در هر مترمربع در روز) اجرای طرح‌های خورشیدی و امکان استفاده از انرژی خورشیدی در شهرها و روستاهای پراکنده در سطح کشور، می‌تواند صرفه‌جویی مهمی در مصرف نفت و گاز را به همراه داشته باشد (امینی فر، ۱۳۹۰).

تحقیق و پژوهش متخصصان باید در بهبود عامل بهره‌وری از کلکتور حرارت خورشیدی و گسترش دادنشان در برنامه‌های کاربردی متمرکز شود (Budea Sanda, 2014). انرژی تابشی خورشید برخلاف انرژی‌های فسیلی دارای عمر بسیار طولانی و بدون نیاز به هزینه‌های سنگین اکتشاف یا استخراج می‌باشد. اما انرژی خورشیدی دارای مشکلات خاص خود می‌باشد. مدت تابش، میزان تابش و زاویه تابش خورشید تحت کنترل ما نمی‌باشند و برای حل این مشکلات باید هزینه زیادی بپردازیم. هرچه قیمت تجهیزات دریافت انرژی، تبدیل آن به انرژی الکتریکی یا گرمایی و در نهایت ذخیره‌سازی آن کاهش یابد استفاده از این انرژی گسترش بیشتری می‌یابد.

در نیم قرن اخیر روش‌های جدیدی برای به‌کارگیری انرژی خورشیدی در کاربردهای صنعتی ابداع شده است تا این انرژی را به یکی از صورت‌های حرارتی، الکتریکی و یا شیمیایی تبدیل نموده و مورد استفاده قرار دهند. تبدیل انرژی خورشیدی به حرارتی از متداول‌ترین این روش‌ها بوده و شامل طرح‌هایی مانند گردآورنده‌های تخت، آب شیرین‌کن، گردآورنده‌های مقعر و کوره‌های خورشیدی و ... می‌گردد. طراحی گردآورنده تخت که شامل هواگرمکن و آب گرمکن‌های تخت می‌باشد، آسان‌تر بوده و به نگهداری کمتری نیاز دارند. مسائلی نظیر یخ زدگی، خوردگی و نشستی که در آب گرمکن‌ها وجود دارد در هواگرمکن‌ها وجود ندارد و این دال بر مزیت آن‌هاست؛ اما به دلیل پایین بودن ضریب انتقال حرارت جابجایی بین هوا و صفحه جاذب، میزان دریافت انرژی مفید و در نتیجه بازده آن‌ها پایین‌تر است. در نتیجه مقدار حرارت اتلافی به محیط پیرامون نیز افزایش می‌یابد. عمده اتلاف حرارتی از صفحه جاذب می‌باشد چرا که دیواره‌های جانبی و پایینی کانال عایق گردیده‌اند. به همین خاطر بالا بردن ضریب انتقال حرارت جابجایی در طراحی هواگرمکن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هوای گرم در صنعت، کشاورزی و دام‌پروری و امور خانگی کاربرد فراوان دارد. یکی از روش‌های تولید هوای گرم، استفاده از انرژی خورشیدی در هواگرمکن‌های خورشیدی می‌باشد. برخلاف کلکتورهای مایع خورشیدی توجه زیادی به کلکتورهای خورشیدی نشده است. در هوا گرمکن‌های خورشیدی برای استفاده ۲۴ ساعته از هواگرمکن و یکنواخت بودن عملکرد می‌توان از المنت‌های الکتریکی با مدار کنترل‌کننده دما استفاده نمود (رزمی پور و همکاران، ۱۳۹۴).

## ۲-۱ تعریف انرژی

انرژی را می‌توان به‌عنوان بنیاد و اساس زندگی اجتماعی معرفی کرد. با مطالعه در تاریخ زندگی انسان‌ها، مشاهده می‌شود که انرژی قابل استفاده برای انسان نخستین، تنها قدرت بدنی او بود. مدت‌ها گذشت تا توانست با رام کردن حیوانات و همچنین سوزاندن درختان، احتیاجات خود را برطرف کند. بالاخره با دستیابی به منابع سوخت‌های فسیلی مثل ذغال سنگ و نفت و گاز، قدرت مادی خویش را به طرز بی‌سابقه‌ای افزایش داد. رشد علم و صنعت و فن‌آوری در جهان امروز، روش‌های مختلف استفاده از انرژی

را که در دوران قبل از انقلاب صنعتی معمول بود، دگرگون کرده و شناخت منابع انرژی‌های جدید، تحولی عظیم در توسعه صنعتی و تکامل اجتماعی بشر به وجود آورده است ( Chifford and Eastwood, 2004).

### ۱-۳ ضرورت به‌کارگیری انرژی تجدیدپذیر

#### ۱-۳-۱ محدودیت منابع انرژی

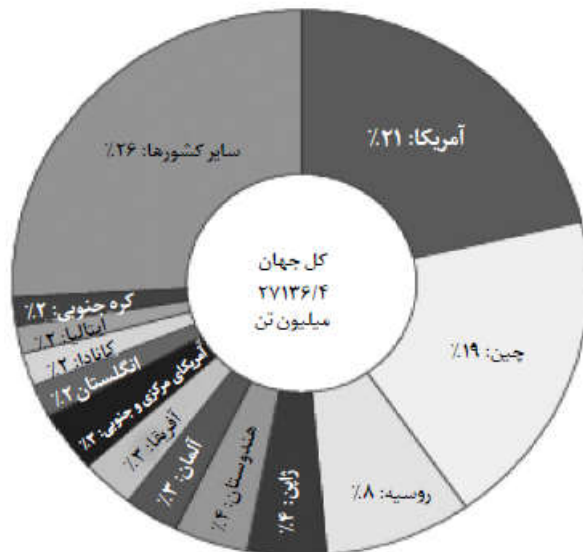
زنگ خطر محدودیت منابع کره زمین در سال ۱۹۷۰ توسط بازرگان ایتالیایی و آقای A. kingura مدیر OECD که از متولیان سازمان Rome Club می‌باشند به صدا درآمد. آنان در گزارشی به نام "محدودیت رشد"، اعلام کردند که وابستگی جهان به کاربرد سوخت‌های فسیلی بخصوص نفت دنیا را به لرزه درخواهد آورد. نفتی که منبع اجتناب‌ناپذیر رشد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و قیمت آن موجب واکنش و حساسیت جامعه بین‌المللی شده است. منابع انرژی که مصرف می‌کنیم به‌ویژه انرژی فسیلی نامحدود نیست (بریمانی و همکاران، ۱۳۹۳).

#### ۱-۳-۲ آلودگی زیست‌محیطی منابع انرژی

مشکلات محیط‌زیست جهان که در دهه ۱۹۹۰ به‌صورت بحران‌های جهانی و اجتناب‌ناپذیر مطرح گردید نهایتاً به انرژی وابسته است. به‌خصوص گرم شدن کره زمین ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن و متان و تأثیرات آن بر روی کاهش محصولات کشاورزی و تغییرات آب و هوایی و باران‌های اسیدی ناشی از اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای سولفور و غیره حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی که موجب صدمه رسیدن به جنگل‌ها، دریاچه‌ها، مرداب‌ها و غیره می‌شوند. در میان گازهای گلخانه‌ای که موجب گرم شدن کره زمین می‌شوند دی‌اکسید کربن بیشترین سهم را دارا می‌باشد.

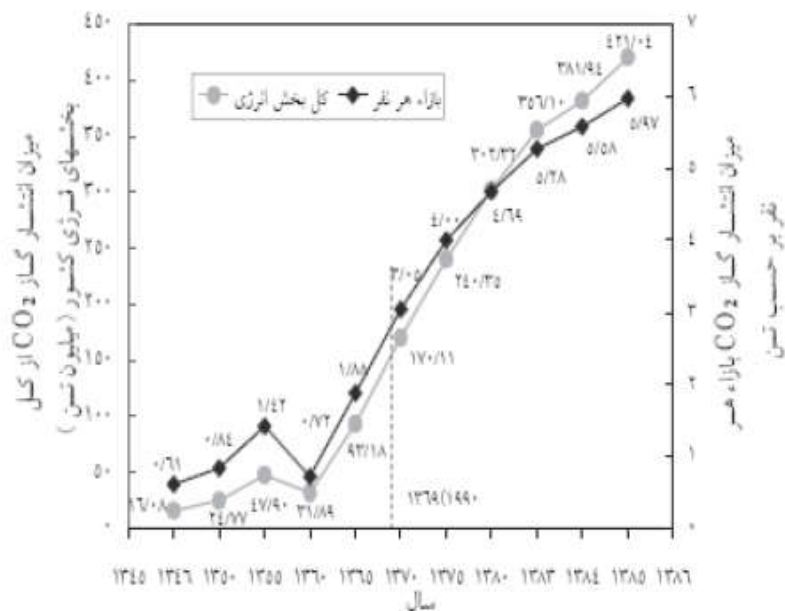
میزان دی‌اکسید کربن خروجی در جهان در سال ۲۰۰۵ با تبدیل به کربن  $271/36 \times 10^8$  تن می‌باشد که بالاترین میزان به ترتیب آمریکا، چین و روسیه تعلق دارد. از طرفی میزان خروجی در کل جهان نیز بعد

از انقلاب صنعتی به خصوص بعد از جنگ جهانی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و اخیراً در کشورهای در حال توسعه رو به افزایش گذاشته است (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: نشر دی اکسید کربن ناشی از سوزاندن سوخت‌های قابل احتراق در سال ۲۰۰۵

شکل ۱-۲ تغییرات میزان خروجی دی اکسید کربن طی سال‌های ۸۵-۱۳۴۶ در ایران را نشان می‌دهد. به استثنای سال ۱۳۶۰ که در نتیجه رکود فعالیت می‌باشد، میزان خروجی گاز به ازای هر نفر و کل بخش‌های انرژی کشور رو به افزایش بوده و در شرایطی است که به مقابله بیشتری نیاز دارد.



شکل ۱-۲: سرانه میزان خروجی گاز دی اکسید کربن در ایران

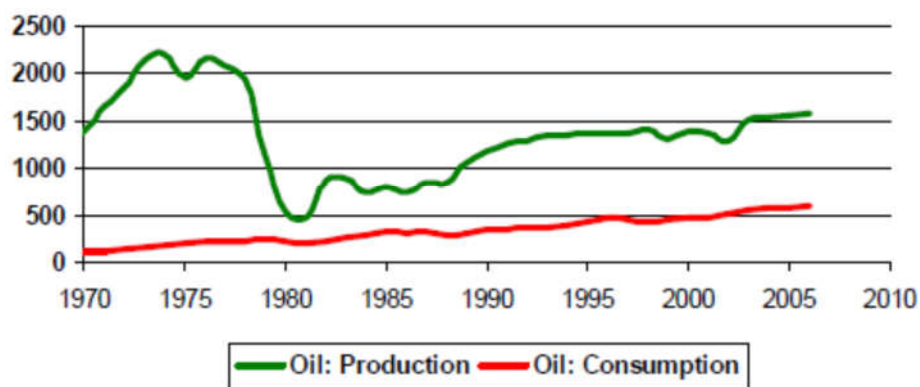
#### ۴-۱ انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، خارج شدن کشورمان از جرگه صادرکنندگان نفت از اواخر قرن حاضر و بالطبع قطع درآمدهای ناشی از صدور نفت باعث می‌شود که در صورت عدم برنامه‌ریزی و پیشرفت‌های لازم روند توسعه کشور به‌طور جدی تحت تأثیر قرار بگیرد. برای ثبات عرضه انرژی از نظر عرضه منابع طبیعی انرژی باید به معرفی انرژی‌های نو نظیر انرژی خورشیدی نامحدود توجه گردد. در ایران سهم انرژی‌های فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی و بادی) و آبی در تولید برق در سال ۸۶ به ترتیب ۹۰/۴٪، ۰/۰۷۵٪ و ۹/۵٪ می‌باشد و این نسبت در کشورهای OECD آمریکا شمالی برای سوخت‌های فسیلی، انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای به ترتیب ۶۶/۸٪، ۱۵/۳٪ و ۱۷/۸٪؛ در کشورهای OECD اروپایی ۵۳/۴٪ و در کشورهای OECD آسیا و اقیانوسیه ۶۹/۷٪ می‌باشد) بریمانی و همکاران، ۱۳۹۳).

در مورد ضرورت استفاده از انرژی‌های نو در ایران می‌توان به دو مورد اشاره کرد:

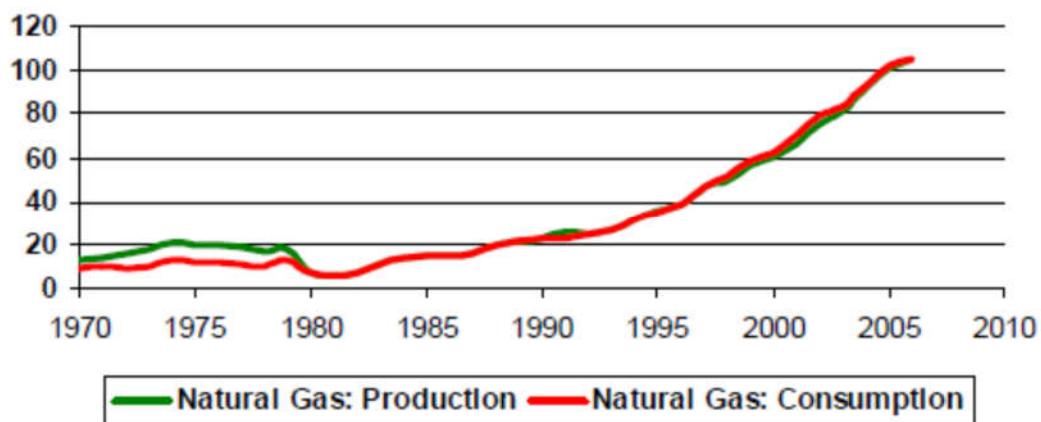
(۱) طبق شکل ۱-۳ مصرف نفت در ایران با یک شیب ثابت افزایش پیدا کرده اما تولید دارای نوسانات زیادی بوده است.





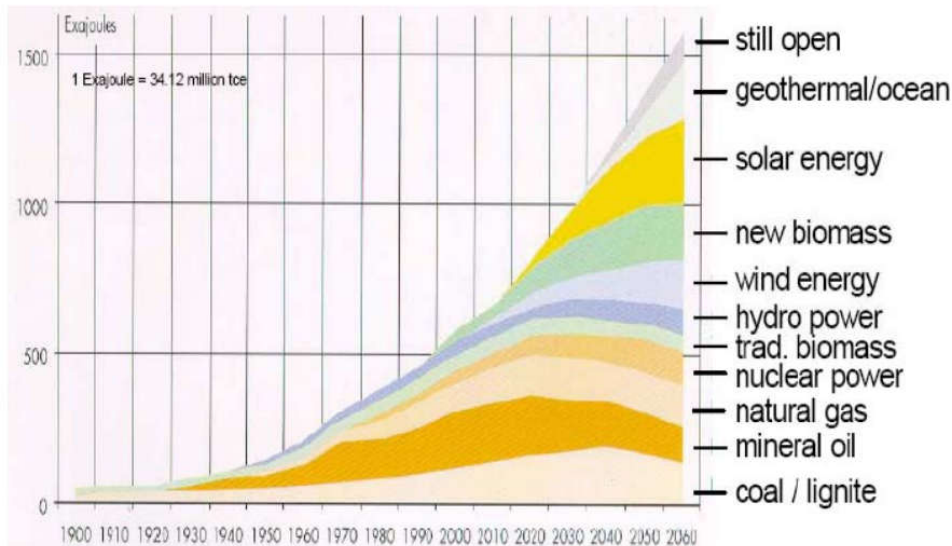
شکل ۱-۳: نمودار تولید و مصرف نفت در ایران

آنچه که اهمیت دارد بحران انرژی "سال یخبندان" در ایران است. یعنی در چند سال آینده دو نمودار باهم برخورد خواهند کرد و کشور به جای تولیدکننده نفت به مصرف کننده آن تبدیل خواهد شد. (۲) طبق شکل ۱-۴ مشاهده می شود که ما تقریباً همان اندازه که تولید گاز داریم به همان میزان مصرف گاز صورت می گیرد و مسئله دیگری که در اینجا حائز اهمیت است، بحث هزینه تولید انرژی در ایران است. بدین معنی که یک واحد انرژی در ایران نسبت به یک واحد انرژی در کشورهای دیگر بسیار با ارزش تر است. وجود اقلیم مناسب برای استفاده از انرژی خورشیدی، جایگزینی سیستم های خورشیدی را ضروری و باارزش می سازد (امین فر، ۱۳۹۰).



شکل ۱-۴: نمودار تولید و مصرف گاز در ایران

## ۵-۱ پیش‌بینی منابع و مصرف انرژی جهان در ۵۰ سال آینده



شکل ۵-۱: پیش‌بینی منابع و مصرف انرژی

آنچه در شکل ۵-۱ مشاهده می‌شود نشانگر آن است که بخش قابل توجهی از انرژی توسط انرژی خورشیدی تأمین می‌شود و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر بیشتر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

### ۱-۶ انواع انرژی‌های تجدیدپذیر

انرژی تجدیدپذیر به‌طور خلاصه عبارت‌اند از:

- انرژی خورشیدی: انرژی خورشید یکی از دو منبع مهم انرژی است که باید به آن روی آورد زیرا به فن‌آوری‌های پیشرفته و پرهزینه نیاز نداشته و می‌تواند به‌عنوان یک منبع مفید و تأمین‌کننده انرژی در اکثر نقاط جهان بکار گرفته شود. بعلاوه استفاده از آن برخلاف انرژی هسته‌ای، خطرات و اثرات نامطلوبی از خود باقی نمی‌گذارد و برای کشورهایی که فاقد منابع انرژی زیرزمینی هستند، مناسب‌ترین راه برای دستیابی به نیرو و رشد و توسعه اقتصادی می‌باشد.
- انرژی باد: تقریباً همیشه در دسترس است و در میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمتری دارد. منبع اصلی تولید انرژی باد انرژی خورشید است. تابش خورشید

موجب اختلاف دما و فشار در نواحی مختلف و ایجاد جریان هوا می‌شود. در توربین‌های بادی، انرژی جنبشی به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

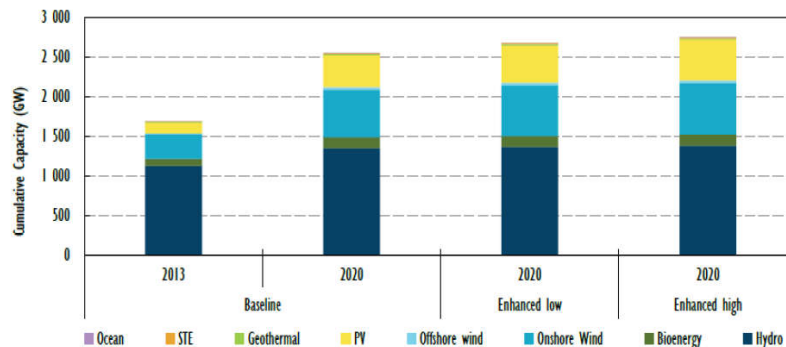
- انرژی زمین‌گرمایی: به انرژی که در پوسته جامد زمین وجود دارد، گفته می‌شود. این‌گونه انرژی، اغلب برای تولید الکتریسیته مورد استفاده قرار می‌گیرد. فناوری مورد استفاده در طرح‌های تولید برق از انرژی زمین‌گرمایی شامل نیروگاه‌های بخار خشک، نیروگاه‌های تبدیل بخارسیال و نیروگاه چرخه دوگانه است. انرژی زمین‌گرمایی برخلاف سایر انرژی‌های تجدیدپذیر محدود به فصل، زمان و شرایط خاصی نبوده و بدون وقفه قابل بهره‌برداری می‌باشد. همچنین قیمت تمام‌شده‌ی برق در نیروگاه‌های زمین‌گرمایی با برق تولیدی از سایر نیروگاه‌های متعارف (فسیلی) قابل رقابت بوده و حتی از انواع دیگر انرژی‌های نو به مراتب ارزان‌تر است.

- انرژی زیست‌توده: زیست‌توده یا بیومس یک منبع تجدیدپذیر انرژی است که از مواد زیستی به دست می‌آید. به‌طور کلی کلیه زباله‌هایی که منشأ زیستی داشته باشند و از تکثیر سلولی پدید آمده باشند زیست‌توده نامیده می‌شوند. مثال‌هایی از منابع زیست‌توده عبارت‌اند از: ۱- جنگل‌ها و ضایعات جنگلی ۲- محصولات و ضایعات کشاورزی، باغداری و صنایع غذایی ۳- فضولات دامی ۴- فاضلاب‌های شهری ۵- فاضلاب‌ها، پسماندها و زائدات آلی صنعتی ۶- ضایعات جامد زباله‌های شهری. زیست‌توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا می‌باشد.

- انرژی دریایی: دریاها با فرآیند مختلف فیزیکی، انرژی را دریافت و ذخیره کرده و سپس از دست می‌دهند. این انرژی به‌صورت موج، جزر و مد، اختلاف درجه حرارت و اختلاف غلظت نمک در اعماق مختلف آب دریا وجود دارد که می‌توان از هر یک از آن‌ها بهره‌برداری کرد.

- انرژی برق‌آبی: نیروی برق‌آبی یا هیدروالکتریسیته اصطلاحی است که به انرژی الکتریکی تولیدی از نیروی آب اطلاق می‌شود. در سال ۲۰۰۳ هیدروالکتریسیته چیزی در حدود ۷۱۵۰۰۰ مگاوات یا ۱۹٪ از کل انرژی الکتریکی تولیدی جهان را پوشش می‌داده که این نسبت به‌سرعت در حال

گسترش است. نیروی برق آبی هم‌چنین ۶۳٪ از انرژی الکتریکی تولیدی از منابع تجدیدپذیر را شامل می‌شود. فرآیند تولید انرژی برق آبی، فرآیندی نوپا است که در حال حاضر مستلزم صرف هزینه بالایی است.



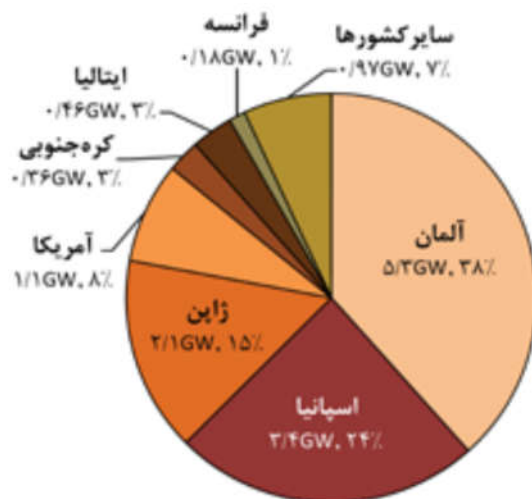
شکل ۶- ظرفیت تجمعی انرژی تجدیدپذیر (در گیگاوات) برای سال ۲۰۱۳-۲۰۲۰ (Ramzanlo, et al., 2016)

شکل بالا ظرفیت تجمعی از انرژی‌های تجدیدپذیر (در گیگاوات) برای سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که استفاده از انرژی خورشیدی به‌منزله یک بخش قابل توجهی از کل انرژی‌های تجدیدپذیر است.

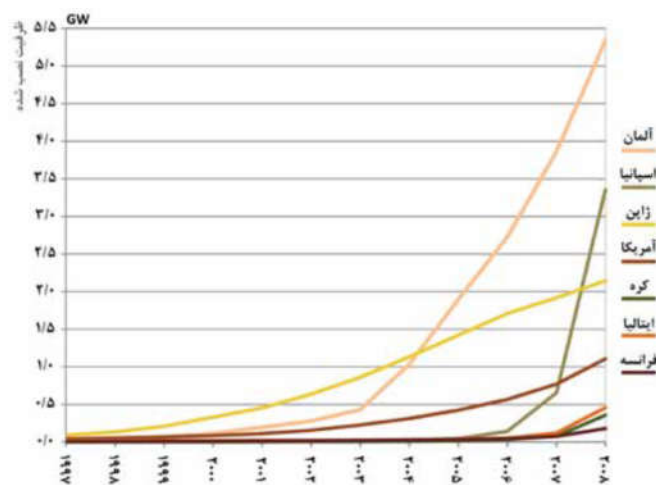
### ۷-۱ انرژی خورشیدی

خورشید ستاره‌ای ۴/۶ میلیارد ساله با قطر  $1.392 \times 10^6$  کیلومتر در مرکز منظومه شمسی می‌باشد. دما در سطح آن ۵۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و در مرکز آن  $15 \times 10^6$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد. روزانه در حدود ۲۵۰ میلیارد تن از جرم خورشید در اثر گداخت هسته‌ای به انرژی تبدیل می‌شود. از این گداخت  $10^{23} \times 3/8$  کیلووات انرژی ساطع می‌شود و بخشی از آن یعنی در حدود  $10^{16} \times 15$  کیلووات انرژی تابشی وارد جو زمین می‌شود. حدود ۳۴ درصد از این انرژی توسط جو زمین منعکس می‌شود. در حدود ۴۲ درصد باعث گرم شدن زمین و اقیانوس‌ها و دریاها می‌شود و ۲۴ درصد باقی مانده در چرخه تولید باد، چرخه آب، جریان‌های دریایی، امواج و فتوسنتز صرف می‌شود. کشور ایران از نظر دریافت انرژی خورشیدی بسیار غنی است، متوسط چگالش تابش سالانه در مناطق مرکزی ایران در حدود ۲۵۰ وات بر مترمربع

می‌باشد. میزان کل دریافت انرژی خورشیدی در ایران به‌صورت متوسط بالغ بر ۱۰۱۶ مگا ژول معادل ۱۶۳۴ میلیارد بشکه نفت خام (بیش از کل ذخایر نفت خام کشف شده جهان تاکنون) می‌باشد. در این میان استان کرمان بیشترین و استان گیلان کمترین میزان انرژی را دریافت می‌کند. شکل ۷ و ۸ نشان می‌دهد جذابیت انرژی خورشیدی کاملاً مورد توجه کشورهای توسعه یافته قرار گرفته است. در این میان کشورهایی که فاقد ذخایر سوخت‌های فسیلی می‌باشند به برنامه‌های توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی توجه بیشتری نشان می‌دهند.



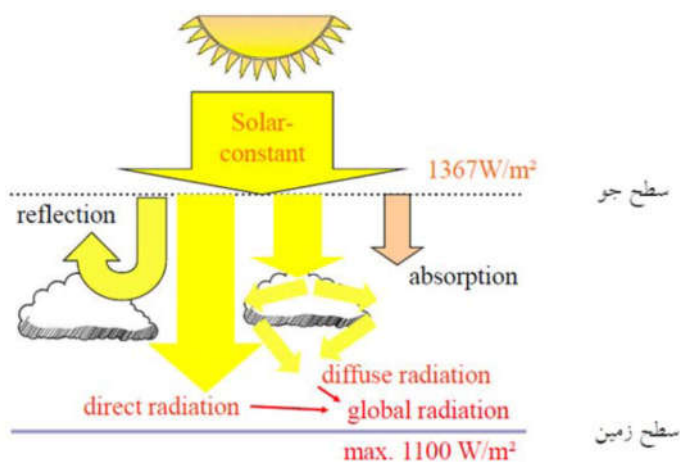
شکل ۷-۱: ظرفیت جهانی انرژی خورشیدی



شکل ۸-۱: مقایسه ظرفیت نصب شده انرژی خورشیدی در کشورهای مختلف (نشریه آموزشی صنعت نفت، گاز و پتروشیمی، ۸۹)

## ۸-۱ میزان تابش خورشید در سطح زمین

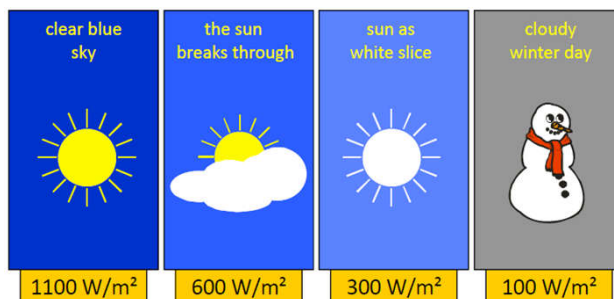
در بالای جو شدت تابش خورشید را برابر  $1367 \text{ W/m}^2$  است که پس از عبور از سطح جو مقداری از آن جذب شده و مقداری نیز منعکس می‌شود و در نهایت آنچه به سطح زمین می‌رسد  $1100 \text{ W/m}^2$  است که این عدد مبنای محاسبات سیستم‌های خورشیدی است. معمولاً در ایران این عدد را  $1000 \text{ W/m}^2$  در نظر می‌گیرند.



شکل ۹-۱: مقدار تابش خورشیدی سطح زمین

## ۹-۱ شدت تابش خورشیدی

در روزهایی که هوا کاملاً صاف و آفتابی است  $1100 \text{ W/m}^2$ ، در هوای نیمه ابری  $600 \text{ W/m}^2$ ، در هنگام طلوع و غروب خورشید  $300 \text{ W/m}^2$  و در روزهایی که هوا کاملاً ابری و در روز سرد زمستانی  $100 \text{ W/m}^2$  است (امین فر، ۱۳۹۰).



شکل ۱۰-۱: میزان شدت تابش انرژی خورشیدی در آب و هوای مختلف

## ۱-۱۰ وضعیت انرژی خورشیدی در ایران

ایران یکی از کشورهای پر آفتاب دنیاست و متوسط سالانه تابش نور خورشید در آن ۵ تا ۶ کیلووات در ساعت در روز می‌رسد. در اکثر نقاط آن تعداد روزهای ابری پشت سر هم کمتر از ۵ روز در سال بوده و شفافیت هوا بیش از ۶۰٪ است. بنابراین نور خورشید با کیفیت بهتری به سطح زمین می‌تابد. بخشی از سطح کشور نیز کوهستانی بوده و اکثر نقاط ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا دارد. در نقاط مرتفع میزان تابش دریافتی خورشید بیشتر است و اکثر نقاط آن ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا دارد. در نقاط مرتفع میزان تابش خورشید بیشتر بوده که همگی این موارد گویای ویژگی‌های کشور ما از نظر انرژی خورشیدی است. با نگاهی به اطلس جهانی انرژی خورشیدی که در آن میزان تابش دریافتی از خورشید در جهان مشخص شده است، می‌توان دریافت که ایران نسبت به بسیاری از کشورهایی نظیر ژاپن، آلمان، اسپانیا و ایتالیا پتانسیل بیشتری در بهره‌گیری از انرژی خورشیدی دارد و با وجود آن که بر روی کمربند تابش خورشیدی دنیا قرار گرفته است اقدامات چندانی در جهت بهره‌برداری از فرصت موجود در این زمینه صورت نداده است (Atabi, 2014).

میزان تابش خورشیدی در نقاط مختلف دنیا متغیر بوده و زمین در کمربند خورشیدی بیشترین میزان تابش را داراست. کشور ایران در ناحیه پرتابش انرژی خورشیدی واقع شده است و مطالعات نشان می‌دهند که در ایران استفاده از سیستم‌های خورشیدی گزینه مناسبی بوده و می‌تواند بخشی قابل توجهی از انرژی مورد نیاز کشور را تأمین نماید. ایران کشوری است که بیش از ۹۰ درصد از کل مساحتش، ۲۸۰ روز آفتابی در یک سال وجود دارد و یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است. کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط مختلف جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در نقاط مختلف ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال برآورد شده است که بالاتر از میزان متوسط جهانی است (Alamdari, et al., 2013).

شکل ۱۱ میزان دریافت انرژی خورشیدی در کشور در مناطق مختلف را نشان می‌دهد.





فصل دوم

بررسی منابع

## ۲-۱ تاریخچه انرژی خورشیدی

کاربرد انرژی خورشیدی به قرن هفتم قبل از میلاد مسیح باز می‌گردد. از انرژی خورشیدی برای گرمایش، پخت و پز، روشنایی و روشن نمودن آتش استفاده می‌کردند. یونانیان و رومیان باستان معماری‌هایی را برای استفاده از نور و گرمایش انرژی خورشیدی در داخل ساختمان خود داشته‌اند.

ایده استفاده از کلکتورهای خورشیدی و به تسخیر درآوردن توان خورشید، به دوران پیش از تاریخ باز می‌گردد. یعنی زمانی که در سال ۲۱۲ قبل از میلاد دانشمند یونانی ارشمیدوس روشی برای به آتش کشیدن کشتی‌های رومی‌ها ابداع کرد. باید به این نکته اشاره نمود که اولین کاربرد از انرژی خورشیدی به استفاده از آن در کلکتورهای متمرکزکننده برمی‌گردد. در طول قرن هجدهم میلادی، صنعتگران با استفاده از کوره‌های خورشیدی که قابلیت ذوب آهن، مس و دیگر فلزات را داشتند به ساخت آهن روکش شده، لنز شیشه‌ای و آینه روی آوردند. این کوره‌ها در سراسر اروپا و خاورمیانه استفاده می‌شدند. یکی از این کوره توسط دانشمند فرانسوی بنام لاوژیر طراحی شد که قابلیت رسیدن به دمای ۱۷۵۰ درجه سانتی‌گراد را داشت. این کوره از یک عدسی اولیه به قطر ۱/۳۲ متر و یک عدسی ثانویه به قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده می‌کرد. تا ماکزیمم دمایی که بشر تا صدسال پس از آن به بیشتر از آن دست نیافت را تولید کند. در طی قرن ۱۹ میلادی تلاش‌هایی صورت گرفت تا انرژی خورشیدی را به دیگر اشکال از جمله بخار فشار پایین برای استفاده در موتورهای بخار تبدیل کنند. در سال ۱۸۷۵ موچوت نوآوری قابل توجهی در ساخت کلکتورهای خورشیدی انجام داد. نوآوری او در ساخت فرم مخلوط ناقص بازتابنده بود. کلکتورهای موجود شامل صفحه فلزی نقره‌ای بودند که قطری برابر ۵/۴ اینچ داشتند و سطح جمع‌آوری‌کننده آن‌ها ۱۸/۶ مترمربع بود. همچنین وزن قسمت متحرک برابر ۱۴۰۰ کیلوگرم بود (کامل میلانی شیروانی، ۱۳۹۴).

سال ۱۸۷۸ موشو، اولین کلکتور خورشیدی با متمرکزکننده مخروطی شکل را طراحی کرد. آینه‌های داخل مخروط تمام اشعه‌های خورشیدی را در نقطه‌ای در وسط مخروط ناقص که جذب‌کننده‌ای در آنجا نصب شده بود متمرکز می‌کرد. این کلکتور را اکسیکون (AXICON) می‌نامیدند. اولین اکسیکون بزرگی که ساخته شد شامل یک صفحه از جنس نقره با قطر ۵۴۰ سانتیمتر و به سطح ۱۸/۲ مترمربع بود. وزن آن با کلیه قسمت‌های متحرک در حدود ۱۴۰۰ کیلوگرم بود و قدرت داشت ۷۸ درصد از انرژی خورشیدی تابیده‌شده را جذب کند. ولی از آنجا که در این طرح تابش خورشید بجای یک نقطه در یک سطح متمرکز می‌شد دارای شدت کمتری بود. قدرت تولیدی مخروط ناقص موشو برای راه‌اندازی ماشین بخاری به قدرت ۱/۵ کیلووات کافی بود که تقریباً فقط ۳٪ از انرژی جذب شده را تحویل می‌داد؛ در صورتی که ماشین‌های بخار ذغال سنگی قادر به تحویل ۹٪ تا ۱۱٪ انرژی دریافتی بودند. طی سال‌های بعد، انرژی اخذ شده از خورشید، در مواردی نظیر تأمین قدرت ماشین‌های چاپ و یا تقطیر و شیرین کردن آب استفاده گردید. در طی ۵۰ سال اخیر طراحی‌ها و ساختارهای مختلفی با استفاده از کلکتورهای متمرکزکننده برای انتقال حرارت به سیال کاری که توان مورد نیاز برای به حرکت درآوردن وسایل را فراهم می‌کنند، صورت رفته است (کامل میلانی شیروانی، ۱۳۹۴).

استفاده از انرژی خورشیدی تا نیم‌قرن اخیر تنها به خشک‌کردن مواد غذایی در زیر نور مستقیم آفتاب و یا استخراج نمک و همچنین به‌صورت غیرمستقیم در سوخت‌های فسیلی یا گیاهان، محدود بوده است ولی در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته از این منبع انرژی به نسبتاً گسترده‌ای برای تولید انرژی حرارتی و برق استفاده شد. این موضوع هم در کشور ما با توجه به پتانسیل‌های گوناگون استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از میان این منابع، استفاده از انرژی خورشیدی با توجه به تکنولوژی شناخته شده و نسبتاً ساده آن و همچنین تعداد ساعات آفتابی بالا با تشعشع مناسب در اکثر نقاط ایران بیش از سایر موارد قابل توجه می‌باشد.

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارت‌اند از:

۱- استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی ، صنعتی و نیروگاهی

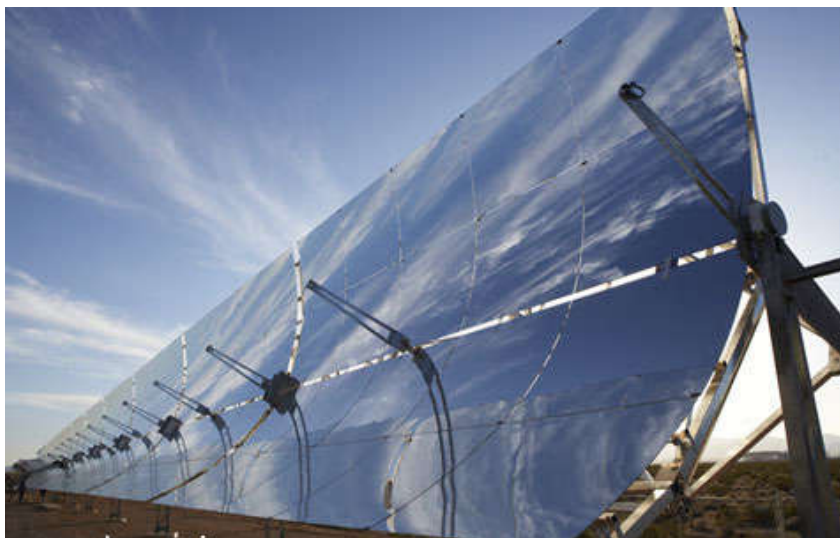
۲- تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسیته به وسیله تجهیزاتی به نام فوتولتائیک.

## ۲-۲ استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی

این بخش از کاربردهای انرژی خورشیدی شامل دو گروه کاربردهای نیروگاهی و غیر نیروگاهی می باشد.

### ۲-۲-۱ کاربردهای نیروگاهی انرژی خورشیدی:

تأسیساتی که با استفاده از آنها انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل می شود نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می شود. در این نیروگاهها، از منعکس کننده هایی که به صورت سهموی خطی می باشند جهت تمرکز پرتوهای خورشید در خط کانونی آنها استفاده می شود و گیرنده به صورت لوله ای در خط کانونی منعکس کننده ها قرار می گیرد. در داخل این لوله روغن مخصوص در جریان است که بر اثر حرارت پرتوهای خورشید گرم و داغ می گردد. این روغن داغ از مبدل حرارتی عبور کرده و آب را به بخار تبدیل می کند. این سیستم آب و بخار به مدارهای مرسوم در نیروگاههای حرارتی انتقال داده می شود تا به کمک توربین بخار و ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل گردد. در این نیروگاهها یک سیستم ردیاب خورشید نیز وجود دارد که به وسیله آن آینه های شلجمی دائما خورشید را دنبال می کنند و پرتوهای آن را روی لوله دریافت کننده متمرکز می نمایند. تغییرات تابش خورشید در این نیروگاهها توسط منبع ذخیره و گرمکن سوخت فسیلی جبران می شوند. در چند کشور نظیر ایالت متحده آمریکا، اسپانیا، مصر، مکزیک، هند و مراکش از نیروگاههای سهموی خطی استفاده شده است که این نیروگاهها یا در مرحله ساخت و یا در مرحله بهره برداری قرار دارند. پروژه یک نیروگاه تحقیقاتی با ظرفیت ۲۵۰ کیلو وات توسط سازمان انرژی های نو ایران در شیراز در حال انجام می باشد.



شکل ۲-۱: نیروگاه سهموی خطی

## ۲-۲-۲ کاربردهای غیرنیروگاهی

کاربردهای غیرنیروگاهی از انرژی خورشیدی شامل موارد متعددی می‌باشد که اهم آن‌ها عبارت‌اند از آبگرمکن خورشیدی، سیستم‌های سرمایش و گرمایش خورشیدی، آب شیرین کن خورشیدی، خشک کن خورشیدی، اجاق خورشیدی، کوره‌های خورشیدی، خانه‌های خورشیدی و هوا گرمکن خورشیدی.

## ۲-۳ هوا گرمکن خورشیدی

هوا گرمکن خورشیدی یکی از سیستم‌های غیرفعال انرژی خورشیدی است که برای گرمایش و تهویه طبیعی ساختمان‌ها به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌های انرژی خورشیدی غیرفعال که شامل ادغام چندین زیر سیستم است: کلکتور صفحه تخت، ظروف ذخیره‌سازی حرارت، سیستم توزیع و انتقال مایع و سیستم‌های کنترل جز اصلی سیستم‌های غیرفعال کلکتور خورشیدی صفحه تخت هست (Amrutkar, et al., 2012).

- عملیات اصلی در طرز کار هوا گرمکن های خورشیدی به این صورت است که تابش خورشید از طریق دیوار شیشه‌ای انتقال می‌یابد، انرژی خورشیدی توسط صفحه جاذب جذب می‌شود و تابش جذب شده توسط صفحه جاذب سبب بالا رفتن دمای صفحه جاذب می‌شود. اختلاف دمای صفحه جاذب و هوای محصور سبب ایجاد انتقال حرارت همرفت می‌شود که به افزایش دمای

Family name: <b>Mahboob kanafi</b>	Name: <b>Sahar</b>
Title of thesis: <b>Design and Construction of Electrical Controller for Solar-Electric Heaters in order to Optimize Energy Consumption</b>	
Supervisors : <b>Dr. Razieh Pourdarbani</b>	
Advisors: <b>Dr. Bahman Najafi &amp; Dr.Hossein Behfar</b>	
Graduate Degree: <b>M.Sc.</b>	
Major: <b>Mechanics of Biosystem Engineering</b>	
Specialty: <b>Renewable energy</b>	
University: <b>Mohaghegh Ardabili</b>	
Faculty: <b>Agriculture and Natural Resources</b>	
Graduation date: <b>20018/01/29</b>	Number of pages: <b>92</b>
<p><b>Abstract</b></p> <p>The limitations of fossil fuels have made it imperative to increasingly focus on renewable energies such as solar energy. One of the applications of solar energy is heating, which can be used in solar air heater. The objective of this research is to determine the influence of usage of heat control systems on the performance of solar heater. Three electrical elements are embedded in the outlet of the heater so that the heating of the elements is illuminated and the hot air is generated. Six LM35 bipods were installed at different points in the collector to determine the temperature and the temperature of the six sensors was recorded in the Matlab program. Our goal was to provide a temperature of 60 degrees Celsius, which is used to dry summer fruits such as apricots. Different values of measured temperature showed that as the temperature intervals for application of the elements are higher, due to the reduction of the frequency in the circuit, the performance of the temperature control system is more suitable. Also, the performance of the temperature controller was determined in three status i.e., when both elements are active and off, two elements are simultaneously active and off and when only one element is active or off. Comparison of variances showed that when both elements are active, this control system had a timely and proper response to the three-element and single-element mode due to the low standard deviation. The results also showed that the use of electric elements in solar air heaters can be compensated for inadequate warm air in rainy days or in areas such as Ardebil, which is not much solar radiation. The LM35 was installed at different points of the collector to determine the temperature, and the temperature of the six sensors was recorded in the program.. According to the calculations, it was found that during the sampling hours, the contribution of solar energy to the supply of hot air was 44.44% on a completely smooth and sunny, and 23.66% on the day of sunshine.</p> <p><b>Keywords:</b> Solar-powered Electric Heater, Optimization, Temperature Controller, Solar Energy</p>	



**University of  
Mohaghegh Ardabili**

Faculty of Agriculture and Natural Resources  
Department of Biosystem Engineering

Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of M.Sc. in  
Mechanics of Biosystem Engineering

Title

**Design and Construction of Electrical Controller for Solar-Electric  
Heaters in order to Optimize Energy Consumption**

Supervisor

**Razieh Pourdarbani (Ph.D)**

Advisor

**Bahman Najafi (Ph.D)**

**Hossein Behfar (Ph.D)**

By

**Sahar Mahboob Kanafi**

**Winter 2018**