



موسسه آموزش عالی انرژی  
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد  
مهندسی شیمی - بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)

### عنوان

بررسی راهکار کاهش مصرف انرژی و کاهش گاز گلخانه ای  $\text{CO}_2$  و استفاده از انرژی  
های تجدید پذیر (آب گرمکن خورشیدی)  
(مطالعه موردی ۳۰ ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور)

استاد راهنما و مشاور :  
دکتر میرزایی

پژوهشگر:  
آرش جوادی

زمستان ۱۳۹۶

صور تجلسه دفاع



## منشور اخلاق پژوهش

با یاری از خداوند سبحان و اعتقاد به این که عالم محضر خداست و همواره ناظر بر اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری، ما دانشجویان متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مدنظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

۱) اصل حقیقت جویی : تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن دوری از هرگونه پنهان سازی حقیقت.

۲) اصل رعایت حقوق : التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهیدگان (انسان ، حیوان و نبات ) و سایر صاحبان حق.

۳) اصل مالکیت مادی و معنوی : تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه همکاران پژوهش.

۴) اصل منافع ملی : تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.

۵) اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از هرگونه جانب داری غیرعلمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار.

۶) اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشور و کلیه افراد و نهادهای مرتبط با تحقیق.

۷) اصل احترام: تعهد به رعایت حریم و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب نقد و خودداری از هرگونه حرمت شکنی.

۸) اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشاعه نتایج تحقیقات و انتقال آن به همکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد.

۹) اصل برائت: الزام به برائت جویی از هرگونه رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شائبه های غیر علمی می آلاینند.



## حوزه معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی

### موسسه آموزش عالی انرژی

#### تعهذنامه اصالت پایان نامه

اینجانب ..... دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته در رشته ..... که در  
تاریخ ..... از ..... پایان نامه خود با  
عنوان .....

با کسب نمره ..... و درجه ..... دفاع نموده ام بدین وسیله اعتراف می کنم:

(۱) این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و ...) استفاده کرده ام، مطابق ضوابط موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست منابع ذکر و درج نموده ام.

(۲) این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه ها و مؤسسات آموزش عالی داخلی و خارجی ارائه نشده است.

ضمناً متعهد می شوم:

(۳) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ مقاله، کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه را داشته باشم، از استاد محترم راهنما و گروه آموزشی مربوطه مجوزهای لازم را اخذ نمایم.

(۴) چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و موسسه آموزش عالی انرژی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام، هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضاء:

## سپاسگزاری

سپاس خدای را عز وجل که طاعتش موجب قربت است و بشکر اندرش مزید نعمت، هر نفسی که فرو میرود ممد حیاط است و چون بر میآید مفرح ذات، پس در هر نفس دو نعمت، و بر نعمت شکری واجب.

از دست و زبان که براید      کز عهده شکرش بدر اید  
و سپاسگزاری از برادر و دوست عزیزم جناب دکتر امیر کیانی و مهندس محمد رضا توکل زاده که به هر گونه در انجام این مهم مرا یار شدند.

و اگر راهنمایی‌های استادان دلسوزم جناب آقای دکتر میرزایی و دکتر جلیلیان نبود چنین سرانجامی نبود. پس بگذار در این گستره محدود سپاس نگویم که اینجا هر تلاشی ناکام است و تنها بر دستانشان بوسه زنم و بهترین آرزوهایم را نثارشان کنم.

تقدیم به:

همسر مهربانم که صبورانه در تمامی لحظات رفیق

راهم بوده و هست

همچنین دختر عزیزم آریسا



## چکیده

در تحقیق حاضر به بررسی انرژی های تجدید پذیر و لزوم استفاده از آنها بجای سوختهای فسیلی مورد بحث قرار می گیرد. انرژی تجدید پذیر مورد مطالعه عبارت از: انرژی خورشیدی که در این پایان نامه به معرفی، تاریخچه، جایگاه در جهان، تجهیزات، هزینه ها، مزایا و گاهای معایب مورد بررسی پرداخته خواهد شد.

با توجه به مباحث اشاره شده، پژوهش حاضر با عنوان " بررسی راهکار کاهش مصرف انرژی و کاهش گاز  $CO_2$  با استفاده از انرژی های تجدید پذیر- آب گرمکن خورشیدی (مطالعه موردی ۳۰ ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور)" مورد بررسی قرار می گیرد. بدین منظور راهکارهای کاهش مصرف انرژی و کاهش گاز  $CO_2$  از طریق جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی از نقطه نظر مسائل اقتصادی و محیط زیستی مورد بررسی قرار می گیرد. مطالعه موردی در ۳۰ ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور در مناطق خشک و مرطوب صورت می گیرد که شامل ۱۷ ایستگاه در مناطق مرطوب و ۱۳ ایستگاه در مناطق خشک می باشد. جایگزینی با فرض تامین انرژی از طریق ۶۰ درصد انرژی خورشیدی و ۴۰ درصد انرژی گاز طبیعی صورت می پذیرد.

نتایج حاصله نشان داد که میزان ذخیره گاز طبیعی بر حسب متر مکعب در مناطق مرطوب و خشک در ایستگاه ها به ترتیب ۴۴۰۳۴ و ۴۲۲۹۴ می باشد که هزینه گاز مصرفی مربوطه به ترتیب ۱۴۱ میلیون ریال و ۲۰۳ میلیون ریال می باشد. مجموع هزینه گاز مصرفی در کلیه ایستگاه ها نیز ۳۴۴ میلیون ریال در سال می باشد. هزینه راه اندازی و نصب تجهیزات مربوط به آب گرمکن های خورشیدی در ایستگاه های واقع در مناطق مرطوب ۱۸۵۰ میلیون ریال و در مناطق خشک ۲۰۲۰ میلیون ریال می باشد که در مجموع ۳۸۷۰ میلیون ریال برای ۳۰ ایستگاه مورد مطالعه برآورد می گردد. با لحاظ نمودن هزینه های گاز مصرفی و نیز هزینه های راه اندازی و نصب تجهیزات مربوط به آب گرمکن های خورشیدی در ایستگاه، بازگشت سرمایه در مناطق مرطوب ۱۲/۵ سال و در مناطق خشک ۹/۹ سال تخمین زده شده است.

عمر متوسط آب گرمکن های خورشیدی طبق اعلام سازنده های این آب گرمکن ها تقریباً ۳۰ سال

می‌باشد. با این تفاسیر در حدود ۱۷/۵ و ۲۰/۵ سال این محصول انرژی رایگان و سازگار با محیط زیست در اختیار ما قرار خواهد داد. این امر نه تنها از تولید مقدار عظیمی از گازهای آلاینده خواهد کاست، بلکه ما را از تولید مقدار چشم‌گیری از انرژی که طبیعت به طور رایگان و پاک در اختیار ما قرار می‌دهد، بهره‌مند خواهد ساخت.

لازم به ذکر است که علاوه بر صرفه جویی اقتصادی همچنین با توجه به میزان کاهش انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کلیه ایستگاه‌های مناطق مرطوب و خشک ۱۸۱۸۳۶ کیلوگرم می‌باشد که هزینه اقتصادی مربوطه ۵۲۳ میلیون ریال در سال برآورد می‌شود.

**کلمات کلیدی:** آب گرمکن خورشیدی، آب گرمکن مخزنی، آب گرمکن فوری، پتانسیل تابش،

بازگشت سرمایه، تحلیل اقتصادی، توجیح اقتصادی، آب گرم مصرفی، گاز گرم مصرفی

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
-------	------

### فصل اول کلیات

۱-۱- مقدمه	۱۹
۱-۲- بیان مسئله	۲۲
۱-۳- اهمیت ضرورت تحقیق	۲۳
۱-۴- اهداف	۲۳
۱-۵- پرسش های اصلی پژوهش	۲۴
۱-۶- فرضیات	۲۴
۱-۷- روش و ابزار شناسایی	۲۴
۱-۸- کاربرد های پژوهش	۲۵
۱-۹- نو آوری و محدودیت های پژوهش	۲۵

### فصل دوم ادبیات پژوهش

۲-۱- انرژی و محیط زیست	۲۷
۲-۲- توسعه پایدار و انرژی	۲۷
۲-۳- انرژی های تجدیدپذیر و توسعه پایدار	۲۹
۲-۴- تعریف واژگان	۳۴

## فصل سوم بررسی کارآیی فن آوریهای انرژی خورشیدی در بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان

- ۳-۱- بهینه سازی مصرف سوخت ..... ۴۱
- ۳-۲- انرژی خورشیدی و دسته بندیهای مختلف آن ..... ۴۲
- ۳-۲-۱- روش تبدیل انرژی (مستقیم یا غیر مستقیم) ..... ۴۳
- ۳-۲-۲- پیچیدگی مکانیزم ها ..... ۴۳
- ۳-۲-۳- بر اساس تمرکز ..... ۴۳
- ۳-۲-۴- بر اساس نوع سیال انتقال حرارت ..... ۴۴
- ۳-۳- انواع فن آوریهای انرژی خورشیدی ..... ۴۴
- ۳-۳-۱- طراحی خورشیدی در معماری ساختمان ..... ۴۴
- ۳-۳-۲- سیستمهای گرمایش خورشیدی ..... ۴۵
- ۳-۴- مقایسه کارآیی فنی و اقتصادی فن آوریهای انرژی خورشیدی ..... ۴۹
- ۳-۵- آب گرمکن های مخزن دار ..... ۵۰
- ۳-۵-۱- آب گرمکن های فوری ..... ۵۱
- ۳-۵-۲- آب گرمکن های کویل دار بدون مخزن و غیرمستقیم ..... ۵۲
- ۳-۵-۳- آب گرمکن های خورشیدی ..... ۵۲
- ۳-۵-۴- آب گرمکن های پمپ کننده حرارت یا HPWH ..... ۵۲
- ۳-۶- دلایل استفاده از آب گرمکن های خورشیدی ..... ۵۳
- ۳-۷- پتانسیل تابش خورشیدی ایران ..... ۵۴

۵۵	.....۳-۸-معرفی آب گرمکن خورشیدی
۵۹	.....۳-۹-انواع سیستم آب گرمکن خورشیدی
۶۲	.....۳-۱۰-مزایای آب گرمکن خورشیدی
۶۲	.....۳-۱۱-بررسی و ارائه استاندارد

## فصل چهارم تجزیه و تحلیل اقتصادی

۶۵	.....۱-۴- بررسی وضعیت اقتصادی
۶۵	.....۱-۱-۴- مفاهیم اقتصادی
۶۵	.....۲-۱-۴- نرخ بهره
۶۶	.....۳-۱-۴- نرخ تنزیل
۶۶	.....۴-۱-۴- تورم
۶۶	.....۲-۴- شاخص های مقایسه در پروژه
۶۷	.....۱-۲-۴- دروه بازگشت سرمایه
۶۷	.....۲-۲-۴- ارزش خالص فعلی
۶۷	.....۳-۲-۴- نرخ بازگشت داخلی
۶۸	.....۳-۴- بررسی عملکرد و هزینه
۶۹	.....۴-۴- انرژی قابل استحصال از خورشید
۶۹	.....۵-۴- محاسبه تعداد کلکتور مورد نیاز
۷۰	.....۶-۴- طول عمر سیستم

۷۰ ..... بازگشت سرمایه ی ساده ۷-۴

## **فصل پنجم تحلیل کارایی آب گرمکن خورشیدی با استفاده از نرم افزارهای T\*SOL - RETScreen**

۷۲ ..... کلیات ۱-۵

۷۲ ..... تقسیم بندی فرودگاه ها بر اساس شرایط آب و هوایی ۲-۵

۸۹ ..... در ایستگاه ایمنی و آشنشانی فرودگاه های کشور ۳-۵  
..... آنالیز هزینه های اقتصادی و محیط زیستی جایگزینی آب گرمکن های گازی با آب گرمکن های خورشیدی

## **فصل ششم نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات**

۹۴ ..... نتیجه گیری ۱-۶

۹۵ ..... محدودیت های تحقیق و پیشنهادات برای مطالعات آینده ۲-۶

۹۷ ..... منابع و مآخذ: منابع انگلیسی: ۱۰۱

## فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول (۵-۱): تقسیم بندی فرودگاه های کشور بر اساس منطقه آب و هوایی مرطوب.....	۷۳
جدول (۵-۲): تقسیم بندی فرودگاه های کشور بر اساس منطقه آب و هوایی خشک.....	۷۴
جدول (۵-۳): زاویه پندل خورشیدی ایستگاههای مناطق مرطوب.....	۷۷
جدول (۵-۴): زاویه پندل خورشیدی ایستگاههای مناطق خشک.....	۷۸
جدول (۵-۵): حداکثر مصرف آب گرم برحسب G P H.....	۸۱
جدول (۵-۶): نتایج تحلیلی اقتصادی جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق مرطوب فرودگاه های کشور.....	۸۸
جدول (۵-۸): نتایج تحلیلی اقتصادی جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق خشک فرودگاه های کشور.....	۹۰

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲): برنامه ریزی مدیریت انرژی.....	۳۰
شکل (۲-۲): چرخه گردش استفاده از منابع انرژی تجدید ناپذیر و تخریب محیط زیست .....	۳۱
شکل (۳-۲): نمودار اهداف توسعه پایدار(۱۸).....	۳۳
شکل(۳-۳): سیستم آب گرم کن خورشیدی .....	۵۵
شکل(۴-۳): کلکتور صفحه ای صاف ( Flat plat collector) .....	۵۶
شکل(۷-۳): کلکتور لوله ای تحت خلأ (Evacuated Tube collector).....	۵۷
شکل (۱-۵): شماتیکی از سیستم گرمایش خورشید .....	۷۲
شکل(۲-۵): زاویه های مختلف زمین در مدت یک سال .....	۷۵
شکل (۳-۵): نمودارهای درجه گرمایشی، سرمایشی و تابش خورشیدی روزانه در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه مهرآباد تهران .....	۷۹
شکل(۴-۵):سیستم عملکردی آب گرمکن خورشیدی مد نظر در این تحقیق.....	۸۳
شکل (۵-۵): نتایج مربوط به مشارکت پنل های خورشیدی در مقایسه با عملکرد ترکیبی منبع کمکی حرارتی ....	۸۴
شکل (۶-۵): دمای خروجی کلکتورهای سیستم آب گرمکن خورشیدی.....	۸۴
شکل (۷-۵): دوره بازگشت سرمایه با لحاظ نمودن هزینه های اقتصادی جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه آتش نشانی فرودگاه مهرآباد تهران .....	۸۵



شکل (۵-۸): دوره بازگشت سرمایه با لحاظ نمودن هزینه های زیست محیطی جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه آتش نشانی فرودگاه مهرآباد تهران ..... ۸۷

شکل (۵-۹): نمودار هزینه صرفه جویی در مصرف گاز (ریال) با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق مرطوب فرودگاه های کشور..... ۸۹

شکل ( ۵-۱۰): نمودار میزان کاهش انتشار گاز (kg)  $CO_2$  با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق مرطوب فرودگاه های کشور ..... ۸۹

شکل (۵-۱۱): نمودار هزینه صرفه جویی در مصرف گاز (ریال) با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق خشک فرودگاه های کشور..... ۹۱

شکل (۵-۱۲): نمودار میزان کاهش انتشار گاز (kg)  $CO_2$  با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق خشک فرودگاه های کشور ..... ۹۱

## **فصل اول**

### **کلیات**

## ۱-۱- مقدمه

مسئله تأمین انرژی مورد نیاز از دیرباز از دغدغه‌های فکری بشر بوده و با پیشرفت صنایع و تکنولوژی، این مسئله به تدریج حادث‌تر گردیده است. با محدودیت منابع تأمین‌کننده کنونی انرژی و مسایل محیط‌زیستی توجه به منابع دیگر انرژی طی دو دهه گذشته بیشتر شده و در این راستا، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور جایگزین نمودن آن‌ها با سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی به تدریج افزایش یافته است.

یکی از مهمترین منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی می‌باشد که با توسعه نگرش‌های محیط‌زیستی و راهبردهای صرفه‌جویانه در بهره‌وری از انرژی‌های تجدیدناپذیر، استفاده از آن در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته 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 جهان، در بالاترین رده‌ها قرار دارد. متوسط تابش انرژی خورشیدی در ایران بین ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در روز تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است.

انرژی خورشیدی می‌تواند هم به شکل حرارت مانند آب گرمکن خورشیدی و هم به شکل الکتریسیته مانند پنل‌های خورشیدی تبدیل شود. آب گرمکن‌های خورشیدی از طریق جذب انرژی خورشید و تابش نور بر صفحات جاذب (کلکتور) عمل می‌نمایند و راندمان گرمایشی آن‌ها در فصول مختلف سال، برحسب موقعیت‌های جغرافیایی هر شهر متفاوت می‌باشد. اقتصادی‌ترین روش تولید آب گرم مصرفی ساختمان‌ها، استفاده از انرژی خورشیدی است.

می‌توان از انرژی حرارتی خورشید جهت تهیه آب گرم بهداشتی در منازل و اماکن عمومی بخصوص در مکان‌هایی که مشکل سوخت‌رسانی وجود دارد، استفاده کرد. چنانچه ظرفیت این سیستم‌ها افزایش یابد، می‌توان از آن‌ها در حمام‌های خورشیدی نیز استفاده نمود، همچنین بررسی‌های نشان می‌دهد که یک دستگاه آب گرمکن خورشیدی مقدار زیادی آلودگی دی‌اکسیدکربن را در سال کاهش می‌دهد.

استفاده این سیستم‌ها از منبع انرژی بی‌پایان و ارزان خورشیدی، یکی از مزایای سیستم‌های خورشیدی می‌باشد و از همه مهم‌تر، این سیستم‌ها برخلاف سوخت‌های فسیلی تهدیدی برای محیط زیست به شمار نمی‌روند و بابت گرم کردن آب مورد نیاز، گرم کردن فضای ساختمان و یا هتل، تا سال‌ها هیچ هزینه‌ای پرداخت نخواهد شد.

برای تهیه آب گرم در تمام ساعات شبانه‌روز، یعنی در شب‌ها و روزهای ابری، آب در مخزن دو جداره و عایق حرارتی که دما را تا ۷۲ ساعت با کم‌ترین افت دما حفظ می‌کند، نگهداری می‌شود. با استفاده از این سیستم می‌توان هزینه‌های مصرف گاز، گازوییل و برق را به‌طور چشم‌گیری کاهش داد که این امر در پروژه‌های بزرگ ملموس‌تر خواهد بود، به‌طوری که بعد از گذشت زمان کوتاهی با صرفه‌جویی در مصرف سوخت، سرمایه‌گذاری اولیه مستهلک شده و بعد از آن بخاطر عمر بالای دستگاه‌ها سودآوری خواهد داشت.

در این مورد، پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

ساتریس در سال ۲۰۰۳ به مقایسه استفاده از آب گرمکن معمولی با آب گرمکن خورشیدی در کشور قبرس پرداخت، و به این نتیجه دست یافت که استفاده از آب گرمکن خورشیدی نسبت به آب گرمکن معمولی در حدود ۸۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی را سبب می‌شود. (۱) او همچنین در سال ۲۰۰۹ کتابی در این زمینه به رشته تحریر در آورد. (۲)

هانگ در سال ۲۰۱۲، در مقاله خود به تحلیل اقتصادی و محیط زیستی استفاده از آب گرمکن خورشیدی در آمریکا در سه منطقه‌ی آتلانتا، شیکاگو و لس‌آنجلس پرداخت. آقای هانگ در تحلیل خود، از دو نوع سیستم آب گرمکن خورشیدی متفاوت (صفحه‌ای و لوله‌خلاف) استفاده کرد که با دو سیستم گرمایش کمکی (یعنی گاز طبیعی و الکتریسیته) کار می‌کردند و به این نتیجه دست یافت که، سیستم آب گرمکن خورشیدی که از گاز طبیعی به عنوان گرمایش کمکی استفاده می‌کند و کلکتور آن از نوع صفحه‌ای است، بالاترین عملکرد را در میان سیستم‌های دیگر دارد. زمان بازگشت سرمایه برای سیستم آب گرمکن خورشیدی با توجه به موقعیت و منطقه‌ی مورد نظر بین ۴-۱۳ سال را پیش‌بینی نمود. (۳)

محمد ساتکین در سال ۱۳۸۰ به تحلیل اقتصادی- اجتماعی بکارگیری انرژی خورشیدی

در تامین آب گرم مصرفی خانواده‌های ۴ الی ۵ نفره در ایران پرداخت. میزان مصرف انرژی و آلاینده‌گی حاصل از روش‌های سنتی را تعیین و دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری آب گرمکن را ۴ سال اعلام نمود. (۱)

مجتبی هراتیان در سال ۱۳۸۲ به تحلیل فنی و اقتصادی کاربرد آب گرمکن خورشیدی برای یک ساختمان دولتی در اصفهان پرداخت و با بررسی شرایط اقلیمی منطقه، تاسیسات موجود و میزان آب گرم مصرفی مورد نیاز ساختمان، ظرفیت سیستم آب گرمکن خورشیدی مناسب را تعیین کرد. همچنین با در نظر گرفتن هزینه‌های محیط زیستی، طول عمر سیستم آب گرمکن، پارامترهای اقتصادی مرتبط با وضعیت اجرای طرح برای ساختمان مذکور از دیدگاه‌های متفاوت اقتصادی مورد ارزیابی قرار داد. (۲)

فریده عتابی در سال ۱۳۹۰ با استفاده از نرم‌افزار RETScreen به امکان‌سنجی فنی، اقتصادی و محیط زیستی استفاده از سیستم‌های آب گرمکن خورشیدی در ساختمان‌های شهر یزد برای ساختمان مسکونی ویلایی و مجتمع آپارتمانی مسکونی پرداخته است. به این نتیجه دست یافت که، چنان‌که تعداد ساختمان‌های مسکونی شهر یزد حدوداً ۲۰۰،۰۰۰ واحد (شامل ۱۲۰،۰۰۰ آپارتمان و ۸۰،۰۰۰ واحد ویلایی) باشند، میزان صرفه‌جویی سالیانه در مصرف گاز طبیعی در ساختمان‌های مسکونی ویلایی و مجتمع‌های آپارتمانی شهر یزد به ترتیب برابر با ۶،۶۹۶،۰۰۰ مترمکعب و ۱۶۸،۲۴۰،۰۰۰ مترمکعب و میزان صرفه‌جویی اقتصادی سالیانه به ترتیب برابر با ۱۶،۵۶۰،۰۰۰ دلار و ۴۱،۵۲۰،۰۰۰ دلار خواهد بود و سالانه ۲۴۰،۰۰۰ تن معادل CO<sub>2</sub> از انتشار گازهای گل‌خانه‌ای کاسته خواهد شد. (۳)

فرودگاه کوچین با مساحتی معادل ۲/۵ کیلومتر مربع و با این شرایط که هفتمین فرودگاه جهان از نظر ترافیک هوایی است، انرژی مورد نیاز خود را از طریق ۴۶ هزار پنل خورشیدی تامین می‌کند. این تعداد پنل خورشیدی می‌تواند انرژی مورد نیاز ۱۰ هزار خانه را تامین کند. (۳،۱)

نصب این پنل‌ها حدود ۶ ماه طول کشیده است و ۵/۹ میلیون دلار نیز هزینه در برداشته است اما همین ابتکار توجه فرودگاه‌های دیگر هند حتی کشور لیبریا اظهار علاقه برای کپی کردن از این مدل کرده‌اند. (۴)

فرودگاه بین‌المللی ونکوور، یک سیستم خورشیدی با سیستم گرمایی آب گرم در ساختمان

ترمینال داخلی فرودگاه اضافه کرده است که باعث صرفه جویی در حدود ۹۰,۰۰۰ دلار کانادا (۶۷,۵۰۰ دلار آمریکا=۵,۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال) و ۸,۵۶۹ گیگاوات (حدود ۲,۴ میلیون کیلووات ساعت) در سال خواهد بود. ۱۰۰ پنل خورشیدی نصب شده بر روی سقف ساختمان، به تولید انرژی کافی برای گرم کردن به طور متوسط ۸۰۰ گالن آب گرم در فرودگاه بین المللی ونکوور در هر ساعت است. (۵)

بررسی تحقیقات گذشته نشان می دهد که تاکنون پژوهش های زیادی در زمینه امکان سنجی بکارگیری آب گرمکن خورشیدی صورت گرفته است؛ اما اکثر قریب به اتفاق آن ها بیشتر بر مزیت ها و مسایل اقتصادی استفاده از آب گرمکن خورشیدی تاکید داشته اند و به مزایای محیط زیستی و اجتماعی استفاده از این فناوری کم تر توجه نموده اند که این امر منجر به نتایج متفاوت و بعضاً دور از واقعیت در برآورد هزینه های اولیه استفاده از آب گرمکن خورشیدی به منظور تامین آب گرم مصرفی شده است.

## ۱-۲- بیان مسئله

در این پایان نامه به بررسی ساختار آب گرمکن خورشیدی که در طول روز با تابش نور خورشید به پنل های خورشیدی، انرژی مورد نیاز را می توان به صورت انرژی یک انرژی جایگزین استفاده نمود. از نور خورشید نمی توان به طور مستقیم به جای سوخت فسیلی بهره برد. بلکه باید دستگاهی ساخته شود که به توانند انرژی تابشی خورشید را به انرژی قابل استفاده نظیر انرژی مکانیکی، حرارتی، الکتریسیته و... تبدیل کنند.

سیستم خورشیدی به سیستم هایی اطلاق می شود، که انرژی خورشید را در خود ذخیره می نمایند و آن را تبدیل به انرژی مکانیکی، حرارتی، الکتریسیته و... می کنند. این سیستم ها انرژی خورشید را در طول روز جذب کرده و سپس انرژی ذخیره شده را در کل مدت شبانه روز مورد استفاده قرار می دهند. به همین دلیل ۳۰ ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور را به عنوان موضوع پایان نامه در نظر گرفته، و با بیان میزان صرفه جویی در مصرف گاز و کاهش آلودگی محیطی مخصوصاً گاز CO<sub>2</sub> همچنین بازگشت سرمایه به مزایای این انرژی پاک و رایگان پرداخت خواهد شد.

### ۱-۳- اهمیت ضرورت تحقیق

اهمیت این نوع انرژی تا جایی افزایش یافته است که بسیاری از کشورها نسبت به سرمایه گذاری سنگین در این حوزه اقدام کرده اند.

ضرورت بکارگیری بیش از پیش انرژی های تجدیدپذیر را می توان ناشی از دو ضرورت جدی تلقی کرد که موارد زیر را دربر می گیرد:

- ۱ - محدودیت منابع انرژی: منابع انرژی که مصرف می کنیم به ویژه انرژی فسیلی نامحدود نیست.
- ۲ - آلودگی زیست - محیطی منابع انرژی: مشکلات محیط زیست جهان که در دهه ۹۰ میلادی به صورت بحرانی جهانی و اجتناب ناپذیر مطرح شد، نهایتاً به انرژی وابسته است. بخصوص گرم شدن کره زمین ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه ای دی اکسید کربن و متان و تاثیرات آن بر روی کاهش محصولات کشاورزی و تغییرات آب و هوایی و باران اسیدی ناشی از اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای سولفور و غیره حاصل از احتراق سوخت های فسیلی که موجب آسیب به جنگل ها، دریاچه ها، مرداب ها و غیره می شوند. در میان گازهای گلخانه ای که موجب گرم شدن کره زمین می شوند، دی اکسید کربن بیشترین سهم را داراست.

### ۱-۴- اهداف

هدف اصلی:

تعیین شرایط بهینه فنی و اقتصادی برای ایستگاههای ایمنی و آتش نشانی با توجه به مصارف مورد نیاز.

شناخت روشهایی کاهش مصرف انرژی و تعیین راهکارهای مناسب جهت استفاده از انرژی خورشیدی باشد.

اهداف فرعی:

- بهینه سازی مصرف انرژی های فسیلی (گاز طبیعی)
- کاهش آلودگی زیست محیطی

## ۱-۵- پرسش های اصلی پژوهش

سوال اصلی:

- آیا می توان از انرژی های خورشیدی به عنوان مکمل انرژی های فسیلی در ایستگاههای ایمنی و آتش نشانی، جهت کاهش مصرف انرژی و آلاینده گی زیست محیطی استفاده نمود؟

سوال فرعی:

- یکی از روش های مصرف انرژی استفاده از انرژی های تجدید پذیر است، آیا می توان از انرژی خورشیدی در ایستگاههای ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور استفاده کرد؟
- آیا فضای لازم برای پنل های خورشیدی در ایستگاههای ایمنی زمینی وجود دارد؟
- آیا استفاده از انرژی خورشیدی در شرکت فرودگاه ها صرفه اقتصادی دارد؟

## ۱-۶- فرضیات

فرضیه اصلی:

می توان از انرژی های تجدید پذیر به عنوان مکمل در شرکت فرودگاه ها جهت کاهش مصرف انرژی و آلاینده های زیست محیطی استفاده نمود.

فرضیه فرعی:

- استفاده از انرژی خورشیدی بهترین روش در مصرف انرژی در شرکت فرودگاه ها می باشد.
- فضای لازم جهت نصب پنل های خورشیدی موجود می باشد.
- استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان یک انرژی مکمل صرفه اقتصادی دارد.

## ۱-۷- روش و ابزار شناسایی

روش تحقیق:

این تحقیق براساس دسته بندی تحقیقات از نظر اهداف تحقیق کاربردی می باشد. براساس روش



تحقیق این پژوهش از نظر دسته بندی تحقیقات ، تحقیقی از نوع پیمایشی می باشد.

در جمع آوری اطلاعات از :

- مطالعات کتابخانه ای
- میدانی
- دلفی

استفاده می شود.

ابزار های و نرم افزار مناسب جهت انجام کار:

- نرم افزار T-sol
- نرم افزار RETSCREEN

## **۸-۱- کاربرد های پژوهش**

استفاده در ایستگاههای ایمنی و آتش نشانی فرودگاه ها و ناوبری هوایی ایران و کلیه اماکن موجود در فرودگاه ها.

## **۹-۱- نو آوری و محدودیت های پژوهش**

در ساختمان ایستگاههای ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور این تحقیق انجام نشده است با توجه به بررسی مولفه ها و عوامل تاثیر گذار در خصوص مصرف انرژی و استفاده از انرژی تجدید پذیر یک کار جدید می باشد که می تواند باعث کاهش مصرف ، کاهش آلاینده‌گی و توسعه پایدار انرژی در صنعت هواپیمایی شود.

محدودیت پژوهش عدم شناخت کافی مردم و برخی مسئولین از انرژی های نو و مزایای آن ، نبود توجه اقتصادی می توانند از موانع دستیابی به انرژی های نو، علی الخصوص در این برهه زمانی به حساب بیایند.

## **فصل دوم**

### **ادبیات پژوهش**

## ۲-۱ انرژی و محیط زیست

حصول و استخراج انرژی به هر نحو (غیر از منابع تجدید پذیر) در حقیقت آسیب رسانی به طبیعت و آلوده کردن آب، باد، خاک و آتش یا عناصر اربعه می‌باشد. خداوند از روز ازل با تابش نور و انرژی به جهان هستی حیات بخشید. انسان با کشف آتش و برافروختن آن به زندگی دوباره بخشید و نیازهای اولیه خود را تأمین نمود. در قرن‌های اخیر با کشف معادن نفت، گاز، زغال سنگ و بهره برداری از آن سطح رفاه، تکنولوژی و دانش را در راه منافع خود بهبود بخشید. اتم را شکافت، انرژی هسته‌ای را از آن خود نمود و به نیاز روز افزون انسان صنعتی به انرژی پاسخ داد. به مرور زمان اهمیت اجتماعی انرژی تا بدان جا بالا گرفت که مصرف سرانه انرژی به یک معیار رفاه اجتماعی درآمد و در ارزیابی سطح رفاه و آسایش به نقطه عطفی تبدیل گردید. اما حصول و رشد بی‌رویه مصرف انرژی باعث ویرانی و آسیب جدی به زیست کره می‌شود، به عبارتی حصول انرژی‌های فسیلی و تجدید ناپذیر از ابتدا دخالت در کار طبیعت و محیط زیست می‌باشد و آلودگی خاک، آب، هوا و بیماری و مریضی و گرمایش زمین و... از عوامل دخالت بشر در افزایش تقاضا و تولید انرژی بیشتر می‌باشد.

## ۲-۲ توسعه پایدار و انرژی

امید دستیابی و استفاده از انرژی فقط یک روی سکه انرژی است و روی دیگر آن چیزی نیست جز مادر طبیعت و محیط زیست همه موجودات زنده. جهانی که خداوند از روز ازل با تابش نور و انرژی به آن حیات بخشید در این دوران رشد و به ظاهر ترقی به کل نادیده گرفته شد. این جهان هستی با مصرف یکسو گرانه انرژی به مخاطره افتاد و هزینه‌ای بسیار سنگین را که به قیمت نابودی آن است به نام "هزینه‌های زیست‌محیطی" نادیده گرفت. چرخه‌ای معیوب که انسان صنعتی بر دوش طبیعت نهاده است پدیدار گشته و بشر با نادیده گرفتن طبیعت در یک تضاد جهان سوز خود را گرفتار نمود. دانشمندان علم انرژی و محیط زیست خیلی زود به عمق مطلب پی بردند و متوجه شدند که انسان صنعتی فقط در جهت منافع خود فکر می‌کند و با نزدیک‌بینی خود به عمق موضوع و تبعات آن نیاندیشیده است. با تخریب مادر طبیعت از مسئولیت خود غافل

مانده و بدتر از همه چون مایل نبوده هزینه‌ای بابت آن پردازد محیط زیست مورد تجاوز قرار گرفته است. پروتکل‌های مهم ولی در عین حال ناتمام کیوتو و ریودوژانیرو و پاریس از این موضوع حکایت می‌کنند و مسئولیت ما انسان‌ها را دوچندان می‌نماید. (۱۴)

امروزه انرژی اگر از حادثترین موضوعات روز نباشد مسلماً یکی از چالش برانگیزترین و اصلی ترین مسئله جامعه امروزی از ابعاد مختلف محسوب می‌شود. نقش آن در کمیت و کیفیت زندگی روزمره مردم سازنده این چالش‌هاست. آنچه که تا به امروز در مورد انرژی های فسیلی و برتری کاربردشان در زمینه غیر از کاربرد مصرف سوخت، و یا محیط زیست مطرح بوده است بجای خود البته که حائز اهمیت است. ولی سونامی افزایش درخواست انرژی توسط بخش‌هایی از جوامع که تاکنون سهم ناچیزی در بهره برداری از آن داشته‌اند در راه است که هنوز پاسخی بدان داده نشده است. این امر هر روز به نحوی بازخورد خود را در جایی نمایان می‌سازد. از طرف دیگر عادات و رویه‌های خودخواهانه و ناپسندی که در برخی دیگر از جوامع، مخصوصاً در کشورهای بسیار پیشرفته و یا خاورمیانه و مثال بارز آن در کشور ایران رخ داده است، بسیار تأمل برانگیز است. و این همان، مصرف بی‌رویه و کاملاً خارج از اعتدال جهانی آن است. این دو اتفاق اخیر به شدت مسئولین این کشورها و منابع جهانی انرژی را به عکس العمل واداشته است که چه مخاطرات بزرگی ممکن است در پیش باشد. یا بعبارت دیگر برخلاف شعار متمدنانه جهان که "توسعه پایدار"، تابلوی مرقی آن است تدریجاً به "تخریب پایدار" جهان بدل می‌گردد.

بهر حال امروزه به نظر می‌رسد با بکارگیری روشهای بهتر اکتشافی، منابع انرژی قابل توجهی مثل نفت، گاز، زغال سنگ، مواد قابل شکافت و مواد قابل گداخت در دسترس بشر هستند که بهر حال و متأسفانه تمام شدنی هستند و هریک مشتمل بر مضرات خاصی هم می‌شوند. شاید طول عمر این منابع از ۵۰ سال تا ۳۰۰ سال، با آهنگ استفاده امروزی بیشتر نباشد. این در شرایطی است که از آخرین تکنولوژی‌های روز دنیا و فناوریهای نانو در تمام جزئیات استحصال انرژی از پیدایش تا بهره وری موثر و صورتهای مختلف قابل مصرف آن بخدمت گرفته شود.

ولی از طرف دیگر هم میدانیم که منابع انرژی های دیرینه دیگری هم هستند که گرچه از زمانهای باستان مورد توجه بودند ولی اکنون باز دوباره با ظهور تکنولوژیهای بهره وری برتر و اطلاعات علمی ویژه منجر به فناوری‌های روز، کاربرد استفاده از آنها، توجه بشر را بسوی خود جلب کرده است. جالب اینکه این انرژی‌ها هم تجدید پذیرند و هم تقریباً فاقد هرگونه آلاینده‌گی

محسوب می‌گردند. با مرور کوتاهی در مورد آنها در می‌یابیم این انرژی‌ها مانند انرژی‌های خورشیدی، برق - آبی، بادی، جزرو مد، امواج اقیانوس‌ها، زمین گرمایی و زیست توده و سوخت هیدروژن اگر بدرستی استحصال شوند هریک از آنها قادرند از چند تا هزاران برابر انرژی مصرفی سالانه جهان را تأمین کنند.

مسئله‌عامل دیگری که باید اهمیت آن رواج پیدا کند کنترل مصرف انرژی و یا کاهش شدت مصرف انرژی است که در واقع این مبین مقدار انرژی مصرفی در ازاء هریک واحد کالای تولیدی است. بعبارت دیگر اگر کل مصرف انرژی در یک جامعه بر اساس مقیاس فوق سنجیده شده و به کمترین میزان مصرف انرژی برسد صرفه جوئی لازم صورت گرفته است.

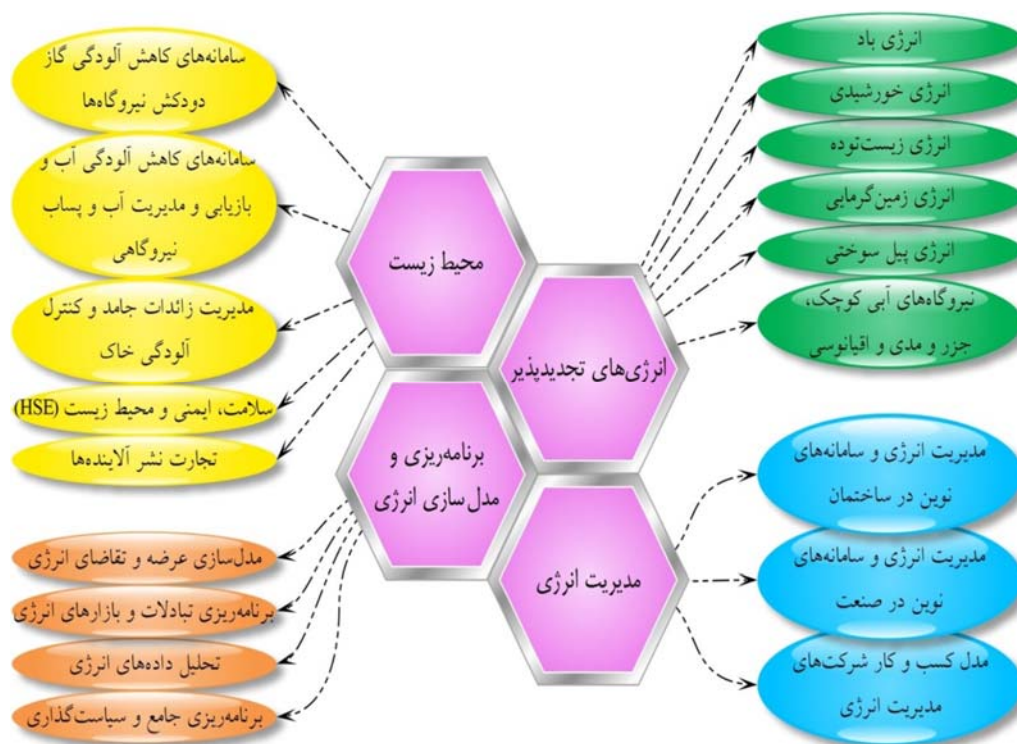
این را هم البته نباید نادیده گرفت که حقوق انرژی در پهنه بی کران گیتی و عدالت در توزیع آن از رسالت بزرگ بشر متفکر، متمدن و متعهد امروز است. متأسفانه شواهد نشان نمی‌دهد که این امر بدرستی در میان افکار عمومی جای متناسب در شأن و اهمیت خود را پیدا کرده باشد. در عین حال در جهان پیشرفته امروز، امر دیگری در حال حادث شدن است و آن رواج انعکاس هوشمندسازی‌های مصنوعی و غیر مصنوعی است که به کمک تکنولوژی‌های پیشرفته و فناوری‌های روز ممکن شده است. مثال بارز آن رخ داد نقش فناوری در زمینه‌های استفاده از امواج الکترو مغناطیس و توسعه مهندسی الکترونیک است. اگر چنین انقلابی در سایر زمینه‌های علوم مهندسی مخصوصاً در زمینه‌های مختلف انرژی مثل تولید، ذخیره سازی و مصرف انرژی و آب اتفاق افتد، مسلماً رنگ دنیای آینده حداقل از این بابت بحرانی نخواهد بود. طبیعی است که این حق جوامع محروم است که تا حد معقول همانند متوسط دیگر جمعیت کره زمین از مصرف انرژی هم بهره‌مند گردند.

بنابراین چیزی که باقی می‌ماند بکارگیری فناوری پیشرفته است. که امید است تا دانشمندان این عرصه در شفاف سازی سناریوهای محتمل، مشتمل بر فنون فعلی و اندیشه‌های آتی ساز، دیدگاه‌های خود را بیان کنند. (۱۵)

## ۲-۳ انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار

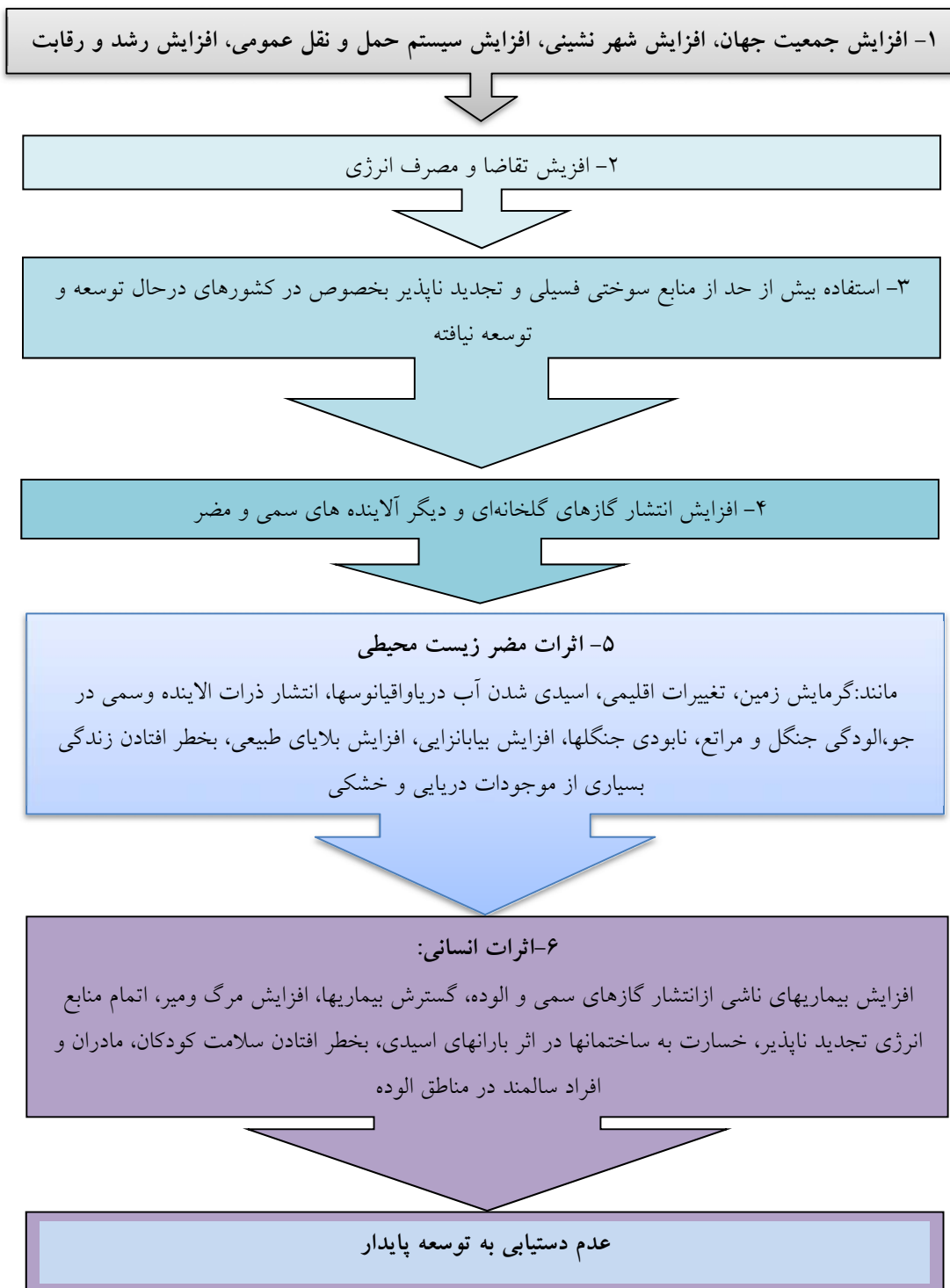
مصرف انرژی تبعات فراوان زیست‌محیطی بدنبال دارد که ازجمله می‌توان به برهم زدن چرخه اکوسیستم‌های طبیعی و تولید بیش از حد گازهای گلخانه‌ای اشاره کرد. از بزرگترین

پیامدهای این مصرف بیش از اندازه، تغییر اقلیم می‌باشد که بنا به نظر بسیاری از دانشمندان به عنوان بزرگترین دشمن بشر در قرن حاضر شناخته شده است. لذا برنامه ریزی جهت مدیریت انرژی ضروری می‌باشد. شکل (۲-۱)



شکل (۲-۱): برنامه ریزی مدیریت انرژی

در حال حاضر الگوی نادرست فعالیت‌های انسان شهرنشین، در کنار توسعه نادرست شهرها باعث برهم خوردن نظم محیط زیست شده و بشریت را با مشکلات عدیده‌ای همچون کمبود انرژی روبه رو ساخته است. مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد سوخت‌های فسیلی و افزایش روزافزون تقاضای انرژی، رویکرد به انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه و کاربرد این منابع را در دنیا هر روز ضروری تر می‌سازد. شکل (۲-۲)



شکل (۲-۲): چرخه گردش استفاده از منابع انرژی تجدید ناپذیر و تخریب محیط زیست

توسعه و گسترش انرژی های تجدیدپذیر باعث کمک به تحقق اهداف توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی کشور می شود که این خود از عوامل اساسی در رسیدن به توسعه پایدار در هر کشوری است. بر اساس گزارشات ایران رتبه دهم تولید کننده گازهای گلخانه ای با منشا دی اکسید کربن و رتبه هشتم آلودگی هوا را در جهان را دارا است. (۱۶)

مزایای متفاوتی برای توسعه و کاربرد انواع انرژی های تجدیدپذیر در کشور می توان متصور شد که از آن جمله می توان به این موارد اشاره کرد: افزایش امنیت عرضه انرژی، کاهش میزان گرمایش جهانی، تحریک رشد اقتصادی، ایجاد اشتغال، افزایش میزان درآمد سرانه، افزایش عدالت اجتماعی و حفاظت محیط زیست در تمام زمینه ها.

چنین سیاست های حمایتی برای مدت زمان مشخص و محدودی به جامعه ارائه می شود تا قابلیت رقابت با تکنولوژیهای قبلی را پیدا کند.

سیاست های توسعه کاربرد انرژی های تجدیدپذیر باید به دنبال رسیدن به این اهداف باشد: حرکت به سمت توسعه پایدار سیستم های تولید انرژی، رسیدن به سطح توسعه پایدار تولید و بازار انرژی، ارتقای آگاهی عمومی و پذیرش اجتماعی کاربرد انرژی های تجدیدپذیر، ارتقای قابلیت رقابت پذیری از نظر قیمت تمام شده.

نبود قوانین مصوب ملی و محلی برای توسعه منابع تجدیدپذیر، نبود مدیریت منسجم نیروی انسانی متخصص آموزش دیده در سازمان های متولی امر، ضعف در انتقال تکنولوژی حتی در قراردادهای منعقد شده با کشورهای خارجی، ضعف در توسعه آموزش عالی و رشته های دانشگاهی بین رشته ای مرتبط با انرژی های نو، نبود برنامه های آموزشی و دوره های فنی حرفه ای در زمینه انرژی های تجدیدپذیر، از جمله مشکلات این بخش می باشد.

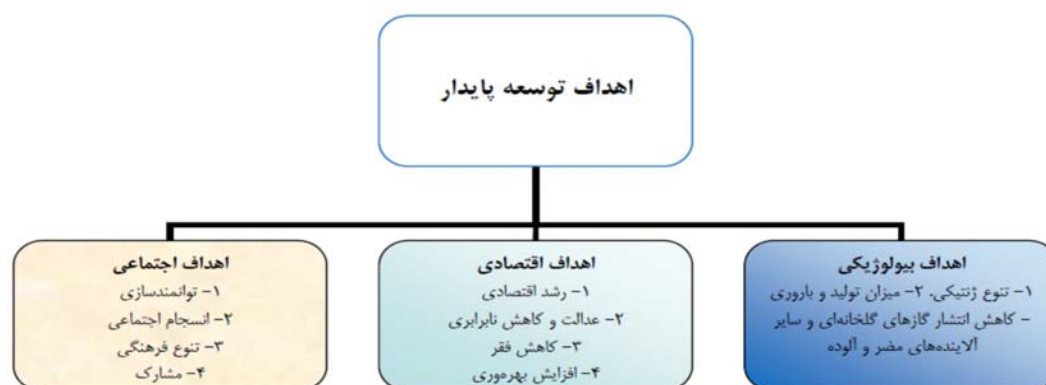
برای توسعه کاربرد انرژی های تجدیدپذیر جهت تولید برق و کاربردهای حرارتی و گرمایشی، سیاست گذاری و تصویب قوانین مناسب برای برنامه ریزی، مدیریت و اجرای پروژه های تجدیدپذیر ضروری است. (۱۷)

اما پس از آن در سال ۱۶۶۱ جان الین در بروشوری راههای برای کاهش آلودگی هوا ارایه داد که هنوز کاربردی هستند. اما از اوایل قرن بیستم حوادث نگران کننده ای در مورد آلودگی هوا



اتفاق افتاد. از جمله حادثه دره میوز بلژیک، پنسیلوانیای آمریکا و مه دود منتشر شده در سال ۱۹۵۲ در لندن، که هر یک از حوادث ذکر شده با عث مرگ بسیاری از انسانها گردید.

همچنین در بحران انرژی طی سالهای ۱۹۷۴ به بعد که با بالا رفتن قیمت نفت، کشورهای بدون نفت، در راه صرفه جویی مصرف انرژی و بهره برداری بهتر از انرژی های موجود گام برداشتند. که این امر موجب تدوین استانداردهای مختلف در صرفه جویی انرژی گردید. و راهنمایی برای دستیابی و تفکر به توسعه پایدار گردید. اهداف توسعه پایدار در شکل (۲-۳) (۱۰) مشهود می باشد.



شکل (۲-۳): نمودار اهداف توسعه پایدار (۱۸)

در اکثر کشورهای دنیا علاوه بر تعرفه گذاری قیمت انرژی های تجدیدپذیر، قوانین حمایتی و تشویقی زیادی در خصوص مراحل مختلف اجرایی پروژه های تجدیدپذیر از پتانسیل سنجی تا بهره برداری وجود دارد.

ضروری است سازمان انرژی های نو ایران به عنوان متولی توسعه این بخش از انرژی کشور نسبت به تدوین قوانین ملی و محلی در خصوص مالکیت و حقوق بهره برداری از منابع، چگونگی و اصول بهره برداری در راستای توسعه پایدار منابع و توسعه دانش فنی اقدام کند.

## ۲-۴ تعریف واژگان

**ضرب انرژی:** برای بررسی رابطه بین مصرف انرژی و تولید، میتوان از شاخص ضرب انرژی استفاده نمود.

**سیستم انرژی:** حجم کنترلی است که در آن جریان انرژی به گونه‌ای است که سیستم مورد مطالعه، یا مصرف کننده، یا ذخیره ساز و یا تبدیل کننده انرژی (تولید کننده ی انرژی ثانویه) در نظر گرفته می‌شود. در تحلیل‌های سیستم‌های انرژی، هدف مدل سازی (به صورت شبیه سازی و یا بهینه سازی) جریان انرژی در آن سیستم‌ها به منظور شناسایی و کمینه کردن اتلاف‌ها و گلوگاه‌های مصرف انرژی، با در نظر گرفتن یک سری استانداردها و معیارهای مشخص می‌باشد. بدین منظور شاخص هایی برای سیستم‌های انرژی در سطح خرد و یا کلان تعریف می‌شود، به گونه‌ای که با استفاده از این شاخص‌ها به قضاوت در مورد کارایی سیستم‌های انرژی می‌پردازیم.

سیستم‌های انرژی در مقیاس‌های خرد (مانند یک واحد عملیاتی، یا یک فرایند و یا حتی یک کارخانه) و کلان (مانند یک بخش صنعتی یا منطقه ای، کشور و یا حتی جهان) در نظر گرفته می‌شوند. لذا شاخص‌های قضاوت در مورد آن‌ها نیز باید هم در مقیاس خرد و هم در مقیاس کلان قابلیت تحلیل عملکرد آن سیستم‌ها را داشته باشند.

قبل از معرفی این شاخص‌ها به تعاریف زیر می‌پردازیم:

۱- **انرژی اولیه:** انرژی است که از منابع طبیعی مستقیمی و بدون هیچ گونه فرآوری برداشت

می‌شود. مانند زغال سنگ، گاز طبیعی و نفت خام.

۲- **انرژی ثانویه:** به انرژی اولیه پس از فرآوری و تبدیل گفته می‌شود.

۳- **انرژی نهایی:** انرژی ثانویه‌ای است که بدست مصرف کننده می‌رسد.

۴- **خدمات انرژی:** بهره و مطلوبیتی است که مصرف کننده از مصرف انرژی نهایی می‌برد.

۵- **بخش انرژی:** بخش انرژی یکی از بخش‌های نظام اقتصادی و اجتماعی است که وظیفه‌ی

تامین انرژی را برای سایر بخش‌های مصرف کننده بر عهده دارد و در سطوح زیر فعالیت دارد.

۶- **بخش مصرف کننده ی انرژی:** این بخش‌ها از قبیل صنعت، ساختمان، حمل و نقل،

کشاورزی و سایر می‌باشند که سهم آن‌ها در مصرف انرژی اولیه در هر کشوری متفاوت

است. در نمودار صفحه بعد به نمونه‌ای از این سهم‌ها اشاره شده است. معمولاً در کشورهای صنعتی بخش صنعت حائز بیشترین سهم و در کشورهای مصرف‌گرا اغلب بخش ساختمان بالاترین سهم مصرف انرژی اولیه را به خود اختصاص می‌دهند.

۷- **تولید ناخالص داخلی<sup>۱</sup>:** تولیدی که صرف نظر از ملیت تولید کننده، درون مرزهای یک کشور انجام می‌شود.

۸- **تولید ناخالص ملی<sup>۲</sup>:** تولیدی که صرف نظر از محل آن، توسط اتباع یک کشور انجام می‌شود.

۹- **مصرف انرژی سرانه:** میزان مصرف انرژی در یک کشور به ازای هر فرد

۱۰- **شدت مصرف انرژی:** به صورت میزان مصرف حامل‌های انرژی به ازای فراورش هر واحد ماده اولیه و یا تولید هر واحد محصول بیان می‌شود. شدت مصرف انرژی عکس بهره‌وری انرژی می‌باشد.

مثال: شدت مصرف انرژی در فرآیند تولید آمونیاک یعنی برای تولید هرتن آمونیاک ۷۰۰ گیگاژول انرژی مصرف می‌شود و یا شدت مصرف انرژی برای تولید گوشت مرغ در ایران ۱ می‌باشد. یعنی برای تولید هر کیلو گوشت مرغ یک لیتر گازوئیل مصرف می‌شود در حالی که مقدار جهانی این مقدار حدود ۰٫۲ لیتر گازوئیل به ازای تولید هر کیلو گوشت مرغ است.

اگر کارخانه یک نوع محصول تولید کند معمولاً مخرج کسر شدت مصرف انرژی، میزان محصول و اگر یک نوع ماده خام فراورش کند، مخرج کسر یاد شده میزان ماده خام فراورش شده خواهد بود.

در نیروگاه‌های حرارتی شدت مصرف انرژی به صورت آهنگ گرمایی<sup>۳</sup> تعریف می‌شود که واحد آن  $\text{KJ/kWh}$  می‌باشد و برابر با میزان  $\text{kJ}$  انرژی حرارتی می‌باشد که برای تولید یک  $\text{kWh}$  توان الکتریکی به مصرف می‌رسد. این میزان برای نیروگاه‌های کشور ایران بیش از ۱۰۰۰۰ است. بدیهی است که بهره‌وری انرژی همان راندمان قانون اول ترمودینامیک می‌باشد.

---

<sup>۱</sup> GDP: Gross domestic Product

<sup>۲</sup> GNP: Gross National Product

<sup>۳</sup> Heat Rate

**ممیزی انرژی:** ترجمان ایده‌های حفظ انرژی به واقعیت از طریق ارائه راه‌های فنی و امکان پذیر از لحاظ اقتصادی و ملاحظات سازمانی و در یک چارچوب زمانی مشخص، میباشد.

**مدیریت انرژی:** به مجموعه اقداماتی برای تحلیل و بهبود عملکرد سیستم‌های انرژی گفته می‌شود که در آن پس از توسعه و تکمیل بانک اطلاعات انرژی، به محاسبه‌ی شاخص‌های قضاوت روی سیستم انرژی پرداخته و با در نظر گرفتن استانداردهایی وضعیت سیستم انرژی مورد مطالعه را به صورت<sup>۴</sup> (ضعیف، کافی، خوب) برآورد می‌گردد. در صورت ضعیف تشخیص داده شدن عملکرد سیستم انرژی به بررسی دلایل آن و ارائه راهکارهایی برای رفع آن مشکلات مبادرت می‌گردد که به این راهکارها فرصت‌های کاهش مصرف انرژی<sup>۵</sup> گفته می‌شود.

در ادامه فرصت‌های کاهش مصرف انرژی ها تحلیل اقتصادی و فنی شده و به راهکارهای بی هزینه<sup>۶</sup>، کم هزینه<sup>۷</sup>، پرهزینه<sup>۸</sup> تقسیم بندی می‌گردد. در نهایت راهکارهای منتخب مورد اجرا گذاشته شده و دلایل اختلافهای احتمالی مورد تحلیل و توجیه قرار می‌گیرند.

**اثر گلخانه‌ای:** اثر برخی از گازهای اتمسفر در جذب و بازتابش پرتوهای فرو سرخ را اثر گلخانه‌ای نامند.

کره زمین پس از گرم شدن توسط نور خورشید، امواج گرم را به صورت تابشهای فرو سرخ به فضا باز می‌تاباند. قسمتی از این تابشهای فرو سرخ از اتمسفر عبور می‌کند و قسمتی دیگر توسط گازهای گلخانه‌ای موجود در اتمسفر جذب و به سطح زمین باز تابانیده میشود که باعث گرم شدن زمین می‌گردد.

**گازهای گلخانه‌ای:** گازهایی که اثر گلخانه‌ای داشته باشند و عبارتند از: بخار آب ( $H_2O$ )، دی اکسید کربن ( $CO_2$ )، اکسید نیترو ( $N_2O$ )، متان ( $CH_4$ )، ازن جو پایین ( $O_3$ )، کلروفلوئوروکربنها (CFCs)، هیدروفلوئوروکربنها (HFCs) و پرفلوئوروکربنها (PFCs).

<sup>۴</sup> Poor, Fair, Good

<sup>۵</sup> ECO

<sup>۶</sup> No Cost

<sup>۷</sup> Low cost

<sup>۸</sup> High Cost

**پتانسیل گرمایش جهانی:** شدت و میزان تأثیر هر یک از گازهای گلخانه‌ای بر پدیده گرمایش جهانی متفاوت است. پتانسیل گرمایش جهانی، عددی است که به هر یک از این گازها نسبت داده شده است و بیانگر این تأثیر است. به دی اکسید کربن عدد یک نسبت داده شده است و **پتانسیل گرمایش جهانی** هر گاز در واقع بیانگر آن است که اثر گلخانه‌ای این گاز چند برابر دی اکسید کربن است.

**معادل دی اکسید کربن<sup>۹</sup>:** معمولاً میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مختلف را برحسب معادل دی اکسید کربن آن بیان می‌کنند. با ضرب کردن **پتانسیل گرمایش جهانی** هر گاز در جرم منتشره از آن گاز، معادل دی اکسید کربن آن گاز بدست می‌آید.

**پروتکل کیوتو:** توافقنامه بین‌المللی که کشورهای توسعه یافته را ملزم می‌کند تا به طور میانگین مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را تا حد مشخصی کاهش دهند.

**سبد گازهای گلخانه‌ای:** پروتکل کیوتو از بین گازهای گلخانه‌ای به ۶ گاز اصلی اشاره کرده است. این گازها در یک سبد انباشته می‌شوند به طوریکه کاهش هر یک از این گازها به تنهایی هدف واحد را (کاهش سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای) تأمین می‌کند.

**گواهی کاهش نشر<sup>۱۰</sup>:** کشورها می‌توانند جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اقدام به اجرای پروژه‌های مرتبط نمایند. هر تن کاهش نشر دی اکسید کربن در سال (یا معادل آن) که طی پروژه‌های مورد تایید هیئت اجرایی مربوطه حاصل می‌شود، یک گواهی کاهش نشر محسوب می‌شود.

**تجارت انتشار<sup>۱۱</sup>:** گواهی‌های کاهش نشر در بازارهای بین‌المللی قابل خرید و فروش است. خریدار این گواهی‌ها کشورهایی هستند که طبق پروتکل کیوتو متعهد به کاهش نشر می‌باشند. ساز و کاری که صدور و خرید و فروش گواهی‌های کاهش انتشار را ممکن کرده است ساز و کار تجارت انتشار نامیده می‌شود.

**بازار کربن:** به بازاری اطلاق می‌شود که گواهی کاهش نشر در آن قابل خرید و فروش است.

---

<sup>۹</sup> CO2 Equivalent

<sup>۱۰</sup> CER: Certified Emission Reduction

<sup>۱۱</sup> Emission Trading

**ساز و کار توسعه پاک<sup>۱۲</sup>:** ساز و کار توسعه پاک یکی از سازوکارهای مالی در پروتکل کیوتو می باشد که موجب تامین اعتبار مالی پروژه های کاهش انتشار آلاینده ها در کشورهای در حال توسعه می شود، و در آن یک کشور توسعه یافته با سرمایه گذاری در یک کشور در حال توسعه و اجرای پروژه های که منجر به کاهش انتشار معینی گاز گلخانه ای می شود، گواهی کاهش انتشار دریافت می نماید.

**پروژه های ساز و کار توسعه پاک:** پروژه هایی که در قالب و چهارچوب ساز و کار توسعه پاک تعریف و اجرا می شوند.

**هیئت اجرایی<sup>۱۳</sup>:** هیاتی است که ساز و کار توسعه پاک توسط آن سرپرستی می شود. هیئت اجرایی، مرجع نهایی برای ثبت پروژه های ساز و کار توسعه پاک و صدور گواهی کاهش انتشار برای این پروژه ها می باشد.

**نهادهای عملیاتی برگزیده<sup>۱۴</sup>:** نهادهای قانونی یا سازمانی بین المللی است که بر اساس مقررات و توسط هیئت اجرایی به رسمیت شناخته شده و برگزیده می شود. این نهادها وظایف زیر را بر عهده دارند: تایید و سپس درخواست ثبت پروژه های ساز و کار توسعه پاک پیشنهادی، بازبینی کاهش انتشارات یک پروژه ثبت شده، گواهی نمودن کاهش انتشارات مربوطه و درخواست از هیئت اجرایی برای صدور گواهی کاهش انتشار آن پروژه.

**مرجع صلاحیت دار ملی<sup>۱۵</sup>:** مرجع مورد تایید هیئت اجرایی در هر کشور جهت انجام امور مرتبط. در ایران این مرجع، دفتر سازمان محیط زیست است.

**ساز و کار نما<sup>۱۶</sup>:** ساز و کار دیگری است که از سال ۲۰۰۷ مطرح شده است و هنوز (۲۰۱۲) به صورت عملی به اجرا در نیامده است. در این ساز و کار، کشورها خصوصا کشورهای در حال

---

<sup>۱۲</sup> CDM: Clean Development Mechanism

<sup>۱۳</sup> Executive Board

<sup>۱۴</sup> DOE: Designated Operational Entities

<sup>۱۵</sup> DNA: Designated National Authority

<sup>۱۶</sup> NAMA: Nationally Appropriate Mitigation Action

توسعه به مقتضای وضعیت خود اقدام به تعریف سیاستها و اقداماتی می‌کنند که منجر به کاهش گازهای گلخانه‌ای خواهد شد و این کاهشها باید لزوماً قابل اندازه‌گیری، گزارش و تایید باشد و در این راه از طرف کشورهای توسعه یافته از لحاظ مالی و تکنولوژیکی حمایت می‌شوند. (۱۳)

## **فصل سوم**

# **بررسی کارآیی فن آوریهای انرژی خورشیدی در بهینه سازی مصرف سوخت**



### ۳-۱- بهینه سازی مصرف سوخت

بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان به معنی استفاده از سوخت و انرژی کمتر برای تأمین گرمایش، سرمایش و روشنایی مورد نیاز آن در جهت کاهش هزینه های ملی می باشد. برای به حداقل رسانیدن مصرف انرژی در سه مورد مذکور که بخش عمده انرژی مصرفی در ساختمانهای مختلف را تشکیل می دهند و همچنین به منظور صرفه جویی اقتصادی در هزینه های مربوط به سوخت و رهایی از مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سوختهای فسیلی و هزینه های اجتماعی آنها می توان از عوامل مختلفی از جمله فن آوریهای جدید و به ویژه فن آوریهای انرژی خورشیدی استفاده نمود.

هریک از انواع فن آوریهای انرژی خورشیدی (اعم از تولید گرما، الکتریسیته یا روشنایی) با ویژگیها و اجزای خاص خود در زمینه های معینی دارای بیشترین کاربرد و نیز بیشترین کارایی فنی و اقتصادی می باشند. انتخاب نوع و اندازه سیستم بستگی به مقدار انرژی و دمای مورد نیاز دارد و به جز سیستمهای تولید الکتریسیته و روشنایی، به طور کلی سیستمهای گرمایی خورشیدی را می توان به سه دسته عمده: دمای پایین (تا ۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای محیط و اکثراً برای گرم کردن آب استخرهای شنا)، دمای متوسط (۵۰-۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای محیط و اکثراً برای تأمین آب گرم مصرفی ساختمان یا گرم کردن فضای آن) و دمای بالا (تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد و اکثراً برای تولید الکتریسیته، سرمایش و پختن غذا) تقسیم نمود. کلکتورها بخش مهمی از سیستمهای گرمایی انرژی خورشیدی را تشکیل می دهند و میزان کارایی آنها نقش تعیین کننده ای در کارایی کل سیستمها دارد.

از بین فن آوریهای مختلف انرژی خورشیدی مناسب جهت بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، سیستمهای گرمایی لوله های خلاء با توجه به ویژگیهای آنها یعنی ضریب تبدیل بالا و ضریب اتلاف گرمایی ناچیز، به سایر سیستمها برتری دارند و علی رغم هزینه های بالاتر، در مجموع از کارایی فنی و اقتصادی بالاتری نسبت به سایر سیستمهای دمای متوسط قابل کاربرد در ساختمان برخوردار می باشند.

امروزه همزمان با افزایش سطح استانداردهای جهانی لوازم و تجهیزات و گسترش شیوه های جدید معماری و ساختمان سازی، روشهای استفاده بهینه از انرژی و فن آوریهای جدید،

موجب عملکرد بهینه ساختمانها از نظر مصرف انرژی و صرفه جویی در هزینه های خانوار و هزینه های ملی کشورها (اعم از هزینه های اقتصادی و اجتماعی) گردیده است. در این راستا با توجه به این که سیستمهای گرمایش و سرمایش و روشنایی در ساختمانها و مجتمع های مسکونی، اداری، تجاری، نظامی، دانشگاهی و ورزشی بیشترین سهم از کل سوخت مصرفی را به خود اختصاص می دهند، در بسیاری از کشورها، با نصب کلکتورها و صفحات خورشیدی بر روی سقف ساختمانها و خانه ها و استفاده از انرژی خورشیدی، سرمایش، گرمایش، آب گرم مصرفی و روشنایی داخلی آنها را تأمین می کنند.

سیستمهای مختلف خورشیدی با کلکتورهای خود اشعه خورشید را جذب و به گرما تبدیل نموده و آن را به یک واسطه (آب، هوا، یا یک سیال خورشیدی) انتقال می دهند تا به منظور راه اندازی سیستمهای گرمایشی، سرمایشی یا سایر سیستمهای انرژی خورشیدی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین سلولهای خورشیدی می توانند مستقیماً انرژی نور را به الکتریسیته تبدیل کنند و برق مورد نیاز یک ساختمان را تأمین نمایند و نیز با استفاده از لوله های روشنایی فیبر نوری می توان ضمن کاهش تقاضای انرژی و برق برای روشنایی، نور طبیعی تری برای داخل ساختمان ایجاد نمود. در این مقاله به اختصار به بررسی دسته بندیها و فن آوریهای انرژی خورشیدی و کارایی آنها در بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمانها، منجمله ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه ها و ناوبری هوایی ایران خواهیم پرداخت. (۲۰)

## ۳-۲- انرژی خورشیدی و دسته بندیهای مختلف آن

خورشید همه روزه مقادیر فوق العاده عظیمی انرژی از خود ساطع می کند. تقریباً تمامی این انرژی در فضا پخش می شود و تنها جزء اندکی از آن به زمین می رسد. اما همین مقدار اندک روزانه، ۲۰۰ وات بر هر متر مربع است و در هر روز بیش از مصرف ۲۷ سال انرژی مورد نیاز جهان به زمین می رسد. در واقع سقف خانه های موجود در زمین برای تأمین انرژی مورد نیاز آن کافی است. منبع لایزال خورشید که در هر ثانیه ۷۰۰ میلیارد تن هیدروژن مصرف می کند، ۴٫۵ میلیارد سال دیگر نورافشانی خواهد کرد.

انرژی خورشید پاک و رایگان است و در همه جا و در دسترس همه قرار دارد و منشاء اکثر انرژی های موجود در جهان اعم از آب، باد و سوختهای فسیلی است. برای تبدیل و استفاده از

انرژی خورشید ، طیف وسیعی از فن آوریهای مختلف انرژی خورشیدی وجود دارند که به روشهای مختلفی می توان آنها را تقسیم بندی نمود:

### **۳-۲-۱- روش تبدیل انرژی (مستقیم یا غیر مستقیم)**

فن آوریهای خورشیدی ممکن است تنها یک تبدیل (مستقیم) و یا بیش از یک تبدیل (غیر مستقیم) برای رسیدن به یک شکل قابل مصرف انرژی را دربر می گیرند.

### **۳-۲-۲- پیچیدگی مکانیزم ها**

فن آوریهای انرژی خورشیدی را می توان بر اساس فعال یا انفعالی بودن آنها تقسیم بندی نمود. سیستمهای انفعالی خورشیدی سیستمهایی هستند که فاقد هر گونه انرژی به جز انرژی حاصل از نور خورشید هستند و برای انتقال گرمای جمع آوری شده از هیچ نیروی مکانیکی خارجی استفاده نمی کنند .

اما در سیستمهای فعال برای انتقال گرمای جمع آوری شده به نیروی مکانیکی خارجی نیاز است و از مکانیزمهای اضافی از قبیل پمپهای چرخش ، پنکه ها ، یا سیستمهای ردیابی که کلکتورها را رو به خورشید قرار می دهد ، استفاده می شود . این مکانیزمها اغلب با برق کار می کنند و ممکن است دستگاههای کنترل اتوماتیک الکترونیکی یا کامپیوتری اضافی هم داشته باشند.

### **۳-۲-۳- بر اساس تمرکز**

استفاده موثر از تابش خورشیدی اغلب مستلزم تمرکز تابش (نور) برای ایجاد شعاعهای گسترده تر است. لذا شیوه دیگری برای دسته بندی سیستمهای خورشیدی عبارت است از :

#### **• تمرکز نقطه ای**

یک بشقاب سهمی یا یک سری از آینه های متحرک برای متمرکز کردن نور در یک نقطه به کار می روند. در نقطه تمرکز ممکن است سلولهای خورشیدی با تمرکز بالا و یا یک گیرنده انرژی گرمایی قرار داده شود.

- تمرکز خطی
- یک سهمی کانون خطی یا یک سری از آینه های خمیده باریک و بلند برای متمرکز کردن نور در طول یک خط به کار می روند.
- بدون تمرکز

شامل سیستمهای آب گرمکن خورشیدی خانگی واکثر سلولهای خورشیدی می باشند.

### ۳-۲-۴- بر اساس نوع سیال انتقال حرارت

- کلکتورهای خورشیدی مبتنی بر سیال گاز (هوا)
- دراین کلکتورها از انرژی خورشیدی برای تهویه هوا ، گرم کردن فضا ، و خشک کردن محصولات کشاورزی و غذایی استفاده می شود .
- کلکتورهای خورشیدی مبتنی بر سیال مایع
- این کلکتورها از نور خورشید برای گرم کردن مایع در حال گردش در یک چرخه خورشیدی استفاده می کنند . سیال مذکور می تواند آب ، یک مخلوط ضد یخ ، روغن و غیره باشد .

### ۳-۳- انواع فن آوریهای انرژی خورشیدی

#### ۳-۳-۱- طراحی خورشیدی در معماری ساختمان

- طراحی خورشیدی به عنوان ساده ترین فناوری انرژی خورشیدی ، استفاده از جنبه های معماری برای جانشین سازی استفاده از شب که برق و سوختهای فسیلی با استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش انرژی مورد نیاز در یک خانه یا ساختمان با عایق سازی و روشنایی و لوازم کارآیی می باشد. جنبه های معماری مورد استفاده در طراحی خورشیدی عبارتند از :
- پنجره های رو به جنوب (در نیمکره شمالی ) و رو به شمال (در نیمکره جنوبی ) با پوشش شیشه ای که میزان عبور ماوراء بنفش بالایی دارد .

- **توده های گرمایی :** هر توده ای مانند دیوارها یا سقف ها که گرمای خورشید را جذب و نگهداری می کند . موادی با گرمای ویژه بالا مانند سنگ ، سیمان ، آجر یا آب بهترین کارایی را دارند .
- **عایقکاری پنجره ها** با کرکره به منظور حفظ گرمای خورشید در ساختمان در هنگام شب و روزهای ابری .
- **قرار دادن سایبانهای ثابت** برای ایجاد سایه در تابستان و قرارگرفتن در معرض آفتاب در زمستان
- **سایبانهای متحرک فصلی .**
- پوششی با **عایقکاری** و آب بندی خوب .
- **هواکش خروجی** در مناطق مرطوب .
- استفاده از **صفحات** خورشیدی هوای گرم فعال یا انفعالی و عبور هوا از روی سطوح سیاه رنگ ثابت در پشت یک صفحه شیشه ای . هوا به وسیله خورشید گرم می شود و در ساختمان جریان می یابد .
- نصب **صفحات** گرمایی خورشیدی فعال با استفاده از یک سیال گرمایی (آب یا محلول ضد یخ) جهت انتقال گرما از طریق چرخش سیال برای تهیه آب گرم مصرفی یا گرم کردن هوای ساختمان یا سایر مصارف .
- **صفحات** گرمایی خورشیدی انفعالی برای گرم کردن اولیه آب برای مصارف خانگی .
- **سیستمهای فوتوولتائیک** برای تأمین الکتریسیته .
- **دودکش های** خورشیدی برای سرد کردن .
- کاشتن درختان برگ ریز پاییزی در نزدیک پنجره ها . برگها در تابستان سایه ایجاد می کنند و در زمستان با ریختن آنها نور خورشید وارد ساختمان می شود .

### **۳-۲- سیستمهای گرمایش خورشیدی**

این سیستمها عموماً متشکل از کلکتورهای گرمایی خورشیدی ، یک سیستم سیال برای انتقال گرما از کلکتور به نقطه مصرف ، و اغلب یک ذخیره کننده برای نگهداری گرما جهت استفاده بعدی می باشند و برای تهیه آب گرم مورد مصرف خانگی ، گرم کردن آب استخر خانگی ، تأمین

گرما برای یک جریان گرمایش (معمولاً رادیاتورها یا کویل های گرم کننده کف) ، کاربردهای صنعتی یا سایر مصارف (از جمله سرمایش ) به کار می روند . یک سیستم گرمایش خورشیدی می تواند سهم بالایی از انرژی مورد نیاز برای تهیه آب گرم خانگی را تأمین کند . در بسیاری از کشورهای اروپای شمالی ، درصدی از انرژی گرمایش خانگی را تأمین می کنند. انواع مختلفی از سیستمهای مرکب آب گرم و گرمایش هوا ۱۵-۲۵٪ کلکتورهای گرمایی خورشیدی وجود دارند که به علل اقتصادی ، در شرایط فعلی استفاده از بعضی از آنها رایج تر است:

**۱- کلکتورهای مسطح بدون پوشش :** متشکل از لوله ها یا صفحات شکل داده شده ای هستند که آب در داخل آنها جریان یافته و به وسیله تابش خورشید گرم می شود و برای افزایش طول دوره شنا در استخرهای شنا به کار می رود . در بعضی از کشورها گرم کردن آب استخرهای شنا روباز بدون استفاده از منابع انرژی های تجدیدپذیر ممنوع است . لذا این سیستمهای ارزان راه حل خوبی محسوب می شوند . البته به علت نداشتن عایقکاری (که وقتی دمای هوای محیط پایین تر از دمای سیال گرم شده است به شدت از کارآیی آن ها می کاهد ) برای تأمین آب گرم مصرفی ساختمان مناسب نیستند .

این کلکتورها برای کاربردهای دمای پایین که دمای مورد نیاز کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد باشد ، بسیار مناسبند و اخیراً بیشترین سطح سالانه کلکتورهای نصب شده در آمریکای شمالی را تشکیل می دهند . بیشترین تقاضای این کلکتورها برای گرم کردن آب استخرهای شنا عمومی و سپس گرم کردن آب استخرهای شنا فصلی خانگی ، کارواشها ، عملیات پرورش ماهی و کمپ های تابستانی می باشد . کلکتورهای مسطح بدون پوشش اکثراً از پلاستیک سیاه (پلی پروپیلن<sup>۱۷</sup> ، پلاستیکهای<sup>۱۸</sup>) مقاوم در برابر نور ماوراء بنفش ساخته می شوند و به علت نداشتن پوشش ، بخش بیشتری از انرژی تابشی خورشید را جذب می کنند . البته به دلیل عایق نبودن ، بخش عمده ای از گرمای جذب شده نیز تلف می شود . به ویژه هنگامی که هوای بیرون سرد همراه با وزش باد باشد . این کلکتورها به حدی قابلیت انتقال گرما از هوا یا به هوا را دارند که می توانند در هنگام شب وقتی هوا گرم و همراه با وزش باد است ، گرما را از هوا بگیرند .

**۲- کلکتورهای مسطح پوشش دار :** این نوع کلکتورها که معمول ترین کلکتورهای خورشیدی

---

<sup>۱۷</sup> PET

<sup>۱۸</sup>EPDM

هستند از یک جذب کننده ، یک پوشش شفاف ، یک قاب و قسمت عایق تشکیل شده اند . حداقل یک پوشش شفاف شیشه ایمنی فاقد آهن ( و یا در مواردی پوشش نیمه شفاف دیگر ) برای این کلکتورها به کار می رود تا مقدار زیادی از طیف نوری موج کوتاه را انتقال دهد . در عین حال تحت تاثیر اثر گلخانه ای ، فقط بخش ناچیزی از گرمای منتشر شده توسط جذب کننده ، از پوشش خارج می شود . پوشش شفاف از انتقال گرمای جمع شده به خارج توسط باد و جریان هوا جلوگیری نموده و همراه با قاب ، جذب کننده را از شرایط متغیر محیطی محافظت می کند . قابها از جنس آلومینیم و آهن گالوانیزه و گاهی نیز از پلاستیک فشرده فایبرگلاس ساخته می شوند . برای عایق بندی اغلب از فوم پلی اورتان یا پشم معدنی و گاهی نیز از مواد عایق بندی فیبر معدنی مانند پشم شیشه ، فیبر شیشه یا فایبرگلاس استفاده می شود .

کلکتورهای مسطح دارای امکانات وسیع تری از نظر نصب روی سقف ، داخل سقف یا به طور آزاد می باشند و از لحاظ قیمت هم ارزان هستند . کلکتور های مسطح بسته ، برای کاربردهای دمای متوسط وقتی که دمای مورد نیاز ۳۰-۷۰ درجه سانتیگراد باشد و یا برای کاربردهایی که نیاز به گرما در طول ماههای زمستان دارند ، مناسب ترین نوع کلکتورها می باشد کاربرد کلکتورهای مسطح در سیستمهای صنعتی ، علاوه بر تأمین نیاز صنایع به دماهای متوسط ( ۵۰-۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای محیط )، برای گرم کردن مقدماتی آب ورودی به یک مجموعه کلکتورهای متمرکز کننده دمای بالا می باشد . این کلکتورها ممکن است مبتنی بر سیال مایع یا هوا باشند .

**۳- کلکتورهای لوله خلاء :** این کلکتورها از جمله کارآترین و گرانترین انواع کلکتورهای خورشیدی بوده و برای کاربردهای دمای متوسط وقتی که دمای مورد نیاز ۵۰-۹۵ درجه سانتیگراد باشد یا برای مناطق بسیار سرد مناسب ترین نوع کلکتورها هستند . کاربرد این کلکتورها مانند کلکتورهای مسطح پوشش دار ، شامل تولید آب گرم خانگی و تجاری ، گرم کردن ساختمانها و استخرهای شنای خانگی است . همچنین با توجه به توان بالای این کلکتورها در تأمین موثر دماهای بالا، از آنها می توان برای سرد کردن ساختمانها از طریق ایجاد چرخه های سردسازی استفاده نمود . به علت خلأ موجود بین پوشش و جذب کننده ، اتلاف گرمایی آنها در دماهای بالا، حتی در هوای سرد بسیار پایین است و تابش مجدد تنها عامل مهم اتلاف گرمایی آن به شمار می رود .

همچنین آسیب دیدن درزها بر اثر متفاوت بودن ضریبهای انبساط گرمایی و محدودیتهای مربوط به پوشش از دیگر عواملی هستند که می توانند از توان بالای این کلکتورها بکاهند . کلکتورهای

لوله خلاء بر چند نوعند: لوله های (شیشه-شیشه) ، لوله های (شیشه-فلز)، لوله های (شیشه-شیشه-مسیر جریان آب) .

۴- **حوض های خورشیدی** : این نوع کلکتورها شاید کم هزینه ترین نوع کلکتورها باشند . هزینه حوضهای خورشیدی با بزرگ شدن اندازه آنها به شدت کاهش می یابد . لذا از همان ابتدا برای کاربردهای بزرگ صنعتی مورد استفاده قرار گرفتند . دو نوع اصلی از این کلکتورها وجود دارند: حوض کم عمق ، حوضهای آب شور خورشیدی.

۵- **کلکتورهای خورشیدی متمرکز کننده** : این نوع کلکتورها برای کاربردهای دماهای بالا به کار می روند و مناسبترین نوع برای اقلیم هایی هستند که در طول سال تعداد روزهای صاف و آفتابی در آنجا زیاد است (مانند کشور ما که به طور متوسط ۳۰۰ روز آفتابی در سال دارد) .

بااستفاده از منعکس کننده ها برای متمرکز کردن نور خورشید بر روی جذب کننده یک کلکتور خورشیدی ، اندازه جذب کننده می تواند به شدت کاهش یابد . در نتیجه اتلاف گرما کاهش یافته و کارایی در دماهای بالا افزایش پیدا می کند . علاوه بر این هزینه منعکس کننده ها در واحد سطح از هزینه کلکتورها کمتر است. کلکتورهای متمرکز کننده می توانند مبتنی بر سیال مایع یا هوا و یا حتی به شکل یک اجاق مانند یک غذاپز خورشیدی باشند . چهار نوع اصلی از کلکتورهای متمرکز کننده عبارتند از : سهمی کانون خطی ، سهمی کانون نقطه ای (بشقابی) ، برج نیرو ، و کلکتورهای متمرکز کننده ثابت .

۶- **کلکتورهای مخزنی** : یک قرن پیش ، بشکه های سیاه رنگ به عنوان آب گرمکن های ساده خورشیدی مورد استفاده قرار می گرفتند . امروزه بازار اصلی این گونه کلکتورها گرم کردن آب برای مصارف خانگی در کشورهای دارای آب و هوای گرم است . در طول زمستان مخزنها باید از یخ زدگی محافظت یا از آب خالی شوند .

۷- **سیستمهای سرمایش خورشیدی** : یکی از کاربردهای مفید و نه چندان شناخته شده فن آوری گرمایی خورشیدی استفاده از تابش خورشید برای سرد کردن هوای ساختمانهاست . انرژی گرمایی خورشید به دو طریق برای خنک سازی ساختمانها مورد استفاده قرار می گیرد . (الف)- روش جذبی که با استفاده از ابزار های سرد کننده جذبی در یک چرخه طبیعی با سرد کردن و تبخیر یک سیال صورت می گیرد . (ب)- روش خشک که در آن از یک ماده خشک کننده به منظور جذب



بخار آب ، کاهش رطوبت و سرد کردن هوا از طریق تبخیر استفاده می شود .

۸- **کلکتورهای سطح منفذ دار بدون پوشش (خشک کن های خورشیدی) :** بسیاری از ساختمانهای بزرگ اداری ، تجاری و مسکونی برای حفظ کیفیت هوای داخلی خود ، به تهویه هوا نیاز دارند . در مناطق سردسیر و در فصول سرد ، گرم کردن این هوا نیاز به صرف مقادیر زیادی انرژی دارد . یک سیستم تهویه خورشیدی مناسب می تواند با صرفه جویی در هزینه و انرژی ، به تأمین هوای گرم و مطبوع در این گونه ساختمانها کمک نماید. گرچه رایج ترین کاربرد این گونه کلکتورها برای تهویه هوای گرم مورد نیاز در ساختمانهاست، لیکن برای خشک کردن محصولات کشاورزی نیز به کار می روند. نمونه هایی از این سیستم در کشورهای آمریکای جنوبی و آسیا برای خشک کردن چای، توتون و دانه های قهوه نصب شده اند و اخیرا نیز پروژه ای برای نصب ۱۰ سیستم خشک کن در ۸ کشور آمریکای جنوبی و مرکزی و آسیا با استفاده از این نوع کلکتورها از طرف سازمانهای بین المللی در دست اجرا می باشد .

### ۳-۴- مقایسه کارآیی فنی و اقتصادی فن آوریهای انرژی خورشیدی

کارآیی یک کلکتور خورشیدی عبارت است از نسبت انرژی گرمایی قابل استفاده به انرژی خورشیدی دریافت شده. لذا اتلاف گرمایی مانند اتلاف تابشی همواره وجود دارد . ضریب تبدیل ( Conversion Factor ) یا کارآیی نوری (تابشی ) ، درصد تابش های خورشیدی نفوذ کننده به پوشش شفاف کلکتور (انتقال ) به تابش های جذب شده را نشان می دهد و در واقع نسبت نرخ انتقال از پوشش به نرخ جذب از جذب کننده می باشد. اتلاف حرارت به وسیله K- value یا ضریب اتلاف گرمایی نشان داده می شود و واحد آن وات برای هر متر مربع سطح کلکتور و اختلاف درجه حرارت ویژه ( به سانتیگراد ) بین جذب کننده و محیط اطراف آن می باشد . با اختلاف دمای بالاتر ، حرارت بیشتری تلف می شود و هر گاه اختلاف دما از حد معینی فراتر رود ، مقدار اتلاف گرما ، برابر انرژی حاصل از کلکتور است ، به طوری که دیگر انرژی به سیستم چرخش خورشیدی تحویل نمی شود.

یک کلکتور خوب ، بایستی ضریب تبدیل بالا و ضریب اتلاف گرمایی (K- value)

پایینداشته باشد. محاسبه کارایی کلکتورهای خورشیدی با در نظر گرفتن عوامل متعددی مانند: زاویه نصب، عرض جغرافیایی، سطوح در معرض تابش آفتاب، دماهای محیط، اتلاف گرمایی سیستم و پیکربندی آن می تواند امری بسیار پیچیده باشد.

مهمترین عامل در انتخاب صحیح نوع کلکتور، محدوده دمای مطلوب و مورد نظر ماده ای است که باید گرم شود. یک کلکتور فاقد پوشش یقیناً مناسب برای فرآیند تولید گرما نیست. مقدار تابش روی آن، قرار گرفتن در معرض جریان های شدید هوا، و مقدار فضای مورد نیاز از دیگر عوامل مهم در انتخاب صحیح نوع کلکتورها به شمار می روند. در مقایسه انواع مختلف کلکتورها، شایسته است به جای سطوح کارایی پیک از ارزشهای کارایی نرمال که عملکرد متوسط سالانه را بهتر نشان می دهند، استفاده شود (محدوده عملکرد نرمال مربوط به محدوده نرمال  $T_m - T_a = \Delta t$  است که کلکتور در معرض آن قرار می گیرد). برای آب گرم خانگی میزان متوسط ۳۰ - ۴۰ درجه سانتیگراد رایج است.

جدول (۳-۱): مقایسه کارایی انواع کلکتورهای خورشیدی

نوع کلکتور	ضریب تبدیل	ضریب اتلاف گرمایی (وات برای هر متر مربع سطح کلکتور)	محدوده دما (سانتیگراد)
۱- جذب کننده (بدون پوشش)	۰/۹۷-۰/۸۲	۱۰-۳۰	تا ۴۰
۲- کلکتور مسطح	۰/۸۳-۰/۶۶	۲/۹-۵/۳	۲۰-۸۰
۳- کلکتور صفحه خلاء	۰/۸۳-۰/۸۱	۲/۶-۴/۳	۲۰-۱۲۰
۴- کلکتور لوله های خلاء	۰/۸۴-۰/۶۲	۰/۷-۲	۵۰-۱۲۰
۵- کلکتور مخزنی	حدود ۰/۵۵	حدود ۲/۴	۲۰-۷۰
۶- کلکتور هوا	۰/۹۰-۰/۷۵	۸-۳۰	۲۰-۵۰

### ۳-۵- آب گرمکن های مخزن دار

بطور کلی آب گرمکن های موجود را می توان از نظر عملکردی به انواع مخزن دار، فوری، پمپی حرارتی، کوئل دار بدون مخزن، غیرمستقیم و خورشیدی تقسیم نمود، همچنین ممکن است از آب گرمکن هایی استفاده شود که به سیستمهای حرارتی دیگری متصل شوند. در اینجا بطور خلاصه اشاره ای به نحوه عملکرد هر کدام از این سیستم ها پرداخته خواهد شد.

انواع سوخت هایی که برای این نوع آب گرمکن استفاده می گردد شامل الکتریسیته، گاز طبیعی، گاز مایع و نفت می باشد. محدوده ظرفیت مخزن آنها نیز از ۲۰ تا ۸۰ گالن (۷۶ تا ۳۰۳ لیتر) متغیر است. این نوع آب گرمکن اغلب در منازل مسکونی استفاده می شود، این نوع آب گرمکن، آب گرم بالای تانک را تأمین کرده و از پایین با آب سرد جایگزین می کند و همواره مخزن آن پر از آب می باشد. با توجه به اینکه آب بطور دائم در مخزن گرم می شود، حتی زمانی که شیرها بسته است، انرژی تلف می شود. این اتلاف انرژی را تلفات حرارتی آب گرمکن می نامند. از دیگر معایب این نوع سیستم می توان به زمان بازیافت گرمایش آهسته و عمر کوتاه آنها اشاره نمود، عمر متوسط این آب گرمکن ها بین ۱۰ تا ۱۵ سال می باشد و ضعف آن نیز زنگ زدگی و سوراخ شدن مخزن است، هر چند که با نصب آند منیزیم فدا شونده (حفاظت کاتدی) این مشکل تا حد زیادی مرتفع گردیده است. از مزایای این نوع آب گرمکن نیز می توان قیمت اولیه پایین، توانایی تولید مقدار آب گرم زیاد و قابلیت نصب و استفاده آسان از آن را نام برد.

### ۳-۵-۱- آب گرمکن های فوری

با این نوع آب گرمکن می توان بطور کامل تلفات حرارتی در حالت بدون استفاده را حذف نمود و مصرف انرژی را به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد نسبت به آب گرمکن های مخزن دار کاهش داد. در این سیستم، آب سرد از میان یک لوله به طرف آب گرمکن منتقل می شود و یک مشعل گازسوز یا یک المنت برقی آب را در حد نیاز گرم می کند. این نوع آب گرمکن، معمولاً در محدود ۲ تا ۴ گالن (۷,۶ تا ۱۵,۲ لیتر) در دقیقه آب گرم تولید می نماید. این مقدار آب می تواند کافی باشد، مشروط بر اینکه در یک لحظه بیشتر از یک استفاده کننده نداشته باشد. از مزایای این سیستم می توان به تلفات حرارتی بسیار پایین، قیمت تولید پایین، توانایی تولید مقدار نامحدود آب گرم و عمر زیاد اشاره نمود و از معایب آن می توان عدم عملکرد در فشارهای پایین آب و محدودیت استفاده از انواع سوخت ها را نام برد، سوخت مورد نیاز این نوع آب گرمکن گاز طبیعی یا پروپان می باشد، هر چند در صورتیکه مصرف آب ناچیز باشد می توان از الکتریسیته نیز استفاده نمود.

### **۳-۵-۲- آب گرمکن های کویل دار بدون مخزن و غیرمستقیم**

برای گرم کردن آب مصرفی، همچنین می توان از سیستم گرمایش هوای منزل یا بویلرها استفاده نمود، دو نوع آب گرمکن که به این روش عمل می نمایند، نوع کویل دار بدون مخزن و نوع غیرمستقیم هستند. هیچ مخزن مجزایی در نوع کویل دار لازم نمی باشد، زیرا آب بطور مستقیم در داخل بویلر گرم می شود، آب از میان یک مبدل حرارتی در بویلر جریان پیدا کرده و شیرهای آب گرم را تغذیه می کند. در طول ماههای سرد، این سیستم بخوبی عمل می کند زیرا سیستم گرمایش هوا بصورت منظم مورد استفاده قرار می گیرد. این سیستم در فصول گرم و مناطق گرم راندمان کمتری دارد.

در نوع غیرمستقیم یک مخزن ذخیره آب جداگانه وجود دارد. همانند نوع کویل دار بدون مخزن، این سیستم، آب را در میان یک مبدل حرارتی در داخل بویلر به گردش درمی آورد، ولی آب گرم شده مستقیماً به داخل یک مخزن ذخیره عایق فرستاده می شود و در زمان نیاز مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به اینکه بویلرها بصورت متناوب عمل می نمایند، این سیستم نسبت به کویل دار دارای راندمان بیشتری می باشد.

### **۳-۵-۳- آب گرمکن های خورشیدی**

خورشید تقریباً ۱۰۰۰ وات انرژی مجانی و با ارزش را به هر متر مربع می تاباند. آب گرمکن های خورشیدی بطور ساده این انرژی را جمع آوری و ذخیره می نمایند. هر چند که قیمت اولیه این آب گرمکن ها زیاد است ولی می توانند مقادیر زیادی هزینه را در دراز مدت صرفه جویی نمایند. انواع آب گرمکن های خورشیدی موجود در آمریکای شمالی تقریباً ۲/۳ آب گرم موردنیاز یک خانواده ۴ نفره را تأمین می نمایند مزایای این نوع آب گرمکن نداشتن هیچ گونه هزینه سوختی و داشتن حداقل هزینه عملکردی -عمر نسبتاً زیاد-دوستدار محیط می باشد و معایب این سیستم قیمت اولیه بالا و نیاز به یک گرم کننده کمکی در مناطق سرد می باشد.

### **۳-۵-۴- آب گرمکن های پمپ کننده حرارت یا HPWH**

یک آب گرمکن مجهز به پمپ حرارتی یکی از چندین تکنولوژی است که برای سرمایش و رطوبت زدایی خانه و تولید آب گرم موردنیاز استفاده می شود. یک HPWH با راندمان بالا قادر

است تا قیمت گرم کردن آب را تا ۶۰٪ کاهش دهد یعنی یک صرفه جویی ۲۰۰ دلاری در سال را به دنبال دارد. چون این سیستم آب را حرارت می‌دهد  $7000 \text{ Btu/hr}$  سرمایش مجانی نموده و رطوبت زدایی نیز می‌کند. یک HPWH شبیه به یک تهویه هوای کوچک است، با این تفاوت که به جای انتقال حرارت به کویل کندانسور، آنرا به مخزن آب منتقل می‌نماید. HPWH ها معمولاً در یک اتاق یا زیرزمین قرارداد می‌شوند.

اگر محدودیت فضایی برای آن وجود داشته باشد، می‌توان از چندین HPWH مدور استفاده نمود که بر روی مخزن اصلی قرار داده می‌شوند.

این آب گرمکن ها برای انتقال حرارت از یک نقطه به نقطه دیگر از الکتریسیته استفاده می‌کنند، این وسیله حرارت را بوسیله گردش یک سیال خنک کننده (مانند فرئون) در میان یک چرخه متناوب تبخیر و میعان<sup>۱۹</sup> انتقال می‌دهد (همانند سیستم یخچال ولی بطور معکوس) یک کمپرسور، سیال را بین دو کویل مبدل حرارت پمپ می‌کند.

در یک کویل، سیال در فشار پایین تبخیر می‌شود و حرارت را از محیط اطراف جذب می‌نماید. این سیال تبخیر شده، سپس به کویل دوم منتقل و در آنجا فشرده می‌شود، که در اینجا تحت فشار بالا میعان می‌شود. در این نقطه، سیال حرارت جذب شده را به آب مخزن منتقل می‌کند. چون این سیستم حرارت را از محیط جذب و به آب منتقل می‌نماید، محیط خنک می‌شود. لذا می‌توان با استفاده از کانال، هوای سرد تولید شده را به نقاط مورد نیاز منتقل نمود.

### ۳-۶- دلایل استفاده از آب گرمکن های خورشیدی

- حفاظت محیط زیست
- جلوگیری از افزایش گرمای کره زمین
- ذخیره منابع انرژی تجدید ناپذیر
- کاهش هزینه های انرژی گرمایی
- افزایش ضریب اطمینان و ایمنی
- کاربرد آسان و راحت

---

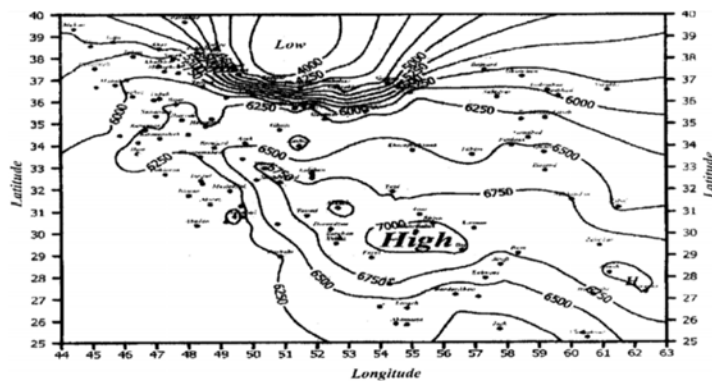
<sup>۱۹</sup> Evaporation & Condensation

• دسترسی همیشگی به منبع انرژی

با توجه به محدودیت منابع سوخت فسیلی و زیان بار بودن استفاده غیر اصولی این گونه سوختها برای سلامت محیط زیست، تحقیقات و کاربردهای انرژیهای تجدیدپذیر در مجامع صنعتی و علمی از اهمیت ویژه ای برخوردار گشته است. در این میان انرژی خورشید، با توجه به اینکه انرژی کاملاً پاک و عاری از هرگونه آلودگی بوده و بعنوان منبع انرژی کاملاً ارزان شناخته شده است، اهمیت بیشتری پیدا می کند.

### ۳-۷- پتانسیل تابش خورشیدی ایران

انرژی خورشیدی منبع لایزال انرژی است که کاربرد های فراوانی در تامین روشنایی، گرمایش و سرمایش ساختمانها دارد. با توجه به آمار تابش خورشیدی و تعداد ساعات آفتابی، ایران دارای پتانسیل بالایی در استفاده از انرژی خورشیدی دارد.



شکل (۳-۲): مجموع انرژی تابشی کلی خورشیدی در ایران (۲۱)

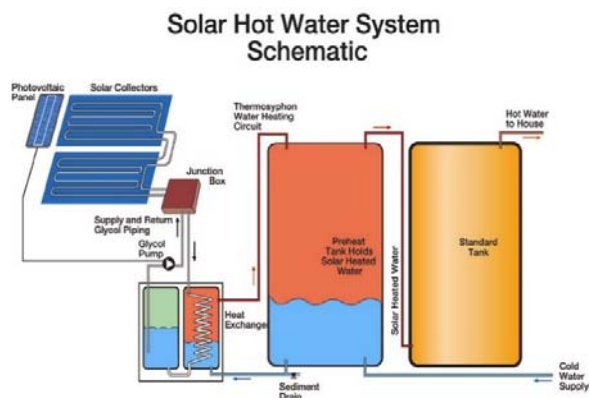
کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است که میزان تابش خورشیدی در آن به  $2000 \text{ Kw-h}$  (  $17,34 \text{ MJ/m}^2.\text{day}$  ) در سال می رسد و در بسیاری از نقاط آن تعداد ساعات آفتابی از ۲۸۰۰ ساعت در سال تجاوز می کند، استفاده از انرژی خورشید، نه تنها ضروری بلکه اجتناب ناپذیر است. وسعت و شرایط جغرافیایی کشور، بافت اجتماعی، فراوانی و گستردگی روستاها که اغلب به صورت یک نقطه در دلکوهها و پهنه دشت ها قرار دارند و همچنین عدم برخورداری از تکنولوژی پیشرفته و مستقل برای تولید و توزیع انرژی به روشهای

متداول امروزی و بسیاری دلایل دیگر نشان می دهند که اگر انرژی خورشیدی بر پایه و اساس علمی و فنی مورد استفاده قرار گیرد، منبع مطمئن و مداومی برای تامین انرژی کشور خواهد بود. برای مثال در اصفهان آمار تابش خورشیدی و تعداد ساعات آفتابی به ترتیب  $19 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day}$  و ۳۱۶۶ ساعت آفتابی ارائه شده است. روشهای گوناگونی برای استفاده از این انرژی پاک و لایزال الهی وجود دارد، اما گرم کردن آب با استفاده از آب گرمکنهای خورشیدی، شاید بعنوان آسانترین و اقتصادی ترین روش باشد. زیرا با داشتن دانش کافی درباره تابش خورشید، براحتی و بصورت بسیار موثرتر می توان انرژی خورشید را برای گرم کردن آب مصرفی منازل و حتی کاربرهای صنعتی بکار برد.

### ۳-۸- معرفی آب گرمکن خورشیدی

آب گرمکن خورشیدی به منظور تهیه آب گرم مورد نیاز در بخش های مصرفی و صنعتی با استفاده از جذب تابش انرژی خورشیدی به کار می رود. یک نمونه از این محصول در شکل (۱) نشان داده شده است. اجزاء اصلی تشکیل دهنده یک آب گرمکن خورشیدی عبارتند از:

- کلکتورهای حرارتی خورشیدی
- سیستم گردش آب
- پمپ های انتقال آب
- مخزن آب



شکل (۳-۳): سیستم آب گرم کن خورشیدی

این محصول می تواند در اقلیم های مختلف و متفاوت تا ۸۵٪ انرژی مورد نیاز آب گرم مصرف کنندگان را تأمین نماید. سیستم های آب گرم کن خورشیدی بر اساس اجزاء و فاکتورهای ذیل طبقه بندی می گردند.

فاکتور ۱- نوع جاذب (کالکتور) گرمائی :

بخش اصلی یک آب گرمکن خورشیدی کالکتور است. کالکتور از ورق و لوله هائی تشکیل شده است که حرارت خود را از تابش خورشید دریافت نموده و به یک سیال جذب کننده که در داخل تیوپ های آن در جریان است منتقل می نماید. این قطعه عموماً تیره رنگ و دارای پوشش هائی از موادی است که بتواند جذب بهتر و پخش کمتر را در ارتباط با انرژی خورشیدی داشته باشد. انواع کالکتورها عبارتند از:

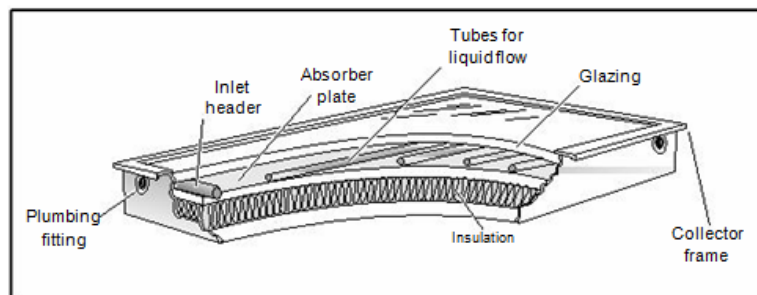


شکل (۳-۴): کالکتور صفحه ای صاف (Flat plat collector)



شکل (۳-۵): آبگرمکن ترموسیفون با کالکتور تخت

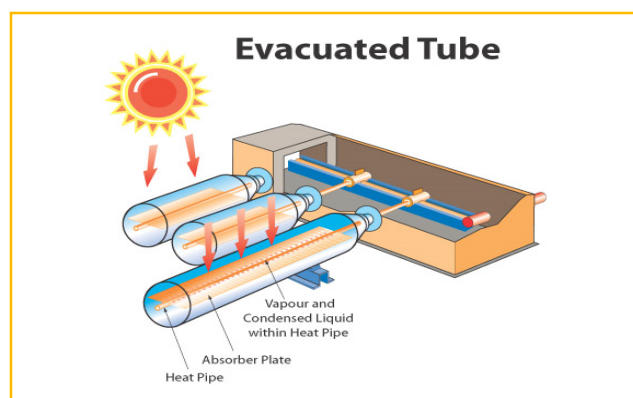




شکل (۳-۶): اجزاء کلکتور تخت



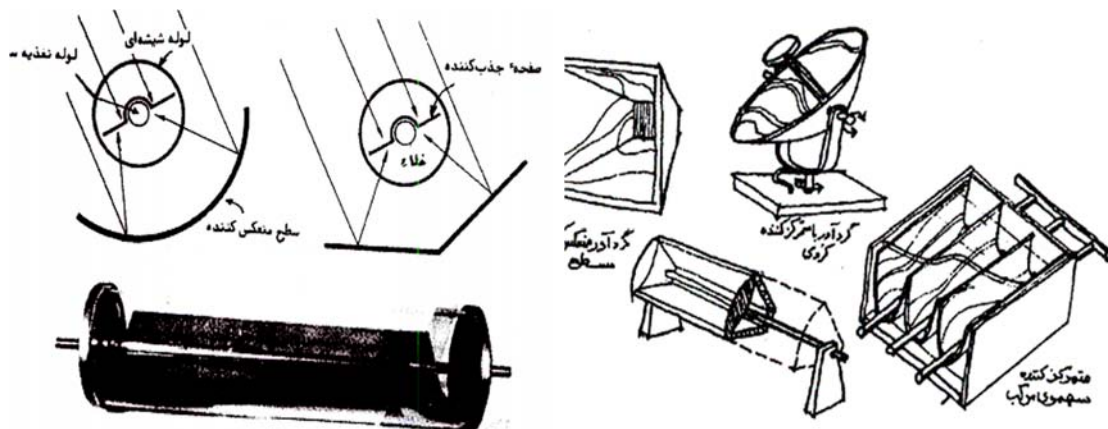
شکل (۳-۷): کلکتور لوله ای تحت خلأ (Evacuated Tube collector)



شکل (۳-۸): کلکتور لوله ای تحت خلأ



شکل (۳-۹): کلکتور سهموی



شکل (۳-۱۰): کلکتور سهموی

در این بین کلکتورهای صفحه تخت از بقیه متداولتر می باشند. این کلکتورها شامل یک صفحه عایق در قسمت زیرین و یک بخش محافظت شده در مقابل جریان هوا هستند که در داخل آن یک صفحه جاذب تیره قرار گرفته و بر روی آن یک یا چند پوشش شفاف یا نیمه شفاف وجود دارد. شکل (۳-۴) کلکتور لوله خلاء از ردیفهای موازی لوله های شیشه ای دوجداره تشکیل یافته که هر یک از این لوله ها شامل یک لوله شیشه ای خارجی و یک لوله داخلی است. لوله داخلی حکم جاذب را داشته و به جهت جذب مناسب انرژی خورشیدی و جلوگیری از اتلاف حرارتی تشعشعی آن را با پوششی خاص می آرایند. در میان دو لوله، فضای خالی وجود دارد که به جهت از میان برداشتن اتلافهای حرارتی هدایتی و همرفتی، این فضا را از هوا تخلیه کرده و شرایط خلاء بوجود می آورند. (شکل ۳-۷) کلکتورهای متمرکزکننده که عموماً "به جهت مصارف خانگی مورد

استفاده قرار می گیرند از یک ظرف سهموی تشکیل یافته که بر روی آن آئینه کاری می شود و وظیفه تمرکز انرژی خورشیدی بر روی لوله جاذب سراسری را بر عهده دارند. در متمرکز کننده ها بعلا کاهش سطح جذب کننده ها، اتلافات حرارتی کاهش می یابد و دمای بالاتر و حرارت بیشتری تولید می شود، اما برای مناطق ابری مناسب نبوده، نیازی به پوشش شیشه ای نداشته و نسبت به کلکتورهای تخت هزینه بیشتری لازم دارند. متمرکز کننده ها از نظر راندمان در دماهای پائین، از کلکتورهای تخت ضعیف تر بوده ولی در دماهای بالا دارای راندمان خوبی هستند، آسیب پذیری این نوع کلکتورها کمتر است ولی اگر بجای آئینه از فلزات صیقل داده شده استفاده شود، امکان زنگ زدگی، میزان تشعشع صفحات منعکس کننده را کاهش میدهد. میزان دریافت شدت تابش خورشیدی در متمرکز کننده ها میتواند در حدود ۷۰-۸۰ برابر نسبت به کلکتورهای تخت باشد.

فاکتور ۲- محل قرارگیری کلکتورها

فاکتور ۳- وجود پمپ یا عدم وجود پمپ (سیستم فعال یا غیر فعال)

فاکتور ۴- روش انتقال حرارت (حلقه باز -حلقه بسته)

### ۳-۹- انواع سیستم آب گرمکن خورشیدی

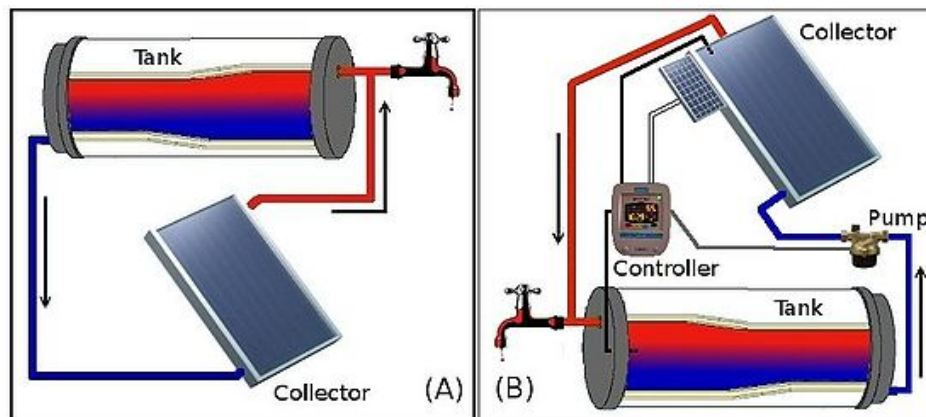
آب گرمکنهای خورشیدی به دو دسته عمده غیر فعال یا خودبخودی<sup>۲۰</sup> و فعال<sup>۲۱</sup> تقسیم می گردند. که در سیستم فعال برخلاف سیستم غیر فعال از پمپ الکتریکی جهت به چرخش درآوردن سیال عامل ناقل حرارت استفاده می شود. با ذکر این نکته که میزان آب گرم تولیدی آب گرمکنهای خورشیدی علاوه بر مواردی که قبلاً ذکر گردید، به عواملی همچون زاویه و جهت نصب کلکتورها، میزان تشعشع خورشیدی قابل استحصال و کیفیت نصب نیز بستگی دارد. سیستمهای غیر فعال که فاقد هر گونه اجزاء الکتریکی هستند به دو دسته تجمعی و ترموسیفونی تقسیم می شوند و بدون آنکه به پمپ سیرکولاسیون احتیاج داشته باشند، آب گرم را در سراسر کلکتور به چرخش درآورده و همین عوامل در مقایسه با سیستمهای فعال موجب انعطاف پذیر

---

<sup>۲۰</sup> Passive

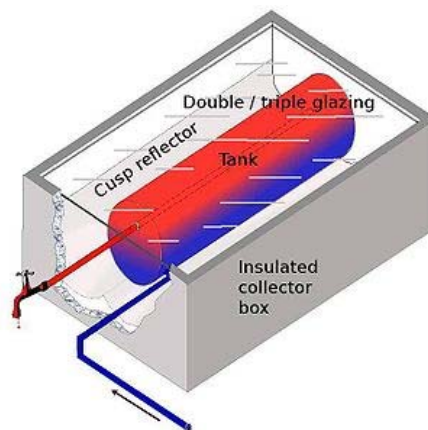
<sup>۲۱</sup> Active

بودن، تعمیر و نگهداری آسان تر و طول عمر بالاتر می شوند، اما عیب عمده آنها راندمان پایین ترشان است.



شکل (۳-۱۱): تفاوت سیستمهای فعال با غیر فعال

آب گرمکنهای غیرفعال تجمعی شامل یک یا چند منبع ذخیره هستند که در داخل محفظه عایق بندی شده، آنها را جانمایی کرده و قسمت آینه اندود آن رو به خورشید قرار می گیرد. این سیستمها نسبتاً "سنگین و گران هستند و از چند جزء ساده تشکیل یافته اند.



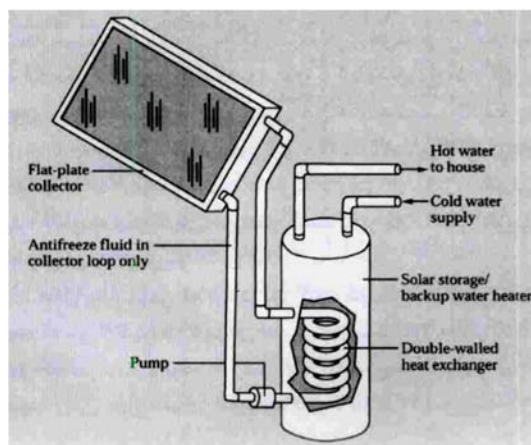
شکل (۳-۱۲): آب گرمکنهای غیرفعال تجمعی

و همین امر باعث می شود که هزینه تعمیر و نگهداری آنها اندک بوده و کمتر نیز خراب شوند. شکل (۳-۱۲) نمونه ای از کلکتورهای خورشیدی تجمعی را نشان می دهد. سیستمهای

ترموسیفونی متکی به تبخیر و صعود آب گرم بوده و پدیده غالب آن، انتقال حرارت همرفت طبیعی است. زمانیکه آب داخل آب گرمکن گرم شد، سبک تر شده و به سمت بالا حرکت میکند. ضمن اینکه آب سرد که سنگین تر است به سمت پایین حرکت کرده و این دو پدیده همزمان موجبات سیرکولاسیون طبیعی را فراهم می آورند. به جهت حصول پدیده ترموسیفون باید منبع آب را در قسمت بالایی کلکتور نصب کرد و به دلیل سنگینی این مخزنها لازم است که نصب این سیستمها، بسیار دقیق انجام پذیرفته و همچنین تمهیدات لازم به جهت عدم یخ زدگی سیستم سنجیده شود که برای این منظور از محلول سیرکولاسیون ضدیخ (عموماً "آب-گلیکول) استفاده میشود .

سیستمهای فعال همانطور که قبلاً" نیز ذکر شد، دارای پمپ و دیگر ادوات کنترلی بوده و در مقایسه با سیستم های غیرفعال دارای هزینه بالاتر و راندمان بهتری بوده و همچنین بازسازی و بهسازی آنها راحت تر انجام می پذیرد که دلیل آن عدم وجود منبع آب گرم در کنار و یا بالای کلکتورها می باشد. اما از آنجائی که یکی از ارکان اصلی این سیستمها پمپ های الکتریکی هستند، لذا با قطع برق پمپ کار نکرده و در نتیجه امکان یخ زدگی سیستم وجود خواهد داشت. برای رفع این نقیصه، اقدام به نصب یک شیر انجماد می کنند که در کنار پمپ، وظیفه ایمن سازی سیستم در مقابل یخ زدگی را بر عهده داشته و حتی در زمان عدم کارکرد پمپ، قابلیت کار را داراست.

در شرایط آب و هوایی انجماد، شیرهای انجماد با چکاندن آب گرم در سراسر کلکتورها موجبات عدم یخ زدگی آنها را فراهم می آورند. البته امروزه در کنار آب گرمکن اقدام به نصب سیستم های تولید برق خورشیدی فتوولتائیک نموده اند که وظیفه تأمین قدرت موردنیاز پمپ سیرکولاسیون جریان مستقیم را بر عهده داشته و در نتیجه از جریان برق سراسری نیز مستقل خواهند بود(در شکل ها قابل ملاحظه اند). (۲۱)



شکل (۳-۱۳): سیستم فعال حلقه بسته

### ۳-۱۰- مزایای آب گرمکن خورشیدی

این سیستم تقریباً در هر اقلیم قابل استفاده است. یک منبع تأمین انرژی مستقل است و انرژی مورد نیاز آن به راحتی در دسترس می باشد. در زمان قطع گاز یا برق همچنان آب گرم در اختیار مصرف کننده است .

- پس از خرید و نصب هزینه تأمین سوخت ندارد.
- با محیط و نگهداری زیست سازگار است .
- تعمیر و نگهداری آن آسان است .
- به راحتی به سیستم های گرمایی غیر خورشیدی موجود اضافه می گردد.
- به سرمایه گذاری پائین نیاز دارد.
- هزینه نگهداری و تعمیر آن پائین است.
- عمر مفید آن طولانی است و به ۱۵ تا ۳۰ سال می رسد. (۲۱)

### ۳-۱۱- بررسی و ارائه استاندارد

در ارتباط با آب گرمکن خورشیدی استانداردهای تدوین شده توسط سازمان استاندارد و

تحقیقات صنعتی مطابق مندرجات جدول (۳-۱) می باشد. (۲۲)

جدول (۳-۱): استانداردهای ملی مرتبط با آب گرمکن خورشیدی (سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی)

شماره استاندارد	شرح استاندارد	سال
۸۳۸۵-۱	گرمایش خورشیدی-سیستم های آب گرمکن خانگی -قسمت اول	۱۳۸۳
۸۳۸۵-۲	گرمایش خورشیدی -سیستم های آب گرمکن خانگی -قسمت دوم	۱۳۸۳
۸۳۸۵-۳	گرمایش خورشیدی -سیستم های آب گرمکن خانگی -قسمت سوم	۱۳۸۳

## **فصل چهارم**

### **تجزیه و تحلیل اقتصادی**



## ۴-۱- بررسی وضعیت اقتصادی

این فصل شرح مختصری از اصول پایه‌ای تجزیه و تحلیل اقتصادی را ارائه می‌دهد که برای تعیین به صرفه بودن، راهکارهای متنوع صرفه جویی انرژی در ساختمان‌های تجاری و تاسیسات صنعتی مورد نیاز هستند. توصیف روش‌های متنوع محاسباتی، شامل تکنیک تجزیه و تحلیل هزینه دوره کارکرد<sup>۲۲</sup>، که برای اتخاذ تصمیم در مورد جایگزینی سیستم‌های انرژی استفاده می‌شود، هدف اصلی این فصل است. از آنجاییکه روش دوره بازگشت سرمایه به طور گسترده‌ای در گام‌های اولیه ممیزی انرژی استفاده می‌شود، این روش نیز معرفی خواهد شد.

## ۴-۱-۱- مفاهیم اقتصادی

پارامترها و مفاهیمی که بطور قابل توجهی بر تصمیم‌گیری اقتصادی تاثیر می‌گذارند، عبارتند

از:

- ارزش زمانی پول و نرخ‌های بهره اعم از ساده و مرکب
- نرخ‌های تورم و نرخ بهره مرکب
- مالیاتها شامل مالیات بر فروش، محلی، ایالتی و فدرال
- نرخ استهلاک و هزینه اسقاط

## ۴-۱-۲- نرخ بهره

به بهای پول وام گرفته شده نرخ بهره<sup>۲۳</sup> اطلاق می‌شود. هرگاه مبلغی پول برای مدت معینی به وام داده شود، مبلغی که در آینده وام گیرنده به وام دهنده می‌پردازد، بیش از مبلغ دریافتی اولیه خواهد بود. این پرداخت اضافی یا نرخ بهره را می‌توان به صورت نسبت مابه‌التفاوت مبلغ دریافتی و مبلغ بازپرداخت در پایان یک دوره معین به کل پول دریافتی بیان کرد. بدین ترتیب هرگاه ۱۰۰ ریال به وام داده شود و در پایان سال ۱۰۵ ریال دریافت گردد، نرخ بهره سالانه برابر خواهد بود با ۵ درصد.

---

<sup>۲۲</sup> ICC

<sup>۲۳</sup> Interest Rate

#### ۴-۱-۳- نرخ تنزیل

نرخ‌ی که منافع یا هزینه‌های آتی بر اساس آن تنزیل می‌شوند را نرخ تنزیل می‌نامند، و این به دلیل رجحان زمانی یا وجود نرخ بهره مثبت است. بدین ترتیب هر گاه فردی درآمد سالانه‌ای برابر ۱۰۰ ریال داشته باشد، ۱۰۰ ریال سال نخست در زمان حاضر ارزشی کمتر از ۱۰۰ ریال خواهد داشت، زیرا فرد مزبور منفعت کنونی خود را به منفعت آینده ترجیح می‌دهد.

#### ۴-۱-۴- تورم

از نظر علم اقتصاد اشاره به افزایش سطح عمومی تولید پول، درآمدهای پولی و یا قیمت است. تورم عموماً به معنی افزایش غیر متناسب سطح عمومی قیمت در نظر گرفته می‌شود. نرخ تورم برابر است با تغییر در یک شاخص قیمت که معمولاً شاخص قیمت مصرف‌کننده است.

#### ۴-۲- شاخص‌های مقایسه در پروژه

دوره بازگشت سرمایه

ارزش خالص فعلی

نرخ بازگشت داخلی

#### ۴-۲-۱- دوره بازگشت سرمایه

دوره بازگشت سرمایه در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش های استاندارد ارزیابی طرح های اقتصادی است. در این روش معیار ارزیابی طرح، کوتاهی و بلندی زمان بازگشت سرمایه است. طرح های با دوره بازگشت سرمایه کوتاهتر جذابیت بیشتری نسبت به طرح هایی با دوره بازگشت بلندتر دارند. این روش بخصوص در هنگام مقایسه دو یا چند طرح با یکدیگر کاربرد دارد. در این روش ارزش زمانی پول در نظر گرفته نشده و به این منظور، گونه اصلاح شده ای از این روش بکار می رود که در آن کل هزینه ها و درآمدها به مانند روش ارزش خالص فعلی تنزیل می گردد.

#### ۴-۲-۲- ارزش خالص فعلی

ارزش خالص فعلی در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش های استاندارد ارزیابی طرح های اقتصادی است. در این روش، جریان نقدینگی (درآمدها و هزینه ها) بر پایه زمان وقوع (درآمد یا هزینه) به نرخ روز تنزیل می شود. به این ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا به دست آمدن درآمد نیز لحاظ می گردد. ارزش خالص فعلی در محاسبات اقتصادی، اقتصاد مهندسی، بودجه کشورها و مباحث اقتصاد خرد و اقتصاد کلان، تجارت و صنعت به طور گسترده ای به کار می رود.

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

$C_i$  = مقدار کمی در آمد یا هزینه بر اساس جریان نقدینگی  
(۴-۱)  $i$  = زمان انجام هزینه یا واقع شدن در آمد  
 $r$  = نرخ بهره

#### ۴-۲-۳- نرخ بازگشت داخلی

نرخ بازگشت داخلی در علم اقتصاد مهندسی، یکی از روش های استاندارد ارزیابی طرح های اقتصادی است. در این روش تلاش می شود تا جریان نقدینگی با نرخ بازگشت نامعلومی به نرخ کنونی تنزیل داده شوند. به عبارت دیگر درآمدهای تنزیل شده در طول دوره بازگشت سرمایه با هزینه های تنزیل شده در همین دوره برابر قرار داده می شوند و براین اساس نرخ بازگشت نامعلوم، تعیین می شود. اگر این نرخ بازگشت از نرخ بهره واقعی بیشتر باشد، طرح سودآور و قابل اجرا

بوده و اگر نرخ بازگشت محاسبه شده کمتر از نرخ بهره واقعی باشد، طرح زیان و غیر قابل اجرا است.

$$NPV = 0 = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1 + IRR)^i}$$

(۲-۴)  $IRR = \text{میزان بازده داخلی}$

### ۳-۴ - بررسی عملکرد و هزینه

بطور کلی برای بررسی عملکرد و هزینه ی سیستمهای مولد آب گرم خورشید بایستی موارد زیر را در نظر گرفت :

- شدت تابش خورشیدی منطقه
- انرژی مورد نیاز جهت تامین آب گرم مصرفی ساختمان
- در نظر گرفتن حجم مخزن ذخیره مناسب جهت تامین آب گرم در شرایط ابری
- راندمان سیستم

کلیه ی موارد فوق در سرمایه گذاری اولیه سیستم خورشیدی تاثیر گذار است بر اساس گزارش سازمان انرژی امریکا معمولا ابعاد بهینه سازی مولد خورشیدی را به گونه ای انتخاب میکنند که در کنار تاسیسات حرارتی حدود ۷۵٪ نیاز سالیانه آب گرم مصرفی را بر آورده کند. یا به عبارت دیگر حدود ۹ ماه از سال صد درصد نیاز آب گرم را تامین کند، و در سه ماه فصل زمستان به عنوان سیستم کمکی باشد.

مخازن ذخیره سیستمهای خورشیدی دو برابر مخازن ذخیره ی گاز سوز مولد آب گرم در نظر گرفته می شوند. راندمان سیستم خورشیدی بسته به نوع سیستم و کیفیت ساخت از ۴۰ تا ۸۰ درصد ویژه کلکتورهای خلا متفاوت است، کلکتورهای خلا دارای هزینه ی بالا و در جاهایی که مساحت سطح نصب کلکتور با محدودیت مواجه باشد کاربرد دارد .

هزینه ی تعمیرات و نگهداری سیستمهای خورشیدی در مقایسه با آب گرمکن های رایج در ساختمانهای مسکونی پایین است و معمولا در برآورد هزینه محاسبه نمی گردد. در تحلیل های اقتصادی سیستمهای آب گرمکن خورشیدی، معمولا پارامترهایی نظیر ارزش فعلی

خالص<sup>۲۴</sup>، بازدهی داخلی<sup>۲۵</sup> و یا بازگشت سرمایه<sup>۲۶</sup> سیستم که نسبت به سایر پارامترها رایج تر است، با توجه به هزینه سوخت مصرفی در منطقه محاسبه می شود. بر اساس گزارش آزمایشگاه ملی انرژی های تجدید پذیر<sup>۲۷</sup> وابسته به سازمان انرژی امریکا<sup>۲۸</sup>، سیستم های مولد آب گرم خورشیدی با دوره بازگشت سرمایه ی ساده<sup>۲۹</sup> ۴ تا ۸ سال اقتصادی معرفی می شوند. با توجه به این که دوره عمر سیستم های خورشیدی با اعمال تعمیرات و نگهداری مناسب ۱۵ تا ۴۰ سال (به طور متوسط ۳۰ سال) در نظر گرفته می شوند کاربرد سیستم های آب گرم خورشیدی با دوره بازگشت سرمایه ی کمتر از ۱۰ سال از نظر اقتصادی توجیه پذیر خواهد بود.

#### ۴-۴- انرژی قابل استحصال از خورشید

برای سیستم آبگرمکن خورشیدی مبنای بازده را ۶۰٪ می گذاریم. با توجه به اطلاعات داده در خصوص انرژی خورشیدی مبنای میزان تابش در ایران را  $2000 \text{ Kw-h}$  ( $17,34 \text{ Mj/m}^2 \cdot \text{day}$ ) در نظر می گیریم.

در نتیجه انرژی قابل استحصال واقعی از خورشید در طول یک سال به این طریق حساب میشود.

$$17.34 \times 365 \times 1.66 = 10506306.00 \text{ J/m}^2 \text{ year}$$

عدد بدست آمده برای  $1 \text{ m}^2$  است با توجه به این که هر کلکتور  $2 \text{ m}^2$  مساحت دارد انرژی قابل استحصال واقعی از سیستم به ازای هر یک کلکتور برابر  $5,253,153,000 \text{ m/kJ}$  در سال است.

#### ۴-۵- محاسبه تعداد کلکتور مورد نیاز

با تقسیم مقدار انرژی خالص مورد نیاز سالانه به انرژی قابل استحصال از کلکتور، تعداد کلکتورهای مورد نیاز ۳ کلکتور محاسبه می گردد.

<sup>۲۴</sup> Net Present Value(NPV)

<sup>۲۵</sup> Internal Rate Of Return(IRR)

<sup>۲۶</sup> Pay Back Period(PBP)

<sup>۲۷</sup> NREL

<sup>۲۸</sup> DOE

<sup>۲۹</sup> SPB

#### ۴-۶- طول عمر سیستم

طول عمر سیستم خورشیدی ۱۵ تا ۳۰ سال (گاهی تا ۴۰ سال ذکر شده) تخمین زده میشود، در حالی که برای آب گرمکن گازی عمری حدود ۸-۱۰ را تخمین میزنند.

#### ۴-۷- بازگشت سرمایه ی ساده

بازگشت سرمایه ی ساده (بدون در نظر گرفتن نوسان قیمت انرژی) آب گرمکن ها با توجه به میزان صرفه جویی سالیانه و با در نظر گرفتن قیمت سوخت مصرفی با فرمول زیر قابل محاسبه است، بازگشت سرمایه فاکتور مهمی برای تعیین اقتصادی بودن یک سیستم است و هر چه پایینتر باشد مناسبتر است، در اینجا بازگشت سرمایه را فقط برای آب گرمکن خورشیدی محاسبه میکنیم.

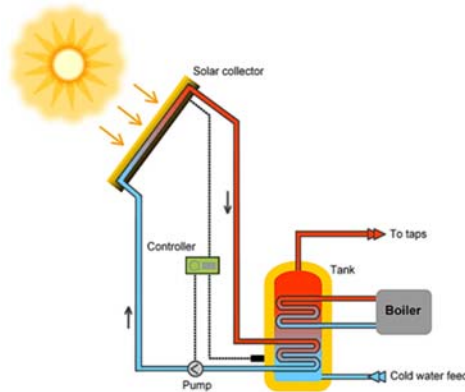
$$\text{Simple payback} = \frac{\text{هزینه ی آب گرمکن}}{\text{هزینه ی سالیانه ی انرژی}} \quad (۴-۳)$$

**فصل پنجم**  
**تحلیل کارایی آب گرمکن خورشیدی**  
**با استفاده از نرم افزارهای**  
**T\*SOL -RETScreen**

## ۵-۱- کلیات

در پژوهش حاضر به منظور تحلیل اقتصادی و محیط زیستی مزایای بکارگیری آب گرمکن خورشیدی، سیستم ساده آب گرمکن خورشیدی، برای تهیه آب گرم ۳۰ ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور مورد بررسی قرار گرفته است. میزان کاهش آلاینده ها و همچنین میزان صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی در اثر جایگزینی آب گرمکن خورشیدی به جای آب گرمکن گازی محاسبه شده است و برای مدل سازی آن از نرم افزار Ret Screen و برای طراحی آب گرمکن خورشیدی از نرم افزار T\*Sol استفاده شده است. در این مطالعه استفاده از انرژی خورشیدی به صورت آب گرمکن خورشیدی به منظور استفاده بهینه از انرژی خورشیدی مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور انجام این پژوهش اقدام به گردآوری اطلاعاتی همچون تعداد نفرات هر ایستگاه، نوع آب و هوا، عرض جغرافیایی ماه های گرم سال و درجه حرارت در یک سال (این اطلاعات از ناسا گرفته می شود از طریق نرم افزار RetScreen) در نظر گرفته شده است.

بدین صورت که بار آب گرم مصرفی سالانه در ایستگاهها محاسبه شده و میزان سوخت مورد نیاز برای تأمین بار آب گرم یک واحد اداری عملیاتی با در نظر گرفتن منابع انرژی (گاز طبیعی) محاسبه شده است، سپس با توجه به میزان سوخت مصرفی میزان انتشار گازهای گلخانه ای محاسبه شده و هزینه اجتماعی این آلاینده ها و هزینه سوخت مصرفی محاسبه گردیده است.



شکل (۵-۱): شماتیک از سیستم گرمایش خورشید

## ۵-۲- تقسیم بندی فرودگاه ها بر اساس شرایط آب و هوایی

با توجه به بررسی های انجام شده در خصوص میزان مصرف انرژی و آلودگی محیطی مطالعات



موجود، بر روی ۳۰ فرودگاه کشور انجام می‌شود. بدین منظور فرودگاه‌ها بر اساس شرایط آب و هوایی و با کمک نرم افزار **RetScreen** تقسیم بندی می‌گردند و پس از آن به بررسی لزوم استفاده و نوع آب گرم کن خورشیدی که در هر منطقه نیاز است و میزان کاهش دی اکسید کربن پرداخته می‌شود. این فرودگاه‌ها در دو منطقه آب و هوایی شامل مناطق خشک و مرطوب واقع شده‌اند که مشخصات و اطلاعات جغرافیایی آنها در ادامه آورده شده است.

جدول (۵-۱): تقسیم بندی فرودگاه‌های کشور بر اساس منطقه آب و هوایی مرطوب<sup>۳۰</sup>

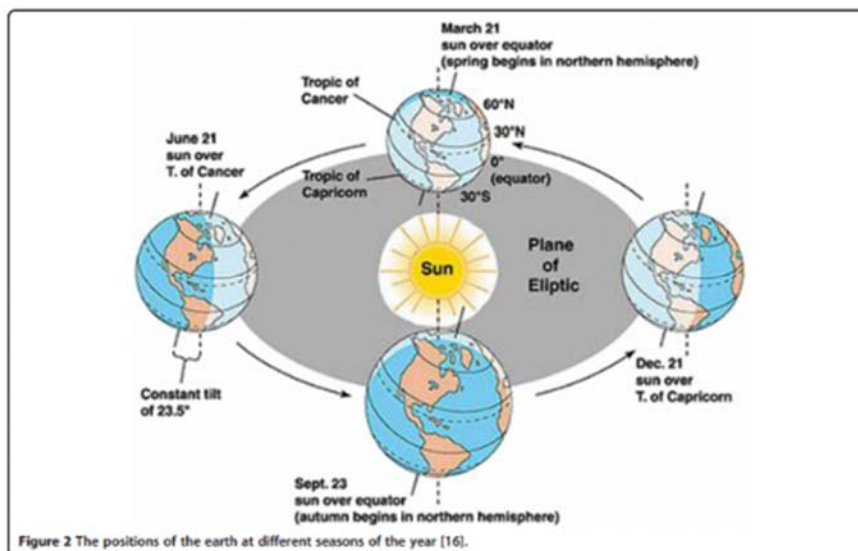
ردیف	فرودگاه	تعداد نفرات	نوع آب و هوا	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ماههای گرم سال	درجه حرارت در یکسال
۱	ایلام	۱۴	داغ مرطوب A۲	۳۳.۶	۴۶.۴	مه-اکتبر	۲۰
۲	مهرآباد	۸۴	گرم مرطوب A۳	۳۵.۷	۵۱.۳	مه-سپتامبر	۱۷.۲
۳	رشت	۲۷	گرم مرطوب A۳	۳۷.۵	۴۹.۵	مه-سپتامبر	۱۶.۵
۴	خرم آباد	۱۲	گرم مرطوب A۳	۳۳.۵	۴۸.۴	مه-سپتامبر	۱۵.۳
۵	یاسوج	۷	گرم مرطوب A۳	۳۰.۸	۵۱.۷	مه-سپتامبر	۱۷.۵
۶	تبریز	۳۷	معتدل مرطوب A۴	۳۸.۱	۴۶.۳	مه-سپتامبر	۱۲.۳
۷	اصفهان	۳۹	معتدل مرطوب A۴	۳۲.۷	۵۱.۷	مه-سپتامبر	۱۳.۴
۸	اردبیل	۱۸	معتدل مرطوب A۴	۳۸.۷	۴۸.۸	مه-سپتامبر	۱۴.۳
۹	ارومیه	۲۶	معتدل مرطوب A۴	۳۷.۵	۴۵.۱	ژوئن-آگوست	۱۱.۵
۱۰	رامسر	۱۳	معتدل مرطوب A۴	۳۶.۹	۵۰.۷	ژوئن-سپتامبر	۱۶.۴
۱۱	نوشهر	۹	معتدل مرطوب A۴	۳۶.۷	۵۱.۴	ژوئن-سپتامبر	۱۳.۱
۱۲	گرمانشاه	۲۹	معتدل مرطوب A۴	۳۴.۳	۴۷.۱	ژوئن-آگوست	۱۴
۱۳	سنندج	۱۳	معتدل مرطوب A۴	۳۵.۳	۴۷	ژوئن-آگوست	۱۱.۲
۱۴	شهرکرد	۱۴	معتدل مرطوب A۴	۳۲.۳	۵۰.۹	ژوئن-سپتامبر	۱۳.۹
۱۵	اراک	۶	معتدل مرطوب A۴	۳۴.۱	۴۹.۸	ژوئن-سپتامبر	۱۴
۱۶	زنجان	۱۱	معتدل مرطوب A۴	۳۶.۷	۴۸.۵	ژوئن-آگوست	۱۱.۲
۱۷	همدان	۱۱	معتدل مرطوب A۴	۳۴.۹	۴۸.۵	ژوئن-آگوست	۱۲.۳

<sup>۳۰</sup> این نوع تقسیم بندی آب و هوایی متعلق به ناسا می‌باشد که در نرم افزار RETScreen موجود می‌باشد.

جدول (۵-۲): تقسیم بندی فرودگاه های کشور بر اساس منطقه آب و هوایی خشک

ردیف	فرودگاه	تعداد نفرات	نوع آب و هوا	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ماههای گرم سال	درجه حرارت در یکسال
۱	بندر عباس	۳۵	شدیدا داغ خشک B۰	۲۷.۲	۵۶.۴	مارس-اکتبر	۲۷
۲	بوشهر	۳۰	شدیدا داغ خشک B۰	۲۸.۹	۵۰.۸	آوریل - نوامبر	۲۶.۵
۳	آبادان	۲۰	بسیارگرم خشک B۱	۳۰.۴	۴۸.۳	مارس-اکتبر	۲۵.۹
۴	اهواز	۳۱	بسیارگرم خشک B۱	۳۱.۳	۴۸.۷	مارس-اکتبر	۲۶.۶
۵	لارستان	۱۳	بسیارگرم خشک B۱	۲۷.۷	۵۵.۳	آوریل - نوامبر	۲۵.۷
۶	یزد	۲۳	داغ خشک B۲	۳۱.۹	۵۴.۴	مه-سپتامبر	۱۸.۸
۷	شیراز	۵۲	گرم خشک B۳	۲۹.۵	۵۲.۵	مه-سپتامبر	۱۷.۵
۷	کرمان	۴۳	گرم خشک B۳	۳۰.۳	۵۷	مه-سپتامبر	۱۷.۲
۸	زاهدان	۳۵	گرم خشک B۳	۲۹.۵	۶۰.۹	مه-سپتامبر	۱۸.۲
۹	بیرجند	۱۴	گرم خشک B۳	۳۲.۹	۵۹.۲	مه-سپتامبر	۱۶.۵
۱۰	مشهد	۵۴	معتدل خشک B۴	۳۶.۳	۵۹.۶	ژوئن-اگوست	۱۳.۸
۱۱	ساری	۳۰	معتدل خشک B۴	۳۶.۶	۵۳.۱	مه-سپتامبر	۱۴.۶
۱۲	گرگان	۲۴	معتدل خشک B۴	۳۶.۸	۵۴.۵	ژوئن-سپتامبر	۱۴.۹

## زاویه پنل خورشیدی ایستگاههای ایمنی و آتش نشانی



شکل (۵-۲): زاویه های مختلف زمین در مدت یک سال

زاویه یک پنل خورشیدی به صورت زاویه بین صفحه پنل و سطح زمین تعریف می گردد. به این ترتیب زاویه یک پنل که به صورت کاملاً مسطح و افقی روی سطح زمین نصب شده باشد صفر و پنلی که سطح آن عمود بر سطح زمین باشد، دارای زاویه ۹۰ درجه می باشد. همچنین زاویه تابش خورشید به صورت زاویه بین خط واصل فرضی بین مرکز زمین و مرکز خورشید و خط تراز افق تعریف می گردد. به این ترتیب زاویه تابش هنگام طلوع و غروب به ترتیب برابر صفر و ۱۸۰ درجه و هنگام ظهر روی خط استوا در روز اول فروردین و اول مهر برابر ۹۰ درجه می باشد. به طور کلی، اگر ارتفاع زاویه ای خورشید را با  $SA$  و عرض جغرافیایی محل را با  $L$  نشان دهیم، مقادیر بیشینه و کمینه زاویه تابش در روزهای اول تابستان و زمستان در هر نقطه در نیمکره شمالی زمین (همچنین به ترتیب عکس در نیمکره جنوبی) برابر است با:

$$SA(Max) = 90^\circ - L + 23.5^\circ \quad (۱-۵)$$

$$SA(Min) = 90^\circ - L - 23.5^\circ \quad (۲-۵)$$

زمین در میانه مسیر مداری خود بین دو مقدار بیشینه و کمینه فوق می‌باشد و بنابراین، زاویه انحراف بی تأثیر می‌گردد:

$$SA(Mid) = 90^\circ - L \quad (3-5)$$

با توجه به کاربرد سیستم سولار در مواقع مختلف سال، می‌توان راهبردهای مختلفی برای تنظیم زاویه پنل‌ها اتخاذ نمود:

اگر سیستم سولار وظیفه تأمین انرژی در تمام طول سال را داراست، رویکرد محتاطانه این است که زاویه پنل‌ها با مقدار زمستانی بر پایه رابطه شماره (۵-۲) تنظیم گردد. چون به طور کلی انرژی تابشی دریافتی در زمستان به دلیل تعدد روزهای ابری و تابش مایل خورشید، کمتر از بقیه طول سال می‌باشد و بهتر است که پنل‌ها، بیشترین چگالی انرژی تابشی را در این فصل دریافت بدارند. ممکن است مکانی مانند یک ویلا در تمام طول سال مورد استفاده نبوده و در یک دوره زمانی خاص مثلاً فقط در طول ۳ ماه تابستان استفاده گردد که در این صورت، تنظیم زاویه پنل‌ها با مقدار تابستانی بر پایه رابطه شماره (۵-۱) منطقی می‌باشد.

اگر منطقه ای دارای روزهای ابری بسیار کم در طول زمستان باشد (مانند مناطق جنوبی کشور)، می‌توان رویکردی بین دو رویکرد فوق در نظر گرفت و پنل‌ها را با زاویه بهاری-پاییزی بر پایه رابطه شماره (۵-۳) تنظیم نمود.

علاوه بر استراتژی‌های فوق، می‌توان به جای تنظیم یکباره و ثابت نمودن زاویه پنل‌ها، هر ۳ ماه یا هر ۶ ماه یکبار زاویه پنل‌ها را به بهترین مقدار مناسب آن فصل یا نیمسال تغییر داد. با توجه به نوع منطقه از نظر آب و هوایی و عرض جغرافیایی هر ایستگاه زاویه مناسب پنل در جداول ذیل مشخص شده است.

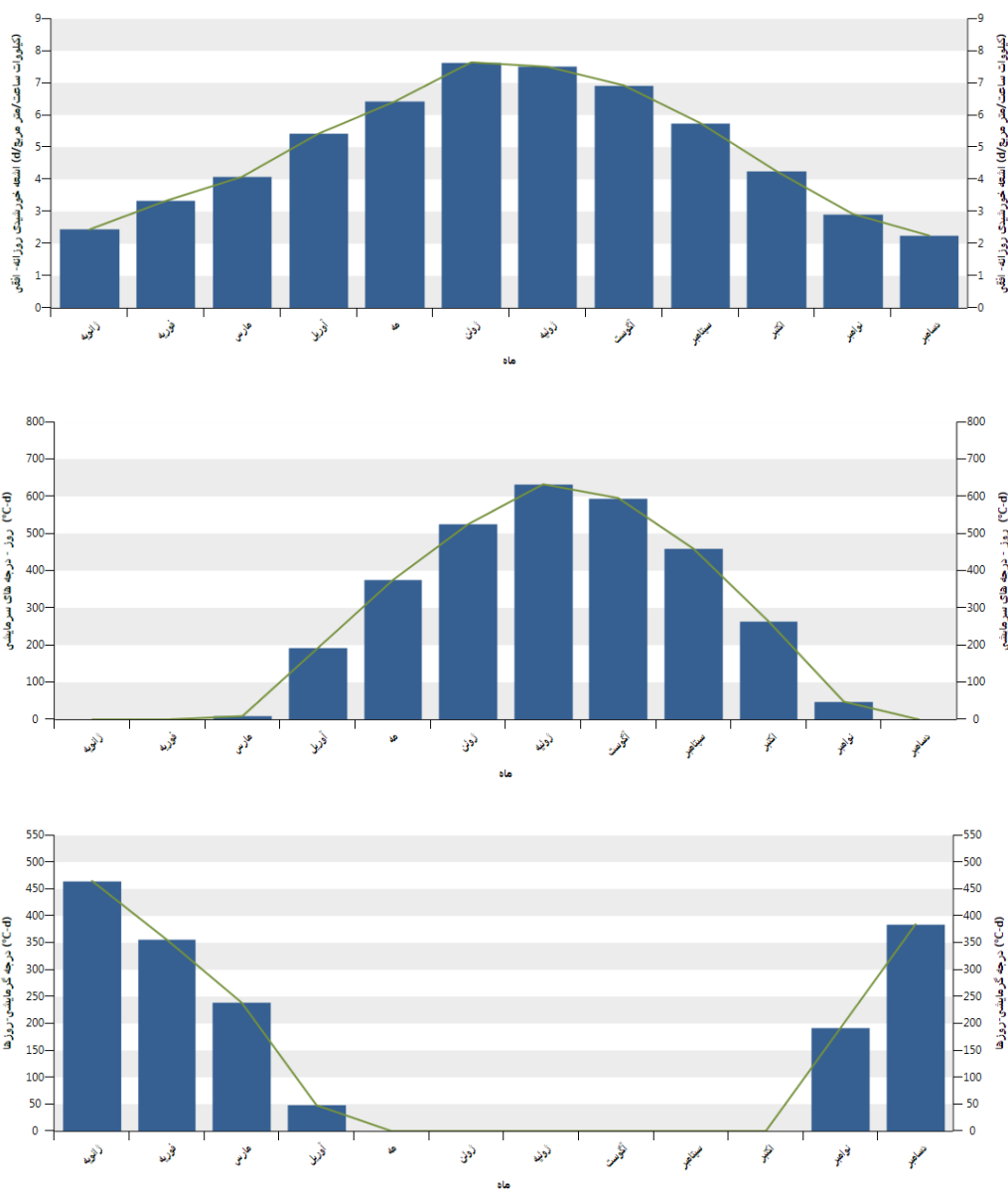
در ادامه همچنین نمودارهای درجه گرمایی، سرمایشی و تابش خورشیدی روزانه در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه مهرآباد تهران به عنوان نمونه ارائه شده است. (۲۴)

جدول (۵-۳): زاویه پنل خورشیدی ایستگاههای مناطق مرطوب

ردیف	نام فرودگاه	نوع آب و هوا	عرض جغرافیایی	SA(Max)	SA(Min)	زاویه پنل خورشیدی
۱	بندر عباس	شدیدا داغ خشک	۲۷.۲	۸۶.۳	۳۹.۳	۶۲.۸
۲	بوشهر	شدیدا داغ خشک	۲۸.۹	۸۴.۶	۳۷.۶	۶۱.۱
۳	آبادان	بسیار گرم خشک	۳۰.۴	۸۳.۱	۳۶.۱	۵۹.۶
۴	اهواز	بسیار گرم خشک	۳۱.۳	۸۲.۲	۳۵.۲	۵۸.۷
۵	لارستان	بسیار گرم خشک	۲۷.۷	۸۵.۸	۳۸.۸	۶۲.۳
۶	یزد	داغ خشک	۳۱.۹	۸۱.۶	۳۴.۶	۵۸.۱
۷	شیراز	گرم خشک	۲۹.۵	۸۴	۳۷	۶۰.۵
۸	کرمان	گرم خشک	۳۰.۳	۸۳.۲	۳۶.۲	۵۹.۷
۹	زاهدان	گرم خشک	۲۹.۵	۸۴	۳۷	۶۰.۵
۱۰	بیرجند	گرم خشک	۳۲.۹	۸۰.۶	۳۳.۶	۵۷.۱
۱۱	مشهد	معتدل خشک	۳۶.۳	۷۷.۲	۳۰.۲	۵۳.۷
۱۲	ساری	معتدل خشک	۳۶.۶	۷۶.۹	۲۹.۹	۵۳.۴
۱۳	گرگان	معتدل خشک	۳۶.۸	۷۶.۷	۲۹.۷	۵۳.۲

جدول (۴-۵): زاویه پنل خورشیدی ایستگاههای مناطق خشک

ردیف	نام فرودگاه	نوع آب و هوا	عرض جغرافیایی	زاویه پنل خورشیدی
۱	ایلام	داغ مرطوب	۳۳.۶	۳۲.۹
۲	مهرآباد	گرم مرطوب	۳۵.۷	۳۰.۸
۳	رشت	گرم مرطوب	۳۷.۵	۲۹
۴	خرم آباد	گرم مرطوب	۳۳.۵	۳۳
۵	یاسوج	گرم مرطوب	۳۰.۸	۳۵.۷
۶	تبریز	معتدل مرطوب	۳۸.۱	۲۸.۴
۷	اصفهان	معتدل مرطوب	۳۲.۷	۳۳.۸
۸	اردبیل	معتدل مرطوب	۳۸.۷	۲۷.۸
۹	ارومیه	معتدل مرطوب	۳۷.۵	۲۹
۱۰	رامسر	معتدل مرطوب	۳۶.۹	۲۹.۶
۱۱	نوشهر	معتدل مرطوب	۳۶.۷	۲۹.۸
۱۲	گرمانشاه	معتدل مرطوب	۳۴.۳	۳۲.۲
۱۳	سنندج	معتدل مرطوب	۳۵.۳	۳۱.۲
۱۴	شهرکرد	معتدل مرطوب	۳۲.۳	۳۴.۲
۱۵	اراک	معتدل مرطوب	۳۴.۱	۳۲.۴
۱۶	زنجان	معتدل مرطوب	۳۶.۷	۲۹.۸
۱۷	همدان	معتدل مرطوب	۳۴.۹	۳۱.۶



شکل (۳-۵): نمودارهای درجه گرمایی، سرمایشی و تابش خورشیدی روزانه در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه مهرآباد تهران

### **۵-۳- آنالیز هزینه های اقتصادی و محیط زیستی جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ۳۰ ایستگاه**

در این قسمت مطالعات تحلیلی، اقتصادی و محیط زیستی بکارگیری سیستمهای آب گرمکن خورشیدی برای تهیه آب گرم ایستگاه ایمنی و آتش نشانی در ۳۰ فرودگاه کشور (تعداد کل پرسنل ۳۰ فرودگاه ۷۷۴ نفر می باشد) به تفصیل ارائه می گردد.

محاسبه و آنالیز اقتصادی میزان مصرف گاز طبیعی بنا به بررسی به عمل آمده با استفاده از پرسشنامه و استانداردهای موجود در زمینه مصرف آب گرم، به ازای هر نفر در ساختمانهای مسکونی معادل ۶۰ لیتر آب گرم برای مصرف در روز در نظر گرفته شده است که این عدد در ایستگاه ایمنی زمینی مهر آباد با تعداد پرسنل ۸۴ نفر و با فرض وجود دو شیفت کاری و تعداد نفرات هر شیفت ۴۲ نفر، و با توجه به مستندات جمع آوری شده و جدول ذیل مقدار آب گرم مصرفی تقریباً معادل ۸ لیتر در یک واحد اداری و در یک شیفت ۱۲ ساعته تقریباً معادل ۱۲ لیتر آب گرم مصرفی سرویس بهداشتی و ۳۰ لیتر جهت استحمام در نظر گرفته شده است. دمای آب سرد ورودی به آب گرمکن، متوسط سالیانه دمای ورودی آب شهر به ساختمان اداری و مسکونی در سال حدود ۱۵/۵ درجه سلسیوس و دمای آب خروجی از آب گرمکن ۶۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته می شود.



جدول (۵-۵): حداکثر مصرف آب گرم برحسب  $GPH^{۳۱}$  (۲۵)

واحد	ضریب ذخیره مخزن	ضریب تقاضا	ماشین ظرفشویی	ماشین رخشویی	سینک	دوش	دستشویی توالت عمومی	دستشویی توالت خصوصی
آپارتمان	۱.۲۵	۰.۳۵	۲۰	۷۵	۱۵	۱۰۰	۵	۳
هتل	۰.۸	۰.۳۵	۱۰۰	۱۵۰	۳۰	۱۰۰	۱۰	۳
ورزشگاه	۱	۰.۴	۰	۰	۰	۳۰۰	۱۰	۳
بیمارستان	۰.۶	۰.۵	۱۰۰	۱۵۰	۲۰	۱۰۰	۸	۳
ادارای	۲	۰.۳	۰	۰	۲۰	۰	۸	۳
مدارس	۱	۰.۶	۶۰	۰	۲۰	۳۰۰	۱۵	۳

با ضرب کردن عدد بدست آمده در ضریب ذخیره منبع، حجم منبع آب گرم مصرفی بدست می آید.  
 بار آب گرم مصرفی به ازای هر نفر با معادله ۱ محاسبه می گردد:

$$Q = \rho V C (T^2 - T^1) \quad (۴-۵)$$

Q: بار حرارتی آب گرم مصرفی (kJ)

V: مقدار واقعی آب گرم مصرفی در روز بر حسب لیتر

C: گرمای ویژه آب (kJ/kg C) ۴/۱۸

T<sup>۱</sup>: دمای آب گرم ورودی به آب گرمکن (°C) ۱۵/۵

T<sup>۲</sup>: دمای آب گرم خروجی از آب گرمکن (°C) ۶۰

p: وزن مخصوص آب (kg/L) ۱

با توجه به مطالب بالا، بار حرارتی آب گرم مصرفی در روز برای هر نفر برابر خواهد بود با:

<sup>۳۱</sup> GPH = Galon Per Hour

آب مصرفی:

۴۲ لیتر=یک نفر در روز

$$(5-5) \quad \text{کیلووات ساعت در روز} \quad 7812/42 \text{ kJ} \approx 2/187 = 42 \times 4/18 \times (60-15/5)$$

و این میزان آب گرم در طول یک روز برای یک واحد عملیاتی ۴۲ نفره برابر است با:

$$(6-5) \quad \text{کیلووات ساعت در روز} \quad 328121/64 \approx 91/87 = 42 \times 42 \times 4/18 \times (60-15/5)$$

در صورتی که ۶۰ درصد این میزان از انرژی توسط یک آب گرمکن خورشیدی در طول یک سال تامین گردد، میزان کل انرژی حاصل با به کارگیری از این سیستم‌ها در طول یک سال برای یک واحد عملیاتی ۴۲ به صورت زیر خواهد بود:

$$(7-5) \quad 20120/4 = 91/87 \times 60 \times 365 = \text{در یک سال کیلووات ساعت}$$

و میزان انرژی حاصله در طول یک ماه برابر است با:

$$(8-5) \quad \text{کیلووات ساعت} \quad 1676 \approx 12 \div 20120/4$$

اگر بار آب گرم به دست آمده به معادل مترمکعب گاز طبیعی، تبدیل گردد، می توان مقدار انرژی را در صورت بکارگیری گاز طبیعی به دست آورد، که برای محاسبه میزان مصرف گاز طبیعی برای تامین آب گرم مصرفی از فرمول زیر استفاده می کنیم:

$$(9-5) \quad \text{ضریب تبدیل} \times \text{ارزش حرارتی سوخت} (36000 \text{ kJ/m}^3) \times \text{بازده سوخت} / \text{میزان انرژی گرمایی مورد نیاز در یک سال (kJ)} = \text{مصرف گاز سالیانه}$$

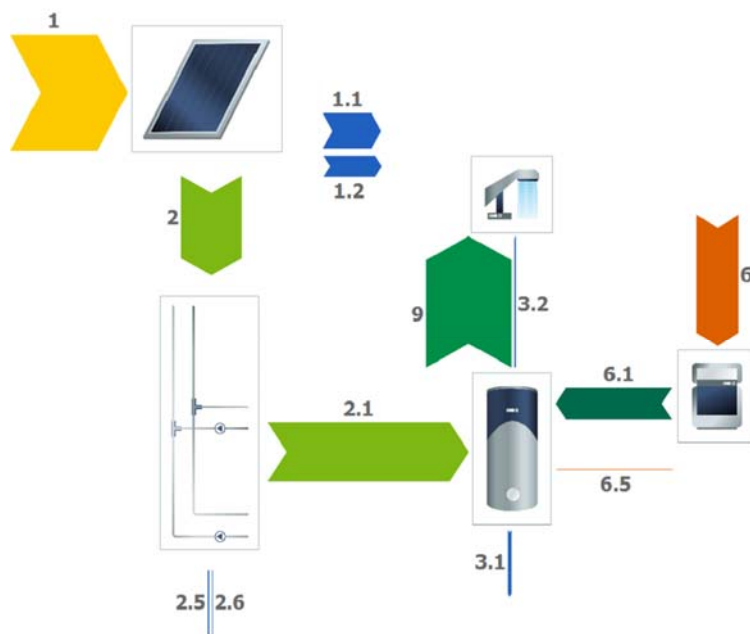
با توجه به رابطه‌ی بالا میزان صرفه‌جویی در گاز طبیعی به واسطه‌ی استفاده از آب گرمکن خورشیدی به جای آب گرمکن گازی برای یک واحد ۴۲ نفره در طول یکسال با توجه به بار حرارتی آب گرم مصرفی در یک سال و راندمان انواع سیستم‌های آب گرم مصرفی میزان حامل

انرژی بصورت زیر به دست می‌آید. اگر فرض کنیم، واحدها از سیستم‌های گرمایش با سوخت گاز طبیعی با راندمان ۶۰٪ استفاده کنند، و حدود ۶۰٪ از میزان گاز طبیعی هر واحد برای گرمایش آب با سیستم‌های خورشیدی جبران شود، در این صورت مصرف گاز طبیعی (مترمکعب) در طول یکسال برای یک واحد به صورت زیر خواهد بود:

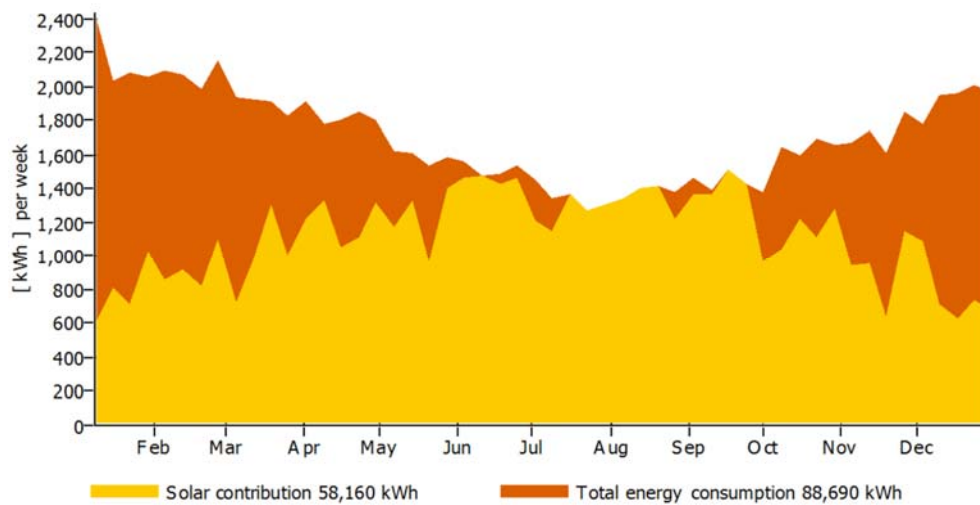
$$328121 \times 365 = 119764165 \text{ KJ} \quad (10-5)$$

$$119764165 \div (0.6 \times 0.6 \times 36000) = 9241 \quad (11-5)$$

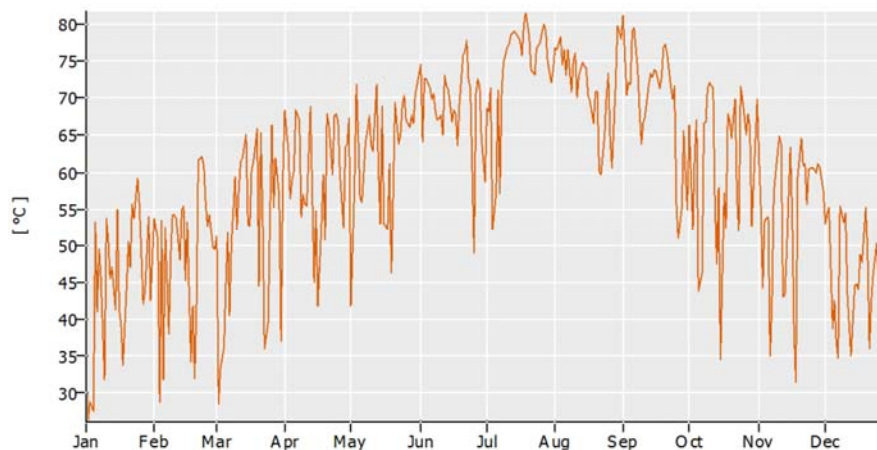
این حجم مصرف گاز یا انرژی مد نظر را می‌توان با استفاده از پنل‌های خورشیدی تامین نمود. با توجه به وجود فصول سرد سال و نیز مواقع تاریکی، معمولاً ۶۰ درصد انرژی مد نظر، برای طراحی پنل‌های خورشیدی در نظر گرفته می‌شود که در این پایان‌نامه نیز ۶۰ درصد در نظر گرفته شده است. بدین منظور برای تحقیق حاضر از ۲۰ کلکتور جهت تامین انرژی مورد نیاز در طول سال استفاده می‌شود. سیستم عملکردی آب گرمکن خورشیدی مد نظر در این تحقیق به صورت شماتیک در ادامه آورده شده است.



شکل (۴-۵): سیستم عملکردی آب گرمکن خورشیدی مد نظر در این تحقیق



شکل (۵-۵): نتایج مربوط به مشارکت پنل های خورشیدی در مقایسه با عملکرد ترکیبی منبع کمکی حرارتی



شکل (۵-۶): دمای خروجی کلکتورهای سیستم آب گرمکن خورشیدی

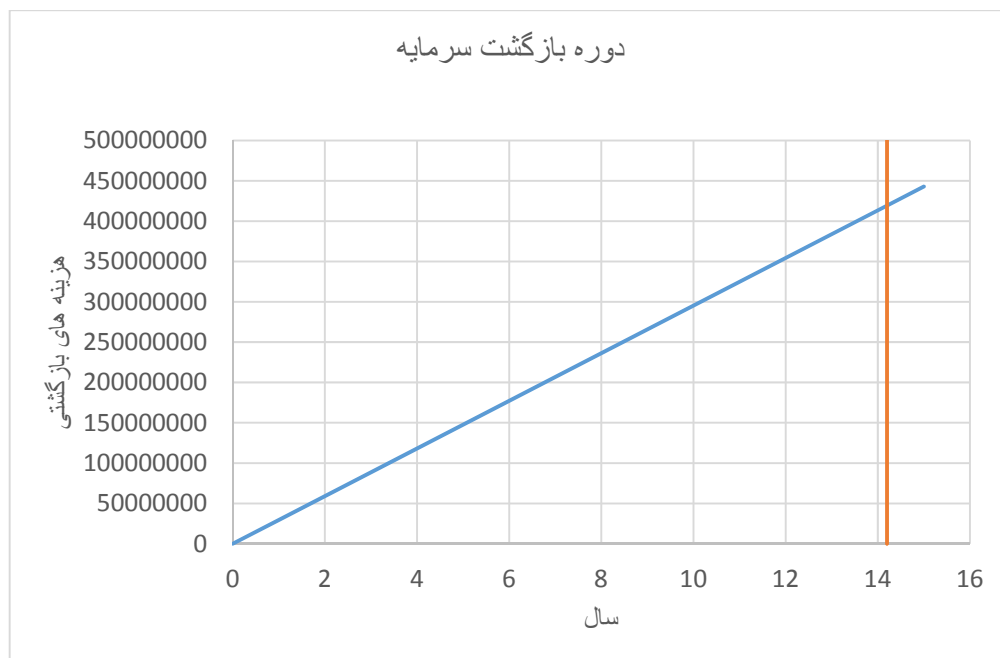
با توجه به این که قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی با توجه به قبوض گاز بطور متوسط ۳۲۰۰ ریال در نظر گرفته می شود، گاز طبیعی صرفه جویی شده در یکسال برای واحد ۴۲ نفره ۲۹ میلیون ریال خواهد بود.

هزینه آب گرمکن خورشیدی که توانایی تامین این میزان بار حرارتی در طول روز برای هر شیفت ۴۲ نفره فرودگاه مهرآباد که جزء منطقه مرطوب محسوب می شود، با توجه به اینکه در این پژوهش

از آب گرمکن‌های صفحه‌ای پمپ‌دار استفاده شده، طبق اعلام شرکت سازنده (دما تجهیزمدل پلار، آرتا انرژی)، ۴۲۰ میلیون ریال می‌باشد. حال با توجه به میزان صرفه‌جویی پولی حاصل از مصرف این آب گرمکن‌ها به جای آب گرمکن‌های گازی، زمان بازگشت سرمایه به صورت زیر می‌باشد که نمودار مربوطه هم در ادامه آورده شده است:

با احتساب تنها هزینه به دست آمده از طریق صرفه‌جویی و یا تولید انرژی در سال، دوره بازگشت سرمایه اولیه این محصول برابر با سال خواهد بود. (۲۶)

$$420,000,000 \div 29,534,086 = 14/2 \quad \text{سال} \quad (12-5)$$



شکل (۵-۷): دوره بازگشت سرمایه با لحاظ نمودن هزینه های اقتصادی جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه آتش نشانی فرودگاه مهرآباد تهران

#### محاسبه میزان تولید دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف گاز طبیعی

در بخش انرژی کشور، هزینه‌های خارجی در واقع هزینه‌هایی هستند که به جامعه و محیط زیست در اثر تولید، انتقال، تبدیل و مصرف انرژی تحمیل می‌گردند ولی در قیمت کالا یا خدمات منظور نمی‌گردند.

این هزینه‌ها زمانی که فعالیت‌های اقتصادی است شکل می‌گیرد، با ایجاد اثراتی چون آثار سوء محیط زیستی مستقیم (نظیر انتشار آلاینده‌ها)، تخریب اکوسیستم‌ها و گروه‌های دیگر اثر منفی بگذارد. به عبارت دیگر در علم محیط زیست برای کمی نمودن اثرات سوء محیط زیستی - بهداشتی از این واژه استفاده می‌شود. برای محاسبه دقیق هزینه‌های اجتماعی باید ارزش واحدهای محیط زیستی شناخته شود و میزان تاثیر انواع آلاینده‌ها بر واحدهای محیط زیستی برآورد گردد. هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف حامل‌های انرژی فسیلی در کشور برای آلاینده‌های مختلف در ترازنامه انرژی سالانه بیان می‌گردد.

افزایش سهم سیستم‌های خورشیدی در بخش انرژی باعث کاهش انتشار مواد آلاینده متعارف ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  و غیره) می‌گردد. همچنین کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای، هزینه خارجی سیستم انرژی را کاهش خواهد داد. استفاده از آب گرمکن خورشیدی به دلیل کاهش استفاده از انرژی های فسیلی، منجر به کاهش میزان هزینه‌های اجتماعی می‌گردد.

میزان دی‌اکسیدکربن برای هر سوخت از واکنش آن با اکسیژن حاصل می‌شود (۲۷).

گاز طبیعی :



بر اساس رابطه فوق به ازای هر گرم گاز طبیعی  $2/75$  گرم  $\text{CO}_2$  تولید می‌شود. از طرفی هر  $1/35$  مترمکعب گاز معادل ۱ کیلوگرم گاز طبیعی فشرده شده است. پس در طول یک سال میزان  $\text{CO}_2$  تولیدی به واسطه استفاده از آب گرمکن گازی برای پرسنل ۴۲ نفری بصورت زیر می‌باشد:

$$9241 \div 1/35 = 6845/2 \quad \text{کیلوگرم گاز طبیعی} \quad (۱۵-۵)$$

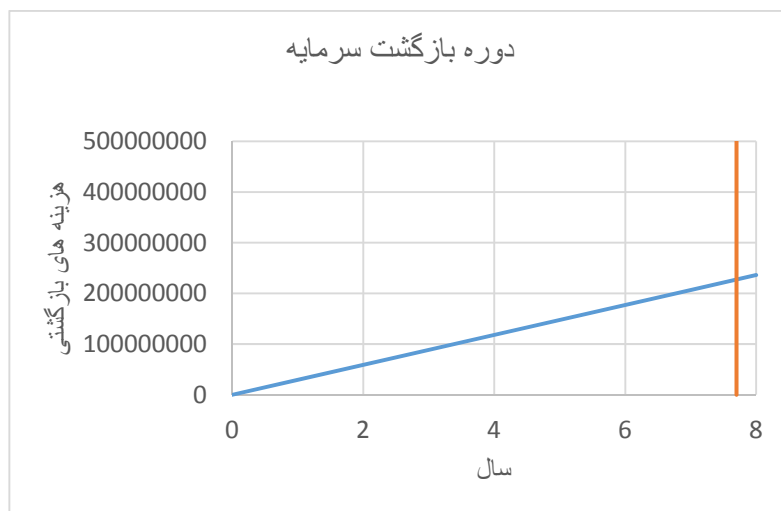
$$6845/2 \times 2/75 = 18824 \quad \text{کیلوگرم } \text{CO}_2 \quad (۱۶-۵)$$

با توجه به رابطه‌ی بالا میزان  $\text{CO}_2$  تولیدی  $18/8$  تن می‌باشد. با توجه به اینکه هزینه اجتماعی هر تن  $\text{CO}_2$  بر اساس مطالعات بانک جهانی و سازمان محیط زیست ۳۶ دلار می‌باشد. هزینه اجتماعی آلاینده‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در تامین گرمایش آب را می‌توان، حساب کرد. حال با در نظر گرفتن هزینه‌های محیط زیستی صرفه‌جویی شده به مقدار محاسبه شده از طریق تولید انرژی توسط آب گرمکن خورشیدی در طول یک سال، بازگشت سرمایه اولیه بصورت زیر

می‌باشد. نمودار مربوطه هم در ادامه آورده شده است:

$$۳۶ \times ۱۸/۸ \times ۸۰۰۰۰ = ۵۴۱۴۴۰۰۰ \quad \text{ریال} \quad (۱۷-۵)$$

$$۴۲۰۰۰۰۰۰۰ \div ۵۴۱۴۴۰۰۰ = ۷/۷ \quad \text{سال} \quad (۱۸-۵)$$



شکل (۵-۸): دوره بازگشت سرمایه با لحاظ نمودن هزینه های زیست محیطی جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه آتش نشانی فرودگاه مهرآباد تهران

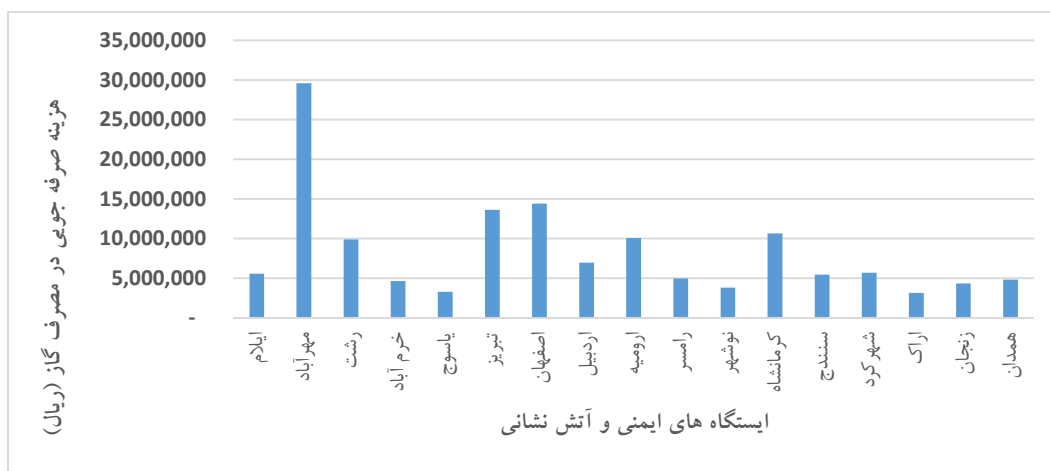
محاسبات مربوط به مناطق خشک مشابه محاسبات ارائه شده می باشد، با این تفاوت که میزان هزینه گاز مصرفی به طور متوسط ۴۸۰۰ ریال در نظر گرفته می شود.

آنالیزهای صورت گرفته همچنین توسط نرم افزار شبیه ساز دینامیکی T-Sol مورد صحت سنجی قرار گرفته است. این شبیه ساز این امکان را فراهم می آورد که بتوان به صورت دقیق و صحیح یک سیستم حرارتی مربوط به خورشیدی را به صورت پویا و در عرض یکسال به صورت دقیق شبیه سازی و محاسبه کرد. فرآیند ارائه شده در این بخش برای تمامی ایستگاه های ایمنی و آتش نشانی مناطق خشک و مرطوب فرودگاه های کشور لحاظ شده است و نتایج حاصله به همراه دوره بازگشت سرمایه گذاری اقتصادی در هر مورد به تفکیک ارائه شده است. همچنین در ادامه جداول نمودارهای هزینه صرفه جویی در مصرف گاز (ریال) و نیز میزان کاهش انتشار گاز Co<sub>2</sub> در ایستگاه های ایمنی و آتش نشانی مناطق مرطوب و خشک فرودگاه های کشور به صورت میله ای و جهت مقایسه با یکدیگر آورده شده است

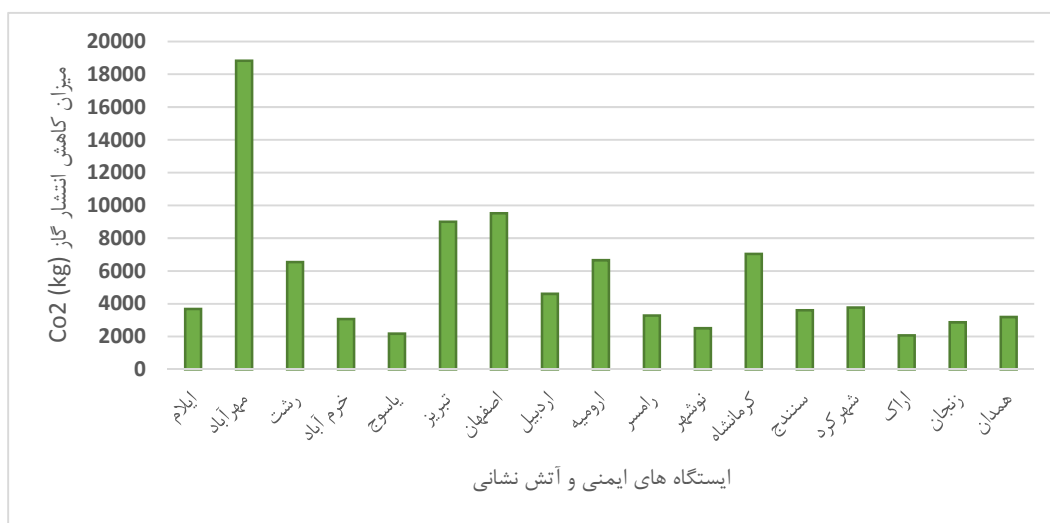
جدول (۵-۶): نتایج تحلیلی اقتصادی جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق مرطوب فرودگاه های کشور

ردیف	فرودگاه	میزان ذخیره گاز طبیعی (m <sup>3</sup> )	میزان کاهش انتشار گاز ۲Co (kg)	انرژی ذخیره شده (٪)	کارایی سیستم (٪)	هزینه راه اندازی (ریال)	هزینه صرفه جویی در مصرف گاز (ریال)	بازگشت سرمایه (سال)
۱	ایلام	۱۷۴۲	۳۶۸۳	۵۹.۳	۴۳.۶	۷۰,۰۰۰,۰۰۰	۵,۵۷۲,۹۸۶	۱۲.۶
۲	مهرآباد	۹۲۴۱	۱۸۸۲۴	۶۴.۷	۴۹.۷	۴۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۹,۵۳۴,۰۸۶	۱۴.۲
۳	رشت	۳۰۹۱	۶۵۳۷	۶۲.۴	۳۸.۵	۱۳۵,۰۰۰,۰۰۰	۹,۸۹۲,۶۴۶	۱۳.۶
۴	خرم آباد	۱۴۵۱	۳۰۶۹	۶۰.۵	۴۳	۶۰,۰۰۰,۰۰۰	۴,۶۴۴,۰۵۸	۱۲.۹
۵	یاسوج	۱۰۲۸	۲۱۷۴	۶۳.۳	۳۲.۶	۳۵,۰۰۰,۰۰۰	۳,۲۸۹,۹۷۸	۱۰.۶
۶	تبریز	۴۲۵۶	۹۰۰۱	۶۰.۶	۴۸.۵	۱۸۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۳,۶۲۰,۰۰۶	۱۳.۶
۷	اصفهان	۴۵۰۵	۹۵۲۵	۶۴.۳	۴۸.۱	۱۹۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۴,۴۱۴,۴۰۰	۱۳.۵
۸	اردبیل	۲۱۷۸	۴۶۰۵	۶۰.۶	۴۲.۷	۹۰,۰۰۰,۰۰۰	۶,۹۶۸,۹۹۸	۱۲.۹
۹	ارومیه	۳۱۴۷	۶۶۵۵	۶۲	۴۷.۹	۱۳۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۷۰,۲۷۸	۱۲.۹
۱۰	رامسر	۱۵۵۲	۳۲۸۱	۶۰.۶	۳۳	۶۵,۰۰۰,۰۰۰	۴,۹۶۵,۵۴۲	۱۳.۱
۱۱	نوشهر	۱۱۸۷	۲۵۱۰	۵۸.۵	۳۵.۳	۴۵,۰۰۰,۰۰۰	۳,۷۹۷,۸۳۰	۱۱.۸
۱۲	گرمانشاه	۳۳۳۰	۷۰۴۱	۶۲.۷	۴۸.۷	۱۴۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۶۵۵,۰۰۸	۱۳.۶
۱۳	سنندج	۱۷۰۵	۳۶۰۵	۶۴	۴۲.۶	۶۵,۰۰۰,۰۰۰	۵,۴۵۴,۷۵۸	۱۱.۹
۱۴	شهرکرد	۱۷۸۱	۳۷۶۶	۶۲.۲	۴۲.۴	۷۰,۰۰۰,۰۰۰	۵,۶۹۹,۳۶۶	۱۲.۳
۱۵	اراک	۹۸۰	۲۰۷۲	۶۳.۴	۳۵.۵	۳۰,۰۰۰,۰۰۰	۳,۱۳۵,۶۴۲	۹.۶
۱۶	زنجان	۱۳۵۵	۲۸۶۵	۵۸.۱	۴۰.۷	۵۵,۰۰۰,۰۰۰	۴,۳۳۵,۹۶۸	۱۲.۷
۱۷	همدان	۱۵۰۷	۳۱۸۶	۶۳.۵	۳۹.۱	۵۵,۰۰۰,۰۰۰	۴,۸۲۱,۱۰۷	۱۱.۴





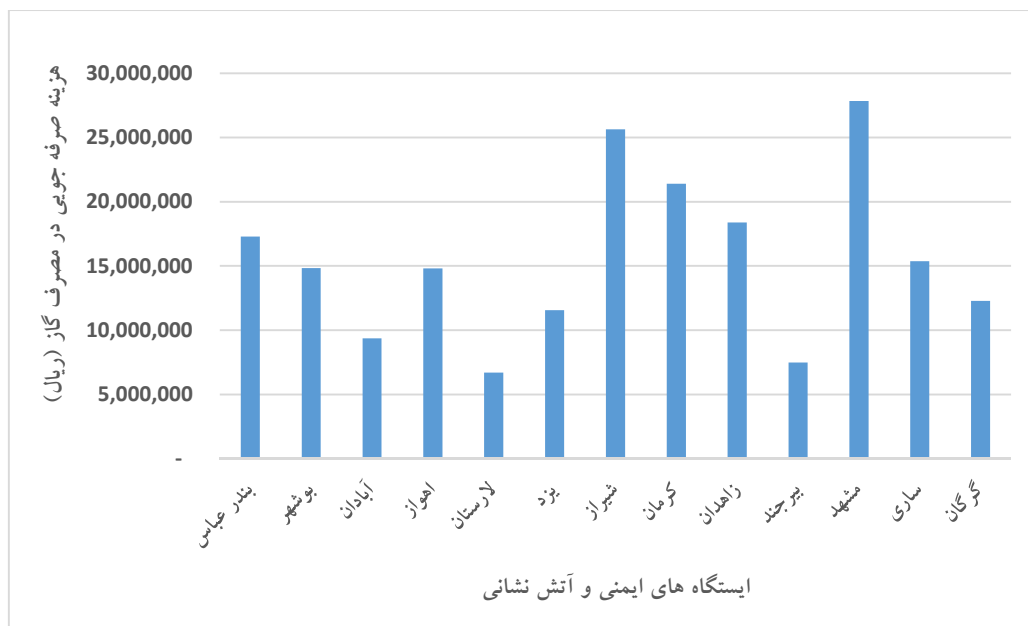
شکل ( ۵-۹): نمودار هزینه صرفه جویی در مصرف گاز (ریال) با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق مرطوب فرودگاه های کشور



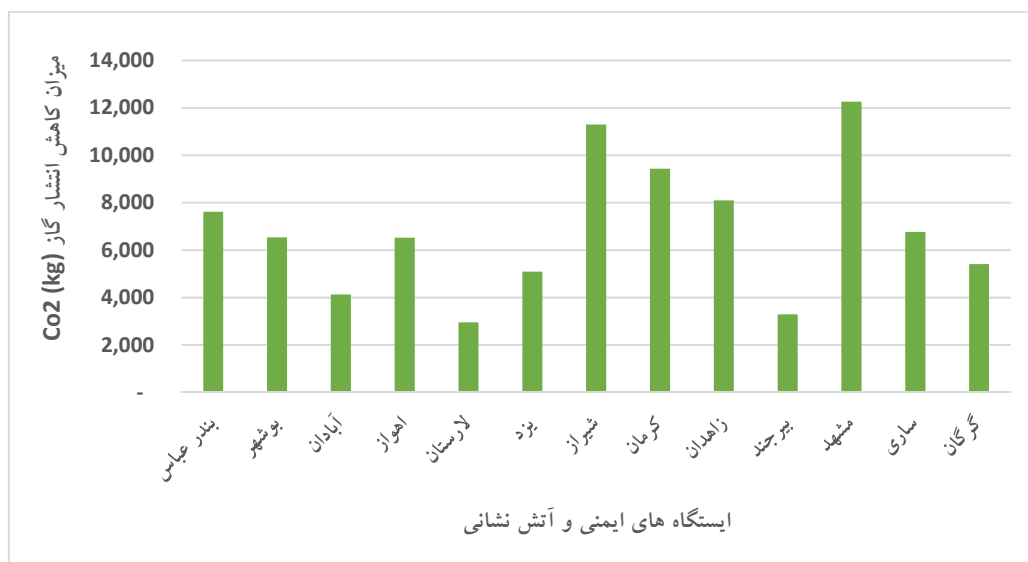
شکل ( ۵-۱۰): نمودار میزان کاهش انتشار گاز CO<sub>2</sub> (kg) با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق مرطوب فرودگاه های کشور

جدول (۵-۸): نتایج تحلیلی اقتصادی جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن های گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق خشک فرودگاه های کشور

ردیف	فرودگاه	میزان ذخیره گاز طبیعی (۳m)	میزان کاهش انتشار گاز CO <sub>2</sub> (kg)	انرژی ذخیره شده (%)	کارایی سیستم (%)	هزینه راه اندازی (ریال)	هزینه صرفه جویی در مصرف گاز (ریال)	بازگشت سرمایه (سال)
۱	بندر عباس	۳,۶۰۴	۷,۶۲۰	۷۷	۴۷.۲	۱۷۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۷,۲۹۷,۲۸۰	۱۰.۱
۲	بوشهر	۳,۰۹۱	۶,۵۳۶	۷۲	۴۲.۶	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۴,۸۳۴,۶۰۲	۱۰.۱
۳	آبادان	۱,۹۵۲	۴,۱۲۸	۷۰.۴	۴۴.۳	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۹,۳۶۹,۳۶۰	۱۰.۷
۴	اهواز	۳,۰۸۷	۶,۵۲۸	۷۳	۴۴.۲	۱۵۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۴,۸۱۷,۱۳۰	۱۰.۵
۵	لارستان	۱,۳۹۸	۲,۹۵۶	۷۰.۳	۴۱.۵	۶۵,۰۰۰,۰۰۰	۶,۷۰۹,۲۴۸	۹.۷
۶	یزد	۲,۴۱۰	۵,۰۹۶	۶۸.۴	۴۸.۸	۱۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۱,۵۶۷,۳۳۸	۹.۹
۷	شیراز	۵,۳۴۳	۱۱,۲۹۹	۶۷	۴۸.۳	۲۶۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۶۴۷,۱۴۹	۱۰.۱
۸	کرمان	۴,۴۶۰	۹,۴۳۲	۶۵.۵	۴۹.۶	۲۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۲۱,۴۰۹,۳۱۵	۱۰.۰
۹	زاهدان	۳,۸۳۲	۸,۱۰۳	۷۱.۲	۴۹.۳	۱۷۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۸,۳۹۱,۹۰۱	۹.۵
۱۰	بیرجند	۱,۵۵۸	۳,۲۹۵	۶۸	۴۶.۴	۷۰,۰۰۰,۰۰۰	۷,۴۸۰,۶۳۷	۹.۴
۱۱	مشهد	۵,۸۰۰	۱۲,۲۶۶	۶۴.۴	۴۹.۵	۲۷۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۷,۸۴۱,۶۳۲	۹.۷
۱۲	ساری	۳,۲۰۲	۶,۷۷۱	۶۶.۷	۴۷.۸	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۳۶۸,۳۷۱	۹.۸
۱۳	گرگان	۲,۵۵۷	۵,۴۰۸	۶۵.۸	۴۶.۲	۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۲,۲۷۵,۸۲۷	۹.۸



شکل (۵-۱۱): نمودار هزینه صرفه جویی در مصرف گاز (ریال) با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق خشک فرودگاه های کشور



شکل (۵-۱۲): نمودار میزان کاهش انتشار گاز Co<sub>2</sub> (kg) با جایگزینی آب گرمکن خورشیدی با آب گرمکن گازی در ایستگاه ایمنی و آتش نشانی مناطق خشک فرودگاه های کشور

با توجه به جداول ارائه شده، میزان کاهش انتشار گاز  $\text{CO}_2$  در ایستگاه های مناطق مرطوب و خشک به ترتیب ۹۲۳۹۹ کیلوگرم و ۸۹۴۳۷ کیلوگرم برآورد می شود که در مجموع ۱۸۱۸۳۶ کیلوگرم به واسطه استفاده از آب گرمکن های خورشیدی کاهش می یابد.

با توجه به اینکه هزینه اجتماعی هر تن  $\text{CO}_2$  بر اساس مطالعات بانک جهانی و سازمان محیط زیست ۳۶ دلار می باشد، کاهش هزینه اقتصادی مربوطه ۵۲۳ میلیون ریال در سال برآورد می شود. (۳۶)

## **فصل ششم**

### **نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات**

## ۱-۶- نتیجه گیری

یکی از مهمترین منابع انرژی های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی می باشد که با توسعه نگرشهای محیط زیستی و راهبردهای صرفه جویانه در بهره وری از انرژی های تجدیدناپذیر، استفاده از آن در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته است. کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان، در بالاترین رده ها قرار دارد. متوسط تابش انرژی خورشیدی در ایران بین ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در روز تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است.

در این پایان نامه، راهکارهای کاهش مصرف انرژی و کاهش گاز  $CO_2$  با استفاده از انرژی های تجدید پذیر- آب گرمکن خورشیدی از طریق جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی از نقطه نظر مسائل اقتصادی و محیط زیستی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور مطالعه موردی در ۳۰ ایستگاه ایمنی و آتش نشانی فرودگاه های کشور در مناطق خشک و مرطوب صورت گرفت. تعداد ۱۷ ایستگاه در مناطق مرطوب واقع شده اند و تعداد ۱۳ ایستگاه در مناطق خشک. جهت پیشبرد اهداف مطالعه حاضر، امکان سنجی جایگزینی آب گرمکن های خورشیدی با آب گرمکن های گازی در تمامی ایستگاه ها مورد بررسی قرار گرفت. جایگزینی با فرض تامین انرژی از طریق ۶۰ درصد انرژی خورشیدی و ۴۰ درصد انرژی گاز طبیعی صورت پذیرفت. همچنین در این تحقیق میزان صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی در هر دو منطقه به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و میزان کاهش آلاینده های محیطی بخصوص گاز  $CO_2$  مورد بررسی قرار گرفت.

میزان ذخیره گاز طبیعی بر حسب متر مکعب در مناطق مرطوب و خشک در ایستگاه ها به ترتیب ۴۴۰۳۴ و ۴۲۲۹۴ می باشد که هزینه گاز مصرفی مربوطه به ترتیب ۱۴۱ میلیون ریال و ۲۰۳ میلیون ریال می باشد. مجموع هزینه گاز مصرفی در کلیه ایستگاه ها نیز ۳۴۴ میلیون ریال در سال می باشد.

هزینه راه اندازی و نصب تجهیزات مربوط به آب گرمکن های خورشیدی در ایستگاه های واقع در مناطق مرطوب ۱۸۵۰ میلیون ریال و در مناطق خشک ۲۰۲۰ میلیون ریال می باشد که در مجموع ۳۸۷۰ میلیون ریال برای ۳۰ ایستگاه مورد مطالعه برآورد میگردد.

با لحاظ نمودن هزینه های گاز مصرفی و نیز هزینه های راه اندازی و نصب تجهیزات مربوط به آب گرمکن های خورشیدی در ایستگاه ها، بازگشت سرمایه در مناطق مرطوب ۱۲/۵ سال و در مناطق خشک ۹/۹ سال تخمین زده شد.

عمر متوسط آب گرمکن های خورشیدی طبق اعلام سازنده های این آب گرمکن ها تقریباً ۳۰ سال می باشد. با این تفاسیر در حدود ۱۷/۵ و ۲۰/۵ سال این محصول انرژی رایگان و سازگار با محیط زیست در اختیار ما قرار خواهد داد. این امر نه تنها از تولید مقدار عظیمی از گازهای آلاینده خواهد کاست، بلکه ما را از تولید مقدار چشم گیری از انرژی که طبیعت به طور رایگان و پاک در اختیار ما قرار می دهد، بهره مند خواهد ساخت.

لازم به ذکر است که علاوه بر صرفه جویی اقتصادی همچنین با توجه به میزان کاهش انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ایستگاه های مناطق مرطوب و خشک که به ترتیب ۹۲۳۹۹ کیلوگرم و ۸۹۴۳۷ کیلوگرم و در مجموع ۱۸۱۸۳۶ کیلوگرم می باشد، هزینه اقتصادی مربوطه ۵۲۳ میلیون ریال در سال برآورد می شود. این مبلغ در مدت زمان ۳۰ سال ۱۶ میلیارد ریال می باشد.

## ۲-۶- محدودیت های تحقیق و پیشنهادات برای مطالعات آینده

بر اساس مطالعات صورت گرفته در این پایان نامه، مواردی که می توان برای تحقیقات آینده پیشنهاد داد به شرح زیر می باشد:

- بررسی و تحقیق در مورد هزینه های تولید برق و سرمایه گذاری اولیه مولدهای انرژی خورشیدی و برگشت سرمایه براساس موقعیت محل و تجهیزات بکار رفته
- بررسی کاربرد و امکان سنجی استفاده از کلکتورهای خورشیدی جهت تامین روشنایی باند، سطوح پروازی و سیستم های ناوبری در فرودگاه های کشور
- بررسی و توسعه مدل های مختلف فرهنگ سازی استفاده از انرژی های تجدید پذیر نظیر انرژی خورشیدی در سطح کلان و خرد.

- تحقیق بر روی هزینه ها و برنامه های کوتاه مدت و همچنین بلندمدت در زمینه روی آوردن کشور به استفاده از انرژی خورشیدی در راستای کاهش هزینه های سوخت فسیلی و فرآورده پتروشیمی
- تحقیق و توسعه فرآیند ذکر شده در این پایان نامه بر روی اسپلیت های دو گانه سوز برقی و خورشیدی و بررسی اثرات زیست محیطی مورد نظر
- بررسی تاثیرات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده از کلکتورهای خورشیدی در نمای ساختمان‌ها در نواحی گرمسیر کشور



## منابع و مآخذ :

- (۱) ساتکین محمد (۱۳۸۰). " تحلیل اقتصادی - اجتماعی بکارگیری انرژی خورشیدی در تامین آب گرم مصرفی خانوارهای ۴ الی ۵ نفره در ایران"، سومین همایش ملی انرژی، تهران.
- (۲) هراتیان مجتبی، آخوندی نادر (۱۳۸۲). " تحلیل فنی و اقتصادی کاربرد آب گرمکن خورشیدی برای یک ساختمان دولتی در اصفهان"، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان.
- (۳) عتابی فریده، صلحی زاده مونا، موسی‌زاده نمینی المیرا (۱۳۹۰). " بررسی امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های آب گرمکن خورشیدی در شهر یزد"، نخستین همایش ملی انرژی باد و خورشید.
- (۳.۱) پرتال جامع انرژی [www.energyenergy.ir](http://www.energyenergy.ir)
- (۴) وب سایت دانشگاه انرژی [www.energy.ac.ir](http://www.energy.ac.ir).
- (۵) وب سایت سازمان انرژی های نو [www.satba.gov.ir](http://www.satba.gov.ir).
- (۶) مقاله ی: بررسی اثرات عایقکاری ساختمان بر روی بار حرارتی و مطالعه ی سیستم گرمایش خورشیدی برای یک خانه ی مسکونی نمونه در تهران ، مهندس محمد ساتکین
- (۷) دکتر رضا خضری یزدان، وب سایت دانشگاه انرژی [www.energy.ac.ir](http://www.energy.ac.ir).
- (۸) عتابی فریده، کعبی نژادیان عبدالرزاق، موسی زاده نمینی المیرا (۱۳۹۰). " آنالیز فنی، اقتصادی و محیط زیستی استفاده از آب گرمکن‌های خورشیدی در ساختمان‌های مسکونی"، نشریه انرژی/ایران، دوره ۱۴، شماره ۴.
- (۹) بریمانی، مهدی. کعبی نژادیان، عبدالرزاق. ۱۳۹۳، انرژی های تجدید پذیر و توسعه پایدار

در ایران، دوفصلنامه علمی تخصصی انرژی های تجدید پذیر و نو شماره ۱ صفحه ۲۱ الی

(۱۰) وب سایت خبر گزاری دانشگاه آزاد اسلامی [www.ana.ir/fa](http://www.ana.ir/fa)

(۱۱) وب سایت انرژی تجدید پذیر [www.renewableenergyworld.com](http://www.renewableenergyworld.com)

(۱۲) اسعدی خوب، حسن وهمکاران، ۱۳۹۴، انرژی محیط زیست و توسعه پایدار، اولین همایش سراسری محیط زیست انرژی و پدافند زیستی.

(۱۳) مقاله "ارائه راهکار اجرایی HSE در مدیریت انرژی"، ۱۳۹۶، محمد رضا توکل زاده

(۱۴) نظری، فتاح؛ علی کشوری؛ سجاد رضایی و مرزبان صفری، ۱۳۹۲، بررسی انرژی های نو، پاک و تجدید پذیر و اهمیت استفاده از آنها، اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا،

(۱۵) مقاله ی " گزارش امکان سنجی مقدماتی تولید آب گرمکن خورشیدی " کارفرما: شرکت شهرکهای صنعتی کرمان، مجری: معاونت پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان

(۱۶) مقاله ی " کاربرد انرژی خورشیدی به عنوان یک انرژی تجدید پذیر و سازگار با محیط زیست و نقش آن در پیش برد اهداف توسعه " لیلا ابراهیمی قوام آبادی و بهزاد فولادی دهقی

(۱۷) مقاله ی: بررسی راهکارهای نوین بهره وری کلکتور های خورشیدی سید شهاب الدین رئیس زاده، امیر مردانی دانشگاه مکانیک صنعتی خواجه نصیر طوسی

(۱۸) مقاله ی :انتخاب تاسیسات حرارتی وبرودتی بر اساس ملاحظات اقتصادی ، رسول سلفیان (کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و تولید سوخت هسته ای اصفهان) مجتبی حراتیان (کارشناس ارشد ،شرکت سامان انرژی اصفهان)

(۱۹) آذریون، یونس؛ سامند حسن زاده و سیدمهدی پسته، ۱۳۸۴، بهینه سازی مصرف انرژی

در ساختمان با استفاده از آب گرمکنهای خورشیدی و سیستم گرمایش کفی، چهارمین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور،

(۲۰) صفائی، بتول؛ مرتضی خلجی اسدی؛ حبیب تقی زاده و افسانه جیلاوی، ۱۳۸۳، برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن، نوزدهمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، شرکت متن، [https://www.civilica.com/Paper-PSC19-PSC19\\_217.html](https://www.civilica.com/Paper-PSC19-PSC19_217.html)

(۲۱) نظری،فتاح؛ سجاد رضایی و مرزبان صفری، ۱۳۹۲، معرفی و بررسی انواع آب گرمکن های خورشیدی، اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، [https://www.civilica.com/Paper-CCE01-CCE01\\_067.html](https://www.civilica.com/Paper-CCE01-CCE01_067.html)

(۲۲): شهرزاد فریادی علی عزیزی ، پانزدهم بهار ۱۳۹۱ ، تحلیل اقتصادی - اجتماعی و زیست محیطی مزایای بکارگیری آب گرمکن خورشیدی (مطالعه موردی شهر شیراز)

(۲۳) سازمان ملی استاندارد، استاندارد ملی به شماره ISIRI ۱۴۷۶۳.

(۲۴) وب سایت نورستان انرژی [www.noursun.com](http://www.noursun.com)

(۲۵) اردشیر فرشیدیان فر، انوشیروان فرشیدیان فر، اولین کنفرانس بینالمللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸ صرفه جوئی انرژی در تولید آب گرم بهداشتی با استفاده از مبدلهای حرارتی صفحه ای

(۲۶) حسین یوسفی، یونس نورالهی ، سمیه طغیانی ، ۱۳۹۲، آنالیز هزینه های اقتصادی و محیط زیستی جایگزینی آب گرمکنهای گازی و برقی با آب گرمکنهای خورشیدی

(۲۷) قانون اصلاح الگوی مصرف و سند چشم انداز ۱۴۰۴.

(۲۸) وب سایت سازمان بهره وری انرژی [www.saba.org.ir](http://www.saba.org.ir)

- (۲۹) دکتر رضا خضری یزدان، وب سایت دانشگاه انرژی [www.energy.ac.ir](http://www.energy.ac.ir)
- (۳۰) براتی ملایری، عقیل، حوری جعفری، حامد، ۱۳۸۶، بررسی وضعیت انرژی در بخشهای مصرف کننده نهایی، ماهنامه اقتصاد انرژی سال اول شماره ۱، بهار ۱۳۸۷، صفحه ۷۵ تا ۷۸
- (۳۱) یعقوبی محمود، کناری علی، عزیزیان کیان (۱۳۸۱). "نیروگاههای گرمایی خورشیدی"، مجله مهندسی مکانیک، دوره یازدهم، شماره ۲۶.
- (۳۲) عزیزی علی، فریادی شهرزاد، (۱۳۹۱). "تحلیل اقتصادی اجتماعی و محیط زیستی مزایای بکارگیری آب گرمکن خورشیدی (مطالعه موردی شهر شیراز)"، نشریه انرژی/ایران، دوره ۱۵ شماره ۱.
- (۳۳) سرمستی امامی محمد رضا (۱۳۹۰). "بررسی دستگاههای گردآوری کننده انرژی خورشیدی و کاربردهای آنها"، نخستین همایش ملی انرژی باد و خورشید.
- (۳۴) عیوضی زهرا (۱۳۸۴). "استفاده از آب گرمکن خورشیدی در مناطق مسکونی / تجاری منطقه ۲۲ شهرداری تهران و اثرات آن در بهسازی محیط زیست"، چهارمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.
- (۳۵) خلجی اسدی مرتضی، عابدی زهرا، شرعی نیما (۱۳۸۸). "سیستمهای ترکیبی خورشیدی راه حلی نوین برای گرمایش در ساختمانها"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۱، شماره ۳.
- (۳۶) حسین یوسفی، یونس نوراللهی، سمیه طغیانی (۱۳۹۵). "آنالیز هزینه های اقتصادی و محیط زیستی جایگزینی آبگرمکنهای گازی و برقی با آبگرمکنهای خورشیدی"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، شماره سه

### منابع انگلیسی:

- ۱) Soteris A. (۲۰۰۳). "Environmental benefits of domestic solar energy systems,"Energy Conversion and Management ۳۰:۹۲-۳۰۷۵, ۴۵ :
- ۲) Soteris A. (2009). "Solar Energy Engineering Processes and Systems book", publisher Elsevier.
- ۳) Hang Y., Qu M., Zhao F. (2012). "Economic and environmental life cycle analysis of solar hot water systems in the United States ,"Energy and Buildings : ۱۸۸-۱۸۱, ۴۵.
- ۴) bp-statistical-review-of-world-energy-2016-spencer-dale-presentation-15EnergyHub.ir

### منابع سایت:

- ۵) [www.catalysis-ed.org.uk/ammonia/amm6-results.htm](http://www.catalysis-ed.org.uk/ammonia/amm6-results.htm)

**Abstract:**

The present study discusses renewable energies and the need to use them instead of fossil fuels. The renewable energies studied are: Solar energy introduced in this thesis, history, and location in the world, equipment, costs, benefits and sometimes disadvantages studied. According to the discussed topics, the present study is "Reviewing the approach to reducing energy consumption and reducing CO<sub>2</sub> gas using renewable energy-solar water heaters (a case study of 30 stations of safety and fire stations of the country's airports)". To this end, solutions to reduce energy consumption and reduce CO<sub>2</sub> gas through the replacement of solar water heaters with gas water heaters are considered from the point of view of economic and environmental issues. A case study is carried out at 30 security and fire stations of the country's airports in wet and dry areas, which include 17 stations in wet areas and 13 stations in arid areas. Substitution by assuming energy is provided by 60% solar energy and 40% natural gas. The results showed that the amount of natural gas storage per cubic meter in wet and dry areas at stations was 44034 and 42294, respectively, and the cost of consumed gas was 141 Million Rials and 203 Million Rls, respectively. The total amount of gas consumed at all stations is 344 Million Rials per year. The cost of commissioning and installing equipment for solar water heaters at stations located in humid areas is 1,851 Million Rials and in the arid regions 202 Million Rials, which is estimated at a total of 3,870 Million Rials for 30 stations under study. Considering the cost of gas consumption as well as the costs of commissioning and installing equipment for solar water heaters at stations, the return on investment in wetlands was estimated at 12.5 years and in arid zones 9.9 years. The average life of solar water heaters is about 30 years, according to the manufacturers of these water heaters. With these interpretations about 17/5 and 20/5 years, this product will provide us with free and eco-friendly energy. Not only will it reduce the production of a huge amount of pollutant gases, but will also help us to produce a magnitude of energy that brings nature to us for free and clean.

It should be noted that, in addition to economical savings, due to the decrease in CO<sub>2</sub> emissions in all wet and dry wetland stations, 181,836 kg are estimated, which is estimated at 524 Million Rls per year.

**Keywords:** solar water heater, reservoir water heater, instantaneous water heater, radiation potential, return on investment, economic analysis, economic justification, hot water consumption, consumable gas



Energy Institute for Higher Education

Faculty of Engineering

Department Of Chemical Engineering -HSE

Thesis For

Degree of Master of Science (M.Sc)

Title:

**Investigating the way to reduce energy  
consumption and reduce environmental  
pollution (Co<sub>2</sub>) using renewable energy-solar  
water heater**

**(Case study of 30 stations of safety and fire of airports of the country)**

Supervisor& Advisor:

Dr.Mirzai

By:

Arash javadi

winter 2017

