

تاثیر فرایندهای هیدرودینامیک دریا و رودخانه بر تغییرات مورفولوژی خط ساحلی (قاعده دلتای گرگان رود)

قاسم لریستانی^{*}

۱- استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۶/۲۷

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۷/۱۳

چکیده

خطوط ساحلی به دلیل قرار گیری در محل تلاقی محیط های دریا و خشکی، اشکال تراکمی و کاوشی بسیار متنوعی را در دوره های زمانی کوتاه مدت تجربه می کنند. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، خطوط ساحلی بخش جنوب شرقی دریای خزر در قاعده دلتای رودخانه ای گرگان رود می باشد. هدف از این تحقیق مشخص نمودن سهم فرایندهای دریا و خشکی در میزان و نحوه تغییرات خط ساحلی است. ابزار و داده های اصلی این پژوهش از داده های دبی و رسوب ایستگاههای سد وشمگیر و گلستان، باد و نوسانات تراز آب به همراه نقشه های توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای چند زمانه تشکیل شده است. روش کار مبتنی بر استفاده از برش های طولی و عرضی در دو بازه مجزا، برای ثبت میزان تغییرات خط ساحلی بوده که با رویهم اندازی تصاویر موجود در نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و استخراج خطوط ساحلی تاریخی، دلایل فرسایش و رسوبگذاری در قاعده دلتای گرگان رود طی دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۹۷۵، بررسی و مشارکت عوامل موثر بر تغییر خط ساحلی در هر یک از بازه های شمالی و جنوبی ارزیابی شد. نتایج نشان میدهد که نوسان تراز آب دریا، عامل اصلی تاثیرگذار بر میزان تغییرات خط ساحلی قاعده دلتای گرگان رود بوده و در کنار آن می توان سهمی قابل توجه برای تدارک رسوب از سوی رودخانه، امواج و جریان های دریایی در ایجاد تغییرات خط ساحلی قائل شد.

واژه های کلیدی: دریای خزر، هیدرودینامیک، تغییر خط ساحلی، دلتای گرگان رود.

مقدمه

خط ساحلی به دلیل تاثیرپذیری از دو محیط دریا و خشکی، تغییرات به مراتب بیشتر و سریع تری را نسبت به سایر محیط های داخل آب یا خشکی تجربه می کند. علاوه بر دینامیک جریان های ساحلی و امواج دریا، نوسان زیاد سطح آب دریای خزر با پسروری و پیشروی دوره ای خط ساحلی، اهمیتی دوچندان دارد. هرچه میزان کاهش سطح آب بیشتر بوده و افت سطح آب مدت زمان بیشتری به طول انجامد، شرایط برای گسترش و توسعه بیشتر دلتا فراهم آمده و بر حجم و رشد دلتا افزوده می شود و با بالا آمدن سطح آب شرایط برای فرسایش خط ساحلی در قاعده دلتا مهیا می شود. رسوب گذاری توسط رودخانه گرگان رود نیز نقش تعیین کننده ای در ایجاد تغییرات خط ساحلی دارد. میزان رسوب ورودی از گرگان رود به دریا در سالهای آبی مختلف نوسان زیادی را نشان می دهد. از طرفی حجم متناهی از رسوباتی که پشت سدهای وشمگیر و گلستان انباشته شده، نیز می تواند در میزان تغییرات خط ساحلی، سهمی قابل ملاحظه ای داشته باشد.

نگاهی به ادبیات تحقیق تغییرات خط ساحلی نشان می دهد که اولین مطالعات در زمینه تغییرات خط ساحلی در سواحل قاره ای شرق ایالات متحده صورت گرفت. این تحقیقات و دیگر مطالعات، روش های متعددی برای درک تغییرات خط ساحلی به ما نشان می دهد. دولان و همکاران (۱۹۹۱) نرخ فرسایش بلندمدت و کوتاه مدت در تغییرات خط ساحلی را با استفاده از مدل های نرخ نقطه پایانی^۲ و رگرسیون خطی و چند مدل آماری دیگر مورد بررسی قرار دادند. تایلر و همکاران (۱۹۹۵) تغییرات خط ساحلی با سیستم آنالیز رقومی در پورتوریکو را مطالعه نمودند. این

محققین با تقسیم نمودن خط ساحلی به چهار بخش مجزا، مقدار تغییر متوسط هر بخش را مورد ارزیابی قرار دادند. ماکوتا و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر ماهواره ای سال های ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۲ و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه کونداجی تانزانیا به بررسی تغییرات خط ساحلی پرداخته و معتقدند که خط ساحلی مورد مطالعه تغییرات قابل توجهی داشته که با استفاده از RS و GIS نظارت بر تغییرات خطوط ساحلی می تواند نتایج خوبی به همراه داشته باشد. ون و بینه (۲۰۰۸) در پژوهشی به شناسایی تغییرات خط ساحلی و مدیریت کارآمد منطقه ساحلی در خور زونین ویتنام با استفاده از RS و GIS پرداختند و با استفاده از روش نسبت بانندی که بر روی تصاویر استر و لندست اعمال شد، تغییرات خطوط ساحلی بین سال های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۴ را به صورت نقشه های رقومی تهیه نمودند. آلبوکوئرکیو و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی دو روش سیستم آنالیز رقومی خط ساحلی و پلیگون تغییرات در سواحل شنی جنوب برزیل پرداختند. نتایج این پژوهش از مزایای روش پلیگون تغییرات نسبت به سیستم آنالیز رقومی خط ساحلی در برآورد میزان تغییرات خط ساحلی حکایت دارد.

در سال های اخیر مطالعات متعددی جهت بررسی تغییرات خط ساحلی در محیط های آبی ایران صورت گرفته است که از جمله آنها می توان به تحقیقات کراسنوزونو همکاران (۱۹۹۹)، خوش رفتار (۱۳۸۴)، براخاصی و همکاران (۱۳۸۵)، باقری و همکاران (۱۳۸۵)، موسوی و همکاران (۲۰۰۷) و اکبری و همکاران (۱۳۸۹) اشاره نمود.

علاوه بر مطالعه تغییرات خط ساحلی، تحقیقاتی در مورد تاثیر هیدرودینامیک دریا و رودخانه انجام شده است. یمانی و

2- End point rate

راستای غرب به شرق صورت گرفته است. لرستانی (۱۳۹۳) در پژوهشی با بررسی تاثیر هیدرودینامیک دریا بر سازه های دریایی نشان می دهد که بازوی اسکله صیادی کیشهر در قاعده دلتای سفیدرود، با سرعت رسوبگذاری تقریبی ۱۲ متر، با آورد رسوب در راستای غرب به شرق از جانب رودخانه سفیدرود، عملاً کارایی خود را طی ۲۰ سال آینده از دست خواهد داد.

تدارک رسوب و جهت نقل و انتقال رسوب در خط ساحلی تاثیر بسزایی در میزان تغییرات خط ساحلی دارد. یحیایی میلانی (۱۳۷۷) با بررسی امواج و فرایند انتقال آب و رسوب در سواحل ایرانی دریای خزر، جهت نرخ انتقال اصلی رسوب را در ساحل انزلی تا آستارا به سمت غرب و به تدریج از نوشهر تا بندر ترکمن، به سمت شرق بیان نمود. عاشور و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی انتقال رسوب در سواحل نکا به این نتیجه رسیدند که در منطقه نکا رانش رسوب در جهت غرب به شرق جریان دارد. لشته نشایی و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی پتانسیل انتقال رسوب در آستارا تا نواحی شرق گیلان دریافتند که نرخ انتقال رسوب ساحلی در این مناطق از غرب به شرق کاهش می یابد. محمدی استاد کلایه و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی نقش سد گلستان بر میزان تغییرات مورفولوژیکی ناشی از سیل در شرق استان گلستان، نشان دادند که احداث سد گلستان تاثیر بسزایی در جلوگیری از تغییرات مورفولوژی رودخانه در پایین دست داشته که به نوبه خود در نحوه عمل دینامیک رودخانه تاثیرگذار بوده است. خزایی موغانی و همکاران (۱۳۹۰) با هدف بررسی تأثیر احداث سد بر میزان بار رسوبی در ۴ ایستگاه هیدرومتری مسیر رودخانه گرگانود به این نتیجه رسیدند که با نزدیک شدن به مصب رودخانه

همکاران (۱۳۸۹) ارتباط دینامیک امواج و راستای توزیع ماسه در کرانه دریای خزر در محدوده رودخانه های بابلرود و هراز را بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که برآیند نهایی راستای غالب امواج، موجب توزیع و جابجایی ماسه ها به سمت شرق شده و به نسبت فاصله از مصب رود ها میانگین قطر ذرات ماسه کوچکتر می شود. رنجبر و ایرانمنش (۱۳۹۰) به بررسی مورفودینامیک ساحلی و تغییرات دوره ای شمال دریای عمان با تاکید بر تالاب های جزر و مدی سواحل شرقی تنگه هرمز، به تغییرات دوره ای پیکان های ماسه ای منطقه پرداختند و مورفودینامیک ساحلی منطقه را نتیجه تاثیر جزر و مد، امواج و تغییرات دبی و رسوب رودخانه ها قلمداد نمودند. یمانی و همکاران (۱۳۹۱) مورفودینامیک ساحل و نقش آن در تحول سدهای ساحلی دلتای رود جگین در دریای عمان را مورد مطالعه قرار داده و معتقدند که سدهای ساحلی و تالاب های جزر و مدی تحت تاثیر امواج غالب منطقه شکل گرفته اند. یمانی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از نیمرخ های عرضی متساوی البعد به بررسی تغییرات خط ساحلی قاعده دلتای سفیدرود در ۶۰ سال اخیر پرداخته و سهم بیشتری برای میزان بده رسوب از رودخانه، عملیات رسوبزدایی از سد سفیدرود و دینامیک دریا، در تغییر سریع خط ساحلی طی دوره های زمانی مختلف قائل شدند. رورده و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی راستای امواج غالب و نحوه تولید جریان در امتداد ساحل، شبیه سازی دینامیک دریا و انتقال ماسه را در نرم افزار مایک تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج این تحقیق نشان می دهد توسعه و عریض شدن زبانه ماسه ای میانکاله به سمت شرق و ایجاد خلیج گرگان در پشت زبانه ماسه ای مذکور با برآیند تولید و توزیع رسوب در

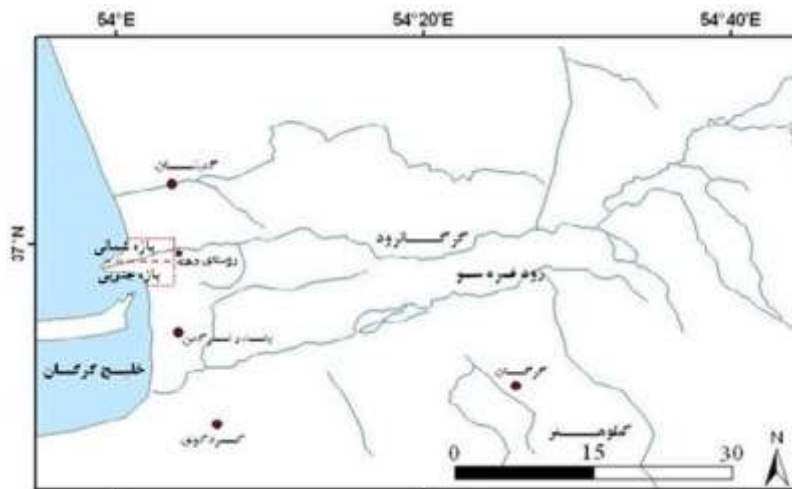
رود ۱۲۶۰۰ کیلومتر مربع و طول رودخانه اصلی ۳۵۰ کیلومتر با دبی سالانه ۵۰۰ مترمکعب می باشد (لاهیجانی و همکاران، ۱۳۸۶). محدوده مورد مطالعه از نظر اقلیمی با تابستان های گرم و خشک تا مرطوب و زمستان های سرد مشخص می شود (جعفر بیگلو و همکاران، ۱۳۹۱). نقش رودخانه گرگان رود در تحول و تکامل خلیج گرگان برجسته می باشد به نحوی که خلیج گرگان بیشتر تحت تاثیر فرایندهای داخل حوضه توسط رودخانه های گرگان رود و قره سو می باشد که در این میان نقش رودخانه گرگان رود از نزدیک دهانه خلیج گرگان با توجه به دبی و آورد رسوب، بسیار بارز می باشد (لاهیجانی و همکاران، ۱۳۸۹). دانه بندی رسوب خلیج گرگان و محدوده خط ساحلی در مصب گرگان رود از نوع سیلت و سیلت ماسه دار می باشد و از نظر کانی شناسی این رسوبات حاوی ایلیت، کوارتز، کلسیت، فلدسپات، هماتیت، دولومیت و آراگونیت می باشند (مرکز ملی اقیانوس شناسی ایران، ۱۹۸۸). محاسبه شیب منطقه ساحلی از روی تصاویر ماهواره ای اسپات در نرم افزار گوگل ارث شیب متوسط ساحلی را به میزان کمتر از ۰/۱ درصد نشان می دهد که دلالت بر شیب بسیار کم محدوده مورد مطالعه دارد.

گرگانرود، بار رسوبی نسبت به مناطق بالادست، به میزان قابل توجهی کاسته می شود.

هدف اصلی این پژوهش بررسی تاثیر فرایندهای هیدرودینامیک دریا و خشکی بر تغییرات مورفولوژی خط ساحلی می باشد. لذا با توجه به اهمیت موضوع تغییرات خط ساحلی در محدوده دلتای رودخانه ای گرگان رود، سعی شده است با بررسی فرایندهای حاکم بر محیط خشکی و دریا و نحوه ایجاد تغییرات در تصاویر چند زمانه، میزان تغییر خط ساحلی و دلایل آن مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

مواد و روش

در بخش جنوب شرقی دریای خزر، قاعده دلتای رودخانه ای گرگان رود با مختصات طول جغرافیایی $53^{\circ}57'$ تا $54^{\circ}1'$ شرقی و $36^{\circ}56'$ تا 37° شمالی قرار دارد. در این پژوهش پیش آمدگی دلتای رودخانه ای گرگانرود در مصب مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۱). رودخانه گرگان رود از منتهی الیه کوه های خراسان سرچشمه می گیرد و پس از عبور از مسیر های پر پیچ و خم کوهستانی وارد منطقه کلانله شده و با عبور از یک دشت ساحلی هموار در منطقه خواجه نفس وارد دریای خزر می شود. مساحت حوضه آبریز گرگان



شکل ۱: موقعیت قاعده دلتای رودخانه ای گرگان رود در دریای خزر

تغییرات خط ساحلی و مشخص نمودن ماهیت، مکان و زمان وقوع تغییرات در خط ساحلی، بهره گرفته شده است. جهت ترسیم برش های عرضی در قسمت پسرکانه ساحلی، خطی مستقیم که در تحقیقات کاکرودی و همکاران (۲۰۱۲) به عنوان خط ساحلی ۱۸۹۰ مشخص شده است به عنوان خط مبنا ترسیم شده تا تمام تصاویر و داده های رقومی شده را نسبت به این خط ثابت بسنجیم. پس از آن با توجه به انحنای خط ساحلی، تنوع ژئومورفولوژیکی و تفاوت در عوامل موثر در ایجاد و تحول خط ساحلی، محدوده مورد مطالعه به دو بازه جدا از هم تقسیم و در هر بازه برشهای عرضی به فواصل معین ۳۰۰ متری تعیین شده است. در بررسی میزان گسترش جانبی (طولی) قاعده دلتا برای ایجاد برش های طولی، خطی مستقیم که به طور تقریبی با راستای رودخانه به سمت دریا در تصویر ماهواره ای سال ۱۹۷۵ (قدیمی ترین تصویر در دسترس جهت این پژوهش) تطابق نسبی داشته باشد به عنوان خط مبنا انتخاب شد و در تمام تصاویر مورد سنجش، به آن استناد شده است. سپس محدوده مورد مطالعه در قاعده دلتای رودخانه ای گرگان رود به دو بازه جنوبی و شمالی تقسیم شد و در هر بازه به فواصل مساوی ۳۰۰ متری تغییرات جانبی دلتای مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت.

سپس با رویهم اندازی تصاویر چند زمانه، رقومی نمودن خطوط ساحلی در هر بازه و بررسی های کمی میزان تغییرات مثبت و منفی خط ساحلی مابین دو برش عرضی و طولی به طور جداگانه سنجیده شده است و بر مبنای آن کل ساحل مورد مطالعه در قاعده دلتای گرگان رود از لحاظ تراکمی و یا کاوشی بودن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (شکل ۲). در نهایت با در نظر گرفتن داده ها در روش های فوق و نیز با بررسی تاریخی

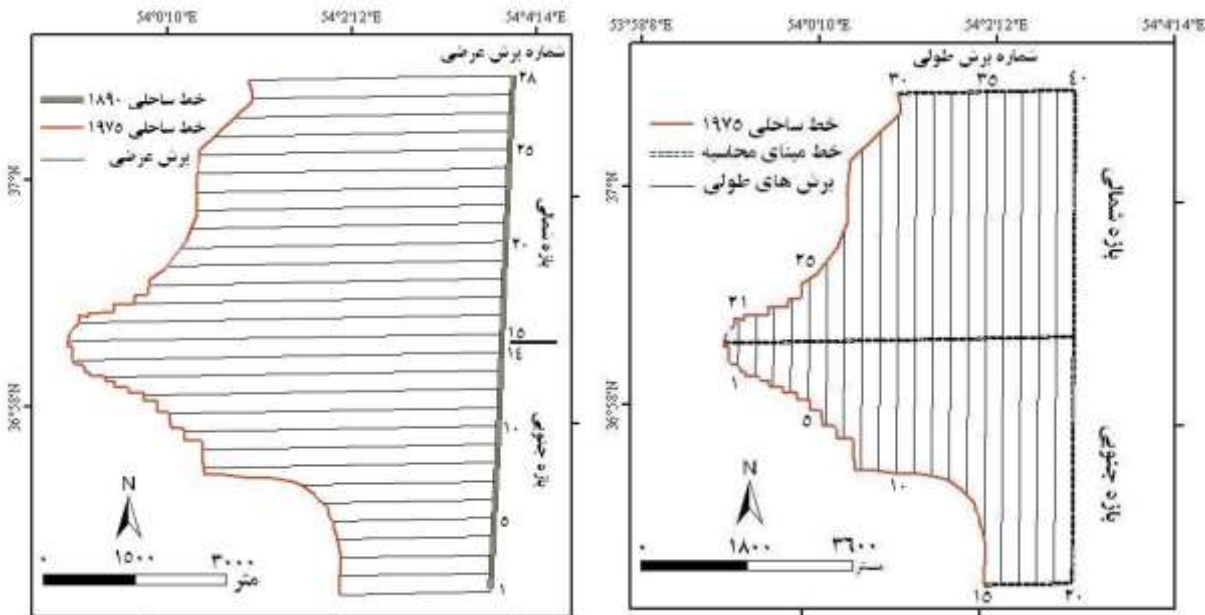
اساس این تحقیق بر روش مقایسه تحلیلی متغیرهای موثر بر تغییر دوره ای خط ساحلی استوار می باشد که طی آن داده های آماری و تصویری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نقشه های توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای به همراه نرم افزار های ENVI و ArcGIS ابزار های اصلی پژوهش را تشکیل داده اند. برای بررسی میزان تاثیر دبی و رسوب رود بر تغییرات خط ساحلی، داده های دبی و رسوب حوضه رودخانه گرگانرود از سازمان تحقیقات طرح جامع آب کشور اخذ و با انجام پردازش آماری بر روی داده های مذکور، دبی و رسوب حوضه مذکور مورد سنجش قرار گرفت. میزان تغییرات روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه پیشروی و پسروی آب دریا، با اخذ داده های نوسان تراز آب دریای خزر (۱۳۹۳-۱۳۰۵) برای بررسی وضعیت تغییرات تراز آب دریا طی دوره آماری رصد شده در ایستگاه بندر انزلی، از مرکز ملی اقیانوس شناسی دریافت گردید. داده های سرعت و جهت باد روزانه ایستگاه سینوپتیک گرگان (۱۳۸۸-۱۳۳۴) به عنوان عامل اصلی ایجاد امواج از سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است. سپس با تصحیح و پردازش اطلاعات باد طی سال های مذکور گل باد های منطقه ترسیم گردید. همچنین اطلاعات مربوط به بویه امیرآباد در عمق ۱۵ متری دریای خزر، محتوی داده های امواج (۱۳۹۱-۱۳۸۹) برای مشخص نمودن ویژگیهای موج شامل ارتفاع، دوره، طول و فراوانی موج نزدیک ساحل، از درگاه سازمان بنادر و کشتیرانی تهیه شد و گل موج های امواج تحت بررسی، در نرم افزار مایک ترسیم شدند و از طریق آنها فراوانی و ویژگی های امواج تحلیل شده است.

در ادامه از ایجاد برش^۳ های طولی و عرضی بر روی تصاویر ماهواره ای چند زمانه برای تعیین

3- Transect

مذکور، سهم متغیرهای تاثیرگذار دریا و خشکی بر تغییرات دوره ای خط ساحلی ارزیابی شده است.

و مشاهدات میدانی، میزان تغییرات در سواحل مشخص شده و با تجزیه و تحلیل داده های



شکل ۲: نحوه ایجاد برش های طولی و عرضی

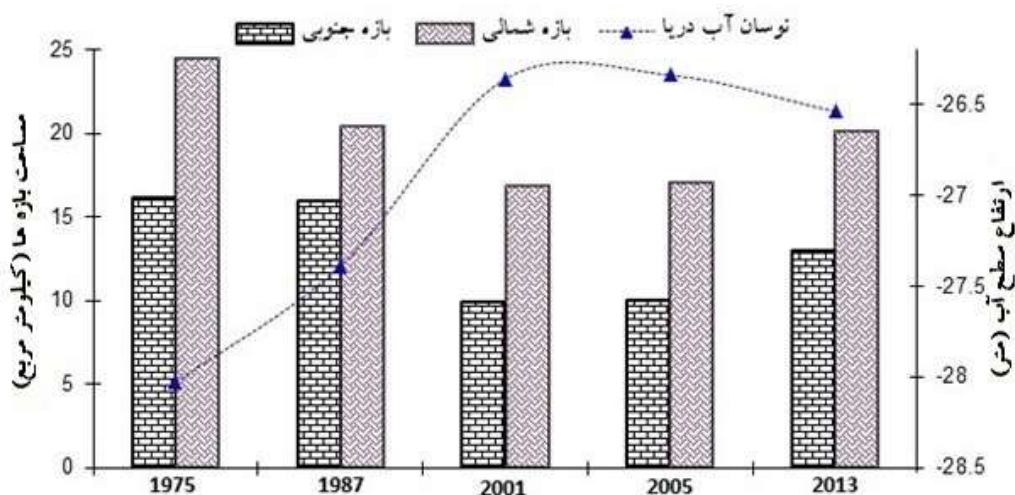
پیشروی و پسروی خط ساحلی ۱۹۷۵ نمی تواند بیانگر حداقل پسروی یا پیشروی باشد. در سال ۱۹۸۷ به میزان $0/2$ کیلومتر مربع از مساحت قاعده دلتا نسبت به تصویر سال ۱۹۷۵ کاسته شده است. به بیان ساده تر در سال ۱۹۸۷ معادل $0/2$ کیلومتر مربع از سطح دلتا به زیر آب رفته است. در بازه جنوبی بیشترین زمان کاهش سطح بازه، به سال ۲۰۰۱ به میزان ۶ کیلومتر مربع نسبت به سال ۱۹۸۷ مربوط می شود. بیشترین درصد تغییر در خط ساحلی به سال ۲۰۰۱ نسبت به دوره قبل از آن به میزان $37/7$ درصد بر می گردد. مجموع مساحت قاعده دلتا در بازه جنوبی در سالهای ۱۹۷۵ و ۲۰۰۱ به بیشترین و کمترین میزان خود به ترتیب با $16/1$ و $9/9$ کیلومتر مربع رسیده است. محاسبه برش های عرضی در بازه شمالی نسبت به بازه جنوبی شرایط متفاوتی را در قاعده دلتای گرگانود نشان می دهد. بیشترین طول خط ساحلی بازه شمالی

نتایج

استفاده از برش های عرضی و طولی مابین خط ثابت مبنا و خطوط ساحلی مستخرج از تصاویر چندزمانه ۲۰۱۳-۱۹۷۵، تغییرات زیادی در هندسه قاعده دلتای گرگانود را نشان می دهد. در بررسی تغییر خط ساحلی تعداد ۲۸ واحد برش عرضی و ۴۰ واحد برش طولی ترسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که جهت جلوگیری از طولانی شدن نتایج و به دلیل اهمیت واحد ها، سعی بر ذکر مجموع محاسبات می باشد. از مجموع ۲۸ واحد برش های عرضی ایجاد شده بر روی محدوده مورد مطالعه در بازه جنوبی، بیشترین افزایش طول خط ساحلی به سال ۲۰۱۳ و کمترین آن به سال ۲۰۰۵ اختصاص دارد. بیشترین پسروی خط ساحلی مربوط به سال ۲۰۱۳ و کمترین مقدار آن به سال ۲۰۰۵ بر می گردد. به واسطه عدم دسترسی به داده های قبل از سال ۱۹۷۵، ارزش عددی صفر در ردیف های

خشکی نسبت به دوره قبل به سال ۱۹۸۷ به رقم ۱/۹ کیلومتر مربع اختصاص دارد. بیشترین درصد تغییرات در خط ساحلی مربوط به سال ۲۰۰۱ با ۱۷/۶ درصد نسبت به تصویر سال ۱۹۸۷ مربوط می شود. مساحت قاعده دلتا در سال ۱۹۷۵ با ۲۴/۴ کیلومتر مربع، بیشترین گسترش دلتا را نشان می دهد این در حالی است که کمترین مساحت دلتا در بازه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۱ معادل ۱۶/۸ کیلومتر مربع بوده است (شکل ۳ و جدول ۱).

مربوط به سال ۲۰۰۱ به میزان ۶۸۰۱ متر می باشد و کمترین مقدار آن به سال ۲۰۱۳ با ۵۶۱۴ متر برمی گردد. در بازه شمالی حداکثر پسروری خط ساحلی به سمت دریا در سال ۲۰۱۳ با ۱۴۶۲ متر و حداکثر پیشروی خط ساحلی به سمت خشکی به سال ۲۰۰۱ به میزان ۲۰۲۱ متر را نشان می دهد. در این بازه بیشترین مساحت پیشروی خط ساحلی به سمت دریا نسبت به دوره قبل به سال ۲۰۱۳ به میزان ۴/۸ کیلومتر مربع و بیشترین مساحت پسروری خط ساحلی به سمت



شکل ۳: مساحت بازه های مورد مطالعه در برش های عرضی (۱۹۷۵-۲۰۱۳)

جدول ۱: برشهای عرضی بازه های مورد مطالعه بین سالهای ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳

زمان محاسبه تغییرات خط ساحلی	بازه جنوبی (محاسبه مجموع برشهای عرضی واحد های شماره ۱ تا ۱۴)							فاز کاوشی تراکمی
	طول خط ساحلی (متر)	حداکثر پسروری خط ساحلی به سمت دریا (متر)	حداکثر پیشروی خط ساحلی بسمت خشکی (متر)	مساحت پیشروی نسبت به دوره قبل (کیلومتر مربع)	مساحت پسروری نسبت به دوره قبل (کیلومتر مربع)	درصد تغییرات	مساحت قاعده دلتا (کیلومتر مربع) *	
۱۹۷۵/۰۷/۰۵	۷۳۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶/۱	-
۱۹۸۷/۰۷/۱۶	۷۴۷۰	۵۸۱	۶۲	۰/۰۰۴	۱/۵	۱/۳	۱۵/۹	کاوشی
۲۰۰۱/۰۷/۳۰	۷۶۴۴	۱۲۰	۲۴۲۰	۱/۱	۰/۶	۳۷/۷	۹/۹	کاوشی
۲۰۰۵/۰۴/۲۰	۷۳۵۱	۵۶	۱۰۵	۰/۹	۰/۱	۱	۱۰/۰۱	تراکمی
۲۰۱۳/۰۸/۱۰	۸۱۷۰	۱۲۴۳	۰	۱/۱	۰	۲۱/۷	۱۲/۹	تراکمی

بازه شمالی (محاسبه مجموع برشهای عرضی شماره ۱۵ تا ۲۸)

۱۹۷۵/۰۷/۰۵	۶۴۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴/۴	-
۱۹۸۷/۰۷/۱۶	۶۴۸۶	۱۰۵۵	۵۱	۰/۰۰۳	۱/۹	۱۶/۴	۲۰/۴	کاوشی
۲۰۰۱/۰۷/۳۰	۶۸۰۱	۴۵۱	۲۰۲۱	۰/۴	۰/۱۳	۱۷/۶	۱۶/۸	کاوشی
۲۰۰۵/۰۴/۲۰	۶۶۴۸	۱۵۰	۱۰۱	۰/۱۷	۰/۰۳	۱/۲	۱۷/۰۳	تراکمی
۲۰۱۳/۰۸/۱۰	۵۶۱۴	۱۴۶۲	۲۱۷	۴/۸	۰/۰۹	۱۵/۳	۲۰/۱	تراکمی

* مبنای محاسبه برای هر یک از دوره های زمانی، سطح زیر منحنی بین خط ساحلی و خط ساحلی قدیمی (خط ساحلی ۱۸۹۰) می باشد

سال های مورد مطالعه نشان می دهد. نحوه تغییرات در بازه شمالی تفاوت هایی را با قرینه جنوبی خود روشن می سازد. در بازه شمالی بیشترین و کمترین طول خط ساحلی به سال های ۱۹۸۷ و ۱۹۷۵ به ترتیب معادل ۷۶۱۳ و ۶۰۱۳ متر تعلق دارد. بیشترین گسترش جانبی خط ساحلی در این بازه، به میزان ۳۸۶۳ متر در سال ۱۹۷۵ و کمترین گسترش جانبی خط ساحلی معادل ۹۱ متر به سال ۲۰۰۵ برمی گردد. بیشترین مساحت قاعده دلتا در بازه مذکور همانند بازه جنوبی به سال ۱۹۷۵ مربوط می شود و قاعده دلتا در سال ۲۰۰۱، کمترین مساحت بین سال های مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است (جدول ۲).

از مجموع ۴۰ واحد برش های طولی ایجاد شده در بازه های شمالی و جنوبی قاعده دلتای گرگانرود مشخص می شود که در بازه جنوبی بیشترین طول خط ساحلی در سال ۱۹۸۷ معادل ۸۶۷۵ و کمترین طول خط ساحلی به سال ۲۰۰۵ با ۵۲۰۰ متر اختصاص دارد. بیشترین گسترش جانبی خط ساحلی به سال ۱۹۷۵ معادل ۳۲۱۲ متر و کمترین این میزان به سال ۲۰۰۱ به میزان ۷۱ متر بر می گردد. بیشترین درصد تغییر خط ساحلی نسبت به دوره قبل به تصویر سال ۲۰۰۱ با ۳۷/۹ درصد تغییرات مرتبط می باشد. بیشترین مساحت قاعده دلتا در بازه جنوبی به سال ۱۹۷۵ اختصاص دارد و قاعده دلتا در سال ۲۰۰۱ با ۷/۲ کیلومترمربع مساحت، کمترین مساحت را بین

جدول ۲: برشهای طولی بازه های مورد مطالعه بین سالهای ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳

زمان محاسبه تغییرات خط ساحلی	بازه جنوبی (محاسبه مجموع برشهای طولی)					
	طول خط ساحلی (متر)	بیشترین گسترش جانبی خط ساحلی (متر)	کمترین گسترش جانبی خط ساحلی (متر)	درصد تغییرات	مساحت قاعده دلتا (کیلومتر مربع) *	فاز کاوشی تراکمی
۱۹۷۵/۰۷/۰۵	۷۷۳۸	۳۲۱۲	۳۷۸	۰	۱۳/۶	-
۱۹۸۷/۰۷/۱۶	۸۶۷۵	۲۸۷۳	۵۴۲	۱۴/۷	۱۱/۶	کاوشی
۲۰۰۱/۰۷/۳۰	۷۹۸۴	۱۳۰۸	۷۱	۳۷/۹	۷/۲	کاوشی
۲۰۰۵/۰۴/۲۰	۵۲۰۰	۸۰۱	۱۵۲	۰/۳	۷/۳	تراکمی
۲۰۱۳/۰۸/۱۰	۸۵۴۵	۳۰۸۷	۴۴۵	۱۲	۸/۳	تراکمی
بازه شمالی (محاسبه مجموع برشهای طولی)						
۱۹۷۵/۰۷/۰۵	۶۰۱۳	۳۸۶۳	۲۸۸	۰	۱۷/۲	-
۱۹۸۷/۰۷/۱۶	۷۶۱۳	۲۹۲۳	۱۷۸	۱۱	۱۵/۳	کاوشی
۲۰۰۱/۰۷/۳۰	۶۲۸۸	۱۲۸۰	۲۲۹	۳۵/۹	۹/۸	کاوشی
۲۰۰۵/۰۴/۲۰	۶۱۰۳	۹۱	۹۱	۲/۰۴	۱۰	تراکمی
۲۰۱۳/۰۸/۱۰	۶۱۴۹	۲۲۹۶	۶۶	۳۲/۹	۱۴/۹	تراکمی

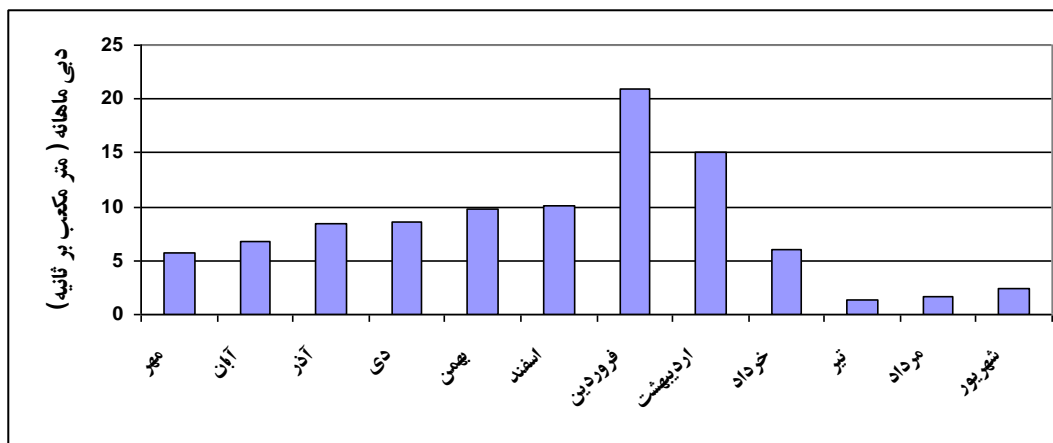
* مبنای محاسبه برای هر یک از دوره های زمانی، سطح زیر منحنی بین خط ساحلی و خط ترسیمی موازی با خط ساحلی می باشد

هیدرودینامیک رودخانه و تغییرات خط

ساحلی

برای شناخت چگونگی آب دهی و کمیّت رسوب خروجی از مصب رودخانه گرگانرود از آمار دبی و رسوب نزدیکترین ایستگاه رسوب و دبی سنجی به مصب رودخانه (سد وشمگیر طی سال های آبی ۹۱-۱۳۵۷) استفاده شده است. کمترین میزان دبی ماهانه مربوط به تیر ماه با ۱/۳ متر مکعب بر ثانیه و بیشترین دبی ماهانه مربوط به فروردین ماه با ۲۰/۹ متر مکعب بر ثانیه طی دوره آبی ۳۴ ساله اخیر می باشد(شکل ۴). بالاترین میانگین دبی روزانه مربوط به فروردین با ۲۱/۱ متر مکعب

بر ثانیه و کمترین میانگین دبی روزانه در تیرماه با ۱/۵ متر مکعب بر ثانیه در ایستگاه سد وشمگیر به ثبت رسیده است. حداکثر دبی روزانه در اردیبهشت ماه با مقدار ۳۲۶ متر مکعب بر ثانیه و پس از آن در خرداد ماه با ۲۹۰ متر مکعب بر ثانیه بوده و متوسط دبی سالانه طی سال های آبی مورد مطالعه، ۸/۱ متر مکعب بر ثانیه می باشد. حداکثر دبی ماهانه ثبت شده مربوط به اردیبهشت ماه سال آبی ۷۱-۱۳۷۰ به میزان ۹۵/۹ متر مکعب بر ثانیه و حداقل دبی ماهانه مربوط به خرداد ماه سال آبی معادل ۰/۰۲۶ متر مکعب بر ثانیه می باشد.



شکل ۴: میزان دبی ماهانه ایستگاه سد وشمگیر رودخانه گرگانرود(وزارت نیرو، سازمان تحقیقات طرح جامع آب، ۹۱-۱۳۵۷)

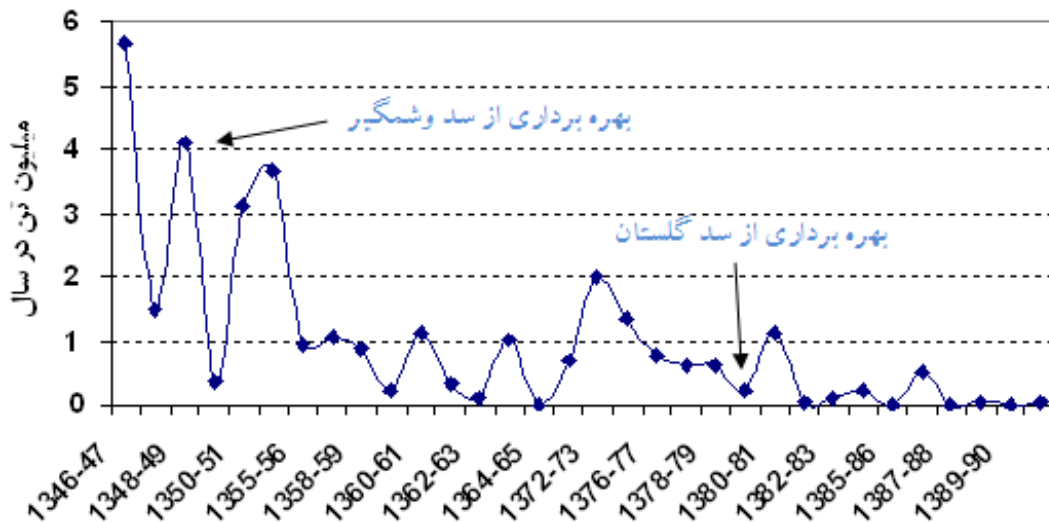
است. این در حالی است که در دوره ۹۱-۱۳۴۹ متوسط رسوب دهی سالانه به ۷۳۰۶۵۷ تن در سال کاهش یافته است. البته با بهره برداری از سد گلستان در سال ۱۳۷۹ در حوضه بالادست، میزان رسوب دهی سالانه در ایستگاه سد وشمگیر به میزان ۲۱۰۳۱۳ تن در سال کاهش فزاینده ای را نشان می دهد (شکل ۵). با افت میانگین رسوب دهی سالانه ایستگاه وشمگیر پس از بهره برداری از سد در سال ۱۳۴۹، به دلیل انباشت رسوبات بالادست حوضه در داخل دریاچه سد، حجم مخزن اصلی و سه مخزن فرعی سداز ۹۶ به ۴۵

آمار ۴۵ ساله رسوب سنجی ایستگاه سد وشمگیر بین سال های آبی ۹۱-۱۳۴۶، میانگین رسوب دهی روزانه ۳۴۳۳ تن در روز و متوسط رسوب دهی سالانه ۱۰۱۵۴۱۹ تن در سال با میانگین رسوب در سه مقطع عرضی اندازه گیری شده (CM) ۳۳۵۷/۲ میلی گرم در لیتر را نشان می دهد. در سال های آبی بین ۴۹-۱۳۴۶، قبل از احداث سد وشمگیر، متوسط رسوب دهی سالانه بیش از ۳/۷ میلیون تن در سال محاسبه شده

۴-CM بر حسب میلی گرم در لیتر(غلظت متوسط در مقطع اندازه گیری

سوی دیگر، در سال های پس از بهره برداری از سد گلستان باز هم شاهد فاز تراکمی با افزایش مساحت قاعده دلتا در بازه های شمالی و جنوبی بوده ایم که بر نقش کلیدی نوسان سطح آب دریا نسبت به آورد رسوب از جانب رودخانه گرگانود، در توسعه قاعده دلتا تاکید دارد.

میلیون متر مکعب کاهش یافته است. محاسبه برش های طولی و عرضی مستخرج از تصویر ماهواره ای سال ۱۹۷۵ میلادی (۱۳۵۳ هجری شمسی) از بیشترین افزایش مساحت قاعده دلتا در بازه شمالی و جنوبی، به قبل از احداث سد وشمگیر حکایت دارد و بر نقش تدارک رسوب رودخانه گرگانود برای قاعده دلتا تاکید دارد. از



شکل ۵: میانگین رسوب دهی سالانه ایستگاه سد وشمگیر (۹۱ - ۱۳۴۶)

تأثیرگذار بر خط ساحلی از جانب دریا نیز تجزیه و تحلیل شوند.

بدون شک از بازیگران اصلی در تغییر خط ساحلی دریای خزر، نوسان سطح تراز آب دریا می باشد. تراز سنجی آب دریای خزر در ایستگاه انزلی بر نوسان زیاد آب دریای خزر با روندهای صعودی و نزولی طی سال های ۱۳۹۳-۱۳۰۵ دلالت دارد. تجزیه و تحلیل داده های تصویری بر اساس پیشروی و پسروی آب دریا می تواند بسیاری از تغییرات خطوط ساحلی گذشته را توجیه نماید. آمار نوسان آب بر سه دوره کاهش، افزایش و کاهش مجدد سطح آب دریا حکایت دارد (شکل ۶).

هیدرودینامیک دریا و تغییرات خط ساحلی

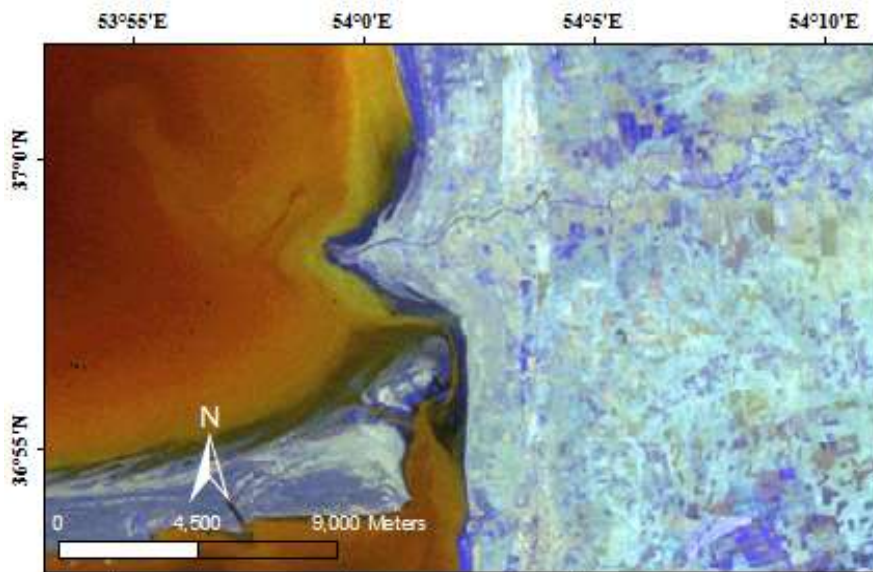
در مطالعه خطوط ساحلی نمی توان نقش فرایندهای اثرگذار از جانب خشکی یا دریا را نادیده گرفت. از طرفی به دلیل اثربخشی جداگانه یا اشتراکی هیدرودینامیک دریا و رودخانه بر تغییر خطوط ساحلی، تمایز بین محیط های مذکور در محل تماس آب و خشکی کاری دشوار به نظر می رسد. لذا پس از بررسی و تشریح میزان تغییرات با استفاده از برش های طولی و عرضی، لازم است علاوه بر عوامل موثر بر تغییر در هندسه خط ساحلی از سمت خشکی، متغیرهای



شکل ۶: نوسانات سطح آب دریای خزر (ایستگاه ترازسنجی انزلی) در طی سالهای ۱۳۹۳-۱۳۰۵

نوسانات تراز آب دریا در کل دوره یکسان نبوده است. در دوره کوتاه مدت ۱۳۰۸ تا ۱۳۲۰ ارتفاع آب حدود ۲ متر و از سال ۱۳۲۱ تا ۱۳۵۶ با روندی ملایمتر، ۱ متر کاهش را نشان می دهد (خوش رفتار، ۱۳۸۴). اولین تصویر در دسترس برای مطالعه برش های طولی و عرضی به سال ۱۹۷۵ با میانگین تراز سالانه سطح آب ۲۸/۰۳- متر برمی گردد (شکل ۷).

دوره اول با روند کاهش تراز آب دریا: این دوره با روند نزولی بین سالهای ۱۹۲۹ تا ۱۹۷۷ (۱۳۵۶ - ۱۳۰۸) مشخص می شود (شکل ۶). در این دوره سطح آب دریا به طور متوسط سالانه ۶۰ سانتیمتر و در نهایت ۳ متر کاهش یافته است به طوری که از ۲۵/۳۰- به ۲۸/۶۴- در سال ۱۳۵۶ رسیده است. البته این کاهش به شکل منحنی تصاعدی پیوسته نبوده و پیشرویهای کوچکی نیز در درون خود نشان می دهد. از طرفی شدت

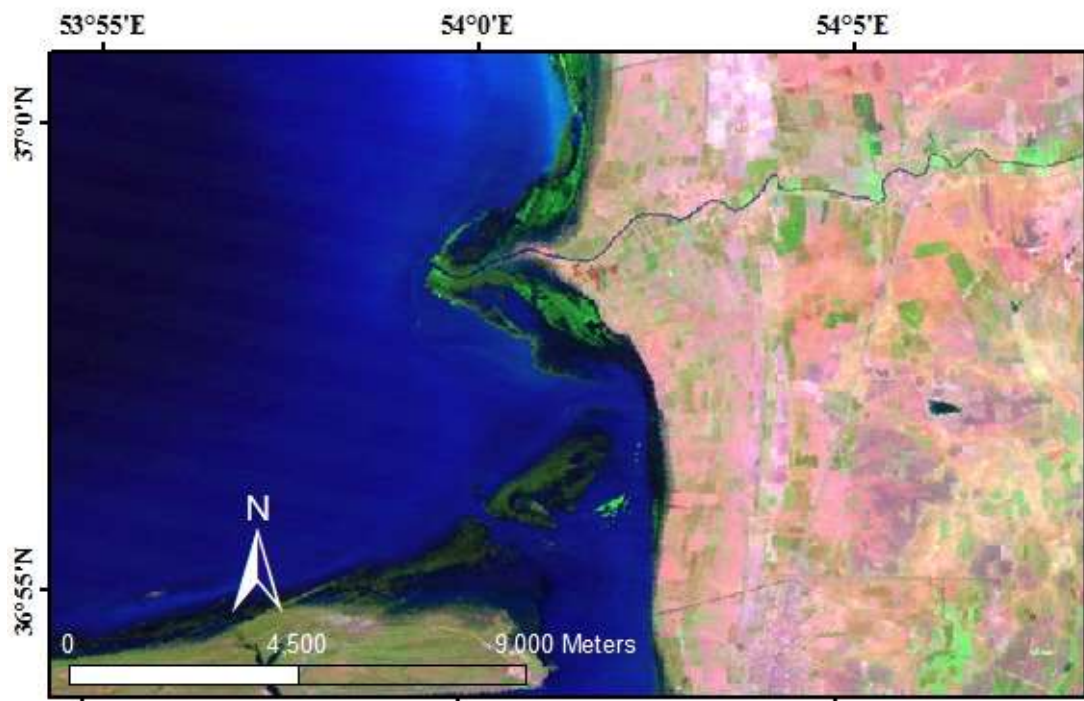


شکل ۷: تصویر سنجنده MSS سال ۱۹۷۵

یابد(شکل ۶). و طی این ۱۸ سال ۲/۳۰ متر ارتفاع سطح آب دریا افزایش نشان می دهد. بر همین اساس پیشروی آب دریا در سواحل ایران ۹۵۰ متر برآورد می شود(مرکز تحقیقات منابع آب دریای خزر، ۱۳۷۹). تصویر سال ۱۹۸۷ مربوط به اواسط دوره روند افزایشی تراز آب دریای خزر می باشد. میانگین سطح آب دریا طی این سال ۲۷/۳۹- متر می باشد و نسبت به سال ۱۹۷۵، بر بالا آمدن ۶۰ سانتیمتری آب دریا دلالت دارد. بررسی برش های عرضی نشان می دهد که با افزایش سطح آب دریا در این سال، کاهش مساحت قاعده دلتای گرگانود به میزان ۰/۲ و ۴ کیلومتر مربع در بازه های جنوبی و شمالی با درصد تغییرات ۱/۳ و ۱۶/۴ درصد نسبت به سال ۱۹۷۵ را شاهد بوده ایم. برش های طولی نیز بر کاهش مساحت قاعده دلتا به میزان ۲ و ۱/۹ در بازه های جنوبی و شمالی با درصد تغییرات حداکثری ۱۴/۷ و ۱۱ درصدی دلالت دارد(شکل ۸).

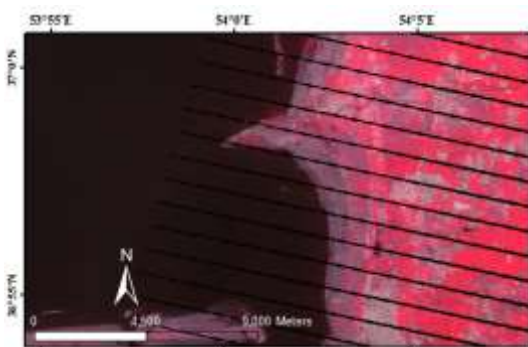
نگاهی به برش های عرضی این دوره به دلیل حداکثر افت سطح آب دریای خزر، افزایش و گسترش قاعده دلتای گرگانود به مساحت ۱۶/۱ کیلومتر مربع در بازه جنوبی و ۲۴/۴ کیلومتر مربع در بازه شمالی را شاهد بوده ایم. در همین زمان طول خط ساحلی در بازه های شمالی و جنوبی به ترتیب ۷۳۵۸ و ۶۴۲۸ متر را نشان می دهد. برش های طولی بازه جنوبی و شمالی سال ۱۹۷۵ از افزایش مساحت قاعده دلتا به ترتیب معادل ۱۳/۶ و ۱۷/۲ کیلومتر مربع حکایت دارد. در سال مذکور طول خط ساحلی در بازه های جنوبی و شمالی به ترتیب ۷۷۳۸ و ۶۰۱۳ متر در محدوده مورد مطالعه محاسبه شده است.

دوره دوم با روند افزایشی تراز آب دریا: از سال ۱۹۷۸ تا ۱۹۹۵ (۱۳۵۷ تا ۱۳۷۴) دوره دوم با روند صعودی و افزایش سطح آب نمایان می شود به نحوی که تراز آب دریا از ۲۸/۶۴- در سال ۱۳۵۶ به ۲۶/۰۸- در سال ۱۳۷۴ افزایش می



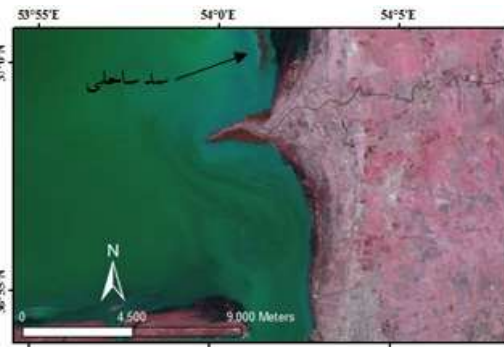
شکل ۸: تصویر سنجنده TM سال ۱۹۸۷

۲۰۱۳ با میانگین سالانه به میزان ۲۶/۵۴- مربوط به دوره سوم با روند کاهش تراز آب دریا می باشد. بررسی برش های عرضی و طولی در دوره مذکور با کاهش و افزایش سطح آب، به ترتیب تغییرات افزایشی و کاهش سطح دلتا طی سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ را نشان می دهد و دلالت بر ارتباط مستقیم مساحت قاعده دلتا با نوسان تراز آب دریا دارد (شکل ۳، ۹ و ۱۰).



شکل ۱۰: تصویر سنجنده ETM سال ۲۰۰۵ سرعت های کمتر از ۵ نات هستند که تأثیری در تولید و رشد امواج ندارند. طی دوره پنجاه و چهارساله آماری، حداکثر سرعت بادهای غالب ماهانه ایستگاه گرگان در خرداد ماه (۲/۹ نات) و حداقل آن در ماه های آبان، آذر و دی (۱/۵ نات) با میانگین سالانه ۲/۵ نات گزارش شده است. در ایستگاه گرگان میانگین فصلی و سالانه جهت باد غالب از راستای غربی است و تنها در فصل پاییز، راستای غالب از دو جهت جنوب و غرب تداوم دارد (شکل ۱۱). همچنین میانگین سالانه حداکثر بادهای سریع به ثبت رسیده در ایستگاه مذکور با سرعت ۶۰ نات و فراوانی حداکثر ۱۳ روز در سال بوده است.

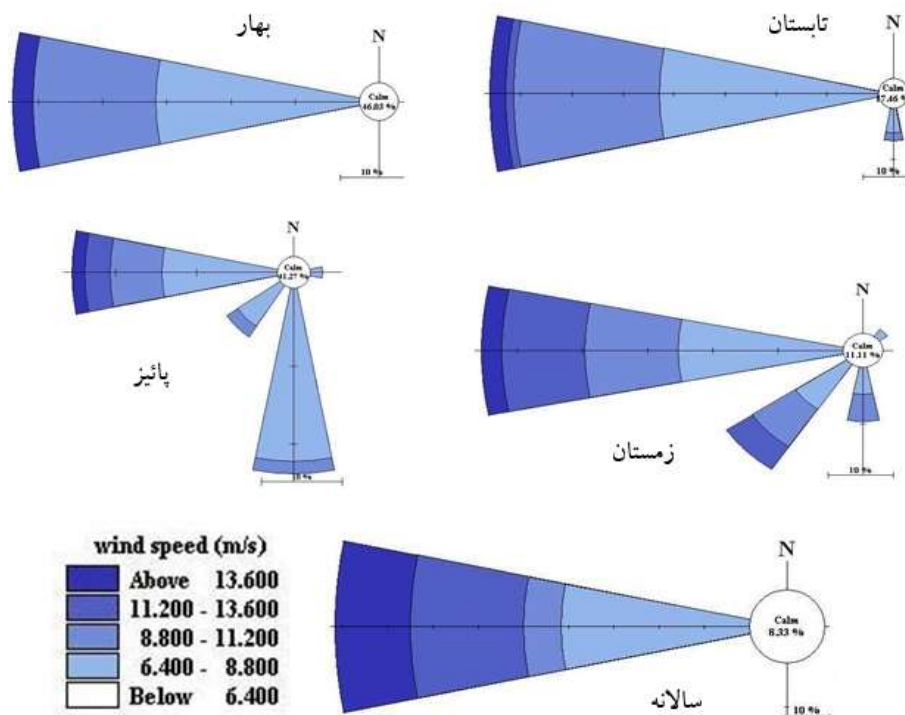
دوره سوم با روند کاهش تراز آب دریا: از سال ۱۹۹۵ (۱۳۷۴) با کاهش تراز آب دریا، روند نزولی و پسروی دریا آغاز می شود که به طور کلی با مختصر نوسانی، این روند نزولی تاکنون نیز ادامه دارد و با کاهش ارتفاع متوسط ۵ سانتیمتری، در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ به ترتیب معادل ۲۶/۴۷- و ۲۶/۵۴- متر رسیده است. سال های ۲۰۰۱ با میانگین سالانه تراز آب دریا معادل ۲۶/۴۵-، ۲۰۰۵ با میانگین سالانه ۲۶/۳۷- و



شکل ۹: تصویر سنجنده ETM سال ۲۰۰۱

باد و نقش آن در ایجاد تغییرات خط ساحلی

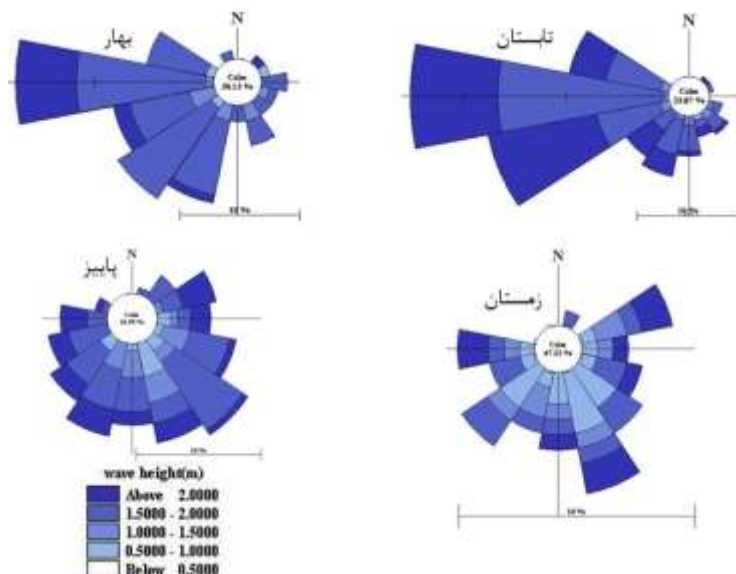
بدون انکار نقش نوسانات سطح آب دریای خزر در ایجاد تغییراتی شگرف بر خط ساحلی، از نقش باد و امواج ناشی از آن در میزان و جهت تغییرات خط ساحلی، نباید غافل ماند. در بررسی ویژگی های باد محدوده مورد مطالعه از آمار ۵۴ ساله باد ایستگاه سینوپتیک گرگان ۱۳۳۴-۱۳۸۸ استفاده شده است. علت انتخاب ایستگاه گرگان به دلیل شباهت اقلیمی و نزدیک بودن ایستگاه مذکور نسبت به محدوده مورد مطالعه بر می گردد. از میانگین کل بادهای مشاهده شده سالانه (۲۴۲۵ بار)، حدود ۶۱/۵ درصد در رده بادهای آرام با



شکل ۱۱: گلبادهای فصلی و سالانه ایستگاه هواشناسی گرگان (سالهای ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۸) ترسیم شده در نرم‌افزار مایک

نمود بیشتری دارد. حداکثر ارتفاع موج در فصل تابستان ۲/۱ متر در جهت غرب و جنوب غرب و میزان وقوع امواج آرام ۲۳/۸۷ درصد است. در فصل پاییز جهت موج غالب جنوبی است که با حداکثر ارتفاع امواج ۲/۱ متر، بیشترین تواتر را نشان می‌دهد. میزان وقوع امواج آرام در این فصل ۳۴/۵۹ درصد است که نسبت به فصل تابستان از افزایش تلاطم و ارتفاع موج برخوردار است. در فصل زمستان، جهت موج غالب جنوب و شرق مشخص شده است. حداکثر ارتفاع امواج در این دو راستا ۲/۲ متر است. میزان وقوع امواج آرام در این فصل بیش از فصول دیگر سال بوده و رقمی برابر با ۶۷/۳۲ درصد را نشان می‌دهد. این مورد بر آرام بودن شرایط دریا نسبت به فصول بهار و پاییز دلالت دارد (شکل ۱۲).

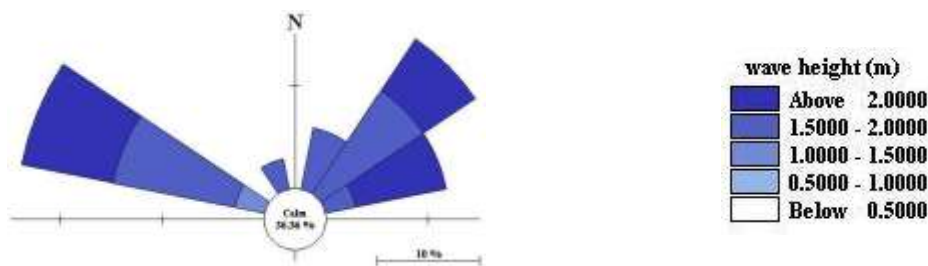
در ادامه جهت مطالعه امواج و نحوه تأثیر آن بر شکل تغییرات خط ساحلی و نحوه توزیع ذرات ماسه در امتداد خط ساحلی، ابتدا گل‌موج‌های محدوده خط ساحلی قاعده دلتای گرگان رود بر اساس آمار سه‌ساله بویه موج‌نگار ایستگاه امیرآباد (۱۳۸۹-۱۳۹۱)، در عمق ۱۵ متری از سطح دریای خزر در نرم‌افزار مایک ترسیم و از طریق آنها فراوانی و ویژگی‌های امواج تحلیل شده است. داده‌های ثبت‌شده در بویه موج‌نگار امیرآباد نشان می‌دهد که در فصل بهار، موج غالب از سمت غرب و بعد از آن جهت جنوب غربی اهمیت دارد. در این فصل حداکثر ارتفاع موج ۲/۱ متر در جهت غربی است و میزان وقوع امواج آرام ۳۸/۱۳ درصد است. در فصل تابستان همانند فصل بهار، جهت موج غالب غربی و پس از آن، جهت جنوب غرب



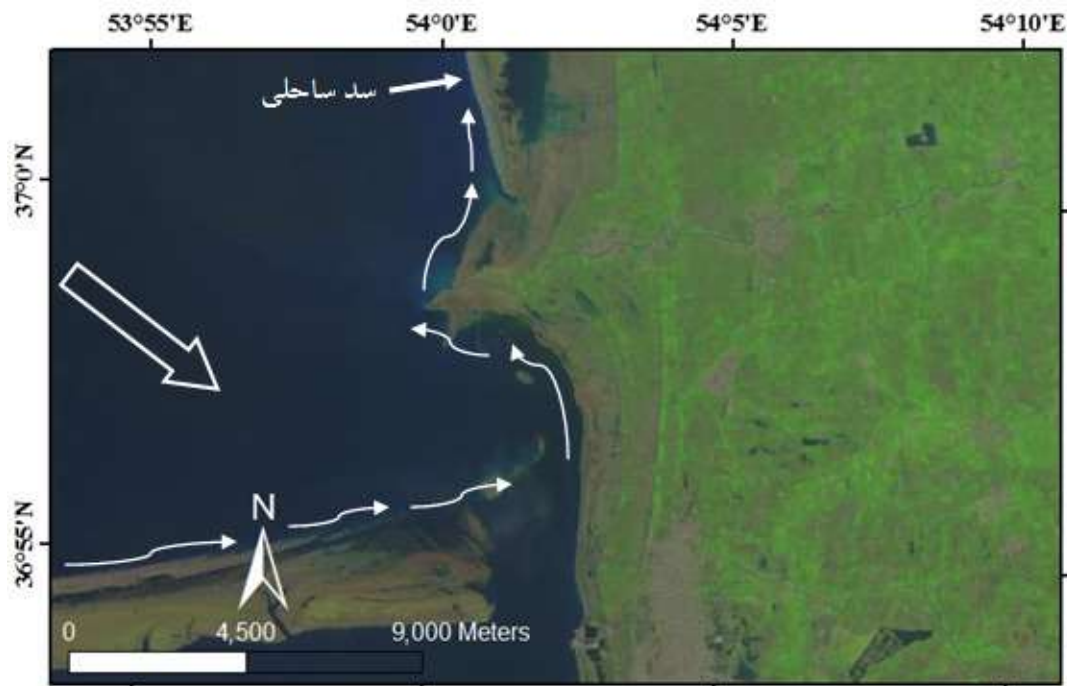
شکل ۱۲: گل موج فصلی بویه موج‌نگار امیرآباد بر حسب متر (سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱)

مورفولوژی خط ساحلی قاعده دلتای گرگانرود و نحوه برخورد و شکست امواج در محدوده خط ساحلی، امواج از قطاع شمال شرق، زاویه ای کمتر از ۳۵ درجه با قاعده دلتا دارند که نمی تواند مشارکتی در تولید و رشد امواج با راستای شمال شرق در قاعده دلتا داشته باشند. لذا تنها راستای غالب امواج، از جهت شمالغربی بوده که سبب تقویت جریان عمومی کرانه راستای غرب به شرق خزر جنوبی شده و در ادامه با تمایل به سمت شمال در محل قاعده دلتای گرگانرود، منجر به توزیع و انتقال رسوب به سمت بازه شمالی می شود. رشد و تکامل سد ماسه ای در بازه شمالی از سال ۱۹۷۵ تاکنون، با آورد و توزیع رسوب در راستای شمالی قابل تفسیر می باشد (شکل ۱۴).

گل موج‌های خروجی نرم‌افزار مایک، براساس اندازه‌گیری امواج در عمق ۱۵ متری از خط ساحلی خلیج گرگان در محل بویه امیرآباد ترسیم شده‌اند. با توجه به انحنای خط ساحلی و با در نظر گرفتن زاویه برخورد امواج با امتداد ساحل، تنها امواجی که با خط ساحلی زاویه ۳۵ درجه و بیشتر ایجاد کنند، می‌توانند در فرایند تولید و رشد امواج شرکت داشته باشند و در خط ساحلی، امواج با زاویه بالای ۲۹۰ تا ۶۰ درجه در این بازه قرار می‌گیرند. به‌همین دلیل امواج سالانه اصلاح‌شده نهایی که در خط ساحلی قابل رؤیت هستند، در شکل ۱۳ آمده است. گل موج ترسیمی بر اساس داده های موج در محل ایستگاه امیرآباد، راستای امواج غالب منطقه را از دو قطاع شمالغرب و شمال شرق نشان می دهد. با توجه به



شکل ۱۳: گل موج سالانه اصلاح‌شده بویه موج‌نگار امیرآباد بر حسب متر (سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱)



شکل ۱۴: تصویر ETM^+ لندست ۸ سال ۲۰۱۳ در محدوده خلیج گرگان

(پیکان توخالی راستای امواج غالب و پیکان های توپر برآیند نهایی رانش جانبی رسوب را نشان می دهند)

ساحلی، بیشتر نمایان می شود. این موضوع با تحقیقات محمدی استاد کلایه و همکاران (۱۳۸۸) مبنی بر تأثیر احداث سد گلستان در جلوگیری از تغییرات مورفولوژی رودخانه در پایین دست برآزش نشان می دهد.

این مورد با بررسی برش های طولی و عرضی در بازه های شمالی و جنوبی و ارتباط آن با داده های نوسان سطح آب دریا به خوبی مشخص می باشد. به نحوی که در سال ۱۹۸۷ با افزایش ۶۴ سانتیمتری تراز آب دریا نسبت به سال ۱۹۷۵، مساحت قاعده دلتا در بازه های شمالی و جنوبی کاهش زیادی نشان می دهد. در ادامه با صعود مجدد تراز آب دریا به میزان ۹۴ سانتیمتر در سال ۲۰۰۱، به طور چشمگیری مساحت قاعده دلتا کاهش می یابد. همچنین احداث سد وشمگیر در سال ۲۰۰۰ و انباشت رسوب پشت سد مذکور، عاملی ثانوی و تأثیرگذار بر کم شدن رسوب ورودی به دریا و کاهش مساحت بازه های مورد

بحث و نتیجه گیری:

بررسی خطوط مستخرج از رقومی سازی تصاویر بر بیشترین میزان تغییرات خط ساحلی قاعده دلتای گرگانرود به سال ۱۹۷۵ دلالت دارد. حجم زیاد تغییرات در این دوره عمدتاً به پایین رفتن سطح آب دریا و تا حدودی به میزان تدارک رسوب رودخانه قبل از احداث سد وشمگیر در ارتباط می باشد. بعد از ایجاد سد وشمگیر، قسمت اعظم رسوبات بالادست حوضه گرگانرود در دریاچه پشت سد رسوب نموده است به نحوی که میانگین سالانه خروجی رسوب ۳/۷ میلیون تن در قبل از احداث سد، کاهش چشمگیری به میزان ۷۳۰ هزار تن در سال را پس از احداث سد مذکور نشان می دهد. در سال ۱۳۷۹ با احداث سد گلستان در بالادست سد وشمگیر، آورد رسوب به مصب گرگانرود کاهش بسیار زیادی داشته است. با کاهش بیش از پیش رسوب ورودی به دریا، نقش برجسته تراز آب دریا در ایجاد تغییرات خط

به خط ساحلی تحت حاکمیت باد و امواج غالب شمالغربی در بیشتر ایام سال، بر حسب اندازه ذرات، با حرکت های جریانی، خزشی یا تعلیق در منطقه شکست امواج به حرکت در می آیند. افزایش مساحت قاعده دلتای گرگانود به سمت شمال با تغییر جهت جریان کرانه راستای ساحلی از جهت غرب به شرق (به موازات شبه جزیره میانکاله) به سمت شمال (در محدوده مصب رودخانه گرگانود) تحت تاثیر امواج برآمده از بادهای شمال غرب، توجیه پذیر می باشد. این نکته با پژوهش انجام گرفته توسط رورده و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر توزیع رسوب محدوده دلتای گرگانود به سمت شمال همخوانی دارد. به عبارتی با رانش جانبی رسوب توسط جریان کرانه راستا در جهت جنوب به شمال، رسوب خروجی رودخانه ی گرگانود به سمت شمال انتقال می یابد و به همین دلیل شاهد توسعه و گسترش قاعده دلتا در بازه شمالی نسبت به بازه جنوبی می باشیم. از طرفی نباید این نکته را نادیده بگیریم که گسترش محیط تالابی در در قسمت شمالی قاعده دلتای گرگانود سبب شده تا این قسمت نسبت به تغییرات تراز آب دریا در مقایسه با بخش جنوبی، بسیار حساس تر باشد (شکل ۱۵).

مطالعه شده است. سپس با افزایش تراز آب دریا به میزان ۸ سانتیمتر در سال ۲۰۰۵، شاهد کمی افزایش در مساحت بازه ها هستیم. با بالا آمدن تراز آب دریا در سال ۲۰۰۵، بایستی شاهد کاهش مساحت بازه ها باشیم که این افزایش ۰/۳ کیلومتر مربعی در بازه شمالی را می توان با آورد رسوب رودخانه گرگانود در مواقع سیلابی و همچنین انتقال عمومی رسوب در خزر جنوبی به سمت شمال، در محدوده قاعده دلتای گرگانود تفسیر نمود. در سال ۲۰۱۳ با کاهش مجدد سطح آب به میزان ۱۷ سانتیمتر، وسعت دلتا به میزان قابل توجهی افزوده شده است. دلیل افزایش مساحت قاعده دلتا در سال ۲۰۱۳، علاوه بر افت سطح آب، با اتصال سد ساحلی در بازه شمالی به قاعده دلتا و افزایش پهنای قاعده دلتا در بازه شمالی، ارتباط مستقیمی دارد. محل قرارگیری سد ساحلی مذکور در تصویر ۲۰۰۱ با فاصله از دهانه گرگانود مشخص می باشد که در تصویر سال ۲۰۱۳ به خط ساحلی در بازه شمالی ضمیمه شده است (شکل ۹ و ۱۴). مقایسه مساحت قاعده دلتا بین بازه های شمالی و جنوبی در برش های عرضی و طولی، از گسترش و توسعه دلتا به سمت شمال حکایت دارد (جدول ۲ و ۱). رسوب انتقالی



شکل ۱۵: وجود محیط های تالابی در شمال رودخانه گرگانود

منابع

- رورده، ه.، لرستانی، ق.، اعتمادی، ف. و ولیخانی، س.، ۱۳۹۲. شبیه‌سازی دینامیک امواج و انتقال ماسه در سواحل دریای خزر (محدوده خلیج گرگان)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۲، ص ۱-۱۸.
- زمانی اکبری، ا. و ملکی، س.، ۱۳۸۹. ارزیابی تغییرات خط ساحلی دریاچه ارومیه طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۹ با استفاده از داده های GIS,RS. همایش ژئوماتیک ۸۹، سازمان نقشه برداری کشور، تهران، ۱۹ تا ۲۰ اردیبهشت ۱۳۸۹.
- لاهیجانی، ح.، توکلی، و. و امینی، ع.، ۱۳۸۶. مورفولوژی دهانه رودخانه های جنوب خزر در شرایط اثر عوامل انسانی و تراز آب، علوم محیطی، سال پنجم شماره ۲، ص ۶۵-۸۶.
- لاهیجانی، ح.، حایری اردکانی، ا.، شریفی، آ. و نادری بنی، ع.، ۱۳۸۹. شاخص های رسوب شناختی و ژئوشیمیایی رسوبات خلیج گرگان، اقیانوس شناسی، سال اول شماره ۱، ص ۴۵-۵۵.
- لرستانی، ق.، ۱۳۹۳. تأثیر هیدرودینامیک دریای خزر بر سازه های دریایی (مطالعه موردی: اسکله صیادی کیاشهر)، اولین همایش علوم جغرافیایی ایران، ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۳.
- محمدی استادکلایه، ا.، فرجی سبکبار، ح.، پهلوان زاده، س. و جعفری، س.، ۱۳۸۸. بررسی نقش سد گلستان بر میزان تغییرات مورفولوژیکی ناشی از سیل ویرانگر شرق استان گلستان. هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز دانشگاه شهید چمران، ۸-۶ بهمن ماه ۱۳۸۸.
- یمانی، م.، لرستانی، ق. و عمادالدین، س.، ۱۳۸۹. ارتباط دینامیک امواج و جهات توزیع ماسه در کرانه دریای خزر (محدوده رودخانه های بابلرود و هراز)، مجله پژوهش های دانش زمین، سال اول، شماره ۴، ص ۶۵-۸۲.
- باقری، ح.، خدابخش، س.، غریب رضا، م. و محسنی، ح.، ۱۳۸۵. بررسی تغییرات خطوط ساحلی ناحیه کیاشهر-دستک (جنوب غربی دریای خزر) در بازه زمانی ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۲ با استفاده از GIS. دومین همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر. ۷ خرداد ۱۳۸۵.
- براحی، ف.، وفايي، ف. و غریب، م.، ۱۳۸۵. بررسی تغییرات خطوط ساحلی دلتای رودخانه جگین با استفاده از GIS، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران. تهران دانشگاه تربیت مدرس، ۲۰-۱۸ اردیبهشت.
- جعفر بیگلو، م.، زمان زاده، م.، یمانی، م. و عمادالدین، س.، ۱۳۹۱. شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر طی کوتاهترین پسون در محدوده رودخانه ی گرگان رود. پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲، ص ۳۳-۵۰.
- خزایی موعانی، س.، نجفی نژاد، ع.، شیخ، و. و محسنی، م.، ۱۳۹۰. تأثیر احداث سد بر روند تغییرات بار رسوبی در رودخانه گرگانرود، استان گلستان، دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. رشت دانشگاه گیلان، ۱۹-۱۷ آبان ماه ۱۳۹۰.
- خوش رفتار، ر.، ۱۳۸۴. تکامل ژئومورفولوژیکی دلتای سفیدرود. رساله دکتری ژئومورفولوژی، استاد راهنما جداری عیوضی، ج. دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، ۲۲۷ صفحه.
- رنجبر، م. و ایرانمنش، ف.، ۱۳۹۰. مورفودینامیک ساحلی و تغییرات دوره ای شمال دریای عمان (تالاب های جزر و مدی سواحل شرقی تنگه هرمز). مجله جغرافیا، فصلنامه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال نهم، شماره ۳۱، ص ۲۳۵-۲۵۴.

- یمانی، م.، عمادالدین، س. و لرستانی، ق.، ۱۳۹۱. فرایندهای مورفودینامیک ساحلی و نقش آن در تحول سدهای ساحلی دلتای رود جگین، مجله پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، سال اول شماره ۱، ص ۶۹-۸۱.
- Albuquerque, M., Espinoza, J., Teixeira, P., Oliveira, A., Corrêa, I. and Calliari, L., 2013. Erosion or Coastal Variability: An Evaluation of the DSAS and the Change Polygon Methods for the Determination of Erosive Processes on Sandy Beaches, Journal of Coastal Research, Special Issue, v. 65, p. 1710-1714.
- Dolan, R., Fenster, M.S. and Holme, S.J., 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion, Journal of Coastal Research, v.7(3), p. 723-744.
- INCO., 1998. TSS-1 Technical Report, Iranian National Center for Oceanography. IR Iran, 15 p.
- Krasnozhan, G.F., Lahijani, H. and Voropayev, G.V., 1999. Sefidrud delta evolution from space images of the Caspian coast of Iran, Earth Research from Space, v. 1, p.105-111.
- Makota, V., Sallema, R. and Mahika, Ch., 2004. Monitoring Shoreline Change using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Kunduchi Area, Tanzania, Western Indian Ocean, Journal of Marine Science, v. 3 (1), p. 1-10.
- Mousavi, S.R., Yadollahi, A.K., Shabanil, M. and Rezaei Pasha, M., 2007. Morphological Changes of Sefidrud Delta, North Iran, Using Remote Sensing & GIS Techniques, Recent Advances in Space Technologies, RAST '07. 3rd International Conference on Istanbul, p. 687 - 691.
- Thi Van, T. and Thi Binh, T., 2008. Shoreline change detection to serve sustainable management of coastal zone in CUU long estuary, International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences.
- Thieler, E.R., Rodriguez, R.W. and Carlo, M., 1995. Beach erosion and coastal development at Rinco'n, Puerto Rico, Shore and Beach, v.63(4), p.18-28.
- یمانی، م.، مقیمی، ا.، معتمد، ا.، جعفریگلو، م. و لرستانی، ق.، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات سریع خط ساحلی به روش تحلیل نیمرخ های متساوی البعد، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۵، شماره ۲، ص ۱-۲۰.