تحلیل اقتصادی ـ اجتماعی و زیست محیطی مزایای بکارگیری آبگرمکن خورشیدی (مطالعه موردی شهر شیراز)

علی عزیزی*[۱]، شهرزاد فریادی[۲]

تاریخ دریافت مقاله:
۱۳۹۰/۱۱/۲۴
تاریخ پذیرش مقاله:
۱۳۹۱/۰۲/۱۸

چکیده:

بی تردید، انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل در پیشرفت و توسعه پایدار جوامع بشری است که تولید، انتقال و مصرف انواع گوناگون آن بزرگ‌ترین عامل انهدام و آلودگی محیط زیست در میان عوامل انسان ساخت نیز می‌باشد. عدم تجدیدپذیری، افزایش قیمت و اثرات مخرب و شدید زیست محیطی مصرف سوخت‌های فسیلی از عوامل مهمی است که ضرورت استفاده از انرژی‌های نو را نمایان می‌سازد. یکی از این منابع، انرژی خورشید می‌باشد که با توسعه نگرش‌های زیست محیطی و راهبردهای صرفه جویانه در بهره‌وری از انرژی‌های تجدید ناپذیر، استفاده از آن در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته است. روش‌های گوناگونی برای استفاده از این انرژی پاک و لایزال الهی وجود دارد، اما گرم کردن آب با استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی، شاید به عنوان آسان‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های موجود باشد. در این راستا، مطالعه دقیق اقتصادی ـ اجتماعی و زیست محیطی مزایای بکارگیری این فناوری امری الزامی است. پژوهش حاضر به روش اسنادی به تحلیل منافع و مزایای اقتصادی ـ اجتماعی و زیست محیطی استفاده از آبگرمکن خورشیدی برای تهیه آبگرم مصرفی خانوار های ۴ الی ۵ نفره در شهر شیراز و همچنین دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری این فناوری می‌پردازد. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان صرفه جویی انرژی، هزینه های اجتماعی، کاهش گازهای آلاینده و کاهش هزینه حذف دی اکسید کربن به واسطه کاهش انتشار آن در سال به ترتیب برابر با ۷۱۰۴۹۴۸۱۴ کیلو وات ساعت، ۷۱۲۸۳۹۶۲۲۵ تومان، ۴۸۵۵۷۷ تن و ۱۷۴۸۱۸۸۸۳۲۴ تومان و همچنین دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری آبگرمکن‌های خورشیدی برابر ۳/۲۳ سال خواهد بود.

کلمات کلیدی:
آبگرمکن خورشیدی، محیط زیست، انرژی خورشیدی، دی اکسید کربن، شیراز

*۱) دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران
۲)دانشیار گروه برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران

Aliazizi89@ut.ac.ir
Sfaryadi@ut.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل انسان ساخت موثر در آلودگی و تخریب محیط زیست تولید، تبدیل و مصرف انواع انرژی‌های فسیلی و پایان پذیر است. این در حالی است که مصرف انرژی در جهان در سطح ثابتی باقی نخواهد ماند و پیش بینی‌ها، حاکی از افزایش مصرف آن در سال‌های آتی ناشی از افزایش جمعیت، میل به رفاه و افزایش تولید ناخالص سرانه در جهان می‌باشد. مصرف انرژی و مشکلات زیست محیطی به طور تنگاتنگی به یکدیگر مرتبط هستند زیرا تقریباً غیر ممکن هست که انرژی تولید شود، انتقال یابد و مصرف شود بدون اینکه اثرات زیست محیطی به دنبال نداشته باشد. آلودگی هوا، آلودگی آب، تغییرات دمایی و پراکنده شدن ضایعات جامد از جمله مشکلات زیست محیطی هستند که بطور مستقیم به تولید، انتقال و مصرف انرژی مربوط می‌شود [۸]. تاکنون به طور متوسط در هر سال مقدار دی اکسید کربن در جو حدود ۰/۲ درصد افزایش یافته است[۳] و نیازهای انسانی به گرمایش و سرمایش محیط بی شک می‌تواند از عوامل اصلی چنین افزایشی باشد. به نظر می‌رسد علاوه بر تأمین انرژی، بعد مهمی که استفاده از انرژی‌های نو را ضروری نشان می‌دهد تأثیرات منفی استفاده از سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست است و یکی از اصلی‌ترین مزایای استفاده از انرژی‌های نو، کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن (CO_2) می‌باشد [۱۴].

از ابتدای دهه ۱۹۸۰ بررسی جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر در جهان آغاز شده است. بهره برداری از این منابع انرژی به دلیل ضرورت‌های زیست محیطی و تنوع بخشیدن به منابع انرژی مورد استفاده، در مقیاس‌های کوچک شروع شده و به طور روز افزون در حال گسترش است. در آینده ای نزدیک، انرژی‌های نو و تجدید شونده سهم بیشتری در تأمین انرژی جهان را به خود اختصاص خواهند داد [۵].

انرژی خورشید یکی از منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی است که از دیر باز به روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است. خورشید معادل ۱۰۲۳ × ۳/۸ کیلووات انرژی تابشی از خود ساطع می‌کند که معادل ۱۴۱۰ × ۱/۸ کیلووات آن به زمین می‌رسد. سیاره زمین می‌تواند معادل ۶۰ درصد انرژی را جذب کند. میزان ۰/۱ درصد از این انرژی وقتی با بهره‌وری ده درصدی استحصال گردد، معادل چهار برابر نرخ ظرفیت تولید انرژی در کره زمین (۳۰۰۰ گیگا وات) خواهد بود [۱۷].

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. میزان تابش انرژی خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال 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. روش‌های گوناگونی برای استفاده از این انرژی پاک و لایزال الهی وجود دارد، اما گرم کردن آب با استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی، شاید

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

آسان‌ترین و اقتصادی‌ترین روش باشد. در ایران حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد انرژی مصرفی هر خانوار صرف تأمین آب گرم بهداشتی می‌شود که با داشتن دانش کافی در باره تابش خورشید، به راحتی و به صورت بسیار مؤثرتر می‌توان انرژی خورشید را برای گرم کردن آب مصرفی منازل و حتی کاربرهای صنعتی به کار برده و کاهشی چشمگیر در میزان هزینه آب گرم مصرفی داد. برای تحقق این اهداف، مطالعه دقیق اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی مزایا و موانع بکارگیری این فناوری امری الزامی است. در این مورد، پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج از کشور به رشته تحریر در آمده که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

ساتکین (۱۳۸۰) به تحلیل اقتصادی- اجتماعی بکارگیری انرژی خورشیدی در تأمین آب گرم مصرفی خانواده های ۴ الی ۵ نفره به منظور توجیه اقتصادی سرمایه‌گذاری کلان، در سیستم آبگرمکن خورشیدی در ایران پرداخت. ایشان میزان مصرف انرژی و آلایندگی حاصل از روش‌های سنتی را تعیین و دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری آبگرمکن خورشیدی را ۴/۵ سال اعلام نمود [۲]. عیوضی (۱۳۸۴) بکارگیری آبگرمکن خورشیدی به منظور استفاده بهینه از انرژی خورشیدی را در منطقه ۲۲ تهران مورد بررسی قرار داد. ایشان همچنین میزان صدور آلاینده‌ها و در نهایت درصد صرفه‌جویی در میزان صدور آلاینده‌ها و هزینه های ناشی از آن را مورد بررسی قرار داده و دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری آبگرمکن خورشیدی را ۱۰/۴ سال اعلام نمود [۷].

حسنی و سینا (۱۳۸۹) در بررسی اقتصادی و فنی استفاده از آبگرمکن خورشیدی، مبادرت به مقایسه آبگرمکن خورشیدی با آبگرمکن های برقی، گازوئیلی و گاز طبیعی از نظر اقتصادی نمودند و بازگشت سرمایه در جایگزینی آبگرمکن خورشیدی به جای آبگرمکن های برقی، گازوئیلی و گاز طبیعی را به ترتیب در حدود ۳/۳، ۳/۶ و ۱۶ سال اعلام نمودند [۱].

Mendieta (۱۹۹۹) در رساله خود به امکان سنجی مکانی و اقتصادی استفاده از آبگرمکن خورشیدی در شهر مکزیکوسیتی پرداخته و اقدام به برآورد مقدار کاهش گازهای آلاینده از این طریق و نیز سوخت و کاهش هزینه آن در مقایسه با آبگرمکن های معمولی نموده و زمان بازگشت سرمایه اولیه به منظور جایگزینی آبگرمکن های خورشیدی را ۲/۳۵ سال اعلام کرد [۱۶].

Ying Wang و LiHua Zhao (۲۰۰۶) در شهر GuangZhou چین مبادرت به محاسبه اقتصادی بکارگیری آبگرمکن خورشیدی در این شهر کرده و هزینه اولیه و هزینه نگهداری سه نوع آبگرمکن برقی، گازی و خورشیدی را باهم مقایسه کرده و آبگرمکن خورشیدی را علیرغم هزینه اولیه زیاد، به خاطر طول عمر مفید زیاد دارای صرفه اقتصادی بیان می‌کنند [۱۸].

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه امکان سنجی بکارگیری آبگرمکن خورشیدی به رشته تحریر در آمده است اما اکثر قریب به اتفاق آنها بیشتر بر مزیت‌ها و مسائل اقتصادی استفاده از

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

آبگرمکن خورشیدی تاکید داشته‌اند و به مزایای زیست محیطی و اجتماعی استفاده از این فناوری کمتر توجه نموده‌اندکه این امر منجر به نتایج متفاوت و بعضاً دور از واقعیت در برآورد هزینه های اولیه استفاده از آبگرمکن خورشیدی به منظور تأمین آب گرم مصرفی شده است. در پژوهش حاضر علاوه بر جنبه اقتصادی، جنبه های اجتماعی و زیست محیطی مزایای استفاده از آبگرمکن های خورشیدی مورد بحث و تحلیل قرار خواهد گرفت. برای این منظور، بسته به داده‌های قابل استحصال سعی می‌شود مسائل و مزایای استفاده از آبگرمکن های خورشیدی در مقایسه با استفاده از سایر منابع معمول انرژی مصرفی (بعد از حذف یارانه) برای شهر شیراز و برای خانوارهای ۴ و ۵ نفره بررسی شود و با استناد به هزینه های صرفه جویی شده در بخش‌های مذکور، دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری آبگرمکن خورشیدی برای خانواده های ۴ الی ۵ نفره شهر شیراز تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

معرفی آبگرمکن خورشیدی

آبگرمکن‌های خورشیدی به طوری که از نام آنها پیداست، از طریق جذب انرژی خورشید و تابش نور بر صفحات جاذب (کلکتور) عمل می‌نمایند و راندمان گرمایشی آنها در فصول مختلف سال و بر حسب موقعیت‌های جغرافیایی هر شهر متفاوت می‌باشد. این محصول می‌تواند در اقلیم‌های مختلف و متفاوت تا ۸۵ درصد انرژی مورد نیاز آب گرم مصرف‌کنندگان را تأمین نماید [۱۲]. اجزاء اصلی تشکیل دهنده یک آبگرمکن خورشیدی عبارتند از:

- کلکتورهای حرارتی خورشیدی
- سیستم گردش آب
- پمپ‌های انتقال آب
- مخزن آب

آبگرمکن خورشیدی دارای مزایای قابل توجه ای است که از جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. این سیستم تقریباً در هر اقلیم قابل استفاده است.
۲. یک منبع تأمین انرژی مستقل است و انرژی مورد نیاز آن به راحتی در دسترس می‌باشد.
۳. در زمان قطع گاز یا برق همچنان آبگرم در اختیار مصرف کننده است .
۴. پس از خرید و نصب هزینه تأمین سوخت ندارد.
۵. با محیط و نگهداری زیست سازگار است .
۶. تعمیر و نگهداری آن آسان است .

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

۷. به راحتی به سیستم‌های گرمایی غیر خورشیدی موجود اضافه می‌گردد.
۸. هزینه نگهداری و تعمیر آن پایین است.
۹. عمر مفید آن طولانی است و به ۱۵ تا ۳۰ سال می‌رسد.

معرفی محدوده مورد مطالعه

شیراز یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز استان فارس است. مختصات جغرافیایی شیراز عبارت است از ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۱۴۸۰ تا ۱۶۷۰ متر در نقاط مختلف شهر متغیر است. بر پایه آخرین سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵ خورشیدی، این شهر دارای جمعیتی بالغ بر ۱۶۷۵۸۷۳ نفر بوده و مجموع خانوارهای ۴ و ۵ نفره در این سال برابر با ۱۷۸۹۹۳ خانوار بوده است. شهر شیراز در بخش مرکزی استان فارس، در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده و آب و هوای معتدلی دارد. شهر شیراز بر طبق آخرین تقسیمات اداری به ۹ منطقه مستقل شهری تقسیم شده و مساحتی بالغ بر ۱۷۸۸۹۱ کیلومتر مربع دارد. میانگین دما در تیرماه (گرم‌ترین ماه سال) ۳۰ درجه سانتی‌گراد، در دی‌ماه (سردترین ماه سال)، ۵ درجه سانتی‌گراد، در فروردین‌ماه ۱۷ درجه سانتی‌گراد و در مهرماه ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و میانگین سالانه دما ۱۸ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی سالانه شهر شیراز ۳۳۷ میلی‌متر می‌باشد.

دلایل در نظر گرفتن شهر شیراز به منظور تحلیل اقتصادی ـ اجتماعی و زیست محیطی مزایای بکارگیری آبگرمکن خورشیدی:

۱. واقع شدن در عرض پایین و در نتیجه برخورداری از بیشترین تابش خورشیدی
۲. دارا بودن شرایط بینابینی در میان استان‌های معتدل و گرم و خشک
۳. داشتن جمعیت زیاد و حرکت به سمت کلان‌شهر شدن به صورتی که اگر امروز برای کاهش آلودگی آن راه کاری ارایه نشود، به جمع مراکز استانی آلوده خواهد پیوست.

جمع‌آوری و آنالیز داده‌ها

روش تحقیق در پژوهش حاضر تحلیلی – توصیفی است. به منظور انجام این پژوهش به روش اسنادی، اقدام به گردآوری اطلاعاتی همچون میزان مصرف آبگرم روزانه به ازای هر نفر در کشور، متوسط دمای ورودی و خروجی به آبگرمکن و بهای انرژی مصرفی بعد از حذف یارانه های دولتی از کتب، نشریات و سایت‌های اینترنتی شد. سپس اقدام به کسب اطلاعات در مورد خصوصیات آبگرمکن خورشیدی گردید. در مرحله بعد، تحقیقات صورت گرفته در داخل و خارج از کشور از نظر موانع، مسائل و مزایای بکارگیری آبگرمکن خورشیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که این گام منجر به شناخت بهتر موضوع و مسائل موجود در راه استفاده از این فناوری گردید. همچنین فرمول‌ها و روابط ریاضی مورد نیاز برای

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

محاسبه میزان انرژی مصرفی به ازای هر نفر، از این تحقیقات استخراج شد. سپس با مراجعه به سالنامه آماری ۱۳۸۷، اعداد و ارقام لازم همچون میزان انتشار گازهای آلاینده به ازای یک کیلووات ساعت برق مصرفی و میزان هزینه‌های اجتماعی این آلاینده‌ها به منظور انجام تجزیه و تحلیل و بر آورد هزینه‌های اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی آبگرمکن خورشیدی تهیه گردید. در ادامه، به منظور ارائه نتایج در رابطه با یک شهر و ملموس‌تر ساختن حجم کلان انرژی صرفه‌جویی شده، کاهش گازهای آلاینده، میزان هزینه های اجتماعی و کاهش هزینه حذف و کنترل گاز دی اکسید کربن، تعداد خانوار های ۴ و ۵ نفره شهر شیراز از سالنامه آماری کشور استخراج گردید. نهایتاً میزان مزایای اقتصادی – اجتماعی و زیست محیطی این خانوارها در صورت جایگزینی آبگرمکن خورشیدی به جای سوخت فسیلی به عنوان هدف اصلی این پژوهش و برآورد بازگشت مبلغ سرمایه گذاری اولیه به عنوان هدف جنبی محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل اطلاعات

تحلیل اقتصادی

به عنوان یک فناوری نابالغ، مهم‌ترین مانع برای توسعه استفاده از سیستم آبگرمکن خورشیدی، سرمایه بر بودن اولیه این سیستم خورشیدی است که بر روی انتخاب مشتریان تأثیر منفی می‌گذارد [۱۸]. برای این مسأله لازم است راه‌کارهای اساسی اندیشیده شود. در مناطقی که هزینه های انرژی و حامل‌های انرژی زیاد است و دسترسی به شبکه گاز و برق مشکل و یا اساساً دسترسی به آنها وجود ندارد، کاربرد این محصول از اهمیت فوق‌العاده ای برخوردار است. معمولاً ابعاد بهینه مولد های خورشیدی را به گونه ای انتخاب می‌کنند که در کنار تأسیسات حرارتی حدود ۷۵ درصد نیاز سالانه آبگرم مصرفی ساختمان را برآورده نماید و یا به عبارتی دیگر، سیستم‌های خورشیدی حدود ۹ ماه از سال صددرصد نیاز آبگرم مصرفی ساختمان را تأمین و در سه ماه فصل زمستان به صورت سیستم کمکی در کنار تأسیسات مرکزی ساختمان عمل می‌نماید [۱۳]. در پژوهش حاضر به منظور تحلیل اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی مزایای بکارگیری آبگرمکن خورشیدی، سیستم ساده آبگرمکن خورشیدی برای تهیه آب گرم خانوارهای ۴ و ۵ نفره مد نظر قرار گرفته است. این نوع آب گرمکن از نوع پمپی آن متمایز هست. در نوع دوم به یک پمپ جانبی نیاز می‌باشد که مقدار مصرف و هزینه را بالا می‌برد. برای مثال، انتقال ۱۰۰ متر مکعب آب در دقیقه به ارتفاع ۱۰۰ متر در صورت راندمان ۱۰۰ درصد پمپ نیاز به ۱.۵ مگاوات برق می‌باشد[۱۶] و همچنین به دلیل نبود اطلاعات آماری در مورد میزان مصرف آبگرمکن های گازی و رعایت یکدستی واحدهای اندازه‌گیری، فرض بر این قرار گرفته که این آبگرمکن ها از انرژی برق نیروگاه‌های کشور استفاده می‌کنند.

با توجه به استانداردهای موجود در زمینه مصرف آب گرم در ایران، به ازای هر نفر معادل ۶۰ لیتر آب گرم برای مصرف در روز در نظر گرفته شده است [۴] که برای یک خانواده ۴ الی ۵ نفره حجم آب گرم مصرفی حدود ۲۸۰ لیتر در روز در

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

نظر گرفته می‌شود. برآورد میزان انرژی مورد نیاز این مقدار آب با توجه به دمای ورودی و خروجی آب مصرفی گام اصلی و اساسی در راستای پژوهش حاضر می‌باشد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

بار آب گرم مصرفی توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود [۶، ۱۸].

$$Q=C_pM\ (T_2-T_1) \qquad (۱)$$

Q : بار حرارتی آب گرم مصرفی (kJ)

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

C_p : وزن مخصوص آب در فشار ثابت ۴/۱۸ kj/kg

T_1: دمای آب گرم ورودی به آبگرمکن (۱۵/۵ C °)

T_2 : دمای آب گرم خروجی از آبگرمکن (۶۰ C °)

با توجه به رابطه بالا، بار حرارتی آب گرم مصرفی در روز برای یک خانواده ۴ الی ۵ نفره برابر خواهد بود با:

کیلووات ساعت در روز ۲۸۰ * ۴/۱۸ * (۶۰−۱۵/۵) = ۵۲۰۸۲/۸ kj ≈ ۱۴/۵

به دلیل اینکه رابطه بالا میزان مصرف انرژی را برای یک روز فراهم می‌کند، در راستای روند تحقیق اقدام به برآورد میزان مصرف در طول سال گردید. بدین منظور با توجه به اینکه برای دمای آب ورودی شهر، متوسط سالانه دما در نظر گرفته شده است (۱۵/۵ ° C)، از بار آب گرم محاسبه شده در یک روز برای محاسبه بار آب گرم سالانه نیز استفاده گردید:

کیلووات ساعت در سال ۱۴/۵ * ۳۶۵ = ۵۲۹۲/۵

اگر ۷۵ درصد این میزان از انرژی در سال توسط یک آبگرمکن خورشیدی تأمین گردد، میزان کل انرژی اکتسابی با استفاده از این فناوری به قرار زیر خواهد بود:

کیلووات ساعت در سال ۵۲۹۲/۵ * ۰/۷۵ = ۳۹۶۹/۴

با توجه به قیمت پلکانی (جدول۱) تقریباً ۳۳۱ کیلووات ساعت مصرف ماهانه انرژی برق بعد از حذف یارانه‌ها، ارزش ریالی این میزان انرژی در سال ۱۳۹۰ برای یک ماه برابر با ۱۸۱۸۵ تومان خواهد بود. این رقم در یک سال برابر با ۲۱۸۲۲۰ تومان خواهد شد که این مبلغ در صورت استفاده از آبگرمکن خورشیدی در طول یک سال برای یک خانوار ۴ الی ۵ نفره صرفه جویی پولی خواهد داشت.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

جدول ۱): محاسبه پلکانی هزینه ماهانه برق صرفه جویی شده توسط آبگرمکن خورشیدی ۱۳۹۰

مصرف ۳۰ روزه (Kwh)	نرخ (ریال)	مصرف ۳۰ روزه (Kwh)	مبلغ (ریال)
۰ – ۱۰۰	۳۰۰	۱۰۰	۳۰۰۰۰
۱۰۰ – ۲۰۰	۳۵۰	۱۰۰	۳۵۰۰۰
۲۰۰ – ۳۰۰	۷۵۰	۱۰۰	۷۵۰۰۰
۳۰۰ – ۴۰۰	۱۳۵۰	۳۱	۴۱۸۵۰
مقدار مصرف انرژی و مبلغ ماهانه		۳۳۱	۱۸۱۸۵۰

مأخذ: بر اساس فیش برق مصرفی صادره شرکت توزیع برق استان تهران در تیرماه ۱۳۹۰

با استناد به جدول (۱) و با در نظر گرفتن کل خانوارهای ۴ و ۵ نفره شهر شیراز بر طبق آمار سال ۱۳۸۵ و ضرب این تعداد در رقم پولی حاصله از میزان صرفه جویی سالانه انرژی برق به واسطه استفاده از آبگرمکن خورشیدی، رقمی که با استفاده از آبگرمکن خورشیدی تنها در خانوارهای ۴ و ۵ نفر صرفه جویی خواهد شد، به شرح جدول (۲) خواهد بود.

جدول ۲): محاسبه میزان و هزینه برق صرفه جویی شده توسط آبگرمکن خورشیدی خانوارهای ٤ و ٥ نفره شیراز

تعداد خانوار ٤ نفره	۱۱۰۵۳۰
تعداد خانوار 0 نفره	٦٨٤٦٣
مجموع خانوارهاي ٤ و 0 نفره	۱۷۸۹۹۳
مقدار صرفه جويي هر خانوار در سال (Kwh)	۳۹٦۹/٤
ميزان صرفه جويي پولي در هر خانوار در سال (تومان)	۲۱۸۲۲۰
ميزان انرژي صرفه جويي شده كل خانوار در سال (Kwh)	۷۱۰٤۹٤۸۱٤
مبلغ صرفه جويي(تومان)	۳۹۰۵۹۸۵۲٤٦۰

مأخذ: بر اساس سالنامه آماری ۱۳۸۵

قیمت آبگرمکن و بررسی دوره بازگشت هزینه اولیه بکارگیری آن در خانوارهای ۴ الی ۵ نفره نیز فرایندی است که در این مرحله به آن پرداخته می‌شود. اشاره به این مطلب ضروری است که محاسبه دوره بازگشت سرمایه اولیه استفاده از آبگرمکن خورشیدی متأثر از شرایط و عوامل گوناگونی است که پرداختن به آن از حوصله این نوشتار خارج می‌باشد.

قیمت آبگرمکن خورشیدی که توانایی تأمین ۲۸۰ لیتر آب گرم برای خانوار های مورد نظر را در روز داشته باشد، طبق اعلام شرکت سازنده در حدود ۱۱۵۰۰۰۰ تومان می‌باشد. با احتساب تنها هزینه بدست آمده از طریق صرفه جویی و یا تولید انرژی در سال (۲۱۸۲۲۰ تومان)، دوره بازگشت سرمایه اولیه این محصول برابر با ۵/۲۷ سال خواهد بود.

۱۱۵۰۰۰۰ ÷ ۲۱۸۲۲۰ = ۵/۲۷ سال

تحلیل هزینه های اجتماعی

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

بر اثر تولید گازهای آلاینده صدماتی به اکوسیستم و بهداشت و سلامت افراد جامعه و ساختارهای فیزیکی از جمله ساختمان‌ها و بناهای مختلف و مواد و محصولات تولیدی وارد می‌شود که ضرورت دارد برای جبران این آسیب‌ها در اقتصاد کشور هزینه‌هایی انجام شود. به مجموع پولی که جهت جبران آسیب‌های وارده بر اکوسیستم و بهداشت و سلامت افراد و جامعه و مواد و محصولات تولیدی و بناها و ساختمان‌ها هزینه می‌شود، هزینه های اجتماعی ناشی از انتشار گازهای آلاینده و گازهای گلخانه ای گفته می‌شود. بیشترین هزینه اجتماعی بخش انرژی، مربوط به منتشر شدن گازهای گلخانه‌ای شامل (CO_2، NOx، SO_2) است. [۱۰] هزینه اجتماعی مستقیم و غیر مستقیم NOx، SO_2 و CO_2 در سال ۱۳۸۷ به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی در نیروگاه‌های بخاری کشور حدود ۷۲۰ تا ۱۳۶۰ ریال، نیروگاه های گازی ۷۴۰ تا ۱۳۸۰ ریال و در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۵۹۰ تا ۱۲۳۰ ریال بر آورد شده است [۱۱] که به طور متوسط ۱۰۰۰/۳۳ ریال می‌باشد. استفاده از آبگرمکن خورشیدی به دلیل کاهش استفاده از انرژی‌های فسیلی، کاهش میزان هزینه های اجتماعی را به دنبال خواهد داشت. با توجه به مقدار انرژی صرفه جویی شده به واسطه بکارگیری آبگرمکن خورشیدی و میزان متوسط هزینه اجتماعی نیروگاه‌های کشور به ازای یک کیلووات ساعت برق تولیدی، مقدار هزینه های اجتماعی در صورت بکارگیری آبگرمکن خورشیدی به ازای یک خانوار ۴ الی ۵ نفره در یک سال به شرح زیر خواهد بود:

۳۹۶۹/۴ * ۱۰۰/۳۳ = ۳۹۸۲۵۰ ریال

جدول (۳) میزان کاهش هزینه های اجتماعی را در شهر شیراز در صورت استفاده از آبگرمکن خورشیدی نشان می‌دهد.

جدول ۳): محاسبه هزینه اجتماعی برق صرفه جویی شده توسط آبگرمکن خورشیدی خانوارهای ٤ و ٥ نفره شیراز - ۱۳۸۷

تعداد خانوار ۴ نفره	۱۱۰۵۳۰
تعداد خانوار ۵ نفره	۶۸۴۶۳
مجموع خانوارهای ۴ و ۵ نفره	۱۷۸۹۹۳
مقدار صرفه جویی هر خانوار در سال (Kwh)	۳۹۶۹/۴
میزان کاهش هزینه های اجتماعی به ازای یک خانوار در سال (تومان)	۳۹۸۲۵
مبلغ صرفه جویی هزینه های اجتماعی در سال (تومان)	۷۱۲۸۳۹۶۲۲۵

مأخذ: بر اساس سالنامه آماری ۱۳۸۵ و ترازنامه انرژی ۱۳۸۷

اکنون با اضافه شدن هزینه های اجتماعی صرفه جویی شده به ازای یک خانوار به مقدار محاسبه شده از طریق تولید انرژی توسط آبگرمکن خورشیدی در یک خانوار ۴ الی ۵ نفره در طول یک سال، بازگشت هزینه های اولیه مساوی خواهد با:

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

سال۴/۵ ≈ ۲۵۸۰۴۵ ÷ ۱۱۵۰۰۰۰

تحلیل زیست محیطی

یکی از مسائل عمده مربوط به استفاده از سوخت‌های فسیلی بحث تولید گازهای NO_2، SO_2 ، CO_2 است و یکی از اهداف جایگزینی حامل‌های انرژی تجدید پذیر کاهش تولید گازهای مذکور بخصوص گاز CO_2 و اثر گلخانه ای آن است [۱۵]. با افزایش رشد اقتصادی همواره صدمات و ضایعاتی متوجه محیط زیست می‌شود. در نگاه اول، مفهوم توسعه پایدار همان افزایش سطح استاندارد زندگی همراه با حفظ محیط زیست است. با توجه به این امر، اساسی‌ترین ابزار جهت ورود و حضور مباحث مرتبط با محیط زیست در بخش انرژی، تبیین اثرات اقتصادی انرژی بر محیط زیست کشورمان می‌باشد [۸]. آلاینده های هوا ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین شکل اثرات مخرب زیست محیطی منتج از بخش انرژی است که می‌تواند سلامتی انسان و موجودات زنده و محیط انسانی را به مخاطره بیندازند. علیرغم اینکه در ایران اکثر آبگرمکن های خانگی از گاز طبیعی استفاده می‌کنند و گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی، سوختی پاک به شمار می‌رود و کمترین مقدار آلودگی را داراست. با این وجود، ۵۰ درصد از کل انتشار دی اکسید کربن بخش انرژی کشور مربوط به گاز طبیعی است که از نظر مسأله تغییرات اقلیم قابل توجه می‌باشد [۱۱].

در کشور بیشترین انتشار در بین گازهای آلاینده، گاز CO_2 با ۶۷۷/۸۲۶ گرم بر کیلووات ساعت اعلام گردید. همچنین SO_2 با شاخص انتشار ۳/۰۵۸ گرم بر کیلووات ساعت و NOx با شاخص انتشار ۲/۵۵۲ گرم بر کیلووات ساعت در رده بعدی قرار دارند [۱۱]. با علم به میزان انتشار گازهای آلاینده به ازای هر کیلووات و با توجه به عدد بدست آمده از راه صرفه جویی برق در یک خانوار ۴ الی ۵ نفره به واسطه استفاده از آبگرمکن خورشیدی، امکان محاسبه مقدار کاهش گازهای آلاینده میسر خواهد شد. جدول (۴)

جدول ٤): میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای توسط آبگرمکن خورشیدی با ازای هر خانوار ٤ و ٥ نفره- ۱۳۸۷

گاز آلاینده	مقدار انتشار به ازای یک کیلووات ساعت (گرم)	مقدار کاهش به واسطه آبگرمکن خورشیدی (کیلوگرم در سال)
CO_2	۶۷۷/۸۲۶	۲۶۹۰.۵۶۲
SO_2	۳/۰۵۸	۱۲/۱۳۸
NOx	۲/۵۵۲	۱۰/۱۲۹
جمع	۶۸۳/۴۳۶	۲۷۱۲/۸۲۹

مأخذ: بر اساس تراز نامه انرژی ۱۳۸۷

با به دست آمدن میزان انتشار گازهای آلاینده در یک خانوار ۴ الی ۵ نفری می‌توان مقدار کل انتشار گازهای آلاینده به ازای تنها مجموع خانوارهای ۴ الی ۵ نفره در شهر شیراز را نشان داد. جدول (۵)

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

جدول ۵): میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به ازای کل خانوار ٤ و ٥ نفره شهرستان شیراز

تعداد خانوار ٤ نفره	۱۱۰۵۳۰
تعداد خانوار ٥ نفره	٦٨٤٦٣
مجموع خانوارهاي ٤ و ٥ نفره	۱۷۸۹۹۳
مقدار صرفه جويي هر خانوار در سال (Kwh)	۳۹٦۹/٤
مقدار انتشار گازهاي آلاينده به ازاي يک کيلووات ساعت (گرم)	٦٨۳/٤۳٦
ميزان کاهش گازهاي آلاينده هر خانوار در سال (کيلوگرم)	۲۷۱۲/۸۲۹
ميزان کاهش گازهاي آلاينده کل خانوار در سال (تن)	٤٨٥٥۷۷

مأخذ: بر اساس سالنامه آماري ۱۳۸۵ و ترازنامه انرژي ۱۳۸۷

تولید حجم عظیمی از گازهای آلاینده و تأثیرات منفی آن، کشورها را بر آن داشته تا به دنبال راه‌هایی برای حذف و کنترل این گازها و برآورد هزینه این فرایندها باشند که در کشور ما نیز این سیاست دنبال می‌شود. هرچند در پژوهش حاضر کاهش حجم سه گاز اصلی آلاینده هوا (NO_2، SO_2، CO_2) در صورت استفاده از آبگرمکن خورشید محاسبه شد، لیکن به دلیل نبود آمار و پژوهش‌های قابل استناد در رابطه با میزان هزینه کنترل و حذف NO_2 و SO_2 ، در راستای روند تحقیق تنها صرفه جویی هزینه حذف گاز CO_2 به واسطه استفاده از آبگرمکن خورشیدی محاسبه گردید. با توجه به اینکه فرض مقاله بر این بود که خانوارها از آبگرمکن های برقی برای تأمین آب گرم خود استفاده می‌کردند، هزینه حذف و کنترل گاز دی اسید کربن حاصل از آبگرمکن های برقی در مبدأ تولید انرژی برق یعنی نیروگاه‌های تولید الکتریسته گازی مد نظر قرار گرفت. هزینه مهار و حذف CO_2 از نیروگاه‌های گاز سوز کشور حدود ۳۶ دلار به ازای هر تن می‌باشد [۹]. با توجه به برابری نرخ ارز، هر دلار معادل ۱۰۰۰ تومان در نظر گرفته شد. جدول (۶) مقدار پولی صرفه جویی شده حاصل از کاهش حجم گاز دی اکسید کربن در نتیجه بکارگیری آبگرمکن خورشیدی را نشان می‌دهد.

جدول ٦): میزان کاهش هزینه حذف و کنترل دی اکسید کربن به ازای کل خانوارهای ٤ و ٥ نفره شهرستان شیراز

تعداد خانوار ٤ نفره	۱۱۰۵۳۰
تعداد خانوار ٥ نفره	٦٨٤٦٣
مجموع خانوارهاي ٤ و ٥ نفره	۱۷۸۹۹۳
مقدار صرفه جويي هر خانوار در سال (Kwh)	۳۹٦۹/٤
مقدار انتشار گازهاي آلاينده به ازاي يک کيلووات ساعت (گرم)	٦٨۳/٤۳٦
ميزان کاهش گازهاي آلاينده هر خانوار در سال (کيلوگرم)	۲۷۱۲/۸۲۹
ميزان کاهش گازهاي آلاينده کل خانوار در سال (تن)	٤٨٥٥۷۷
ميزان کاهش هزينه حذف گاز دي اکسيد کربن به ازاي هر خانوار (تومان)	۹۷٦٦۸
ميزان کاهش هزينه حذف گاز دي اکسيد کربن به ازاي کل خانوار (تومان)	۱۷٤۸۱۸۸۸۳۲٤

مأخذ: نگارندگان

در نهایت امر با استناد به مبلغ صرفه جویی شده از فرایند حذف و یا کنترل دی اکسید کربن به واسطه کاهش صدور این آلاینده در هر خانوار، بازگشت سرمایه اولیه هر آبگرمکن برابر با رقم زیر خواهد بود:

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

سال ۳/۲۳ ≈ ۳۵۵۷۱۳ ÷ ۱۱۵۰۰۰۰

یافته‌های تحقیق

بر فرض برقی بودن آبگرمکن های مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه، راندمان ۷۵ درصدی آبگرمکن خورشیدی و گاز سوز بودن نیروگاه های برق کشور، میزان صرفه جویی برق مصرفی در سال به ازای هر خانوار ۴ الی ۵ نفره ۳۹۶۹/۴ کیلووات ساعت، میزان کاهش هزینه های اجتماعی ۳۹۸۲۵ تومان، میزان کاهش گازهای آلاینده به ازای هر خانوار مذکور ۲۷۱۲/۸۲۹ کیلوگرم و کاهش هزینه حذف و یا کنترل گاز دی اکسید کربن در نیروگاه‌های کشور ۹۷۶۶۸ تومان به ازای هر خانوار خواهد بود. با توجه به تعداد خانوارهای ۴ و ۵ نفره شهر شیراز بر طبق آمار جمعیتی سال ۱۳۸۵ که برابر با ۱۷۸۹۹۳ خانوار می‌باشد، میزان انرژی تولیدی آبگرمکن های خورشیدی و یا میزان صرفه جویی انرژی مصرفی آبگرمکن‌های برقی، هزینه های اجتماعی، کاهش گازهای آلاینده و کاهش هزینه حذف دی اکسید کربن تولیدی در نیروگاه‌های کشور در سال به ترتیب برابر با ۷۱۰۴۹۴۸۱۴ کیلووات ساعت، ۷۱۲۸۳۹۶۲۲۵ تومان، ۴۸۵۵۷۷ تن و ۱۷۴۸۱۸۸۸۳۲۴ تومان خواهد بود. همچنین با توجه به ارقام بدست آمده برای هر خانوار از بابت صرفه جویی انرژی در یک سال، دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری آبگرمکن های خورشیدی برابر با ۵/۲۷ سال، با احتساب مبلغ صرفه جویی شده از طریق کاستن از هزینه های اجتماعی این رقم به ۴/۵ سال و هزینه صرفه جویی شده از طریق کاهش حجم دی اکسید کربن ۳/۲۳ سال کاهش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری

همزمان با کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی به واسطه پایان پذیر بودن این ذخایر و مصرف بی رویه آن، شاهد افزایش دمای کره زمین هستیم که بخش عمده این افزایش به سبب استفاده از سوخت‌های فسیلی است. در نتیجه، در طول چند دهه اخیر استفاده از انرژی‌های نو مورد توجه قرار گرفته است که نه تنها پایان ناپذیر است بلکه به طور فراوان در طبیعت موجود می‌باشد. همچنین افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی در چند دهه اخیر سرمایه گذاری در این بخش را نیز توجیه‌پذیر ساخته است.

در این راستا، هر چند هزینه استفاده از انرژی خورشیدی بسیار بالاست، ولی امروزه در سیاست گذاری‌ها فقط هزینه سیستم‌های خورشیدی در نظر گرفته نمی‌شود و پول تنها چیزی نیست که ما صرفه جویی می‌کنیم بلکه فواید حاصل از بکارگیری آنها، مانند کاهش آلودگی محیط زیست نیز مدنظر قرار می‌گیرد. با استفاده از آبگرمکن خورشیدی بعد از ۳/۲۳ سال اگر عمر متوسط آبگرمکن را ۲۰ سال در نظر بگیریم، حدود ۱۷ 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

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

مقدار چشم‌گیری از انرژی که طبیعت به طور رایگان و پاک در اختیار ما قرار می‌دهد بهره‌مند خواهد ساخت. همچنین از دستکاری زیان‌آور طبیعت به منظور تولید انرژی مانند ایجاد سدها بر روی رودخانه‌ها و تغییر ساختار و روند اکولوژیکی آن بخصوص در مناطق خشک که طبیعتی شکننده دارند، اجتناب خواهد شد. با استفاده از انرژی سرشار خورشیدی به طبیعت فرصت دوباره زیستن را خواهیم داد و بر اصلی‌ترین عامل تخریب محیط یعنی مصرف بی رویه انرژی‌های فسیلی غلبه خواهیم یافت. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که استفاده از این محصول و این نوع از انرژی نه تنها دارای صرفه اقتصادی است بلکه دارای بازگشت سرمایه مناسبی هم می‌باشد و مدت زمان طولانی نیز می‌تواند تأمین کننده انرژی مورد نیاز باشد. همچنین اگر بتوان تمام اثرات واقعی مقدار گازهای گلخانه ای تولید شده را بر تغییر اقلیم منطقه ای شهرستان شیراز و جهانی به دست آورد، ضرورت استفاده از این وسیله گرمایشی بیش از بیش و حتی با هزینه های فعلی آن ضرورتی اجتناب ناپذیر خواهد بود. با این وجود، توجه دولت و سازمان‌های مربوطه به منظور آگاه سازی و نیز کمک به خانوارها برای استفاده از این سیستم ضروری است.

منابع

[۱] حسنی، عبدالمجید. سینا، علیرضا. ۱۳۸۹، کاهش مصرف انرژی الکتریکی با جایگزینی آبگرمکن خورشیدی به جای آبگرمکن برقی، دومین کنفرانس سراسری اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی، اهواز.

[۲] ساتکین، محمد .۱۳۸۰، تحلیل اقتصادی- اجتماعی بکار گیری انرژی خورشیدی در تأمین آب گرم مصرفی خانوارهای ۴ الی ۵ نفره در ایران، سومین همایش ملی انرژی، تهران، صص ۶۲۴- ۶۱۷.

[۳] سادات حسینی شکرابی، حلیا. ۱۳۸۸، اثرات کاربرد سیستم‌های انرژی خورشیدی در مصرف انرژی و آلاینده های محیط زیست (مطالعه موردی تهران)، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، ص ۶۷.

[۴] صالحی کوهستانی، محمد. قدمیان، حسین. ۱۳۸۹، تعیین میزان سطح کلکتور خورشیدی در طراحی آبگرمکن خورشیدی در شهر تهران، ماهنامه تهویه مطبوع، شماره ۸۵، ص ۴۱.

[۵] صلاحی، برومند .۱۳۸۳، پتانسیل سنجی انرژی باد و برازش احتمالات واقعی وقوع باد با استفاده از تابع توزیع چگالی احتمال ویبول در ایستگاه‌های سینوپتیک استان اردبیل، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲، صص ۱۰۴- ۸۷.

[۶] طباطبائی، مجتبی.۱۳۸۰، محاسبات تأسیسات ساختمان، انتشارات روز بهان، تهران.

[۷] عیوضی، زهرا.۱۳۸۴، استفاده از آبگرمکن خورشیدی در مناطق مسکونی/ تجاری منطقه ۲۲ شهرداری تهران و اثرات آن در بهسازی محیط زیست، چهارمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.

[۸] قربانی، رضا. اکولوژی عمومی .۱۳۸۸، جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۹۱.

[۹] کرباسی، ع. رحیمی، ن.۱۳۸۰، روش‌ها و اقتصاد کنترل دی اکسیدکربن گازهای خروجی نیروگاه‌های کشور، سومین همایش ملی انرژی ایران، تهران.

[۱۰] کارگری، نرگس. خودی، مریم. ۱۳۸۴، هزینه های اجتماعی بخش انرژی فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۵.

[۱۱] معاونت امور انرژی وزارت نیرو. ۱۳۸۷. ۱۳۸۵، ترازنامه انرژی.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]

[۱۲] معاونت پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۱۳۸۸، گزارش امکان سنجی مقدماتی تولید آبگرمکن خورشیدی، کارفرما: شرکت شهرک‌های صنعتی کرمان.

[۱۳] هراتیان، مجتبی. آخوندی، نادر.۱۳۸۲، تحلیل فنی و اقتصادی کاربرد آبگرمکن خورشیدی برای یک ساختمان دولتی در اصفهان، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، صص ۲۰۱۷-۲۰۲۶.

[14] Aydin, N. Y., et al ,2009, GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 364–373.

[15] M. Thyholt, A.G. Hestnes. 2008. Heat supply to low-energy buildings in district heating areas :Analyses of CO2 emissions and electricity supply security, Journal of Energy and Buildings , Volume 40: 131-139.

[16] Mendieta, Minerva Ferrel.1999. The use of solar water heaters in Mexico City. School of Architedure McGill University Quebec Montreal, Canada.

[17] Mirunalini Thirugnanasambandam, S. Iniyan, Ranko Goic. 2010. A review of solar thermal technologies, Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14: 312-322.

[18] Ying ,Wang . LiHua Zhao.2006. Economic Analysis of Solar Water Heaters in Guang Zhou. Policy for Energy Efficiency and Comfort, Vol.VII-4-4.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-08-18]