پنجمین کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته ای در مدیریت و مهندسی
۱۴ تیر ۱۴۰۱ | محل برگزاری: دانشگاه تهران
5th International Conference on Interdisciplinary Studies in Management & Engineering (ICISME-2022)
5 July 2022 | University of Tehran
OxfordCert Universal

بررسی عوامل جوی تأثیرگذار در نوسانات سطح تراز آب دریای کاسپین از سال ۱۹۹۲ الی ۲۰۲۱

هادی نجاری کهجوق
کارشناسی ارشد مدیریت دریایی ناوبری و عملیات دریایی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر

چکیده
نوسانات سریع سطح تراز آب دریای کاسپین نقش مهمی در تعیین میزان مخاطرات فرسایشی، پیامدهای ناگوار زیست‌محیطی، تخریب و خشک شدن مناطق ساحلی، تالاب‌ها و خلیج‌های کناره‌ای و از بین رفتن منابع اقتصادی و تخریب صنایع دریایی دارد. هدف از این تحقیق بررسی عوامل جوی تأثیرگذار بر سطح تراز آب دریای کاسپین می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های ECMWF از سال ۱۹۹۲ الی ۲۰۲۱ که شامل میزان بارش بر روی دریای کاسپین، میزان تبخیر از روی آن و میانگین دمای سطح دریای کاسپین می‌باشد به بررسی عوامل تأثیرگذار در نوسانات سطح آب دریای خزر پرداخته شد. جهت تعیین میزان دبی ورودی آب رودخانه‌ها به دریای کاسپین از منابع کتابخانه‌ای معتبر استفاده گردید. داده‌های نوسانات دریای کاسپین از سازمان بنادر دریافت گردید. نتایج نشان می‌داد که میزان بارش بر روی دریای کاسپین روند کاهشی و از طرف دیگر میزان تبخیر از روی دریای خزر روند صعودی دارد. علت اصلی روند افزایشی تبخیر از روی دریای کاسپین، روند افزایشی دمای سطح دریا می‌باشد که در طول ۳۰ سال حدود ۱,۱ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد. دبی آب رودخانه ولگا روند کاهشی را نشان می‌دهد که دلیل آن میزان روند کاهشی بارش می‌باشد. به‌عنوان یک نتیجه کلی، تغییرات اقلیمی باعث کاهش بارش، افزایش دما و افزایش تبخیر و نهایتاً کاهش سطح دریای کاسپین می‌باشد، بطوریکه این روند تا سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت.

کلیدواژه: دریای کاسپین، سطح تراز، بارش، تبخیر، دمای سطح دریا

مقدمه

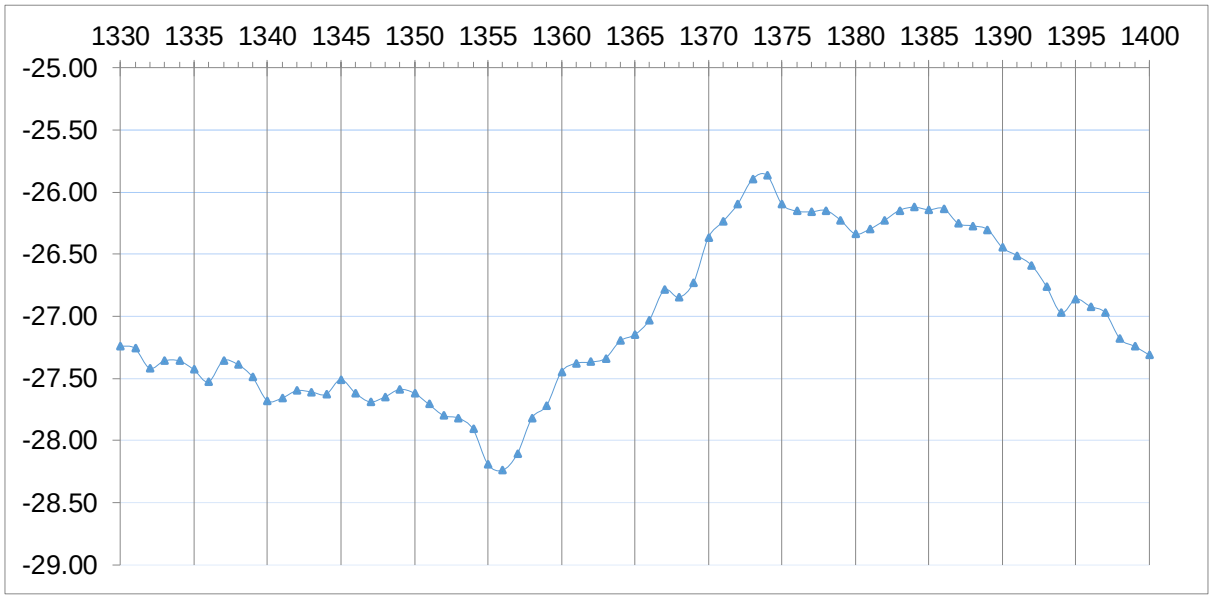
دریای کاسپین بزرگ‌ترین دریاچه جهان است در گذر سال‌ها دست‌خوش تغییراتی شده است. یکی از این موارد تغییراتی است که در تراز سطحی این دریاچه اتفاق افتاده است. تراز سطحی نقش مهمی در هر پهنه آبی بازی می‌کند و کمیت مهمی در سنجش تغییرات اقلیم است. این مهم بیش‌ازپیش دارای اهمیت می‌شود هنگامی‌که حوزه مورد بحث پهنه بسته‌ایی چون دریای کاسپین باشد؛ زیرا که نوسانات تراز سطحی در آن ۱۰۰ برابر اقیانوس‌ها است، که سرعت تغییرات آن خیلی بالاتر از اقیانوس‌ها می‌باشد (بابا گلی متی کلایی، ۱۳۹۷).

از سال ۱۸۳۵ میلادی که اولین مشاهدات آبنگاری در دریای کاسپین صورت گرفت تاکنون سطح تراز بین سطوح ارتفاعی ۲۵- تا ۲۹- متر نسبت به دریای بالتیک یعنی به میزان ۴ متر نوسان داشته است (علی‌نژاد تبریزی، ۱۳۹۶).

تراز کنونی آن بین ۲۶- و ۲۸- متر بر اساس سطح دریای بالتیک می‌باشد اما به لحاظ تاریخی در حدود ۳ متر افت‌وخیز را در طول قرن بیستم تجربه کرده است، درحالی‌که در همین دوره زمانی، تراز جهانی اقیانوس‌ها در حدود ۲ میلی‌متر در سال نوسان داشته است. بیش‌ترین و کم‌ترین تراز دریای کاسپین به‌ترتیب حدود ۲۵/۸- متر (تیرماه

www.SID.ir

۱۳۷۴) و ۲۷/۷۵- متر (آذرماه ۱۳۹۸) از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. تراز دریای کاسپین در تاریخ ۱ آبان ۱۳۹۹ حدود ۲۷/۷۴- متر اندازه‌گیری شده است که نسبت به زمان مشابه در سال گذشته حدود ۵ سانتی‌متر کاهش داشته است و نسبت به سال ۱۳۹۷ حدود ۱۵ سانتی‌متر کاهش داشته است (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- تغییرات تراز آب دریای کاسپین (سازمان بنادر، ۱۴۰۰)

نتایج منصوری (۱۴۰۰) نشان می‌دهد که تغییرات خط ساحلی دریای کاسپین به‌واسطه‌ی نوسانات سطح آب دستخوش تغییراتی شده است. نوسانات سریع سطح تراز آب دریای کاسپین نقش مهمی در تعین میزان مخاطرات فرسایشی، پیامدهای ناگوار زیست‌محیطی، تخریب و خشک شدن مناطق ساحلی، تالاب‌ها و خلیج‌های کناری و از بین رفتن منابع اقتصادی و تخریب صنایع دریایی خواهد شد. بررسی ذخیره‌گاه‌های زیست‌محیطی کره زمین در حاشیه دریای کاسپین ازجمله خلیج گرگان از مهم‌ترین چالش‌های حاضر متأثر از نوسانات تراز سطح آب دریای کاسپین است. اثرات تغییرات اقلیم دریای کاسپین موجب شده که دانشمندان زیادی موضوعات پژوهشی و علمی در ارتباط با تغییر اقلیم را به‌منظور رسیدن به اهدافشان در پیش گیرند. این مطالعات برای تعیین دما، تبخیر، شوری، فشار، دانسیته، جهت باد، سرعت باد و پدیده‌های مرتبط دیگر انجام می‌شوند (ایمانی، ۲۰۱۴).

در این تحقیق درصدد هستیم به بررسی عوامل جوی تأثیرگذار بر سطح تراز آب دریای کاسپین با استفاده از داده‌های ECMWF بپردازیم.

پیشینه تحقیق

ترابی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی تغییرات پهنه آبی تالاب‌های میانکاله و انزلی در ارتباط با تغییرات تراز دریای خزر و بارش به‌وسیله تکنیک‌های سنجش از دور پرداختند. در این پژوهش بررسی تغییرات سطح آب تالاب‌های انزلی و میانکاله در ارتباط با تغییرات تراز آب دریای خزر و بارش در حوضه تالاب‌های انزلی و میانکاله در بازه سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۰ بوده که به‌وسیله تکنیک‌های سنجش از دور و با استفاده از ماهواره‌های لندست ۸، ۷، ۵، GPM و

www.SID.ir

سنجنده‌های آلتیمتری همراه با بهره‌گیری از شاخص طیفی آشکارساز آب (MNDWI) انجام گردیده است. نتایج حاکی از آن است که تغییرات تالاب میانکاله و انزلی در بلندمدت متأثر از تراز سطح آب دریای خزر بوده اما به علت ظهور آبگیرهای کوچک در محدوده مصوب تالاب انزلی که به علت رشد گونه‌های گیاهی در مناطقی که دچار خشکی آب شده و قسمت‌هایی از پهنه آبی را از حوضچه اصلی جدا ساخته است.

عظام و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی روند تغییرات توپوگرافی دینامیکی تراز آب دریای خزر و اثر آن بر روی تغییرات خط ساحلی ایران با استفاده از داده‌های ارتفاع سنجی ماهواره‌ای پرداختند. در این پژوهش داده‌های آنومالی تراز سطح دریا، سطح ژئویید و سطح متوسط دریا برای مدت ۲۰ سال طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۲، به‌منظور بررسی روند تغییرات خط ساحلی و سطح آب دریای خزر مورد بررسی قرار گرفته شده است. برای به‌دست آوردن داده‌های آنومالی تراز سطح دریا از مجموعه داده‌های ارتفاع سنجی آویسو، به‌منظور یافتن ژئویید از مدل ژئوپتانسیل گوس و برای دست‌یابی به سطح متوسط دریا از مجموعه داده‌های MSS_CNES.CLS15 با قدرت تفکیک ۰/۲۵ درجه استفاده شده است. پس از آن با محاسبه توپوگرافی دینامیکی متوسط، توپوگرافی دینامیکی مطلق و سری زمانی تراز دریا در طی سال‌های مورد نظر، نسبت به شناسایی تغییرات تراز دریای خزر در این سال‌ها و پیرو آن بررسی تغییرات خط ساحلی در همان زمان‌ها اقدام گردید. بررسی مقاطع تغییرات تراز دریا نشانگر تغییرات غیریکنواخت و نامنظم بوده و در دوره‌هایی روند کاهشی و در دوره‌هایی روند افزایشی را نشان می‌داد، اما روند تغییرات به‌صورت کلی منفی و میزان آن به‌طور متوسط ۳۲ میلی‌متر در سال می‌باشد.

ثروتی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی خطوط ساحلی جزیره سدی میانکاله نسبت به نوسانات سریع تراز دریای خزر پرداختند. در این راستا، از تصاویر ماهواره Landsat سری سنجنده‌های ۴، ۵، ۷ و ۸، نقشه‌های تاریخی، توپوگرافی و بازدیدهای میدانی متعدد استفاده شده است. بررسی تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های آماری نوسانات تراز دریا نشان می‌داد تراز دریا از سال ۱۳۷۴ تاکنون وارد مرحله پسروی شده و حدود ۱/۵ متر کاهش یافته است. نرخ پسروی و کاهش سطح تراز بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۷۴ حدود ۶/۸ سانتی‌متر در سال محاسبه گردید.

خیراله‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات تراز آب دریای خزر با استفاده از آنالیز طیفی داده‌های تاید گیج ساحلی پرداختند.

خوشروان و وفایی (۱۳۹۵) در پژوهشی به نوسانات سطح تراز آب دریای خزر (گذشته، حال و آینده) پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌داد در صورت تداوم روند گرمایش زمین تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۱۰۰ سطح تراز آب دریای خزر بیش از ۳/۵ متر کاهش یابد.

سرخابی و همکاران (۲۰۲۱) به پایش تغییرات سطح دریای خزر با استفاده از بازسازی سه‌بعدی مبتنی بر یادگیری عمیق سیگنال GRACE پرداختند. در این پژوهش، داده‌های GRACE با استفاده از یک شبکه عصبی عمیق برای بررسی تغییرات ایجاد شده در سطح دریای خزر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. حاتمی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به تأثیر طوفان‌های ورودی به دریای خزر بر نوسانات سطح دریا پرداختند. نتایج نشان می‌داد که منبع فشار کم جوی از جنوب غربی و غربی دریای خزر و در سال ۲۰۱۶ از منطقه شمالی این حوضه است.

عطایی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به تغییرات طولانی‌مدت سطح دریای خزر بر اساس مدل موقت ERA و تخلیه رودخانه‌ها پرداختند. در این پژوهش، تبخیر بارش بر اساس مدل ERA-Interim ECMWF به‌منظور برآورد تغییرات در سطح دریای خزر مورد بررسی قرار گرفته و اعتبار نتایج در بازه زمانی بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ ارزیابی شده است. داده‌های ثبت‌شده در مورد رودخانه‌هایی که وارد دریای خزر می‌شوند نیز برای پیش‌بینی بهتر تغییرات سطح آب

www.SID.ir

مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به تصاویر ماهواره‌ای و تجزیه و تحلیل نرم‌افزاری، به‌طور متوسط، میزان تبخیر با نرخ ۰/۸۹ کیلومتر مکعب در سال افزایش یافته است، درحالی‌که بارش و تخلیه رودخانه‌ها در طول دوره آماری ۳۶ سال به‌ترتیب ۱/۰۹ و ۱/۴۱ کیلومتر مکعب در سال کاهش یافته است. انحراف استاندارد تغییرات سطح دریا ناشی از تخلیه ولگا (به‌طور معمول ورود ۲۴۹/۱۳ کیلومتر در سال به دریا به‌تنهایی) به انحراف استاندارد ثبت‌شده حاصل از تغییر سطح دریای خزر نسبت به دو عامل دیگر نزدیک‌تر است. هم‌چنین کم‌ترین و بالاترین ضرایب همبستگی نسبت به تغییرات ثبت‌شده سطح دریا به‌ترتیب با توجه به تأثیر هم‌زمان بارش-تبخیر و اثر هم‌زمان همه پارامترها محاسبه شد. درنتیجه می‌توان گفت که دلیل اصلی کاهش سطح دریای خزر طی سال‌های اخیر را می‌توان افزایش تبخیر در مقایسه با بارندگی و تخلیه رودخانه‌های ورودی دانست.

تورانی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی تعامل تغییرات سطح دریای خزر و نوسانات رسوب در تغییرات خط ساحلی (مطالعه موردی، خط ساحلی رودخانه تجن) پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌داد که جابجایی خط ساحلی طبق قوانین کلی است که دانشمندان در مورد تغییرات سطح دریا و جابجایی خط ساحلی گفته‌اند.

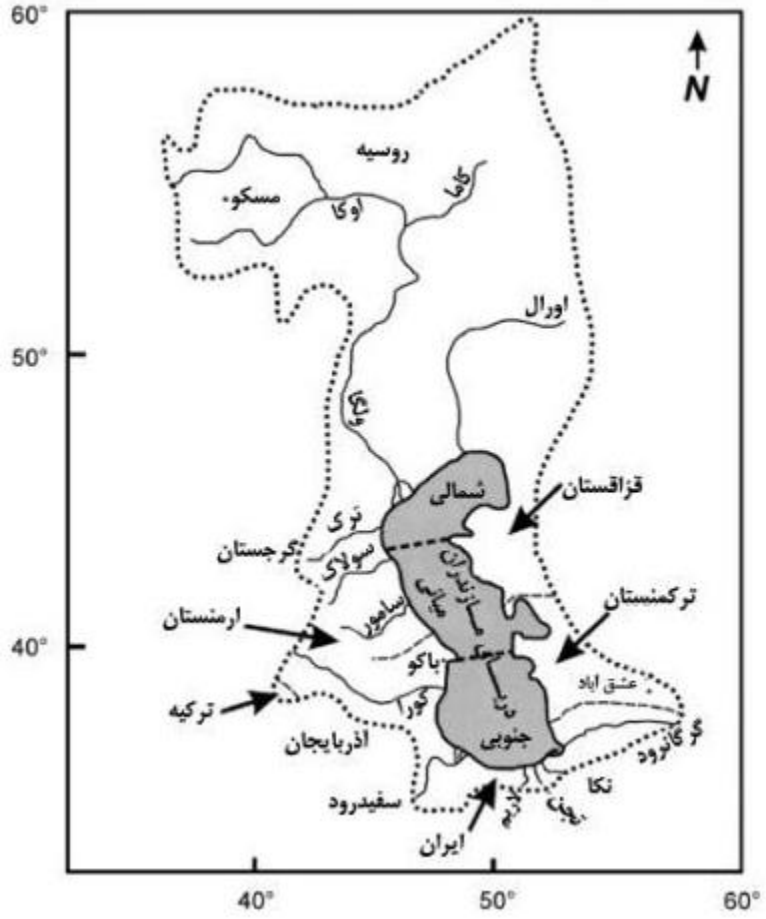
لشته نشایی و قنبرپور (۲۰۱۷) در پژوهشی به تأثیر افزایش تراز دریا بر ریخت‌شناسی سواحل دریای خزر پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌داد که به‌دلیل انتقال رسوب ناشی از نوسان سطح آب، مشخصات ساحل در منطقه موج‌سواری تغییر می‌کند و درنتیجه باعث فرسایش در ناحیه داخلی موج‌سواری می‌شود.

محدوده مورد مطالعه، مواد و روش‌ها

حوزه مورد مطالعه در این پژوهش دریای کاسپین (شکل ۲) و داده‌های مورد استفاده از سازمان ECMWF[۱] و سازمان بنادر کشور دریافت گردید. در این تحقیق با استفاده از داده‌های ECMWF از سال ۱۹۹۲ الی ۲۰۲۱ که شامل میزان بارش بر روی دریای کاسپین، میزان تبخیر از روی آن و میانگین دمای محدوده دریای خزر می‌باشد به بررسی عوامل تأثیرگذار در نوسانات سطح آب دریای خزر پرداخته شد. جهت تعیین میزان دبی ورودی آب رودخانه‌ها به دریای کاسپین از منابع کتابخانه‌ای معتبر استفاده گردید. با استفاده از نرم‌افزار متلب نمودار روند داده‌های بارش، تبخیر، دما و دبی ورودی آب رودخانه‌ها از سال ۱۹۹۲ الی ۲۰۲۱ ترسیم گردید. داده‌های نوسانات دریای کاسپین از سازمان بنادر دریافت گردید.

[۱] - لینک https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels-monthly-means?tab=form

www.SID.ir



شکل ۱: **نقشهٔ دریای خزر و تقسیم بندی بخش‌های داخلی دریا به همراه محدوده حوزه آبریز**

یافته‌های تحقیق

میزان تبخیر و بارش

نمودار روند تبخیر به همراه بارش در ایستگاه نو شهر و در کل محدوده دریای کاسپین در شکل ۲ نشان داده شده است. نمودار روند نشان می‌دهد که در ایستگاه نوشهر تبخیر به‌اندازه ارتفاع ۲۰ سانتیمتر معادل آب افزایش، در حالیکه که بارش به‌اندازه ارتفاع ۱۰ سانتیمتر کاهش در بازه زمانی ۱۹۹۲ الی ۲۰۲۱ دارد (شکل۲، الف).

مقدار کل آب خارج‌شده از محدوده دریای خزر به علت تبخیر در سال ۲۰۲۱ حدود ۵۰ میلیارد مترمکعب آب بیشتر از سال ۱۹۹۲ می‌باشد، در حالیکه مقدار کل آب واردشده بر روی سطح دریای خزر از طریق بارش در سال ۲۰۲۱ حدود ۴۰ میلیارد مترمکعب کمتر از سال ۱۹۹۲ می‌باشد (شکل۲، ب).

نتایج افزایش روند تبخیر از سطح دریای کاسپین در فصل‌های تابستان، بهار و پاییز و البته کاهش روند تبخیر در فصل زمستان را نشان می‌دهد (شکل۲، ج). هم‌چنین کاهش روند بارش بر سطح دریای کاسپین در فصل‌های تابستان، بهار و پاییز و البته افزایش روند بارش در فصل زمستان مشهود می‌باشد (شکل۲، د).

www.SID.ir

به‌عنوان یک نتیجه‌ی کلی، تبخیر روند افزایشی در حالیکه بارش روند کاهشی داشته است. لازم به ذکر می‌باشد که اختلاف فاحش بین تبخیر و بارش سالانه تا حدودی با ورود آب رودخانه‌ها به دریای کاسپین به تعادل می‌رسد. در بخش بعدی جهت بررسی علت اصلی افزایش تبخیر نمودار روند دمای سطح دریا مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

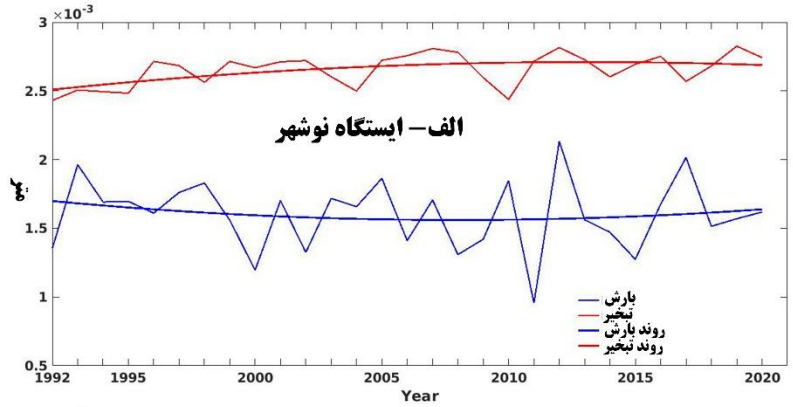
میزان دما

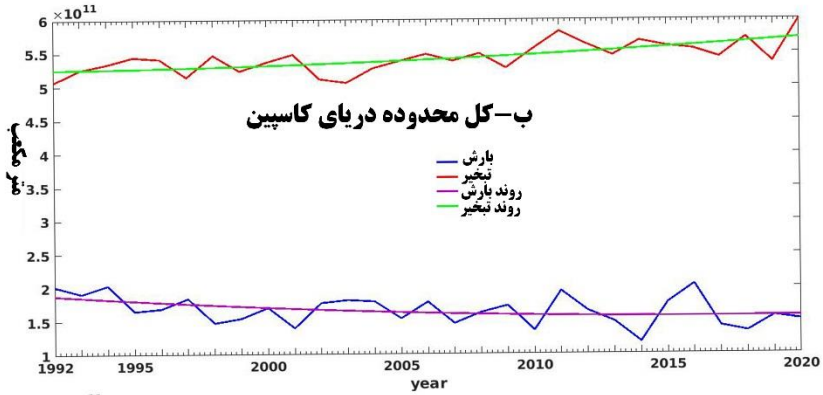
دمای سطح آب دریا نیز به‌عنوان یکی از معیارهای اصلی در تبادل حرارتی و شاخصی در ارزیابی پتانسیل تبخیر از سطح آب که جزء مؤلفه‌های اصلی خروجی در بیلان آب کاسپین محسوب می‌گردد، در بررسی روند تغییرات تراز آب و ارزیابی علل نوسانات در کاسپین مورد مطالعه قرار می‌گیرد. روند افزایشی دمای سطح آب دریای کاسپین به‌ویژه در سال‌های اخیر، از عوامل تأثیرگذار بر کاهش تراز آب بوده است.

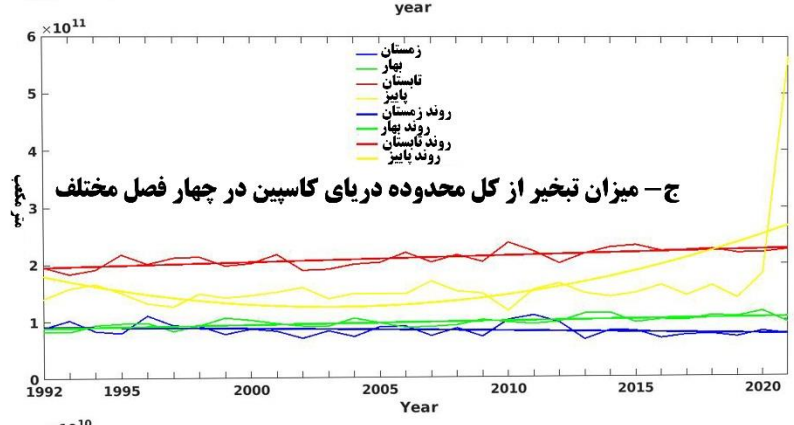
نمودار روند تغییرات دمای سطح دریا در ایستگاه نوشهر و در کل محدوده دریای کاسپین در شکل ۳ نشان داده شده است. نمودار نشان می‌دهد که در ایستگاه نوشهر دمای سطح دریا در سال ۲۰۲۱ به‌اندازه ۱ درجه کلوین نسبت به سال ۱۹۹۲ افزایش داشته است. همین‌طور میانگین دمای سطح دریا در کل محدوده‌ی دریای خزر در سال ۲۰۲۱ به‌اندازه ۱,۱ درجه کلوین نسبت به سال ۱۹۹۲ افزایش داشته است.

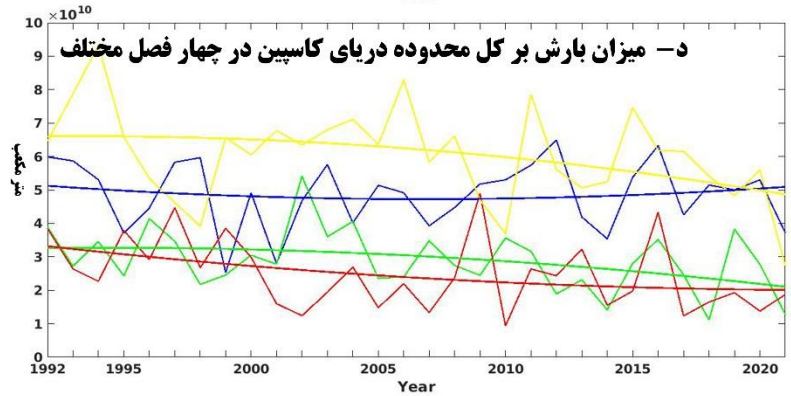
دلیل اصلی افزایش دمای سطح دریا افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که از خروج تابش‌های زمینی جلوگیری می‌کند. بنابراین روند افزایش دما که با افزایش تبخیر آب رابطه مستقیم دارد، در ایستگاه نوشهر و کل محدوده دریای خزر یکی از عوامل مؤثر افزایش نوسانات سطح آب دریای کاسپین است که باعث کاهش سطح تراز آب این دریا شده است.

www.SID.ir


الف– ایستگاه نوشهر
بارش
تبخیر
روند بارش
روند تبخیر
Year

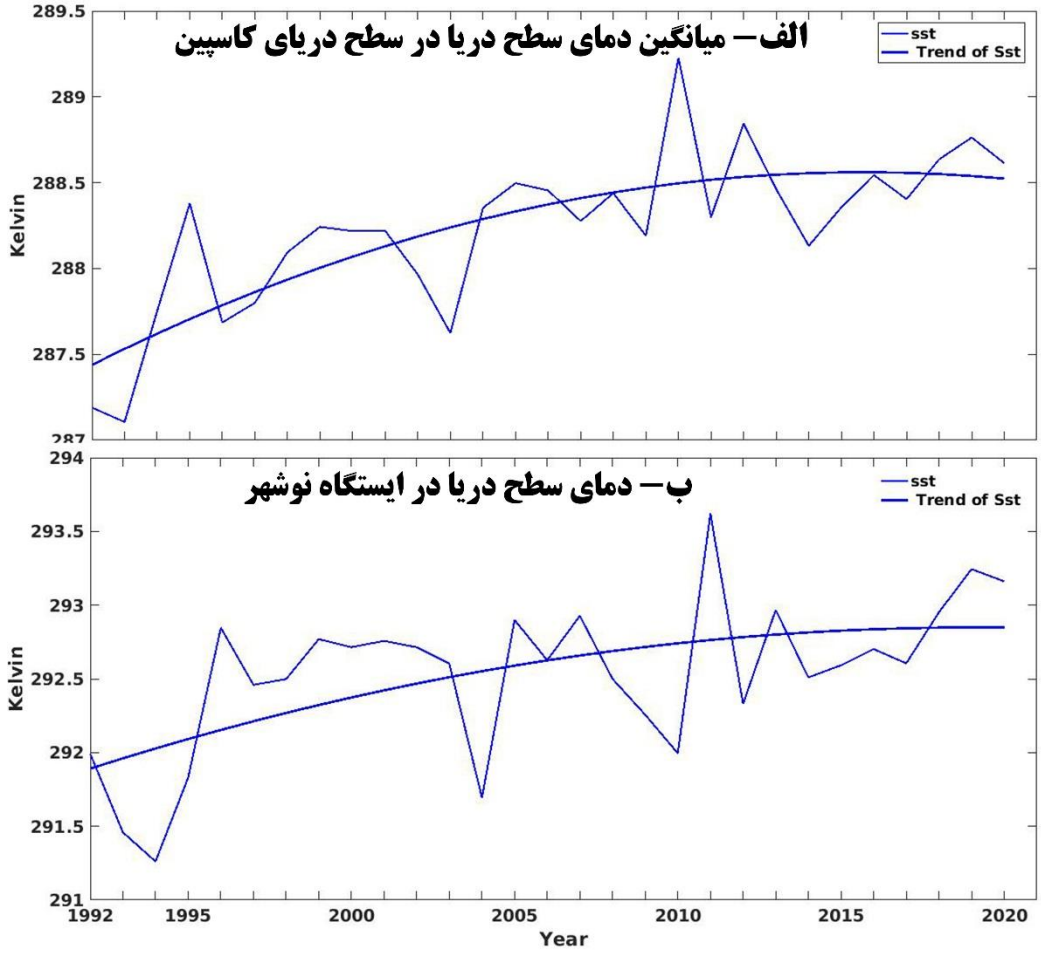

ب–کل محدوده دریای کاسپین
بارش
تبخیر
روند بارش
روند تبخیر
year


ج– میزان تبخیر از کل محدوده دریای کاسپین در چهار فصل مختلف
زمستان
بهار
تابستان
پاییز
روند زمستان
روند بهار
روند تابستان
روند پاییز
Year


د– میزان بارش بر کل محدوده دریای کاسپین در چهار فصل مختلف
Year

www.SID.ir

شکل۲: **الف- میزان تبخیر و بارش در ایستگاه نوشهر، ب- میزان تبخیر و بارش کل محدوده دریای کاسپین، ج- میزان تبخیر از کل محدوده دریای کاسپین در چهار فصل مختلف و د- میزان بارش بر کل محدوده دریای کاسپین در چهار فصل مختلف (در ۳۰ سال اخیر با بکارگیری داده‌های ECMWF، منبع: نگارنده)**



شکل ۳: الف- میانگین دمای سطح دریا در سطح دریای کاسپین ب- دمای سطح در ایستگاه نوشهر (در ۳۰ سال اخیر با بکارگیری داده‌های ECMWF، منبع: نگارنده)

آب رودخانه‌ها و بستن سدها

بیش از ۱۳۰ رودخانه بزرگ و کوچک به دریای خزر می‌ریزند که رودخانه‌های بزرگ عمدتاً در سواحل شمالی و رودخانه‌های کوچک در سواحل غربی و جنوبی پراکنده‌اند. رودخانه ولگا بزرگ‌ترین رودخانه حوضه آبریز دریای خزر است و به‌تنهایی حدود ۸۰ درصد آب ورودی به دریا را تأمین می‌کند و در رده‌های بعدی رودخانه‌های آرال و کورا قرار می‌گیرند. در ساحل ایران رودخانه سفیدرود با میانگین دبی حدود ۴ کیلومتر مکعب در سال بزرگ‌ترین رودخانه محسوب می‌شود. رودخانه‌هایی که به خزر شمالی می‌ریزند حدود ۸۵ درصد آبدهی رودخانه‌ای به دریا را تأمین می‌کنند. در

www.SID.ir

حالیکه رودخانه‌های منتهی به خزر جنوبی حدود ۶۰ درصد بار رسوبی رودخانه‌ای را وارد دریای خزر می‌کنند. به علت گذر رودخانه‌های حوضه جنوبی خزر از کوهستان‌های پرشیب و با پوشش گیاهی کم، میزان رسوب‌دهی این رودخانه‌ها بیشتر می‌باشد (ترابی آزاد).

جدول۱: مشخصات رودخانه‌های بزرگ دریای خزر (Smirnova,1999)

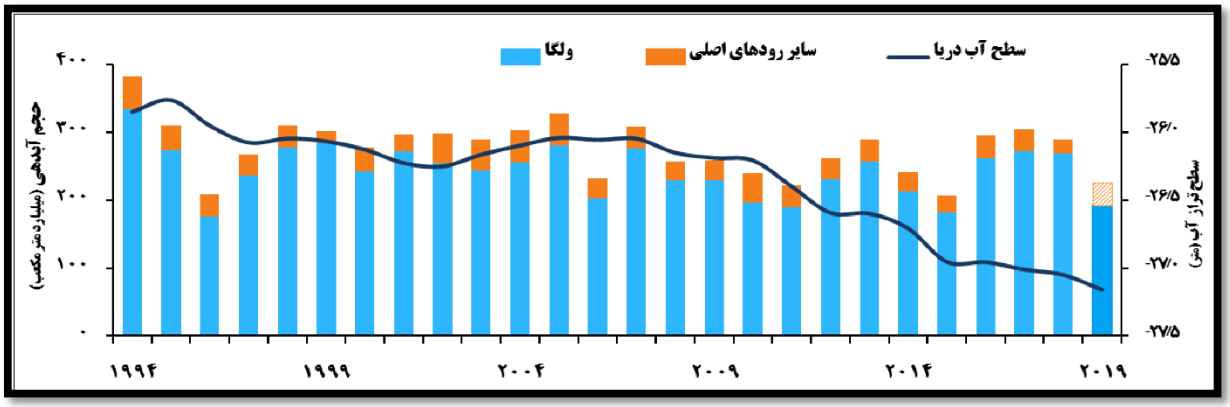
نام رودخانه	نام کشور ساحلی	طول رودخانه (km)	مساحت حوضه آبریز ($1000km^2$)	آبدهی در سال (km^3)	درصد نسبت به دبی کل رودخانه های خزر	میزان رسوب سالانه (llionton)
ولگا	روسیه	۳۶۹۰	۱۴۰۰	۲۴۳	۸۰	۱۴
کورا	آذربایجان	۱۳۶۰	۱۸۸	۱۷/۸	۶	۳۱/۷
ترک	روسیه	۶۲۳	۴۳/۲	۸/۹	۳	۱۵/۱
اورال	قزاقستان	۲۴۳۰	۲۳۷	۷	۲	۲/۷
سفید رود	ایران	۸۰۰	۶۷	۴/۱	۱/۵	۳۰
سولاک	روسیه	۱۶۹	۱۵/۲	۴/۴	۱/۵	۱۳/۲
سمور	روسیه	۲۱۳	۷/۷۳	۱/۶۳	۰/۵	۴/۷
هراز	ایران	۱۸۵	۰/۲۵	۱/۱	۰/۴	۲/۵

اندازه‌گیری مقدار دبی ورودی آب رودخانه‌ها به دریای کاسپین بسیار سخت و پیچیده می‌باشد. لذا در این بخش از گزارش نوسانات آب دریای خزر در سال ۲۰۱۹ میلادی که توسط موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو ارائه شده است استفاده گردید. متوسط سالانه ورودی آب ولگا به دریای کاسپین حدود ۲۴۰ میلیارد مترمکعب و برآورد سالانه کل ورودی رودخانه‌های منتهی به کاسپین، ۳۰۰ میلیارد مترمکعب است. از سایر رودخانه‌های مهم نظیر کورا، اورال، اترک، سفیدرود، هراز، درمجموع به‌طور متوسط ۳۴ میلیارد مترمکعب آب وارد دریای کاسپین می‌شود. کاهش تراز آب اخیر در

www.SID.ir

حالی است که میزان ورودی آب رودخانه ولگا به‌عنوان تأمین‌کننده بخش اعظم آب رودخانه‌ای به این دریا، در سال ۲۰۱۹، حدود ۲۲ درصد کاهش یافته که این مسئله می‌تواند به‌عنوان یکی از علل مؤثر در کاهش تراز آب اخیر قلمداد گردد. نتایج بررسی‌ها نشان داده است در سال ۲۰۱۹، دوره سیلابی رودخانه ولگا که به‌طور معمول از اواسط اردیبهشت تا اوایل مردادماه ادامه دارد، کوتاه‌تر و میزان آبدهی آن کم‌تر از میانگین بلندمدت بوده است. حجم آب ورودی رودخانه‌ها به‌عنوان شاخص بسیار مهم در بیلان آب دریای کاسپین محسوب شده و تغییرات سالانه آن متأثر از عوامل اقلیمی، رژیم هیدرولوژیکی و بهره‌برداری‌ها است.

با توجه به مطالب فوق به نظر می‌رسد که تغییرات تراز دریای کاسپین به‌شدت وابسته به وضعیت اقلیمی و نزولات جوی در منطقه و به‌ویژه حوزه آبریز ولگا می‌باشد. اگرچه برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های ورودی در دهه‌های گذشته نیز نمی‌تواند در این خصوص بی‌تأثیر باشد. هم‌چنین ساخت سدهای متعدد در مسیر رودخانه‌های ورودی به دریای کاسپین از دیگر عوامل کاهش آب دریای کاسپین از طریق سفیدرود و سایر رودخانه‌های شمال کشور محسوب می‌شود. استفاده از آب رودخانه‌ها برای مصارف کشاورزی در کاهش آب ورودی به دریا نیز بسیار تأثیرگذار است.



شکل ۴: مقایسه تغییرات سطح آب دریا با حجم آبدهی رودخانه‌های مهم حوزه آبریز دریای خزر (موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو، ۲۰۱۹)

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌داد که میزان بارش بر روی دریای کاسپین روند کاهشی و از طرف دیگر میزان تبخیر از روی دریای خزر روند صعودی دارد. علت اصلی روند افزایشی تبخیر از روی دریای کاسپین، روند افزایشی دمای سطح دریا می‌باشد که در طول ۳۰ سال حدود ۱,۱ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد. دبی آب رودخانه ولگا روند کاهشی را نشان می‌دهد که دلیل آن میزان روند کاهشی بارش و احداث سد در مسیر رودخانه‌ها به سمت دریا می‌باشد. پیش‌بینی تراز آب دریای کاسپین در ۱۰ سال آینده، کاهش ۱۰ سانتیمتر از سطح دریا را نشان می‌دهد.

پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل تأثیرگذار در نوسانات سطح تراز آب دریای کاسپین صورت گرفته است. بر همین مبنا، با توجه به هدف و ادبیات موضوع و با استفاده از تحقیقات لازم و کافی، داده‌های پژوهش جمع‌آوری شده است. در این پژوهش ابتدا به بررسی عوامل تأثیرگذار در نوسانات سطح تراز آب دریای کاسپین پرداخته شده که یکی از این عوامل تبخیر آب می‌باشد. با توجه به افزایش دما (در طول ۳۰ سال حدود ۱,۱ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد)

www.SID.ir

در سال‌های اخیر، تبخیر آب دریا به‌مراتب بیش‌تر از دهه‌های گذشته بوده است. تبخیر آب دریا تأثیر مستقیمی بر نوسانات آب دریای کاسپین داشته است. عطایی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به تغییرات طولانی‌مدت سطح دریای خزر بر اساس مدل موقت ERA و تخلیه رودخانه‌ها پرداختند. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که دلیل اصلی کاهش سطح دریای خزر طی سال‌های اخیر را افزایش تبخیر در مقایسه با بارندگی و تخلیه رودخانه‌های ورودی دانستند. هم‌چنین خوشروان و وفایی (۱۳۹۵) در پژوهشی به نوسانات سطح تراز آب دریای خزر (گذشته، حال و آینده) پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که عوامل اقلیمی به‌عنوان مهم‌ترین علت تغییر سطح تراز آب طی دوره هلسون می‌باشند و در صورت تداوم روند گرمایش زمین تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۱۰۰ سطح تراز آب دریای خزر بیش از ۱ متر کاهش یابد. نتایج تحقیقات عطایی و همکاران (۲۰۱۹) و خوشروان و وفایی (۱۳۹۵) با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

عامل بعدی که مورد بررسی قرار گرفت، میزان بارش باران در ۳۰ سال اخیر بوده است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، میزان بارندگی در طی سال‌های اخیر بسیار کاهش یافته و یکی از عوامل مؤثر در کاهش سطح آب دریای کاسپین بوده است. خیرالهزاده و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات تراز آب دریای خزر با استفاده از آنالیز طیفی داده‌های تاید گیج ساحلی پرداختند. هم‌چنین اقتصادی و زاهدی (۱۳۸۹) در پژوهشی به مطالعه عوامل تأثیرگذار بر نوسانات آب دریای خزر جنوبی پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که افزایش بارندگی و کاهش تبخیر آب می‌تواند نقش مهمی در افزایش سطح تراز آب دریای خزر داشته باشد. نتایج این تحقیقات با نتایج حاصل از پژوهش‌ها خیرالهزاده و همکاران (۱۳۹۶) و اقتصادی و زاهدی (۱۳۸۹) هم‌خوانی دارد.

از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به روند کاهشی دبی آب رودخانه ولگا اشاره کرد که به‌تنهایی حدود ۸۰ درصد آب ورودی به دریای کاسپین از رودخانه‌ها را تأمین می‌کند.

به‌عنوان یک نتیجه کلی، تغییرات اقلیمی باعث کاهش بارش، افزایش دما و افزایش تبخیر و نهایتاً کاهش سطح دریای کاسپین می‌باشد، بطوریکه این روند تا سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت.

فهرست منابع

اقتصادی، شهیر، زاهدی، رفیعه، ۱۳۸۹، مطالعه عوامل تأثیرگذار بر نوسانات تراز آب خزر جنوبی، مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۱۰، شماره ۳، صص ۴-۱۳.

باباگلی متی کلایی، جواد، ۱۳۹۷، مطالعه و پیش‌بینی نوسانات تراز سطحی دریای خزر، دوازدهمین همایش بین المللی انرژی، تهران.

ترابی، امید، کریمی، نعمت الله، شش انگشت، سارا،رشتبری، مریم، کلوراژان، عبدالله، ۱۳۹۹ ، بررسی تغییرات پهنه آبی تالاب‌های میانکاله و انزلی در ارتباط با تغییرات تراز دریای کاسپین و بارش به وسیله تکنیک‌های سنجش از دور، هشتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، مشهد.

ثروتی، محمدرضا و منصوری، رضا و قهرودی تالی، منیژه، ۱۳۹۷، تأثیر نوسانات سریع سطح تراز آب دریای کاسپین بر سواحل جزیره سدی میانکاله.

حلیمی‌تبریزی، م.، همکاران. (۱۳۹۳). آنالیز و تحلیل سری زمانی قیمت ماهیانه نفت خام برنت بر اساس روش ARIMA. دومین همایش ملی مهندسی صنایع و مدیریت پایدار، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنجان، ۲۳ و ۲۴ مهرماه.

خوشروان، همایون، وفایی، بشرا، ۱۳۹۵، نوسانات سطح تراز آب دریای کاسپین (گذشته، حال و آینده)، هجدهمین همایش صنایع دریایی، جزیره کیش.

www.SID.ir

خیرالهزاده چاری، کمیل، سلطانپور، علی، توکلی، فرخ، ۱۳۹۶، بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات تراز آب دریای کاسپین با استفاده از آنالیز طیفی دادههای تاید گیج ساحلی، پنجمین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه.شهری،تهران،

دهباشی، مسعود، آزرم سا، سید علی، وفاخواه، مهدی، ۱۳۹۶، تحلیل و پیشبینی نوسانات تراز آب دریای کاسپین با استفاده از مدلهای استوکستیک سری زمانی، نشریه مهندسی دریا، سال سیزدهم، شماره ۵۲، بهار و تابستان، صص ۲۳-۳۳.

رمضانی موزیرجی، فرهاد، یعقوبی، مهدی، قانقرمه، عبدالعظیم، ۱۳۸۸، پیشبینی تراز آب دریای کاسپین با تعمیم مفهوم فازی در رگرسیون خطی، دومین کنفرانس سراسری آب، بهبهان.

عظام، مجتبی، بیات بارونی، حمید، علی اکبری بیدختی، عباسعلی، ترابی آزاد، مسعود، ۱۳۹۹، بررسی روند تغییرات توپوگرافی دینامیکی تراز آب دریای کاسپین و اثر آن بر روی تغییرات خط ساحلی ایران با استفاده از دادههای ارتفاع سنجی ماهوارهای.

علینژاد تبریزی، طاهره، خوشروان، همایون، ۱۳۹۶، نوسانات سطح تراز آب دریای کاسپین در قرن ۲۱، بیستمین همایش صنایع دریایی.

Adjami, M., & Ataei H, S. (2019). An Analytical Study on the Formation of Submerged Bars in the Southern Coasts of Caspian Sea. International Journal of Coastal and Offshore Engineering, 3(3), 1-8.

Ataei H, S., Jabari Kh, A., Khakpour, A. M., Neshaei, S. A., & Yosefi Kebria, D. (2019). Long-term Caspian Sea level variations based on the ERA-interim model and rivers discharge. International Journal of River Basin Management, 17(4), 507-516.

Chen, J. L., Pekker, T., Wilson, C. R., Tapley, B. D., Kostianoy, A. G., Cretaux, J. F., & Safarov, E. S. (2017). Long-term Caspian Sea level change. Geophysical Research Letters, 44(13), 6993-7001.

Dai, A., Zhao, T. & Chen, J. (2018) Climate change and drought: a precipitation and evaporation perspective. Curr. Climate Change Rep. 4, 301–312.

Duffie, D. and Gray, S. (1995). Volatility in Energy Prices. Managing Energy Price Risk, Risk Publications, London, 39-55.

Eftekhari, M., Akbari, M., & Gholinejad, S. (2017). Analysis of the Southern Caspian Sea Level Fluctuations from GRACE Gravimetric Satellite.

Firoozfar, A., Neshaei, M. A. L., & Dykes, A. P. (2014). Beach profiles and sediments, a case of Caspian Sea. International Journal of Marine Science, 4.

Ghasemifar, E., Farajzadeh, M., Mohammadi, C., & Alipoor, E. (2020). Long-term change of surface temperature in water bodies around Iran–Caspian Sea, Gulf of Oman, and Persian Gulf–using 2001–2015 MODIS data. Physical Geography, 41(1), 21-35.

Ginzburg, A. I., & Kostyanoy, A. G. (2018). Tendencies of changes in hydrometeorological parameters of the Caspian Sea in the modern period (1990s–2017. Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 15(7), 195.

Haghani, S., Leroy, S. A., Wesselingh, F. P., & Rose, N. L. (2016). Rapid evolution of coastal lagoons in response to human interference under rapid sea level change: A south Caspian Sea case study. Quaternary International, 408, 93-112.

Hatami Bavarsad, N., Mansoury, D., Khalilabadi, M. R., & Malekilonbar, M.(2021) The impact of the inlet cyclones to the Caspian Sea on the sea level fluctuations. International Journal of coastal and offshore engineering, 5(1), 15-29.

Imani, M., You, R. J., & Kuo, C. Y. (2014). Forecasting Caspian Sea level changes using satellite altimetry data (June 1992–December 2013) based on evolutionary support vector regression algorithms and gene expression programming. Global and planetary change, 121, 53-63.

Kaskaoutis, D. G., Houssos, E. E., Minvielle, F., Rashki, A., Chiapello, I., Dumka, U. C., & Legrand, M. (2018). Long-term variability and trends in the Caspian Sea–Hindu Kush Index: Influence on atmospheric circulation patterns, temperature and rainfall over the Middle East and Southwest Asia. Global and planetary change, 169, 16-33.

www.SID.ir

Khoshravan, H., & Mammadov, R. (2017). The hydromorphology of the Caspian Sea. International Journal of Marine Science, 7.

Kislov, A. V. (2016). The interpretation of secular Caspian Sea level records during the Holocene. Quaternary International, 409, 39-43.

Kislov, A. V., Panin, A., & Toropov, P. (2014). Current status and palaeostages of the Caspian Sea as a potential evaluation tool for climate model simulations. Quaternary International, 345, 48-55.

Kukarni, S. Haidar. I. (2009). Forecasting Model for Crude Oil Price Using Artificial Neural Network and Commodity Futures Prices,. International Journal of Computer Science and Information Security, Vol 2, Issue 1.

Lebedev, S., & Kostianoy, A. (2020). Investigation of seasonal and interannual variability of water exchange through the Middle Caspian based on satellite altimetry. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 17.

Leroy, S. A., Lahijani, H. A., Crétaux, J. F., Aladin, N. V., & Plotnikov, I. S. (2020). Past and current changes in the largest lake of the world: The Caspian Sea. Large Asian Lakes in a Changing World. New York: Springer International Publishing, 65-107.

Modabberi, A., Noori, R., Madani, K., Ehsani, A. H., Mehr, A. D., Hooshyaripor, F., & Kløve, B. (2020). Caspian Sea is eutrophying: the alarming message of satellite data. Environmental Research Letters, 15(12), 124047.

Moghaddam, E. I., Allahdadi, M. N., Ashrafi, A., & Chaichitehrani, N. (2021). Coastal system evolution along the southeastern Caspian Sea coast using satellite image analysis: response to the sea level fall during 1994–2015. Arabian Journal of Geosciences, 14(9), 1-16.

Mohammadi, S., & Rasekhi, S. (2015). The relationship between tourism and environmental performance: the case of Caspian Sea Nations. Iranian Journal of Economic Studies, 4(2), 51-81.

Namdari, S., Karimi, N., Sorooshian, A., Mohammadi, G., & Sehatkashani, S. (2018). Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East. Atmospheric environment, 173, 265-276.

Nematollahi, M. J., Keshavarzi, B., Moore, F., Vogt, R. D., & Saravi, H. N. (2021). Trace elements in the shoreline and seabed sediments of the southern Caspian Sea: investigation of contamination level, distribution, ecological and human health risks, and elemental partition coefficient. Environmental Science and Pollution Research, 1-24.

Neshaei, M. L., & Ghanbarpour, F. (2017). The effect of sea level rise on beach morphology of caspian sea coast. Frontiers of Structural and Civil Engineering, 11(4), 369-379.

Ramezani, E., Mrotzek, A., Mohadjer, M. R. M., Kakroodi, A. A., Kroonenberg, S. B., & Joosten, H. (2016). Between the mountains and the sea: Late Holocene Caspian Sea level fluctuations and vegetation history of the lowland forests of northern Iran. Quaternary International, 408, 52-64.

Toorani, M., Yamani, M., & Abdelahi Kakroodi, A. (2019). Investigating the Interaction of Caspian Sea Level Change and Sediment Fluctuations in Coastline changes (Case study: Tajan River shoreline). Journal of Geography and Environmental Hazards, 8(3), 126-111.

UNESCO (UN-Water). United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. (UNESCO, Paris, 2020).

UNESCO 2017 Kizlyar bay biosphere reserve, Russian federation.

Wang, S. Y., Chen, J. L., Wilson, C. R., Li, J., & Hu, X. G. (2018). Vertical motion at TEHN (Iran) from Caspian Sea and other environmental loads. Journal of Geodynamics, 122, 17-24.

Wang, W. et al. (2018)., Global lake evaporation accelerated by changes in surface energy allocation in a warmer climate. Nat. Geosci. 11, 410–414

www.SID.ir

Investigation of Atmospheric Factors Affecting Fluctuations in the Water Level of the Caspian Sea from 1992 to 2021

Hadi Najjari kahjough
Master of Navigation and Marine Science Management, Imam Khomeini University of Marine Sciences, Nowshahr

Abstract
Rapid fluctuations in the Caspian Sea's water level play an important role in determining the extent of erosion hazards, adverse environmental consequences, degradation and drying of coastal areas, wetlands and coastal bays, and the loss of economic resources and the destruction of maritime industries. The purpose of this study is to investigate the atmospheric factors affecting the water level of the Caspian Sea. In this study, using ECMWF data from 1992 to 2021, which includes the amount of precipitation on the Caspian Sea, the rate of evaporation from it and the average temperature of the Caspian Sea, the factors affecting water level fluctuations in the Caspian Sea were investigated. Reliable library sources were used to determine the inflow of rivers into the Caspian Sea. Caspian Sea fluctuation data were received from the Ports Authority. The results showed that the amount of precipitation on the Caspian Sea has a decreasing trend and on the other hand the rate of evaporation from the Caspian Sea has an increasing trend. The main reason for the increasing trend of evaporation from the Caspian Sea is the rising trend of sea surface temperature, which shows an increase of about 1.1 ° C over 30 years. The water flow of the Volga River shows a decreasing trend due to the decreasing trend of precipitation. As a general result, climate change is reducing precipitation, increasing temperature and increasing evaporation, and ultimately lowering the surface of the Caspian Sea, a trend that will continue for years to come.

Keywords: Caspian Sea, level, precipitation, evaporation, sea temperature

تقدیر و تشکر
نویسنده بدین‌وسیله از سازمان بنادر کشور به خاطر در اختیار قرار دادن داده‌های نوسانات سطح آب تشکر و قدردانی می‌کنند.

www.SID.ir