

# تغییرات مکانی و زمانی زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان تحت تأثیر نوسانات دریای خزر

همایون خوشروان<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۷/۰۳

\*\*\*\*\*

## چکیده

گرمایش زمین و افزایش سطح تراز آب اقیانوس‌ها تهدید جدی برای محیط زیست تالاب‌های ساحلی می‌باشد. عکس‌العمل محیط زیستی بزرگترین دریاچه کره زمین در مقابل عوامل اقلیمی طی هفتاد سال اخیر به گونه‌ای رقم خورده است که کاهش سطح تراز آب دریای خزر موجب خشک شدن سطح وسیعی از تالاب‌های ساحلی شده است. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی تغییرات بوم شناختی زیستگاه‌های ساحلی مهم خلیج گرگان طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی می‌باشد. با آنالیز تصاویر ماهواره‌ای لندست و پردازش نتایج داده‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نرخ تغییرات خطوط ساحلی، وضعیت عمق بستر، تبدیل پوشش زمین و تغییر زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان محاسبه و طبقه بندی گردید و نتایج به دست آمده با شواهد میدانی صحت سنجی شد. نتایج مطالعات نشان داد که با کاهش ۱۵۰ سانتی متری سطح تراز آب دریای خزر طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی، وسعت خلیج گرگان به میزان ۱۷۶ کیلومترمربع کاهش یافته است. نقشه عمق نسبی حاصل از مطالعات شبیه سازی در سنجش از دور نشان می‌دهد که عمق بستر خلیج در راستای شرق به غرب به شدت کاهش یافته است. مهم‌ترین عوارض زمین و زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان و درصد فراوانی پوشش آن‌ها در سال ۲۰۱۹ میلادی شامل خاکریز ساحلی (۲٪)، مارش لب شور (۷٪)، مارش لب شور (۱۴٪)، تالاب کم عمق (۱۵٪)، پهنه‌های گلی (۷٪)، پوشش گیاهی جنگلی (۱۰٪) و آبگیر خلیج گرگان و تالاب میانکاله (۰/۴۵٪) بود. همچنین مساحت زیستگاه‌های تالابی، پوشش گیاهی جنگلی و خاکریز ماسه‌ای با افت سطح تراز آب دریای خزر دچار کاهش شده بود در عوض به وسعت زیستگاه‌های مارش لب شور، شور، پهنه‌های گلی و پیت‌زارها افزوده شده بود. این موضوع به خوبی جایگزینی بوم سازگان‌های خشک‌زی و نیمه آبی را در قلمرو بوم سازگان آبی تأیید می‌کند که نوسانات سطح تراز آب دریای خزر تأثیر مستقیم بر روی تغییرات محیط زیستی تالاب‌های ساحلی داشته است.

واژه‌های کلیدی: دریای خزر، خلیج گرگان، محیط زیست، سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، نوسانات، زیستگاه‌ها.

\*\*\*\*\*

## ۱- مقدمه

در این پژوهش اثر نوسانات سطح تراز آب دریای خزر بر محیط زیست مناطق ساحلی به عنوان مسئله اصلی مورد بررسی می‌باشد. فازهای نوسانی سطح آب دریای خزر در دوره‌های افزایشی و کاهشی، موجب تغییرات مهمی بر روی بوم سازگان‌های ساحلی و زیستگاه‌های مستقر بر روی آنها می‌شود. ارزیابی تأثیر آخرین فاز نوسانی دریای خزر از سال ۲۰۱۹-۱۹۹۵ میلادی که با کاهش سطح تراز آب به میزان ۱۵۰ سانتی‌متر همراه بوده است، بر روی محیط زیست خلیج گرگان و تالاب میانکاله به عنوان سؤال اصلی تحقیق می‌باشد. پایداری محیط زیستی تالاب‌های ساحلی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، زیرا تالاب‌های ساحلی مکانی مناسب برای حیات جانداران می‌باشند. در حقیقت شرایط فیزیکی شیمیایی و زیستی تالاب‌ها به گونه‌ای است که تنوعات زیستی مختلف به شکل کاملاً سازگار یافته در این محیط طبیعی زندگی می‌کنند (کوستانزا، ۱۹۹۷).

تالاب‌های ساحلی دارای خدمات بوم سازگان بسیار مهمی برای بشر بوده و خوشبختی و رفاه انسان را به همراه دارند. آن‌ها منبع بسیار با ارزشی برای تصفیه آب، تولید مواد غذایی، عامل حفاظتی مؤثری در مقابل سیلاب‌ها و ذخیره کربن هوا هستند (دیویدسون، ۲۰۱۸). تالاب‌ها نقش مهمی در توزیع مواد غذایی برای محیط‌های ساحلی دارند و آگاهی در مورد تاریخچه زمین شناسی و مورفولوژی آن‌ها می‌تواند به عنوان مبنای علمی مهمی برای مطالعات بوم شناختی باشد (دیم و گاردنر، ۱۹۹۳). تالاب‌ها سالانه میلیون‌ها تن کربن را ذخیره می‌کنند (باربیر و همکاران، ۲۰۱۱).

تالاب‌های کره زمین حدود ۱۲/۱ میلیون کیلومترمربع وسعت دارند که کمی بیش‌تر از مساحت گرینلند در نیمکره شمالی است. از این میزان ۵۴٪ تالاب‌های دائمی و ۴۶٪ فصلی هستند. ۹۳٪ تالاب‌ها در بوم سازگان خشکی و تنها ۷٪ آن‌ها در مناطق ساحلی و دریایی قرار دارند (دیویدسون، ۲۰۱۸). بر اساس گزارش منتشر شده توسط کنوانسیون رامسر در سال ۲۰۱۸ میلادی، بیش از ۳۵٪ از تالاب‌های کره

زمین از سال ۱۹۷۰ میلادی تاکنون از بین رفته‌اند (کنوانسیون رامسر، ۲۰۱۸). این رقم سه برابر میزان تخریب جنگل‌های دنیا است. در حال حاضر فرآیند تخریب تالاب‌ها به شکل گسترده‌ای در طبیعت جریان دارد و اثرات محیط زیستی نامطلوبی بر روی طبیعت و انسان به جای گذاشته است. تالاب‌های ساحلی نسبت به تغییر سطح تراز آب دریاها و تغییر میزان دما و بارندگی بسیار آسیب‌پذیر هستند (شورت و همکاران، ۲۰۱۱). عوامل انسانی و طبیعی نقش بسیار مهمی در تغییر شکل تالاب‌های ساحلی دارند. گاهی تأثیر مشترک عوامل انسانی و طبیعی شرایط ناگوار محیط زیستی را در تالاب‌های ساحلی رقم می‌زند و عوارض اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی متنوعی را به همراه خواهد داشت (کامون، ۲۰۰۷). در سطح کره زمین بالا آمدن سطح تراز آب دریاها موجب سیلاب، فرسایش ساحل و با نفوذ آب شور سبب از بین رفتن تالاب‌های ساحلی شده است (ساندرز و همکاران، ۲۰۱۳). افزایش سطح تراز آب دریاها آزاد با سرعت ۲/۸-۳/۶ میلی‌متر در سال، سبب تشدید آسیب‌پذیری تالاب‌های ساحلی در دنیا شده است (چارچ و همکاران، ۲۰۱۳). پیش بینی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که افزایش سطح تراز آب دریاها به میزان ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر سبب نابودی ۲۲٪ تالاب‌های ساحلی کره زمین تا سال ۲۱۰۰ میلادی خواهد شد (نیکولاس و همکاران، ۱۹۹۹). بنابراین پیش‌بینی تأثیر نوسانات سطح تراز آب دریا بر روی بوم سازگان تالاب‌های ساحلی یک مسئله مهم برای برنامه‌ریزی در مدیریت حفاظت از تالاب‌ها محسوب می‌شود.

اهداف مهم در این پژوهش شامل ارزیابی نوسانات سطح تراز آب دریای خزر طی دوره اترئوپوسن، شناسایی مهم ترین زیستگاه‌های ساحلی مستقر در حاشیه خلیج گرگان و تالاب میانکاله و بررسی تأثیر کاهش سطح تراز آب دریای خزر بر روی زیستگاه‌های ساحلی در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی می‌باشد. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو زمین هم زمان با عصر اترئوپوسن سبب بروز نگرانی‌های عمده‌ای برای محیط زیست جهان گردید

**فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۳۳)**  
**تغییرات مکانی و زمانی زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان ... / ۱۲۹**

در بازه زمانی دراز مدت، سبب تغییر میزان شوری آب تالاب‌های ساحلی شده و کاهش نزولات جوی و افزایش دمای هوا، سبب شدت فرآیند تبخیر و خشک شدن تالاب‌ها و شور مزه شدن آب آن‌ها می‌گردد (کاپلن و همکاران، ۲۰۱۰). دریای خزر به عنوان بزرگ‌ترین حوضه آبگیر بسته دنیا، هم زمان با افزایش درجه حرارت زمین، رفتار نوسانی متفاوتی را نسبت به اقیانوس‌ها و دریاهای آزاد نشان داده است. گاهی سرعت نوسانات سطح تراز آب دریای خزر بیش از ۱۰۰ برابر دریاهای آزاد بوده است (کرونبرگ و همکاران، ۲۰۰۰).

نوسانات سطح تراز آب دریای خزر بر ساختار هندسی و سیمای مورفولوژی سواحل تأثیر می‌گذارد و موجب تغییر رژیم هیدروشیمیایی آب رودخانه‌ها و تالاب‌های ساحلی می‌گردد. همچنین رژیم رسوب‌گذاری در مناطق ساحلی را دستخوش تغییر می‌کند و در نهایت بر روی تعادل سطح آب‌های زیر زمینی فشار اعمال می‌نماید. بنابراین تغییر سطح تراز آب دریای خزر می‌تواند بر روی شاخص‌های محیط زیست زیستگاه‌های مهم ساحلی تأثیرگذار باشد. عکس‌العمل مورفولوژیکی مناطق ساحلی در مقابل نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر به صورت به زیر آب رفتن تالاب‌های ساحلی، فرسایش شدید و ایجاد سدهای ماسه‌ای است (کاپلن و سلوانوف، ۱۹۹۵؛ نادری بنی و همکاران، ۲۰۱۳).

کاهش سطح تراز آب دریای خزر سبب افزایش وسعت سواحل خشک ماسه‌ای و خشک شدن تالاب‌های ساحلی شده است (خوشروان و وفایی، ۱۳۹۵). بنابراین محیط زیست تالاب‌های ساحلی بخش جنوبی دریای خزر تحت تأثیر کاهش سطح تراز آب دریای خزر، دچار مشکلات جدی شد و زیستگاه‌های مهمی در اثر این واقعه از بین رفته است. این اتفاق برای خلیج قره بغاز در ناحیه شرقی و خلیج‌های بخش شمال غربی و غربی دریای خزر در دوره زمانی ۱۹۷۸-۱۹۳۰ میلادی نیز رخ داده است (کوساروف و کستیانوی، ۲۰۰۴). مطالعه اثر افزایش سطح تراز آب دریای خزر طی مدت ۱۹۹۵-۱۹۷۸ میلادی بر ساختار مورفولوژی سواحل

و گرمایش زمین سبب افزایش سطح تراز آب دریاها و به زیر آب رفتن بخش وسیعی از سواحل پیرامون اقیانوس‌ها شد (اسلانگن و همکاران، ۲۰۱۲).

پیش‌بینی‌ها نشان داده است که افزایش درجه حرارت کره زمین به میزان سه درجه سلسیوس تا سال ۲۱۰۰ میلادی موجب افزایش سطح تراز آب دریاها به میزان ۲ متر می‌گردد و شهرهای پر جمعیت ساحلی بسیاری در دنیا از بین خواهند رفت (فنگ و همکاران، ۲۰۱۴). در حال حاضر افزایش سطح تراز آب اقیانوس‌ها سبب افزایش نرخ فرسایش مناطق ساحلی، بروز سیلاب و از بین رفتن تالاب‌های آب شیرین شده است و به منابع آب زیر زمینی موجود در آبخوان‌های ساحلی صدمات جدی وارد کرده است (کنوانسیون رامسر، ۲۰۱۸).

عکس‌العمل هیدرولوژیکی دریاچه‌ها، تالاب‌ها و خلیج‌های کناره‌ای در مناطق شمال آفریقا و خاورمیانه و برخی نقاط دیگر از کره زمین کاملاً در جهت عکس و مخالف رفتار هیدرولوژیکی اقیانوس‌ها طی زمان انتروپوسن است. به طوری که افزایش درجه حرارت کره زمین سبب بالا رفتن نرخ تبخیر و کاهش میزان نزولات جوی و در نهایت تأثیر مشترک دخالت‌های انسانی سبب توسعه روند خشک شدن بخش وسیعی از دریاچه‌ها و تالاب‌های مهم کشور ایران مانند دریای خزر، دریاچه ارومیه، پریشان، مهارلو و هامون شده است (خوشروان و وفایی، ۱۳۹۵). نوسانات سطح تراز آب دریای خزر طی زمان انتروپوسن (۱۹۴۵- تاکنون) با اختلاف دامنه نوسانی در حدود ۳ متر سبب تغییرات مهمی در خصوصیات هیدرومورفولوژی و اکولوژیکی تالاب‌های ساحلی در بخش جنوبی دریای خزر شده است (خوشروان و وفایی، ۱۳۹۵).

در حال حاضر تأثیر گرمایش زمین بر روی حوضه دریای خزر با افزایش فرآیند تبخیر و کاهش نزولات جوی همراه است. تحت این شرایط واکنش تالاب‌های ساحلی دریای خزر بسیار متفاوت خواهد بود و بخش وسیعی از آن‌ها در اثر خشک‌زایی از بین خواهند رفت. خشک‌سالی

زیستی در سواحل آمریکای لاتین با مشکلات زیادی همراه بوده و تغییر پوشش زمین و توسعه کاربری اراضی تهدید جدی برای محیط زیست محسوب می‌شود (روچاس و همکاران، ۲۰۰۷).

استفاده از نقشه‌های تاریخی و عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای برای شناخت میزان تغییرات محیط زیستی بوم سازگان تپه‌های ماسه‌ای در مناطق ساحلی اسپانیا مشخص کرد که توسعه کاربری اراضی و تغییر پوشش زمین از سال ۱۸۳۴ تا ۲۰۱۲ میلادی سبب از بین رفتن عوارض طبیعی بسیاری شده است (آرون و همکاران، ۲۰۱۶).

بنابراین در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه با قدرت تفکیک مناسب، نرخ تغییرپذیری عوارض زمین و زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان و تالاب میانکاله طی سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۹۵ میلادی در نرم‌افزار سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

## ۲- روش و ابزار تحقیق

### ۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

خلیج گرگان در بین عرض‌های جغرافیایی (۳۶/۹۵ - ۳۶/۸۰ درجه شمالی) و طول‌های جغرافیایی (۵۴/۰۳ - ۵۳/۴۲ درجه شرقی) در بخش منتهی الیه جنوب شرقی دریای خزر قرار دارد (نگاره ۱). در حال حاضر طول خلیج گرگان ۵۴ کیلومتر و بیشترین پهنای آن حدود ۱۲ کیلومتر می‌باشد. مساحت خلیج گرگان ۳۶۰ کیلومتر مربع و بیشترین عمق آن ۲/۵ متر برآورد شده است (سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۹۳). این فرورفتگی درون قاره‌ای توسط زبانه ماسه‌ای میانکاله از دریای خزر جدا شده است و در منتهی الیه شمال شرقی توسط کانال‌های ارتباطی چپقلی و آشوراده به دریای خزر ارتباط دارد (نگاره ۱).

خلیج گرگان و تالاب میانکاله منطقه‌ای بسیار مهم به لحاظ محیط زیستی بوده و توسط کنوانسیون رامسر در سال ۱۹۷۵ میلادی به عنوان ذخیره‌گاه زیست‌کره و پناهگاه

جنوب غربی در محدوده آستارا تا بندر انزلی نشان داد که ۸۹/۵ هکتار از اراضی خشک ساحلی به زیر آب رفته است و ۱۳۷ هکتار پوشش زمین تغییر وضعیت داده و ۴۶ هکتار به میزان ساخت و سازهای انسانی اضافه شده است (افشاری آزاد و پورکی، ۱۳۹۱).

ارزیابی تغییر ژئومورفولوژی دلتای کورا در آذربایجان نمایانگر به زیر آب رفتن بخش وسیعی از مناطق ساحلی و تغییر شکل زیستگاه‌های ساحلی تحت تأثیر افزایش سطح تراز آب دریای خزر می‌باشد (موگندرون و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج مطالعات نشان داده است که مهم‌ترین واحدهای اکولوژیکی و زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان شامل شوره‌زار سالیکورنیا، مارش لب شور جانکوس، پهنه‌های گلی فاقد عوارض زیستی، ماسه‌زارهای حاوی گیاه گز یا تاماریکس و پیت‌زارهای حاوی گیاه رویا همراه با جلبک‌های سبز می‌باشد (خوشروان و همکاران، ۲۰۱۹).

تاکنون پژوهشی در مورد اثر نوسانات سطح تراز آب دریای خزر بر روی تغییر شکل محیط زیست خلیج گرگان با استفاده از پایش میدانی، مطالعات سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام نشده است و مدیریت حفاظت از محیط زیست حساس خلیج گرگان بدون در نظر گرفتن تأثیر نوسانات سطح تراز آب دریای خزر بر روی واحدهای اکولوژیکی و شاخص‌های محیط زیستی نتایج خوبی را به همراه نخواهد داشت. پیشرفت علم و فن‌آوری در قرن بیستم سبب شد تا بشر بتواند با کمک علم سنجش از دور شناخت بیشتری نسبت به تغییرات خطوط ساحلی دریاها و اقیانوس‌ها پیدا کند (مور، ۲۰۰۰).

کاربرد مطالعات سنجش از دور در تغییرات مناطق ساحلی به خوبی در مطالعات گذشته مورد تایید واقع شده است (وینارسو و بودهیمن، ۲۰۰۱).

نتایج مطالعه تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی در سواحل شیلی با استفاده از تکنیک طبقه‌بندی تصاویر چند زمانه و آنالیز تغییرات آنها در سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان داده است که برنامه‌های مدیریت حفاظت از تنوعات

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر) تغییرات مکانی و زمانی زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان ... / ۱۳۱

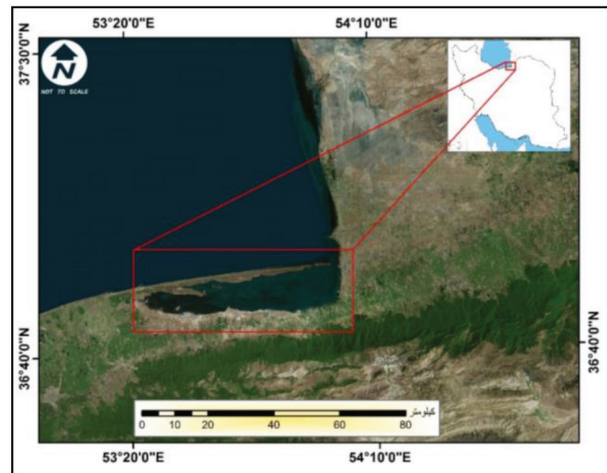
رودخانه قره سو و گرگان رود، مجموعاً با آبدهی متوسط سالانه نیم میلیارد متر مکعب و حجم رسوب به میزان ۳/۵ میلیون تن در سال بعنوان مهم‌ترین آنها می‌باشند (لامیجانی و همکاران، ۲۰۱۰). رسوبات سواحل خلیج گرگان از نظر دانه بندی در محدوده ماسه تا رس قرار می‌گیرند، به گونه‌ای که هر چه به سوی دهانه خلیج گرگان نزدیک می‌شویم، درصد ماسه در رسوبات افزایش می‌یابد.

### ۲-۲- ابزار و روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، تغییرات سیمای سرزمین و زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان مورد مطالعه قرار گرفت. در ابتدا خطوط ساحلی منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat در سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۹۵ میلادی در محیط نسخه ۵٫۳ نرم افزار Envi استخراج شد. بعد از آن عوارض زمین و زیستگاه‌های ساحلی شناسایی و طبقه‌بندی گردید و در نهایت نرخ تغییرات زمانی آنها در محیط نسخه ۱۰٫۵ نرم افزار Arc Map سامانه اطلاعات جغرافیایی محاسبه و پردازش شد. برای تعیین و پردازش، خطوط ساحلی خلیج گرگان از محاسبه نسبت کمی طیف‌های باندهای سبز و مادون قرمز نزدیک (NIR) و استخراج هیستوگرام ترشولد باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵) در تصاویر لندست استفاده گردید (آل شیخ و همکاران، ۲۰۰۷) و برای تعیین محدوده حجم‌های آبی تالاب میانکاله و خلیج گرگان از شاخص حجم‌های آبی (NDWI) استفاده شد.

در حقیقت با توجه به جذب نزدیک به ۱۰۰٪ امواج مادون قرمز نزدیک توسط آب و انعکاس شدید این امواج توسط پوشش گیاهی و خاک می‌توان مرز بین محیط‌های آبی و خشکی را از یکدیگر متمایز کرد (آل شیخ و همکاران، ۲۰۰۷). تغییرات نسبی عمق بستر خلیج گرگان متأثر از دوره‌های نوسانی سطح تراز آب دریای خزر با کمک شاخص عمق نسبی (RWI) در محیط نسخه ۵٫۳ نرم‌افزار Envi طی سال‌های ۲۰۱۹ و ۱۹۹۵ محاسبه گردید و نقشه‌های آن تولید شد. سپس مهم‌ترین عوارض

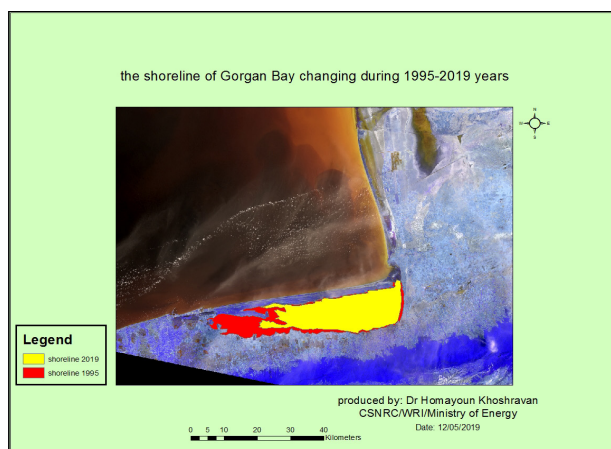
حیات وحش تعریف شده است. منطقه مورد مطالعه شامل مجموعه‌ای از زیست بوم‌های ارزشمند و زیستگاه‌های حساس و آسیب پذیر و همچنین چشم اندازهای زیبا و جاذبه‌های گردشگری طبیعی می‌باشد.



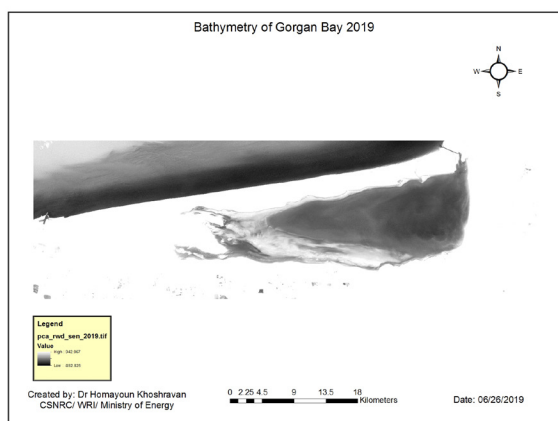
نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (خلیج گرگان و تالاب میانکاله)

شواهد زمین شناسی نشان داده است که خلیج گرگان در ۲۶۰۰ سال قبل زمانی که تراز آب دریای خزر در ارتفاع ۲۲- متر قرار داشت هنوز شکل نگرفته بود و در زمان یخبندان کوچک<sup>۱</sup> در تراز ارتفاعی ۲۴- متر زبانه ماسه‌ای شبه جزیره میانکاله شروع به پیدایش کرد و خلیج گرگان ایجاد شد (کاکرودی و همکاران، ۲۰۱۲). تاکنون ارقام متفاوتی برای نرخ رسوبگذاری در نواحی مختلف خلیج گرگان ارائه شده است، بطور متوسط نرخ رسوبگذاری در خلیج گرگان ۲/۵ میلی‌متر در سال تعیین شده است (امینی، ۲۰۱۲). اما سرعت رسوبگذاری در بخش منتهی‌الیه غربی خلیج گرگان معادل ۹ میلی‌متر در سال تعیین گردید (خوشروان و همکاران، ۲۰۱۹).

حوضه آبریز خلیج گرگان دارای مساحتی حدود ۱۵۰۰۰ کیلومترمربع می‌باشد و شامل مناطق کوهستانی، کوهپایه‌ای و جلگه ساحلی است (افشین، ۲۰۰۴). رودخانه‌های دائمی و فصلی متعددی از بخش جنوبی و شرقی مشرف به دامنه‌های شمالی البرز به خلیج گرگان منتهی می‌شوند که از میان آنها



نگاره ۲: روند تغییرات خطوط ساحلی خلیج گرگان از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی



نگاره ۳: تغییرات نسبی عمق بستر خلیج گرگان در سال ۲۰۱۹ میلادی

### ۳-۳- تغییرات زمانی پوشش زمین و زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان

نتایج آنالیز تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که میزان وسعت زیستگاه‌های ساحلی بر حسب کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۹ میلادی شامل خاکریز ساحلی (۱۵)، مارش لب شور (۱۲۶)، پیت زارها (۱۳۰)، پهنه‌های گلی (۶۲)، مارش شور (۶۰)، پوشش گیاهی جنگلی (۹۳) و آبگیر خلیج گرگان و تالاب میانکاله (۳۹۴) می‌باشد (جدول ۱). کاهش سطح تراز آب دریای خزر طی دوره زمانی ۲۰۱۹ - ۱۹۹۵ میلادی

زمین و زیستگاه‌های ساحلی که در مطالعات میدانی گذشته شناسایی شده بود (خوشروان و همکاران، ۲۰۱۹) در محیط نسخه ۵،۳ نرم‌افزار Envi و با به کارگیری ابزار طبقه‌بندی عوارض برداری<sup>۱</sup> (SVM)، تعیین موقعیت جغرافیایی و طبقه‌بندی شدند. سپس با بکارگیری شاخص (Change Detection Workflow) نرخ تغییرات زیستگاه‌های مورد بررسی در قالب نقشه‌های طبقه‌بندی شده محاسبه گردید. در نهایت با انتقال مجموع داده‌ها به محیط نرم‌افزار (ArcMap 10.5) تغییرات کمی وسعت زیستگاه‌های ساحلی محاسبه شد و نقشه‌های مربوطه تولید گردید.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- بازسازی تغییرات زمانی خطوط ساحلی خلیج گرگان

نتایج مقایسه خطوط ساحلی خلیج گرگان در سری تصاویر چند زمانه ماهواره‌ای سنجنده لندست<sup>۲</sup> نشان داد که با افت ۱۵۰ سانتی متری سطح تراز آب دریای خزر طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی، وسعت خلیج گرگان به میزان ۱۷۶ کیلومترمربع کاهش یافته است که معادل ۳۲٪ مساحت خلیج گرگان در سال ۱۹۹۵ میلادی است (نگاره ۲).

#### ۳-۲- تغییرات زمانی عمق بستر خلیج گرگان

نقشه عمق نسبی بستر خلیج گرگان در سال ۲۰۱۹ میلادی نمایانگر کاهش شدید عمق خلیج در راستای شرق به غرب بود (نگاره ۳). همچنین در محل دهانه ارتباطی آشوراده، چپقلی و کانال خوزینی عمق بستر خلیج بسیار کاهش یافته و بخش وسیعی از آن تبدیل به خشکی شده است (نگاره ۳). در حال حاضر خلیج گرگان از طریق یک آبراهه بسیار کم عرض در ناحیه آشوراده با دریای خزر ارتباط آبی دارد (نگاره ۳) و بخش منتهی‌الیه غربی خلیج گرگان کاملاً خشک شده است.

1- Support Vector Mashin

2- Multi temporal satellite images

جدول ۱: نرخ تغییرات کمی پوشش زمین و زیستگاه‌های مهم خلیج گرگان طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی

شماره	نام زیستگاه	میزان مساحت سال ۱۹۹۵ (کیلومتر مربع)	میزان مساحت سال ۲۰۱۹ (کیلومتر مربع)	میزان تغییرات برحسب (کیلومتر مربع)	درصد تغییرات
۱	خاکریز ماسه ای	۶۷	۱۵	-۵۲	-۶
۲	مارش لب شور	۳۹	۱۲۶	۸۷	۱۰
۳	مارش شور	۰	۶۰	۶۰	۷
۴	پهنه‌های گلی	۰	۶۲	۶۲	۷
۵	پیت زار	۷۰	۱۳۰	۶۰	۷
۶	پوشش جنگلی	۱۳۵	۹۳	-۴۲	-۵
۷	تالاب	۵۷۰	۳۹۴	-۱۷۶	-۳۲

خزر طی دو مرحله (۱۹۷۸-۱۹۳۰) و (۲۰۱۹-۱۹۹۵) سیر قهقرایی داشته و سطح وسیعی از آبگیر آن خشک شده است و هم زمان با دوره افزایش سطح تراز آب دریای خزر (۱۹۷۸-۱۹۹۵) سطح آبگیر خلیج گرگان گسترش زیادی داشته است (خوشروان و همکاران، ۲۰۱۹). این موضوع نمایانگر تبعیت کامل این آبگیر از رژیم هیدرولوژیکی دریای خزر است. نتایج مطالعات شبیه سازی نشان داده است که در صورت ادامه روند کاهش سطح تراز آب دریای خزر تحت سناریوی کاهش سطح تراز آب دریای خزر به میزان ۵ سانتی متر در سال، خلیج گرگان تا سال ۲۰۲۴ میلادی به سمت خشک شدن کامل پیش می‌رود (شربت‌ی و قائم‌ر، ۲۰۱۵). در صورت وقوع این رویداد طبیعی، محیط زیست یکی از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های بیوسفر کره زمین دچار چالش خواهد شد و تمامی تنوعات زیستی آبی آن از بین خواهد رفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با کاهش سطح تراز آب دریای خزر طی دوره زمانی (۲۰۱۹-۱۹۹۵) میلادی، بخش وسیعی از آبگیر خلیج گرگان خشک شده و زیستگاه‌های جدیدی مانند پهنه‌های گلی، مارش شور و لب شور و پیت‌زارها ظاهر شده است. در حقیقت تحت تأثیر فرایند پسروی آب خلیج گرگان، جابجایی و تغییر بوم سازگان‌های آبی به خشکی اتفاق افتاده است (خوشروان و

موجب تغییر وسعت پوشش زمین و زیستگاه‌های مهم مناطق ساحلی خلیج گرگان گردید. طی دوره زمانی مزبور از وسعت زیستگاه خاکریز ساحلی به میزان ۵۲ کیلومترمربع کاسته شد (جدول ۱). سطح زیستگاه مارش لب شور و شور به ترتیب به مقدار ۸۷ و ۶۰ کیلومترمربع افزایش یافت (جدول ۱). در این دوره زمانی پهنه‌های گلی با وسعت ۶۲ کیلومترمربع در اثر فرایند خشک زایی خلیج گرگان و تالاب میانکاله پدیدار شدند (جدول ۱) و به وسعت پیت زارها به میزان ۶۰ کیلومترمربع افزوده شد (جدول ۱). مساحت پوشش جنگلی مستقر در شبه جزیره میانکاله طی دوره زمانی یاد شده به میزان ۴۲ کیلومترمربع کاهش یافت و بالاخره سطح آبگیر خلیج گرگان و تالاب میانکاله دچار کاهش ۳۲ درصدی در حدود ۱۷۶ کیلومترمربع گردید (جدول ۱).

#### ۴- بحث

همانطور که نتایج مطالعات سنجش از دور نشان داد خلیج گرگان و تالاب میانکاله ناحیه‌ای بسیار حساس و آسیب پذیر در مقابل نوسانات سطح تراز آب دریای خزر می‌باشد و این منطقه حساس محیط زیستی در زمان اترپوسن (۲۰۱۹-۱۹۴۵) تحت تأثیر رژیم نوسانات دریای

نسبت به فرایند پسروری تدریجی آب خلیج آسیب پذیر بوده است. رفتار مشابه خشک زایی ناحیه منتهی الیه شرقی در حد فاصل پاسگاه محیط بانی میانکاله در بخش شرقی زاغمرز تا حوالی جزیره اسماعیل سای و بخش ساحلی مشرف به کانال های ارتباطی خوزینی، آشوراده و چققلی در فاز پسروری دریای خزر طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۵ گویای آسیب پذیری محیط زیستی بسیار زیاد این مناطق در مقابل کاهش سطح تراز آب دریای خزر می باشد (نگاره ۳). در حقیقت حجم بالای رسوبگذاری مواد ماسه ای دریای خزر در ناحیه کانال های ارتباطی همراه با کاهش میزان تبادل آبی سبب برآمدگی های رسوبی وسیعی در این منطقه از خلیج گرگان شده است. نتایج نشان داده است زیستگاه خاکریز ساحلی که محل استقرار پوشش گیاهی پساموفیت می باشد (سعیدی و همکاران، ۲۰۰۴). در خلیج گرگان از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی با کاهش سطح تراز آب دریای خزر دچار کاهش سطحی به میزان ۵۲ کیلومتر مربع شده است و رشد منفی به میزان ۶ درصد داشته است (جدول ۱).

این فرایند نمایانگر توسعه پوشش گیاهی پساموفیت بر روی خاکریز ماسه ای است و در حقیقت در اثر تبدیل پوشش زمین بستر مناسب برای ایجاد این زیستگاه مهم خشک زی طی دوره زمانی مورد مطالعه فراهم شده است. زیستگاه مارش لب شور که محل توسعه کمربند سبز گیاه در خلیج گرگان است (خوشروان و تقی نژاد، ۲۰۱۸)، در سال ۱۹۹۵ وسعتی معادل ۳۹ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۱۹ سطح آن به ۱۲۶ کیلومتر مربع رسیده است (جدول ۱). مقایسه کمی تغییر میزان مساحت زیستگاه مارش لب شور نشان می دهد که از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹، وسعت این زیستگاه ساحلی با کاهش آب خلیج گرگان به میزان ۸۷ کیلومتر مربع یعنی معادل ۱۰ درصد افزایش داشته است و شرایط برای توسعه کمربند سبز گیاه جانکوس در حاشیه خطوط ساحلی خلیج گرگان فراهم شده است (جدول ۱). مقایسه کمی تغییر میزان سطح زیستگاه پیت زار نشان می دهد که از سال

همکاران، ۲۰۱۹). در زمان افزایش سطح تراز آب دریای خزر (۱۹۹۵-۱۹۷۸) میلادی، محیط تالابی در حاشیه شمالی و بخش منتهی الیه غربی خلیج گرگان تثبیت گشته است (خوشروان و همکاران، ۲۰۱۹) و ظرفیت تبادل آب بین دریای خزر و خلیج گرگان از طریق کانال های ارتباطی توسعه یافته و در زمان کاهش سطح تراز آب دریای خزر (۲۰۱۹-۱۹۹۵) میلادی، بخش وسیعی از کانال های ارتباطی خشک شده است (خوشروان و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین نوسانات سطح تراز آب دریای خزر در فازهای پیشروی و پسروری توانایی تغییر محیط زیست پویای منطقه را دارد و تنها در شرایط تراز ارتفاعی مناسب معیارهای محیط زیستی خلیج گرگان در بوم سازگان های خشکی و آبی حفاظت خواهد شد. با توجه به دامنه تغییرات سطح تراز آب دریای خزر از کد ارتفاعی (۲۶- متر تا ۲۹- متر) طی دوره انتروپوسن (۲۰۱۹-۱۹۴۵) مناسب ترین سطح تراز آب دریای خزر برای پویایی و عملکرد صحیح تالاب های ساحلی مستقر در خلیج گرگان، تراز ارتفاعی ۲۶- تا ۲۷- متر نسبت به دریای بالتیک می باشد. در این سطح تراز بوم سازگان های خشکی و آبی در شرایط متعادل به سر خواهند برد و در صورت تغییر این آستانه ارتفاعی آشفستگی و تخریب های محیط زیستی به وقوع خواهد پیوست. سطح آبگیر خلیج گرگان در سال ۲۰۱۹ میلادی معادل ۳۹۴ کیلومتر مربع وسعت داشته و ۴۵ درصد پوشش زمین را به خود اختصاص می دهد. طی دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی سطح تراز آب دریای خزر حدود ۱۵۰ سانتی متر کاهش یافت. یعنی طی مدت ۲۴ سال ۱/۵ متر سطح تراز آب دریای خزر افت کرد. بنابراین سرعت متوسط سالانه کاهش سطح تراز آب دریای خزر معادل ۶/۲۵ سانتی متر در سال بوده است. نتایج نشان می دهد که با کاهش سالانه ۶/۲۵ سانتی متر سطح تراز آب دریای خزر، ۸۳/۰ درصد سطح آبگیر خلیج گرگان کاهش یافته است. آنالیز نقشه های عمق سنجی خلیج گرگان نمایانگر شیب ملایم تغییرات عمق نسبی بستر در راستای شرق به غرب می باشد (نگاره ۳). بستر خلیج گرگان در دو ناحیه



**فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (پژ)**  
تغییرات مکانی و زمانی زیستگاه‌های ساحلی خلیج گرگان ... / ۱۳۵

پیت زارها افزوده شده است. این موضوع به خوبی جایگزینی بوم سازگان‌های خشک زی و نیمه آبی را در قلمرو بوم سازگان‌های آبی تأیید می‌نماید. بنابراین از مجموع نتایج چنین استنتاج می‌شود که محیط زیست خلیج گرگان و تالاب میانکاله ارتباط مستقیم با نوسانات سطح تراز آب دریای خزر دارد و تداوم بقاء در این ذخیره‌گاه زیستی وابسته به تبادل آبی پایدار بین دریای خزر و خلیج گرگان از طریق کانال‌های ارتباطی موجود می‌باشد. سرعت بسیار بالای فازهای نوسانی دریای خزر، همراه با رسوبگذاری فعال در این منطقه در زمان کاهش سطح تراز آب دریای خزر عامل بسیار مهم برای از بین رفتن زیستگاه‌های آبی و جایگزینی بوم سازگان‌های خشکی است. این فرایند در طی انتروپوسن دوبار برای خلیج گرگان و تالاب میانکاله در دوره‌های زمانی ۱۹۷۸-۱۹۴۵ و ۲۰۱۹-۱۹۹۵ اتفاق افتاد و بخش وسیعی از آبگیر خلیج گرگان خشک شد و در اثر این اتفاق زیستگاه‌های جدیدی مانند پهنه‌های گلی و مارش شور بخش وسیعی از منطقه را در بر گرفت و به وسعت مارش لب شور حاشیه تالاب‌ها افزوده شد (جدول ۱).

کاهش وسعت زیستگاه خاکریز ساحلی و پوشش گیاهی جنگلی در سواحل خلیج گرگان طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۵ میلادی نشانه خوبی برای تأثیرپذیری محیط زیست خلیج گرگان از نوسانات سطح تراز آب دریای خزر و عوامل انسانی می‌باشد.

**۵- نتیجه‌گیری**

نتایج به خوبی نشان داد که محیط زیست خلیج گرگان و تالاب میانکاله تحت تأثیر نوسانات سطح تراز آب دریای خزر قرار دارد و با افت سطح تراز آب دریای خزر، بخش وسیعی از تالاب میانکاله و خلیج گرگان خشک شده است و بوم سازگان‌های خشکی در پیرامون خلیج گرگان رشد و توسعه یافته است.

کاهش ۳۲ درصدی وسعت خلیج گرگان تحت تأثیر افت ۱۵۰ سانتی متری سطح تراز آب دریای خزر در دوره

۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹، به مقدار ۶۰ کیلومترمربع معادل ۷ درصد افزایش داشته است، پیت‌زارها دارای خاک‌های غنی از مواد آلی است و محل مناسبی برای تجمع باکتری‌های تجزیه کننده هوازی می‌باشد، در نهایت با ادامه روند خشک‌زایی و کاهش رطوبت خاک، شرایط برای توسعه گیاهان سالت مارش در این زیستگاه ایجاد خواهد شد (جدول ۱). مقایسه کمی تغییر میزان پهنه‌های گلی نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ میلادی، به مقدار ۶۲ کیلومترمربع معادل ۷ درصد افزایش داشته است، افزایش پهنه‌های گلی شرایط را برای ایجاد کانون بروز ریزگردها در مواقع وزش بادهای تند در پیرامون خلیج گرگان فراهم می‌کند (جدول ۱). زیستگاه مارش شور که محل توسعه گیاه سالیکورنیا در خلیج گرگان است (خوشروان و همکاران، ۲۰۱۹)، در تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۹۹۵ قابل شناسایی نبوده اما در سال ۲۰۱۹ به میزان ۶۰ کیلومترمربع وسعت داشته است (جدول ۱). میزان سطح زیستگاه مارش شور در سال ۲۰۱۹ به مقدار ۷ درصد از پوشش عوارض زمین را در منطقه خلیج گرگان در بر داشته است. نرخ درصد تغییرات مساحت مارش شور ۲۰۱۹-۱۹۹۵ معادل ۷ درصد بوده است. مقایسه کمی تغییر میزان سطح پوشش گیاهی جنگلی در شبه جزیره میانکاله نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹، به میزان ۴۲ کیلومترمربع معادل ۵ درصد کاهش داشته است (جدول ۱). در زمان افت سطح تراز آب دریای خزر در دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۵ مساحت زیستگاه خاکریز ساحلی کاهش داشت (جدول ۱) و شرایط را برای گسترش بیشتر قلمرو پهنه‌های گلی فراهم نمود. وسعت مارش شور در حاشیه خلیج گرگان با افت سطح تراز آب دریای خزر در دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۵ افزایش یافت و وسعت پوشش گیاهی جنگلی در شبه جزیره میانکاله در دوره زمانی مورد مطالعه کاهش یافته است (جدول ۱). نتایج نشان می‌دهد که مساحت زیستگاه‌های تالابی، پوشش گیاهی جنگلی و خاکریز ماسه‌ای با افت سطح تراز آب دریای خزر دچار کاهش شده است در عوض به وسعت زیستگاه‌های مارش لب شور، شور، پهنه‌های گلی و

4. Afshin, A 2004, Iranian Rivers report, Ministry of energy, Jamab company, internal report, Vol. 2, 251 Pages (In Persian).
5. Alesheikh, A., A., Ghorbanali, A., Nouri, N., 2007, Coastline change detection using remote sensing, Int. J. environment. Sci. Tech. 4 (1) 61-66
6. Amini, A., 2012, Holocene sedimentation rate in Gorgan Bay and adjacent coasts in southeast of Caspian Sea, Journal of basic and applied scientific research, 2(1)289-297
7. Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. & Silliman, B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services, Ecological Monographs, 81(2), 169-193.
8. Cahoon, D. (2007). Factors affecting coastal wetland loss and restoration. Synthesis of U.S. Geological Survey science for the Chesapeake Bay ecosystem and implications for environmental management. S. W. Phillips, editor. Department of the Interior, US Geological Survey, Laurel, MD, USA, 50-53.
9. Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M.A., Milne, G.A., Nerem, R.S., Nunn, P.D., Payne, A.J., Pfeffer, W.T., Stammer D. and Unnikrishnan, A.S. (2013). Sea Level Change Supplementary Material. In: Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Available from [www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org) and [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
10. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, Sh., V. O'Neill, R., Paruelo, J., G. Raskin, R., Sutton, P. and van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387, 253-260.
11. Dame, R.F. and Gardner, L.R. (1993). Nutrient processing and the development of tidal creek ecosystems.

زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۵ میلادی سبب کاهش حجم تبادلات آبی بین کانال‌های ارتباطی در بخش منتهی الیه شمال شرقی خلیج گرگان شده است و باطلاقی‌های نمکی با وسعت زیاد جایگزین محیط تالابی کم عمق و پیت‌زارها شده‌اند. متأسفانه با ادامه روند خشک شدن خلیج گرگان طی سال‌های آتی، تنوعات زیستی وسیعی همراه با زیستگاه‌های مهم از بین خواهد رفت و خدمات بوم سازگان تالابی دچار چالش جدی خواهد شد. در حال حاضر شکل‌گیری و توسعه پهنه‌های گلی و پیت‌زارها زمینه مناسبی را برای ایجاد کانون ریزگردها فراهم کرده‌اند. توجه به برنامه‌های کلان نجات خلیج گرگان و ایمن‌سازی آبراهه‌های انتقال آب دریای خزر برای تبادل آبی مناسب بین خلیج گرگان و دریای خزر توصیه می‌شود.

## ۶- تقدیر و تشکر

این مقاله علمی با پشتیبانی مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری در راستای انجام طرح پژوهشی «اثر نوسانات سطح تراز آب دریای خزر بر محیط زیست مناطق ساحلی» تهیه شده است.

## منابع و مأخذ

۱. خوشروان، ه.، وفایی، ب. (۱۳۹۵). نوسانات سطح تراز آب دریای خزر (گذشته، حال، آینده)، هجدهمین کنفرانس بین‌المللی صنایع دریایی، جزیره کیش.
۲. سازمان بنادر و دریانوردی (۱۳۹۳). گزارش مطالعه هیدرودینامیک خلیج گرگان، مهندسی مشاور شرکت طرح پویا پارس، ۲۴۰ صفحه.
3. Aarón M. Santana-Corderoa, María L. Monteiro-Quintanab, Luis Hernández-Calvento Reconstruction of the land uses that led to the termination of an arid coastal dune system: The case of the Guanarteme dune system (Canary Islands, Spain), 1834-2012, Land Use Policy 55 (2016) 73-85

level fluctuations (past, recent and future), the 18th international marine industries conference, Kish Island, Persian Gulf, Iran (In Persian).

21. Khoshnavan, H. Naqinejad, A. 2018. International conference of Environmental consequence of Caspian rapid sea level changing in Gorgan Bay, understanding the problems of inland waters: case study for the Caspian basin (UPCB) 12-14 May 2018 Baku, Azerbaijan, pp: 314- 317

22. Khoshnavan, H, Naqinezhad, A , Alinejad-Tabrizi, T, Yanina, T. 2019, Gorgan Bay environmental consequences due to the Caspian Sea rapid water level change, *Caspian J. Environ. Sci.* Vol. 17 No. 3 pp. 213~226, DOI: 10.22124 / CJES.2019.3664

23. Kostianoy, A. G. & Kosarev, A. N. (2014). The Caspian Sea Environment, 278, 18- 48, Geographic Department, Lomonosov Moscow State University, Vorobievsky Gory, 119992 Moscow, Russia.

24. Kroonenberg, SB, Badyukova, EN, Storms, JEA, Ignatov, EI & Kasimov, NS 2000, a full sea level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores, *Sedimentary Geology*, 134, pp. 257-274.

25. Lahijani, H, Haeri Ardakani, O, Sharifi, A, Naderi Beni, A 2010, Sedimentological and geochemical characteristics of Gorgan Bay sediments, the journal of oceanography, No. 1, pp. 45- 55 (In Persian).

26. Moore, L.J., (2000). Shoreline mapping techniques. *J. Coast. Res.*, 16 (1), 111-124.

27. Naderi Beni, A. (2013). Caspian Sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the south Caspian Sea, *Clim. Past*, 9, 1645-1665.

28. Nazarali, M, Jandaghi Alaei, M & Pattiaratchi, Ch 2014, Estimation of atmospheric pressure anomaly using Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). 11th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, Tehran, Iran, 103-107 (In Persian).

29. Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M. and Marchand, M. (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to

*Marine Chemistry*, 43, 175-183.

12. Davidson, N.C., Fluet- Chouinard, E. & Finlayson, C.M. (2018). Global extent and distribution of wetlands: trends and issues. *Marine and Freshwater Research*, doi.org/10.1071/MF17019.

13. Feng, S., Hu, Q., Huang, W., HoiHo, Ch., Li, R. and Tange, Zh. (2014). Projected climate regime shift under future global warming from multi- model and multi scenario CMIP5 simulation, *Global and planetary change*, Vol. 112, 41- 52.

14. Hoogendoorn, R. M., Boels., J. F., Kroonenberg, S. B., Simmons, M. D., Aliyeva, E., Babazadeh, A. D. & Huseynov, D. (2005), Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian Sea-level changes, *Marine Geology*, 222-223, 359-380.

15. Kakroodi, A. A., S. B. Kroonenberg, R. M. Hoogendoorn, H. Mohammadi Khani, M. Yamani, M. R. Ghassemi & H. A. K. Lahijani, 2012b, Rapid Holocene sea level changes along the Iranian Caspian coast. *Quaternary International*, 263: 93-103

16. Kaplan, D., Munoz-Carpena, R., Wan, Y., Hedgepeth, M., Zheng, F., Roberts, R. and Rossmanith. R. (2010). Linking river, floodplain, and vadose zone hydrology to improve restoration of a coastal river affected by saltwater intrusion. *Journal of Environmental Quality*, 39, 1570-1584.

17. Kaplin, P.A. & Selivanov, A.O. (1995). Recent coastal evolution of the Caspian Sea as a natural model for coastal response to the possible acceleration of global sea-level rise. *Marine Geology*, 124, 161-175.

18. Kazama, P., S. and Sawamoto, M. 2006. Effects of climate and land use changes on groundwater resources in coastal aquifers. *Journal of Environmental Management* 80: 25-35.

19. Khoshnavan and Jabbari, 2015, Reconstructing the past fluctuations of Urmia Lake, *International Journal of Marine Science*, Vol.5, No.31 1-6 (doi: 10.5376/ijms.2015.05.0031)

20. Khoshnavan, H. and Vafai, B., 2016, Caspian Sea

- 22nd. Asian Conference on Remote Sensing, Singapore. Available on: <http://www.crisp.nus.edu.sg/~acrs2001>.
- global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9, 69–87.
30. Port and maritime organization (PMO), 2014, Hydrodynamic study on Gorgan Bay, 240 pages (In Persian).
31. Ramsar Convention Secretariat. (2018). Global wetland outlook state of the world wetlands and their services to people. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat
32. Rojas, C., Pino, J., Basnou, C., Vivanco, M., 2013, Assessing land-use and -cover changes in relation to geographic factors and urban planning in the metropolitan area of Concepción (Chile). Implications for biodiversity conservation, *Applied Geography* 39 93-103
33. Saeidi, Sh, Naghinejad, AR & Kazemi-Gorji, Z 2014, Investigation of vegetation changes and diversity of habitats of coastal of Miankaleh biosphere using ecological transects. *Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources)*, 68: 67-82
34. Saunders, M., Leon, J., Phinn, S. R., Callaghan, D., O'Brien, K. R., Roelfsema, C. M., Lovelock, C. E., Lyons, M. and Mumby, P. J. (2013). Coastal retreat and improved water quality mitigate losses of seagrass from sea level rise, *Global Change Biology*, 19, 2569–2583.
35. Sharbati, S & Ghanghermeh, A 2015, the forecasting of Impacts of the Caspian Sea level decreasing on Gorgan Bay, the *Journal of science and technology of environment*, No. 4, pp. 33-45 (In Persian).
36. Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K.E., Bandeira, S., ..., Waycott, M. & Zieman, J.C. (2011). Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation*, 144(7), 1961-1971.
37. Slangen ABA, Katsman CA, Van deWal R, Vermeersen L, Riva R. 2012. Towards regional projections of twenty-first century sea-level change based on IPCC SRES scenarios. *Climate Dynamics* 38:1191–1209 DOI 10.1007/s00382-011-1057-6.
38. Winarso, G., Budhiman, S., (2001). The potential application of remote sensing data for coastal study, *Proc.*