

بررسی توفان گونو و تأثیرات آن بر ژئومورفولوژی خطوط ساحلی دریای مکران با استفاده از سنجش از دور

علیرضا صالحی پور میلانی^۱، کرامت نژاد افزلی^۱ و فاطمه بیاتانی^۲

^۱سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، تهران، ایران
^۲دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۴/۰۱

چکیده

رخداد توفان گونو، با توجه به گستردگی آن، خسارت‌های بسیار زیادی بر سواحل استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان وارد آورد. توفان‌های حاره‌ای به شکل گردبادهای غول‌پیکری چند صد کیلومتری هستند که هوای اطراف را به طرف خود می‌کشند. همین حرکت شتابناک هوا، به صورت باد شدید حس می‌شود و در تصویرهای ماهواره‌ای به شکل حرکت توده‌های ابر (بخار آب) به سمت مرکز یا چشم توفان دیده می‌شود. توفان گونو با سرعتی برابر با ۱۵۰ کیلومتر در ساعت و بارشی در حدود ۲۰۰ میلی‌متر در سواحل دریای مکران، افزون بر به بار آمدن خسارت‌های فراوان، تغییرات ژئومورفولوژیکی فراوانی را در خطوط ساحلی به همراه داشته است. از این رو، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، ETM, TM, LISS III در دوره‌های پیش از توفان و همچنین داده‌های ماهواره‌ای Digital Globe بعد از توفان گونو و مقایسه آنها با یکدیگر، تحولات ژئومورفولوژیکی رخ داده در این مناطق مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نتایج اولیه به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای با بررسی‌های میدانی انجام شده پس از رخداد توفان مطابقت داده شد. این بررسی‌ها نشان‌دهنده تحولات و تغییرات شدید در دهانه خورهای مهمی مانند رود شور، سرگان، کهپر، بیرو بندینی است. همچنین تغییر مسیر رودخانه‌ها در اثر مهاجرت رودپیچ‌های (مناظرهای) رودخانه‌ای و محدوده آبرگفتگی مناطق جلگه‌ای تعیین شد. مقایسه تصاویر، نشان‌دهنده تخلیه حجم بسیار زیادی رسوبات به خلیج‌هایی مانند بزم و چابهار است که می‌تواند در آینده مشکلات زیادی را برای حمل و نقل دریایی و تأسیسات زیربنایی سواحل به وجود آورد.

کلید واژه: گونو، تغییرات ژئومورفولوژیکی، سنجش از دور، سد ساحلی (بربر)، جاسک، چابهار، بزم

*نویسنده مسئول: کرامت نژادافزلی

E-mail: K_afzali2007@yahoo.com

۱- مقدمه

NASA Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ماهواره (JUNE ۴) خرداد ۱۴ تا تاریخ ۱۴ خرداد (JUNE ۷) پرداخته شد. از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی ساحلی دریای مکران (چابهار، جاسک، میناب، بندرعباس و قشم) در دوره زمانی شروع و خاتمه توفان (۱۴ خرداد تا ۲۰ خرداد) به منظور تحلیل داده‌های اقلیمی، تعیین و روندیابی شاخص‌های اقلیمی و تغییرات آن در این دوره زمانی استفاده شد. از داده‌های تکراری ماهواره‌ای (SPOT, IRS LISS III, LANDSAT TM & ETM) در بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی خطوط ساحلی سواحل مناطق مورد مطالعه استفاده شد. با انطباق نتایج به دست آمده از داده مطالعات دفتری و مقایسه آن با مشاهدات میدانی، نسبت به تکمیل این مطالعات اقدام شد.

بلایای طبیعی در طول زندگی بشر به فراوانی رخ داده است. هر ساله هزاران نفر قربانی گردباد، فوران آتشفشان، سیل، خشکسالی، زلزله و رویدادهای مشابه آن می‌شوند. تنها مناطق معدودی در جهان از خطراتی که به فاجعه منجر می‌شوند، مصون هستند. حتی در مکان‌هایی که شرایط زمین‌ساختی، بسیار با ثبات به نظر می‌رسد، زلزله رخ می‌دهد. گردبادها دورترین مناطق را در می‌نوردند و سیلاب‌های ناگهانی حتی خشک‌ترین بیابان‌ها را نیز مورد تاخت و تاز قرار می‌دهند. رخداد توفان گونو با توجه به ایجاد امواجی با ارتفاع بیش از ۵ متر و بارندگی حدود ۱۵۰ میلی‌متر (ایستگاه جاسک) باعث شد که فرایندهای دریایی از جمله امواج و فرایندهای خشکی در قالب رخداد سیلاب‌های شدید، تغییرات ژئومورفولوژیکی زیادی را در نوار ساحلی دریای مکران به وجود آورد. از این رو، با توجه به تغییرات به وجود آمده در این منطقه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تکراری در دوره‌های متفاوت، به بررسی این تغییرات در نوار ساحلی پرداخته شد. با توجه به گستردگی منطقه مورد مطالعه، مناطق خلیج چابهار، خلیج بزم، خور خلاصی و شهر جاسک به عنوان مناطق نمونه این مقاله انتخاب شده‌اند (شکل ۱).

۳- چرخند (سیکلون) حاره‌ای گونو

هر سال افزون بر ۸۰ توفان حاره‌ای در جهان روی می‌دهد. زمان رخداد این توفان‌ها در نیم کره شمالی از فروردین تا مهر و در نیم کره جنوبی از آبان تا اسفند است. چرخندهای حاره‌ای در شمال هند از ۵۵ تا ۹۰ درجه خاوری و ۵ تا ۲۰ درجه شمالی تشکیل و گسترش می‌یابند (Webster et al., 2005). در این منطقه دو نوع چرخند فصلی به نام‌های چرخند پیش‌موسمی (premonsoon) در ماه می و دیگری چرخند پس‌موسمی (post-monsoon) در ماه‌های اکتبر تا نوامبر شکل می‌گیرد. برخی چرخندها در مرحله انتقالی ماه‌های ژوئن تا سپتامبر شکل می‌گیرند (Fritz et al., 2008). توفان گونو یکی از قوی‌ترین چرخندهای حاره‌ای است که تا به حال در دریای مکران اتفاق افتاده است. چرخند حاره‌ای گونو از نوع پیش‌موسمی است که در سال ۲۰۰۷ از منطقه همرفتی پایدار در خاور دریای مکران منشأ گرفته است (Fritz et al., 2007). این سامانه در ۲ ژوئن در ۷۲۰ کیلومتری جنوب خاوری بمبئی و هند تقویت شد. در ۳ ژوئن این چرخند گسترش یافت و سرعت باد از ۲۶۲ کیلومتر

۲- مواد و روش‌ها

با توجه به اهمیت بسیار زیاد موضوع و ضرورت بررسی همه جانبه این پدیده از دیدگاه مدیریت و ژئومورفولوژی ساحلی و تأثیرات آن بر محیط انسانی، گروه ژئومورفولوژی و مورفودینامیک سواحل و دریای مدیریت زمین‌شناسی دریایی سازمان زمین‌شناسی کشور، به بررسی آن پرداخت. در این پژوهش، افزون بر استفاده از داده‌های ماهواره‌ای تکراری، مطالعات کتابخانه‌ای، تحلیل‌های آماری (اقلیم‌شناسی) و انجام مطالعات میدانی در کل منطقه آسیب‌دیده، به بررسی دقیق‌تر این پدیده و آثار آن بر این مناطق پرداخته شد. در این تحقیق ابتدا به تشریح چرخند (سیکلون) حاره‌ای، اجزای تشکیل‌دهنده آن، ساز و کار شکل‌گیری پرداخته شده است. سپس با استفاده از داده‌های

بازه زمانی از طریق یک ADCP که در ژرفای ۳۰ متری در چابهار جانمایی شده است، در دسترس است. شکل ۴ سری زمانی ارتفاع موج شاخص و دوره بیشینه امواج ثبت شده را طی توفان گونو نشان می‌دهد. امواج از بیشینه ارتفاع موج شاخص در حدود ۴/۲ متر با دوره متناظر ۱۰ ثانیه برخوردار بوده‌اند.

۴-۳. سیلاب‌های رودخانه‌ای

با توجه به آمارهای موجود در جدول ۱، میزان بارش ایستگاه‌های ساحلی در این دوره بسیار زیاد است به گونه‌ای که مجموع بارش در زمان رخداد توفان گونو، در ایستگاه چابهار ۱۰۸/۶، جاسک ۱۶۰/۸، است (نمودار ۱ و جدول ۱). با در نظر گرفتن این مسئله که میانگین بارش سالانه در شهر چابهار ۱۱۳/۸۲ میلی‌متر است (صالحی پور، ۱۳۸۶)، رخداد این میزان بارش (۱۰۸/۶ میلی‌متر) در طی ۳ روز، تقریباً معادل کل بارش یک سال در این ایستگاه است (نمودار ۱). حجم بارش زیاد، نزدیکی رشته کوه‌های مکران به خط ساحلی و همچنین سازند تشکیل دهنده رسوبات منطقه که عمدتاً مارن بوده و نفوذپذیری کمی دارد، در مدت زمان کمی از آغاز بارندگی، رخداد سیلاب‌های سهمگین و طغیانی شدن رودخانه‌ها را به دنبال داشته است. ورود این حجم زیاد سیلاب، دشت‌های سیلابی منطقه را به طور کامل به زیر آب برده و در مصب رودخانه‌هایی که به دریا می‌ریزند، تغییرات بسیار شدیدی در ژئومورفولوژی آن ایجاد و خسارت‌های شدیدی را به راه‌های ارتباطی و تأسیسات ساحلی این مناطق تحمیل کرده است (شکل ۳).

۵- تأثیر توفان گونو بر تغییرات ژئومورفولوژیکی پهنه‌های ساحلی دریای عمان

۵-۱. تغییرات خط ساحلی در خلیج چابهار

• **سد ساحلی (بربر) رودخانه شور:** در این محل میزان مواد معلق حمل شده توسط جریان‌های آبی، بسیار کم است و می‌توان گفت رسوبات رودخانه‌ای سهم بیشتری در مواد تشکیل دهنده سد ساحلی دارند. همان‌گونه که در شکل ۱۰ از عکس هوایی ۱۳۳۶ مشاهده می‌شود، سد ساحلی در دهانه رودخانه شور هنوز شکل کاملی به خود نگرفته است و به صورت جزایر ماسه‌ای پراکنده، در منطقه کرانه نزدیک شکل گرفته است، در این زمان ارتباط بین خلیج دهانه‌ای و دریا برقرار بوده و به طور مستقیم تحت تأثیر فعالیت‌های کشنده قرار می‌گیرد. پهنه‌های کشنده در پشت این جزایر ماسه‌ای در حال شکل‌گیری هستند. پس از گذشت یک دوره ۳۲ ساله تغییرات قابل توجهی دیده می‌شود، با توجه به تصاویر ماهواره‌ای لندست TM در سال ۱۳۶۷ (شکل ۹) یک سد ساحلی به طور کامل شکل گرفته است و به دنبال آن ارتباط ساحل با دریا به طور مستقیم قطع شده است و تنها از طریق خروجی به وجود آمده در بخش شمالی آن با دریا ارتباط برقرار می‌شود. در پشت این سد ساحلی، نیز یک پهنه کشنده کامل شکل گرفته است. در عکس هوایی سال ۱۳۷۲، این سد ساحلی رو به کامل شدن است. مواد رسوبی حمل شده توسط رودخانه، در برخورد با سد ساحلی رسوب‌گذاری قابل توجهی دارد و بقیه آن را از سد ساحلی خارج می‌کند. در این دوره، عرض سد ساحلی به تدریج افزایش یافته است. در سال ۱۳۸۰ شاهد تغییرات قابل توجهی در دهانه لاگون هستیم، که انحراف شدیدی یافته است. در سال ۲۰۰۵ انحراف قابل ملاحظه‌ای در دهانه سد ساحلی مشاهده می‌شود (شکل ۱۲) (صالحی پور، خیری ۱۳۸۴). شکل ۱۳ وضعیت سد ساحلی رودخانه شور را پس از توفان گونو نشان می‌دهد، همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود سیلاب‌های ناشی از توفان گونو در منطقه از یک سو و هجوم امواج ساحل از سوی دیگر باعث تغییر مورفولوژی سد ساحلی شده است. در نقطه‌های A, B, C سد ساحلی رودخانه شور از بین رفته و ارتباط مستقیم با دریا پیدا کرده است.

• **سد ساحلی رودخانه پارک:** با توجه به عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۶ (شکل ۱۴) در مصب رودخانه پارک یک سد ساحلی کامل شکل گرفته، مسیر آن خاوری-باختری

در این روز به حدود ۴۷۵ کیلومتر در ۴ ژوئن در خاور دریای مکران رسید. سپس با نزدیک شدن تدریجی به سواحل عمان و مکران، به علت کم شدن دمای آب و خشک‌تر شدن هوا ضعیف شد. این سامانه در ۶ و ۷ ژوئن به سمت شمال و شمال باختری و ایران تغییر مسیر داد. سرعت توفان گونو در سواحل دریای مکران ایران، حدود ۲۰ کیلومتر در ساعت بود که طی ۵۰ سال گذشته در این منطقه بی‌سابقه بوده است، اما باد ناشی از آن بیش از ۲۰۰ کیلومتر در ساعت سرعت داشت و در جنوب خاوری ایران با بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت با سواحل برخورد کرد (شکل ۲).

۴- فرایندهای مؤثر بر تغییرات ژئومورفولوژی سواحل در زمان توفان گونو

سواحل، پهنه بسیار پر تحرکی هستند که از سویی تحت تأثیر فرایندهای مربوط به آب‌ها و دریاها (هیدرودینامیک آب‌ها) قرار دارند و از سوی دیگر، فرایندهای حاکم بر محیط‌های خشکی به طور مستقیم و غیرمستقیم بر نحوه شکل‌گیری و تحولات آن تأثیرگذار هستند. شرایط اقلیمی حاکم بر مناطق ساحلی نیز در ارتباط با فرایندهای شکل‌زایی و شرایط زیستی نقش تعیین‌کننده‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیکی سواحل دارند، از سوی دیگر، حضور انسان در محیط ساحلی و بهره‌برداری از این محیط، موجب تغییر چشم‌اندازهای ساحلی می‌شود.

بر این اساس، منطقه ساحلی به‌عنوان یک منطقه کشمکش و تعارض میان فرایندهای مختلف دریایی، خشکی و اقلیمی شناخته می‌شود (زمردیان، ۱۳۸۳). از این رو، در مطالعه عوامل مؤثر بر تحولات ژئومورفولوژیکی در پهنه ساحلی در زمان توفان گونو، لازم است که این فرایندها مورد بررسی قرار گیرد.

۴-۱. باد

باد ناشی از توفان گونو، بیش از ۲۰۰ کیلومتر در ساعت سرعت داشت و در جنوب خاوری ایران با بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت با سواحل برخورد کرد، که در ۵۰ سال گذشته در این منطقه بی‌سابقه بوده است. برخورد امواج با خطوط ساحلی دریای مکران، باعث تغییراتی در مورفولوژی ساحلی همچون سدهای ساحلی، خورها و دریاچه‌های منطقه شد.

تغییرات سمت و سرعت باد نیز قابل توجه است. فراوانی سمت باد در ایام ۱ و ۲ ژوئن، اغلب جنوبی بود که پس از آن به سمت جنوب خاوری تغییر جهت داده و در روزهای پایانی بازه زمانی به سمت جنوب باختری نوسان کرد. سرعت باد نیز تا روز ۶ ژوئن روند افزایشی داشته و کاهش بعد از آن قابل مشاهده و واضح است.

۴-۲. امواج

• **ویژگی‌های موج در توفان گونو:** این نکته به این دلیل با اهمیت است که ارتفاع مربوط به شرایط امواج ایجاد شده توسط این توفان‌ها، به نحو چشمگیری با فاصله از مرکز توفان کاهش می‌یابد. به طور کلی، توفان‌ها، مایل به حرکت در جهت باختر به سمت عمان یا چرخش دوباره به سمت شمال و حرکت به سمت پاکستان و هند هستند. توفان‌ها در فواصل نزدیک به ایران (کمتر از ۳۰۰ کیلومتر) نسبتاً کمیاب هستند. با توجه به مجموعه داده‌ها دو دوره مشخص برای رخداد این توفان‌ها قابل مشاهده است، یکی در فاصله ماه‌های مه تا ژوئیه و دیگری از سپتامبر تا نوامبر. از آنجا که پادهای موسمی جنوب‌باختری در طول ماه‌های تابستان برجسته می‌شود، پتانسیل تشکیل توفان‌های استوایی کاهش می‌یابد.

سازمان هواشناسی هند، مجموعه‌ای گسترده از مسیر توفان‌های استوایی را در فاصله سال‌های ۱۸۷۷ تا ۱۹۷۰ تدوین کرده است. شکل ۲ مسیرهای تاریخی توفان‌های استوایی را نشان می‌دهد. تعدادی توفان استوایی شدید به محدوده دریای مکران وارد و امواج بلند آنها خطوط ساحلی ایران را تحت تأثیر قرار داده‌اند (Wang and Zhao, 2008). این وقایع شامل توفان‌هایی در بازه‌های زمانی زیر بوده‌اند: ژوئن ۱۸۸۹، ژوئن ۱۸۹۰، مه ۱۸۹۸ و آوریل ۱۹۰۱. اندازه‌گیری‌های موج برای این

یک انحنای رودپیچ مانند به خلیج پزم می‌ریزد. بر اثر افزایش آبدهی ورودی به این رودخانه در زمان رخداد توفان گونو و هجوم امواج به سدهای ساحلی، تعریض دهانه رودخانه و از بین رفتن سد ساحلی در مصب آن رخ داده و این امر با قطع زبانه ماسه‌ای آن همراه بوده است. حجم بسیار زیاد رسوب ورودی به این خلیج در شکل ۲۷ به خوبی قابل مشاهده است. حجم بسیار بالای رسوب ورودی به این خلیج و عدم تخلیه کامل آن توسط جریان‌های موجود، می‌تواند در آینده باعث تغییر در توپوگرافی بستر شده و مشکلات بسیاری را در کشتیرانی در این خلیج به وجود آورد، از آن جمله می‌توان به تأثیر بر تغییر کاربری اسکله پزم اشاره کرد. منطقه A در شکل ۲۸ نشان‌دهنده آب‌گرفتگی اراضی این منطقه و تبدیل آن به یک دشت سیلابی (پزم) و تأسیسات نظامی پایگاه دهم شکاری چابهار و پایگاه دریایی سپاه) است. همان گونه که در شکل‌های ۲۸ و ۲۹ مشاهده می‌شود، بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و جنس آنها در این منطقه باعث ادامه آبگرفتگی‌ها برای مدت طولانی است.

• **رودخانه کهر:** شکل‌های ۳۰ و ۳۱، وضعیت مصب رودخانه کهر را قبل و بعد از رخداد توفان گونو نشان می‌دهند. همان گونه که در شکل ۳۱ نشان داده شده است، مصب رودخانه کهر نسبت به زمان قبل از توفان، تعریض شده و سد موجود در دهانه آن از بین رفته است. حجم بار معلق موجود در خلیج پزم، در نتیجه ورود مقدار زیاد رسوبات رودخانه کهر به میزان قابل توجهی در این منطقه مانند رودخانه سرگان افزایش یافته است، که این رسوب ورودی در اثر جریان‌های دریایی، در جهت پادساعتگرد در ضلع شمالی دماغه رأس الراشدی تجمع یافته است.

۳-۵. خور لوپ

شکل‌های ۳۲ و ۳۳، خور لوپ را قبل و بعد از رخداد توفان گونو نشان می‌دهند. خور لوپ بر روی رودخانه سدیح در خاور جاسک قرار گرفته است. در این شکل‌ها کاهش عرض سد ساحلی در اثر فرسایش رودخانه‌ای این منطقه دیده می‌شود و دهانه ورودی نقاط A, B, C خور نیز پهن شده است.

۴-۵. شهر جاسک

شکل‌های ۳۴ و ۳۵، شهر جاسک را قبل و بعد از توفان گونو نشان می‌دهد. همان گونه که در تصاویر زیر مشاهده می‌شود، آبگرفتگی شدید در محدوده شهر جاسک، به علت بالا آمدن سطح آب دریا در بخش خاوری شهر، به دلیل هجوم امواج به این منطقه رخ داده است. خور جاسک که از شمال این شهر می‌گذرد، به دلیل بالا آمدن سطح آب دریا، سبب آبگرفتگی بخش باختری شهر شده است، اما تغییر قابل توجهی را از نظر ژئومورفولوژیکی در این منطقه ایجاد نکرده است. نکته دیگری که در این شکل‌ها قابل توجه است، ورود حجم بسیار زیاد بار رسوبی معلق به دریا است که این حجم رسوب را می‌توان به خوبی در مقایسه این دو شکل مشاهده کرد (شکل‌های ۳۴ و ۳۵). این رسوبات حاصل تخلیه بار رسوبی رودخانه‌های جگین، گابریک و سدیح در خاور شهر چابهار هستند که به دلیل خاوری-باختری بودن مسیر جریان‌های دریایی در این منطقه، به این منطقه وارد شده‌اند. از آنجا که جهت اغلب پادها در توفان گونو در این منطقه خاوری-باختری بوده است، بیشترین خسارت‌ها به بخش خاوری شهر، در محل اسکله سپاه وارد شده است.

۶- نتیجه‌گیری

- عامل اصلی در تغییرات ژئومورفولوژیکی در منطقه مورد مطالعه، در درجه اول حجم بسیار زیاد سیلاب حاصل از بارندگی و در درجه بعد امواج است.
- احداث بند خاکی پارک و تأثیر آن بر تغییرات ژئومورفولوژیکی سد پارک را می‌توان نمونه بارزی از آنتروپوژن ژئومورفولوژی در این منطقه دانست.
- چون بارندگی در منطقه، اغلب رگباری است و سازندهای زمین‌شناسی نیز عموماً نفوذ ناپذیری بسیار کمی دارند، در هر بارش امکان رخداد سیلاب در منطقه وجود دارد. ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه و فقر پوشش گیاهی نیز به این امر کمک کرده

و در جهت حرکت جریان‌های آبی خلیج چابهار قرار دارد. در پشت این سد ساحلی، یک پهنه کشتندی وجود دارد و دهانه خروجی آن در انتهای خاوری آن تخلیه رودخانه را در فصل‌های بارندگی بر عهده دارد و از این طریق خلیج‌های دهانه‌ای آن تحت تأثیر فعالیت کشتندی قرار می‌گیرد. در تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۶۷ (شکل ۱۵)، تغییرات زیادی مشاهده می‌شود و می‌توان بسته شدن کامل این سد ساحلی در محل خروجی سابق خود را مشاهده کرد و خلیج دهانه‌ای که قبل از آن شکل گرفته بود، ارتباطش با دریا قطع و تغذیه آنها تنها از طریق آب‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد. البته این مسئله منحصر به فصل‌های خشک سال است و دهانه جدیدی بر روی این سد ساحلی شکل گرفته است که با افزایش میزان آورد آبی و رسوب رودخانه در فصل‌های بارانی، وظیفه تخلیه آب‌ها و رسوب‌های آن را بر عهده دارد. در سال ۱۳۸۴ خروجی رودخانه به‌طور کامل بسته شده است (شکل ۱۶) (صالحی پور و خیری، ۱۳۸۴). در طی چند سال گذشته بند پارک در شمال جاده چابهار کنارک بر روی این رودخانه احداث شد و این امر باعث کاهش فعالیت‌های فرسایشی رودخانه پارک در مصب رودخانه، و از سوی دیگر فعالیت امواج در این منطقه باعث رسوب‌گذاری زیاد، نسبت به حفر در مصب این رودخانه شده و پس از مدتی دهانه رودخانه بسته شده و خلیج دهانه‌ای این رودخانه ارتباط خود را با دریا از دست داده است. در پشت این سد ساحلی یک کانال کشتندی مسدود شکل گرفته است. بعد از رخداد توفان گونو، بند خاکی پارک بر روی این رودخانه تخریب شده است (شکل ۱۸) که نتیجه آن از بین رفتن سد خاکی است که مانع ورود مستقیم سیلاب به دهانه خروجی رودخانه می‌گردید. با ورود حجم بسیار زیاد سیلاب به سمت دهانه رودخانه و هجوم امواج در زمان رخداد توفان گونو در این منطقه شاهد باز شدن دوباره این دهانه و ارتباط یافتن این کانال کشتندی با دریا هستیم که ماهیت آن به یک کانال کشتندی تغییر می‌یابد.

• **سد ساحلی رودخانه کنارک:** رودخانه کنارک در چهار دوره زمانی بررسی شد. شکل ۲۰ تصویر ماهواره‌ای از سد ساحلی رودخانه کنارک پیش از توفان گونو در سال ۱۳۸۴ نشان می‌دهد و شکل ۲۱ تصویر ماهواره‌ای منطقه کنارک بعد از رخداد توفان گونو را نشان می‌دهد. همان گونه که در این تصویر مشاهده می‌شود، در این منطقه دهانه رودخانه کنارک گسترش یافته است. آبدهی بسیار زیاد این رودخانه در بارندگی‌های شدید از یک سو و بالا بودن ارتفاع امواج از سوی دیگر، باعث گسترش دهانه این رودخانه شده است. نکته دیگر، آب‌گرفتگی زمین‌ها است که در بخش جنوبی تصویر و در کنار سواحل کنارک و شهرک صنعتی کنارک به خوبی قابل مشاهده است. محل احداث شهرک صنعتی کنارک در پهنه‌های کشتندی قدیمی رودخانه کنارک است و حتی بعضی از ساختمان‌های احداث شده این منطقه، در مجاورت منطقه کشتندی کنونی قرار گرفته است. از این رو، با افزایش آبدهی رودخانه کنارک، این منطقه به سرعت تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد. بعد از رخداد توفان گونو بسیاری از کارخانه‌های احداث شده در این شهرک، تحت تأثیر این آب‌گرفتگی قرار گرفته و خسارت‌های زیادی به آنها وارد آمده است.

۲-۵. خلیج پزم

خلیج پزم در فاصله حدود ۱۰ کیلومتری باختر خلیج چابهار و در انتهای باختری پادگانه ساحلی کنارک با ۱۸ کیلومتر طول واقع است. بیشترین طول خلیج پزم ۱۲/۵ کیلومتر و آخرین نقطه ساحل آن از آب‌های آزاد دریای عمان حدود ۵ کیلومتر است. پادگانه‌های کنارک در خاور و گوردیم در باختر این خلیج واقع شده است. ژرفای دهانه ورودی آن حدود ۱۱ متر و میانگین ژرفای آن حدود ۵ متر است. در این خلیج تغییراتی در دهانه رودخانه‌های ورودی به این خلیج و تجمع سیلاب در این منطقه رخ داده است (شکل‌های ۲۴ و ۲۵).

• **سد رودخانه سرگان:** شکل ۲۶ وضعیت دهانه کانال کشتندی سرگان را پیش از توفان گونو نشان می‌دهد. همان گونه که در این تصویر مشاهده می‌شود، دهانه رودخانه با

است. از این رو، انجام مطالعات زیر می‌تواند در این راه سودمند باشد:
 الف) استفاده از شواهد تراکم / فرسایش همراه با سدهایی مانند موج‌شکن‌ها
 ب) محاسبه انتقال رسوب، مثلاً بر اساس برآورد انرژی موج
 ج) استفاده از ردیاب‌ها مانند رنگینه‌ها، رادیواکتیو یا ذرات فلورسنت
 د) استفاده از تله‌های رسوب‌گیر

سپاسگزاری

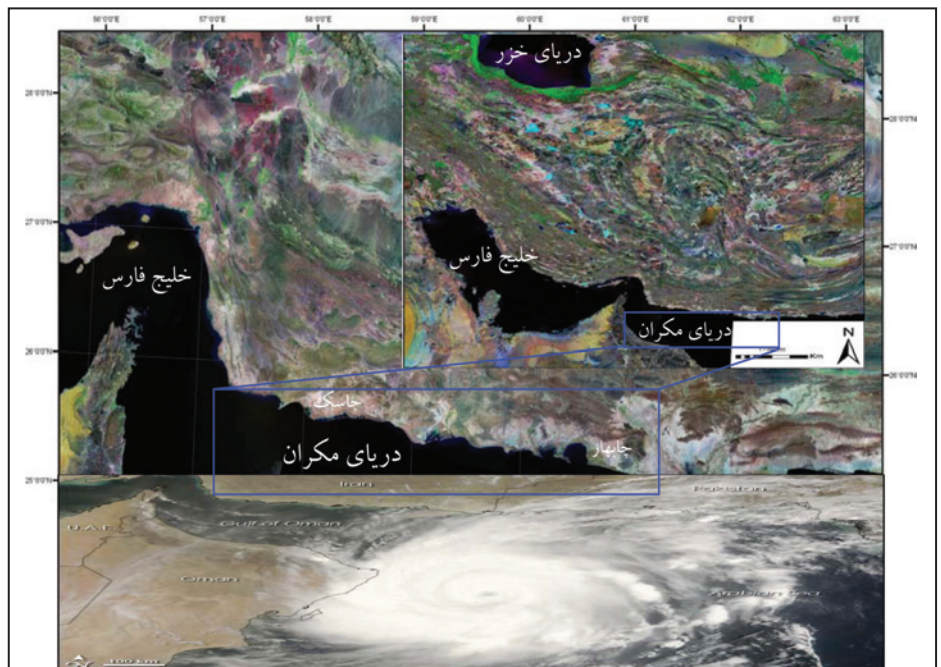
از مدیر محترم وقت زمین‌شناسی دریایی جناب آقای مهندس سعدالدین و همچنین خانم دکتر لک که بدون حمایت‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزنده ایشان انجام این پژوهش ممکن نبود، سپاسگزاری می‌شود.

و از این رو، به جرأت می‌توان گفت که نسبت بین بارش‌های ۲۴ ساعته رخداد سیلاب در ناحیه مکران بیشتر از هر جای دیگر ایران است. از این رو، بارش‌های منطقه به دلیل این عوامل، باعث به وجود آمدن سیلاب‌های شدیدی در منطقه مورد مطالعه، بعد از توفان گونو شده و نتیجه آن تغییرات بسیار شدید در پهنه ساحلی است. - تغییرات توپوگرافی زیر دریا به تفسیر شکل‌های ساحلی مربوط می‌شود. از این رو، بررسی جامع توپوگرافی بستر دریا بویژه در نزدیکی مناطق ساحلی، می‌تواند در پیش‌بینی تحولات خطوط ساحلی مؤثر باشد.

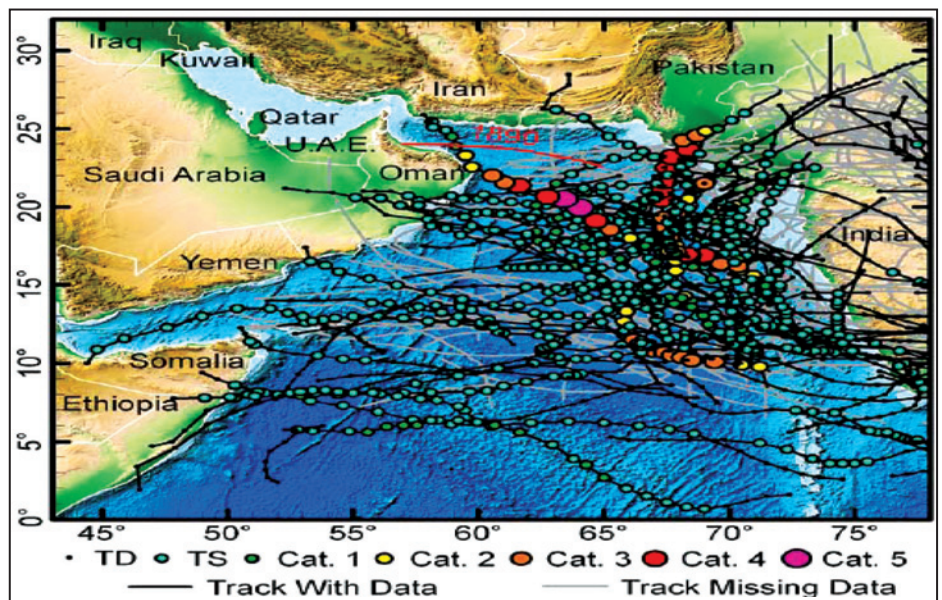
در سواحل ماسه‌ای، روندهای فرسایشی و رسوبی معاصر اغلب بر رسوب فرسایش، حمل و رسوب‌گذاری، جهت‌های رانش مربوط و تأثیر آنها بر شکل ساحل متمرکز



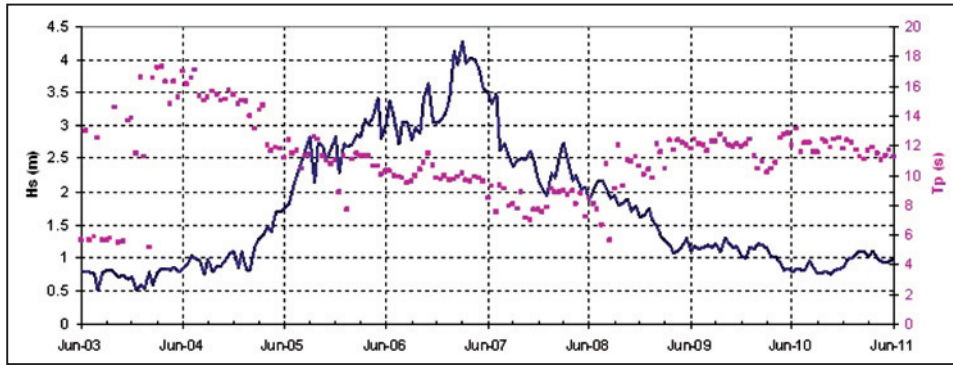
شکل ۳- خسارت‌های ناشی از توفان گونو بر تأسیسات ساحلی و مناطق مسکونی سواحل دریای مکران



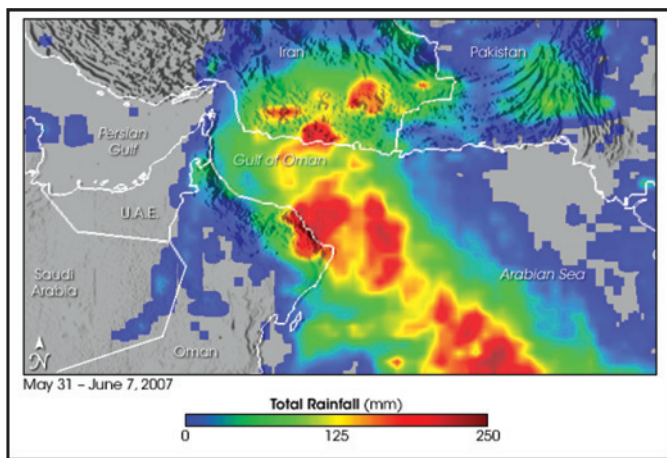
شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای از محدوده مورد مطالعه



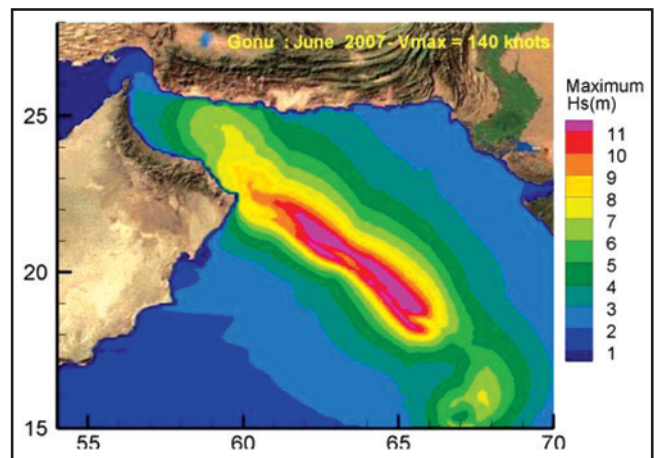
شکل ۲- مسیر توفان‌های حاره‌ای اقیانوس هند و مسیر حرکت توفان گونو (Fritz et al., 2009)



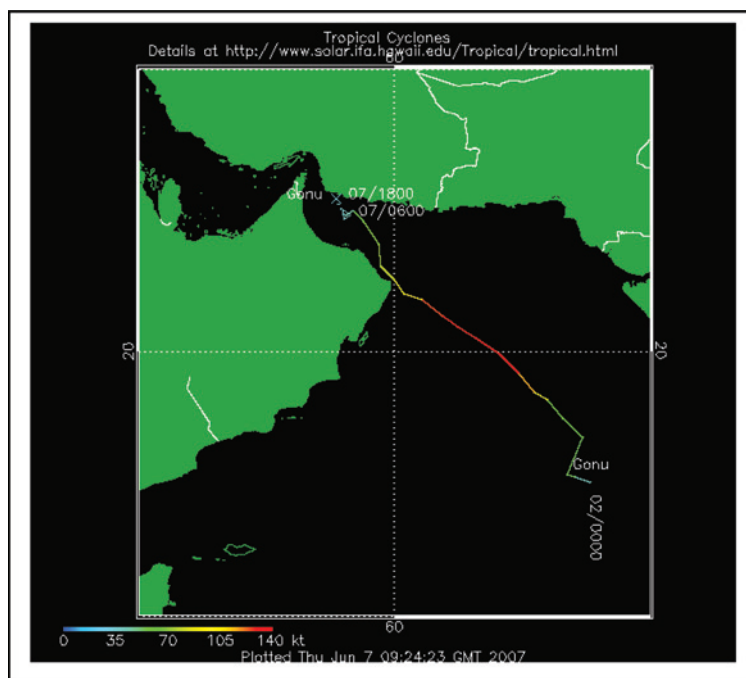
شکل ۴- سری زمانی ارتفاع موج شاخص و دوره پیشینه امواج ثبت شده (سازمان بنادر، ۱۳۸۷)



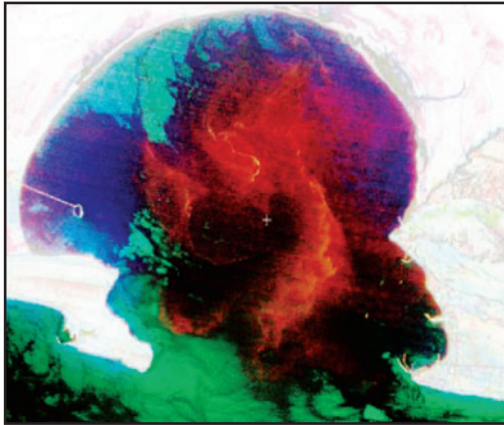
شکل ۶- میزان بارش توفان استوایی گونو



شکل ۵- ارتفاع موج شاخص در شبیه سازی (سازمان بنادر، ۱۳۸۷)



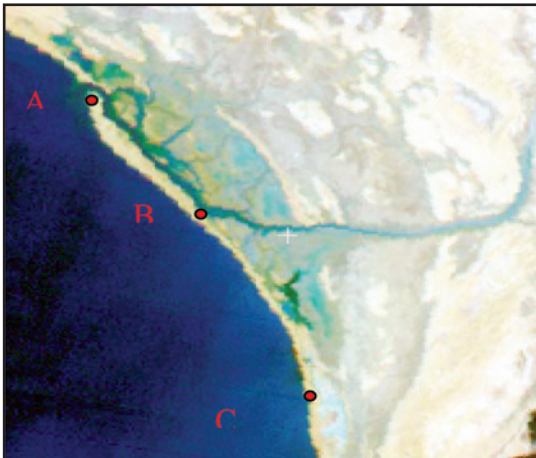
شکل ۷- مسیر توفان استوایی گونو



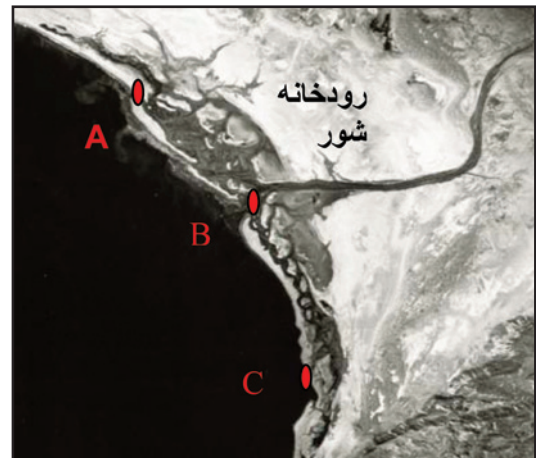
شکل ۹- جریان‌های دریایی در خلیج چابهار



شکل ۸- محدوده مورد مطالعه در خلیج چابهار



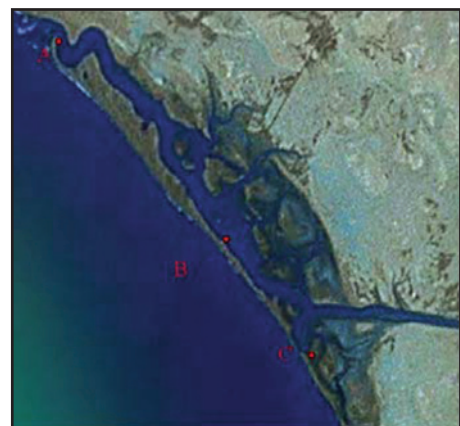
شکل ۱۱- سد ساحلی رود شور در تصویر ماهواره لندست سال ۱۳۶۷



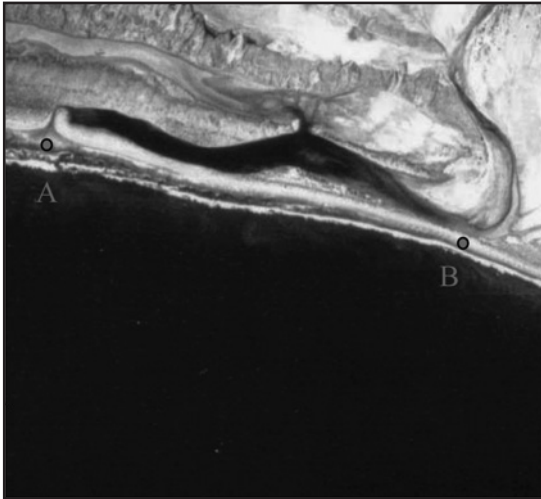
شکل ۱۰- عکس هوایی از سد ساحلی رود شور ۱۳۳۶



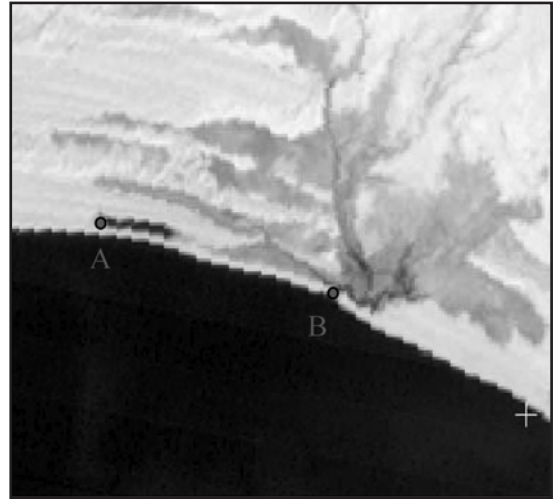
شکل ۱۳- تصویری از سد ساحلی رود شور بعد از توفان گونو



شکل ۱۲- تصویری از سد ساحلی رود شور در سال ۱۳۸۴



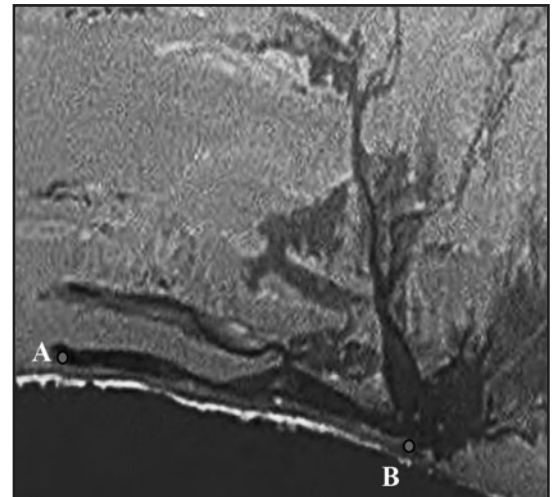
شکل ۱۵- سد ساحلی رود شور در سال ۱۳۶۷



شکل ۱۴- سد ساحلی رود پارک در سال ۱۳۳۶



شکل ۱۷- کانال کشتندی مسدود رود پارک



شکل ۱۶- سد ساحلی رود شور در سال ۱۳۸۴



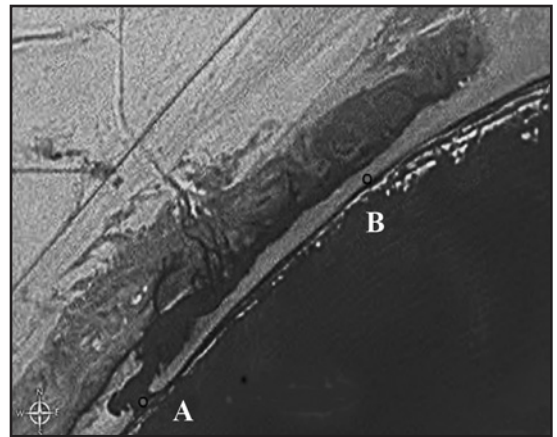
شکل ۱۹- سد ساحلی رود شور بعد از توفان گونو



شکل ۱۸- تخریب بند خاکی پارک توسط سیلاب



شکل ۲۱- سد ساحلی رود کنارک بعد از رخداد توفان گونو



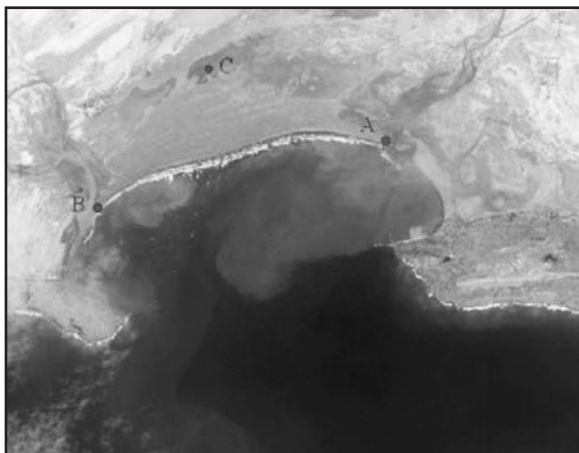
شکل ۲۰- سد ساحلی رود کنارک در سال ۱۳۸۴



شکل ۲۳- تأثیر بالا آمدن سطح آب دریا در و سیلاب در شهرک صنعتی کنارک



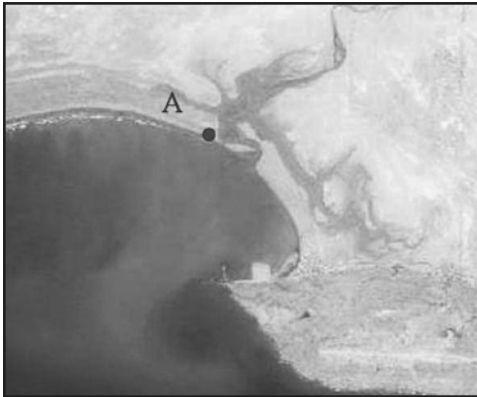
شکل ۲۲- پهنه‌های سیلابی اطراف شهر کنارک



شکل ۲۵- خلیج بزم بعد از رخداد توفان گونو



شکل ۲۴- خلیج بزم قبل از رخداد توفان گونو



شکل ۲۷- سد ساحلی رودخانه سرگان بعد از وقوع طوفان گونو



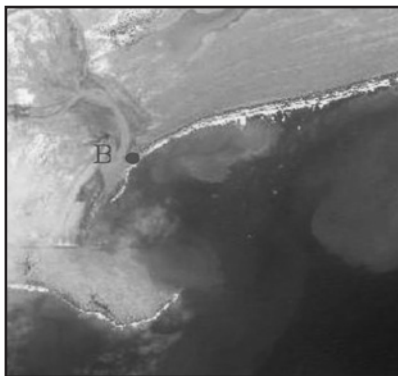
شکل ۲۶- سد ساحلی رودخانه سرگان پیش از رخداد طوفان گونو



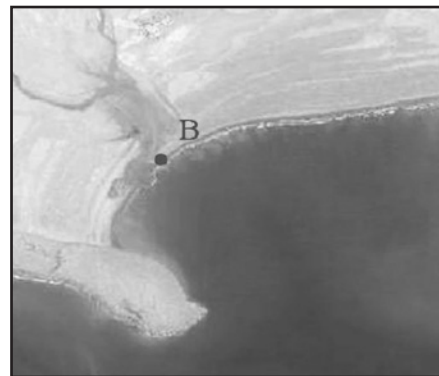
شکل ۲۹- آب گرفتگی منطقه پزم و تبدیل آن به دشت سیلابی



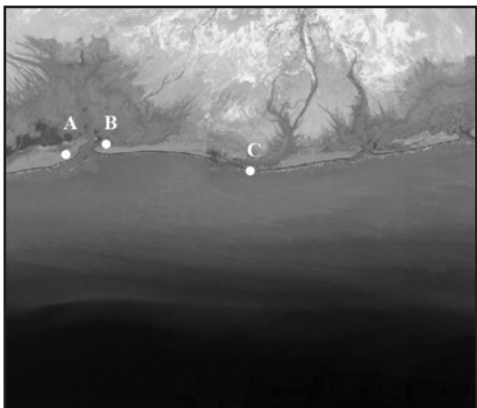
شکل ۲۸- آب گرفتگی منطقه پزم و تبدیل آن به دشت سیلابی



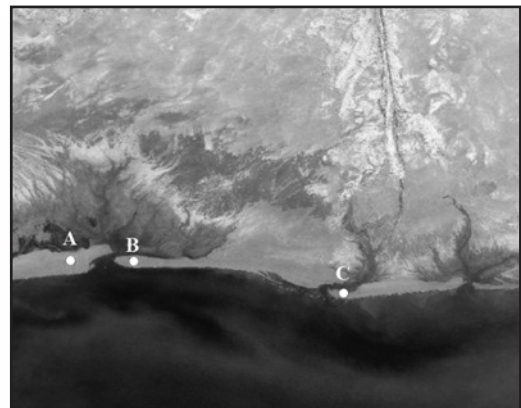
شکل ۳۱- سد ساحلی رودخانه کهیر بعد از رخداد طوفان گونو



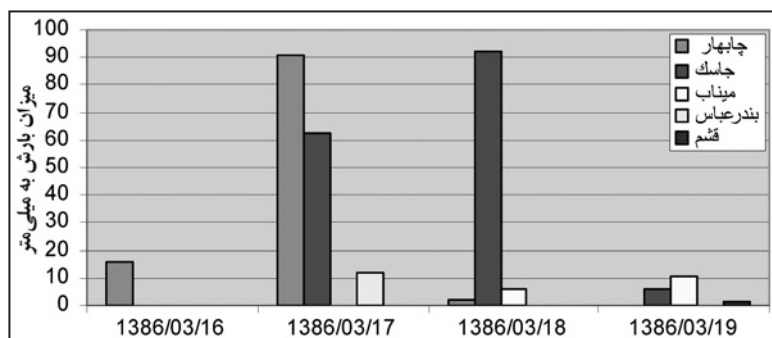
شکل ۳۰- سد ساحلی رودخانه کهیر پیش از رخداد طوفان گونو



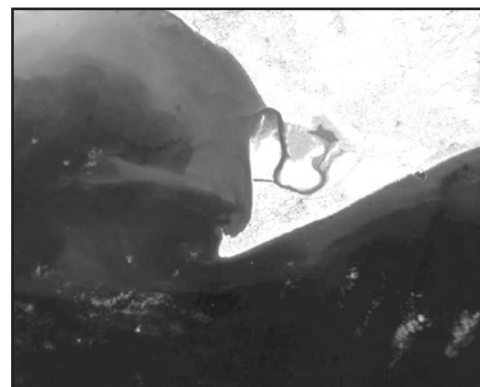
شکل ۳۳- سد ساحلی رودخانه لوپ بعد از رخداد طوفان گونو



شکل ۳۲- سد ساحلی رودخانه لوپ قبل از رخداد طوفان گونو



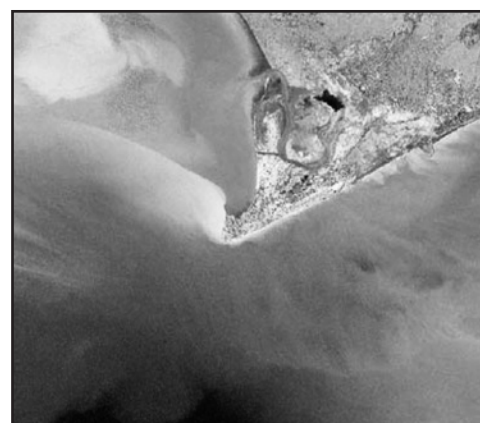
نمودار ۱- پراکندگی بارش در ایستگاه‌های ساحلی دریای مکران در زمان رخداد توفان گونو



شکل ۳۴- شهر جاسک پیش از رخداد توفان گونو

جدول ۱- بارندگی روزهای رخداد توفان در ایستگاه‌های ساحلی دریای مکران

	چابهار	جاسک	میناب	بندرعباس	قشم
1386/03/16	15.8	0	0	0	0
1386/03/17	90.5	62.4	0	11.6	0
1386/03/18	2.3	92.4	6.2	0	0
1386/03/19	0	6	10.2	0	1.2
مجموع	108.6	160.8	16.4	11.6	1.2



شکل ۳۵- شهر جاسک بعد از رخداد توفان گونو

کتابنگاری

- سازمان بنادر، ۱۳۸۷- بررسی موج طرح ناشی از طوفان‌های استوایی در دریای عمان. محمودی، ف.، ۱۳۸۴- مبانی ژئومورفولوژی ساختمانی و دینامیک- دانشگاه تهران. دریو، م.، ۱۳۶۹- مبانی ژئومورفولوژی، ترجمه مقصود خیام، انتشارات مینا. چورلی، ر.، ۱۳۷۹- ژئومورفولوژی، ترجمه احمد معتمد، انتشارات سمت. زمردیان، ح.، ۱۳۸۳- ژئومورفولوژی ایران، جلد ۲- انتشارات آستان قدس صالحی پور میلانی، ع. ر.، خیری، ف.، ۱۳۸۴- بررسی تغییرات ژئومورفولوژی سواحل خلیج چابهار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین اسفند ۸۴ صالحی پور میلانی، ع. ر.، ۱۳۸۶- گزارش نقشه ژئومورفولوژی ساحلی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- BIRD. ERIC- coastal geomorphology – john whilly- 2000 ngeo558.
 Fritz, H.M., Blount, C., Sokoloski, R., Singleton, J., Fuggle, A., McAdoo, B. G., Moore, A., Grass, C., Tate, B., 2007- Hurricane Katrina Storm surge distribution and field observations on the Mississippi barrier islands. Estuarine, Coastal and Shelf Sciences- 74 (1-2), 12-20. doi:10.1016/j.eccs.2007.03.015.
 Fritz, H. M., Blount, C., Sokoloski, R., Singleton, J., Fuggle, A., McAdoo, B.G., Moore, A., Grass, C., Tate, B., 2008- Hurricane Katrina storm surge reconnaissance. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE 134 (5), 644-656. doi:10.1061/(ASCE)1090-0241(2008)134:5(644).
 Wang, D., Zhao, H., 2008- Estimation of phytoplankton responses to Hurricane Gonu over the Arabian Sea based on ocean color data. Sensors 8, 4878-4893. doi:10.3390/s8084878.
 Webster, P.J., Holland, G.J., Curry, J.A., Chang, H.R., 2005- Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. Science 309 (5742).

Investigation of Guno Storm and Their Effects on Coastlines Geomorphology of Makran Sea use of Remot Sensing

A. R. Salehipour Milani¹, K. Nejad Afzali^{1*} & F. Bayatani²

¹Geological Survey of Iran, Marine Geology Management, Tehran, Iran

² Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran.

Received: 2010 January 05

Accepted: 2010 June 22

Abstract

The Guno storm, due to its severe intensity, caused substantial damages to the coasts of Sistan and Baluchestan and Hormozgan provinces. Tropical storms develop in the form of enormous hurricanes which suck the surrounding air towards them. We feel such rapid movement of air as strong winds; In satellite images, it is seen as the movement of clouds (water vapor) towards the core or the eye of the storm. With a velocity of 150 km/h and rain reaching 160 mm, the storm had made considerable geomorphologic changes in the coast of Oman Gulf as well as damages. Such geomorphologic changes were studied using ETM, TM and LISS III satellite data and were compared before and after the Guno storm. Also the early results taken from satellite images were coordinated with field study after the storm. These inquiries show that acute changes have been made in the opening of important estuaries such as Shur, Sargan, Kahir, Bir and Bandini. Also change stream course, due to migration channel on river meander and area of flooded area on coastal plain was determined. Cooperation of satellite data shows, discharge of sediment to the bays such as Pozm, Chabahar that it can be a serious problem for navigation and coastal structures in this area.

Keywords: Gonu, Geomorphologic Evolution, Remote sensing, Barrier, Jask, Chabahar, Pozm

For Persian Version see pages 23 to 32

*Corresponding author: K. Nejad Afzali; E-mail: K_afzali2007@yahoo.com

Porosity Assessment of Kangan Gas Formation in South Pars Hydrocarbon Field by Application of Committee Machine Composed of Single Artificial Neural Networks Trained using Regularization Method

A. Kamkar Rouhani¹ & M. Zakeri^{1*}

¹ Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 2009 May 12

Accepted: 2010 July 31

Abstract

In order to obtain more accurate results from application of the method of artificial neural networks, instead of selection of the best network determined by trial and error process, we suitably combine the results of several networks that is called committee machine, to reduce the error, and thus, increasing the accuracy of the output results. In this research, ensemble combination of single artificial neural networks has been used in order to estimate the effective porosity of Kangan gas reservoir rock in South Pars hydrocarbon field. To achieve this goal, well logging data of 4 wells in the area at the depth interval corresponding to Kangan formation were used. Acoustic, density, gamma ray and neutron porosity well log data were assigned as the input of the networks while the effective porosity data were considered as the output of the networks. Back-propagation single neural networks having different structures were trained using regularization method and their results were assessed. Then, the networks with the best results, i.e. contained minimum mean of squares of errors in the test step, were selected for making ensemble combinations. To determine the weighting coefficients of the networks in the linear ensemble combinations, we applied three methods of simple averaging, Hashem's optimal linear combination and non-analytical optimal linear combination employing genetic algorithm, and their results were compared. The best ensemble combination, in which we had the maximum reduction in mean of squares of errors of the test step compared to the best single neural network, was an optimal linear four-network combination obtained by using genetic algorithm optimization method. This best ensemble combination, compared to the best single neural network, reduced the mean of squares of errors in the training and test steps 3.6% and 11.2%, respectively.