

# آسیب شناسی عدم ترویج آبگرمکن های خورشیدی

## در ایران

محمد علی صادق زاده

تاریخ پذیرش مقاله:

۹۵/۰۳/۱۶

تاریخ دریافت مقاله:

۹۴/۱۰/۰۸

### چکیده:

در این پژوهش، عوامل مؤثر در عدم ترویج آبگرمکن های خورشیدی خانگی در ایران ارزیابی شده است. ممیزی انرژی نشان می دهد که در دوره سرما این مبدل ها نیازمند سیستم پشتیبان هستند. نظر سنجی از کاربران، متخصصان و عرضه کنندگان این آبگرمکن ها دلالت دارد که قیمت نازل حامل های انرژی، کارایی پایین در دوره سرما، بی اعتباری آبگرمکن و نیاز به پشتیبان، مساله یخزدگی لوله های آب، عدم صرفه اقتصادی، مشکلات تعمیر و نگهداری و مصرف برق بالا، بترتیب مهمترین عوامل عدم ترویج این آبگرمکن ها بوده است. ارزیابی اقتصادی مؤید این است که این آبگرمکن ها مقرون به صرفه نبوده و افزایش قیمت حامل های انرژی به مقادیر جهانی، رهیافت کلیدی و مقدم بر راهکارهای مکمل می باشد.

### کلمات کلیدی:

انرژی تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی، آبگرمکن خورشیدی، آسیب شناسی، نظرسنجی، عدم ترویج

## مقدمه

انرژی خورشیدی یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر و در دسترس‌ترین آنها می‌باشد و استفاده از آن نیاز حال و آینده بشر است. کشور ایران با متوسط سالانه ۲۸۵۰ ساعت آفتاب از چنین پتانسیلی برخوردار است. ۸ و ۱۲ .. روشهای گوناگونی برای استفاده از این انرژی پاک و لایزال خدادادی وجود دارد، اما گرم کردن آب با استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی، آسانترین و اقتصادی‌ترین روش می‌باشد. واقعیت این است که آبگرمکن‌های خورشیدی (ساده‌ترین مبدل انرژی خورشیدی - گرمایی می‌باشند) در ایران ترویج نیافته در حالی که کشور همسایه ما ترکیه با جمعیت برابر و پتانسیل انرژی خورشیدی کمتر، دارای رتبه سوم جهان در بکارگیری و نصب آبگرمکن‌های خورشیدی است و در آن بیش از پنج میلیون آبگرمکن خورشیدی خانگی در حال بهره‌برداری می‌باشد. ۱۱ و ۱۳ و ۱۴ ..

پژوهشگران فعال در زمینه آبگرمکن‌های خورشیدی بیشتر درصدد توسعه فنی و ارتقاء عملکرد آن بوده‌اند و کمتر به آسیب‌شناسی عدم ترویج آن پرداخته‌اند. ردی در پژوهشی در ایالت مازندران هند با مراجعه به نظرات ۶۶ کاربر آبگرمکن خورشیدی، دریافت که موانع عدم توسعه آنها بترتیب: ۱- هزینه اولیه بالا، ۲- بی اعتباری در تامین آب گرم لازم، ۳- عدم صرفه جویی قابل ملاحظه و ۴- در دسترس نبودن خدمات آن بوده است. ۱۵ ..

شادی‌طلب و نایه‌در، در پژوهشی به واکاوی عوامل مؤثر بر پذیرش آبگرمکن‌های خورشیدی خانگی در نواحی روستایی پرداخته و با نظرسنجی عمومی (عمدتاً غیر کاربر) در چند روستای شهرستان بردسکن (خراسان) دریافتند که ۱- عدم اطمینان و نیاز به آبگرمکن دیگر، ۲- هزینه اولیه بالا، ۳- شایعه عدم رضایت کاربران، ۴- عدم آگاهی عمومی و ۵- عدم ارایه خدمات پس از فروش، اهم عوامل مؤثر در عدم پذیرش آبگرمکن‌های خورشیدی در جامعه روستایی ایران بوده است. ۱ .. همچنین فدایی و همکاران دریافتند که ۱- نبود راهبری استراتژیک، ۲- عدم بهره‌گیری مطلوب از منابع انسانی، ۳- مشکلات در ساختار اجرایی و نظارتی و ۴- عدم تناسب اهداف و توان مدیریتی، علل عدم تحقق اهداف کشور در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله ترویج آبگرمکن‌های خورشیدی در برنامه چهارم توسعه ایران بوده است. ۴ و ۸ ..

آبگرمکن‌های ترموسیفونی (اعم از کلکتور صفحه تخت و یا کلکتور لوله خالا) از این جهت که ارزانتر و کاربرد و نگهداری آنها ساده‌تر است و از طرفی نیازمند مصرف توان الکتریکی (جهت عملکرد پمپ) نیستند نسبت به سایر آبگرمکن‌ها مزیت دارند. در مقابل، مخزن ذخیره آب و لوله‌های رفت (سرد) و برگشت (گرم) آب به منبع در هوای آزاد قرار دارند و حتی اگر این لوله‌ها بخوبی هم عایق‌بندی شده باشند، پدیده اتلاف انرژی از منبع ذخیره آب گرم و یخزدگی لوله‌های رفت و برگشت آب در شهبای سرد و طولانی زمستان، از مشکلات خاص این نوع آبگرمکن‌ها محسوب می‌شود. ۷ و ۲۰ .. در این پژوهش ابتدا نتایج میدانی عملکرد (ممیزی انرژی) نمونه آبگرمکن‌های مذکور ارایه می‌شود و سپس

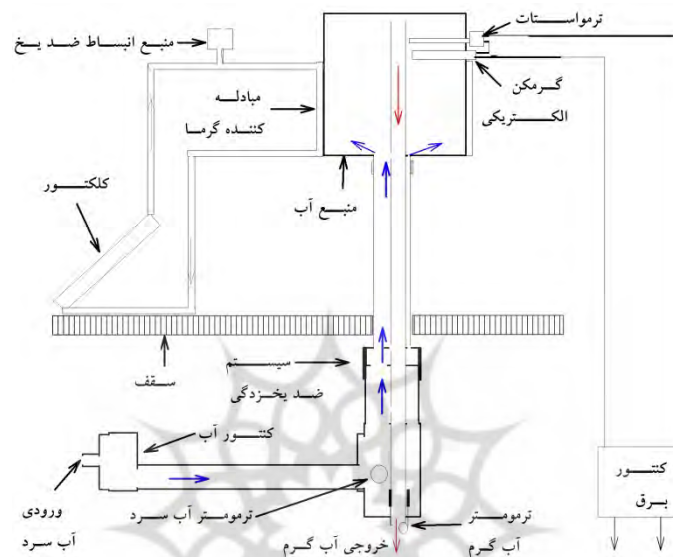
عوامل اقلیمی، جوی و فنی مؤثر بر عملکرد این آبگرمکن‌ها مطرح و در آخر، ارزیابی اقتصادی و نتایج نظرسنجی از کاربران، متخصصان، فروشندگان و تولید کنندگان در باره عوامل مرتبط با عدم ترویج آبگرمکن‌های خورشیدی بررسی می‌شود.

### عملکرد میدانی آبگرمکن خورشیدی

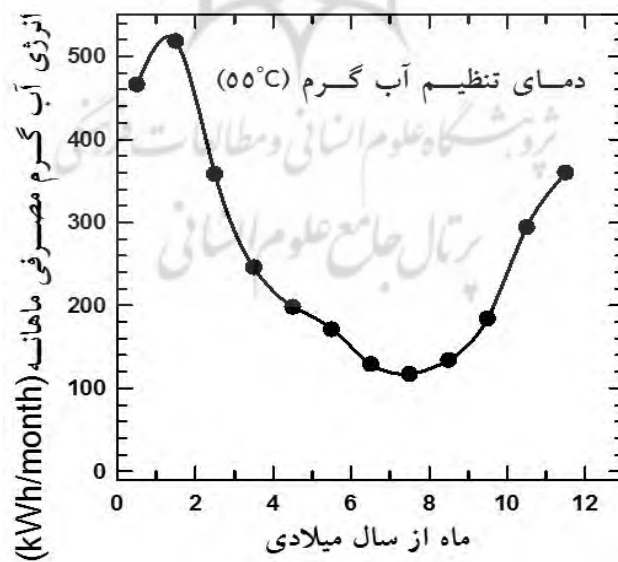
برای ارزیابی عوامل فنی و اقلیمی دخیل در عدم توسعه آبگرمکن‌های خورشیدی، لازم است ابتدا عملکرد میدانی سالانه آن در یک واحد مسکونی معمولی ۴ نفره در شهر یزد (مرکز ایران) ارایه شود. شکل (۱) شمای کلی آبگرمکن خورشیدی ترموسیفونی بکار رفته را نشان می‌دهد. کلکتور خورشیدی شامل ۲ پانل صفحه تخت مسی به مساحت ۳/۲ متر مربع و حجم مخزن آب گرم استوانه‌ای عمودی ۲۲۰ لیتر بود. مجاری آب سرد و گرم آن طبق شکل در سیستم ضد یخزدگی تعبیه شده است. ۱۶. از آنجا که این آبگرمکن در ایام ابری و یا کوتاه سال نمی‌تواند به‌تنهایی آب گرم مصرفی خانوار را تامین کند لذا از یک گرمکن الکتریکی (المنت برقی) با توان ۲۰۰۰ به‌عنوان سیستم پشتیبان استفاده شده‌است. در شرایطی که دمای آب بالای مخزن کمتر از مقدار تنظیم ۵۵° باشد، مدار مربوطه توسط کلید ترموستاتیکی فعال می‌شود. به‌منظور ارزیابی ممیزی انرژی، حجم آب گرم مصرف شده روزانه ... به وسیله کنتور آب و مقدار برق مصرف شده روزانه ... با کنتور برق اندازه گیری شد. دمای آب سرد ورودی و آب گرم خروجی متناوباً و در طول شبانه روز با ترمومترهای مربوطه اندازه گیری و متوسط دمای آب گرم آن روز ... و متوسط دمای آب سرد ورودی آن روز ... محاسبه گردید. سپس مقدار ماهانه انرژی آب گرم مصرفی (در آن ماه) ... طبق:

$$E_{MHW} = \sum_{i=1}^n M_{HWi} C_w \cdot T_{HWi} - T_{CWi} \quad (1)$$

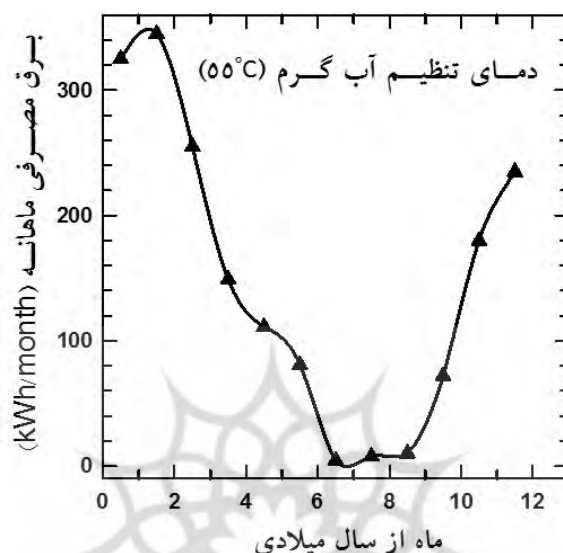
که در آن،  $C_w$  گرمای ویژه آب است، محاسبه و تغییرات سالانه آن در شکل (۲) نشان داده شده‌است. ۳. نمادها، متوسط نتایج تجربی دوره سه ساله می‌باشند. مقدار ماهانه انرژی الکتریکی مصرف شده (به وسیله المنت برقی) ... در ماه‌های مختلف سال محاسبه و تغییرات سالانه آن در شکل (۳) نشان داده شده‌است. ۳. شکل (۲) مؤید این است که متوسط انرژی آب گرم مصرفی در زمستان ۳ برابر تابستان است. شکل (۳) می‌رساند که متوسط برق مصرفی ماهانه در تابستان ناچیز است، اما در زمستان به بیش از ... ۳۰۰ در ماه می‌رسد. در ادامه، به واکاوی عوامل دخیل پرداخته می‌شود.



شکل ۱) شمای کلی آبگرمکن خورشیدی ترموسیفونی مجهز به سیستم پشتیبان گرمکن الکتریکی بکار رفته در این پژوهش [۳]



شکل ۲) تغییرات انرژی آب گرم مصرفی ماهانه (تولید شده به وسیله آبگرمکن خورشیدی و المنت آن) در طول سال میلادی [۳]



شکل ۳) تغییرات برق مصرفی ماهانه المنت آبگرمکن خورشیدی ترموسیفونی در طول سال میلادی [۳].

### عوامل عدم ترویج آبگرمکن خورشیدی در ایران

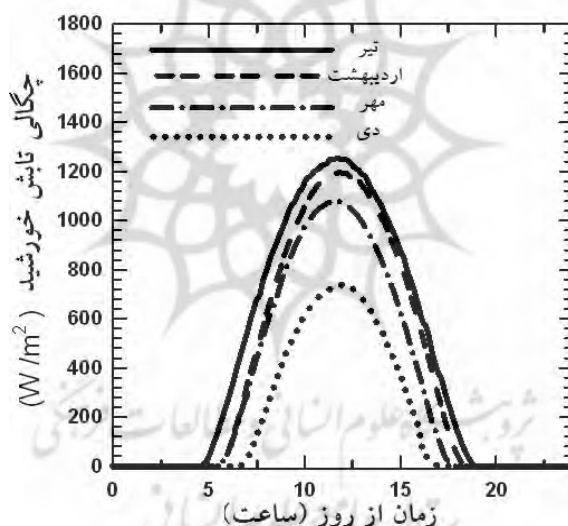
مسئله برخی از عوامل عدم ترویج آبگرمکن های خورشیدی فنی و یا کاربردی بوده و به شرایط اقلیمی و جوی، و بخشی به شرایط اقتصادی - اجتماعی - سیاسی هر منطقه و یا کشور مربوط است. همچنین نظرات دست‌اندرکاران (کاربران، متخصصان، تولیدکنندگان و فروشندگان) در باره عوامل مؤثر بر عدم توسعه این آبگرمکن‌ها می‌تواند روشنگر واقعیت باشد.

### عوامل اقلیمی و جوی

برای درک بهتر عملکرد آبگرمکن خورشیدی خانگی در طول سال لازم است عوامل دخیل در جذب انرژی تابشی خورشیدی، گرمایش آب، مصرف آب گرم و اتلاف انرژی گرمایی بدقت ارزیابی شوند. از جمله این عوامل، چگالی تابش روزانه خورشید در ایام سال، میزان ساعات آفتابی، اتلاف گرمایی مخزن (که به دمای محیط بستگی دارد)، اتلاف گرمایی سیستم لوله کشی، حجم مخزن، دمای آب سرد ورودی، و دمای آب گرم خروجی و سطح کلکتور می‌باشند.

چگالی تابش خورشیدی رسیده به زمین، به مکان، عرض جغرافیایی، روز سال، میزان صافی جو و زمان در روز بستگی دارد. ۹۰٪ در شکل منحنی تغییرات روزانه چگالی تابش خورشیدی رسیده به زمین در ۴ روز نمونه صاف در ماه‌های تیر، اردیبهشت، مهر و دی اندازه گیری شده در ایستگاه هواشناسی یزد را نشان می‌دهد. ۳۰٪ مساحت محصور بین هر یک از

منحنی‌ها و محور افقی (زمان) مشخصه انرژی تابشی خورشیدی رسیده به واحد سطح زمین در آن روز است. از مقایسه نمودارها پی‌می‌بریم که انرژی تابشی خورشیدی قابل جذب روزانه در تیرماه بیش از دو برابر دی‌ماه است که بخشی از این تفاوت به اختلاف طول روز تابستان و روز زمستان و بخشی به زاویه تابش و جذب در اتمسفر مربوط است. طبق این نمودار، یک آبگرمکن خورشیدی دارای کلکتوری با مساحت  $3/2$  متر مربع و راندمان  $50\%$  درصد حد اکثر می‌تواند  $7000$  کیلووات ساعت انرژی در یک روز صاف زمستانی تامین کند که کمتر از متوسط انرژی آب گرم مصرفی است. لذا چنین آبگرمکنی نمی‌تواند آب گرم مصرفی مورد نیاز خانوار را تامین کند و لذا نیازمند یک آبگرمکن مکمل (سیستم پشتیبان) می‌باشد تا کاهش توان خورشیدی در ایام سرد سال، کم‌آفتاب و یا در شرایطی که مصرف آب گرم زیاد است را جبران کند.

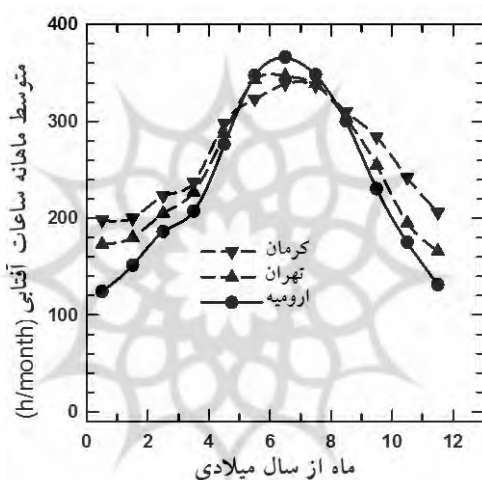


شکل ۴) تغییرات چگالی تابش خورشید رسیده به زمین در طول روز صاف در ماه‌های تیر، اردیبهشت، مهر و دی، اندازه‌گیری شده در ایستگاه هواشناسی یزد [۳].

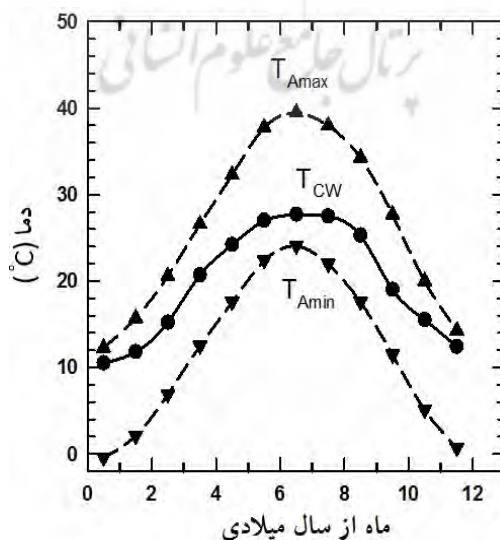
متوسط ماهانه ساعات آفتابی مناسبی در ارزیابی شرایط اقلیمی شهرها و مناطق ایران می‌باشد. در نمودارهای شکل (۵) متوسط ماهانه ساعات آفتابی چند شهر مقایسه شده است.  $3000$  مشاهده می‌شود که ساعات آفتابی پاییز و زمستان بمراتب کمتر از فصول دیگر است و این موجب کاهش کارایی آبگرمکن خورشیدی در نیمه سرد و ابری سال می‌شود.

به منظور بررسی تاثیر شرایط جوی بر عملکرد آبگرمکن خورشیدی، متوسط ماهانه دمای بیشینه و کمینه هوای شهر یزد (واقع در مرکز ایران) و همچنین متوسط ماهانه دمای آب ورودی به آبگرمکن خورشیدی در شکل (۶) نشان داده شده است.  $3000$  از شکل پیداست که متوسط دمای هوا در تابستان  $33^{\circ}$  و در زمستان  $6/5^{\circ}$  می‌باشد در حالی که دمای آب سرد (شبكة) در تابستان  $27^{\circ}$  و در زمستان به  $12^{\circ}$  درجه کاهش می‌یابد. دمای آب سرد

ورودی تاثیر بسزایی در عملکرد آبگرمکن خورشیدی دارد به طوری که در تابستان فقط ... ۰/۰۲۱ انرژی نیاز است تا دمای یک لیتر آب ۲۷° به ۴۵° برسد در حالی که در دی ماه این مقدار تقریباً دو برابر ( ... ۰/۰۳۷) می باشد. اتلاف گرما از منبع آبگرمکن خورشیدی (که در محیط بیرون قرار دارد) متناسب با کاهش دمای هوای محیط در ماههای سرد سال قابل ملاحظه می باشد که این خود مزید علت . کارایی پایین . این آبگرمکن در دوره سرد سال است . ۳ و ۷ ...



شکل ۵) تغییرات متوسط ماهانه ساعات آفتابی چند مرکز استان (کرمان، تهران و ارومیه) در ماههای مختلف سال میلادی [۳]



شکل ۶) نمودار متوسط ماهانه: دمای بیشینه T<sub>Amax</sub>، کمینه T<sub>Amin</sub> هوا، و دمای آب ورودی T<sub>cw</sub> به آبگرمکن در طول سال در یزد [۳].

## عوامل فنی و کاربردی

به دلیل کاهش تابش خورشید در ایام ابری و مخصوصا در زمستان، آبگرمکن‌های خورشیدی نمی‌توانند به‌تنهایی آب گرم مصرفی خانوار را تامین کنند و نیازمند یک سیستم پشتیبان هستند. ساده‌ترین، ارزان‌ترین، کوچکترین، مؤثرترین و ظاهرا بی‌آلایندترین سیستم پشتیبان آبگرمکن خورشیدی، استفاده از گرمکن الکتریکی مقاومتی (المنت برقی) مجهز به کلید کنترل ترمو استاتیکی (ترمو استات) می‌باشد. ۶۰٪ توان الکتریکی و ارتفاع نصب المنت در مخزن آبگرمکن خورشیدی به عوامل زیادی از جمله حجم مخزن، تعداد ساکنین و الگوی زمانی مصرف آب گرم واحد مسکونی بستگی دارد. از طرفی، استفاده از المنت برقی با محدودیت‌های فنی از جمله بالا رفتن توان الکتریکی (و احتمالا قطع جریان برق و عواقب و خسارات مرتبط) واحد مسکونی و به بالطبع بالا رفتن توان شبکه توزیع برق همراه است. مضافا اینکه از جنبه اقتصاد خانواده، این موضوع اهمیت داشته و می‌تواند موجب نارضایتی و عدم استقبال عموم از این آبگرمکن شود. شکل (۳) می‌رساند که برق مصرفی آبگرمکن در تابستان ناچیز است ولی در بهمن‌ماه بیشینه و به ... ۳۵۰ در ماه ( ... ) در ۱۲ روز می‌رسد و لذا مصرف برق بالا می‌تواند عامل عدم توسعه باشد.

از شکل (۲) واضح است که بیشترین مصرف آب گرم در زمستان (سه برابر تابستان) و در شرایطی که دمای آب سرد ورودی و تابش خورشید کمینه (کمتر از نصف مقدار تابستان) و میزان ابرناکی بیشینه است، رخ می‌دهد. به عبارتی، در زمستان که آهنگ مصرف آب گرم واحد مسکونی حداکثر مقدار است، آبگرمکن خورشیدی دارای کمترین کارایی و بالطبع مصرف برق المنت آن بیشینه است و لذا عدم کارایی لازم در ماه‌های سرد می‌تواند عامل عدم ترویج آنها باشد. از آنجا که ظرفیت مخزن آبگرمکن خورشیدی متناسب با مساحت کلکتور و تعداد نفرات ساکن در واحد مسکونی می‌باشد، لذا اولاً مقدار انرژی خورشیدی استحصالی روزانه محدود است (دارای مقدار حداکثری متناسب با مساحت کلکتور و در شرایط ابرناکی این مقدار کمتر هم می‌باشد) و ثانياً در شرایطی که آهنگ مصرف آب گرم زیاد و بیش از مقدار گرمایش خورشیدی باشد به طوری که حتی المنت برقی (با توان محدود) قادر به جبران نباشد، دمای آب گرم به کمتر از مقدار مطلوب  $40^{\circ}$  تنزل کرده و موجب نارضایتی کاربران می‌شود. به‌طور خلاصه، بی‌اعتباری و نیاز به آبگرمکن دیگر حتی در فصول دیگر نیز می‌تواند عامل نارضایتی و عدم توسعه آبگرمکن خورشیدی باشد.

آب گرم موجود در مخزن آبگرمکن خورشیدی ترموسیفونی (واقع در پشت بام) پس از پیمودن مسافت چند متری به مصرف‌کننده می‌رسد و پس از پایان مصرف، آب گرم موجود در لوله بتدریج سرد و به‌عبارتی، گرمای آن تلف و این پدیده در مصرف بعدی نیز تکرار می‌شود. میزان اتلاف گرما (متناسب با آب سرد خارج شده در شروع مصرف) به فاصله مصرف‌کننده تا منبع آب گرم و دفعات مصرف بستگی دارد. نتایج تجربی مقدار آب (سرد) خارج شده ۱۵٪ و دمای اولیه بر حسب فاصله از منبع آبگرمکن و نیز میزان اتلاف انرژی متناظر در شرایطی که دمای آب سرد ورودی به آبگرمکن آب گرم



خروجی  $45^{\circ}$  بوده، در جدول (۱) فهرست شده است. از جنبه ممیزی انرژی، کاهش فاصله مصرف کننده تا منبع، موجب اتلاف کمتر شده است، لذا در طراحی واحد مسکونی بایستی طول لوله‌کشی آب گرم، کمتر باشد و از لوله‌های باریکتر استفاده شود ضمن آن که عایق کاری لوله‌ها نیز ضروری است. طول زیاد لوله آب گرم نه تنها باعث اتلاف انرژی گرمایی، بلکه باعث طولانی شدن زمان رسیدن آب گرم به مصرف کننده و موجب نارضایتی کاربران می‌شود. به‌طور خلاصه، فاصله زیاد آبگرمکن خورشیدی و مصرف کننده یک مشکل ساختاری و کاربردی آبگرمکن خورشیدی ترموسیفونی می‌باشد.

هر چند که آبگرمکن‌های خورشیدی ترموسیفونی، به واسطه ارزانی، سادگی عملکرد و نگهداری بر انواع دیگر ارجح هستند ولی در ایام سرد و مخصوصاً در زمستان، وقوع پدیده یخزدگی، لوله‌های رفت و برگشت آب که در هوای آزاد پشت بام قرار دارند، یکی از مشکلات خاص چنین آبگرمکن‌هایی است. یخزدگی و ترکیدگی لوله‌های آب باعث اختلال در عملکرد و موجب بی اعتباری آبگرمکن خورشیدی و در نتیجه، عامل نارضایتی کاربران و عدم توسعه کاربرد آنها می‌شود.

۳ و ۱۷ ...

جدول (۱) نتایج تجربی آب خروجی در شروع مصرف و انرژی اتلافی بر حسب فاصله تا منبع آبگرمکن خورشیدی [۳].

طول لوله (متر)	آب خروجی اولیه (لیتر)	انرژی اتلافی (kWh)
۶	۱/۸	۰/۰۶۳
۹/۵	۳/۱	۰/۱۰۸۵
۱۴	۴/۷	۰/۱۶۵
۱۵/۵	۵/۲	۰/۱۸۲
۱۸	۶	۰/۲۱۰

### عوامل اقتصادی

صرفه اقتصادی آبگرمکن‌های خورشیدی در توسعه بازار آنها حائز اهمیت است. ۵ و ۱۰ و ۱۱ .. ممیزی انرژی سالانه آبگرمکن خورشیدی تحت مطالعه (بر اساس نتایج میدانی سه ساله در شکل‌های ۲ و ۳ در جدول ۲ فهرست شده است. مقدار سالانه انرژی آب گرم تولید شده در مطالعه میدانی به وسیله آبگرمکن خورشیدی ترموسیفونی (با سرمایه اولیه ۲۶۵۰۰۰۰ ریال) برابر با .. ۳۱۷۵ می‌باشد. از طرفی، مصرف برق سالانه این آبگرمکن، .. ۱۷۷۵ بود که بهای آن با احتساب ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت برابر ۲۶۵۰۰۰۰ ریال می‌باشد. در مقابل، مقدار صرفه جویی انرژی سالانه آبگرمکن خورشیدی .. ۱۴۰۰ و به ارزش ۲۱۰۰۰۰۰ ریال در سال بوده است، لذا مدت زمان برگشت سرمایه اولیه (صرف نظر از آثار تورمی و هزینه نگهداری) بیش از ۱۲ سال می‌باشد. چنانچه برای تامین این مقدار آب گرم (انرژی) از یک آبگرمکن گازی مخزنی با قیمت ۶ میلیون ریال و راندمان ۷۰ درصد استفاده شود، فقط به ۳۵۰ متر مکعب گاز طبیعی (با ارزش حرارتی .. ۴۰۰۰) نیاز است و بهای گاز مصرفی طبق تعرفه هر متر مکعب گاز ۱۰۰۰ ریال برابر با

۳۵۰ هزار ریال می‌باشد. از این ارزیابی درمی‌یابیم که چنانچه از آبگرمکن گازی مخزنی استفاده شود، نه تنها به سرمایه اولیه کمتری نیاز است، بلکه هزینه گاز مصرفی بمراتب کمتر از برق مصرفی آبگرمکن خورشیدی است. ارزیابی اقتصادی مذکور می‌رساند که در شرایط اقتصادی فعلی (با قیمت نازل حامل‌های انرژی) آبگرمکن‌های خورشیدی مقرون به صرفه نیستند.

جدول ۲) ممیزی انرژی سالانه آبگرمکن خورشیدی تحت مطالعه [۳]

انرژی	مقدار سالانه (kWh)	ارزش (ریال)
آب گرم مصرفی	۳۱۷۵	۴۷۵۰۰۰۰
برق مصرفی	۱۷۷۵	۲۶۵۰۰۰۰
صرفه جویی	۱۴۰۰	۲۱۰۰۰۰۰

### نظرسنجی

با مراجعه به نظرات دست‌اندرکاران آبگرمکن‌های خورشیدی می‌توان به آسیب‌شناسی عدم توسعه آنها در ایران پی‌برد. کاربرانی که سالها از چنین آبگرمکن‌هایی در منازل خود استفاده کرده‌اند با مشکلات فنی و یا نقایص ذاتی و یا خرابی‌هایی که گاهی حادث می‌شود آگاه هستند، لذا موثق‌ترین منبع آسیب‌شناسی عدم توسعه چنین آبگرمکن‌هایی می‌باشند. از طرفی، نظرات متخصصان چنین آبگرمکن‌هایی که از جنبه‌های علمی و فنی عملکرد این سیستم‌ها آگاه هستند نیز می‌تواند در آسیب‌شناسی عدم توسعه آبگرمکن‌های خورشیدی مفید باشد. عرضه کنندگان (تولید کنندگان و فروشندگان)، بیشتر به جنبه‌های اقتصادی می‌پردازند به طوری که از دیدگاه آنها اصل هزینه و سود و به عبارتی صرفه اقتصادی ملاک توسعه تولید، فروش و مصرف می‌باشد.

برای تهیه و تنظیم فرم‌های نظرسنجی با کاربران، متخصصان و فروشندگان متعددی تبادل نظر شد (نظر سنجی مقدماتی) و لذا بسیاری از عوامل احتمالی عدم توسعه آبگرمکن‌های خورشیدی در ایران، به‌طور صریح و یا تلویحی در فرم‌های نظر سنجی لحاظ شد. برای تعیین روایی محتوای پرسشنامه از متخصصان دانشگاهی استفاده شد تا امکان قضاوت دقیق و صحیح فراهم شود. این متخصصین طبق اهداف از پیش تعیین شده مطالعه انتخاب شدند، به این ترتیب که ابتدا افراد محدودی به عنوان سرگروه در حوزه دامنه محتوایی مطالعه، انتخاب و از این افراد در شناسایی سایر متخصصین کمک گرفته شد. اگر چه روش پیشنهادی لاوشی حداقل تعداد اعضا را ۴ نفر اعلام می‌کند اما تعداد حداقل ۸ نفر بر این اساس انتخاب شد تا با سطح اطمینان بیشتری به توافق آرای مورد نیاز دست یابیم. اعتبار تجزیه و تحلیل روایی پذیرفته شده است. توزیع و گردآوری پرسشنامه‌ها بطور حضوری صورت گرفت و جهت سازگاری درونی و تکرار پذیری پرسشنامه نهایی، نمونه سئوالات را بین افراد مختلف توزیع و بعد از تکمیل پرسشنامه، سازگاری درونی با محاسبه آلفای کرونباخ و با

نرم افزار .... به میزان ۰/۸۵ تعیین گردید. همچنین به منظور آزمون تکرار پذیری، پرسشنامه طراحی شده بعد از ۷ روز به افراد قبلی داده شد و نتایج با استفاده از نرم افزار .... باز آزمایی و تایید شد. در ضمیمه ۱ فرم نظرسنجی از کاربران آبگرمکن‌های خورشیدی برای نمونه نشان داده شده است.

قطعا نظر سنجی از کاربران و متخصصان و فروشندگان چند شهر و استان می‌تواند به آسیب‌شناسی جامع‌تری منجر شود و لذا فرایند نظر سنجی در چهار استان یزد، کرمان، خراسان جنوبی و فارس و حتی الامکان با مراجعه حضوری به عمل آمد. در این بخش، نتایج نظرسنجی بعمل آمده از ۶۰ کاربر، ۳۰ متخصص و ۱۴ عرضه کننده (۱۲ فروشنده و ۲ تولید کننده) در ۴ استان مذکور ارایه می‌شود. ۳..

### نظرسنجی از کاربران

در این پژوهش، از نظرات ۴۴ کاربر یزدی، ۹ کاربر کرمانی، ۶ کاربر خراسانی و ۱ کاربر فارسی آگاه شدید. ۸۹ درصد آبگرمکن‌های کاربران از نوع ترموسیفونی غیر مستقیم با کلکتور صفحه تخت و ۱۱ درصد بقیه از نوع کلکتور لوله خلا بودند. از پاسخها مشخص شد که همه (۱۰۰ درصد) کاربران از آبگرمکن متفاوت دیگری بعنوان پشتیبان استفاده می‌کنند. به عبارتی، این آبگرمکن‌ها نمی‌توانند به صورت تک آبگرمکن. واحد مسکونی به کار روند و اکثر کاربران (۹۸ درصد)، از آبگرمکن پشتیبان در ماه‌های سرد سال استفاده می‌کنند و اندکی (۲ درصد) از آنها، آبگرمکن خورشیدی را بعنوان پیش گرمکن آبگرمکن اصلی به کار برده‌اند. در نظرسنجی بعمل آمده از کاربران، میزان کارایی آبگرمکن‌های خورشیدی در تامین آب گرم واحد مسکونی در ماه‌های مختلف سال مشخص و در شکل (۷) نشان داده شده‌است. این نظرسنجی با نتایج میدانی شکل‌های (۲) و (۳) همخوانی دارد و می‌رساند که آبگرمکن خورشیدی در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور بخوبی و در ماه‌های فروردین و مهر تا اندازه‌ای قادر است آب گرم مصرفی خانوار را تامین کند ولی در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند کارایی مطلوب را ندارد و نمی‌تواند به تنهایی آب گرم مصرفی را تامین کند.

نتایج نظرسنجی حاکی است که اکثر کاربران (۴۳ درصد) تایید کرده‌اند که لوله‌های رفت (سرد) و برگشت (گرم) آب آبگرمکن در زمستان یخ زده و می‌ترکند و ۳۳/۵ درصد آنها بیان کرده‌اند که این لوله‌ها در زمستان فقط یخ می‌زنند (نمی‌ترکند) و تنها ۲۳/۶ درصد کاربران مدعی شده‌اند که مشکل یخزدگی نداشته‌اند. این نظر سنجی می‌رساند که مشکل یخزدگی لوله‌های آب آبگرمکن خورشیدی ترموسیفونی با کلکتور صفحه تخت و یا کلکتور لوله خلا که در پشت بام نصب می‌شوند یک مشکل کاربردی رایج می‌باشد.

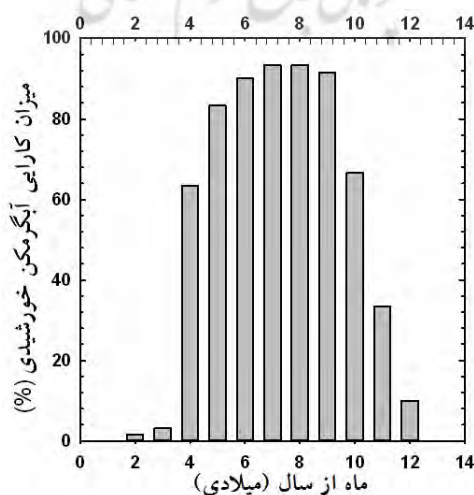
۳۰ درصد کاربران اظهار داشتند که آبگرمکن‌های خورشیدی صرفه اقتصادی ندارد و ۴۸ درصد بیان کردند صرفه اقتصادی کمی دارند و فقط ۲۲ درصد آنها بر این عقیده هستند که با صرفه هستند.

میزان رضایت‌مندی کاربران می‌رساند که ۳۴ درصد آنها از خرید و نصب آبگرمکن خورشیدی پشیمان و ۴۷/۵ درصد

تا حدی راضی و فقط ۱۸/۵ در صد آنها کاملاً راضی هستند. در سوال مشترکی (سوال ۱۰ فرم ضمیمه ۱)، از همه دست‌اندرکاران (کاربران، متخصصان، و عرضه کنندگان)، از هفت عامل احتمالی: الف) . کارایی . پایین در ماههای سرد سال، ب) مصرف . برق . بالا ، ج) . یخزدگی . لوله‌های آب، د) عدم . صرفه . اقتصادی و هزینه اولیه بالا، ه) . تعمیر . و نگهداری و خدمات پس از فروش، و) . بی اعتباری . آن و نیاز به آبگرمکن دیگر، ح) قیمت نازل . حامل . های انرژی نظر سنجی شد. جهت تعیین وزن نسبی، هر عامل با ۵ گزینه . عامل اصلی . ، بسیار مهم . ، مهم . ، کمی مهم . و بی اهمیت . ارزیابی و امتیاز بندی شد. سپس فرایند متوسط گیری و نهایتاً متوسط وزن نسبی هر عامل محاسبه و بترتیب اهمیت در جدول (۳) فهرست شد . ۳ ...

جدول (۳) نتایج نظر سنجی از دست‌اندرکاران آبگرمکن‌های خورشیدی و ترتیب عوامل مؤثر در عدم ترویج آنها در ایران [۳].

عرضه کننده‌گان		متخصصان		کاربران	
عامل	وزن	عامل	وزن	عامل	وزن
بی‌اعتباری	۰/۱۶۰	حامل	۰/۱۷۱	بی‌اعتباری	۰/۱۶۰
کارایی	۰/۱۵۷	تعمیر	۰/۱۶۵	کارایی	۰/۱۵۷
حامل	۰/۱۵۶	یخزدگی	۰/۱۴۸	حامل	۰/۱۵۶
یخزدگی	۰/۱۴۶	صرفه	۰/۱۴۶	یخزدگی	۰/۱۴۶
تعمیر	۰/۱۳۷	کارایی	۰/۱۳۶	تعمیر	۰/۱۳۳
صرفه	۰/۱۲۶	بی‌اعتباری	۰/۱۳۱	صرفه	۰/۱۲۹
برق	۰/۱۱۸	برق	۰/۱۰۳	برق	۰/۱۰۶



شکل ۷) میزان کارایی آبگرمکن خورشیدی در تامین آب گرم خانوار

## در ماه‌های مختلف سال (میلادی) بدست آمده از نظرسنجی کاربران [۳].

## نظرسنجی از متخصصان

در نظرسنجی بعمل آمده از متخصصان، از نظرات ۹ دکتر، ۱۷ مهندس و کارشناس، ۲ کاردان فنی و ۲ دیپلم فنی استفاده شد. از پاسخها مشخص شد که اکثر متخصصان براین عقیده‌اند که به آبگرمکن دیگری بعنوان مکمل (پشتیبان) نیاز است و عده‌ای این آبگرمکن‌ها را پیش گرمکن دیگری (آبگرمکن اصلی) می‌دانند.

نتایج نظرسنجی متخصصان نیز در جدول (۳) درج شده است که مؤید این است که از منظر آنها، قیمت نازل حامل‌های انرژی، مسایل تعمیر، خدمات و نگهداری و سپس یخزدگی لوله‌های آب و عدم صرفه اقتصادی و بعد کارایی پایین در زمستان و بی‌اعتباری و مصرف برق زیاد، عوامل عدم ترویج آبگرمکن های خورشیدی در ایران می‌باشند.

از دیدگاه متخصصان، معمولا سیستم‌های خورشیدی بخشی از انرژی مورد نیاز خانوار را تامین می‌کنند و وجود یک منبع انرژی جانبی (سیستم پشتیبان) واقعیتی پذیرفته است. لذا طبق جدول (۳)، از منظر آنها عدم کارایی، بی‌اعتباری و مصرف برق زیاد آبگرمکن خورشیدی، ویژگی‌ها و به‌عبارتی عوامل کم اهمیت می‌باشند. در مقابل از دیدگاه کاربران، این عوامل عیوب و حتی مهم‌ترین عوامل عدم توسعه آبگرمکن‌های خورشیدی محسوب می‌شوند که اینک پژوهش‌های مشابه نیز مؤید این است که بی‌اعتباری آبگرمکن خورشیدی و نیاز به آبگرمکن دیگر از عوامل عدم توسعه آنها بوده است. ۱۱ و ۱۵..

## نظر سنجی از عرضه کنندگان

در این پژوهش، از نظرات ۱۲ فروشنده و ۲ تولید کننده با سابقه بهره‌مند شدیم. متوسط قیمت عرضه این آبگرمکن‌ها ۲۶،۵۰۰،۰۰۰ ریال می‌باشد. در تایید نظر کاربران و متخصصان، اکثر فروشندگان و تولید کنندگان (۸۵ درصد) بر این عقیده‌اند که به آبگرمکن دیگری بعنوان مکمل نیاز است و فقط ۱۵ درصد آنها مدعی هستند که چنین نیست. پاسخ به سئوالی مؤید این است که اکثر عرضه‌کنندگان تایید کرده‌اند که این آبگرمکن‌ها اصولا صرفه اقتصادی دارند و مدت زمان بازگشت سرمایه ۴/۵ سال می‌باشد ولی عده کمی اعتراف کرده‌اند صرفه اقتصادی ندارند. نتایج میزان رضایت‌مندی تولید کنندگان و فروشندگان مؤید این است که ۳۶ درصد آنها پشیمان و ۵۰ درصد تا حدی راضی و فقط ۱۴ درصد آنها کاملا راضی هستند.

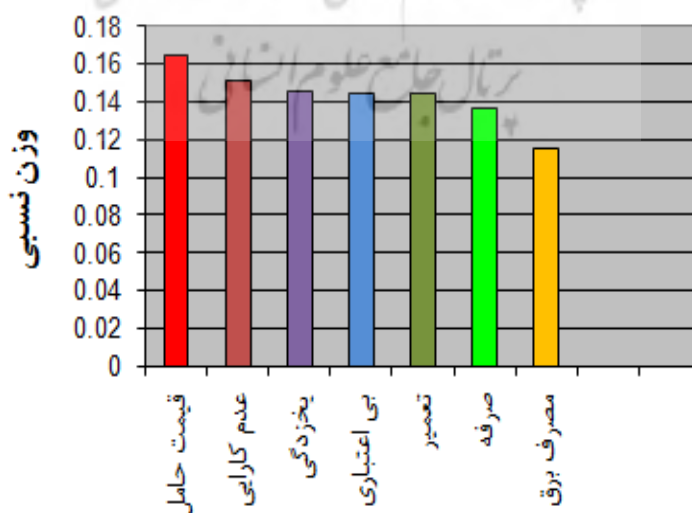
نتایج نظرسنجی از عرضه کنندگان (فروشندگان و تولیدکنندگان) نیز که در جدول (۳) درج شده است می‌رساند از منظر آنها، قیمت نازل حامل‌های انرژی، عدم صرفه اقتصادی، کارایی پایین در زمستان، یخزدگی لوله‌های آب مهم‌ترین عوامل عدم ترویج این آبگرمکن‌ها بوده و سپس مسایل تعمیر، مصرف برق بالا و بی‌اعتباری و نیاز به آبگرمکن دیگر اهمیت دارند.

مقایسه نظرسنجی بعمل آمده از کاربران، متخصصان و عرضه کنندگان در آسیب شناسی آبگرمکن های خورشیدی که در جدول (۳) فهرست شده است آموزنده می باشد. ملاحظه می شود که کاربران عوامل فنی و کاربردی را مهم تر دانسته، در مقابل، از منظر عرضه کنندگان عوامل اقتصادی اولویت دارند در حالی که متخصصان عوامل اقتصادی و فنی را مهمتر از عوامل کاربردی می دانند.

این حقیقت که مصرف برق بالای آبگرمکن خورشیدی تقریباً آخرین عامل در نظر سنجی های بعمل آمده از هر سه دسته می باشد به این واقیت مربوط است که اولاً اکثر کاربران در ماه های سرد، از آبگرمکن خورشیدی استفاده نمی کرده اند که میزان مصرف زیاد برق آنها را تجربه کرده باشند و ثانیاً هزینه برق مصرفی بر طبق تعرفه های فعلی چندان قابل ملاحظه نبوده و این عامل در مقایسه با سایر عوامل اهمیت کمتری دارد.

### نظرسنجی کلی

چنانچه همه کاربران، متخصصان، فروشندگان و تولید کنندگان را به عنوان یک جامعه آماری در نظر بگیریم، نتیجه نظرسنجی کلی حاصل در نمودار (۸) نشان داده شده است. مشخص است که تغییرات وزن نسبی عوامل (در گستره ۰/۱۱۵ تا ۰/۱۶۵) چندان شدید نیست. به عبارتی، همه عوامل کم و بیش مهم می باشند. صرفنظر از عامل عدم صرفه اقتصادی و مصرف برق بالا که ناشی از قیمت نازل حامل های انرژی می باشند، پنج عامل - قیمت نازل حامل های انرژی، عدم کارایی در ماه های سرد، یخزدگی، بی اعتباری، و تعمیر - موجب عدم ترویج آبگرمکن های خورشیدی در ایران می باشند.



عوامل عدم توسعه آبگرمکن خورشیدی در ایران

### شکل ۸) نتیجه نظر سنجی کلی و ترتیب اهمیت عوامل عدم توسعه آبگرمکن‌های خورشیدی در ایران [۳].

#### نتیجه گیری

در این پژوهش، عوامل مؤثر در عدم توسعه بکارگیری آبگرمکن‌های خورشیدی خانگی در ایران ارزیابی و مشخص شد که برخی از عوامل ناشی از محدودیت‌های اقلیمی و جوی، و برخی فنی و کاربردی می‌باشند و بخشی جنبه اقتصادی دارند. ممیزی انرژی آبگرمکن‌های خورشیدی نشان می‌دهد که مصرف آب گرم خانوار در زمستان سه برابر تابستان بوده در حالی که تابش خورشید در زمستان کمتر از نصف تابستان است. در نتیجه، این مدل‌ها در دوره سرد کارایی مطلوب را نداشته و نیازمند سیستم پشتیبانی چون المنت برقی (با مصرف برق زیاد) و یا آبگرمکن متفاوت دیگری می‌باشند. ارزیابی اقتصادی مؤید این است که در شرایط اقتصادی فعلی (با قیمت نازل حامل‌های انرژی) این آبگرمکن‌ها مقرون به صرفه نیستند. با نظر سنجی از ۶۰ کاربر، ۳۰ متخصص و ۱۴ عرضه کننده در چهار استان یزد، کرمان، فارس و خراسان مشخص شد که قیمت نازل حامل‌های انرژی، کارایی پایین در زمستان، بی‌اعتباری، یخزدگی لوله‌های آب، عدم صرفه اقتصادی، مشکلات تعمیر و مصرف برق بالا بترتیب مهمترین عوامل عدم توسعه در کاربرد خانگی این آبگرمکن‌ها در ایران بوده است. بدیهی است که افزایش قیمت‌های حامل‌های انرژی به مقادیر جهانی نه تنها باعث کوتاه شدن دوره برگشت سرمایه و صرفه اقتصادی آبگرمکن‌های خورشیدی می‌شود، بلکه مصرف برق بالای آنها نیز بی‌اهمیت خواهد بود و لذا عوامل مؤثر از هفت عامل مذکور به چهار عامل (عدم کارایی، یخزدگی، بی‌اعتباری و تعمیر) کاهش می‌یابد. نتیجه این که افزایش قیمت حامل‌های انرژی به مقادیر جهانی، رهیافت کلیدی و مقدم بر سایر راهکارهای مکمل برای ترویج آبگرمکن‌های خورشیدی خانگی در ایران می‌باشد.

#### سپاس‌گزاری

مؤلف از راهنمایی دکتر حسن حسینی نسب (دانشکده صنایع، دانشگاه یزد) در تنظیم پرسشنامه‌ها و نیز انجام آزمون روایی. محتوا و نیز از مرکز هواشناسی استان یزد برای داده‌های چگالی تابش خورشید قدردانی می‌کند. همچنین این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی. آسیب‌شناسی عدم توسعه آبگرمکن‌های خورشیدی و راهکارهای رفع آنها. بوده و مؤلف از حمایت مالی واحد تحقیقات شرکت برق منطقه‌ای یزد کمال سپاس‌گزاری را دارد.

## منابع

- [۱] شادی‌طلب، ژاله. نایه‌در، مهدی. (۱۳۸۸)، واکاوی عوامل مؤثر بر پذیرش آبگرمکن‌های خورشیدی خانگی در نواحی روستایی (مطالعه موردی شهرستان بردسکن)، مجله توسعه روستایی، دوره ۱ صفحات ۶۷-۸۷..
- [۲] صادق‌زاده، محمد علی. (۱۳۸۹)، راهکار جلوگیری از یخزدگی مجاری آب آبگرمکن خورشیدی-ترموسیفونی، طرح پژوهشی شماره ۸۳/۷۱۳۵، شرکت برق منطقه‌ای یزد- دانشگاه یزد..
- [۳] صادق‌زاده، محمد علی. (۱۳۹۴)، آسیب شناسی عدم توسعه آبگرمکن‌های خورشیدی و راهکارهای رفع آنها، طرح پژوهشی شماره ۸۳/۳۵۶/۱، شرکت برق منطقه‌ای یزد- دانشگاه یزد..
- [۴] فدایی‌امیر، داوود. شمس‌اسفندآبادی، زهرا. عباسی، آزاده. (۱۳۸۹)، بررسی علل عدم توسعه اهداف کشور در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در برنامه چهارم توسعه، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۳، صفحات ۱۳-۲۳..

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
 رتال جامع علوم انسانی



.....  
.....  
.....  
.....  
.....



## ضمیمه ۱

## فرم نظرسنجی از کاربران آبگرمکن خورشیدی

## بسمه تعالی

فرم نظر سنجی از کاربران آبگرمکن خورشیدی

طرح تحقیقاتی آسیب شناسی آبگرمکن های خورشیدی.

- ۱- چند سال آبگرمکن خورشیدی نصب کرده اید؟ ۱ سال  ۲  ۳  ۴  ۵  بیشتر
- ۲- آبگرمکن شما خارجی  یا ایرانی  و ظرفیت آن لیتر، نوع آن ، مارک آن می باشد
- ۳- هزینه خرید و نصب آن چقدر بوده است؟
- ۴- آیا این آبگرمکن تنها آبگرمکن خانه شما است  یا از آبگرمکن دیگری نیز استفاده می شود  ویا این پیشگرمکن دیگری است
- ۵- آیا این آبگرمکن در ماه های ۱  ۲  ۳  ۴  ۵  ۶  ۷  ۸  ۹  ۱۰  ۱۱  ۱۲  می تواند به تنهایی آب گرم شما را تامین کند و یا همیشه به آبگرمکن پشتیبان (دیگر) نیاز است
- ۶- استفاده از این آبگرمکن تا چه میزان مصرف برق شما را افزایش داده است؟ خیلی زیاد  زیاد  تا حدی  اندکی
- ۷- آیا در زمستان لوله های آب گرم و سرد آبگرمکن: یخ می زنند و می ترکند  یخ می زنند  و یا مشکلی ندارند
- ۸- این آبگرمکن صرفه اقتصادی: ندارد  کمی دارد  دارد  و زمان برگشت سرمایه سال است
- ۹- آیا این آبگرمکن تا کنون خراب شده است؟ خیر  بلی  و خود  تعمیر کار آزاد  و یا تعمیر کار مجاز  آن را تعمیر کرده  و یا هرگز درست نشده است

۱۰- میزان تاثیر عوامل احتمالی زیر در عدم استقبال و استفاده عموم در ایران از آبگرمکن خورشیدی

الف) عدم کارایی در ماه های سرد سال:	عامل اصلی <input type="checkbox"/>	بسیار مهم <input type="checkbox"/>	مهم <input type="checkbox"/>	کمی مهم <input type="checkbox"/>	بی اهمیت <input type="checkbox"/>
ب) مصرف برق بالا	عامل اصلی <input type="checkbox"/>	بسیار مهم <input type="checkbox"/>	مهم <input type="checkbox"/>	کمی مهم <input type="checkbox"/>	بی اهمیت <input type="checkbox"/>
ج) یخ زدگی لوله های آب و کلکتور:	عامل اصلی <input type="checkbox"/>	بسیار مهم <input type="checkbox"/>	مهم <input type="checkbox"/>	کمی مهم <input type="checkbox"/>	بی اهمیت <input type="checkbox"/>
ه) عدم صرفه اقتصادی و هزینه اولیه بالا:	عامل اصلی <input type="checkbox"/>	بسیار مهم <input type="checkbox"/>	مهم <input type="checkbox"/>	کمی مهم <input type="checkbox"/>	بی اهمیت <input type="checkbox"/>
و) تعمیر و نگهداری:	عامل اصلی <input type="checkbox"/>	بسیار مهم <input type="checkbox"/>	مهم <input type="checkbox"/>	کمی مهم <input type="checkbox"/>	بی اهمیت <input type="checkbox"/>
ز) بی اعتباری آن و نیاز به آبگرمکن دیگر:	عامل اصلی <input type="checkbox"/>	بسیار مهم <input type="checkbox"/>	مهم <input type="checkbox"/>	کمی مهم <input type="checkbox"/>	بی اهمیت <input type="checkbox"/>
ح) قیمت نازل حامل های انرژی:	عامل اصلی <input type="checkbox"/>	بسیار مهم <input type="checkbox"/>	مهم <input type="checkbox"/>	کمی مهم <input type="checkbox"/>	بی اهمیت <input type="checkbox"/>
۱۱ - علل عدم توسعه و استقبال عموم از این آبگرمکن به ترتیب ۱	۲	۳	۴	۵	۶

۱۲ - آیا از خرید این آبگرمکن راضی  تا حدی راضی  ویا پشیمان  هستید.

نظر خاص شما

با تشکر مجری طرح