اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۴۸۴-۴۷۵

بررسی تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان و ارتباط آن با تغییرات بارش و تراز آب دریای خزر با استفاده از داده‌های سنجش از دور

سعید حمزه[۱]*، امید ترابی[۲]

۱. دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۰۳/۰۳، تاریخ تصویب ۱۴۰۰/۰۲/۲۲)

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی تغییرات بلندمدت (طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹) و فصلی (سال ۲۰۱۸) پهنهٔ آبی خلیج گرگان و ارتباط آن با تغییرات بارش و میزان تراز آب دریای خزر در همین بازهٔ زمانی پرداخته شده است. به این منظور، پهنهٔ آبی بلندمدت با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌های Landsat5 , Landsat8 و Sentinel-2 و با بهره‌گیری از شاخص Modified Normalized Difference Water Index2 (MNDWI2) و اعمال حد آستانهٔ مناسب به دست آمد. همچنین، از داده‌های ماهواره‌های Topix و Json برای بررسی تغییرات تراز آب دریای خزر و از تصاویر ماهواره‌ای TRMMبه منظور بررسی تغییرات بارندگی استفاده شد. نتایج نشان داد سطح آب خلیج گرگان طی بازهٔ زمانی بررسی‌شده کاهش چشمگیری داشته است و این روند همچنان ادامه دارد. این تغییرات در سواحل کم‌شیب و نواحی غربی تالاب میانکاله بیشتر مشهود است. نتایج گویای این امر است که تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان در بازهٔ بلندمدت همبستگی زیادی (۰/۹۲) با میزان نوسان‌های تراز آب دریای خزر دارد. شایان یادآوری است طی این بازهٔ ۲۰ ساله تغییرات تراز سطح آب دریای خزر حدود ۱۲۰ سانتی‌متر بوده است، اما میزان همبستگی پهنهٔ آبی با میزان بارش در مقیاس بلندمدت کم (۰/۱) است. این روند در بازهٔ کوتاه‌مدت یک‌ساله کاملاً عکس است و از آنجا که تغییرات تراز آب دریای خزر در بازهٔ یک‌ساله بسیار کم (۵ سانتی‌متر) است، بنابراین پهنهٔ آبی خلیج گرگان نیز همبستگی بسیار کمی (۰/۰۹) با آن دارد. اما در همین بازهٔ یک‌ساله همبستگی نسبتاً متوسطی بین تغییرات بارش و میزان پهنهٔ آبی خلیج گرگان با یک تأخیر یک‌ماهه وجود دارد.

کلیدواژگان: پهنهٔ آبی، تراز آب، خلیج گرگان، سنجش از دور، شاخص MNDWI2.

* نویسندهٔ مسئول

Email: saeid.hamzeh@ut.ac.ir

مقدمه

تالاب‌ها، اکوسیستم‌های منحصربه‌فردی هستند که در آنها هر دو سکونت‌گاه خشکی و آبی در هم آمیخته است. وجود این دو اکوسیستم در کنار هم، سبب ایجاد تنوع بیولوژیکی غنی شده است که در سایر مناطق کرهٔ زمین به‌ندرت دیده می‌شود. متأسفانه در سال‌های اخیر بیشتر تالاب‌های کشور دستخوش تغییرات منفی زیادی شده‌اند و سطح و عمق اکثر آنها کاهش چشمگیری داشته است. این تغییرات متأثر از عوامل مهمی مانند تغییر اقلیم و کاهش بارش و افزایش تبخیر، فعالیت‌های انسانی مانند سدسازی و همچنین، در خصوص تالاب‌های ساحلی تحت تأثیر تغییرات تراز آب دریاها بوده‌اند [۱]. بنابراین، پایش پهنه‌های آبی و تالاب‌ها از پراهمیت‌ترین موضوعات بررسی‌شده در حیطهٔ مسائل مربوط به محیط زیست است و باید به آن به‌صورت ویژه و با جزئیات بیشتری پرداخته شود و تأثیر عوامل مختلف در این تغییرات مورد بررسی قرار گیرد. چرا که در گذشته بیشتر مطالعات به بررسی تأثیر فقط یک پارامتر روی تغییرات تالاب‌ها پرداخته شده است و مطالعات محدودی وجود دارد که به بررسی جامع همهٔ عوامل به‌صورت یکجا پرداخته باشند [۱].

اما مشکل اساسی در پایش تالاب‌ها، عدم دسترسی به داده‌های بلندمدت و همچنین، وسعت آنها است که این امر با توجه به دورهٔ زمانی بلندمدت داده‌های ماهواره‌ای و وسعت پوشش آنها به‌خوبی قابل حل است. به این منظور، داده‌های ماهواره‌ای مختلفی وجود دارد که از آنها می‌توان برای بررسی جنبه‌های مختلف تغییرات سطح تالاب‌ها و محیط پیرامون آنها مانند پوشش گیاهی، میزان بارندگی، تبخیر و همچنین، تغییرات سطح و تراز آب بهره گرفت. به این منظور، شاخص‌های مختلفی توسعه داده شده‌اند که با استفاده از آنها می‌توان با سرعت و دقت زیاد تغییرات پهنه‌های آبی و تراز آب را به‌خوبی مدل‌سازی کرد [۲]. برای مثال، می‌توان به چند شاخص پوشش گیاهی خاک و پهنه‌های آبی از جمله (MNDWI[1]), (NDMI[2]), (AWEI[3]), (WRI[4]) اشاره کرد که برای تفکیک عوارض براساس منحنی‌های رفتار طیفی عوارض در محدودهٔ تالابی در مطالعات متعددی استفاده شده‌اند [۳ـ ۶].

مطالعات مختلفی در زمینهٔ دقت برآورد پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص‌های یادشده انجام شده است. گمشادزایی و رحیم‌زادگان در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی و ارزیابی شاخص‌های طیفی استخراج نقشهٔ سطح آب از تصاویر Landsat» به برتری نسبی شاخص MNDWI نسبت به سایر شاخص‌های تشخیص محدوده‌های آبی تأکید کرده‌اند [۶]. تیلکو و همکاران نیز در پژوهشی با عنوان «بررسی و ارزیابی شاخص‌های طیفی آب جهت استخراج خطوط ساحلی با استفاده از شاخص‌های SWI و AWEI» مبادرت به تفکیک خطوط ساحلی کردند که نتایج، نشان‌دهندهٔ عملکرد خوب این شاخص‌ها با اختلاف بسیار ناچیز نسبت به شاخص MNDWI در محیط‌های آبی نواحی ساحلی است [۷]. جیان فنگ و همکاران دشت سیل‌خیز بیهار واقع در کشور هند را با استفاده از داده‌های IRS LISS3 و LANDSAT بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها بیانگر آن بود که رویکرد مبتنی بر شاخص NDWI بهترین نتیجه را می‌دهد [۸]. البته در استفاده از شاخص‌های یادشده باید بر حسب منطقهٔ مورد نظر شاخص مناسب انتخاب شود. به‌خصوص یکی از چالش‌های استخراج پهنه‌های آبی در محیط‌های تالابی به وسیلهٔ سنجش از دور، وجود پوشش گیاهی روی سطح آب است که در این خصوص با بهره‌گیری از سری زمانی چندین شاخص مانند NDWI و NDVI و بهره‌گیری از نمونه‌برداری زمینی می‌توان دقت محاسبات را افزایش داد [۹]. در تحقیق دیگری، کارایی شاخص‌های AWEI, MNDWI, NDWI و روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان برای استخراج پهنهٔ آبی توسط ماهوارهٔ لندست صورت پذیرفت. نتایج تحقیق یادشده نیز نشان‌دهندهٔ برتری شاخص MNDWI به نسبت سایر شاخص‌ها بود [۱۰].

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچهٔ جهان است که در حاشیهٔ آن تالاب‌ها و خلیج‌های متعددی تشکیل شده است. با توجه به اینکه دریای خزر در قرن بیستم حدود ۳ متر تغییر تراز آب داشته است، همهٔ این تالاب‌ها تحت تأثیر تراز آب این دریا هستند [۱۱]. یکی از تالاب‌های مهم ساحلی کشور ایران، خلیج گرگان است که در سال‌های اخیر دستخوش تغییرات زیادی شده است.

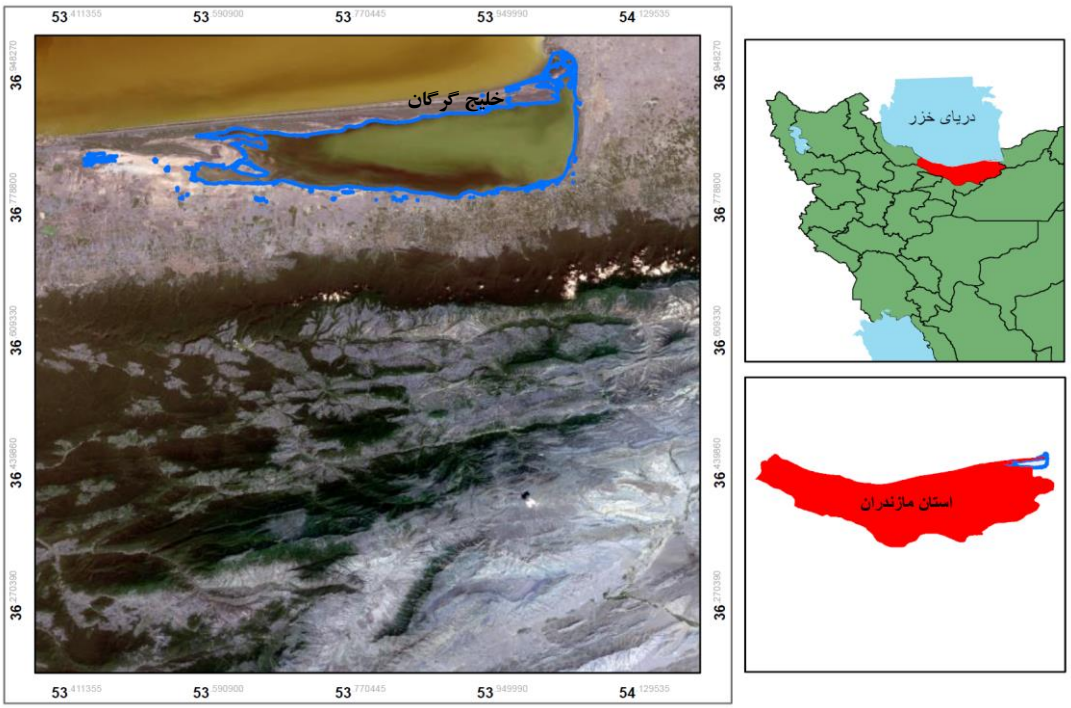
1. Normalized Difference Water Index
2. Normalized Difference Moisture Index
3. Automated Water Extraction Index
4. Water Ratio Index

بنابراین، تحقیق حاضر به منظور بررسی تغییرات مساحت پهنهٔ آبی خلیج گرگان و ارتباط آن با تراز آب دریای خزر و همچنین، میزان بارش‌های حوضهٔ مربوطه برای یک دورهٔ بلندمدت بیست‌ساله از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ و یک دورهٔ کوتاه‌مدت یک‌ساله در سال ۲۰۱۸ انجام شد.

موارد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

منطقهٔ مطالعه‌شده در این تحقیق خلیج گرگان است. خلیج گرگان بزرگ‌ترین خلیج حاشیهٔ دریای خزر است و در جنوب شرقی دریای خزر و در محدودهٔ جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه و ۳۲ ثانیهٔ شمالی و ۵۴ درجه و ۱۴ دقیقه و ۲۸ ثانیهٔ شرقی واقع در استان‌های مازندران و گلستان و حاشیهٔ شهر گلوگاه قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت این منطقه نشان داده شده است. خلیج گرگان با دریای خزر از طریق مجرای آشوراده دارای ارتباط هیدرولیکی است، بنابراین بسیار تحت تأثیر نوسان‌های آب دریای خزر قرار دارد.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده

داده‌ها

در مطالعهٔ حاضر از ۳ گروه سنجنده‌های مشاهداتی سطح زمین، بارش ماهواره‌ای و داده‌های راداری آلتیمتری استفاده شده است. به این منظور، برای محاسبهٔ پهنهٔ آبی طی دورهٔ بیست‌ساله (از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹) از تصاویر ماهواره‌های Landsat8، Landsat5 و Sentinel-2 استفاده شد. شایان یادآوری است برای سال‌های ۲۰۱۶ به بعد که تصاویر ماهوارهٔ سنتینل موجود بوده است، از این داده‌ها استفاده شده و برای سال‌های قبل از ۲۰۱۶ از داده‌های لندست استفاده شد. تصاویر استفاده‌شده همه در سطح دو بودند و تمامی تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری مورد نیاز روی آنها توسط مرکز ارائه‌دهنده صورت پذیرفته بود.

برای اندازه‌گیری بارش از روی تصاویر ماهواره‌ای TRMM، از داده‌های بارش تجمعی ماهانهٔ محصول 3B43 ماهوارهٔ TRMM (با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه) استفاده شد. این داده‌ها به صورت رایگان و از طریق سازمان ملی هوانوردی و فضایی، ایالت متحدهٔ امریکا با آدرس http://disc.gsfc.nasa.gov/precipitation برای دورهٔ آماری مطالعه‌شده دریافت شد. با توجه به اینکه داده‌های ماهواره، مجموعه‌ای از شبکه‌های ۰/۲۵*۰/۲۵درجه، با فرمت NCDF هستند، در محیط

نرم‌افزار Arc GIS به شبکهٔ سلولی یا رستر تبدیل شدند. از علت‌های استفاده از این داده‌ها به جای داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی زمینی می‌توان به وسعت تحت پوشش و پیوستگی نسبی این داده‌ها در کنار سهل‌الوصول بودن و اطمینان از دقت زیاد این داده‌ها نام برد [۱۲ـ ۱۴].

برای بررسی تغییرات تراز آب دریای خزر، از داده‌های آلتیمتری ماهواره‌های Jason و Topix استفاده شد. یکی از انواع رایج پایگاه دادهٔ ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای، پایگاه جهانی پایش مخازن و دریاچه‌ها (GRLM[1]) است [۱۵]. پایگاه دادهٔ ارتفاع‌سنجی GRLM از طریق آدرس https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir در دسترس است. این پروژه با استفاده از داده‌های نزدیک به زمان واقعی مأموریت Jason-3، و همچنین داده‌های ثبت‌شده از مأموریت‌های Jason-2 / OSTM، Jason-1 / TOPEX POSEIDONو ENVISAT برای جمع‌آوری داده‌های تغییرات سطح آب برای برخی از دریاچه‌ها و مخازن جهان از سال ۱۹۹۲ برای کاربردهای عملیاتی با دورهٔ بازگشت ۱۰ روزه داده در اختیار کاربران قرار می‌دهد [۱۵].

روش تحقیق

برای پردازش داده‌ها و اطلاعات از محیط Earth Engine Google استفاده شد. ابتدا اقدام به برنامه‌نویسی برای فراخوانی داده‌ها و انجام پردازش‌های لازم روی آنها در این محیط شد. در نهایت، خروجی‌های نهایی دریافت شد و تحلیل‌های آماری روی آنها صورت پذیرفت. به این منظور، برای استخراج پهنهٔ آبی از تصاویر لندست ۸ و ۵ و نیز سنتینل ۲ از شاخص MNDWI2 استفاده شد. این شاخص ارزش‌هایی بین ۱ـ تا ۱ را به هر پیکسل اختصاص می‌دهد و مقادیر مثبت آن، نمایش‌دهنده محدوده‌های آبی است (معادلهٔ ۱) [۵].

$$MNDWI2 = (Green - SWIR2)/(Green + SWIR2) \quad (1)$$

که در آن Green و SWIR2 به‌ترتیب مقادیر بازتابندگی در باندهای سبز و مادون قرمز میانی هستند. برای استخراج پهنهٔ آبی به وسیلهٔ این شاخص، نیاز به یک حد آستانهٔ بهینه برای هر منطقه است که این مقدار برای منطقهٔ مطالعه‌شده با توجه به هیستوگرام تصاویر و همچنین، سعی و خطا مقدار ۰/۱ اعمال شد.

روند استخراج پهنه‌های آبی در بازهٔ بلندمدت به وسیلهٔ اعمال شاخص روی تمامی تصاویر فصل تابستان و میانگین‌گیری از آنها انجام شد. در بازهٔ کوتاه‌مدت یک‌ساله نیز شاخص یادشده روی تمامی تصاویر فاقد ابر هر ماه اعمال شده و میانگین آنها محاسبه شد.

همچنین، مقادیر بارش تجمعی ماهانه و سالانه از روی داده‌های ماهواره‌ای TRMM و داده‌های تراز آب دریا از روی داده‌های آلتیمتری استخراج شد. سپس، به بررسی مطالعهٔ تغییرات این مقادیر و میزان همبستگی آنها با یکدیگر برای دورهٔ آماری بیست‌ساله (۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹) و علاوه بر آن، تغییرات فصلی این پارامترها و ارتباط آنها با یکدیگر برای ماه‌های مختلف سال ۲۰۱۸ شد. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از ارتباط پارامترهای سطح آب و میزان تراز آب دریا و بارندگی به عوامل تأثیرگذار روی تغییرات پهنهٔ آبی منطقهٔ مطالعه‌شده پرداخته شد.

نتایج و بحث

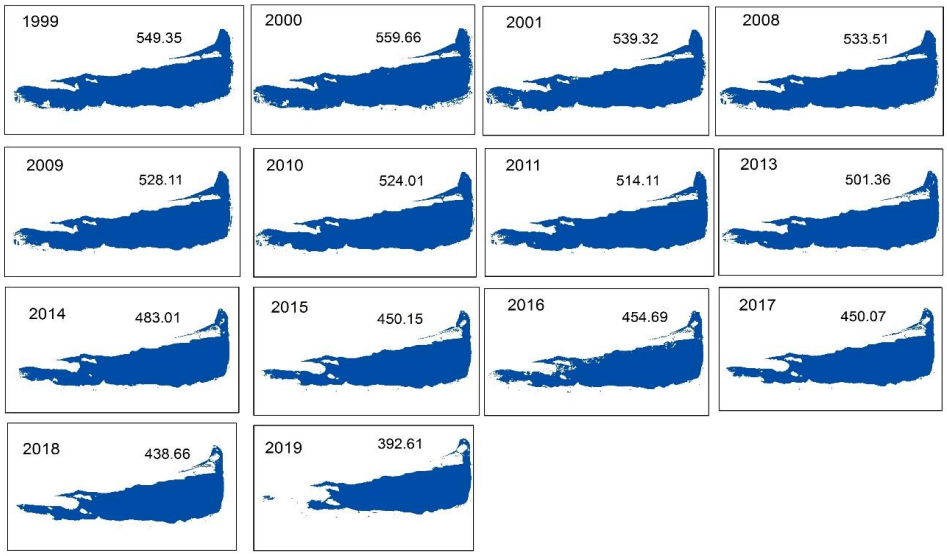
تغییرات بلندمدت پهنهٔ آبی خلیج گرگان

نقشه‌های حاصل از استخراج پهنهٔ آبی خلیج گرگان طی دورهٔ بیست‌ساله در شکل ۲ و همچنین، روند تغییرات این خلیج طی دورهٔ مطالعه‌شده در شکل ۳ ارائه شده است.

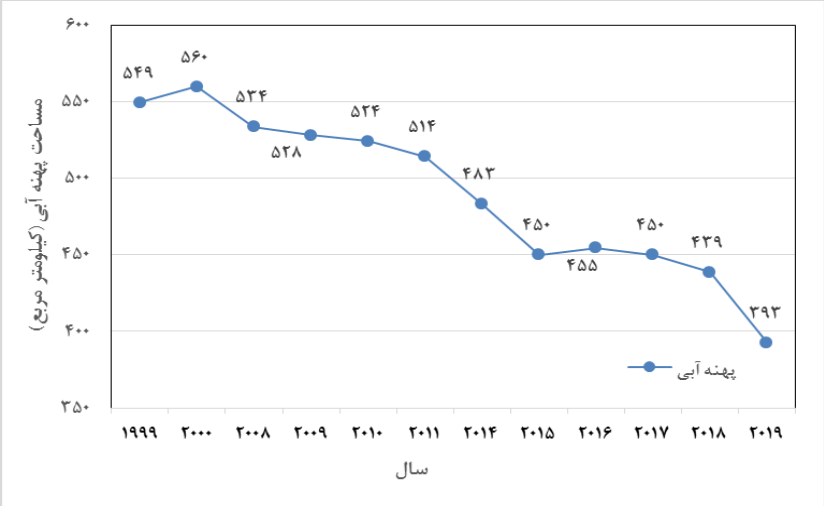
همان‌گونه که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، تغییرات مساحت پهنهٔ آبی در بازهٔ بلندمدت بیست‌ساله منفی بوده و کوچک شدن بدنهٔ آبی تالاب را نمایش می‌دهد. این تغییرات در سال‌های اخیر شیب بیشتری داشته است که دلایل آن در ادامه بررسی خواهد شد.

یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در تغییرات سطح آب خلیج گرگان می‌تواند متأثر از بارندگی در سطح حوضهٔ آبریز آن باشد که به این منظور، روند تغییرات بارش طی دورهٔ مطالعه‌شده از روی داده‌های ماهواره‌ای TRMM استخراج شده و در شکل ۴ نمایش داده شده است. بر اساس مقادیر ارائه‌شده در این شکل، عدم میزان بارش به خلاف تغییرات سطح آب از یک روند مشخص صعودی یا نزولی طی دورهٔ آماری برخوردار نیست و در سال‌های مختلف متفاوت است. بنابراین، بارش نمی‌تواند عامل اصلی تأثیرگذار روی تغییرات سطح آب تالاب باشد.

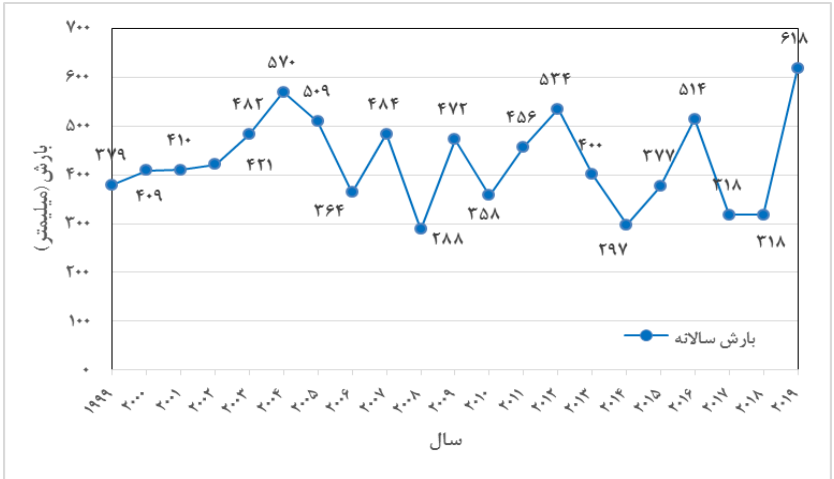
1. Global Reservoir and Lake Monitor



شکل ۲. تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان و مقادیر مساحت بر حسب کیلومتر مربع (۱۹۹۹ـ ۲۰۱۹)



شکل ۳. تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان در بازهٔ بیست‌ساله (۱۹۹۹ـ ۲۰۱۹)

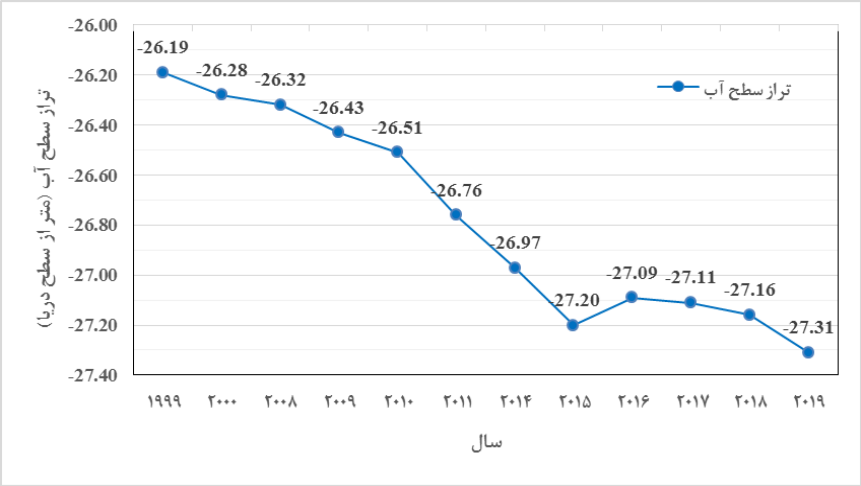


شکل ۴. تغییرات بارش در حوضهٔ آبخیز خلیج گرگان در بازهٔ بیست‌ساله (۱۹۹۹ـ ۲۰۱۹)

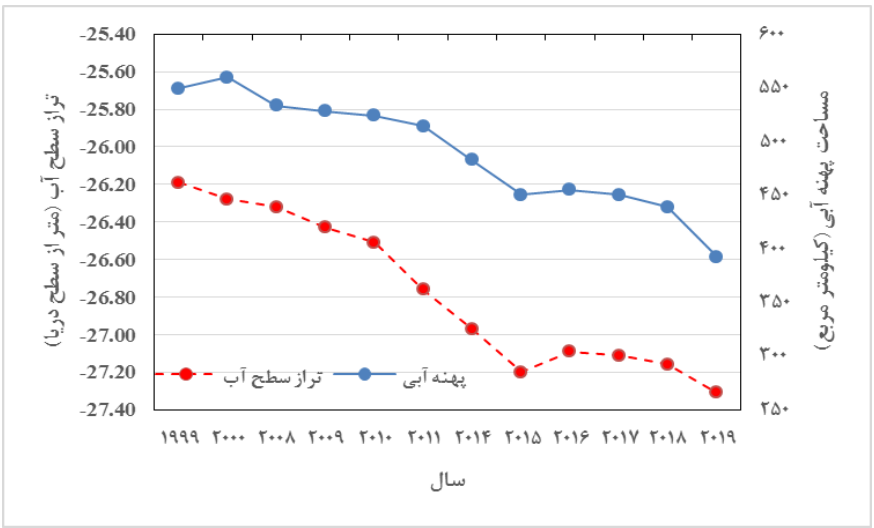
عامل مهم دیگری که روی تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان تأثیرگذار است، میزان تغییرات تراز آب دریای خزر است. چرا که این خلیج ارتباط هیدرولیکی مستقیم با دریای خزر دارد و هر گونه تغییری در میزان تراز آب دریای خزر می‌تواند روی این خلیج تأثیرگذار باشد. به این منظور، داده‌های تراز سطح آب دریای خزر که از سنجنده‌های آلتیمتری به دست آمده، برای دورهٔ مطالعه‌شده در شکل ۵ نمایش داده شده است.

همان‌طور که از نتایج شکل ۵ مشهود است، داده‌های ترازآب دریای خزر بیانگر کاهش ۱۲۰ سانتی‌متری تراز آب از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تراز آب دریای خزر طی ۲۰ سال گذشته همواره روندی نزولی داشته است که خود متأثر از عوامل مختلفی مانند بارش در حوضه‌های مجاور، بارش روی دریا، آورد رودخانهٔ ولگا، میزان تبخیر از سطح و برداشت‌های انسانی از حوضهٔ آبریز است.

برای بررسی دقیق‌تر ارتباط میان مساحت پهنهٔ آبی و تغییرات تراز آب دریای خزر و همچنین، میزان بارش در حوضهٔ آبریز خلیج گرگان، میزان همبستگی پهنهٔ آبی با بارش و همچنین، با تراز آب دریای خزر محاسبه شد. مقادیر تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان در برابر تراز آب دریای خزر در شکل ۶ نمایش داده شده است. این دو پارامتر میزان ضریب همبستگی ۹۲ درصد (R^2=0.92) دارند که نشان‌دهندهٔ همبستگی قوی بین این دو فاکتور بوده و وابستگی شدید پهنهٔ آبی به تراز آب دریای خزر در دورهٔ بلندمدت را نمایش می‌دهد.



شکل ۵. تغییرات تراز سطح آب دریای خزر در بازهٔ بیست‌ساله (۱۹۹۹ـ ۲۰۱۹)



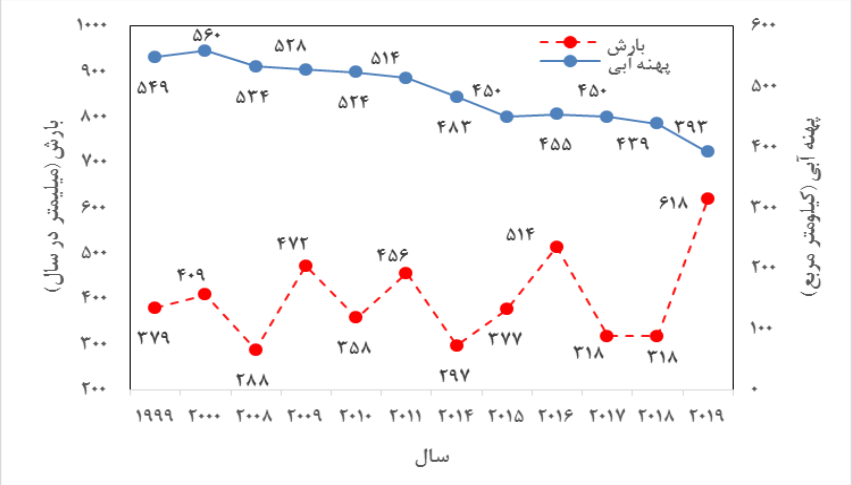
شکل ۶. رابطهٔ تغییرات پهنهٔ آبی و تراز سطح آب دریای خزر طی سال‌های ۱۹۹۹ـ ۲۰۱۹

همچنین، تغییرات پهنهٔ آبی در مقابل میزان بارش سالانهٔ حوضه در بازهٔ بلندمدت در شکل ۷ نمایش داده شده است. میزان همبستگی بین این دو پارامتر برابر با R^2=0.1 بود، که به‌وضوح گویای این امر است که تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان چندان متأثر از میزان بارندگی در حوضهٔ آبریز آن نیست.

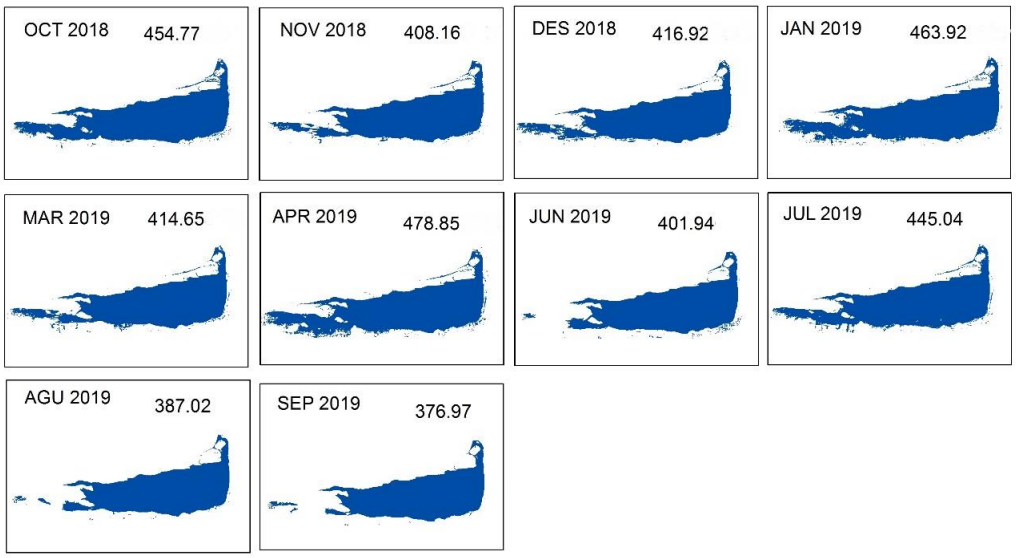
تغییرات کوتاه‌مدت خلیج گرگان در بازهٔ یک‌ساله

در قسمت دوم این تحقیق به بررسی تغییرات کوتاه‌مدت پهنهٔ آبی خلیج گرگان طی سال ۲۰۱۸ پرداخته شد. نقشه‌های تغییرات کوتاه‌مدت پهنهٔ آبی خلیج گرگان طی سال ۲۰۱۸ در شکل ۸ و روند تغییرات آن، در شکل ۹ ارائه شده است.

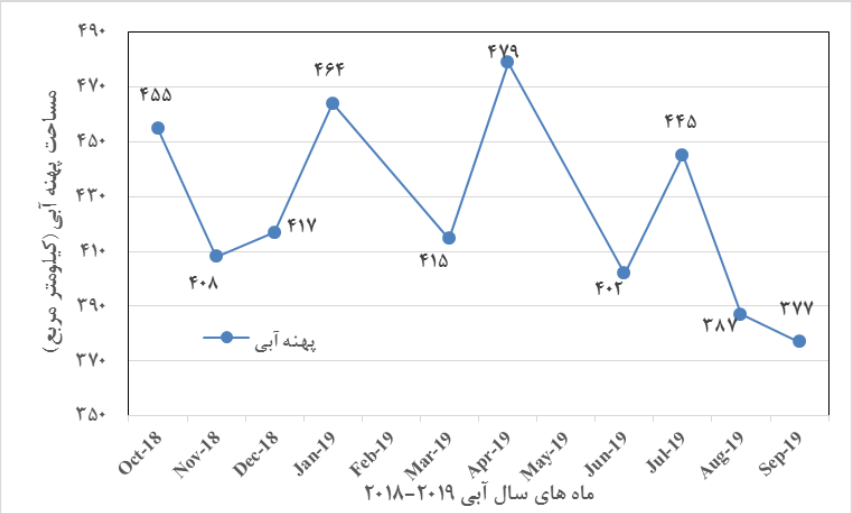
همان‌طور که از شکل‌های ۸ و ۹ مشهود است، میزان تغییرات کوتاه‌مدت پهنهٔ آبی خلیج گرگان چندان زیاد نیست و همچنین، از یک روند مشخصی طی سال پیروی نمی‌کند و نوسان‌های متعددی دارد که دلیل آن می‌تواند عوامل مختلفی مانند بارش‌های فصلی، تغییرات دبی رودخانه‌های ورودی به آن، تبخیر از سطح آب در تابستان و تغییرات فصلی تراز آب دریای خزر باشد. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع، مقادیر تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان در مقابل تغییرات میزان بارندگی ماهانه و تراز آب دریای خزر برای دورهٔ یک‌ساله بررسی شده و به‌ترتیب در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نمایش داده شده است.



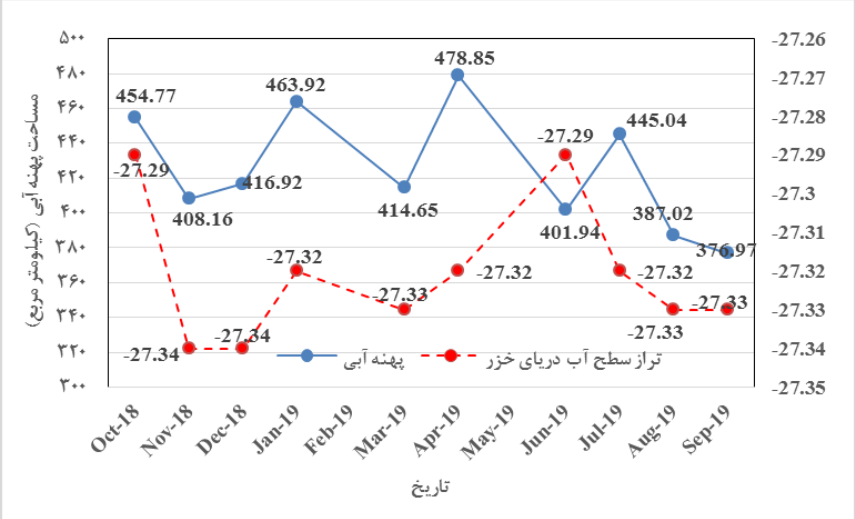
شکل ۷. رابطهٔ تغییرات پهنهٔ آبی و مقادیر بارش حوضه طی سال‌های ۱۹۹۹ـ ۲۰۱۹



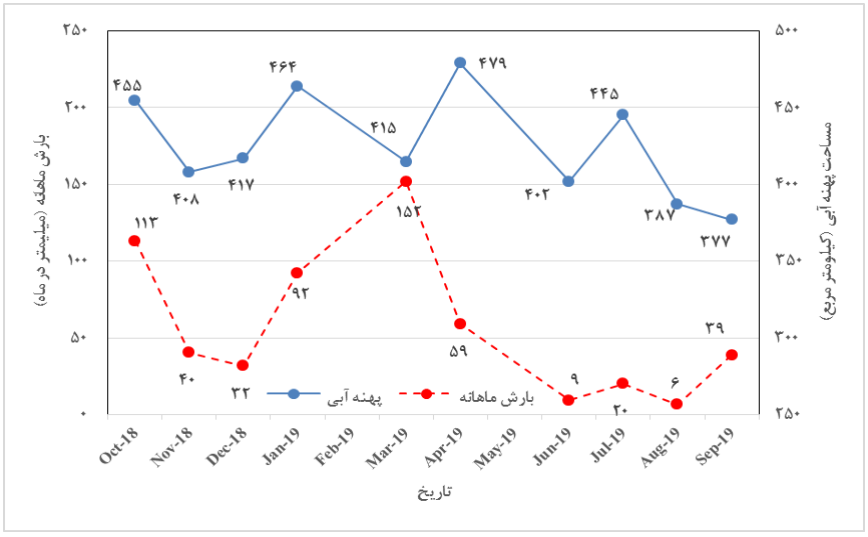
شکل ۸. تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان و مقادیر مساحت بر حسب کیلومتر مربع در سال آبی (۲۰۱۸ـ ۲۰۱۹)



شکل ۹. تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان طی سال آبی ۲۰۱۸ـ ۲۰۱۹



شکل ۱۰. رابطهٔ تغییرات پهنهٔ آبی و تراز سطح آب دریای خزر در بازهٔ کوتاه‌مدت سال آبی (۲۰۱۸ـ ۲۰۱۹)



شکل ۱۱. رابطهٔ تغییرات پهنهٔ آبی و مقادیر بارش حوضه در بازهٔ کوتاه‌مدت سال آبی (۲۰۱۸ـ ۲۰۱۹)

بررسی این نمودارها نشان می‌دهد که پهنهٔ آبی خلیج گرگان با یک بازهٔ تأخیر یک‌ماهه همبستگی متوسطی با بارندگی دارد، به گونه‌ای که حداکثر مقدار بارش در ماه مارس اتفاق افتاده است که به تبع آن، با یک بازهٔ تأخیر یک‌ماهه در ماه آپریل پهنهٔ آبی خلیج گرگان به بیشترین مقدار خود در سال آبی یادشده رسیده است. در همین مقطع سیلاب‌های فراوانی نیز در منطقه به وقوع پیوسته است.

همچنین، همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، تراز سطح آب در بازهٔ کوتاه‌مدت یک‌ساله، در ماه‌های مختلف سال نوسان جزئی دارد که بیشترین حد آن فقط ۵ سانتی‌متر است. به خلاف دورهٔ بلندمدت، همبستگی قوی بین مقادیر پهنهٔ آبی و تراز آب استنباط نمی‌شود (R^2=0.09). این مهم نشان‌دهندهٔ این واقعیت است که علاوه بر تراز سطح آب و مقادیر بارش، عوامل دیگری نیز به صورت موضعی در تغییرات پهنهٔ آبی دخیل هستند که آورد رودخانه‌های محلی و تبخیر از سطح، از این عوامل هستند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد پهنهٔ آبی خلیج گرگان طی ۲۰ سال اخیر با روند نزولی همراه بوده و این روند همچنان ادامه دارد. همچنین، این تأثیر در سواحل کم‌شیب این خلیج در قسمت غربی آن بیشتر مشهود است. نتایج تحلیل‌های صورت‌گرفته با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای مختلف گویای این امر است که تغییرات پهنهٔ آبی خلیج گرگان رابطهٔ تنگاتنگی با تراز آب دریای خزر و مقدار بارش محلی و نیز تبخیر و آورد رودخانه‌ها دارد. به گونه‌ای که این تغییرات در درازمدت بیشتر تحت تأثیر نوسان‌های سطح آب دریای خزر است، هرچند که تأثیر عوامل دیگر قابل چشم‌پوشی نیست. اما در بازه زمانی کوتاه‌مدت تأثیر پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بیشتر مشهود است. بنابراین برای مدیریت بلندمدت این تالاب و همچنین، جلوگیری از خشک شدن آن، باید به همهٔ این عوامل دقت کرد و در تمام فعالیت‌های مرتبط با این خلیج و محیط اطراف آن این موارد مهم و به‌ویژه تغییر تراز آب دریای خزر را در نظر گرفت. همچنین، یادآوری این نکته ضروری است که با توجه به تاریخچهٔ بلندمدت دریای خزر، انتظار افزایش سطح تراز آب دریای خزر و به تبع آن، افزایش حجم و سطح آب خلیج گرگان دور از ذهن نیست که البته زمان دقیق آن نیاز به بررسی و مطالعهٔ بیشتر دارد.

منابع

[1].Hamzeh S, Akbari E, Kakroodi A. A, Jeihooni M. Investigation the dynamic response of the Anzali lagoon to sea-level changes using multi-sources remotely sensed data. The 38th Asian Conference on Remote Sensing. 2017; New Delhi.

[2].Ghayumi R. Environmental Challenges of Gorgan Bay and Miankaleh Wetland and Provide Optimal Protection and Management Strategies4th International Conference on Environmental Planning and Management. 2017; Tehran. [Persian].

[3].Huang C, Peng Y, Lang M, Yeo I.Y, McCarty G. Wetland inundation mapping and change monitoring using Landsat and airborne LiDAR data. Remote sensing of environment, 2014; 141, 231-242.

[4].Acharya T, Subedi A, Lee D. Evaluation of Water Indices for Surface Water Extraction in a Landsat 8 Scene of Nepal. Sensors. 2018; 18, 2580.

[5].Kwang C, Osei Jnr E.M, Amoah A.S. Comparing of Landsat 8 and Sentinel 2A using Water Extraction Indexes over Volta River. Journal of Geography and Geology. 2018; 10: 1-7.

[6].Li W, Du Z, Ling F, Zhou D, Wang H, Gui Y, Sun B, Zhang X. A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index TM, ETM+ and ALI. Remote Sensing. 2013; 5: 5530-5549.

[7].Tilko A, Siadat mosavi M, Mojaradi B. Investigating and Evaluating Spectral Water Indicators for Coastal Line Extraction Using Remote Sensing Technology. 5th International Congress of Civil Engineering, Architecture and Urban Development. 2017;Tehran. [Persian].

[8].Jianfeng Z, Qiuwen Z, Zhong T, Xiaofei L, Fei Y. Spatio-temporal Effect of Urbanization on Surface Water Bodies: A Method of RS and GIS. The Open Civil Engineering Journal. 2016; 10, 489-499.

[9].Xu H. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing. 2006; 27(14): 3025-3033.

[10]. Sarp G, Ozcelik M. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. Journal of Taibah University for Science. 2017; 11: 381- 391.

[11]. Jeihouni M, Kakroodi A.A, Hamzeh S. Monitoring shallow coastal environment using Landsat/altimetry data under rapid sea-level change. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2019; 224.

[12]. National Aeronautics and Space Administration (NASA). TRMM Data Users Handbook, February 2001; 226p.

[13]. Huffman G.J, Bolvin D.T. TRMM Real-Time Multisatellite Precipitation Analysis Data Set Documentation. NASA Goddard Space Flight Center and Science Systems and Applications. 2007; Inc 25.

[14]. Madadi G, Hamzeh H, Noroozi A. Assessment of TRMM satellite imagery in temporal and spatial drought monitoring, case study: West Frontier Basin. Journal of Watershed Engineering and Management. 2017; Volume 8, Issue 4, Pages 362-376. [Persian].

[15]. United States Department of Agriculture (USDA). Available at: https://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir/Default.aspx. 2017.