

محاسبه و تحلیل مزایای استفاده از آبگرمکن خورشیدی در طرحی جامع برای ایران

کاوه ابروانی^{۱*}، ساناز لیتکوهی^۲

۱- کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری دانشگاه پیام نور شرق تهران، تهران، ایران
۲- دانشیار معماری دانشکده معماری دانشگاه پیام نور شرق تهران، تهران، ایران
* ir.kaveh@gmail.com

چکیده

امروزه در جهان توسعه پایدار از موضوعات بسیار مهم مورد بحث می‌باشد و از مهمترین بخش‌های مورد تاکید در توسعه پایدار، توجه به کاهش مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر می‌باشد؛ که علاوه بر حفظ منابع طبیعی، موجب کاهش اثرات مخرب زیست محیطی نیز می‌شود. کشور ایران دارای موقعیت جغرافیایی ممتازی برای استفاده از انرژی خورشیدی است و بکارگیری این مزیت میتواند کشور را در مسیر توسعه پایدار قرار بدهد. یکی از ارزاترین شیوه‌های استفاده از انرژی پاک خورشیدی، بهره برداری از آبگرمکن‌های خورشیدی است. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات سایر منابع و تحقیقات انجام شده، پروژه‌ای تعریف شد؛ که در آن کل منازل مسکونی مجهز به آبگرمکن خورشیدی شوند و در این راستا مزایای پروژه محاسبه و تحلیل شد. روش پژوهش تجزیه و تحلیل علی داده‌ها بود و اهمیت این پژوهش در شیوه محاسبات متفاوت آن از سایر پژوهش‌های متداول صورت پذیرفته می‌باشد. اجرای این پروژه ملی با مبلغ سرمایه گذاری حدود چهل و هشت تریلیون تومان معادل بازده میلیارد دلار است، پس از تقریباً سه سال اصل سرمایه برگشت داده خواهد شد و از آن به بعد سالانه بطور تقریبی مبلغ شانزده تریلیون تومان معادل سه و هشت دهم میلیارد دلار به سرمایه گذاران سود خواهد رساند.

کلید واژگان: آبگرمکن خورشیدی، انرژی تجدید پذیر، پروژه ملی، ایران



Calculation and analysis of the advantages of solar water heater in a comprehensive plan for Iran

Kaveh Irvani^{1*}, Sanaz Litkouhi²

1- Ms of Architecture, Department of Architecture, payam Noor University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Architecture, payam Noor University, Tehran, Iran
* ir.kaveh@gmail.com

Received: 12 April 2018 Accepted: 9 August 2018

Abstract

Sustainable development is very important issues in the world today. One of the most important emphasized fields in sustainable development is the attention to reducing of renewable energy consumption, which in addition to protecting natural resources, also reduces environmental destructive effects. Iran has a privileged geographic location for solar energy and the use of this advantage can make the country on the path of sustainable development. One of the cheapest ways to use clean solar energy is the use of solar water heaters. In this study, by applying other sources of information and researches, a project has been defined in which the whole house is equipped with solar water heater and in this regard, the benefits of the project were calculated and analyzed. The method of this research was data analysis and the importance of this research is in its different calculation method from the method in the other customary researches. The implementation of this national project will do with an investment of about 11 billion US\$; after almost three years, the main capital will be returned and since then, the investors will make profit approximately 3.8 billion US\$ per years.

Keywords: Solar Water Heater, Renewable Energy, National Project, Iran

۱- مقدمه

جغرافیایی ما محسوب می‌شود اما می‌توان با تغییرنگاهی مثبت این ضعف را به نقطه قوت تبدیل کرد؛ با برنامه ریزی درست و حساب شده، به استفاده از انرژی خورشیدی پرداخت و حتی در اقله‌های بلندتر یکی از کشورهای صادر کنند انرژی پاک به جهان باشیم و از بیابان‌های خشک و بی آب کشورمان انرژی و ثروت ملی استحصال کنیم.

تولید انرژی خورشیدی نه تنها از ایجاد هزینه جهت خرید انرژی حاصل از سوخت‌های تجدید ناپذیر جلوگیری می‌کند، بلکه موجب کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز می‌شود. تولید انرژی توسط آبرگرمکن خورشیدی منجر به کاهش تولید گازهای مضر و گلخانه‌ای توسط سوخت‌های فسیلی و یا زباله‌های حاصل از سوخت هسته‌ای می‌شود.

منابع سوخت‌های فسیلی در دسترس همگان نیستند و همچنین آلوده‌های مضر برای طبیعت و پایان پذیرند، اما انرژی خورشیدی در اختیار اکثر مردم جهان است، همچون چاه نفت پاک پایان ناپذیری که تا زمان وجود حیات بشر در خانه‌هایمان مالک آن هستیم.

بنابراین بسیار منطقی است که دولت جهت بهره برداری از این استعداد کشور برنامه ریزی میان مدتی را بعمل آورد تا از حاصل آن مردم بهره‌مند شوند. در پژوهش سعی شد که با استناد به اطلاعات بدست آمده از تحقیقات آزاد و سازمانی مختلف و تحلیل این اطلاعات به جمع بندی مناسبی در راستای هدف پژوهش دست یافت و نتایج حاصل از سرمایه گذاری در زمینه بهره برداری از انرژی خورشیدی به صورت ساخت آبرگرمکن‌های خورشیدی و بهره برداری از آن‌ها در واحدهای مسکونی مورد تحقیق و تحلیل قرار بگیرد.

۲- بیان مسئله

با توجه به اهمیت مسئله توسعه پایدار و بالا بودن میزان تابش خورشید در ایران، نتایج حاصل از برنامه‌ریزی در زمینه تولید انبوه و فراگیر آبرگرمکن خورشیدی برای واحدهای مسکونی مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. در صورت مشاهده نتیجه مطلوب، اهمیت این پژوهش این است که علاوه بر افزایش بهره‌وری مالی کشور و افزایش رفاه و ثروت مردم، موجب حفظ منابع طبیعی و سرمایه‌های کشور، کمک به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و کاهش آسیب‌های زیست محیطی به طبیعت ایران و جهان می‌شود و بدیهی است که در این پژوهش سعی بر این بوده است که در روند محاسبات و تحلیل‌ها بیطرفی حفظ شود؛ تا نتایج از اعتبار بالاتری برخوردار شوند.

۳- مرور سوابق موضوع

پژوهش گتچل^۱، موس^۲، آکیسی^۳ و سیگمون^۴؛ ۲۰۱۲ [۴] - این پژوهش مختص واحدهای مسکونی تهیه شده است، در آن اعلام می‌شود، با اینکه بطور متوسط در نیمی از سال خانه‌ها دارای تابش مناسب خورشید نیست، اما همچنان استفاده از سیستم آبرگرمکن خورشیدی مقدار بسیار زیادی صرفه جویی در مصرف گاز و برق ایجاد می‌نماید و با فرض تامین پنجاه درصد از آبرگرم مصرفی یک واحد مسکونی توسط این سیستم، در این تحقیق مدت برگشت سرمایه گذاری را ۵ تا ۷ سال برآورد کرده است و می‌گوید با توجه به عمر ۲۰ تا ۳۰ سال این سیستم‌ها می‌توان ادعا کرد که این سیستم حتی باعث سود رسانی به صاحب خانه مسکونی نیز می‌شود. در این تحقیق به کاهش استقبال مردم ایالت اورگان در سال‌های ۲۰۰۷ الی ۲۰۱۱ نسبت به

مسئله توسعه پایدار در جهان امروز یکی از مهمترین مشغله‌های ذهنی بشر می‌باشد. تاثیرات ویرانگر و برگشت ناپذیر دنیای صنعتی بر طبیعت، به آرامی تاثیر مخرب خود را بر محیط زندگی انسان نیز به نمایش می‌گذارد. تولید صنعتی و روند زندگی مصرفی بشر امروزی منجر به تولید مهار ناپذیر گازهای گلخانه‌ای و نابودی و تهدید منابع طبیعی زمین شده است. افزایش گازهای گلخانه‌ای باعث گرم شدن دمای زمین و به تبع آن ایجاد تغییرات آب و هوایی مخرب، نابودی زیستگاه‌های طبیعی و گونه‌های حیوانی، تخریب طبیعت، ذوب شدن یخ‌های قطبی، افزایش سطح آب دریاها، آزاد و به دنبال آن اثرات مخرب غیر قابل پیش بینی متعاقب آن و هزاران آسیب و اثرات مخرب غیر قابل تخمین دیگر خواهد شد. در قرن بیستم دمای زمین بخاطر بی توجهی انسان به طبیعت 0.12 ± 0.6 درجه سانتیگراد افزایش داشته است [۱]، اثرات تخریب زیست محیطی افزایش دمای زمین، تاثیر خود را به صورت آنی نشان نمی‌دهند و توقف این تغییرات نیز بسرعت صورت نمی‌پذیرند، بنابراین اقدامات زود هنگام در این راستا بسیار ضروری است.

استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهمترین اقدامات بشر امروزی در جهت تامین انرژی است و از اقدامات موثر توسعه پایدار محسوب می‌شود. اگر چه محدوده این تحقیق به حوزه تامین انرژی مربوط است اما به جهت کاربرد وسیع و همگون با معماری، در بحث معماری نیز از حیث کاربرد جایگاه خاصی پیدا کرده است. زمانیکه از معماری پایدار صحبت می‌کنیم از مهمترین ارکان آن دستیابی به انرژی پاک می‌باشد. بهره برداری از انرژی خورشید توسط بشر پیشرفت‌های چشمگیری داشته است که اشاره به این تکنولوژی‌ها خارج از حوصله این بحث است و در این میان یکی از ساده ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های تولید انرژی پاک و ارزان خورشیدی، استفاده از سیستم آبرگرمکن‌های خورشیدی است.

تاریخچه استفاده از انرژی خورشیدی توسط بشر، به سال ۱۸۹۶ میلادی در بالتیمور آمریکا بر می‌گردد. اولین کلکتورهای صفحه‌ای در سال ۱۹۲۰ در فلوریدا و کارولینای جنوبی آمریکا بکار برده شد. از ۱۹۶۰ به بعد موج وسیعی از استقبال مردم در امریکای شمالی نسبت به استفاده از آبرگرمکن‌های خورشیدی به راه افتاد، به ویژه بعد از بحران نفتی ۱۹۷۳ میلادی [۲].

از ۱۹۶۰ میلادی رشد سریعی در استفاده از آبرگرمکن‌های خورشیدی در جهان را شاهد بودیم. در تحقیقاتی که در آژانس انرژی بین المللی در سال ۲۰۱۴ میلادی صورت پذیرفته است، مجموع ظرفیت آبرگرمکن‌های خورشیدی جهان به $41.0/2$ گیگا وات حرارتی می‌رسد و کشور چین و کشورهای اروپایی با تولیدی به ترتیب معادل $289/5$ و $47/5$ گیگا وات حرارتی تقریباً $82/1$ درصد از این ظرفیت تولید را به خود اختصاص می‌دهند. ۶۰ کشور ۹۵ درصد از این انرژی را تولید می‌نمایند و ایران به همراه ۱۲۸ کشور دیگر جهان ۵ درصد از این انرژی را تولید می‌نمایند [۳]. وضعیت ضعیف ایران در بین کشورهای استفاده کننده از آبرگرمکن‌های خورشیدی نشاندهنده نیاز مبرم به سرمایه گذاری، در این حوزه را به اثبات می‌رساند، همچنین موقعیت جغرافیایی ایران که در عرض جغرافیایی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه است؛ یکی دیگر از مزیت‌های بهره برداری از این سیستم در ایران است. تابش آفتاب زیاد و شرایط جغرافیایی ایران که از کمبود شدید آب رنج می‌برد، اگرچه یک نقطه ضعف برای موقعیت

^۱O'Casey^۲Sigmon^۳IEA^۴Getchell^۵Meuse

سوز می‌باشند. بنابراین دوره بازگشت سرمایه اولیه بیشتر از محاسبات قید شده در تحقیق بدست آمده است.

۴- روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده پژوهش از شیوه مطالعات کتابخانه‌ای، از منابع داخلی و خارجی تامین شد و پس از انجام محاسبات بر روی این مقادیر مستند، موضوع تحقیق به روش تجزیه و تحلیل علی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های انجام شده بر روی تعدادی از تحقیقات داخلی و خارجی در حوزه این پژوهش نشاندهنده این است که سایر محققین از منابع اطلاعاتی و روش محاسبات خاصی بهره برده‌اند، اما مزیت این پژوهش در روش محاسباتی جدید این پژوهش است که متفاوت با سایر پژوهش‌های مرسوم انجام شد.

۵- جمع آوری و آنالیز داده‌ها

برای انجام این پژوهش پاره‌ای اطلاعات مورد نیاز بود که از طریق منابع موثق اقدام به جمع آوری اطلاعات شد و بهره‌گیری از آنها در روند تکمیل این فرایند صورت پذیرفت.

تابش انرژی خورشیدی ایران در طول سال به ازای واحد سطح (متر مربع) در حدود ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلو وات ساعت است [۹].

بازده کلکتورهای لوله‌ای تحت خلاء آبگرمکن‌های خورشیدی با تکنولوژی شرکت پلار سولار [۱۰] طبق ادعای آن شرکت (۹۸±۲)٪ اعلام شد و بر اساس تخمین منابع خارجی این راندمان برای آبگرمکن‌های خورشیدی ترموسیفون با کلکتور لوله‌ای تحت خلاء در حدود ۹۰٪ در نظر گرفته می‌شود [۱۱] و ما در این تحقیق برای ایجاد اعتماد بیشتر به محاسبات؛ مقدار ۹۰٪ را در نظر گرفتیم.

راندمان سیستم آبگرمکن خورشیدی حدوداً ۷۰٪ در نظر گرفته شد [۱۲].

قیمت آبگرمکن خورشیدی سولار پلار^۱ از نوع ترموسیفون لوله‌ای که قابلیت تامین آب گرم برای ۴ تا ۵ نفر را داراست با مساحت کلکتور تقریبی ۳ مترمربع و حجم مخزن ۲۰۰ لیتری حدود دو میلیون تومان است [۱۳] (قیمت فوق مربوط به زمان انجام تحقیق است).

مقدار انرژی هر متر مکعب گاز طبیعی معادل ۸۶۰۰ کیلو کالری و یا ۱۰/۵ کیلو وات ساعت است [۱۴].

قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی فروشی ایران حدود ۰/۴۴ دلار است [۱۵].

هر دلار آمریکا با توجه به نرخ برابری ارزها در زمان تحقیق معادل ۴۲۰۰ تومان است [۱۶].

حدوداً تعداد ۲۴ میلیون خانوار در ایران موجود می‌باشند [۱۷]. مقدار جرم گازهای آلاینده حاصل از سوختن مقدار یک مترمکعب گاز طبیعی [۱۸]. هزینه هر تن گاز آلاینده تولید شده [۱۹].

۶- محاسبات

در پژوهش‌های مورد مطالعه قرار گرفته قبلی؛ ابتدا با کمک فرمول اندازه‌گیری انرژی گرمایی سیالات، بر اساس تغییرات دمایی سیال و مقدار سرانه مصرفی آبگرم افراد بر اساس استانداردهای ارائه شده، مقدار انرژی گرمایی مورد نیاز ساختمان محاسبه و سپس به بقیه محاسبات پرداخته می‌شود، اما در این تحقیق با روش دیگری کار محاسبات پیش رفت.

این سیستم اشاره می‌کند و برای افزایش استفاده از این سیستم سودمند، به راهکارهای فوق اشاره می‌کند:

۱- تجدید نظر در تعریف انرژی‌های تجدید پذیر چون در اذهان مردم تنها پنل‌های خورشیدی (سلول‌های فتو ولتایک تولید کننده الکتروسیته) را به عنوان منبع تولید کننده انرژی تجدید پذیر خورشیدی می‌شناسند، در حالیکه سیستم آبگرمکن‌های خورشیدی نیز از دسته انرژی‌های تجدید پذیر هستند و حتی نسبت به پنل‌های خورشیدی دارای راندمان بالاتری نیز می‌باشند.

۲- بکارگیری سیستم‌های مشوق مالی متنوع.

۳- گسترش دامنه بازار هدف، یعنی برای مصرف کننده‌های متنوع مسکونی پیشنهادها متنوع و مناسب هر واحد مسکونی وجود داشته باشد.

۴- اجرای این سیستم در ساختمان‌های عمومی، باعث آشنایی مردم با این سیستم تولید انرژی‌های تجدید پذیر می‌شود.

پژوهش ساتکین و کعبی نژادیان؛ ۱۳۷۸ [۵] - موضوع این تحقیق در مورد تحلیل فنی- اقتصادی یک خانه خورشیدی به صورت عایق و با سوخت هیبرید (خورشیدی - فسیلی) در تهران است. روند تحقیق فوق و مستندات قابل اشاره در این تحقیق مستدل و قابل اعتماد می‌باشند و محققین در پایان تحقیق شان به این نتیجه رسیده‌اند که بار مالی جهت تامین انرژی ساختمان از طریق آبگرمکن خورشیدی برای پروژه با توجه به سطح سقف تعریف شده (حدود ۷۰٪ انرژی گرمایشی مورد نیاز تامین شود) پس از سه سال استحصال می‌شود.

پژوهش عیوضی؛ ۱۳۸۴ [۶] - در این پژوهش محقق با استناد به داده‌های منابع داخلی از مصرف آبگرم تا سایر اطلاعات نسبت به محاسبات خود اقدام کرده است و زمان سود دهی آبگرمکن خورشیدی را ۱۰/۴ سال بدست آورده است.

پژوهش حسنی، سینا و عطایی؛ ۱۳۸۹ [۷] - این پژوهش به روال سایر پژوهش‌های انجام شده داخل کشور در زمینه آبگرمکن‌های خورشیدی، جهت تعیین زمان سود دهی پروژه هدف گذاری شده است، با این تفاوت که آبگرمکن خورشیدی را با سه نوع آبگرمکن با سوخت فسیلی مقایسه کرده است و محاسباتشان مشخص می‌کند که بازگشت سرمایه در جایگزینی آبگرمکن خورشیدی بجای آبگرمکن‌های برقی، گازئیلی و گاز طبیعی به ترتیب در حدود ۳/۳، ۶/۳ و ۱۶ سال می‌باشد. نتیجه تحقیق ایشان استفاده از آبگرمکن خورشیدی را بجای آبگرمکن گازی مفید تشخیص نمی‌دهد که البته با توجه به قیمت پایین گاز داخلی تا حدودی نتیجه‌گیری ایشان معقول به نظر می‌رسد. اما مسئله‌ای که در این تحقیق در نظر گرفته نشده است مسئله قیمت جهانی گاز است و امکان فروش گاز به خارج از کشور و اضافه کردن اثرات و هزینه‌های زیست محیطی حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی و ... که تمام این موارد بازدهی مثبت آبگرمکن خورشیدی را می‌تواند افزایش بدهد. پژوهش عزیززی و فرهادی؛ ۱۳۹۱ [۸] - آخرین تحقیق مورد بررسی قرار گرفته به بررسی جامع تری نسبت به استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی پرداخته است یعنی نه تنها از لحاظ هزینه‌های مستقیم مالی این مقایسه را پیش برده است بلکه هزینه‌های غیر مستقیم مثل اثرات زیست محیطی و اجتماعی این جایگزینی را مورد بررسی و تعمق قرار داده است. مشکل این تحقیق این است که ارزش مقایسه‌ای انرژی حاصل از آبگرم فوق را به معادل آن بر حسب انرژی برق تبدیل می‌کند در حالیکه اکثر آبگرمکن‌ها در ایران گاز

^۱ مدل T200b-AL



در این تحقیق مدل خاصی از آبرگمکن‌های گازی تعیین و اطلاعات آن مشخص شد سپس با توجه به میزان متوسط تابش خورشید در ایران، مساحت کلکتور دستگاه مورد نظر، لحاظ کردن راندمان جذب انرژی خورشید توسط کلکتور و راندمان تقریبی دستگاه مقدار انرژی کسب شده توسط دستگاه محاسبه شد. این مقدار انرژی بود که به طور معمول یک خانه با ظرفیت ۴ نفری از چنین دستگاهی می‌تواند دریافت کند. بطور مثال می‌توان با افزایش توان سیستم آبرگمکن خورشیدی از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی کاست (با افزایش سطح کلکتورها).

در برخی از پروژه‌های مسکونی انرژی خورشیدی علاوه بر "تامین آب گرم" مصرفی، برای ایجاد "گرمایش" نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که البته همان متداول‌ترین حالت یعنی بهره‌گیری جهت "تامین آب گرم" منزل مد نظر پژوهش می‌باشد. انرژی تولید شده توسط آبرگمکن خورشیدی به صورت معادل آن بر حسب میزان گاز طبیعی سوخته شده نشان داده شد و با در نظر گرفتن اینکه چه تعداد خانوار در ایران وجود دارد که مشترک گاز طبیعی هستند، میزان صرفه جویی کشور در مصرف گاز طبیعی در صورت استفاده از آبرگمکن‌های خورشیدی بدست آمد. مقدار فوق با توجه به قیمت جهانی فروش گاز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. تا به اینجا کار "اثر مستقیم" این پروژه ملی مشخص شد و برای محاسبه "اثر غیر مستقیم" و یا همان اجتماعی با استناد به مقادیر موجود در استانداردهای سازمان‌های مربوطه عمل شد. در این اقدام عدم تولید گازهای مضر و بهره حاصل از آن محاسبه شد و جمع دو اثر فوق میزان تاثیر کلی را مشخص کرد و با تحلیل و محاسبات بر روی داده‌ها زمان بازگشت سرمایه و سود آوری پروژه بدست آمد. نکته قابل توجه در انجام بی نقص این پژوهش این بود که تمام اعداد و رقم‌ها در یک بازه زمانی جمع آوری شد و تاثیر تورم و تغییرات قیمت‌ها خنثی شد؛ تغییر متغیرهای مالی در این پژوهش همگی متناسب با یکدیگر تغییر می‌کنند؛ بنابراین همزمانی اخذ داده‌های مالی در پژوهش رعایت شد.

میزان انرژی تابشی خورشید برای ایران در حدود ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلو وات ساعت در سال است که برای انجام محاسبات متوسط این مقدار یعنی ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت در سال در نظر گرفته می‌شود. در اجرای این پژوهش آبرگمکن خورشیدی داخلی معرفی شده در نظر گرفته شد.

این آبرگمکن خورشیدی برای ۴ نفر مناسب است حجم مخزن آن ۲۰۰ لیتر و مساحت کلکتور آن حدود ۳ متر مربع و قیمت آن در زمان انجام تحقیق حدود دو میلیون تومان است.

طبق رابطه مربوط به گرمای جذب شده توسط سیستم از طریق کلکتور بدست می‌آید [۲۰]:

$$C_Y = C_V \text{ مقدار انرژی ذخیره شده توسط واحد سطح کلکتور در سیستم برای یکسال «kWh/m}^2\text{»}$$

$$S_R = \text{متوسط مقدار تابش خورشیدی برای یکسال «kWh/m}^2\text{»}$$

$$\eta_K = \text{راندمان کلکتور}$$

$$\eta_{SYS} = \text{راندمان سیستم (لوله‌ها و تانک)}$$

$$C_Y = S_R * \eta_K * \eta_{SYS} \quad (1)$$

$$C_Y = 2000 * 0.9 * 0.7 = 1260 \text{ «kWh/m}^2 \text{ year»}$$

حال با توجه به مساحت کلکتور آبرگمکن خورشیدی مورد نظر مقدار انرژی خورشیدی بدست می‌آید.

$$C_N = \text{مقدار انرژی ذخیره شده توسط کلکتور مورد نظر در سیستم برای یکسال «kWh/m}^2\text{»}$$

$$C_Y = \text{مقدار انرژی ذخیره شده توسط واحد سطح کلکتور در سیستم}$$

برای یکسال «kWh/m²»

$$A = \text{مساحت کلکتور آبرگمکن خورشیدی «m}^2\text{»}$$

$$C_N = C_Y * A \quad (2)$$

$$C_N = 1260 * 3 = 3780 \text{ «kWh year»}$$

در صورت استفاده یک خانوار ۴ نفره از آبرگمکن خورشیدی معادل ۳۷۸۰ کیلو وات ساعت در سال انرژی صرفه جویی می‌شود و چون یک متر مکعب گاز طبیعی معادل ۱۰/۵ کیلو وات ساعت انرژی تولید می‌کند با تقسیم انرژی صرفه جویی شده بر عدد ۱۰/۵ مقدار گازی که در مدت یک سال بخاطر استفاده از آبرگمکن خورشیدی صرفه جویی شده است را بدست می‌آوریم.

$$\text{«m}^3\text{»} = 360 = 3780 / 10.5 = \text{مقدار کاهش مصرف گاز سالانه جهت استفاده}$$

خانواری ۴ نفره از آبرگمکن خورشیدی

حال با توجه به اینکه ۲۴ میلیون خانوار در کشور وجود دارد و فرض اینکه همه مشترکین از آبرگمکن خورشیدی استفاده نمایند، مقدار صرفه جویی در مصرف گاز شد:

$$\text{«m}^3\text{»} = 10^9 * 360 = 360000000 = \text{کاهش مصرف گاز مستقیم}$$

سالانه جهت استفاده کل خانوارهای کشور

با توجه به قیمت جهانی گاز طبیعی و ارزش برابری ارز کاهش هزینه مستقیم سالانه پروژه بدست آمد.

$$\text{«تومان»} = 10^{12} * 1/597 = 4200 * 0.44 * 10^9 * 1/64 = \text{کاهش هزینه}$$

مستقیم سالانه جهت استفاده کل خانوارهای کشور

برای محاسبه بهره غیرمستقیم یا اجتماعی حاصل از بکارگیری آبرگمکن خورشیدی، بدینسان عمل شد که با محاسبه مقدار کاهش مصرف گاز طبیعی، مقادیر کاهش تولید گازهای آلاینده محاسبه شد و به تبع آن بهره اجتماعی بدست آمد (منظور از "بهره غیرمستقیم یا اجتماعی" از بین رفتن "هزینه غیر مستقیم و یا اجتماعی" در اثر کاهش مصرف سوخت گاز طبیعی به جهت استفاده از آبرگمکن خورشیدی می‌باشد).

مقدار کاهش گازهای آلاینده حاصل از عدم سوختن مقدار گاز صرفه جویی شده در آبرگمکن‌های خانگی به جهت بکارگیری آبرگمکن‌های خورشیدی، از طریق منابع موجود محاسبه و در جدول شماره ۱ در نظر گرفته شدند.

جدول ۱ محاسبات "بهره اجتماعی" استفاده از طرح آبرگمکن خورشیدی

ردیف	CO ₂	NO _x	SPM	SO ₂
آلاینده حاصل				
از سوختن یک متر مکعب گاز طبیعی «kg/10 ⁶ m ³ »	۱/۲ * ۱۰ ^۵ * ۱۶	۲/۸۴ * ۱۶	۷/۶ * ۱۶	۰/۶ * ۱۶
مقدار کاهش گازهای آلاینده حاصل از پروژه «kg/m ³ »	۱/۹۲ * ۱۰ ^۶	۴۵/۴۴	۱۲۱/۶	۹/۶
مقدار کاهش گازهای آلاینده حاصل از پروژه «kg/m ³ »	۱/۶۶ * ۱۰ ^{۱۰}	۳/۹۳ * ۱۰ ^۵	۱/۰۵ * ۱۰ ^۶	۸/۲۹ * ۱۰ ^۴
مقدار کاهش هزینه حاصل از صرفه جویی یک ساله پروژه «ریال»	۱/۶۶ * ۱۰ ^{۱۲}	۲/۳۶ * ۱۰ ^۹	۴/۵۲ * ۱۰ ^{۱۰}	۱/۵۱ * ۱۰ ^۹



$$\text{«تومان»} * 10^{11} = 1/709 * \text{«ریال»} * 10^{12} = 1/709$$

از دید این تحقیق مستتر با شد؛ بنابراین زمینه برای بررسی های دقیقتر و در جنبه های دیگر مرتبط با مباحث این پژوهش مشهود و قابل بررسی است. برخی از تقریبها در این پژوهش اعمال شدند؛ که همگی به روال بدبینانه در محاسبات بکار گرفته شدند تا بتوانیم نتایج قابل اعتمادتری را بدست آوریم. به طور مثال در این تحقیق گرمایش حاصل از روزهای ابری صفر در نظر گرفته شده است در حالیکه متخصصین اعلام می نمایند که دستگاه آبگرمکن خورشیدی در شرایط ابری نیز آب را با ضریب کمتری گرم می کند یا اینکه در این تحقیق تاثیر گرمایشی اشعه های غیر مستقیم خورشید بر روی کلکتورها را در نظر نگرفته ایم و یا راندمان کلکتورها و دستگاه آبگرمکن خورشیدی در حداقل مقادیر ممکن در نظر گرفته شدند.

دوره بازگشت سرمایه اولیه راه اندازی آبگرمکن خورشیدی در این تحقیق سه سال بر آورد می شود و با محاسبه برخی از تحقیقات مستدل تر پیشین مطابقت نزدیکی را نشان می دهد و این نتیجه در شرایطی بدست آمد که ما قیمت تمام شده دستگاه را در حالت غیر حمایتی و خارج از برنامه تولید انبوه محاسبه کرده ایم. بدیهی است؛ در صورتیکه دولت و بخش خصوصی به صورت کلان بخواهند این پروژه عظیم را عملی سازند؛ هزینه ساخت و نصب و راه اندازی به مراتب کاهش خواهد یافت و این خود باعث کوتاهتر شدن دوره بازگشت سرمایه اولیه خواهد شد.

در این پژوهش نکته کاربردی مهم قابل توجه دیگر این است که با تغییر ضریب نفوذ این سیستم در کشور، با استفاده از همان نتایج و اثر دادن نسبت ضرایب نفوذ، می توان مبالغ سرمایه مورد نیاز و سود دهی را مجدداً محاسبه نمود. بطور مثال اگر ضریب نفوذ این سیستم بجای ۱۰۰٪ مورد محاسبه، ۵۰٪ در نظر گرفته شود؛ سرمایه گذاری اولیه بجای ۴۸ تریلیون تومان به ۲۴ تریلیون تومان کاهش می یابد و تغییرات به همین نسبت در سایر نتایج پژوهش اعمال می شود.

۹- فهرست علائم

C_T	مقدار انرژی ذخیره شده توسط واحد سطح کلکتور در سیستم برای یکسال « kWh/m^2 »
S_R	متوسط مقدار تابش خورشیدی برای یکسال « kWh/m^2 »
η_K	راندمان کلکتور
η_{SYS}	راندمان سیستم (لوله ها و تانک)
C_N	مقدار انرژی ذخیره شده توسط کلکتور مورد نظر در سیستم برای یکسال « kWh/m^2 »
C_T	مقدار انرژی ذخیره شده توسط واحد سطح کلکتور در سیستم برای یکسال « kWh/m^2 »
A	مساحت کلکتور آبگرمکن خورشیدی « m^2 »

۱۰- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مساعدت اعضای محترم هیئت تحریریه مجله " انرژی های تجدیدپذیر و نو" کمال سپاسگزاری را دارند.

۱۱- مراجع

- [۱] مؤسسه IPCC وابسته به سازمان ملل متحد ،
(Intergovernmental Panel on Climate Change)
<https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/index.php?idp=49>
[2] S. D. , Nitinkumar ; Energy efficient Automatic solar water heater , International Journal of Advance

مقدار کاهش هزینه کل در سال به جهت انجام پروژه فوق می شود:
کاهش غیر مستقیم + کاهش مستقیم = کاهش هزینه کل سالانه در صورت استفاده تمام خانوارها از آبگرمکن خورشیدی
«تومان» * 10^{11} * $1/709$ + «تومان» * 10^{12} * $1/597$ = کاهش هزینه کل سالانه در صورت استفاده تمام مشترکین گاز از آبگرمکن خورشیدی
«تومان» * 10^{12} * $1/614$ = کاهش هزینه کل سالانه در صورت استفاده همه خانوارهای کشور از آبگرمکن خورشیدی
حال به محاسبه سرمایه گذاری اولیه پرداخته می شود:
قیمت آبگرمکن خورشیدی + تعداد خانوار مشترک گاز = سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز
 $2000000 * 24000000$ = سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز
«تومان» * 10^{12} * $4/8$ = سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز
دوره بازگشت سرمایه گذاری برابر است با:
کاهش / سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز = دوره بازگشت سرمایه گذاری
هزینه کل سالانه در صورت استفاده تمام خانوارها از آبگرمکن خورشیدی می شود.

$$10^{12} * 1/614 / 10^{12} * 4/8 = \text{دوره بازگشت سرمایه گذاری}$$

$$\text{«سال»} * 2/97 = \text{دوره بازگشت سرمایه گذاری}$$

تقریباً بعد از سه سال سرمایه گذاری اولیه بر روی این پروژه؛ اصل سرمایه گذاری برگشت داده خواهد شد و در سال های بعدی سالانه مبلغی معادل شانزده تریلیارد تومان که تقریباً برابر است با سه میلیارد و هشتصد و چهل میلیون دلار؛ سود عاید سرمایه گذاران خواهد شد.

۷- یافته های تحقیق

مطابق نتایج محاسبات فوق می توان نتیجه گرفت که سرمایه گذاری در این حوزه، سرمایه گذاری موفقی خواهد بود و بازگشت سرمایه در مدت بسیار کوتاهی تحقق خواهد یافت. زمان بدست آمده جهت بازگشت سرمایه مطابق با این محاسبات عددی بسیار مطلوب محسوب می شود که در قسمت نتیجه گیری به بحث و بررسی آن پرداخته شد تا دقت آن محک ببیشتری بخورد. با توجه به نتیجه بدست آمده، اثرات دیگر این نتیجه گیری و راه های رسیدن به هدف فوق و مسائل پیرامون آن نقد و کنکاش شد.

۸- نتایج

سرمایه گذاری کلان در حوزه انرژی های تجدید پذیر، به ویژه آبگرمکن های خورشیدی، می تواند برای کشور ثمرات بسیار مثبت و سازنده ای به همراه داشته باشد. علاوه بر تاثیرات مفید زیست محیطی که همواره متخصصین به آنها اشاره می کنند، به همچنین می توان سود دهی مطلوبی با صرفه جویی در مصرف انرژی های فسیلی برای کشور بدست آورد. یکی دیگر از اثرات مثبت راه اندازی این پروژه ایجاد اشتغال در سطح وسیعی از کشور است؛ که کمک شایسته ای به پیشرفت و بالندگی کشور می سازد؛ البته این خود می تواند زمینه یک تحقیق جداگانه باشد. در راستای این تحقیق نکات مختلفی را می توان مطرح کرد؛ که شاید بسیاری از آنها در حوصله این تحقیق ننگند و یا



