تعیین تغییرات دینامیک خط ساحل بخش شرقی دریای خزر به کمک داده‌های چند زمانه/ چند سنجده‌ای

محمد شریفی‌کیا[1*]، سیاوش شایان [2]، مایسا ولی [3]

۱. دانشیار گروه سنجش از دور و GIS ، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

دریافت: ۹۴/۱۱/۲۵ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۸

چکیده

دینامیک و تحول‌پذیری سواحل هر چند پدیده شناخته شده‌ای است، اما فرکانس و شدت این تغییر و تحول در زمان الگوهای متفاوتی را معرفی می‌کند که فرایندهای مختلفی را پیامد دارد. این تحول‌پذیری برای سواحل واجد پسکرانه حساس مانند سواحل جنوبی دریای خزر پدیدآورنده پیامدهای خاص در ابعاد انسانی- اقتصادی و زیست محیطی است که درک و شناخت آن می‌تواند ابزاری کارآمد برای مدیریت مسأله فراهم آورد. انباشتگی جمعیت و پرارزش بودن کارکردهای اقتصادی و زیست محیطی در عرصه‌های خشکی و کرانه آبی ساحل در جنوب دریایی خزر و به خصوص بخش شرقی حساسیت و شکنندگی ویژه‌ای نسبت به مسأله تغییرات تراز آبی و تغییر خط ساحل فراهم می‌آورد. این تحقیق با درک این حساسیت مسأله تعیین تغییرات تراز آبی و خط ساحلی را در نیم قرن گذشته هدف داشته است. بدین منظور سری داده‌های چند سنجنده‌ای و چندزمانه‌ای سنجش از دوری برای تعیین و استخراج تغییرات خط ساحل ناشی از تغییر در تراز آبی تهیه و پس از انجام مراحل تصحیح و هم مرجع‌سازی، خطوط ساحلی در مقاطع مختلف زمانی استخراج و تحلیل شد. بررسی و مقایسه نقشه‌های برداری خروجی مؤید تغییرپذیری پرفرکانس تراز آبی و به طبع آن تغییر مکانی خط ساحل در بازه‌های زمانی کوتاه است. به طوری که هر چند تراز آبی یک دوره ۳۰ ساله به نسبت ثابت و یا با تغییرپذیری حداقلی از سال ۱۹۵۵ تا ۱۹۸۵ را در برداشته، اما از این سال تا اوایل دهه ۹۰ رشد شتابندی در افزایش تراز آبی و مالا تغییر خط ساحلی مشاهده شده، به طوری که پشروی آب دریا و تهدید مستحدثات ساحلی بزرگ‌ترین بحران محیطی و مالا اقتصادی را برای این نواحی فراهم آورده است. مبتنی‌بر یافته‌های تحقیق از سال‌های آغازین قرن جاری میلادی (۲۰۰۱) تراز آبی روند کاهشی برخوردار بوده که تا سال ۲۰۱۱ این روند با شیب ملایم امتداد داشته و با روندی کند و بطئی عرصه‌های تصرف شده خشکی در دهه گذشته را آزاد کرده است. تحقیق

* نویسنده مسئول: sharifikia@modares.ac.ir

روشن ساخت که از سال ۲۰۱۱ روند کاهش تراز آبی و پسروی کرانه ساحلی در اراضی کم عمق خلیج گرگان و سواحل گمیشان سرعت یافته و در نیمه دوم سال ۲۰۱۴ با کاهش بیش از ۸۰ سانتی‌متری به حداکثر می‌رسد. با حدوث این مسأله خط ساحلی به روشنی جابه‌جای شده و بخش‌های زیادی از عرصه آبی به خشکی تبدیل می‌شود. محاسبات حاصل از یافته تحقیق مؤید پرحجم بودن تغییرات در بخش غربی خلیج گرگان و نوار شمالی- جنوبی سواحل شرقی است. به طوری که بخش قابل ملاحظه‌ای از مساحت آبی خلیج گرگان به عرصه‌های خشکی و یا سطوح مردابی تبدیل کرده است.

واژگان کلیدی: دینامیک، تغییرات خط ساحل، تراز آبی، خزر، خلیج گرگان.

۱- مقدمه

سواحل یکی از پویاترین محیط‌های کره زمین است که در آن فرآیندهای خشکی و دریایی با هم در تلاقی هستند. سواحل با توجه به ماهیت دینامیک[1] فعال از توان تغییرپذیری بالایی برخوردارند. این مناطق همواره از دو سو مورد تهاجم قرار دارند، از فرآیندهای محیط خشکی شامل جریان رودخانه‌ای و دینامیک باد و از سوی دیگر حرکات آب دریا شامل امواج و جریان‌های ساحل، جریانات دریایی و جزر و مد این مناطق را تغییر می‌دهند (بعد از: نوحه‌گر و حسین‌زاده، ۱۳۹۰). دریای خزر به عنوان یک حوضه بسته آبی هر چند مصعون از برخی فعالیت‌های دینامیکی از جمله جریانات جذر و مدی است. برخی از حالت دینامیکی آن از جمله نوسان آبی و تغییرات نسبتاً شدید تراز ایستایی آب، مجرد از شرایط آب‌های آزاد منشا تحولات و ایجاد دینامیک خاص شده است. پژوهشی‌های دیرینه‌شناسی مؤید افت خیر تراز آبی این دریا در قالب ارقام چند ده متری است. بر پایه این بررسی‌های تراز آبی خرز در پلیستوسن حدود ۵۰ افزایش و در هلوسن قریب به همین میزان کاهش داشته است (ممی‌داو[2]، ۱۹۹۷؛ دولوخانو[3] و همکاران ۲۰۱۰). در قرن بیستم نیز حداکثر تغییرات در تراز آبی این دریا حدود ۳ متر ثبت شده به طوری که تراز آبی از دهه ۲۰ به دهه ۸۰ میلادی با افت حدود ۳ متری و در دهه ۹۰ با افزایش ۲/۷ متری مواجه شده است (کرونین بیرگ[4] و همکاران، ۲۰۰۰). مستند به پژوهش‌های مقدم این افت و خیر ادواری در تراز آبی تغییرات خط و نوار ساحلی و ایجاد خسارت‌های شدید به سازه‌های ساحلی به خصوص در کرانه‌ها را همراه داشته است (شریفی‌کیا، ۱۳۷۶؛ مشیری، ۱۳۸۹؛ عبدالهی،

---

1 Dynamic
[2] Mamedov
[3] Dolukhanov
[4] Kroonenberg

۱۳۹۲؛ خوشروان و بنی‌هاشمی، ۱۳۹۱؛ یگانه بختیاری و محمدیان، ۱۳۸۶؛ ترن هایل، ۲۰۰۹). هرچند همسایه شمالی این دریاچه مطالعات پر دامنه و نسبتاً با قدمتی را در ارتباط با تغییرات تراز آبی به عمل آورده است، ولی سابقه این تحقیقات در سمت جنوب عمدتاً به دو تا سه دهه گذشته محدود می‌شود. افزایش تهدیدآمیز تراز آبی در سال‌های آغازین دهه ۶۰ و تکرار پر خسارت آن در دهه ۷۰ بسیاری محققین را بر موضوع مطالعه نوسانات تراز آبی این دریا و استخراج و تحلیل خسارت و تهدیدات آتی آن متمرکز نمود (سری‌نی‌واس و دینش کومار، ۲۰۰۶؛ کاکرودی و همکاران، ۲۰۱۳؛ لروی و همکاران، ۲۰۱۳). برخی از این مطالعات بر محور تبیین تغییرات مورفولوژیکی خط ساحل و اثر این نوسان و تغییر در تراز آبی در حذف و ایجاد لندفرم‌های ساحلی به همراه تحلیل و تعیین خسارات اقتصادی ناشی از این تغییرات مورفولوژیکی بوده است (شایان و همکاران، ۱۳۹۲؛ جعفر بیگلو، ۱۳۹۱؛ شایان و همکاران، ۱۳۹۱؛ جووست، ۱۹۹۸). شیوه‌های شناسایی دینامیک خط ساحل و استخراج تغییرات آن نیز با تغییر در ابزارهای و روزآمد شدن آن تغییریافته است. بهره‌گیری از تصاویر سنجش از دوری از جمله قدیمی‌ترین ابزارهای مورد استفاده در این زمینه است که با تحول در منبع تولید این داده، تکنیک و روش‌های متفاوتی برای کاربر روی آن درزمینه درک دینامیک و استخراج خط ساحل و تغییرات زمانی آن معرفی شده است (رسولی و همکاران، ۲۰۱۰؛ یمانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ نعیمی نظام‌آباد، ۱۳۸۹). در سال‌های اخیر رشد چشم‌گیر داده‌های سنجش از دوری با تغییر بهینه در دقت‌های مکانی و طیفی در کنار فراهم آمدن دسترسی محققین ایرانی به این داده‌ها قابلیت مناسبی در زمینه به‌کارگیری آن برای این سری مطالعات را به دنبال داشته است (صالحی‌پور میلانی، ۱۳۹۱؛ شتای جویباری و ملک، ۱۳۸۴). علاوه‌بر آن عرضه و به‌کارگیری داده‌های سنجش دور فعال و کارایی مطلوب آن در تعیین دینامیک سطح در سال‌های اخیر تحول چشم‌گیری در فراهم‌سازی انجام این مطالعات را معرفی کرده است (کرون، ۲۰۰۷؛ وایت و اسمار، ۱۹۹۹).

هرچند مطالعات متقدم در زمینه تعیین تغییرات خط ساحلی دریای خزر عمدتاً از داده و تکنیک‌های سنجش از دوری استفاده کرده‌اند، اما به سبب ارائه نسبتاً جدید داده‌ها با دقت مکانی بالا و به خصوص داده‌های سنجش از دور فعال برای محققین داخلی، انجام پژوهش مبتنی‌بر آن واجد سابقه چندانی نیست. مزید بر آن تغییر نسبتاً سریع و کاهنده تراز آبی این دریاچه در سال ۱۳۹۳ زمینه و بستر مناسب برای انجام مطالعات با بهره‌گیری از این داده‌ها را فراهم آورد. این پژوهش با هدف تعیین و اندازه‌گیری تغییرات تراز آبی و تبیین تغییرات و تحولات مورفولوژیکی خط ساحل در بخش شرقی دریای خزر مبتنی‌بر داده‌های سنجش از دوری فعال و غیرفعال به همراه پیمایش‌های میدانی دقیق انجام شده است.

انتخاب سواحل شرقی دریای خزر بر دو محور تغییرپذیری شدید این سواحل از تغییرات تراز آبی به سبب شرایط مورفولوژیکی خاص آن و محیط طبیعی واجد حداقل محدودیت برای به کارگیری تکنیک‌های سنجش از دوری (عدم مداخله مؤثر انسان در سواحل) است. آن‌چه مسلم است ساختار مورفولوژی خط ساحلی در نوار جنوبی دریای خزر یکنواخت نبوده و به سبب تغییر در شیب به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای تغییر شکل سواحل مرفولوژی ساحلی تفاوت ساختاری را بین نواحی میانی و غربی و همچنین این دو بخش با شرق آن عرضه کرده است. سواحل شرقی با شیب بسیار ملایم به دریا ختم می‌شوند؛ بنابراین بیشتر تحت تأثیر عوامل تغییردهنده ساحل قرار دارند در مقابل سواحل میانی و گاهی غربی به دلیل مرفولوژی خاص دارای عمق بیشتری بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل تغییردهنده ساحل قرار می‌گیرند. مبتنی‌بر این ساختار با تغییر تراز آبی دریا و افت ۸۵ سانتی‌متری آن در یک باز زمانی ۸ ماهه سال ۱۳۹۳ تغییرات مورفولوژیکی در سواحل شرقی بسیار محسوس و در موارد تهدیدآمیز بوده است. این پژوهش نیز با هدف محوری استخراج روند تغییرات زمانی تراز آبی در این ساحل و معرفی تغییرات خط ساحل صورت گرفته است.

۲- داده و روش تحقیق

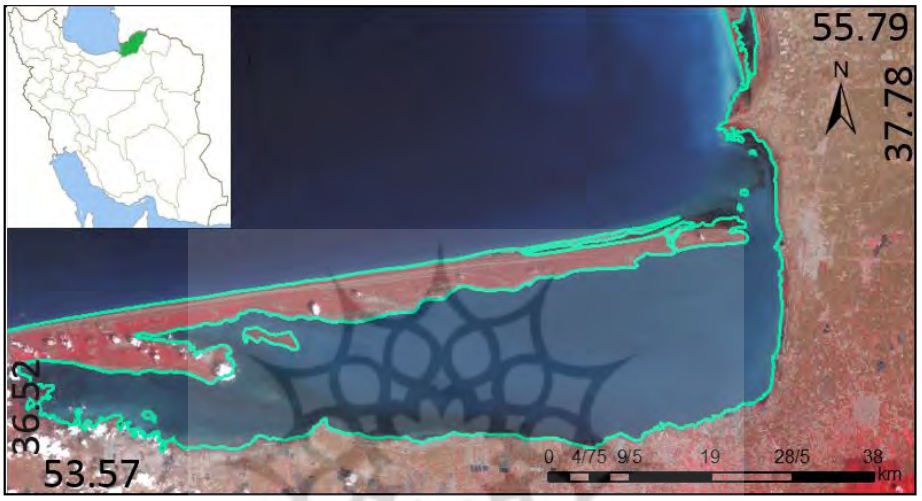
منطقه مورد مطالعه مشتمل بر بخشی از نوار ساحلی دریای خزر در شرق است که در بردارنده قسمت انتهایی زبانه میانکاله و خط ساحلی شمالی- جنوبی مقابل آن در غرب بندر ترکمن وگمیشان است. مهم‌ترین ویژگی این قسمت برخورداری از شیب اندک در خط ساحل، اندک بودن عمق آب و ارتفاع پست سطوح و اراضی ساحلی به خصوص در نوار شمالی میانکاله و ساحل گمیشان است (شکل ۱).

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مشتمل بر داده‌های سنجش از دوری، داده‌های پیمایشی و اسناد و مدارک انتشار یافته است. سری داده چند زمانه سنجش از دوری شامل عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴، تصاویر سنجنده‌های TM و ETM لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۹۱، ۲۰۰۱، ۲۰۱۱، ۲۰۱۴ و تصاویر- سنجنده کارتوست[1] از سکوی ماهواره‌ای P5. IRS متعلق به سال ۲۰۱۰ و همچنین تصاویر سنجنده فعال ماهواره راداری جانسن ۲[2] است. داده‌های پیمایشی نیز دربردارنده داده‌های مشاهده‌ای سازمان ناظر امور دریا در ایران و روسیه

[1] cartosat

[2] Jansoen

به همراه داده‌های مأخذ از اندازه‌گیری میدانی به کمک دستگاه DGPS است. اطلاعات مکتوب در مطالعات متقدم و اسناد آماری انتشاریافته اصلی‌ترین داده‌های اسنادی این تحقیق را شامل می‌شوند.



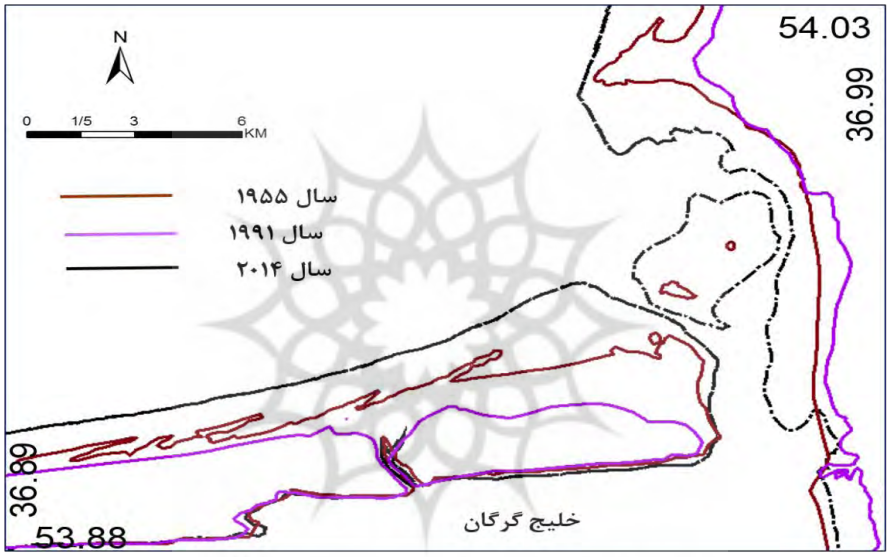
شکل ۱ موقعیت منطقه موردمطالعه

این تحقیق متکی بر روش آزمایشگاهی، پیمایشی و استدلالی است. بدین منظور داده‌های سنجش از دوری در آزمایشگاه و مبتنی‌بر نرم‌افزار و الگوریتم‌های خاص با هدف تعیین و استخراج خط ساحل در مقاطع زمانی مختلف مورد پردازش قرار گرفت. سپس مبتنی‌بر داده‌های اسنادی و پیمایش‌های متقدم و همچنین مشاهدات ماهواره‌ای دهه اخیر ارقام تغییرات تراز آبی تبیین شد. با هدف اعتبارسنجی یافته‌های این مرحله و سنجش میزان تغییرات خط ساحلی و تعیین تغییرات مورفولوژیکی اقدام به پژوهش میدانی در فرم پیمایشی و مشاهده‌ای شد. در انتها به کمک این اطلاعات اقدام به تبیین و تحلیل اثر تغییر تراز آبی در ایجاد تغییر در الگوی مکانی خط ساحلی گردید.

با ملحوظ داشتن این نکته که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی تغییرات خط ساحلی مستلزم استفاده تصاویر واجد هم‌سانی هندسی و رادیو متریک[۱] است، ابتدا تصاویر سنجنده‌های مستقر بر سکوی لندست پس از انجام تصحیحات رادیومتریک به طور دقیق زمین

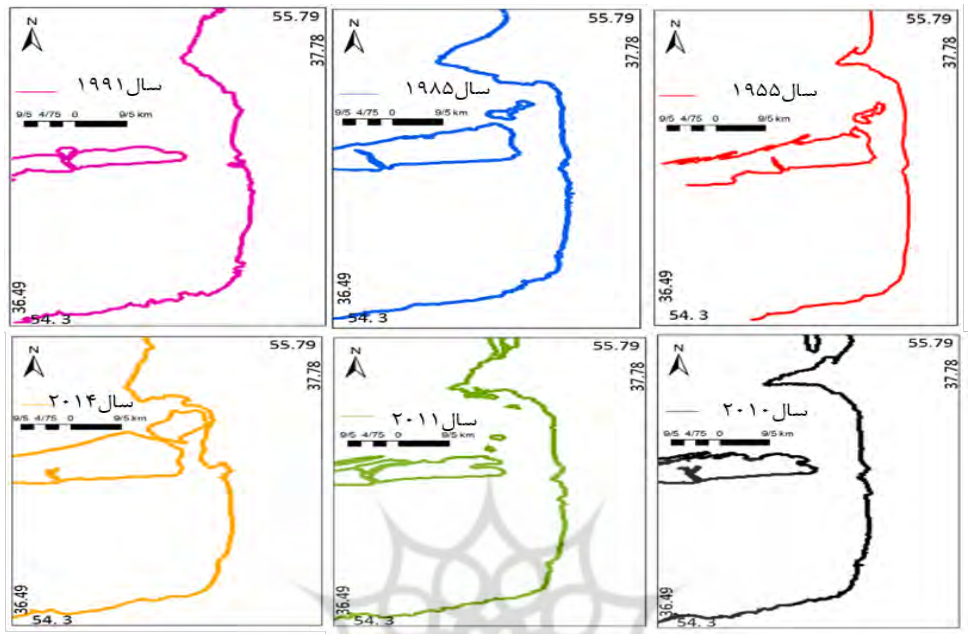
[۱] Radio metric

مرجع شدند. سپس با استفاده از تصویر لندست زمین مرجع شده، تصحیحات هندسی بر تصاویر کارتوست و عکس‌های هوایی اعمال، عکس‌های تصحیح‌شده و در محیط نرم‌افزاری موزاییک گردید. در مرحله بعد با کلاس‌بندی تصاویر جهت تفکیک آب و خاک و همچنین ترکیب باندها جهت ایجاد تصاویر کاذب به استخراج خطوط ساحلی اقدام شد. این خطوط به صورت چشمی از عکس‌های هوایی استخراج شده و درنهایت خطوط ساحلی در هر دوره در منطقه مورد مطالعه استخراج و ترسیم گردید (شکل ۲). به منظور ارزیابی تغییرات ایجاد شده در منطقه اقدام به مقایسه خطوط ساحلی در دوره‌های مطالعاتی شد (شکل‌های ۲و ۳).

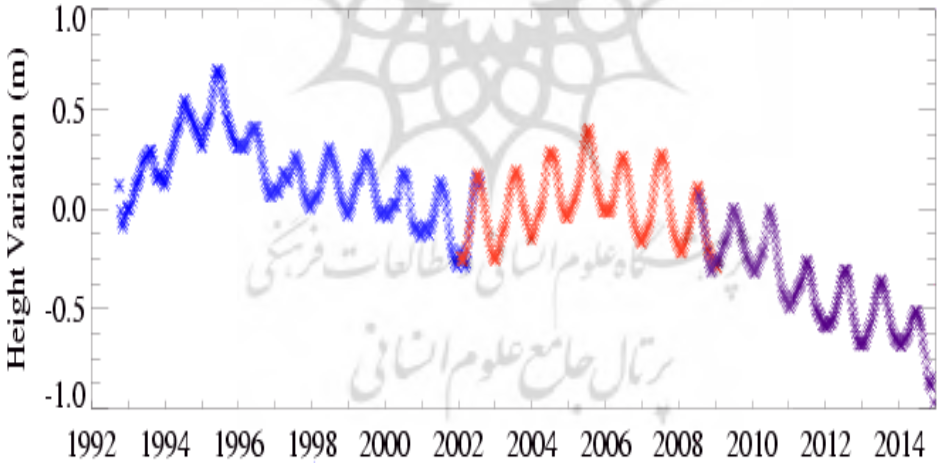


شکل ۲ استخراج خطوط ساحلی در شبه جزیره میانکاله از سه منبع سنجش از دوری (۱۹۵۵ عکس هوایی، ۱۹۹۱ لندست، ۲۰۱۴ کارتوست)

به منظور بررسی تأثیر نوسانات آب دریای خزر در تغییر شکل سواحل منطقه در مرحله نخست داده‌های مربوط به تغییرات تراز آب دریا خزر از ماهواره‌های ارتفاع سنجی راداری شامل TOPEX(۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲) جاسن (۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹) و OSTM (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴) اخذ شد. بررسی‌های این داده‌ها در دو دهه گذشته (۲۰۱۴-۱۹۹۲) روشن ساخت که تراز آبی این دریاچه دارای نوسانات نسبتاً محسوسی بوده که از حدود سال‌های ۱۳۷۴ به بعد روند کاهش داشته است (شکل ۳).



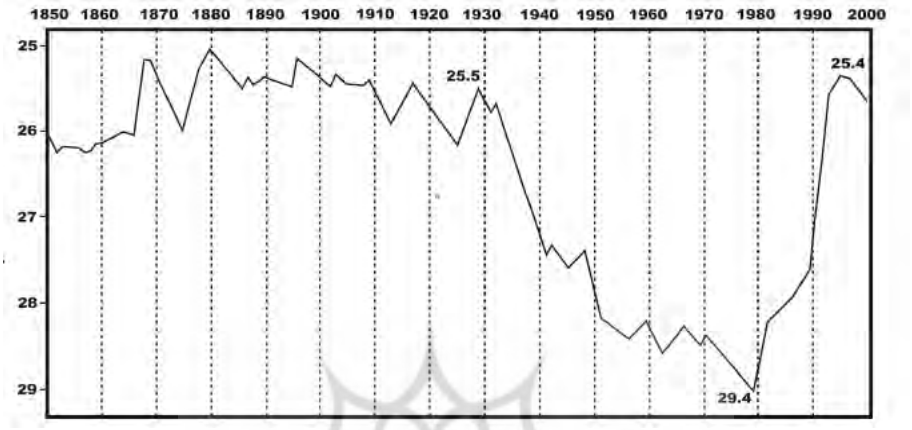
شکل ۳ استخراج تغییرات ادواری خط ساحل در نوار شرقی خزر (۱۹۵۵-۲۰۱۴)



شکل ۳ تغییرات تراز آبی دریای خزر ثبت‌شده به‌وسیله ماهواره‌های ارتفاع سنجی راداری
(اقتباس از ماهواره‌ای ارتفاع‌سنجی راداری TOPEX، جانسن، OSTM)

اسناد انتشاریافته مبتنی‌بر داده‌های ادواری ترازسنجی خزر که عمدتاً از منابع روسی حاصل شده تغییرات تراز آبی و افت خیر آن در سال‌های پیش از دهه ۹۰ میلادی که دسترسی به

داده‌های دقیق ترازیابی ماهواره میسور نبوده، نیز مؤید افت محسوس و پر مقدار تراز آبی در سه دهه انتهایی هزاره پیشین است (سال‌های میانی دهه ۵۰ تا سال‌های میانی دهه ۸۰ میلادی).



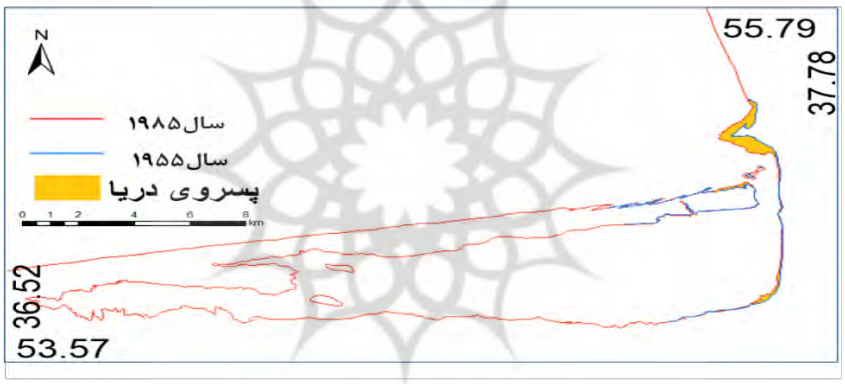
نمودار ۱ تغییرات سطح آب دریای مازندران در طی ۱۵۰ سال گذشته
(اقتباس از شرکت ملی نفت ایران)

۳- استخراج تغییرات خط ساحل

استخراج تغییرات خط ساحل مستند به داده‌های فراهم‌شده سنجش از دوری برای این پژوهش و همچنین ارقام تغییرات تراز آبی در مقاطع زمانی خاص صورت گرفته است. بررسی و مقایسه خطوط ساحلی در طی ۶۰ سال مورد بررسی مؤید حدوث اختلاف فاحش در تراز آبی و مالا جابه‌جایی خط ساحل در سه مقطع خاص است. مطابق شکل ۲ بر پایه تراز و عرصه آبی سال ۱۹۵۵ تراز آبی در اوایل دهه ۹۰ میلادی به حداکثر رسید و عرصه آبی حداکثر پیشروی به سمت خشکی را دارا بوده است. از نیمه دوم دهه ۹۰ کاهش تراز آبی و پسروی ساحل آغاز که با روندی کم افت خیری و با شیب ملایم کاهشی همراه بوده است. از سال‌های اولیه دهه دوم قرن جاری (۲۰۰۱) روند کاهشی سرعت یافته و در سال ۲۰۱۴ به عنوان آخرین سال مطالعه به حداکثر رسیده به طوری که کمترین تراز آبی و بالاترین مقادیر پسروی برای سواحل خزر ثبت می‌شود. بررسی عمیق‌تر و تفضیلی تغییرات مستلزم بررسی ادواری تراز و خطوط ساحلی در قالب ادوار مورد بررسی در این تحقیق است.

۳-۱- دوره اول ۱۳۶۴-۱۳۳۴

بررسی تغییرات خط ساحلی نشان می‌دهد که در این دوره به سبب حاکمیت رژیم کاهشی تراز آبی از منفی ۲۸/۵ متر به حدود منفی ۲۹/۴ متر خط ساحلی نیز جابه‌جا شده و عرصه ساحلی در جنوب شرق خلیج میانکاله به سمت دریا پیشروی داشته است. همچنین در دلتای گرگانرود در غیبت اجباری جریانات دریایی رودخانه فضایی به میزان ۸ کیلومترمربع از عرصه دریا را خارج و تبدیل به خشکی کرده است. هر چند در این مقطع زمانی حداکثر تغییر در تراز آبی به میزان ۹۰ سانتی‌متر در سال ۱۳۶۰ اتفاق افتاده است، اما تغییرات تراز آبی در دو مقطع مورد بررسی چندان زیاد نبوده و بنابراین تغییرات خط ساحل در دو مقطع یادشده عمدتاً ناشی از آورد رسوبات رودخانه گرگان رود و ته‌نشست رسوبات و همچنین مداخلات انسانی در تصاحب اراضی در دریا بوده است (شکل ۴).

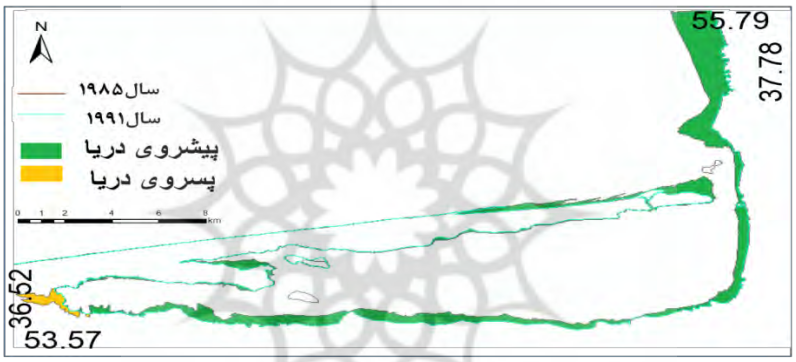


شکل ۴ تغییرات خط ساحلی دوره اول مورد بررسی (سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۵۵)

۳-۲- دوره دوم ۱۳۷۰-۱۳۶۴

در این دور با شروع افزایش سطح آب دریای خزر خط ساحل جابه‌جا شده و با پیشروی دریا قسمت‌های زیادی از اراضی ساحلی زیرآب می‌رود. تراز آبی در این دوره با رشد سریع از منفی ۲۹/۴ به منفی ۲۵ متر در انتهایی سال ۷۰ افزایش می‌یابد. نکته قابل بیان این‌که به دلیل ناهمگونی در ساختار مورفولوژیکی خط ساحلی منطقه مورد مطالعه تغییرات در تمام نقاط خط ساحل یکسان نبوده و درنتیجه تأثیرپذیری سواحل در مقابل نوسانات سطح آب به یک اندازه نبوده است. پژوهش حاضر تأیید می‌کند که ساحل شمال دلتای گرگان رود (تالاب گمیشان) به دلیل شیب اندک و ساختار رسی ساحل واجد دینامیک پویایی بوده و گاهی در کوتاه‌مدت نیز

دچار تغییر و تحول می‌شود. بررسی روشن ساخت که افزایش تراز آبی در این دوره عرصه‌ای به میزان ۴۲ کیلومترمربع از ساحل را از اراضی کم ارتفاع زراعی به عرصه‌های آبی کم‌عمق مبدل کرده است. در این قسمت خط ساحل حداکثر ۳/۵ کیلومتر به سمت خشکی جابه‌جایی داشته است. در همین دوره به سبب مورفولوژی خاص میانکاله تمام بخش مسکون آن زیر آب رفته و عملاً این جزیره را از سکونت تهی شده است. در ساحل جنوب شرقی خلیج گرگان کم‌ترین تغییرات مشاهده شده و عملاً متأثر از شیب نسبی به همراه تمهیدات انسانی به‌کار گرفته شده آب‌گرفتگی صرفاً در طول نوار باریکی از خط ساحل با حداکثر عمق کمتر از ۱ کیلومتر مشاهده شده که مجموع اراضی خشکی تبدیل‌شده به عرصه‌های آبی در این قسمت حدود ۴۷ کیلومترمربع اندازه‌گیری شد (شکل ۵).

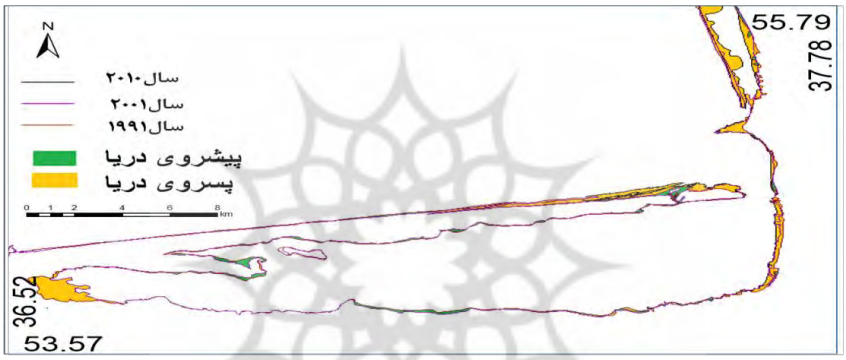


شکل ۵ تغییرات خط ساحلی دوره دوم مورد بررسی (سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۹۱)

۳-۳- دوره سوم ۱۳۷۰-۱۳۸۹

هر چند در ۴ سال اولیه این دوره نوسانی از افزایش و کاهش در تراز آبی مشاهده شده، ولی از نیمه دوم دهه ۹۰ میلادی برای حداقل یک دهه روند کاهنده تراز آبی حاکیمت داشته که ارقام کاهش سالانه آن عموماً کمتر از ۵۰ سانتی‌متر بوده است. در این دوره برای مدتی محدودی در ۴ ساله ۱۳۸۱ تا ۸۵ تراز اندکی روند افرایشی یافته که بیشترین آن حدود ۳۰ سانتی‌متر ثبت شده است. از سال ۸۵ تا ۸۹ روند کاهشی تراز آبی دوباره بازگشته که سرعت آن و مجموع افت تراز در این سال‌ها از ۵۰ سانتی‌متر تجاوز کرد. با عنایت به این‌که در این سال‌ها تراز آبی و به‌تبع آن خط ساحل تغییر و تحولات اندکی داشته، اثرات مورفولوژیکی آن نیز چندان چشم‌گیر نبوده است. اصلی‌ترین تغییر مشهود در این ایام این‌که به موازات خط ساحلی زبانه باریکی از رسوبات

(جزایر سدی) ناشی از فرسایش امواج ساحلی و انتقال رسوبات به وسیله جریانات دریای تشکیل شده است. این زبانه از انتقال رسوبات رودخانه گرگان تأثیر پذیرفته و افت تراز آبی و جابه‌جایی خط ساحل در حدوث آن نقش مهمی داشته است. تشکیل زبانه (جزایر سدی) فضایی به وسعت ۲/۵ کیلومترمربع به عرصه خشکی در راستای ساحل شمال دلتای گرگان رود اضافه کرده است. با کاهش سطح آب دریا در ساحل شمال دلتای گرگان رود سطحی معادل ۱/۷ کیلومترمربع از عرصه دریا خارج و به عرصه خشکی اضافه شده است. کاهش تراز آبی در ساحل جنوب غرب خلیج گرگان نیز اندکی تأثیرگذار بوده در این قسمت عرصه‌ای به وسعت ۹ کیلومترمربع از زیرآب خارج شده و به بخش‌های ساحل افزوده شده است (شکل ۶).

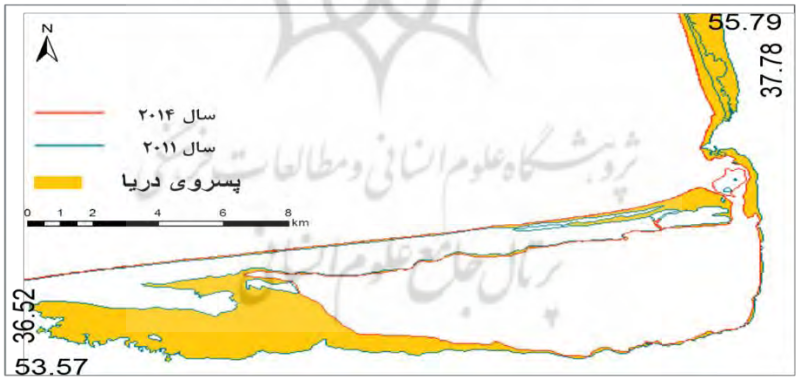


شکل ۶ تغییرات خط ساحلی دوره سوم بررسی (سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۱ و ۲۰۱۰)

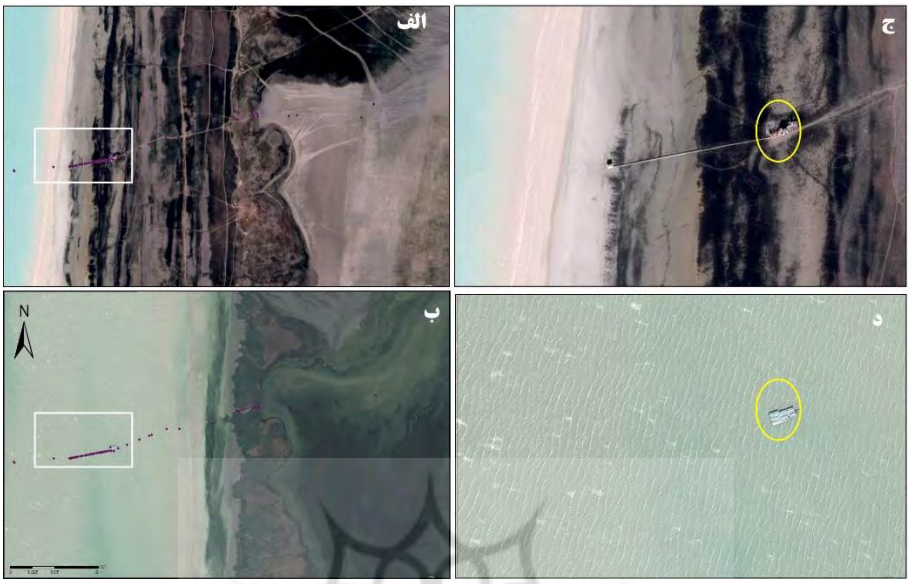
۳-۴- دوره چهارم ۱۳۸۹-۱۳۹۳

این دور با تسریع در روند کاهشی تراز آبی و اوج‌گیری آن در سال ۹۳ تفکیک شده است. در این دوره متأثر از تغییر بسیار محسوس در افزایش سرعت و روند کاهشی تراز آب دریای خزر تحولات فیزیکی، مورفولوژیکی محسوس و چشم‌گیری حادث شده که به لحاظ گستره و سرعت در نیم‌قرن گذشته مصادیق چندانی نداشته است. در این ۳ ساله و به ویژه در ۶ ماهه میانی سال ۱۳۹۳ (خرداد تا آذر) نرخ کاهش تراز آبی سرعت چشم‌گیری یافته و در پایش نهایی رقم آن به حدود ۱ متر (۸۹ سانتی‌متر) رسیده است. این کاهش محسوس آب دریای خزر تغییرات زیادی در خط ساحل برجای گذاشت. در این دوره خط ساحلی در سه قسمت جنوب‌غرب خلیج گرگان، شمال و شرق زبانه آشوراده و همچنین راستای شمالی و جنوبی ساحل شرقی دریا واجد بیشترین تغییرات بوده است. این تغییرات در ساحل جنوب‌غرب خلیج گرگان به دلیل شیب کم منطقه و

ته‌نشست رسوبات انتقال‌یافته ناشی از جریانات داخل خلیج و رودخانه‌های منتهی به خلیج از شدت افزون‌تری برخوردار بوده و اطلاعات مستخرج از تصاویر مؤید افزایش وسعت ساحل و تخلیه عرصه دریایی در سطحی به وسعت ۱۴۶ کیلومترمربع است. تخلیه این عرصه به سبب شرایط خاص مورفولوژیکی نواحی شرقی خلیج گونه‌های ژئومورفولوژیکی خاصی را در عرصه خشکی نمایان ساخت. کاهش سریع تراز آبی در این دوره در محدوده اراضی کم‌عمق بخش شرقی زبانه آشوراده جابه‌جایی محسوسی در خط ساحلی و هم‌زمان تخلیه اراضی آبی را فراهم آورده که در نتیجه آن در مسیر دهانه ارتباطی خلیج با دریای خزر جزیره نسبتاً بزرگی از آب برون‌زد داشته که مساحت آن ۴ کیلومتر است. در خط ساحلی شرق دریا و شمال دلتا گرگان رود به دلیل شیب کم تغییر به نسبت محسوسی در عرصه‌های آبی به خصوص در حوضه تالاب گمیشان حاصل شده است، به طوری که در این سال‌ها خط ساحل به میزان ۲/۷ کیلومتر به سمت دریا جابه‌جایی داشته است و عرصه‌ای معادل ۲۰ کیلومتر مربع از سیطره آب دریا آزاد و به مساحت ساحل اضافه شده است (شکل ۸). در این منطقه کاهش تراز آب دریا بر وسعت دلتای گرگانرود تأثیر گذاشته و وسعتی معادل ۳ کیلومترمربع به مساحت دلتا اضافه شده است، همچنین در ساحل قسمت جنوبی دلتا گرگانرود وسعتی معادل ۶/۴ کیلومترمربع به مساحت خشکی اضافه شده است که این موضوع می‌تواند متأثر از شیب اندک ساحل و ته‌نشست بار رسوبی رودخانه گرگانرود باشد (شکل ۷).



شکل ۷ تغییرات خط ساحلی دوره ششم مورد بررسی (سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۱)



شکل ۸ تصاویر ماهواره از تغییرات عرصه آبی در بخش از ساحل گمیشان: الف- تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۴، ب- تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۱ ج و د) نمای بزرگ از مستطیل سفید در تصاویر الف و ب (موقعیت ایستگاه صیادی شکل ۹-الف) نقاط قرمز موقعیت‌های برداشت شده توسط GPS

۴- نتیجه‌گیری

هر چند در سواحل کم شیب محدوده مورد مطالعه عملکرد مشترک حرکات آب دریا و فرایندهای محیط خشکی در تغییر سواحل تأثیرگذار بوده‌اند و منجر به تشکیل زبانه ساحلی در شمال دلتای گرگان رود شده است، اما در این میان نوسانات آب دریای خزر مهم‌ترین تأثیر را در تغییرات ساحل منطقه ایفا کرده است. نکته قابل توجه در یافته‌های تحقیق این است که به سبب ناهمگونی شرایط مورفولوژیکی ساحل منطقه عمق و وسعت پسروی و پیشروی آب دریا در تمام مناطق ساحلی به یک اندازه نبوده است. مناطق کم شیب ساحلی مانند نواحی ساحلی شمال گرگانرود (تالاب گمیشان) و مناطق کم شیب شرق میانکاله (شبه‌جزیره آشوراده) و بخش غربی خلیج گرگان به سبب عمق اندک و فقدان مستحدثات ساحلی بیشتر تحت تأثیر نوسانات آب دریا قرارگرفته است (شکل ۹). مطابق با ارقام جدول ۱ حداکثر پسروی افقی آب دریا به میزان ۲۹ کیلومتر در سال ۹۳ در منتهاالیه غربی خلیج گرگان مشاهده شده که عمق اندک اراضی در کنار

مداخلات انسانی و تمایل بهره‌وران زراعی و تا حدودی مدد آن‌ها به امر خشکیدن این اراضی در حدوث آن نقش‌آفرین بوده است (شکل‌های ۹، ۱۰). سواحل جنوبی و شمالی خلیج گرگان به دلیل عمق به نسبت زیاد آب و ایجاد برخی ابنیه ساحلی کمتر متأثر از تغییرات تراز آب دریا طی دوره‌های مطالعاتی شده است. یافته‌های تحقیق نشان داد که در برخی مقاطع با وجود کاهش تراز آبی به نسبت مقطع قبلی طول خطوط ساحلی افزایش داشته که این امر ناشی از ظهور جزایر ماسه‌ای در نواحی مجاور ساحل است (جدول ۱) است. همچنین تحقیق روشن ساخت که با کاهش آب دریا قسمت‌های زیادی از عرصه‌های آبی خشکیده و زمین‌های ساحلی جدیدی به وجود آورده که در برخی قسمت‌های مانند تالاب گمیشان و جزیره آشوراده مجدد به تصرف مالکین سابق در آمده است. حذف یکی از اکوسیستم‌های پر ارزش جنوب خزر (تالاب گمیشان) و نا کار آمد شدن تأسیسات دریایی (اسکله‌های صیادی دریایی و ساحلی) و تصرف اراضی مردابی در غرب خلیج میانکاله از جمله پیامدهای احتمالا جبران‌ناپذیر تغییر در تراز آبی و به ویژه تغییر سریع آن در دوساله اخیر است. یافته نهایی این‌که هر چند سوابق تاریخی و یافته‌های این تحقیق مؤید تغییرپذیری خط ساحل و پسروی و پیشروی به نسبت پر مقدار آن در ادوار مختلف بوده، ولی ارزش اراضی و تمایل به بهره‌برداری از اراضی نوار ساحلی حداقل التفات و توجه به مسأله تغییر در تراز آبی و جابه‌جایی خط ساحل را به دنبال داشته و چه بسا عده‌ای زیادی از بهره‌گیران آن را به فال نیک می‌پندارند. موضوعی که با تداوم بی‌توجهی و برنامه‌ریزی، بازگشت شرایط افزایشی تراز آبی در آتی می‌تواند بحران‌ساز شده و خسارات زیادی را پیامد داشته باشد (شکل ۷).

جدول ۱ تغییرات تراز آبی؛ طول خطوط و اراضی ساحلی در مقاطع مورد مطالعه

سال	پیشروی km^2	پسروی km^2	طول خط ساحل km	حداکثر جابه‌جایی افقی		حداکثر تغییر تراز آبی (متر)
				در پیشروی km	در پسروی km	
سال ۱۳۸۵	۱/۲	۱۵	۲۵۶,۷	۰/۲۵	۱,۴	-۰,۲۵
سال۱۹۹۱	۱۱۰/۶	۴/۹	۲۷۸/۷	۳/۷	0/41	+4
سال۲۰۱۱	۱۹/۵	۸۹/۳	۳۱۰/۹	۳/۱	۷/۹	-۰,۵۵
سال۲۰۱۴	۱۱	۱۴۲/۲	۱۹۲/۳	۲۱	۲۹	-۰,۸۵

شکل ۹ تصاویر میدانی از سواحل خشکیده: الف- ایستگاه دریایی شیلات با ارتفاع سکوی ۶ متری در غرب گمیشان، ب- سکوی دسترسی به ایستگاه تصویر الف و کناره آبی، ج- پسرودریا و دوری از سکوی احداثی برای کنترل پیشروی آب در بندر ترکمن، د- تصاحب اراضی دریایی خشکیده از طریق باریزی (ساحل محمودآباد)

شکل ۱۰ تصاویر میدانی (نگاه به جنوب) ازپسروی دریا و گسترش نوار ساحلی: الف- پسروی دریا در شمال زبانه میانکاله و شرق بندر امیرآباد ب- پسروی دریا در غرب تالاب گمیشان

تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از پایان‌نامه تحصیلی کارشناسی‌ارشد که در گروه جغرافیایی طبیعی دانشگاه تربیت مدرس به انجام رسیده است.

منابع

جعفر بیگلو، منصور؛ زمان‌زاده، محمدحسین؛ یمانی، مجتبی و عمادالدین، سمیه (۱۳۹۱). شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر طی کواترنری پسین در محدوده رودخانه گرگان رود، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال ۴۴، (۸۰)۲، صص ۵۰-۳۳.

خوشروان، همایون، بنی‌هاشمی، سید معصومه (۱۳۹۱). نوسانات سریع دریای خزر و تغییر شکل مورفودینامیکی مصب رودخانه‌ها، *دهمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی*، تهران، سازمان بنادر و دریانوردی.

شایان، سیاوش؛ احمدی، عبدالمجید؛ یمانی، مجتبی و شریفی‌کیا، محمد (۱۳۹۱). تحلیل مخاطرات فرآیندهای جریانی خشکی مناطق ساحلی خلیج فارس، مطالعه موردی از کنگان تا بوشهر، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، (۲۴)۱۲.

شایان، سیاوش؛ اکبریان، یمانی، محمد؛ شریفی‌کیا، مجتبی و مهران مقصودی، محمد (۱۳۹۲). هیدرودینامیک دریا و تأثیر آن در تشکیل توده‌های ماسه‌ای ساحلی مطالعه موردی، سواحل غربی مکران، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، (۴)۲.

شتایی جویباری، شعبان، جواد ملک، (۱۳۸۴). بررسی تغییرات سیمای طبیعی و کاربری اراضی سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از عکس‌های هوایی و GIS (مطالعه موردی: سواحل شهرستان نور)، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۵۱، صص ۱۰۵-۹۵.

شریفی‌کیا، محمد، (۱۳۷۶). طرح پژوهشی مطالعه و ساماندهی جزیره آشوراده، *مرکز تحقیقات سوانح طبیعی ایران*، (گزارش داخلی).

صالحی‌پور میلانی، علیرضا، کرامت‌نژاد افضلی، فاطمه بیاتانی، (۱۳۹۱). بررسی توفان گونو و تأثیرات آن بر ژئومورفولوژی خطوط ساحلی دریای مکران با استفاده از سنجش از دور، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، *مدیریت زمین‌شناسی دریایی*، تهران، ایران، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، (۸۳)۲۱، صفحه ۲۳-۳۲.

عبداللهی کاکرودی، عطاء، (۱۳۹۲). نوسانات دریای خزر و تأثیر آن بر سواحل جنوب شرقی دریای خزر، *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، (۳)۲، ص ۴۴- ۳۳.

مشیری، محمدحسین، (۱۳۸۹). بررسی نوسان‌های سطح تراز آب دریای خزر، *دوماهنامه نقشه‌برداری*، ش ۱۰۷، صص ۲۹-۳۱.

نوحه‌گر، احمد؛ محمدمهدی حسین‌زاده، (۱۳۹۰). دینامیک دریا و عوامل مؤثر بر نوسانات تراز دریا در تحول قاعده دلتاهای شمال تنگه هرمز، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، سال ۲۲، (۴۳)۳، صص ۱۴۲-۱۲۵.

نعیمی نظام‌آباد، علی؛ قهرودی تالی، منیژه؛ و محمدرضا ثروتی، (۱۳۸۹). پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی خلیج‌فارس با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ساحلی عسلویه)، *مجله علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی*، (۳۰)۱۰، صفحات ۶۱-۴۵.

یمانی، مجتبی؛ و ابراهیم مقیمی، معتمد، احمد؛ جعفر بیگلو، منصور (۱۳۹۲). بررسی تغییرات سریع خط ساحلی قاعده دلتای سفیدرود به روش تحلیل نیمرخ‌های متساوی البعد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، ش ۲، صص.۲۰-۱.

بختیاری، یگانه؛ عباس، محمدیان، فرزاد، (۱۳۸۶). مشاهده خطرات و تغییرات ساحلی نوار حاشیه‌ای دریای خزر به کمک عکس‌های هوایی، *ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران*، دانشگاه شهرکرد، ۱۵ -۱۳، صص ۱۵۳-۱۶۲.

Alan S. Trenhaile, (2009). The Effect of Holocene Changes in Relative Sea Level on the Morphology of Rocky Coasts, *Geomorphology-02892*, p. 12, doi:10.1016/j.geomorph.2009.02.003

De Ruig; Joost H. M. *(1998). Coastline Management in The Netherlands: Human Use Versus Natural Dynamics, *Coastal Conservation*, 4: 127-134, https://doi.org/10.1007/BF02806504.

Dolukhanov, P. M.; Chepalyga, A. L.; Lavrentiev, N. V. (2010). The Khvalynian Transgressions and Early Human Settlement in the Caspian Basin, *Quaternary Int*., 225, pp. 152˚159, doi: 10.1016/j.quaint.2009.10.039.

Kakroodi, A. A. *; Kroonenberg, S. B.; Goorabi, A.; Yamani, M. (2013). Shoreline Response to Rapid 20th Century Sea-Level Change Along the Iranian Caspian Coast, *Coastal Research*, 11 June, doi: 10.2112/JCOASTRES-D-12-00173.

Kevin White; Hesham M.; El Asmar b,1, (1999). Monitoring Changing Position of Coastlines Using Thematic Mapper Imagery, an Example from the Nile Delta, *Geomorphology*, 29-93˚105Head, https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00008-2.

Kroon, A.; , Davidson, M. A.; Aarninkhof S.G.J.; Archetti R.; Armaroli C.; Gonzalez M.; Medri S.; Osorio F A.; Aagaard T.;. Holman R. A.; Spanhoff, R., (2007). Application of Remote Sensing Video Systems to Coastline Management Problems, *Coastal Engineering*, 54, pp. 493˚505, doi:10.1016/j.coastaleng.2007.01.004

Kroonenberg, S. B.; Badyukova, E. N.; Storms, J. E. A.; Ignatov, E. I.; Kasimov, N. S; (2000). a Full Sea Level Cycle in 65 Years: Barrier Dynamics along Caspian Shores, Sedimentary Geology, 134, pp. 257˚274, https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00048-8

Mamedov, A. V. (1997). the Late Pleistocene-Holocene History of the CS, *Quaternary Int*., 41˚42, 161˚166

Rasuly, Aliakbar; Naghdifar Rezvan, Rasoli Mehdi, (2010). Monitoring of Caspian Sea Coastline Changes Using Object-Oriented Techniques, *Procedia Environmental Sciences 2*, pp. 416˚426 International Society for Environmental Information Sciences, (2010). *Annual Conference*, doi:10.1016/j.proenv.2010.10.046.

Suzanne A.G.; Leroy, Ata A.; Kakroodi, Salomon Kroonenberg, Hamid K. Lahijani,Habib Alimohammadian, Aman Nigarov, (2013). Holocene vegetation history and Sea Level Changes in the SE Corner of the Caspian Sea: Relevance to SW Asia Climate, *Quaternary Science Reviews* 70, pp. 28-47, http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.03.004

Srinivas K., Dinesh Kumar P.K, (2006). Atmospheric Forcing on the Seasonal Variability of Sea Level at Cochin, Southwest Coast of India, Continental Shelf Research 26, pp. 1113˚1133, doi:10.1016/j.csr.2006.03.010.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی