

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی احداث سد کارون ۴ بر پارامترهای اقلیمی منطقه با استفاده از سنجش از دور

آرزو قادری^۱
زهرا عزیزی*^۲
خدایار عبدالمهی^۳
چکیده

دریاچه‌های مصنوعی پشت سدها، سطح تبخیر بزرگی را ایجاد و تاثیرات معناداری بر میکرواقلیم اطراف سد دارند. تبخیر و تعرق با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی قابل تعیین است، اما با استفاده از داده‌های سنجش از دور جهت ارزیابی تبخیر و تعرق در نواحی وسیع این محدودیت را برطرف می‌نماید. لذا در این تحقیق با استفاده از تصاویر Modis و مدل Wetspass مقدار تبخیر و تعرق برای حوضه‌ی کارون شمالی در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ به صورت ماهانه برآورد گردید. ضریب همبستگی برای تبخیرهای به دست آمده ۰/۷۲ شد. این مدل برای مناطق مختلف با پارامترهای مختلفی واسنجی و صحت‌سنجی شد. داده‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ برای واسنجی و ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ برای صحت‌سنجی استفاده شد. ضریب نش مرحله اول ۰/۵۶ و مرحله دوم ۰/۵۴ بود. پارامترهای اقلیمی دما، بارش و تبخیر در دوره‌ی قبل از احداث سد و اثرات وارده بر میکرواقلیم منطقه پس از احداث سد مورد بررسی قرار گرفت. بررسی تغییرات تبخیر و تعرق با استفاده از تصاویر Modis در طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه با طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که میزان تبخیر و تعرق بعد از احداث، افزایش یافته و تغییرات آن با فاصله از سد در برخی از ماه‌ها نیز افزایش چشمگیری داشته است.

واژه‌های کلیدی

تبخیر، تعرق، سد، میکرواقلیم، Modis، Wetspass.

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^{۲*} عضو هیات علمی گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. zazizi@srbiau.ac.ir

^۳ عضو هیات علمی گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.

مقدمه

در عصر حاضر یکی از مهمترین تهدیدها در توسعه پایدار، تغییر اقلیم است لذا تحقیقات متنوعی در بررسی آثار آن بر اکوسیستم های طبیعی و نیز پدیده های ساخت بشر انجام شده است. چنین کاربردی از تصاویر ماهواره ای گاهی تنها گزینه عملی برای کسب اطلاعات از پهنه های بزرگ است. هرگونه تغییر در شرایط اقلیم بر وضعیت منطقه تاثیر بسزائی دارد، این درحالی است که موضوع تغییر اقلیم بیش از چند دهه است که در سطح جهانی مطرح می شود (جانسون^۱ و همکاران، ۱۹۹۳). در همین راستا، تصاویر ماهواره ای یا هوایی بدلیل اطلاعات مهمی که در برآورد تغییرات کاربری های زمین در طولانی مدت فراهم می کنند در زمینه های مختلف مورد توجه قرار گرفته اند (الغریبوی و عزیز، ۱۴۰۰).

سدهای بزرگ به واسطه مزایای اجتماعی همچون کنترل و مهار سیلابها، تامین منابع آبی برای مصارف کشاورزی و خانگی و تامین برق همیشه مورد توجه مسئولین و برنامه ریزان اقتصادی بوده است. ولی سدها به عنوان دست ساخته های بشری باعث تغییر در جریان طبیعی محیط بوده و با تغییر در اکوسیستم منطقه اطراف سد و مناطق حاشیه ای رود باعث ایجاد صدمات و خسارات جبران ناپذیری بر محیط زیست می گردد (بوداچور و همکاران، ۲۰۰۸).

برخی از محققان معتقدند که داده های سنجش از دور می تواند ارزیابی بهتری از محدوده های تبخیر نسبت به روش های دستی داشته باشند (روهاف^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). امروزه در روند مدیریت کارآمد منابع آبی به کارگیری داده های سنجش از دور با هدف کسب اطلاعات دقیق از تبخیر به صورت عملیاتی اجرا می گردد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۰). با عنایت به پیشرفت های موجود در چند دهه گذشته، توسط کشورهای مختلف سنجنده ها، ماهواره های متعددی طراحی و به فضا ارسال شده که یکی از آنها ماهواره TERRA است. سنجنده MODIS با توجه به

قابلیت های فنی و اپتیکی خود تصاویر متنوعی را در باندهای مختلف الکترومغناطیس عرضه می دارد (ضیاعی و همکاران، ۲۰۱۴). WetSpass یکی از مدل هایی است که به عنوان یک روش فیزیکی برای ارزیابی اجزای مدل بیلان آب در مقیاس زمانی متوسط و بلندمدت رواناب سطحی، تبخیر و تعرق واقعی و تغذیه، آب زیرزمینی ارائه شده است (باتلان و اسمیت^۳، ۲۰۰۱).

در سطح جهان مطالعات زیادی در خصوص تبخیر و برآورد مقادیر حاصل از آن با استفاده از تصاویر ماهواره ای انجام شده است. از جمله این مطالعات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

اپوکو^۴ و همکاران در سال ۲۰۰۸ استفاده از سنجنده مودیس جهت برآورد ET^۵ در منطقه ساوانا واقع در غرب آفریقا را مورد بررسی قرار دادند. وسعت منطقه مورد مطالعه ۵۳۱۱ کیلومترمربع بود. آن ها در پژوهش خود از الگوریتم سبال و تصاویر مودیس استفاده کردند و عملکرد خوبی را این سنجنده از خود نشان داد. کاهیل^۶ و همکاران با استفاده از یک مدل ترکیبی شامل موجک و ماشین بردار پشتیبان، تبخیر و تعرق واقعی را برای اراضی حوضه رودخانه سویر در ایالت یوتا ریزمقیاس مکانی کردند. آن ها از تصاویر سنجنده مودیس با دقت تفکیک مکانی ۱۰۰۰ متر و سنجنده لندست^۷ TM با دقت تفکیک مکانی ۳۰ متر به عنوان داده های ورودی به مدل خود استفاده کردند. نتایج آن ها نشان داد که ریزمقیاس نمایی مکانی تبخیر و تعرق واقعی تصاویر سنجنده مودیس به باند سیاه و سفید سنجنده لندست، سازگاری خوبی با اندازه گیری های زمینی داشت (کاهیل و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش هایی که در برزیل انجام شد مقدار تبخیر و تعرق (فرآیندی که به وسیله آن آب از زمین به جو از طریق تبخیر از سطح و تعرق از گیاهان انتقال می یابد) بر اساس مدل SEBAL و استفاده از تصاویر ماهواره ای MODIS برای ارزیابی دقت مدل برآورد شد. تبخیر و تعرق برآورد شده مدل در مقایسه با نتایج حاصل از همبستگی

⁵ Evapotranspiration

⁶ Kaheil

⁷ Landsat

¹ Johnson

² Ruhoff

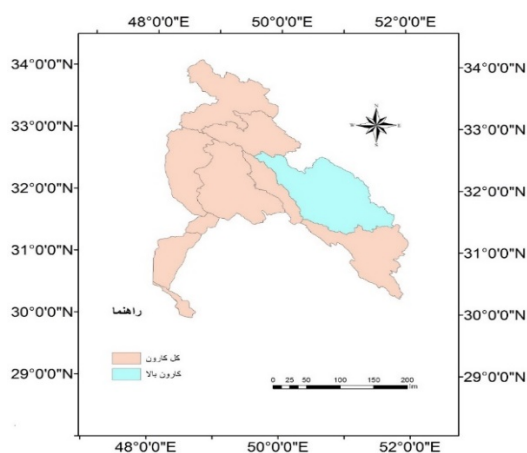
³ Batelaan and Smedt

⁴ Opoku

پهنه‌بندی مکانی آسیب‌پذیری آن‌ها بر محدوده مطالعاتی حوضه کارون چهار است که با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام می‌گردد.

موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

سد کارون ۴ در فاصله ۶۷۰ کیلومتری رودخانه کارون به خلیج فارس احداث شده است. این سد بزرگ‌ترین سد بتنی دو قوسی ایران است که شامل ۴ واحد نیروگاهی هر یک به ظرفیت ۲۵۰ مگاوات می‌باشد. حجم مخزن این سد ۲ میلیارد متر مکعب آب می‌باشد که در زمان کنونی صد در صد حجم مخزن پر است. سد مخزنی کارون ۴ در استان چهارمحال و بختیاری در فاصله ۱۸۰ کیلومتری جنوب غربی شهرکرد و چهار کیلومتری پایین دست محل تلاقی رودخانه‌های ارمند و بازفت واقع شده است. مساحت حوضه ۴۴۵۵۳ کیلومتر مربع، موقعیت آن به مختصات ۵۰,۴۷۱۹۶۵ طول جغرافیایی و ۳۱,۶۰۰۸۳۲ عرض جغرافیایی می‌باشد. متوسط بارش سالانه ۷۵۶/۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۰ درجه سانتی‌گراد است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

مدل WetSpas-M

این مدل نوعی مدل توزیعی-مکانی می‌باشد که نسخه‌های جدید آن قادر است توزیع ماهانه، فصلی و سالانه تغذیه و بیلان کلی آب یک منطقه را شبیه‌سازی نماید. داده‌های ورودی این مدل عبارتند از: داده‌های هواشناسی، تبخیر و تعرق، سرعت باد، عمق آب زیرزمینی، دما، بارش و

خوبی برخوردار بود (روهاف و همکاران، ۲۰۱۲). جهت تعیین تبخیر و تعرق با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای، الگوریتم‌های متعددی مانند الگوریتم بیلان انرژی در سطح زمین تدوین شده است. به طور کلی با برآورد میزان آب مورد نیاز تبخیر و تعرق واقعی، در نقاط مختلف شبکه می‌توان نسبت به توزیع مناسب آب در سطح شبکه و بهبود مدیریت آبیاری اقدام نمود که تأثیر به‌سزایی در مدیریت بهینه مصرف آب در شبکه دارد (ضیایی و همکاران، ۲۰۱۴). تخمین دقیق تبخیر و تعرق نقش مهمی در بیلان آب در مقیاس منطقه‌ای برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر منابع آب ایفا می‌کند. محققان از داده‌ها و الگوریتم‌های مبتنی بر سنجش از دور برای تعیین تبخیر و تعرق واقعی استفاده می‌کنند. در این تحقیق روند تغییرات تبخیر و تعرق واقعی دشت نیشابور با الگوریتم بیلان انرژی برای زمین در طی دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ به کمک تصاویر سنجنده مودیس و داده‌های هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت (سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۴). اثرات تغییرات آب و هوایی بر سیستم‌های آب زیرزمینی و مقدار تبخیر و تعرق آن در حوضه گروت-نت^۱ در بلژیک، با مساحت ۵۲۵ کیلومتر مربع مورد بررسی قرار گرفت. اجزای بیلان فصلی و سالانه از جمله تغذیه آب های زیرزمینی با استفاده از مدل WetSpas شبیه‌سازی شد، نتایج WetSpas برای ماه‌های مرطوب نشان داد که زمستان‌های مرطوب و تابستان‌های خشک‌تر نسبت به وضعیت کنونی انتظار می‌رود (باتلان و اسمیت، ۲۰۰۱). چند مدل برای ارزیابی تعادل آب وجود دارد که یکی از آن‌ها WetSpas است. این مدل توانایی شبیه‌سازی توزیع مکانی تغذیه، رواناب سطحی و تبخیر تعرق را برای شرایط فصلی متوسط دارد. این مقاله یک روش و مدل اصلاح شده WetSpas را ارائه می‌دهد که در آن دوره زمانی از فصلی به ماهانه کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات قبلی نشان داد که برای این حوضه، تغییرات کوچکی در بارندگی می‌تواند تغییر زیادی در رواناب سطحی ایجاد کند. در این تحقیق نیز مدل همین نتایج را در بر داشت (عبداللهی و همکاران، ۲۰۱۷). هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر ناشی از تغییرات اقلیمی و

¹Grote-Nete

$$(G_d - h_r) \leq R_d \quad (4)$$

$$(G_d - h_r) > R_d$$

که در آن G_d عمق آب‌های زیرزمینی (متر) است، h_r ارتفاع اشباع شده‌ی کشش (متر)، R_d عمق شیارزنی (متر) است. برای سطوح گیاهی که سطح آب‌های زیرزمینی زیر منطقه‌ی ریشه است، تعرق واقعی به وسیله‌ی معادله‌ی زیر ارائه می‌شود:

$$f(\theta) = 1 - a_1 \frac{w}{T} \quad (5)$$

که در آن $f(\theta)$ تابعی از درصد رطوبت است. واسنجی مدل از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ انجام گرفت و پارامترهای مناسب برای بالا رفتن ضریب نش مدل تعیین گردید. برای ارزیابی مدل از ضریب تبیین و ضریب کارایی نش - ساتکلیف^۳ (۱۹۷۹) استفاده شد.

$$EC_{NS} \quad (7)$$

$$= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (C_i^j - C_i^E)^2}{\sum_{i=1}^n (C_i^j - \bar{C}_0)^2}$$

نقشه‌های ET

سنجنده مودیس یکی از دقیق‌ترین پروژه‌های سیستم مشاهدات زمینی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) به شمار می‌آید. مدل پیش از پرتاب سنجنده MODIS در ۱۸ دسامبر سال ۱۹۹۹ بر روی ماهواره TERRA از سیستم‌های مشاهداتی زمینی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) مستقر شد و در مدار زمین قرار گرفته است و اطلاعات بسیار مفیدی از سطح زمین جهت مطالعات زمین و اتمسفر در اختیار محققان علوم زمینی قرار داده است. داده‌های مودیس در ۳۶ باند طیفی و در محدوده ۵/۴-۱۴ میکرومتر، تولید می‌شوند. این سنجنده در دو باند طیفی تصاویر با توان تفکیک مکانی ۲۵۰ متر، در پنج باند طیفی تصاویری با توان تفکیک مکانی ۵۰۰ متر و در ۲۹ باند دیگر نیز تصاویری با توان تفکیک مکانی ۱۰۰۰ متر برداشت می‌کند. این سنجنده بر دو سکوی ترا^۴ و آکو^۵ نصب شده است. با این وجود برخی تفاوت‌های فنی بین آنها وجود دارد (باستیانسون^۶ و همکاران، ۱۹۹۸). در این مطالعه از ۱۸۰ تصاویر تبخیر و تعرق ماهانه سنجنده MODIS طی دوره آماری مورد

نقشه‌های کاربری اراضی، بافت خاک و شیب. نقشه‌های ماهانه داده‌های هواشناسی در نرم‌افزار ILWIS با فرمت Ascii طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ تهیه شدند. داده‌های رقومی ورودی از ایستگاه‌های سینوپتیک^۱ و باران‌سنجی سازمان هواشناسی گرفته شدند. تبخیر-تعرق واقعی یکی از مؤلفه‌های اصلی بیلان آبی هر منطقه و همچنین یکی از عوامل مهم برای برنامه‌ریزی صحیح و مناسب آبیاری جهت بهبود راندمان آب مصرفی در اراضی می‌باشد (بارت^۲ و همکاران، ۱۹۹۳) برای محاسبه تبخیر و تعرق فصلی، یک مقدار مرجع از تعرق از تبخیر آب‌های آزاد و یک ضریب پوشش گیاهی به دست می‌آید:

$$Trv = C E \quad (1)$$

که در آن Trv ، تعرق مرجع از یک سطح گیاهی (متر بر ثانیه)، E ، تبخیر بالقوه از آب‌های آزاد (متر بر ثانیه) و C ضریب پوشش گیاهی است. ضریب پوشش گیاهی می‌تواند به عنوان نسبت تعرق پوشش گیاهی مرجع محاسبه شود:

$$C = \frac{1 + \frac{Y}{\Delta}}{1 + \frac{Y}{\Delta} \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad (2)$$

که در آن γ ثابت رطوبت‌سنجی (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس)، Δ شیب اولین مشتق از منحنی فشار بخار اشباع شده (شیب فشار بخار اشباع در دمای هوای غالب) (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس)، r_c مقاومت تاج پوشش گیاهان (ثانیه بر متر) و r_a مقاومت ایروودینامیکی (ثانیه بر متر) می‌باشد که در معادله زیر ارائه شده است:

$$r_a = r \frac{1}{k^2 u_a} \left[\ln \left[\frac{z_a - d}{z_0} \right] \right]^2 \quad (3)$$

که در آن K ثابت فون کارمن (۰/۴)، u_a سرعت باد (متر بر ثانیه) در سطح اندازه‌گیری $z_a=2m$ ، d طول جابجایی سطح (متر)، z_0 طول زبری برای پوشش گیاهی یا خاک (متر) است و ضریب پنمن (γ/Δ) با دما تغییر می‌کند. برای سطوح تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی و دارای پوشش گیاهی، تعرق واقعی (Tv) برابر با تعرق مرجع است، زیرا هیچ محدودیت دسترسی به خاک یا آب وجود ندارد.

⁴ Terra

⁵ Aqua

⁶ Bastiaanssen

¹ Synoptic

² Baret

³ Nash and Sutcliffe

یکی از عوامل مهم و موثر در میزان تبخیر و تعرق واقعی در حوضه میزان فاصله هر بخش از آن تا محل سد است. به طوری که افزایش و کاهش فاصله تا محل سد می‌تواند در میزان تبخیر و تعرق واقعی نقش به‌سزایی داشته باشد. در این پژوهش به منظور محاسبه تغییرات، از تفاضل میانگین نقشه‌های تبخیر و تعرق واقعی مودیس استفاده شد. کلیه نقشه‌ها بر اساس میزان تبخیرتعرق در نرم‌افزار ILWIS کلاس‌بندی شدند. از بررسی نقشه‌ها در طی ماه‌های قبل از (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰) و بعد از احداث سد (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴) و تلفیق آن‌ها با نقشه فاصله کلاس‌بندی شده تا محل سد نتایج زیر به دست آمد.

میانگین تصاویر مودیس به صورت ماهانه در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی برای بررسی میزان تبخیر در قبل و بعد از احداث سد و تاثیر آن بر این پارامتر انجام گرفت و نتایج گویای موثر بودن احداث سد در میزان تبخیر در حوضه کارون شمالی است.

نقشه‌های حاصل از آن به دو گروه تقسیم می‌شوند:

(۱) نقشه‌های میانگین قبل از احداث سد (۲۰۰۹-۲۰۰۰)

(۲) نقشه‌های میانگین بعد از احداث سد (۲۰۱۰-۲۰۱۴)

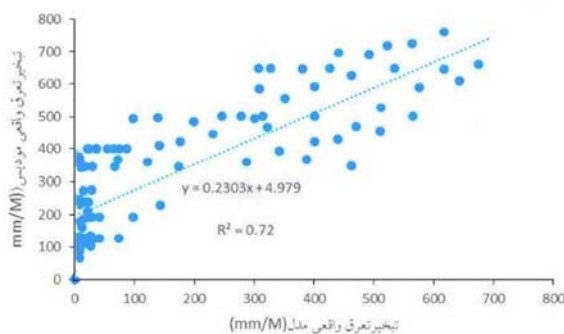
نقشه‌های شکل (۳) میانگین تبخیر را در زمان قبل از احداث سد نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه‌ها که در شکل کلاس طبقه‌بندی شده اند میزان تبخیر در کل دوره (سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹) از ۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر در مترمربع بوده است. بیشترین میزان تبخیر قبل از احداث سد در میانگین ماه نوامبر و کمترین میزان در میانگین ماه مارس مشاهده شد.

نقشه‌های شکل (۴) نیز که مربوط به دوره زمانی پس از احداث سد می‌باشند (سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴) و در شش کلاس طبقه‌بندی شده اند میزان تبخیر را از ۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر در متر مربع نشان دادند. بیشترین میزان تبخیر بعد از احداث سد در میانگین ماه نوامبر و کمترین میزان در میانگین ماه مارس می‌باشد. جدول (۲) نتایج حاصل از میزان تبخیر بعد از احداث سد را نشان می‌دهند. اکبری و همکاران (۱۳۹۰) و هان^۱ و همکاران (۲۰۲۲) نیز در تحقیقاتی در همین راستا به نتایج مشابه دست یافتند.

مطالعه سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی جهت برآورد میزان تبخیرتعرق استفاده شده است.

نتایج و بحث

تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ILWIS مورد پردازش قرار گرفتند و متناسب با پژوهش مورد نظر آماده شدند. همبستگی بین تبخیر و تعرق واقعی مدل با تبخیر و تعرق واقعی تصاویر رابطه $R^2 = 0.72$ را نشان داد.



شکل (۲): نمودار همبستگی بین تبخیر تعرق واقعی مدل با تبخیر تعرق واقعی مودیس

جدول (۱): نتایج ضریب نش ساتکلیف برای دوره واسنجی و

صحت‌سنجی مدل

پارامتر	واسنجی	صحت‌سنجی
رواناب	۰/۵۴	۰/۵۲
جریان پایه	۰/۵۲	۰/۵

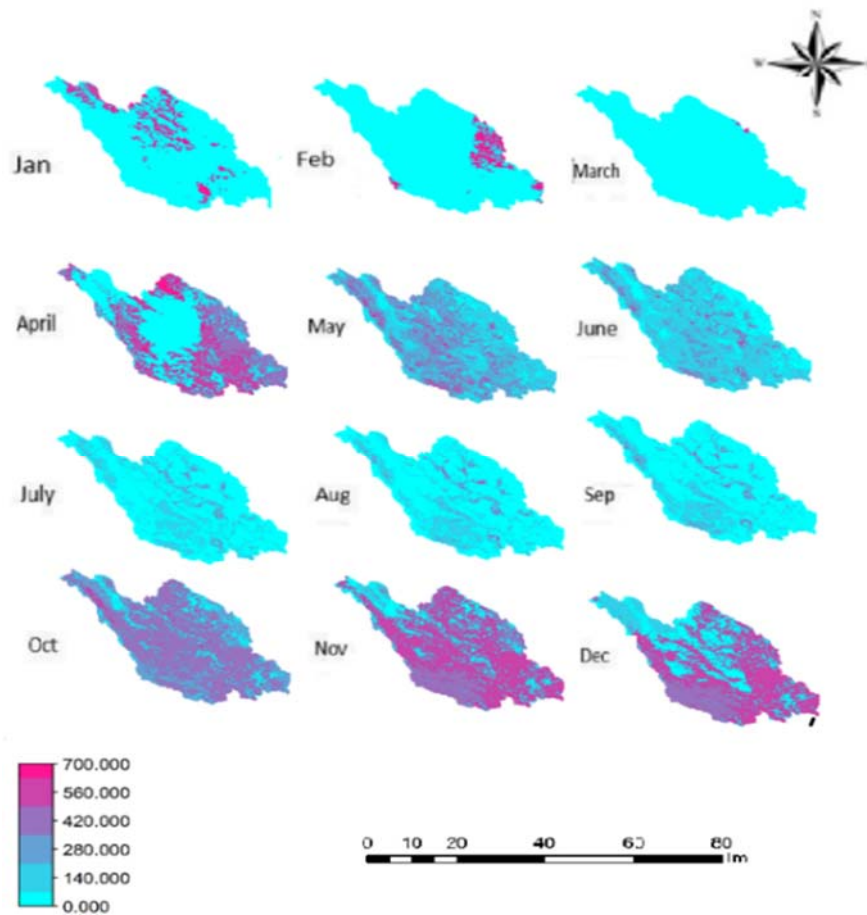
نتایج حاصل از تصاویر مودیس

نقشه‌های حاصل از آن به دو گروه تقسیم می‌شوند:

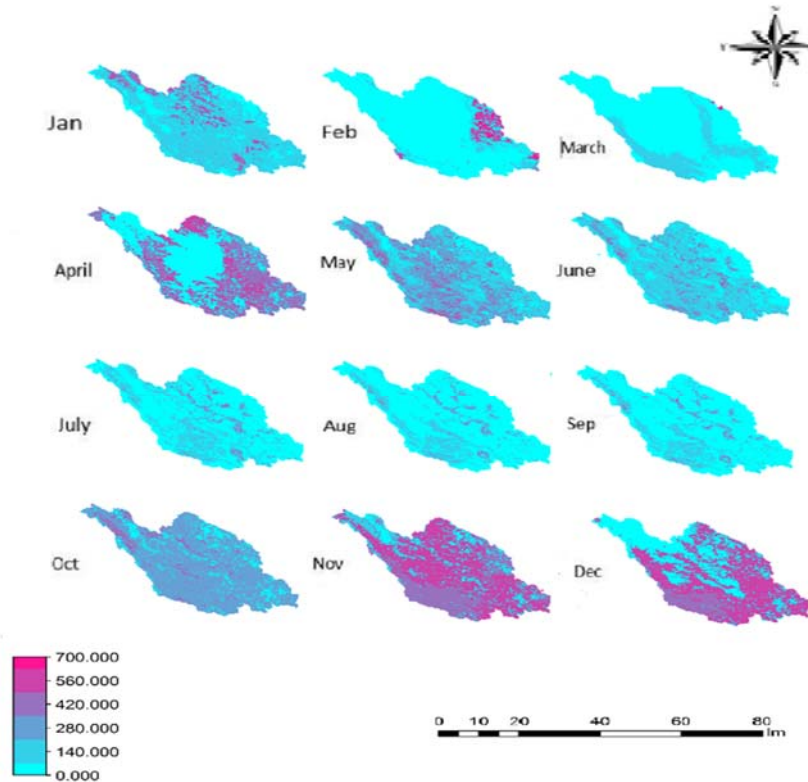
(۱) نقشه‌های میانگین قبل از احداث سد (۲۰۰۹-۲۰۰۰)

(۲) نقشه‌های میانگین بعد از احداث سد (۲۰۱۰-۲۰۱۴)

میانگین تصاویر مودیس به صورت ماهانه در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی برای بررسی میزان تبخیر در قبل و بعد از احداث سد و تاثیر آن بر این پارامتر انجام گرفت و نتایج گویای موثر بودن احداث سد در میزان تبخیر در حوضه کارون چهار است. نقشه‌های میانگین در نرم‌افزار ILWIS آماده و به شش کلاس طبقه‌بندی شدند. میزان تبخیر از ۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر / ماهانه می‌باشد. بیشترین میزان تبخیر بعد از احداث سد در میانگین ماه نوامبر و کمترین میزان در میانگین ماه مارس می‌باشد.



شکل (۳): میانگین ماهانه نقشه های تبخیر تعرق واقعی بدست آمده از مودیس قبل از احداث سد

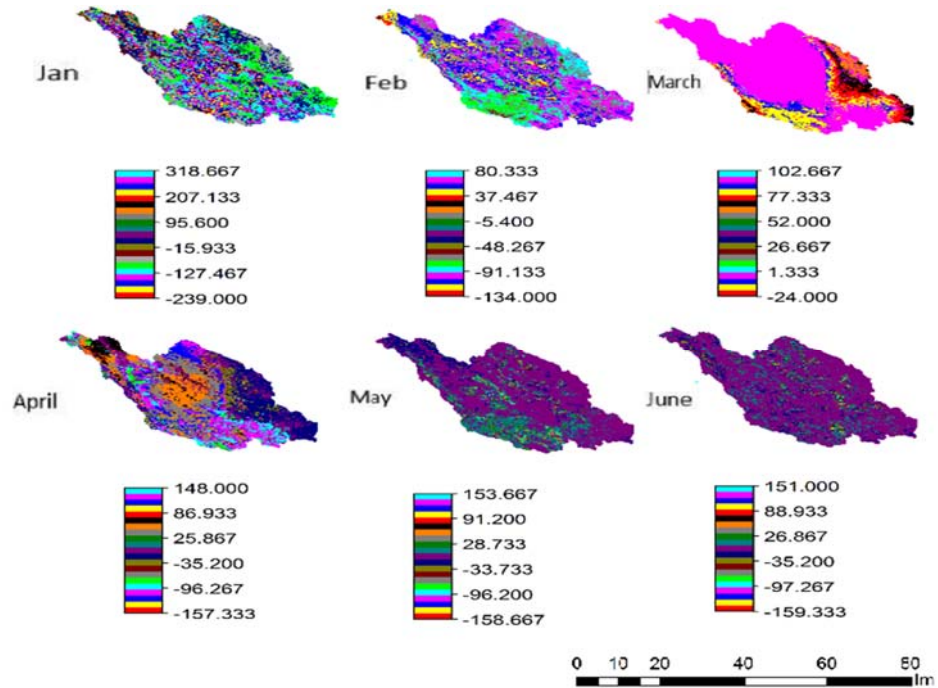


شکل (۴): میانگین ماهانه نقشه های تبخیر تعرق واقعی بدست آمده از مودیس بعد از احداث سد

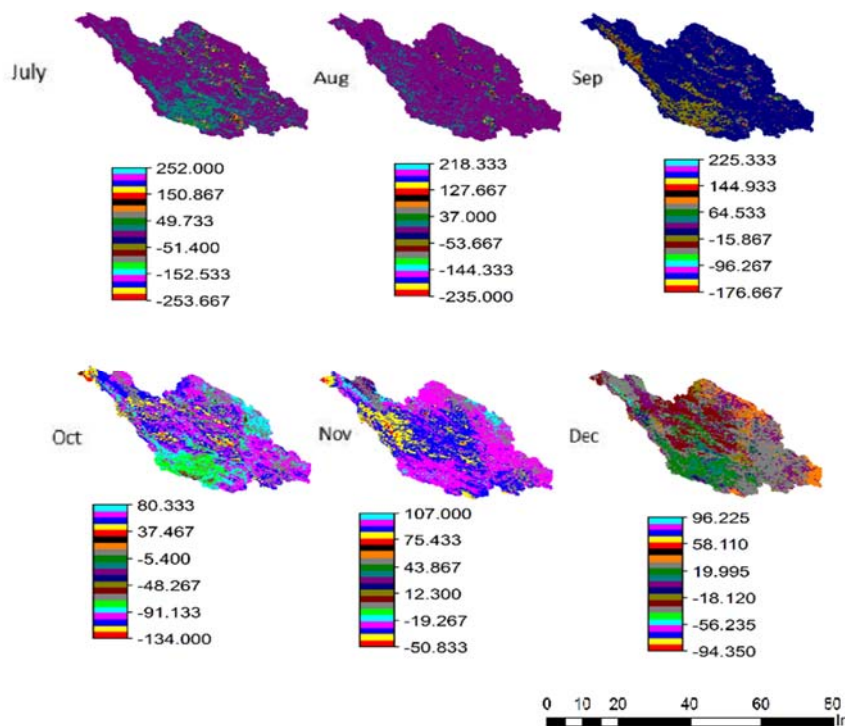
نقشه‌های تبخیرتغرق واقعی مودیس استفاده شد. کلیه نقشه‌ها بر اساس میزان تبخیرتغرق در نرم افزار ILWIS کلاس‌بندی شدند. از بررسی نقشه‌ها در طی ماه‌های قبل از احداث سد (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹) و بعد از احداث سد (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴) و تلفیق آنها با نقشه فاصله طبقه‌بندی شده تا محل سد نتایج جدول (۲) به دست آمد.

روند تغییرات تبخیر تا فاصله از محل سد

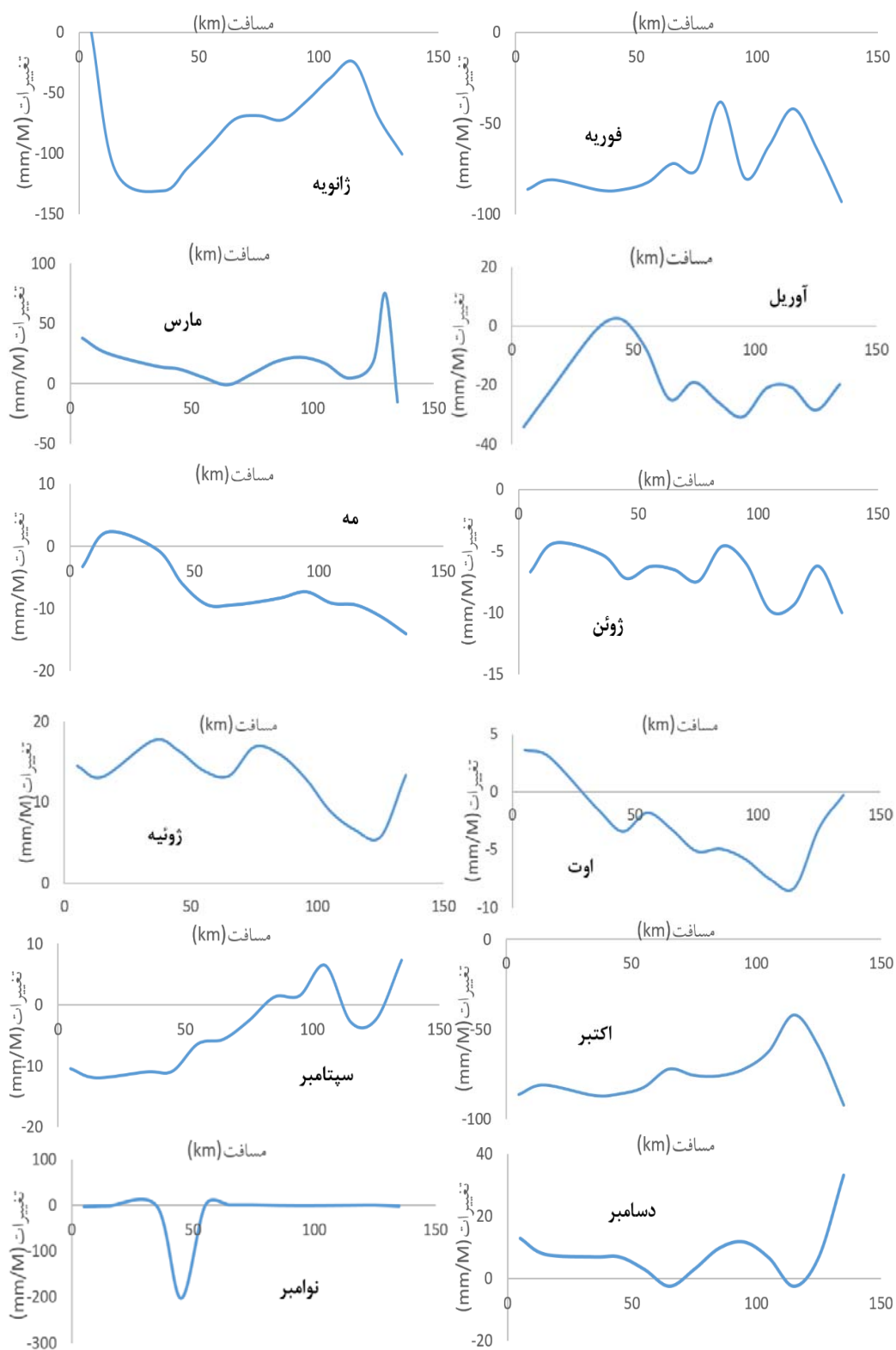
یکی از عوامل مهم و موثر در میزان تبخیرتغرق واقعی در حوضه میزان فاصله هر بخش از آن تا محل سد است، به طوری که افزایش و کاهش فاصله تا محل سد می‌تواند در میزان تبخیرتغرق واقعی نقش به‌سزایی داشته باشد. در این پژوهش به منظور محاسبه تغییرات، از تفاضل میانگین



شکل (۵): گروه بندی تغییرات تبخیر تغرق واقعی در طی دوره اماری



شکل (۶): گروه بندی تغییرات تبخیر تغرق واقعی در طی دوره اماری



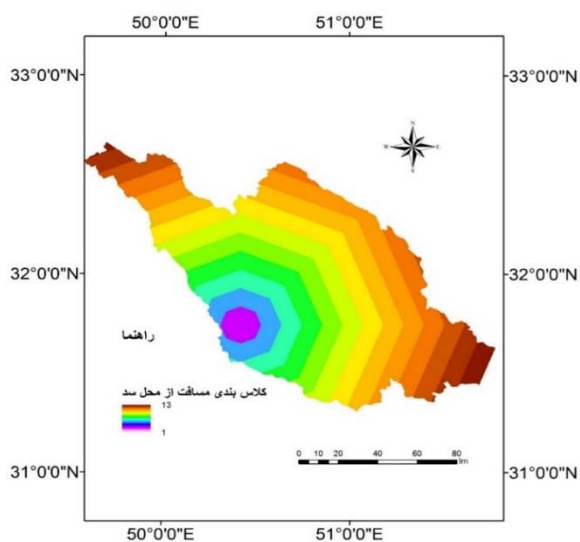
شکل (۷): تغییرات تبخیر و تعرق واقعی حاصل از تصاویر مودیس با فاصله از سد در هر ماه

نتیجه‌گیری

به منظور بررسی دقت نتایج تحقیق حاضر، داده‌های برگاب، رواناب، تغذیه، تبخیر و تعرق حاصل از مدل در دوره آماری

میزان فاصله از محل سد در میزان تغییرات تبخیر/تعرق واقعی در تمام ماه‌ها تاثیر داشته است نمودارهای شکل (۷) میزان تغییرات تبخیر نسبت به مسافت را نشان می‌دهند.

موضوع می‌تواند به دلیل دقیق بودن تصاویر و کارایی بالای آن‌ها باشد. در حوضه مورد مطالعه کارون شمالی با توجه به اهمیت وجود سد و تغییرات میکرواقلیمی انتخاب بهترین روش برآورد تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه از اهمیت زیادی برخوردار است. در انتخاب روش‌ها محصول ماهواره‌ای تبخیر و تعرق می‌تواند جایگزین مناسبی برای برآورد تبخیر و تعرق و اجتناب از معادلات و محاسبات پیچیده در مناطق فاقد آمار باشد. تصاویر، مقادیر بین ۰-۷۰۰ میلی‌متر را نشان دادند. با بررسی نقشه‌های میانگین تبخیر و تعرق قبل و بعد از احداث سد در طول دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی می‌توان نتیجه لازم را گرفت که در ماه‌های ژوئن، فوریه و مارس بعد از احداث سد (۲۰۱۰) میزان تبخیر کم و در ماه‌های آوریل، ژوئیه، اوت و دسامبر، اکتبر، مه و دسامبر زیاد است. تحلیل نتایج حاصل از تغییرات تبخیر تا فاصله از سد نشان دادند در ماه‌های اوت، ژوئن و دسامبر تا فاصله بیشتری از سد تغییرات تبخیر و تعرق واقعی از بقیه ماه‌ها بیشتر بوده است. مقدار تبخیر و تعرق حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با روش زمینی کمتر برآورد شده است.



شکل (۸): نقشه گروه بندی مسافت از محل سد

References

- 1- Abdollahi, Khodayar, et al. 2017. A distributed monthly water balance model: formulation and application on Black Volta Basin." *Environmental Earth Sciences* 76.5: 198.
- 2- Al-Gharibawi, A.K.D., Azizi., 2021. Analysis of long-term dynamics of Lake Millh based on satellite

سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میلادی برای واسنجی و دوره آماری سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ برای صحت‌سنجی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج برای دوره واسنجی مقدار ضریب نش ۰/۵۶ و برای دوره صحت‌سنجی مقدار ضریب نش ۰/۵۴ را نشان داد. در این پژوهش قابلیت مدل WetSpass برای شبیه‌سازی پارامترهای خروجی شامل برگاب، تغذیه، رواناب، تبخیر و تعرق در حوضه کارون شمالی مورد تایید قرار گرفت. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بیلان آب توسط این مدل انجام گرفته است در مرحله واسنجی و صحت‌سنجی مدل داده‌های تبخیر به‌دست‌آمده از آن نشان‌دهنده همبستگی خوبی با نتایج حاصل از تبخیر مودیس هستند. هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی و صحت‌سنجی نشان از قابل قبول بودن در محدوده مورد مطالعه دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که برآورد تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه با مدل WetSpass و اطلاعات سنجنده MODIS از همبستگی بالایی برخوردار است.

جدول (۲): میزان تبخیر تعرق واقعی بعد از احداث سد

ماه	میزان تبخیر
ژانویه	کم
فوریه	کم
مارس	کم
آوریل	بدون تغییر
مه	زیاد
ژوئن	زیاد
ژوئیه	بی تغییر تا زیاد
اوت	بدون تغییر
سپتامبر	زیاد
اکتبر	زیاد
نوامبر	زیاد
دسامبر	زیاد

این تحقیق با بررسی میزان تغییر تبخیر قبل (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹) و بعد از احداث سد (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴) در حوضه کارون شمالی با استفاده از تصاویر مودیس و توجیه تغییرات تبخیر آن با فاصله از محل سد انجام گرفت و نقشه‌های حاصل از آن‌ها ارائه شد. احداث سد به دلیل ایجاد سطح تبخیر بزرگ توانسته است بر میزان تبخیر و تعرق منطقه اثر بگذارد. پژوهش پیش رو برای بررسی تبخیر و تعرق حوضه با کمک تصاویر ماهواره‌ای نتایج خوبی در بر داشت که این

- savannah Volta Basin in West Africa using remote sensing data. *Journal of Sensors*. 8: 2736-2761.
- 14- Soleimani, H., Habibnejad, K., Shahedi, M., 2014. Determination and Evaluation of Real Evapotranspiration Using Remote Sensing Data *Journal of Irrigation and Water Engineering*. 2014. No. 41-55.
- 15- Zolfaghari, A., Azizi, Z., Aghamohammadi H., 2021. Locating Suitable Sites for Relief Camps during Severe Floods Using GIS (Case Study: Chaharmahal and Bakhtiari Province), *Iranian journal of Ecohydrology*, Vol. 8 (1), 127-142 (In Persian).
- imagery, *Journal of Meteorology and Atmospheric Science*, Vol.4(1):67-74 (In Persian).
- 3- Akbari, M., Seif, Z., Zare Abyane, H., 2011: Estimation of Evapotranspiration by Remote Sensing Technique under Different Climate Condition, *Journal of Water and Soil*, Vol. 25 (4): 835-844 (In Persian).
- 4- Baret, F., Jacquemoud, S and Hanocq, J.F. 1993. The soil line concept in remote sensing. *Journal of Remote Sensing Reviews*, 7: 65-82. Bastiaanssen, W.G.M. 2000. SEBAL based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, 229: 87-100.
- 5- Bastiaanssen, W., Meneti, M., Feddes, R., Holtslag, A., 1998, A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation, *Journal of Hydrology*, 212: 198-212. .
- 6- Batelaan, Okke, and Smedt, Florimon. De. "WetSpaas: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional groundwater modelling." *IAHS PUBLICATION* (2001): 11-18.
- 7- Budagupour, Siamak. Kavianpour Mohammad Reza. Behrooz Piroz, Javadinejad hannah 2008. Environmental impacts of the construction of the Mijran dam. Fourth National Congress on Civil Engineering. University of Tehran.
- 8- Han, K.W., Shi, K.B., Yan, X.J., Ouyang, J., Lei, P., Hao, G.C., 2022. Comparison of evaporation estimation methods for water surface under floating coverage in arid areas, *Agricultural Water Management*, Vol.264: 107534.
- 9- Johnson GE, Achutuni VR, Thiruvengadachari S and Kogan FN, 1993. The role of NOAA satellite data in drought early warning and monitoring: Selected case studies. Pp. 31-48. In: Wilhite DA (ed). *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies*. Chapter 3. Kluwer Academic Publishers.
- 10- Kaheil, Y.H., Rosero, E., Kashif Gill, M., McKee, M and Bastidas, L.A. 2008. Downscaling and forecasting of evapotranspiration using a synthetic model of wavelets and support vector machines, *Journal of IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 46.9: 2692-2707.
- 11- Rouhollah, Ziyaei, Mehrnoosh Bakhiri 1393. Estimated Evaporation from Free Water Levels Using Long Distance Measurement Algorithms. *National Surveying of Advanced Models of Spatial Analysis in Terrestrial Vermilion*. Table.
- 12- Ruhoff, A.L., Paz, A.R., Collischonn, W., Aragao L.E.O.C., Rocha, H.R and Malhi, Y.S. 2012. A MODIS-Based Energy Balance to Estimate Evapotranspiration for Clear-Sky Days in Brazilian Tropical Savannas. *Journal of Remote Sensing*, 4: 703-725.
- 13- Opoku-Duah, S., Donoghue, D.N.M and Burt, T.P. 2008. Intercomparison of evapotranspiration over the

The effect of Karun 4 dam construction on climatic parameters using remote sensing

Arezoo Ghaderi ¹

Zahra Azizi ^{*2}

Khodayar Abdollahi ³

Abstract

Artificial lakes created behind dams create a large evaporation level that can have a significant effect on the microclimate of the area around the dam. Evapotranspiration can be determined accurately using field measurements. This limitation has led to the development of the use of remote-sensing data to evaluate evapotranspiration of Nash coefficient for the first stage was calculated 0.56 and for the second stage was on vast areas. Using Modis images and wets pass model, the value of evapotranspiration for the northern Karun basin was estimated monthly from 2000 to 2014. The value of correlation coefficient for the obtained evaporations was $R^2 = 0.72$. This model was calibrated and verified for different regions with different parameters. Data from 2000 to 2009 were used for calibration and data from 2010 to 2014 were used for validation of the model. The value calculated 0.54. Finally, to study the changes caused arising from the creation of a dam on the amount of evapotranspiration using the monthly images of Modis during the studied statistical period, the classification of images was done and the number of changes were calculated. The results showed that the amount of evapotranspiration in the basin after the construction increased.

Keywords

Evapotranspiration, Dam, Modis, Microclimate, Wets pass

¹ MSc of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran.

^{2*} Staff Member of the Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran. zazizi@srbiau.ac.ir

³ Staff Member of the Department of Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University.