



## عنوان: رهیافت نوین جهت کاهش انرژی و مصرف آب و بهینه سازی آنها در صنایع برودتی و کولر های آبی

نام و نام خانوادگی نویسنده اول: علیرضا صادقی

نام و نام خانوادگی نویسنده دوم: محمدمبین غنی مقدم

۱- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-گرایش سازه، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد پرفسور حسابی، دانشگاه آزاد اسلامی، تفرش، ایران

aliresa1993@yahoo.com

۲- نویسنده دوم: کارشناس ارشد مهندسی عمران- گرایش مدیریت و ساخت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

Navid.gh.civil@gmail.com

### چکیده

امروزه انسان از یکسو برای سهولت حیات در کره خاکی به دو رکن اصلی آب و انرژی به شدت احساس نیاز میکند و از سوی دیگر با اتلاف بیش از حد آنها روبرو است. از اینرو یکی از عمده ترین دغدغه های عصر حاضر تلاش برای جلوگیری از هرگونه هدر رفت آب و استفاده صحیح از انرژی می باشد. از آنجا که کولرهای آبی در کشور ایران مصرف آب و انرژی زیادی را به همراه دارند در این مقاله سعی شده است با جمع آوری اطلاعات درباره ی موضوع مورد بحث، الگوی مناسبی برای کاهش مصرف انرژی و آب در کولرهای آبی ارائه گردد، در این راستا سیستمی متشکل از چند لوله رفت و برگشت را در مخزن کولر و در سینی کف تعبیه نمودیم که این لوله ها با گاز فریون پر شده است. این گاز سرد شدن لوله و در نتیجه (با توجه به خاصیت هم دمایی در علم فیزیک) سرد شدن آب داخل مخزن کولر را به همراه دارد که این کاهش دما از یکسو موجب طولانی شدن زمان تبخیر آب و از سوی دیگر باعث کاهش دمای باد تولیدی توسط کولر خواهد شد، در نتیجه این عملکرد علاوه بر کاهش مصرف آب، احساس عدم نیاز به استفاده مداوم از کولر های آبی را ایجاد می کند که موجب جلوگیری از اتلاف انرژی و کمک به اقتصاد کشور می باشد

واژگان کلیدی: بهینه سازی، جلوگیری از اتلاف انرژی، کولر آبی، گاز فریون



## مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت جهان و کاهش منابع انرژی، بشر به دنبال راه های موثر، جهت کاهش مصرف انرژی و حفظ و ذخیره آن برای نسل های بعدی می باشد. یکی از مهمترین این منابع آب است.

در بسیاری از آمارهای ارائه شده از طرف مراجع رسمی بخش قابل توجهی از برق مصرفی و آب کشورمان در طول ماه های گرم سال بوسیله کولرهای آبی مصرف می شود. هر چند با توجه به آب و هوای خشک ایران، استفاده از کولرهای آبی راه حل مناسبی به نظر می رسد، اما به دلیل اینکه طراحی کولرهای آبی به دهه ۱۳۴۰ یعنی حدود ۵۰ سال پیش برمی گردد این کولرها از تکنولوژی بسیار پایین و کارایی نامطلوبی برخوردار هستند {۲} از اینرو جایگزین های زیادی برای استفاده در سیستم های سرمایش اماکن و منازل شخصی و عمومی ارائه شده است که از آن جمله می توان به کولرهای گازی اشاره کرد. اما ارزان بودن و مصرف پایین برق و همخوانی هزینه تهیه کولرهای آبی با سطح درآمد عموم مردم، گرایش برای استفاده از این نوع کولرها را همچنان حفظ کرده است.

در حال حاضر جمعیت کشور به مرز ۷۸ میلیون نفر نزدیک می شود و بنا بر آمارهای موجود حدود ۶۸ درصد از خانوارهای شهری و ۲۵ درصد از خانوارهای روستایی از کولر استفاده می کنند. هم اکنون بیش از ۸ میلیون کولر آبی در ایران وجود دارد و هر ساله حدود ۵۰۰ هزار دستگاه جدید نیز تولید می شود. {۱} بنابراین ضرورت انجام پژوهش در خصوص ارائه راهکارهایی برای کاهش مصرف آب و برق در این کولرها احساس می شود.

یکی از توصیه های همیشگی وزارت نیرو و سازمان بهینه سازی مصرف انرژی و مراکز علمی و تخصصی استفاده از سایه بان برای کولرهای آبی است. همچنین نتایج پژوهش های مربوطه برای افزایش راندمان کولرهای آبی و جلوگیری از کاهش تلفات آب و برق مصرفی در این کولرها، استفاده از سایه بان برای کولرهای آبی را توصیه می کند. این سیستم از یک طرف با جلوگیری از گرم شدن بیش از حد آب موجود در کولر باعث می شود تا تبخیر آب کمتر اتفاق بیفتد و از طرف دیگر دمای اتاق نیز به دلیل سرد شدن باد تولیدی توسط کولر کمی پایین تر بیاید و نیاز به استفاده از کولر نیز کمتر شود.

اگرچه طبق آنچه گفته شد استفاده از سایه بان نتایج خوبی را به همراه خواهد داشت اما این تنها راه برای کاهش مصرف آب و برق در کولرهای آبی نیست. در راستای این مقاله و با قرار دادن سیستمی متشکل از چند لوله رفت و برگشت در مخزن کولر، در سینی کف و عبور گاز فریون در داخل لوله ها، توانستیم دمای لوله ها را پایین آورده و در نتیجه ی آن (با توجه به خاصیت هم دمایی در علم فیزیک) دمای آب داخل مخزن کولر را نیز کاهش دهیم. این عمل از یکسو موجب طولانی شدن زمان تبخیر آب و از سوی دیگر باعث کاهش دمای باد تولیدی توسط کولر خواهد شد. این عملکرد علاوه بر کاهش مصرف آب، احساس عدم نیاز به استفاده مداوم از کولر های آبی را ایجاد می کند که موجب جلوگیری از اتلاف انرژی برق نیز می شود.



## طرح پیشنهادی

همانطور که عنوان شد یکی از راه های کاهش مصرف آب و انرژی در کشور بهبود وضع موجود کولرهای آبی در ایران است. از اینرو در این مقاله با بیان طرحی به دنبال بررسی تاثیرات آن بر روی مصرف آب و انرژی در این کولرها هستیم.

طرح پیشنهادی تعیین یک سیستم خنک کننده درون مخزن کولر آبی است. این سیستم شامل یک سری لوله های رفت و برگشتی از جنس آلومینیوم است که در کف سینی موجود در مخزن کولر قرار می گیرد. درون این لوله ها گاز فریون جریان دارد. این گاز با قرار گرفتن درون لوله و مجاورت آب گرمای آب را می گیرد و خودش گرم می شود. گاز گرم شده به وسیله موتوری که در این سیستم قرار گرفته شده است به شبکه لوله ای که درون فضای باز قرار دارد منتقل شده و در آنجا گرمای خود را از دست می دهد و دوباره به سیستم باز می گردد.

این سیستم خنک کننده با کاهش دمای آب از یک طرف از تبخیر آب در فصل تابستان جلوگیری می کند و از طرف دیگر باعث بهبود عملکرد کولر در پایین آوردن دمای اتاق می شود. این بهبودی که در عملکرد کولر اتفاق می افتد باعث می شود که احساس نیاز در استفاده از دوره های تند کولر کاهش یابد و حتی در برخی مواقع زمان استفاده از کولرها را کاهش خواهد داد. بدین ترتیب این سیستم علاوه بر جلوگیری از هدر رفت آب، باعث کاهش مصرف برق به عنوان یکی از انرژی های مهم، می شود.

در ادامه با بررسی عددی، اهمیت استفاده از این سیستم در کولرهای آبی برای رسیدن به هدفمان (که همان کاهش مصرف آب و برق در کشور است) را نشان خواهیم داد.

## مطالعه عددی

مقایسه حوزه های مصرف کننده آب و برق در ایران نشان می دهد کشورمان در هر سه حوزه مصارف خانگی، صنعتی و کشاورزی جایگاه های نگران کننده ای را به خود اختصاص می دهد؛ بطوری که مصرف برق در ایران با کشورهایی که از جمعیت چندین برابری نسبت به ایران برخوردارند قابل مقایسه است. در این میان عوامل موثر در مهار مصرف بی رویه انرژی در ایران هم از تنوع بسیار برخوردارند که عموماً از طرف دولت باید مورد توجه قرار گیرند. نتایج بررسی ها حاکی از آن است که ریشه بسیاری از نابسامانی ها در حوزه مصرف انرژی در گرو اصلاح فرهنگ و نوع نگاه مردم به شیوه های مصرف انرژی در ایران است. مطالعه در رفتار مردم ایران نشان می دهد هر برنامه فرهنگ ساز تنها در صورتی که در راستای هزینه های جاری خانوار و تسهیل کننده امور باشد و حداقل هزینه را هم به خانواده تحمیل کند، توجه خانواده ها را برای پذیرش جلب خواهد کرد.



حال در مقوله یادشده با توجه به این که در بسیاری از آمارهای ارائه شده از طرف مراجع رسمی بخش قابل توجهی از برق مصرفی و آب کشورمان در طول ماههای گرم سال بوسیله کولرهای آبی صرف می شود به نظر می رسد یکی از روش های کاهش میزان مصرف برق و آب در کولرهای آبی در ایام گرم و پرمصرف سال، قراردادن راه حل های مورد نظر در سبد "مصرف بهینه انرژی" خانوارها در کشورمان باشد

در این قسمت لازم است ابتدا مقدار آب و برقی که توسط کولرهای آبی مصرف می شود بیان شود:

میزان مصرف برق: میانگین توان الکتریکی کولرهای آبی ۵۵۰ وات در ساعت می باشد.

میزان مصرف آب: میانگین مصرف آب توسط کولر بستگی به اندازه کولر ۱۵ تا ۴۰ لیتر آب در هر ساعت می باشد.

اگرچه میانگین توان الکتریکی کولرهای گازی حدود ۲ کیلو وات می باشد و این مقدار حدود ۴ برابر توان الکتریکی مصرف توسط کولر آبی است ولی به دلیل تعداد زیاد کولرهای آبی برای تامین سرمایه اش اماکن و منازل شخصی و عمومی، این کولرها رقم قابل توجهی از مصرف برق تابستان را به خود اختصاص می دهند.

یک محاسبه ساده میزان اهمیت آنچه گفته شد را بیش از پیش نشان می دهد. با توجه به اینکه بیش از ۸ میلیون کولر آبی روشن در کشور وجود دارد، با فرض کارکرد ۴ ماه در طول سال و ۸ ساعت در روز برای هر کولر، هر ساله در کشور ما رقمی نزدیک به ۴۴ / ۴ میلیارد کیلو وات ساعت فقط صرف انرژی مصرفی کولرهای آبی می شود که با احتساب بهای ۷۷۳ ریال برای هر کیلو وات ساعت برق طبق قانون، رقمی بالغ بر ۳۴۳۲۱۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال (سیصد و چهل و سه میلیارد و دویست و دوازده میلیون تومان) هزینه می شود که به نظر می رسد این رقم برای ساخت یک نیروگاه کوچک برق کافی باشد. همچنین این نکته نیز قابل تامل است که در ایام گرم سال و در مناطق گرمسیری که بخش قابل توجه کشورمان را شامل می شود، کولرها بیش از ۲۰ ساعت و حتی کل شبانه روز روشن هستند.

اما در خصوص اهمیت مصرف آب در کولرها می توان گفت با توجه به اینکه روزانه کولرهای آبی بسته به اندازه کولر به طور متوسط ۱۵ تا ۴۰ لیتر آب در هر ساعت مصرف می کنند، اگر عدد متوسط مصرفی برای هر کولر را ۳۰ لیتر در ساعت در نظر بگیریم با ۸ ساعت کولر روشن، هر کولر آبی ۲۴۰ لیتر آب مصرف می کند که رقم مصرف آب کولرهای آبی در کل کشور با شرایط ذکر شده ۱۹۲۰۰۰۰۰۰ (یک میلیارد و نهصد و بیست میلیون) لیتر در شبانه روز آب خواهد بود. (این میزان برای کولرهای آبی محاسبه شده که نشتی ندارند و دارای کارکرد استاندارد هستند) {۲}

## نتایج استفاده از طرح

آنچه در قسمت قبل اشاره شد، اطلاعات مربوط به وضعیت موجود در کشور می باشد که می توان با ایجاد تغییراتی در عملکرد کولرها وضعیت را بهبود بخشید و به صورت چشمگیری در مصرف آب و برق در کشور صرفه جویی داشته باشیم.



صرفه جویی در مصرف برق:

فرمول زیر برای محاسبه مقدار انرژی بر حسب کیلو وات است که دستگاه الکتریکی مصرف میکند. میزان مصرف برق یک کولر آبی در سال با احتساب میانگین توان مصرفی ۵۵۰ وات اگر ۸ ساعت در روز و ۴ ماه در سال روشن باشد برابر است با:

$$V = 550 * (30 * 4 * 8) / 1000 = 528 \text{ kv}$$

با استفاده از طرح پیشنهادی، موتور سیستم خنک کننده نیز نیاز به انرژی دارد. با در نظر گرفتن توان مصرفی ۱۳۰ وات در هر ساعت برای موتور، و با فرض همان ۸ ساعت در روز و ۴ ماه در سال، میزان مصرف انرژی برای این موتور در سال برابر خواهد بود با:

$$V = 130 * (30 * 4 * 8) / 1000 = 124.8 \text{ kv}$$

با توجه به اینکه این سیستم افزایش سرمادهی را نیز به همراه دارد. زمانی که آب محفظه سرد تر باشد ما سرمادهی بیشتری داریم. در نتیجه این عملکرد احساس عدم نیاز به استفاده مداوم از کولر های آبی را ایجاد می کند. با پژوهش و آزمایش زمان استفاده از کولر از ۸ ساعت به ۵ ساعت میرسد که میزان برق مصرفی کولر از ۵۲۸ کیلو وات به ۳۳۰ کیلو وات و میزان برق مصرفی موتور سیستم از ۱۲۴.۸ کیلو وات به ۷۸ کیلو وات کاهش می یابد

در نتیجه کارکرد کولر از ۵۲۸ کیلو وات در وضعیت موجود نیاز به ۴۰۸ کیلو وات با استفاده از این سیستم در یک سال خواهد داشت. یعنی ۱۲۰ کیلو وات به ازای هر کولر در طول یک سال صرفه جویی میشود که اگر به فرض از ۵ میلیون کولر ۲ میلیون کولر از این سیستم استفاده کنند ۲۴۰۰۰۰۰۰ کیلو وات صرفه جویی انرژی میشود که این رقم معادل ۱۷۵۹۲۰۰۰۰ ریال میباشد (هر کیلو وات ۷۳۳ ریال میباشد)

صرفه جویی در مصرف آب:

پژوهش ها و آزمایش هایی که در مورد نقش سیستم خنک کننده در افزایش بهره وری کولر های آبی انجام شده نشان می دهد که در دو کولر مشابه که یکی دارای سیستم خنک کننده و دیگری بدون این سیستم قرار گرفته است، به طور متوسط ۵۵ درصد کاهش مصرف آب در کولر اول مشاهده می شود.

با توجه به این که برخی از اغلب کولر های آبی در ماه های گرم سال به طور متوسط ۱۵ تا ۴۰ لیتر آب در هر ساعت مصرف می کنند (معادل مصرف متوسط یک خانواده)، لذا با نصب سیستم خنک کننده به طور متوسط ۸ تا ۲۰ لیتر در هر ساعت در مصرف آب صرفه جویی می شود.

بنابراین در روز های گرم تابستان که برخی کولر های آبی بعضا تا ۲۰ ساعت در شبانه روز روشن هستند با نصب سیستم خنک کننده به سادگی می توانیم تا ۱۵۰ لیتر در هر شبانه روز در مصرف آب صرفه جویی کنیم؛ یعنی در هر ماه ۴۵۰۰ لیتر صرفه جویی در آب برای هر خانوار با احتساب استفاده از کولر در ساختمان.



حال برای ملموس کردن موضوع با فرض ۸۰ لیتر صرفه‌جویی در هر کولر هنگام استفاده از سیستم خنک کننده، توجه به اعداد و ارقام زیر خالی از لطف نخواهد بود:

۲۴۰۰ لیتر برای هر کولر در ماه را در ۵ میلیون کولری (از ۸ میلیون کولر موجود) که در آینده از این سیستم استفاده کنند ضرب می‌کنیم. عدد ۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰ (دوازده میلیارد) لیتر صرفه‌جویی برای یک ماه بدست می‌آید. اگر بطور متوسط ۴ ماه از سال را زمان روشن بودن این تعداد از کولرها فرض کنیم این سیستم توانایی کاهش مصرف ۴۸۰۰۰۰۰۰۰ (چهل و هشت میلیارد) لیتر در سال را خواهد داشت

با توجه به اینکه یکی دیگر از خواص این سیستم علاوه بر کاهش میزان مصرف آب، افزایش سرمادهی است. زمانی که آب محفظه سرد تر باشد ما سرمادهی بیشتری داریم و کولر آبی در شرایط آب و هوایی خنک‌تری قرار می‌گیرد که به همان نسبت با فشار کمتر کار می‌کند و هوادهی مطلوب‌تری خواهد داشت. این روند باعث خواهد شد تا در ایام گرم سال احساس عدم نیاز به استفاده مداوم از کولرهای آبی را ایجاد کنیم و علاوه بر آن استفاده از دور تند کولر از طرف کاربران اندکی به تاخیر بیفتد که هر چه مدت این تاخیر بیشتر باشد به همان میزان در مصرف آب و برق صرفه‌جویی می‌شود؛ چرا که در حالت دور تند با افزایش سرعت مکش هوا از لابلای پوشال‌ها تبخیر بیشتر صورت می‌گیرد و نسبت به دور کند میزان بیشتری آب مصرف می‌شود، همچنین با افزایش قدرت موتور میزان برق بیشتری نسبت به دور کند مصرف می‌شود.

نتایج یک تحقیق دیگر نشان می‌دهد یک کولر در حالت دور کند در یک ساعت ۲۶ لیتر آب مصرف می‌کند؛ این در حالیست که همین کولر در شرایط مشابه ولی در دور تند ۴۲ / ۸ لیتر آب مصرف می‌کند. اختلاف این دو حالت کولر در یک ساعت ۱۷ لیتر است که به عبارتی اگر استفاده از سیستم خنک کننده کمک کند تا هم زمان روشن بودن کولر از ۸ ساعت به ۵ ساعت کاهش یابد و هم دور تند کولر یک ساعت با تاخیر بکار گرفته شود و اگر ساعت روشن بودن هر کولر در شبانه روز ۸ ساعت فرض شود، هر کولر در هر ماه ۵۱۰ لیتر آب کمتر مصرف می‌کند. (عدم استفاده از دور تند) این عدد در سال با فرض چهار ماه فعال به ۲۰۴۰ لیتر برای هر کولر می‌رسد و با فرض استفاده ۵ میلیون کولر از این کالا به عدد قابل توجه ۱۰۲۰۰۰۰۰۰۰ (ده میلیارد و دویست میلیون) لیتر در سال.

با توجه به مصرف ۲۵۰۰۰۰ لیتری هر ایرانی در سال آب ذخیره شده فقط با یک ساعت تاخیر در استفاده از دور تند کولر در سال تامین آب ۴۰۸۰۰ نفر (به اندازه جمعیت یک شهر کوچک) را کفایت می‌کند.

بررسی میزان هزینه صرف شده برای این مقدار آب صرفه‌جویی شده (با احتساب ۵۸۰ تومان برای هر متر مکعب) ۵۹۱۶۰۰۰۰۰ (پنج میلیارد و شانزده میلیون) تومان را نشان می‌دهد

با توجه به موارد ذکر شده به نظر می‌رسد در صورت موفقیت در استفاده از این سیستم در کولرها، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در آب و برق کشور شاهد خواهیم بود و شاید بااهمیت‌تر اینکه گام مهمی در بالابردن فرهنگ مصرف برداشته می‌شود.

**نتیجه گیری**





۲۸  
آبان  
۱۳۹۴



طبق آنچه که گفته شد استفاده از سیستم خنک کننده مطرح شده در این مقاله نتایج زیر را در بر خواهد داشت:

- ۱- استفاده از این سیستم به طور متوسط مصرف برق در کشور را سالانه ۲۴۰ میلیون کیلو وات کاهش خواهد داد
- ۲- استفاده از این سیستم به طور متوسط مصرف آب در کشور را سالانه ده میلیارد و دویست میلیون لیتر کاهش خواهد داد
- ۳- میزان هزینه ای که با استفاده از این سیستم می توان در کشور صرفه جویی شود مجموعاً بالغ بر ۲۳۵ میلیارد ریال برای کشور خواهد بود

## منابع

-سایت های خبری و خبرگزاری های رسمی کشور

-سایت های خبری زیرمجموعه وزارت نیرو {۱}

-سایت خبری و خبر گذاری ایسنا {۲}

-پایگاه علمی جهاد دانشگاهی

-سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)