

مقاله علمی - پژوهشی

بهینه‌سازی اقتصادی پوشش کانال آبرسان با صفحات خورشیدی بر اساس زوایای دریافت انرژی (مطالعه موردی: کانال آبرسان سد نوروزلو)

میلاذ رضائی*^۱ و رسول ایلخانی پور^۲

چکیده

با توجه به پیامدهای تغییرات اقلیمی و وجود خشک‌سالی باید به‌گونه‌ای شرایط فعلی را مدیریت کرد که گسترش اثرات منفی این تغییرات از جمله کاهش منابع آبی سیستم‌های روباز انتقال آب از طریق تبخیر، محدود و کنترل گردد. تبخیر از سطح کانال‌های روباز خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، نیاز به مطالعات دقیق‌تری دارد؛ بنابراین در مطالعه حاضر، ابتدا عوامل مؤثر بر تبخیر بر اساس داده‌های دریافتی سازمان هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت و پس از آن سعی گردید میزان پتانسیل تابش خورشیدی در محدوده کانال آبرسان ساحل راست سد انحرافی نوروزلو برآورد شده و میزان پوشش سطح کانال مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور از طریق نرم‌افزار متئونرم و با استفاده از سناریوهای (RCP 2.6, RCP 4.5 و RCP 8.5) داده‌های مورد نیاز استخراج گردید. بر اساس یافته‌های پژوهش، کاهش میزان پتانسیل تابش و افزایش تدریجی دما و در نتیجه گرمای کره زمین را آشکار نمود. در ادامه این فرایند با ورود داده‌های استخراجی به نرم‌افزار پی‌وی سیستم، بررسی زوایای مختلف اثر تابش و شبیه‌سازی سناریوهای سایه‌اندازی صفحات در فواصل مختلف جهت انتخاب زاویه بهینه با حداکثر میزان دریافت انرژی انجام گردید. در نتیجه زاویه ۳۷ درجه شیب با میزان پوشش کانال آبرسان حدود ۶۷ درصد در مساحت تحت پوشش به وسعت حدود ۲۴۷۶۳ از ۳۶۹۶۰ مترمربع کانال، سالانه ۷۳۷۷ مگاوات ساعت انرژی الکتریسیته با هزینه حدود ۸۲ میلیارد تومان و درآمد سالانه ۶/۵ میلیارد تومان با بازگشت سرمایه ۱۲/۴ سال انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: انرژی خورشیدی، کانال آبیاری، کاهش تبخیر، Pvsyst, Meteonorm

مقدمه

بحران آب در کشور است. خشک‌سالی‌های متعدد و به تبع آن‌ها، افت میزان آب‌های سطحی، سبب بهره‌برداری هر چه بیشتر از منابع زیرزمینی شده بطوریکه با بهره‌برداری بیش‌ازحد، منابع زیرزمینی نیز در بسیاری از مناطق، دچار افت شدید شده است. برای مهار این وضعیت نیاز به شناسایی و کنترل عوامل اصلی این بحران از جمله تبخیر است (پیری پشت کوهی زاده، ۱۳۹۴؛ مظاهری و کوپایی، ۱۳۹۷). تبخیر در مناطق با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، باعث کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز شده است؛ بنابراین کنترل تبخیر می‌تواند در بهبود شرایط بحرانی حاضر، بسیار مؤثر باشد. در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته از روش‌ها و پوشش‌های متنوعی برای کاهش تبخیر چه از سطح آب‌های سطحی و چه از سطح خاک استفاده می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های

کاهش بارش به دلیل تغییرات اقلیمی، سبب پیامدهای بسیاری در سراسر دنیا شده است. طی چند دهه اخیر در کشور ما نیز با افزایش منابع آلاینده، سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری‌ها و کاهش پوشش گیاهی به‌مرور سبب افزایش اثرات منفی تغییرات اقلیمی شده که متعاقباً یکی از مشکلات اساسی آن، بروز

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (* نویسنده مسئول: Rezaei.milad.uma@gmail.com)

^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۹

این تحقیق به منظور بررسی اثر کاربرد این صفحات بر عوامل فوق‌الذکر کانال‌های آبیاری انجام شد تا بتوان با گسترش گزینه‌های طراحی در ساخت و اجرای نیروگاه‌های شناور خورشیدی وسیع در شبکه‌های آبیاری با پتانسیل تبخیر بالا در جهت کاهش مضرات موارد مذکور و تولید انرژی پاک و حفاظت از محیط‌زیست منطقه یاری رساند. از بین پژوهش‌های صورت گرفته، پوشش دولایه پلی‌اتیلن دارای بیشترین درصد کاهش تبخیر و نیروگاه شناور خورشیدی نیز از هر دو لحاظ کاهش تبخیر و تولید انرژی نسبت به بقیه روش‌ها برتری دارد.

بدین ترتیب به‌کارگیری پوشش‌های سطحی به‌عنوان راهکار عملی در کاهش تبخیر آب از سطح مخزن‌ها تأیید شده است اما در خصوص عملکرد صفحات شناور تولید انرژی و کاهش تبخیر روی سطح کانال‌های آبیاری در کشور، پژوهش‌چندانی صورت نگرفته است. از این‌رو به بررسی پتانسیل تبخیر و انرژی موجود در منطقه پرداخته می‌شود و امکان به کار بردن صفحات خورشیدی، به‌عنوان راهکاری برای کنترل و حفظ آب از تبخیر و همچنین تولید انرژی پاک در کانال آب‌رسان ساحل راست پایاب سد انحرافی نوروزلو بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

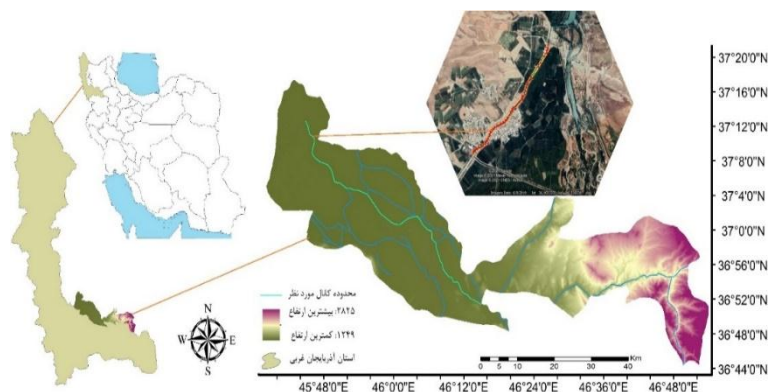
منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش کانال آب‌رسان منشعب از سد انحرافی نوروزلو که در ساحل راست رودخانه زربینه‌رود در استان آذربایجان غربی با مختصات جغرافیائی ۳۶/۸ درجه شمالی و ۴۶/۲ درجه شرقی در ۱۵ کیلومتری جنوب شهرستان میاندوآب است. متوسط بارش و دمای منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۵۸ میلی‌متر و ۵/۵ درجه سانتی‌گراد بوده و این حوزه بر اساس روش دومارتن دارای اقلیم نیمه‌خشک است. محدوده مطالعاتی، شامل اراضی کشاورزی دیم و آبی، مراتع، باغات، اراضی فاقد پوشش گیاهی، اراضی مسکونی و اراضی صخره‌ای محدوده شهرستان میاندوآب را در بر گرفته است. موقعیت حوزه مورد بررسی نسبت به شهرستان میاندوآب و

فیزیکی (لاستیک‌های فرسوده، توپ‌های سفید و سیاه‌رنگ، صفحات شناور بتن سبک پرلیتی و پوشش دولایه پلی‌اتیلن) و روش‌های شیمیایی (از جمله الکل‌های چرب، هگزا دکانول، اکتا دکانول و برخی گونه‌های گیاهی مانند عدسک آبی) اشاره کرد. همچنین با مدیریت مصرف آب، مدیریت تقاضا، استفاده مجدد از آب‌های مصرف‌شده، استفاده از برخی مواد پوشاننده سطوح آبی، افزایش کارایی استفاده از منابع آب (به‌خصوص در بخش کشاورزی)، اصلاح روند تعیین اولویت در طرح‌های آب از جمله این روش‌ها می‌باشند که هر کدام بسته به شرایط خاصی، قابل‌اعمال می‌باشند (Alvarez et al., 2006؛ Soltani et al., 2018؛ سپاس خواه ۱۳۹۷؛ رضازاده و همکاران، ۱۳۹۹).

استفاده از روشی که هم سبب کاهش میزان تبخیر شود و هم تولید انرژی به همراه داشته باشد، قطعاً بهتر از روشی خواهد بود که صرفاً سبب کاهش میزان تبخیر می‌گردد. یکی از بهترین پوشش‌ها به این منظور، استفاده از صفحات خورشیدی به‌منظور تولید جریان برق است. صفحات خورشیدی برای کنترل تبخیر (از طریق جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید بر سطح آب)، تولید انرژی برق مورد نیاز کشاورزی، صنعتی و خانگی، صرفه‌جویی و بهره‌برداری از پتانسیل انرژی منطقه در مصرف انرژی، توسعه زیست‌محیطی، کاهش آلاینده‌ها و رد پای کربن و غیره استفاده می‌شوند. صفحات خورشیدی از جمله تولیدکننده‌های انرژی پاک هستند که در شرایط فعلی (تغییرات اقلیمی چون افزایش دما و کاهش بارش‌ها) نه تنها میزان تبخیر از سطوح آبی را کاهش می‌دهند، بلکه با تولید انرژی و عدم آلودگی می‌توانند بهترین گزینه برای این شرایط باشند (ترکی و عابدی، ۱۳۹۰؛ مجرد و مرادی، ۱۳۹۳). در این زمینه مطالعات بسیاری در داخل و خارج از کشور انجام شده است که در بخش نتیجه‌گیری در جدول ۳ به آن پرداخته شده است. با توجه به اینکه هدر رفت آب از طریق تبخیر آب سطحی از مخازن و کانال‌های آبیاری، مقدار قابل‌توجهی است، همچنین تابش مستقیم نور خورشید منجر به رشد بی‌رویه علف‌های هرز می‌گردد که موجب کاهش سرعت جریان آب و افزایش هزینه نگهداری و لایروبی کانال‌ها و در نهایت افزایش تلفات نفوذ از درز و شکاف کانال‌ها می‌گردد، لذا

استان آذربایجان غربی همراه با کانال مذکور، به صورت شماتیک در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی و کانال آبرسان سد انحرافی نورولو میانرود آب، آذربایجان غربی

سیستم‌های فتوولتائیک (PV)^۱ که به سرعت در حال توسعه هستند، به عنوان یک منبع انرژی تجدید پذیر، با ارائه یک محیط امن، نقش مهمی را در جهان ایفا می‌کنند. این سیستم‌ها شامل صفحات خورشیدی، اینورترها، واحد تهویه برق و تجهیزات متصل به شبکه می‌باشند. معایب نیروگاه خورشیدی متناوب بودن منبع، هزینه بالای نصب و عملکرد تبدیل انرژی نسبتاً پایین است؛ بنابراین، سیستم فتوولتائیک باید به گونه‌ای طراحی شود که در شرایط مساعد بودن آب‌وهوا، با ذخیره حداکثر توان پنل سیستم فتوولتائیک، حداکثر کارایی را داشته باشد. پنل خورشیدی به عوامل زیادی مانند ماژول‌ها، کیفیت اینورترها، مختصات جغرافیایی، شیب و جهت پنل‌های PV بستگی دارد (درینبرگر، ۲۰۱۷). سیستم PV بر اساس مقدار سالانه انرژی تولیدشده، محصول خاص و نسبت عملکرد (Cantoni, and Rignall, 2019; Belmahdi and El Bouardi, 2020). در این نرم‌افزار، محاسبات جامع سیستم فتوولتائیک خورشیدی و شبیه‌سازی سیستم‌های متصل به شبکه، منفصل از شبکه و پمپ‌های خورشیدی، بررسی اثر سایه، وارد کردن داده‌های هواشناسی از منابع مختلف و نیز اطلاعات شخصی (به صورت دستی) و سپس آنالیز و گزارش‌گیری از آن‌ها امکان‌پذیر است (خمر و همکاران، ۱۳۹۹). بهینه‌سازی سیستم‌های فتوولتائیک به دو ویژگی جهت‌گیری با توجه به مسیر خورشیدی (زاویه خورشید

ابتدا داده‌های هواشناسی لازم (عوامل مؤثر بر تبخیر) از سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی تهیه گردید. این داده‌ها بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ را پوشش می‌دهد. با توجه به اینکه داده‌های هواشناسی از سال ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۳ و سال ۲۰۲۱ و ماه‌های میلادی آوریل لغایت اکتبر موجود است و پنج سال اول به دلیل عدم وجود اکثر داده‌ها در این بررسی لحاظ نگردید، هم‌چنین بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ در اکثر عوامل مؤثر بر تبخیر موجود نبود و به همین دلیل در بررسی‌ها به آن‌ها اشاره نگردیده است؛ بنابراین عوامل مؤثر بر تبخیر به ترتیب ماه و سال با برنامه‌نویسی اکسل آماده‌سازی صورت گرفت تا وضعیت موجود عوامل مؤثر بر تبخیر مورد بررسی قرار گیرد. از جمله این عوامل، پارامترهایی مانند میزان تبخیر سطحی آب در این بازه زمانی از طریق تشت تبخیر ثبت شده در ایستگاه کلیماتولوژی سد نورولو، دما، بارش، رطوبت، تابش خورشیدی، سرعت باد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نمودارهای مربوطه جهت مشاهده ارائه گردید. در آخر پتانسیل تابش موجود در منطقه در سال ۲۰۲۰ و با استفاده از سناریوهای پیش‌بینی برای سال ۲۰۳۰ با استفاده از نرم‌افزارهای متئونرم و میزان پوشش کانال آبیاری توسط صفحات خورشیدی با استفاده از نرم‌افزار pvsyst انجام گردید. در ادامه نتایج هر بخش ارائه شده است.

نرم‌افزار PVSYS

^۱ Photo Voltaic

در ظاهر محلی) و نیز انحراف محوری بستگی دارد تا در نهایت به حداکثر تابش آفتابی دست‌یافت. با وارد نمودن مختصات جغرافیایی میزان تابش در محل موردنظر، می‌توان در جهت واقعی نمودن نتایج شبیه‌سازی، استفاده نمود. این داده‌ها بر اساس اندازه‌گیری‌های ماهواره ناسا برای نقاط مختلف جهان است.

نرم‌افزار METEONORM

نرم‌افزار متئونرم، ترکیبی منحصربه‌فرد از منابع داده قابل‌اعتماد و ابزارهای محاسبه پیچیده است که دسترسی به سال‌های نرمال و سری‌های زمانی ثبت‌شده را فراهم می‌کند. این نرم‌افزار به‌منظور ساخت داده‌های اقلیمی برای بسیاری از شهرها و نقاط جهان استفاده می‌شود. مشکلی که همواره در شبیه‌سازی‌های انرژی وجود داشته و اطلاعات آب‌وهوایی محل در آن دخیل است، فقدان داده‌های وسیع اقلیمی (خصوصاً روزانه و ساعتی) است. ورودی نرم‌افزار متئونرم برای تشعشعات جهانی، تابش معمولی انتشاری منطقه، مستقیم از آرشیو پایگاه داده‌های انرژی جهانی^۱ است و بر اساس مدل زنجیره مارکوف دوره‌های (۱۹۶۱-۱۹۹۰ و ۱۹۹۶-۲۰۰۵) گرفته شده است. نرم‌افزار متئونرم برای مطالعات تغییرات آب‌وهوایی نیز قابل‌استفاده است. در این نرم‌افزار از نتایج IPCC AR4 به‌عنوان ورودی استفاده می‌شوند. از تجزیه‌وتحلیل تغییرات سالانه و ماهانه دما، بارش و تشعشعات خورشیدی در مقیاس جهانی، همراه با ترکیب پایگاه داده و الگوریتم‌های درون‌یابی برای سناریوهای مختلف و برای هر دوره زمانی (۲۰۱۰-۲۲۰۰) می‌توان پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و آب‌وهوایی را محاسبه کرد. پیش‌بینی الگوریتم‌های آب‌وهوا با استفاده از مدل HadCM3 (که از یک مدل خود رگرسیون ساده شکل گرفته)، به‌منظور تولید داده‌های واقعی ماهانه آبی، انجام می‌شود. (Remund et al., 2010).

در گزارش چهارم، سناریوهای اصلی A1B، B1 و A2 به ترتیب نماینده خوش‌بینانه‌ترین تا بدبینانه‌ترین حالت انتشار

گازهای گلخانه‌ای بودند که در گزارش پنجم با سناریوهای RCP 2.6، RCP 4.5، RCP 6.0 و RCP 8.5 جایگزین شدند (منصوری و همکاران، ۱۳۹۷). این سناریوها بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های اجتماعی، اقتصادی، تکنولوژیکی و همچنین میزان غلظت برخی گازها برای دهه‌های آینده طراحی شده‌اند. در سناریوی RCP 2.6 میزان غلظت کربن دی‌اکسید را تا سال ۲۱۰۰، ۴۹۰ میلی‌گرم در لیتر و اثر آن بر نگهداشت تابشی را ۲/۶ وات بر مترمربع تخمین زده است. این مقادیر در سناریوی RCP 4.5 به ترتیب ۶۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۴/۵ وات بر مترمربع و در سناریوی RCP 8.5 به ترتیب ۱۳۷۰ میلی‌گرم در لیتر و ۸/۵ وات بر مترمربع تخمین زده شده است (کوهستانی و همکاران، ۱۳۹۶).

میزان جمعیت در سال ۲۱۰۰ در سناریوی RCP 8.5 حدود ۱۲ میلیارد نفر خواهد بود. در مقابل سناریوی RCP 2.6 میزان جمعیت را تا سال ۲۱۰۰ حدود ۷ میلیارد نفر پیش‌بینی کرده است. در این سناریو رشد تکنولوژی‌ها جدید نسبت به دیگر سناریوها بیشتر و به دلیل نرخ رشد جمعیت پایین و استفاده از انرژی‌های نو، میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای پایین‌تر از دیگر سناریوها است. در سناریوی RCP 4.5 میزان رشد جمعیت کمتر از سناریوی RCP 2.6 تخمین زده شده است اما در دیگر پارامترهای مؤثر در تغییرات اقلیمی (مانند نرخ استفاده از انرژی‌های نو، رشد تکنولوژی و غیره)، نسبت به سناریوی RCP 2.6 ضعیف‌تر در نظر گرفته شده است.

در سناریوی RCP 2.6، به دلیل رشد پایین جمعیت و رشد تکنولوژی‌های جدید، به‌طورکلی میزان استفاده از انرژی و سوخت‌های فسیلی کمتر از سایر سناریوها در نظر گرفته شده است. در این سناریو میزان استفاده از زغال‌سنگ بیش از سناریوهای RCP 4.5 ولی در مقابل میزان استفاده از انرژی‌های نو در این سناریو بیشتر از میزان استفاده از انرژی سوخت فسیلی در نظر گرفته شده است. با توجه به میزان جمعیت در نظر گرفته شده در سناریوی RCP 8.5 و نیاز جمعیت ساکن در کره زمین به تأمین انرژی، استفاده از انواع انرژی (به‌جز انرژی زیستی) در این

جهت کاهش تبخیر روی کانال آب رسان با استفاده از نرم افزار پی وی سیست پرداخته شد.

گاز های گلخانه ای در نظر گرفته شده است (Vuuren et al., 2011 ; Riahi et al., 2011).

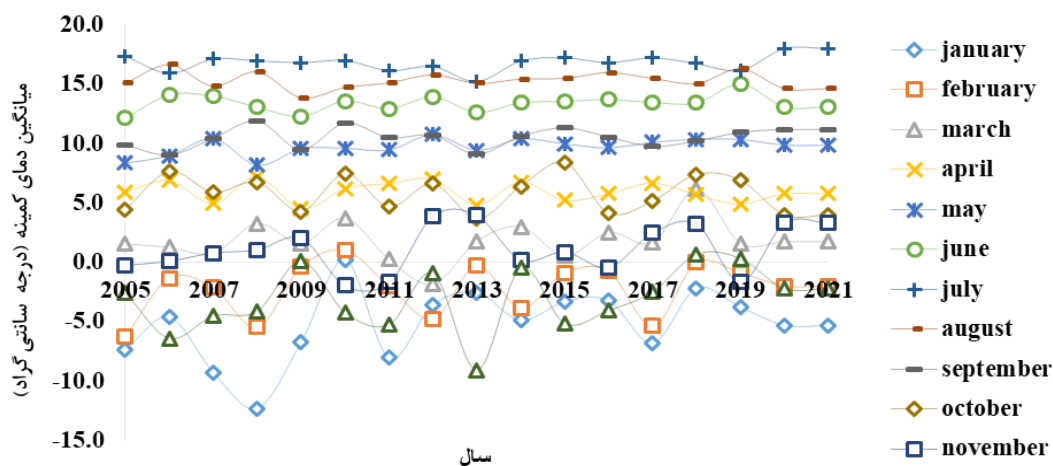
روش کار

در پژوهش حاضر به منظور بررسی امکان سنجی استقرار پنل های خورشیدی، عوامل مؤثر بر تبخیر موجود در منطقه، میزان پتانسیل انرژی الکتریسیته تولید شده، نحوه پوشش کانال آبیاری با استفاده از صفحات خورشیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. لذا بر این اساس، با استفاده از داده های هواشناسی سازمان به بررسی عوامل مؤثر بر تبخیر پرداخته شد تا میزان پتانسیل عوامل مؤثر مشخص گردد. سپس به برآورد پارامتر های سناریوهای اقلیمی توسط نرم افزار متونرم پرداخت گردید و با تعریف محل کانال آبرسان و تعریف قالب استاندارد و با بهره گیری از نتایج گزارش IPCC AR4 تحت سناریوهای RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 برای سال ۲۰۲۰ و سال ۲۰۳۰ پیش بینی گردید، از این سناریوها که در قسمت نتایج مفصل به آن پرداخته شده است. به منظور پیش بینی پارامتر های اقلیمی (میزان انرژی خورشیدی جهانی، میزان انرژی خورشیدی منطقه، دمای هوا، دمای نقطه شبنم و سرعت باد) استفاده گردید. لذا برای انتخاب بهترین گزینه بهینه اقتصادی به بررسی سناریوهای مختلف زوایای دریافت انرژی و نحوه پوشش صفحات خورشیدی

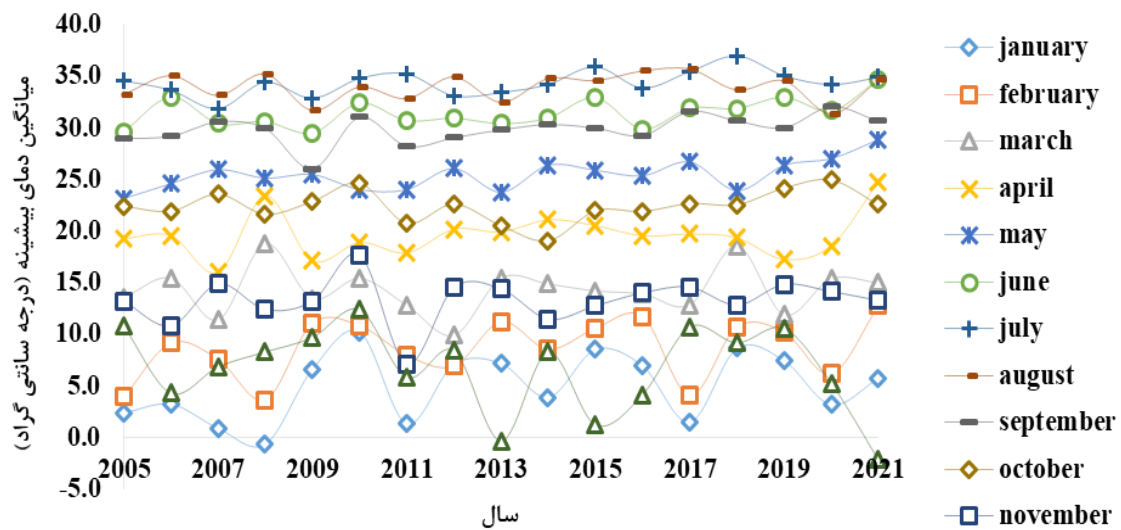
نتایج و بحث

بررسی پارامتر های اقلیمی مؤثر بر تبخیر

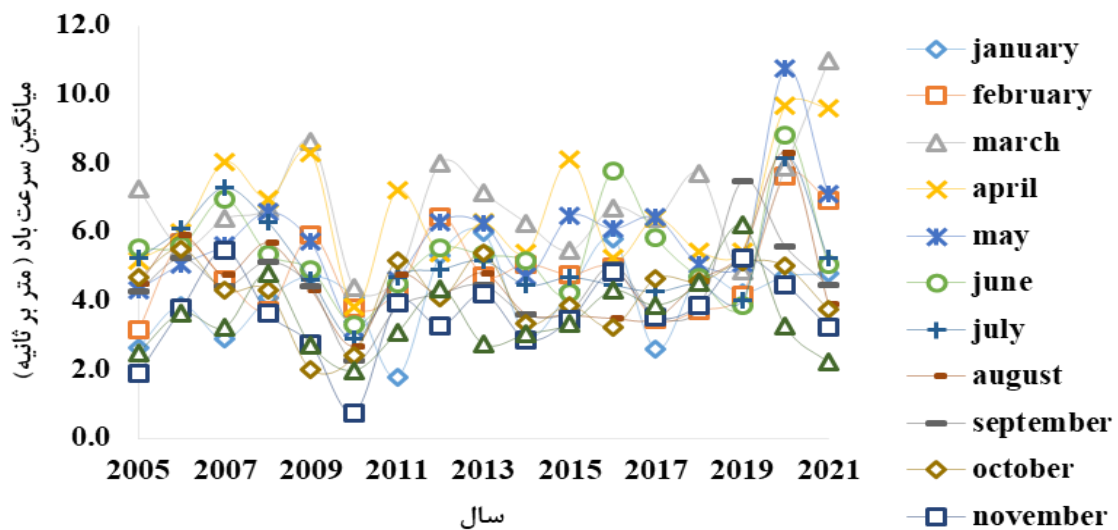
از مهم ترین عوامل مؤثر بر تبخیر و تعرق، پارامتر های مانند دما، بارش، رطوبت، تابش خورشیدی و غیره است (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶). از دیگر عوامل می توان به مساحت سطح آب، کمبود فشار بخار هوا، سرعت باد، فشار اتمسفر و کیفیت آب اشاره کرد (سپاس خواه، ۱۳۹۷). در این تحقیق، پارامتر های اقلیمی از سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی دریافت و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. لذا عوامل مؤثر از جمله دما، بارش، رطوبت، تابش خورشیدی و سرعت باد بررسی گردیده که با به کار گیری صفحات خورشیدی تولید انرژی روی کانال آبیاری منجر به کاهش آن گردد. دما: عاملی است که به موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و اقلیم منطقه بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۷۷). با استفاده از داده های موجود در منطقه و با توجه به اشکال ۲ و ۳ میانگین کمترین دما برای سال های (۲۰۲۱-۲۰۰۵) در ماه میلادی ژانویه به ۱۲/۳- درجه سانتی گراد و میانگین بیشترین دما در ماه جولای به ۳۷ درجه سانتی گراد رسید.



شکل ۲- نمودار میانگین دمای کمینه (۲۰۰۵-۲۰۲۱)



شکل ۳- نمودار میانگین دمای بیشینه (۲۰۰۵-۲۰۲۱)



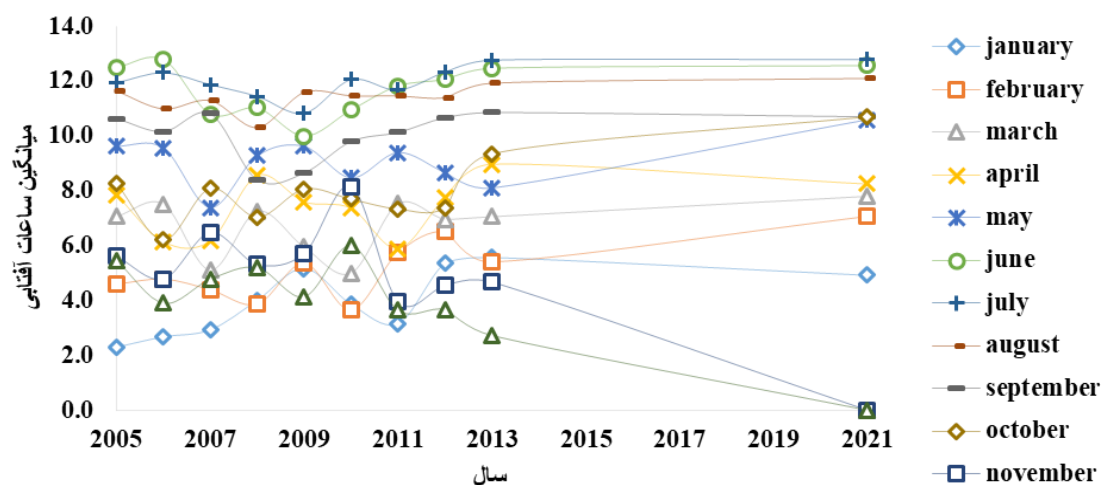
شکل ۴- نمودار میانگین سرعت باد (۲۰۰۵-۲۰۲۱)

تابش و میزان ساعات روشنایی

این عامل به موقعیت جغرافیایی منطقه بستگی دارد و از عامل‌های اصلی تبخیر از سطح آزاد آب است (علیزاده، ۱۳۷۷). بیشترین ساعات تابش در ماه میلادی جولای دیده شده که به ۱۲/۸ ساعت رسیده است و کمترین ساعات تابش مربوط به ماه‌های فصل پاییز و زمستان و برخی روزهای فصل بهار است که در طول روز هوا کاملاً ابری بوده است.

باد

یکی از عامل‌های اصلی تبخیر است که به موقعیت جغرافیایی و ارتفاع و اقلیم منطقه بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۷۷). بیشترین سرعت باد در ماه‌های میلادی مارس و می به ۱۱ و ۱۰/۷ کیلومتر در روز رسیده و کمترین سرعت باد حدود سه کیلومتر در روز در اکثر ماه‌های سال وزیده است.

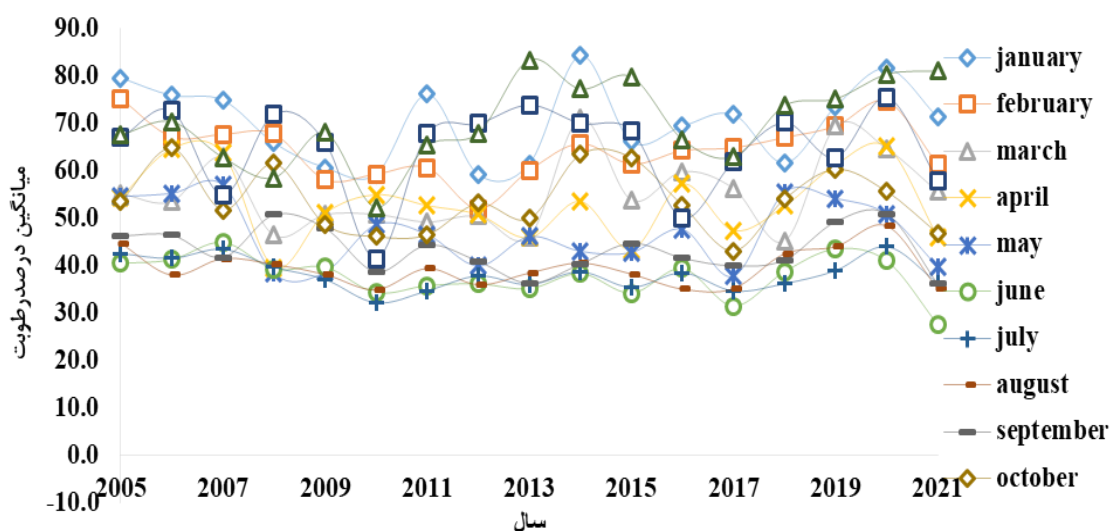


شکل ۵- نمودار میانگین ساعات آفتابی (۲۰۰۵-۲۰۲۱)

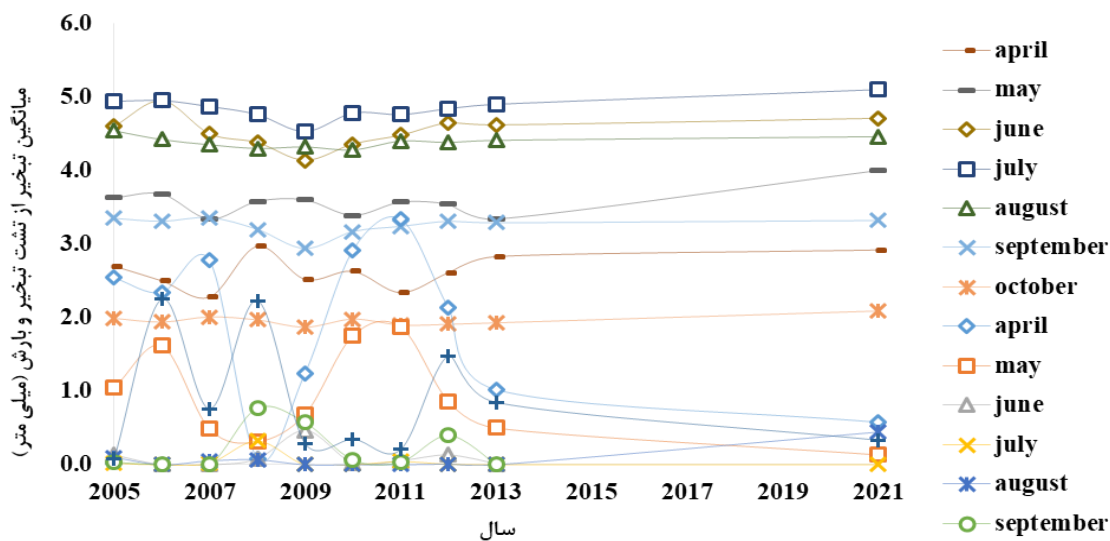
این شکل می‌توان نتیجه گرفت میزان تبخیر از سال ۲۰۰۵ رفته رفته در حال افزایش بوده و سال ۲۰۲۱ در ماه میلادی جولای مقدار آن به اوج رسیده و به میانگین ۵/۱ میلی‌متر در روز رسیده است. بیشترین میزان رطوبت نیز در ماه‌های میلادی دسامبر و ژانویه (حدود ۸۳/۳ و ۸۴/۲ درصد) و کمترین آن برای ماه میلادی ژوئن با ۲۷ درصد گزارش شده است.

رطوبت

این عامل به موقعیت جغرافیایی منطقه و بارندگی بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۷۷). بارش موجود در منطقه از عوامل مؤثر بر رطوبت و تبخیر است که بیشترین بارش مربوط به ماه میلادی آوریل (۳/۳ میلی‌متر در روز) است. در مقایسه با منحنی تبخیر که در شکل ۷ قابل مشاهده است منحنی‌های بالایی میزان تبخیر و منحنی‌های پایین شکل میزان بارش را نشان می‌دهد. از دقت در



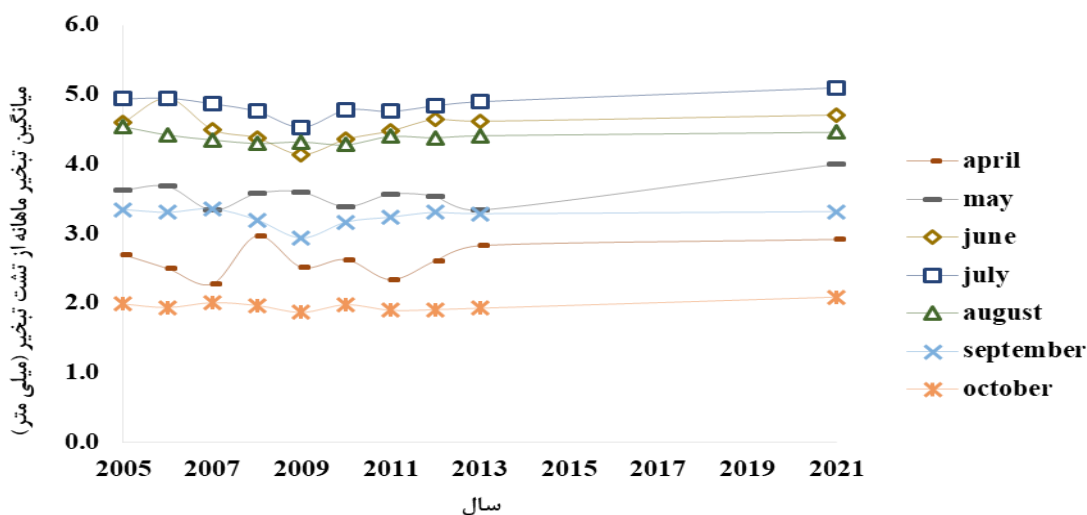
شکل ۶- نمودار میانگین درصد رطوبت (۲۰۰۵-۲۰۲۱)



شکل ۷- نمودار مقایسه میانگین تبخیر و بارش (۲۰۰۵-۲۰۲۱)

بررسی‌ها نتیجه گرفت با گذر زمان شاهد افزایش مقادیر اکثر عوامل مؤثر بر تبخیر به دلایل متعدد از جمله تغییر اقلیم هستیم که یکی از مهم‌ترین آن‌ها کمبود بارش همراه با افزایش نسبی دما است که سبب افزایش میزان تبخیر از سطوح مختلف (خاک و آب) در این محدوده شده است (سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی، ۱۴۰۰).

با توجه به داده‌های تبخیر نمودار شکل ۸ بیشترین میزان تبخیر در ماه‌های آوریل تا اکتبر رخ داده است، در ماه جولای نیز بیشترین میانگین تبخیر سطحی ماهانه آب (۵ میلی‌متر) برای سال ۲۰۲۱ اتفاق افتاده است. از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ روند نزولی داشته ولی از سال ۲۰۰۹ به بعد تغییرات دارای روند افزایش جزئی بوده است و سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ به دلیل عدم ثبت داده‌ها، وضعیت نامشخص بوده است؛ بنابراین می‌توان از این

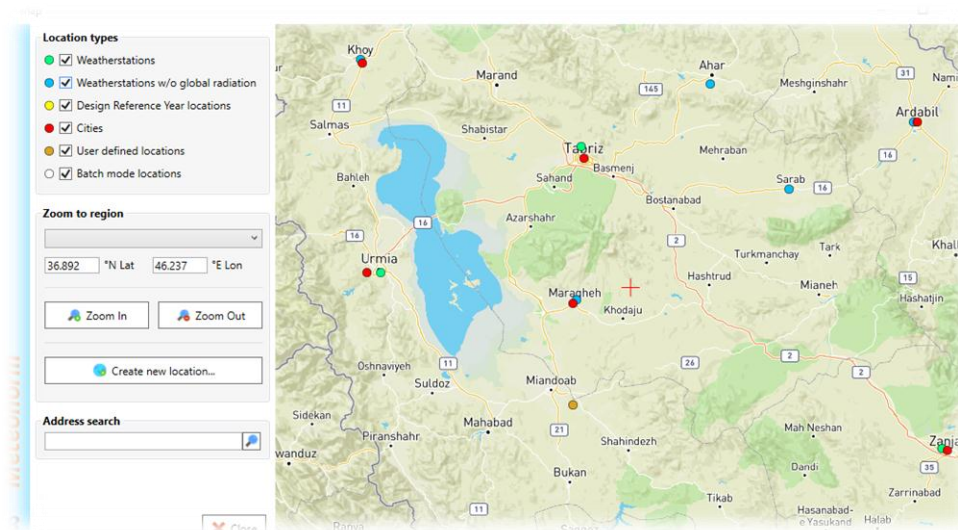


شکل ۸- نمودار میزان تبخیر از تشت تبخیر

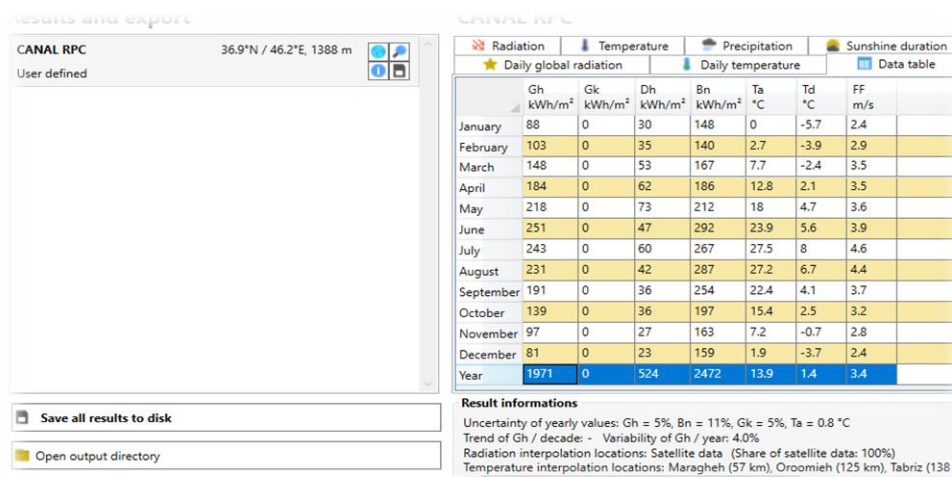
METEONORM نتایج نرم افزار

در این مطالعه از خروجی مدل Meteo مربوط به پنجمین گزارش هیات بین‌الدول تغییر اقلیم AR5 استفاده شده است. این خروجی‌ها از سایت IPCC^۱ و بر اساس داده‌های منتشرشده از ایستگاه‌های همجوار (ارومیه، تبریز، مراغه، زنجان و سراب) در منطقه، درون‌یابی و استخراج می‌گردد. استخراج داده‌ها تحت سناریوهای RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 انجام گردید.

با مشاهده نتایج استخراجی نرم‌افزار برای سال ۲۰۲۰ و مقایسه پیش‌بینی ۱۰ ساله سناریوها، شاهد افزایش تدریجی پارامتر دما و پتانسیل انرژی برابر اکنون و یا رو به کاهش را تجربه کند و متعاقباً افزایش تدریجی گرمای کره زمین را آشکار نمود که به دلایلی چون تغییرات اقلیمی و افزایش آلودگی‌ها، دور از انتظار نیست؛ که در اشکال ۱۱ تا ۱۴ قابل مشاهده است.



شکل ۹- نقشه انتخاب محدوده کانال و ایستگاه‌های هواشناسی



شکل ۱۰- داده‌های استخراجی نرم‌افزار متونورم سال ۲۰۲۰

¹ www.ipcc-date.org

CANAL RPC

Location name

36.892

Latitude [°N]

46.237

Longitude [°E]

1388

Altitude [m a.s.l.]

IV, 2

Climate region

Standard

Radiation model

Standard

Temperature model

Perez

Tilt radiation model

Contemporary

Temperature period

Contemporary

Radiation period

Additional information

Uncertainty of yearly values: Gh = 5%, Bn = 11%, Gk = 5%, Ta = 0.8 °C

Trend of Gh / decade: -

Variability of Gh / year: 4.0%

Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)

Temperature interpolation locations: Maragheh (57 km), Oroomieh (125 km), Tabriz (138 km), Zanjan (198 km), Sarab (162 km)

P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 96.2%, 104.7%

Month	H_Gh	H_Dh	Ta	FF
	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[°C]	[m/s]
January	88	30	0.0	2.4
February	103	35	2.7	2.9
March	148	53	7.7	3.5
April	184	62	12.8	3.5
May	218	73	18.0	3.6
June	251	47	23.9	3.9
July	243	60	27.5	4.6
August	231	42	27.2	4.4
September	191	36	22.4	3.7
October	139	36	15.4	3.2
November	97	27	7.2	2.8
December	81	23	1.9	2.4
Year	1971	524	13.9	3.4

H_Gh: Irradiation of global radiation horizontal
H_Dh: Irradiation of diffuse radiation horizontal
Ta: Air temperature
FF: Wind speed



Meteonorm V8.0.3.15910 - Demo mode

1/3

شکل ۱۱- نتایج استخراجی نرم افزار متئونورم سال ۲۰۲۰

CANAL RPC

Location name

36.892

Latitude [°N]

46.237

Longitude [°E]

1388

Altitude [m a.s.l.]

IV, 2

Climate region

Standard

Radiation model

Standard

Temperature model

Perez

Tilt radiation model

2030

Temperature period

2030

Radiation period

Additional information

Uncertainty of yearly values: Gh = 5%, Bn = 11%, Gk = 5%, Ta = 0.8 °C

Trend of Gh / decade: -

Variability of Gh / year: 4.0%

Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)

Temperature interpolation locations: Maragheh (57 km), Oroomieh (125 km), Tabriz (138 km), Zanzan (198 km), Sarab (162 km)

P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 96.2%, 104.7%

Future scenario: RPC 2.6

Month	H_Gh	H_Dh	Ta	FF
	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[°C]	[m/s]
January	89	25	1.7	2.4
February	103	31	4.1	2.9
March	147	49	9.0	3.5
April	190	61	14.0	3.5
May	223	67	19.1	3.6
June	245	50	24.8	3.9
July	249	53	28.5	4.6
August	226	50	28.4	4.4
September	194	32	23.6	3.7
October	144	32	16.6	3.2
November	99	27	8.2	2.8
December	82	25	2.7	2.4
Year	1988	503	15.0	3.4

H_Gh: Irradiation of global radiation horizontal
 H_Dh: Irradiation of diffuse radiation horizontal
 Ta: Air temperature
 FF: Wind speed



Meteonorm V8.0.3.15910 - Demo mode

1/3

شکل ۱۲- نتایج استخراجی پیش‌بینی سناریو RCP 2.6 نرم‌افزار متونورم سال ۲۰۳۰

CANAL RPC

Location name

36.892

Latitude [°N]

46.237

Longitude [°E]

1388

Altitude [m a.s.l.]

IV, 2

Climate region

Standard

Radiation model

2030

Temperature period

Standard

Temperature model

2030

Radiation period

Perez

Tilt radiation model

Additional information

Uncertainty of yearly values: Gh = 5%, Bn = 11%, Gk = 5%, Ta = 0.8 °C

Trend of Gh / decade: -

Variability of Gh / year: 4.0%

Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)

Temperature interpolation locations: Maragheh (57 km), Oroomieh (125 km), Tabriz (138 km), Zanjan (198 km), Sarab (162 km)

P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 96.2%, 104.7%

Future scenario: RPC 4.5

Month	H_Gh	H_Dh	Ta	FF
	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[°C]	[m/s]
January	88	25	1.5	2.4
February	102	34	4.4	2.9
March	147	55	9.1	3.5
April	184	64	13.9	3.5
May	222	67	19.1	3.6
June	245	56	25.0	3.9
July	247	57	28.6	4.6
August	226	49	28.4	4.4
September	194	34	23.6	3.7
October	141	35	16.4	3.2
November	99	22	7.9	2.8
December	80	25	3.1	2.4
Year	1971	523	15.1	3.4

H_Gh: Irradiation of global radiation horizontal
 H_Dh: Irradiation of diffuse radiation horizontal
 Ta: Air temperature
 FF: Wind speed



Meteonorm V8.0.3.15910 - Demo mode

1/3

شکل ۱۳ - نتایج استخراجی پیش‌بینی سناریو RCP 4.5 نرم‌افزار متونورم سال ۲۰۳۰

CANAL RPC

Location name

36.892

Latitude [°N]

46.237

Longitude [°E]

1388

Altitude [m a.s.l.]

IV, 2

Climate region

Standard

Radiation model

Standard

Temperature model

Perez

Tilt radiation model

2030

Temperature period

2030

Radiation period

Additional information

Uncertainty of yearly values: Gh = 5%, Bn = 11%, Gk = 5%, Ta = 0.8 °C

Trend of Gh / decade: -

Variability of Gh / year: 4.0%

Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)

Temperature interpolation locations: Maragheh (57 km), Oroomieh (125 km), Tabriz (138 km), Zanzan (198 km), Sarab (162 km)

P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 96.2%, 104.7%

Future scenario: RPC 8.5

Month	H_Gh	H_Dh	Ta	FF
	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[°C]	[m/s]
January	88	25	0.9	2.4
February	102	34	4.0	2.9
March	146	55	8.7	3.5
April	185	63	13.8	3.5
May	217	67	18.9	3.6
June	245	51	25.0	3.9
July	245	57	28.8	4.6
August	226	50	28.5	4.4
September	191	36	23.6	3.7
October	140	34	16.6	3.2
November	96	26	8.1	2.8
December	81	22	2.7	2.4
Year	1960	520	15.0	3.4

H_Gh: Irradiation of global radiation horizontal
 H_Dh: Irradiation of diffuse radiation horizontal
 Ta: Air temperature
 FF: Wind speed



Meteonorm V8.0.3.15910 - Demo mode

1/3

شکل ۱۴ - نتایج استخراجی پیش‌بینی سناریو RCP 8.5 نرم‌افزار متونورم سال ۲۰۳۰

نتایج نرم افزار PV SYST

زاویه بهینه دریافتی صفحات خورشیدی صورت گرفت. در این تحقیق از الگوی استاندارد با فناوری سلول‌های پلی کریستال با مساحت دو مترمربع استفاده گردید. در شکل ۱۵ قسمت ورود داده‌ها به نرم افزار پی وی سیستم قابل مشاهده است.

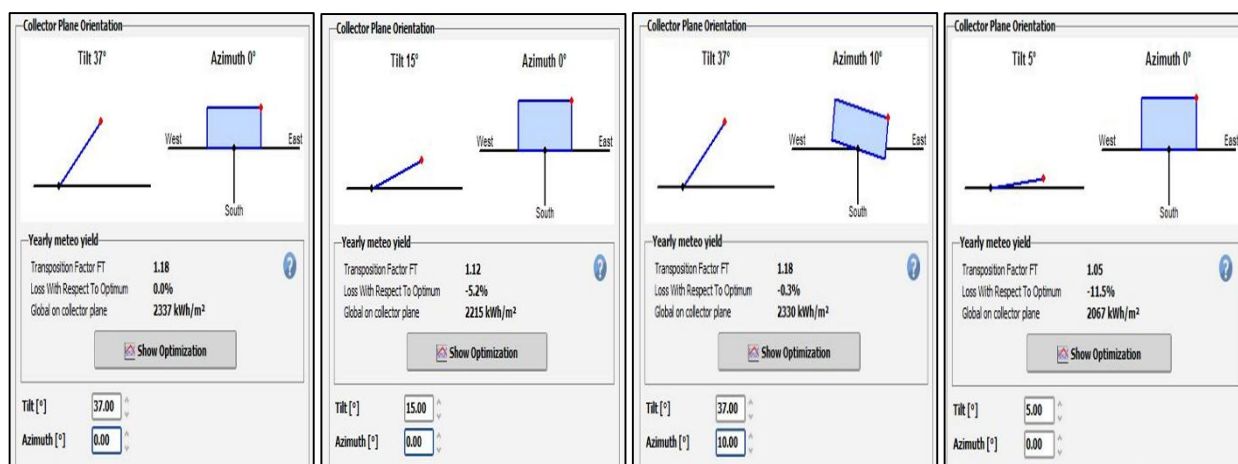
میزان انتشار انرژی خورشیدی استخراجی سال ۲۰۲۰ نرم افزار متئونرم، وارد نرم افزار pvsyst گردید. در این راستا میزان پوشش کانال آبیاری، بررسی اثر سایه اندازی و انتخاب

	Global horizontal irradiation kWh/m ² /month	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² /month	Temperature °C
January	88.0	30.0	0.0
February	103.0	35.0	2.7
March	148.0	53.0	7.7
April	184.0	62.0	12.8
May	218.0	73.0	18.0
June	251.0	47.0	23.9
July	243.0	60.0	27.5
August	231.0	42.0	27.2
September	191.0	36.0	22.4
October	139.0	36.0	15.4
November	97.0	27.0	7.2
December	81.0	23.0	1.9
Year	1974.0	524.0	13.9

شکل ۱۵- ورود داده‌های نرم افزار متئونرم به نرم افزار پی وی سیستم

محدوده کانال با انرژی سالانه حدود ۲۳۳۷ کیلووات ساعت بر مترمربع نسبت به بقیه زاویه‌ها با اختلاف قابل توجهی برتری داشته است.

همان‌طور که در شکل ۱۶ قابل مشاهده است بهترین زاویه شیب و جهت با بررسی زوایای مختلف، جهت دریافت انرژی حداکثری مورد بررسی قرار گرفته است؛ که زاویه ۳۷ درجه شیب و صفر درجه جهت، بهترین حالت ممکن برای دریافت انرژی در



شکل ۱۶- بررسی زوایای مختلف (شیب و جهت) جهت انتخاب زاویه بهینه دریافت انرژی محدود کانال

میزان درآمد و بازگشت سرمایه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که بر اساس مصوبه سال ۱۴۰۰ وزارت نیرو انعقاد قرارداد خرید تضمینی برق از ظرفیت‌های تولید برق تجدید پذیر، در صورتی که ظرفیت نیروگاه کمتر از ۱۰ مگاوات باشد، نرخ پایه خرید تضمینی برق ۸۹۱۸ ریال بر کیلووات ساعت محاسبه می‌گردد. در نهایت با مشاهده جداول ۱ و ۲ به این نتیجه می‌رسیم گزینه دوم با فاصله قرارگیری ردیف سه متری با دوره بازگشت سرمایه ۱۲/۴ سال بهترین گزینه این تحقیق انتخاب می‌گردد.

پس از انتخاب زاویه ۳۷ درجه به عنوان زاویه هدف، برای جلوگیری از اثر سایه‌اندازی در جهت رسیدن به حد مطلوب دریافت انرژی وارد مرحله بررسی فاصله ردیف قرارگیری صفحات در ردیف و نحوه جاگذاری هر صفحه در هر ردیف نرم‌افزار شده که در حالت افقی (طول صفحه یک متر و عرض آن دو متر) و در حالت عمودی نیز (طول صفحه دو متر و عرض آن یک متر) بر اساس سایز صفحه مونو کریستال در نظر گرفته شده است. لذا برای انتخاب بهترین گزینه از نظر صرفه اقتصادی

جدول ۱- سناریوهای قرارگیری صفحات خورشیدی، درصد پوشش سطح آب، میزان انرژی تولید روزانه و سالانه سیستم

ردیف	فاصله قرارگیری ردیف از ردیف	حالت قرارگیری پنل (افقی یا عمودی)	درصد پوشش سطح آب	مساحت تحت پوشش کانال	کاهش بازده سیستم	میزان تولید انرژی روزانه در زاویه ۳۷ درجه	میزان تولید انرژی روزانه در حالت افقی	میزان تولید انرژی بر اثر سایه	میزان تولید انرژی سالانه
	متر			مترمربع	درصد	کیلووات ساعت بر مترمربع در روز	کیلووات ساعت بر مترمربع در روز	کیلووات ساعت بر مترمربع در روز	میلیون وات در ساعت
۱	۲	عمودی	۱	۳۶۹۶۰	۱۷/۳	۶/۴	۵/۴	۵/۵	۹۹۱۸
۲	۳	عمودی	۰/۶۷	۲۴۷۶۳	۶/۲	۶/۴	۵/۴	۶/۱	۷۳۷۷
۳	۳	افقی	۰/۳۳	۱۲۱۹۶	۱/۸	۶/۴	۵/۴	۶/۳	۳۷۷۶

جدول ۲- هزینه کل احداث، درآمد سالانه حاصل از فروش برق و بازگشت سرمایه سیستم

ردیف	فاصله قرارگیری ردیف از ردیف	حالت قرارگیری پنل (افقی یا عمودی)	هزینه کل احداث نیروگاه	درآمد سالانه حاصل از فروش برق	بازگشت سرمایه
	متر		تومان	تومان	سال
۱	۲	عمودی	۱۲۰۶۰۶۰۰۰۰۰	۸۸۴۴۸۷۲۴۰۰	۱۳/۶
۲	۳	عمودی	۸۲۰۰۰۰۰۰۰	۶۵۷۸۸۰۸۰۰۰	۱۲/۴
۳	۳	افقی	۵۲۰۰۰۰۰۰۰	۳۳۶۷۴۳۶۰۰۰	۱۵/۴

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر سعی بر بررسی وضعیت تابش خورشیدی در محدوده کانال آب‌رسان منشعب از سد انحرافی نوروزلو گردید. به این منظور از دو نرم‌افزار متئونرم (برای پیش‌بینی دما و تابش) و سیستم‌های فتوولتائیک (به‌منظور بررسی زوایای تابش و اثر سایه بر صفحات خورشیدی) استفاده گردید. میزان تابش با استفاده از هر سه سناریوی گزارش پنجم توسط نرم‌افزار متئونرم مورد بررسی قرار گرفت. سپس با ورود میزان تابش ماهانه موجود در منطقه، زوایای بهینه دریافت انرژی حداکثری و جلوگیری از اثر سایه بر صفحات خورشیدی با استفاده از نرم‌افزار به دست آمد. واهب یوسف و همکاران با تحقیق بر روی ۱۵ کانال اجرایی پوشش صفحات خورشیدی در کشورهای مختلف، میانگین سالانه میزان کاهش تبخیر به ازای تولید هر مگاوات ساعت انرژی برق حدود ۳۰۰۰ مترمکعب حجم آب برآورد گردید (Waheeb Youssef et al., 2019). لذا در این تحقیق با انتخاب نیروگاه ۷ مگاواتی حجم آبی حدود ۲۱۰۰۰ مترمکعب صرفه‌جویی از تبخیر خواهیم داشت. با توجه به تحقیق صورت گرفته توسط موسوی و تاتاری (۱۳۹۶) مبنی بر میزان نیاز آبی سالیانه گونه‌های مختلف درختان میوه (برحسب مترمکعب) در سیستم آبیاری قطره‌ای که با در نظر گرفتن نیاز حداکثری ۶۰۰۰ مترمکعبی محصول سیب در هر هکتار با این حجم آب صرفه‌جویی شده می‌توان نیاز آبی حدود ۴ هکتار از سطح باغات سیب شهرستان را تأمین کرد. با توجه به شرایط فعلی منطقه، استان و کشور که با مشکل و بحران کم‌آبی مواجه است و نیز در سطح محدود مطالعاتی در مقایسه با سطح کشور، به دلیل خشک شدن دریاچه ارومیه اهمیت موضوع چند برابر می‌گردد. در جدول ۳ مطالعات و تحقیق‌های انجام‌شده در خصوص کاهش تبخیر در ایران و جهان آورده شده است. روش فیزیکی بیشتر از بقیه روش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. به‌طور مثال استفاده از پوشش‌های شناور و صفحات خورشیدی منجر به پوشش درصد قابل‌توجهی از سطح آب گردیده و آن‌هم سبب کاهش تبخیر، محافظت و صرفه‌جویی از منابع آبی خواهد گردید.

در خصوص جدول ۲ همانطور که مشاهده گردید گزینه اول به دلیل نزدیکی ردیف صفحات نسبت به هم در معرض سایه‌اندازی قرار گرفته و این امر سبب افت شدید بازده صفحات می‌گردد و موجب افزایش هزینه احداث نیروگاه و در مقابل کاهش درآمد حاصل از تولید برق خواهد شد ولی در گزینه دوم با دقت در هزینه و درآمد به این نتیجه می‌رسیم با وجود اینکه هزینه کمتر از حدود ۴۰ میلیارد تومان نسبت به نیروگاه نه مگاواتی صرف شده است ولی تنها با دو مگاوات کاهش تولید بازده قابل‌توجهی را داشته و حتی بازگشت سرمایه نیز یک سال زودتر اتفاق می‌افتد. گزینه سوم نیز با توجه به قرارگیری افقی صفحات روی ردیف موجب فاصله زیاد ردیف صفحات از هم شده و ما از مساحت موجود نهایت استفاده را نبرده‌ایم هرچند این امر سبب کاهش هزینه اولیه مصرفی برای احداث شده است. ولی اگر بحث پوشش کانال آبیاری مطرح شود و کاهش تبخیری که هنوز به دلیل عدم مطالعات و پایش میدانی در صورت قرارگیری صفحات روی کانال انجام نگرفته است و امکان استناد به آن نیست که چه مقدار کاهش تبخیر در روش احداث صفحات خورشیدی روی کانال خواهیم داشت ولی به تبع هرچقدر پوشش بیشتری صورت گیرد، میزان کاهش تبخیر نیز بدیهی است که بیشتر خواهد بود. به‌هرحال گزینه سوم هم برای مواردی که جوامع محلی با هزینه کم در دسترس تمایل به احداث صفحات روی کانال نمایند و هدف اصلی تولید انرژی مصرفی کشاورزی و خانگی باشد نیز پیشنهاد می‌شود. با مشاهده جداول ۱ و ۲ در گزینه انتخابی ما، نیروگاهی به ظرفیت حدود ۷/۳ مگاوات احداث می‌گردد که هم از لحاظ هزینه اولیه نسبت به گزینه اول مقرون‌به‌صرفه بوده و هم از لحاظ بازگشت سرمایه یک سال زودتر خواهد بود. با مشارکت جوامع محلی در حاشیه کانال آب‌رسان علاوه بر حفظ و نگهداری این صفحات، می‌توان انرژی تولیدی، برق مصرفی افراد محلی را نیز تأمین نمود. هم‌چنین علاوه بر تولید انرژی پاک و کاهش میزان تبخیر، منجر به جلوگیری از رشد علف‌های هرز در کناره کانال که باعث کاهش سرعت جریان و به‌مرور تخریب کانال گردیده و در نهایت منجر به نشست و نفوذ عمقی و هدر رفت آب می‌شود، خواهد شد.

جدول ۳- مقایسه و بررسی تحقیقات انجام شده کاهش تبخیر

نتیجه بررسی	درصد کاهش تبخیر یا پوشش سطح آب	روش کاهش تبخیر
کشت درختان در مخزن خاراکواسلا شهر ماهاراشترا کشور هند به‌عنوان بادشکن. (Joshi et al., 2021)	۲۵-۱۵	فیزیکی (کاشت درخت)
سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی شناور منجر به تولید انرژی و کاهش تبخیر حجم آبی حدود ۴/۳۵ میلیون مترمکعب گردیده است، (فرشته پور و همکاران، ۱۳۹۹)	۱۰	فیزیکی (صفحات خورشیدی)
استفاده از مواد شیمیایی بیستیل الکل و استریل الکل در مخازن (Joshi et al., 2021)	۴۰-۲۰	شیمیایی
شرایط بهینه تأثیر کانال‌های خورشیدی بر تبخیر، کیفیت آب و تولید برق، (Baradei and Sadeq, 2020)	۵۰-۳۳	فیزیکی (صفحات خورشیدی)
پوشش سطح آب سد نورولو و تولید انرژی خانوارهای روستایی. رضائی و احمدی (۱۴۰۰)	۴۳/۷	فیزیکی (صفحات خورشیدی)
مطالعه آزمایشگاهی کاهش تبخیر با استفاده از گیاه عدسک آبی گیاهی و غیر گیاهی با آب سد آیدوگوموش شهر میانه. (Soltani et al., 2018)	۶۷/۴، ۷۶/۲۵	بیولوژیکی
کاربرد صفحات خورشیدی به‌عنوان بادشکن به‌منظور کاهش تبخیر و تولید انرژی با استفاده از مدل انسیس فلوتنت بر روی چاه نیمه شماره ۴ در سیستان و بلوچستان. هاشمی منفرد و همکاران (۱۳۹۷)	۷۱/۳۶	فیزیکی (صفحات خورشیدی)
استفاده از ماده ستیل الکل هگزادکانول در کشور استرالیا. سپاس خواه (۱۳۹۷)	۲۰	شیمیایی
ایده ابتکاری (استفاده از پنل‌های فونیکس) جهت مقاومت در برابر اشعه فرابنفش برای نصب نیروگاه‌های خورشیدی بر روی آب بالای کانال‌ها، (Patil et al., 2017)	-	فیزیکی (صفحات خورشیدی)
پوشش سطح آب سد مخزنی شهید کاظمی بوکان و تولید انرژی خانوارهای روستایی. رئوف و رضائی (۱۳۹۶)	۱۰۰	فیزیکی (صفحات خورشیدی)
استفاده از لاستیک‌های فرسوده به نام یونورینگ در مجتمع مس سرچشمه. افخمی و همکاران (۱۳۹۶)	۷۸/۳۵	فیزیکی (پوشش شناور)
Yao et al., 2010). SuperSpan, E-VapCap, NetPro, AquaCap	۹۰، ۷۰، ۹۰، ۷۰	فیزیکی (پوشش شناور)
استفاده از ورق‌های فوم دایره‌ای در کشور مصر. حصان و همکاران (۲۰۰۷)	۷۴	فیزیکی (پوشش شناور)
استفاده از پوشش سیاه‌رنگ پلی‌اتیلن یک لایه و دو لایه در کشور اسپانیا. (Alvarez et al., 2006)	۸۳ و ۷۵	فیزیکی (پوشش شناور)

سپاس خواه، ع. ۱۳۹۷. کاهش تبخیر از مخزن آب سدها. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. (۳): ۲۶-۱۳.

سازمان هواشناسی استان آذربایجان غربی. ۱۴۰۰.

علیزاده، ع. ۱۳۷۷. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ دهم. آب‌شناسی. آستان قدس رضوی دانشگاه امام رضا (ع). ۶۳۶.

فرشته پور، م.، باقرپورمجاور، ن.، اسماعیل‌زاده، م.، لطیف، ع.، میلانی شیروان، پ. و جاویدی صباغیان، ر. ۱۳۹۹. بررسی نقش سلول‌های خورشیدی شناور در کاهش تبخیر از مخازن سدها (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

کوهستانی، ش.، اسلامیان، س. و بسالت پور، ع. ۱۳۹۶. تأثیر تغییر اقلیم بر درجه حرارت حوضه آبریز زاینده‌رود با استفاده از محاسبات نرم یادگیری ماشینی بیزین. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). صلاحی، ب.، گودرزی، ب. و حسینی، س. ۱۳۹۷. برآورد میزان تبخیر و تعرق در ارتباط با تغییرات اقلیمی در حوزه ی آبخیز دریاچه ارومیه. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۲(۴۱): ۱-۱۲.

مظاهری، ا. و کوپایی، ج. ۱۳۹۷. کاهش تبخیر از مخازن آب با استفاده از پوشش‌های شناور. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. (۴۹): ۶۰۵-۵۹۷.

مجرد، ف. و مرادی، ک. ۱۳۹۳. نگرشی بر ناموزونی‌ها و روندهای ساعات آفتابی در ایران. فصلنامه جغرافیا و توسعه. ۳۴.

موسوی، ا. و تاتاری، م. ۱۳۹۶. مدیریت کم آبیاری درختان میوه. نشریه فنی پژوهش‌گده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

منصوری، ا.، امین نژاد، ب. و احمدی، ح. ۱۳۹۷. بررسی اثر تغییر اقلیم بر رواناب ورودی به مخزن سد کارون ۴ بر اساس گزارش‌های چهارم و پنجم IPCC. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی).

هاشمی منفرد، س.، رضا پور، م.، رضا پور، ح. و اژدری مقدم، م. ۱۳۹۷. استفاده از صفحات خورشیدی شناور به‌عنوان

توصیه می‌شود جنبه‌های دیگر (مثبت یا منفی) این فرآیند در منطقه، در مطالعات مشابه مدنظر قرار گرفته و پایش میدانی و شبیه‌سازی لازم نرم‌افزاری صورت گیرد تا حد امکان به عوامل محیطی واقعی دخیل در پروژه نزدیک گردد. به‌گونه‌ای که با کاهش تبخیر ممکن است رطوبت موجود در هوا در منطقه کاهش پیدا یافته و این کاهش رطوبت هوا، بر نیاز آبی محصولات اراضی زراعی، باغی و مرتعی منطقه تأثیرگذار باشد.

منابع

افخمی، ح.، ملکی نژاد، ح.، اسماعیل‌زاده، ع. و غریبی، خ. ۱۳۹۶. طراحی پوشش شناور یونورینگ با استفاده از لاستیک‌های فرسوده جهت کاهش تبخیر از منابع روباز آبی. یادداشت فنی تحقیقات منابع آب ایران. ۳. وزارت نیرو. ۱۴۰۰ (www.satba.gov.ir).

پیری پشت کوهی زاده، ه. ۱۳۹۴. برآورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از الگوریتم‌های Sebs، Sebal و تصاویر سنجنده Oli (مطالعه موردی: دشت ناز - ساری). پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته هواشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ترکی، م. و عابدی، ز. ۱۳۹۰. هزینه‌های خارجی تولید برق از نیروگاه‌های فسیلی. فصلنامه انسان و محیط‌زیست. ۱۹.

خمر، غ.، زینلی، س.، جهان‌تغیخ، ن. و کیانی، ا. ۱۳۹۹. بررسی تطبیقی شهرهای شش‌گانه منطقه سیستان از لحاظ پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی. مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۱۰ (۳۹): ۶۶-۸۳.

رضازاده، ا.، اکبر زاده، پ. و امین زاده، م. ۱۳۹۹. مدل‌سازی و بررسی آزمایشگاهی کاهش تبخیر سطحی آب توسط پوشش‌های شناور با حضور جریان سطحی. نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر. (۱۸): ۱۸۰-۱۷۱.

رئوف، م. و رضائی، م. ۱۳۹۶. کاهش تبخیر آب و امکان‌سنجی استفاده از پنل‌های خورشیدی تولید انرژی در سد شهید کاظمی (بوکان). شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه محقق اردبیلی.

رضائی، م. و احمدی، ح. ۱۴۰۰. تحلیل اقتصادی کاربرد سلول‌های خورشیدی روی دریاچه سدها (مطالعه موردی: سد انحرافی نوروزلو). مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۲ (۸۲): ۱۰۲-۸۹.

- International Research Journal of Engineering and Technology. 8(6).
- Patil, S., Wagh, M. M. and Shinde, N. N. 2017. A Review on Floating Solar Photovoltaic Power Plants. International Journal of Scientific and Engineering Research. 8(6): 789-794.
- Remund, S. C., Muller, C., Schilter, B. and Rihm, B. 2010. The use of Meteorological weather generator for climate change studies. EMS Annual Meeting Abstracts. (7): 417.
- Riahi, K., Rao, Shi., Krey, V., Cho, Ch., Chirkov, V., Fischer, G., Kindermann, G., Nakicenovic, N. and Rafaj, P. 2011. RCP 8.5 - A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. Climatic Change. 109: 33-57.
- Soltani, Z., Khani, A., Mahanpour, K. and Marjani, A. 2018. Assessment of duckweed (Lemna gibba L) growth on dam water surface as green cost-effective process to improving water quality. Desalination and Water Treatment. 118: 79-86.
- Vuuren, D. V., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K. and Weyant, J. 2011. A special issue on the RCPs. Climate Change. 109: 1-4.
- Yao, X., Zhang, H., Lemckert, C., Brook, A. and Schouten, P. 2010. Evaporation Reduction by Suspended and Floating Covers. Overview, Modelling and Efficiency. Urban Water Security Research Alliance Technical Report. 28.
- Waheeb Youssef, Y. and Khodzinskaya, A. 2019. A Review of Evaporation Reduction Methods from Water Surfaces. E3S Web of Conferences. 97: 05044.
- بادشکن به منظور کاهش تبخیر و تولید انرژی با استفاده از مدل سازی Ansys Fluent مطالعه موردی: چاه نیمه شماره ۴ سیستان. مجله آکو هیدرولوژی. ۵ (۴): ۱۳۰۷-۱۲۹۷.
- Alvarez, V. M., Baille, A., Martinez, J. M. M. and Real, M. M. G. 2006. Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. Spanish Journal of Agricultural Research. 4: 280-288.
- Baradei, S. E. and Sadeq, M. A. 2020. Effect of solar canals on evaporation, water quality and power production: An optimization study. Water. 12(8): 2103.
- Belmahdi, B. and El Bouardi, A. 2020. Solar potential assessment using PVsyst software in the northern zone of Morocco. Procedia Manufacturing. 46: 738-745.
- Cantoni, R. and Rignall, K. 2019. Kingdom of the Sun: a critical, multiscale analysis of Morocco's solar energy strategy. Energy Research and Social Science. 51: 20-31.
- Dimberger, D. 2017. Photovoltaic module measurement and characterization in the laboratory. In The Performance of Photovoltaic (PV) Systems. 23-70.
- Hassan, R. M., Hekal, N. T. and Mansor, N. M. 2007. Evaporation reduction from Lake Naser using new environmentally safe techniques. Eleventh International Water Technology Conference, IWTC11, Sharm El-Sheikh, Citeseer. 179-194.
- Joshi, M. S., Rawool, N., Sagar, A., Parihar, V. and Jagtap, M. 2021. Methods to Reduce Evaporation of Water from Reservoir.

Economic optimization of irrigation channel coating with solar panels based on energy receiving angles (case study: Noruzlu Dam's water channel)

M. Rezaei^{*1} and R. Ilkhanipour²

Abstract

Considering the consequences of climate change and the existence of drought, the current conditions should be managed in such a way that the spread of the negative effects of these changes, including the reduction of water resources in open water transfer systems through evaporation, is limited and controlled. Evaporation from the surface of open channels, especially in arid and semi-arid areas like Iran, needs more detailed studies; Therefore, in the present study, the factors affecting evaporation were first investigated based on the data received by the Meteorological Organization, and then the potential amount of solar radiation was estimated in the area of the water supply channel on the right bank of the Noruzlu Diversion Dam, and the amount of coverage of the channel surface was investigated. For this purpose, the required data were extracted through the meteorology software and using the RCP 2.6, RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios. Based on the research findings, the decrease in the radiation potential and the gradual increase in temperature and as a result the global warming revealed. In the continuation of this process, by entering the extracted data into the PVC system software, different angles of the radiation effect and simulating the shading scenarios of the panels at different distances were carried out in order to choose the optimal angle with the maximum amount of energy received. As a result, the slope angle is 37 degrees with the water supply channel coverage of about 67% in the covered area of about 24,763 of the 36,960 square meters of the canal, 7,377 megawatt hours of electricity energy annually at a cost of about 82 billion tomans and annual income of 6.5 billion tomans with return on investment 12.4 years was selected.

Keywords: Irrigation Channel, Evaporation Reduction, Meteorism, Pvsyst, Solar Energy

¹M. Sc. Graduated, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urumie University, Urumie, Iran (* Corresponding Author Email: Rezaei.milad.uma@gmail.com)

² Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urumie University, Urumie, Iran

Received: 4 Sept 2022

Accepted: 30 Dec 2022