برکشند توفان در خلیج فارس

محمدرضا خلیل آبادی [۱]، همت الله رورده [۲*]، محمد اکبری نسب [۳]

۱- پژوهشیار گروه فیزیک دریا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۱- استادیار دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه مازندران
۲- استادیار گروه فیزیک دریا، دانشگاه مازندران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۱۲
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۶/۱۲

چکیده

در این پژوهش، برکشند توفان در حوزه شمالی خلیج فارس در یک دوره ۷ ساله (۲۰۰۹-۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفته است. آمار توفان‌هایی که در این بازه زمانی رخ داده‌اند از سایت ناسا دریافت شد. با آنالیز نوسانات ساعتی تـراز دریا که توسط دستگاه‌های ترازنگار سازمـان نقشه برداری جمع‌آوری شده‌است، نوسانات غیر جزر و مدی سطح دریا در هنگام وقوع توفان به دست آمد. در این مقاله ۳ رخداد که دارای اهمیت بیشتری در حوضه شمالی خلیج فارس بوده‌اند انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت نیز الگوی کلی برکشند توفان در خلیج فارس مانند شکل، دوره‌ی زمانی و ارتفاع برکشند استخراج شده‌اند.

واژه های کلیدی: برکشند، تراز آب دریا، توفان، جزر و مد، خلیج فارس

* تلفن نویسنده مسوول: ۰۹۱۱۳۲۵۶۲۱۶
Email: h.roradeh@umz.ac.ir

مقدمه

آشفتگی سطح دریا در هنگام عبور یک توفان معلول دو علت است. علت اول، بادهای توفانی است که با وارد کردن تنش بر سطح آب باعث انتقال تکانه به سطح آب شده و منجر به پاسخ واداشته‌ی سطح آب و امواج آب کم عمق می‌شوند که قادرند به فواصل دورتر از محل شکل‌گیری حرکت کنند. علت دوم افت فشار جو در هنگام توفان است که باعث آشفتگی سطح دریا می‌شود. این اثر که معمولا" تحت عنوان « اثر وارونگی فشار» شناخته می‌شود بیان می‌کند به ازای هر یک میلی بار افت/ افزایش فشار هوا در سطح دریا، ارتفاع سطح آب یک سانتیمتر افزایش/کاهش می-یابد (خلیل آبادی و همکاران، ۲۰۰۵).

در این مطالعه، تاثیر چرخندهای هواشناسی با استفاده از دو زمینه مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- عبور کم فشارهای جوی از روی آب‌های خلیج‌فارس

۲- تغییرات جزر و مدی و غیر جزر و مدی سطح آب دریا در ماه‌های وقوع رخداد

در منطقه خلیج فارس در سال‌های اخیر توفان-های شن به طور پی در پی ثبت شده‌است که رخداد این توفان‌ها در این منطقه درارای روند رو به رشد است (حمزا و همکاران، ۲۰۱۱). رخداد این توفان‌ها در منطقه تا کنون بیشتر از لحاظ زیست محیطی و تاثیرات اقلیمی مورد مطالعه قرار گرفته است (بارنوم و همکاران، ۲۰۰۳)، اما در این مطالعه تاثیر این توفان‌ها بر تراز آب خلیج فارس مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

به دلیل اینکه خلیج فارس به وسیله‌ی خشکی احاطه شده‌است، اساسا" دارای اقلیم قاره‌ای است. لذا انتظار می‌رود کمتر تحت تاثیر توفان‌های شدید قرار بگیرند. اما در اوایل قرن حاضر بر تعداد و دوره‌ی زمانی این توفان‌ها در منطقه‌ی خلیج فارس افزوده شده است که دلیل آن گرم شدن کره‌ی زمین ذکر شده‌است (سایت ناسا). خلیج فارس عمدتا" تحت تاثیر دو نوع توفان قرار می-گیرد:

۱- چرخندهای حاره‌ای با منشاء دریای عربی و اقیانوس هند: این چرخندها در دریای عربی و اقیانوس هند شکل می‌گیرند. معمولا" تعداد کمی از این توفان‌ها به خلیج فارس می‌رسند. چرخندهای حاره‌ای بیشتر از ناحیه‌ی تنگه هرمز وارد خلیج فارس می‌شوند. در مواردی که توفان وارد خلیج فارس نمی‌شود و از دریای عمان وارد خشکی ایران می‌شود، امواج ناشی از آن که در دریای عمان شکل گرفته‌است به شکل موج دورآ وارد تنگه ی هرمز می‌شود که از آنالیز داده‌های ثبت شده توسط دستگاه‌های جزر و مد سنج واقع در تنگه هرمز (مثلا" دستگاه نصب شده در بندر شهید رجایی) قابل مشاهده است (خلیل آبادی و همکاران، ۲۰۰۵).

توفان‌های حاره‌ای وقتی وارد آب‌های کم عمق می‌شوند برکشند ناشی از آنها بسیار قوی خواهد بود و خسارات زیادی را در سواحل به دنبال خواهد داشت، و موجب شکل گیری سیکل فصلی سطح آب در سواحل می شوند (شانکار،۲۰۰۰).

مهمترین چرخند حاره‌ای که تاکنون منطقه‌ی خلیج فارس را تحت تاثیر قرار داده است چرخند حاره‌ای گونو است که در ژوئن ۲۰۰۷ رخ داد و با شدتی چندین برابر توفان‌های متداول (از مرتبه‌ی ۵) خسارات زیادی را نیز در برداشت.

۲- توفان های شن همراه با باد شمال: توفان‌های شن و خاک از رخدادهای معمول در منطقه خاورمیانه است. منشا این خاک‌ها عمدتا" رسوب-های ریز دشت‌های سیلابی دجله و فرات هستند. با شروع قرن ۲۱، تعداد و دوره‌ی زمانی این‌چنین توفان‌هایی افزایش یافته است به طوری که در اول

سال تعداد زیادی از این توفان‌ها در خلیج فارس مشاهده می‌شود. توفان‌های شن و خاک از مخاطرات مهم طبیعی در منطقه‌ی خلیج فارس هستند. این توفان‌ها اغلب توسط بادهای تند شمال‌غرب که باد شمال نامیده می‌شوند ایجاد می‌شوند. این بادها که از سمت شمال‌غرب می-وزند معمولا" یک توفان با یک جبهه‌ی سرد قوی را همراه دارند که منجر به لبه‌ای از توده‌ی هوای سرد می‌شوند. هرچند که توفان‌های خاکی که از غرب و شمال غرب وارد خلیج فارس می‌شوند نسبت به چرخندهای حاره‌ای دارای شدت کمتری هستند ولی به دلیل همراه داشتن گرد وخاک از نظر زیست محیطی دارای مخاطرات فراوانی است.

مواد و روش ها

الف) توفان ها در منطقه ی خلیج فارس: در این مطالعه، ابتدا اطلاعات مربوط به توفان‌هایی که از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹ خلیج فارس را تحت تاثیر قرار داده‌اند جمع‌آوری شده‌است. زمان وقوع این توفان‌ها که در این دوره‌ی ۷ ساله حدود ۲۴ مورد است در جدول ۱ آورده شده است.

جدول۱: توفان هایی که در بازه ی زمانی سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹ خلیج فارس را تحت تاثیر قرار داده اند

Event No.	Year	Period
1	2003	February, 18
2	2003	March, 26-28
3	2003	April, 16-17
4	2003	June, 14
5	2003	May, 28
6	2004	April, 17
7	2004	May,14
8	2005	January, 7
9	2005	January, 24-25
10	2006	January, 21-22
11	2007	February, 17
12	2007	May, 17-18
13	2007	March, 2
14	2007	October, 10
15	2008	August, 1
16	2008	August, 14
17	2008	January, 7
18	2008	July, 1-2
19	2008	September, 10
20	2008	September, 12
21	2009	July, 3-7
22	2009	July, 30-31
23	2009	March, 11

این توفان‌ها از طریق ماهواره‌های ناسا و داده‌های فشار هوا در سطح دریا رهگیری شده است. تصاویر ناسا را سنجنده مودیس که بر روی ماهواره آکوا نصب است برداشته است (آرنولد و همکاران، ۲۰۰۲). با استفاده از داده‌های فشار هوا در بازه‌ی زمانی که توفان منطقه‌ی خلیج فارس را تحت تاثیر قرار داده است، مسیر حرکت و تاثیرگذاری توفان نشان داده شده‌است. با استفاده از آنالیز

داده‌های تراز دریا که توسط دستگاه‌های جزر و مد سنجی که توسط سازمان نقشه برداری ایران (NCC) نصب شده در سواحل شمالی خلیج فارس ثبت شده‌است، می‌توان نوسانات غیر جزر و مدی تراز دریا را در دوره‌های زمانی وقوع توفان

ب) آنالیز داده های تراز دریا: تغییرات سطح آب دریا در اثر جزرومد در هر مکانی (بر مبنای تابع پتانسیل مولد)، به شکل زیر نوشته می‌شود (ساندر وهمکاران، ۱۹۹۹):

رابطه۱)
$$h = h_{mean} + \sum_{n=1}^{N} H_n f_n \cos[\sigma_n t - g_n + (V_n + U_n)]$$

که h_{mean} متوسط سطح آب دریا در هر مکان است؛ t زمان است؛ n شماره مولفه جزرومدی است و و g_n به ترتیب فرکانس، دامنه و فاز متعلق به آن مولفه می‌باشند. f_n، V_n و U_n هرسه ثابت‌هایی هستند که مربوط به حرکت سیستم زمین- ماه- خورشید می‌شوند که در راهنماهای جداول جزرومدی فهرست شده اند (برای مثال شرمن، ۱۹۷۶).

برای آنالیز داده‌های یک مکان باید مقادیر تغییرات ساعتی سطح آب دریا که بوسیله دستگاه‌های جزرومدسنج در آن مکان اندازه‌گیری شده‌است، برای مدت یک سال به کار برده می‌شود. با تحلیل فوریه داده‌ها ابتدا تمام هارمونیک‌های موجود در سیگنال به دست می‌آید. سپس هارمونیک‌های جزرومدی که توسط معادله ۲ داده می‌شوند از هارمونیک‌های محاسبه شده جدا می‌شوند و منحنی جزرومدی مربوط به این مولفه‌ها رسم شده و از داده‌های دستگاه‌های جزرومدسنج کم می‌شود یا به عبارت دیگر «باقیمانده» حاصل می‌شود. این باقیمانده همان نوسانات غیرجزرومدی آب دریاست.

به دست آورد (خلیل آبادی و همکاران ۱۳۸۲ ، ۱۳۸۳). در ادامه، نحوه‌ی تاثیر گذاری و برکشند ناشی از چند مورد از توفان‌هایی که در جدول ۱ آورده شده است، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

آنالیز داده‌های ساعتی سطح آب دریا شامل حذف سیگنال‌های متعلق به جزرومد می‌شود. انجام این کار با دقت بسیار بالایی امکان‌پذیر است زیرا همان‌طور که در بالا بیان شد (رابطه ۲) پریودهای مربوط به جزرومد به خوبی مشخصند و در برنامه TASK لحاظ شده‌اند (راهنمای تسک، ۱۹۹۹). این پریودها با حرکت سیستم زمین- ماه- خورشید تعیین می‌شود. نوسانات سطح آب دریا که مربوط به یک پریود خاص باشد معمولا در ترم‌های مولفه جزرومدی برای آن پریود تعریف می‌شود. تعداد ۶۲ مولفه مهم جزرومدی که در نوسانات سطح آب دریا شرکت دارند از داده‌های مشاهده شده بوسیله جزرومدسنج حذف می‌شوند. باقیمانده می‌تواند به علت تاثیر عوامل غیر جزرومدی نظیر توفان باشد. در این مطالعه که برای آنالیز داده‌ها از برنامه‌ی TASK استفاده شده‌است ۶۲ مولفه جزرومدی در نظر گرفته شده است.

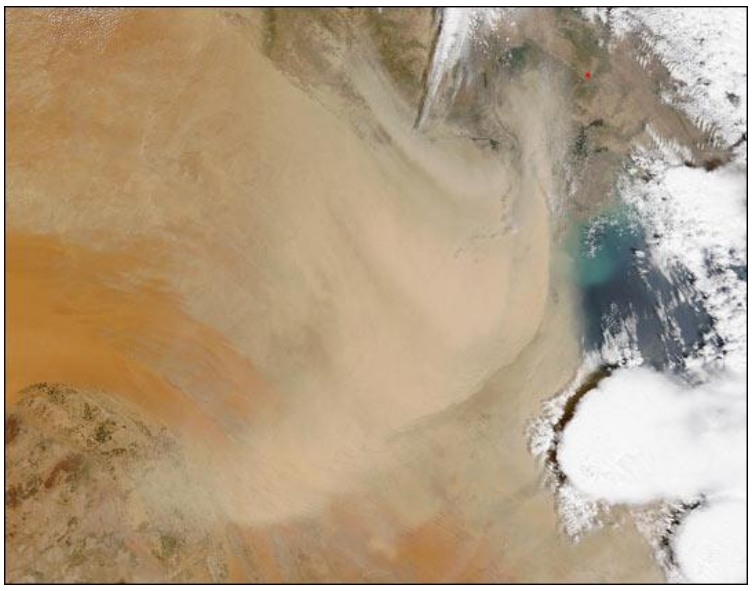
همان‌طور که ذکر شد برنامه TASK با گرفتن داده‌های دستگاه‌های جزرومدسنج و آنالیز فوریه هارمونیک‌های نوسانات سطح آب، هارمونیک‌های جزرومدی را از بقیه جدا می‌کند. سپس با یک تبدیل معکوس فوریه روی هارمونیک‌های جزرومدی جداشده، سیگنال خالص جزرومد را تولید می‌کند. بنابراین، این برنامه سیگنال جزرومد را بر طبق مولفه های جزرومدی مشاهده شده محاسبه می‌کند.

به منظور فیلتر کردن مولفه های غیرجزرومدی تنها لازم است سیگنال جزرومدی محاسبه شده

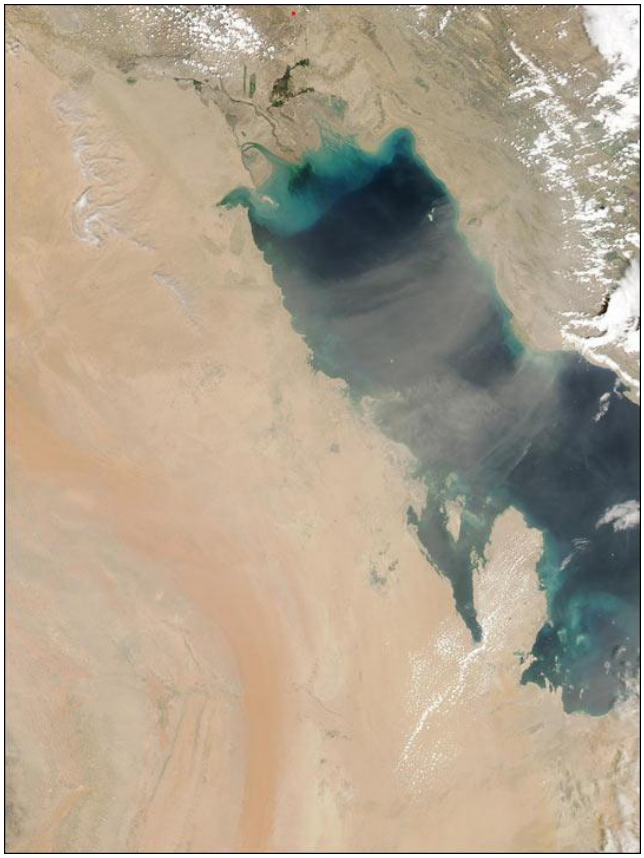
توسط نرم افزار TASK از سیگنال اولیه مشاهده شده کم شود. سیگنال باقیمانده، هارمونیک‌های غیرجزرومدی دربرخواهد داشت که شامل امواج بلند (در صورت وجود) می‌شود. لازم به ذکر است که مولفه‌های جزرومدی (خصوصا نیمه روزانه، روزانه و چهارده روزه) از هارمونیک‌های موجود در سیگنال باقیمانده معمولا بزرگتر می‌باشند و در عین حال دارای پریودهای بسیار متفاوتی هستند. این خصوصیات باعث خواهد شد که جداسازی سیگنال جزرومدی از سیگنال مربوط به امواج بلند طوری انجام شود که احتمال نشت انرژی مربوط به هارمونیک‌های امواج بلند به هارمونیک‌های جزرومد کمتر شود (ساندر و همکاران، ۱۹۹۹).

نتایج

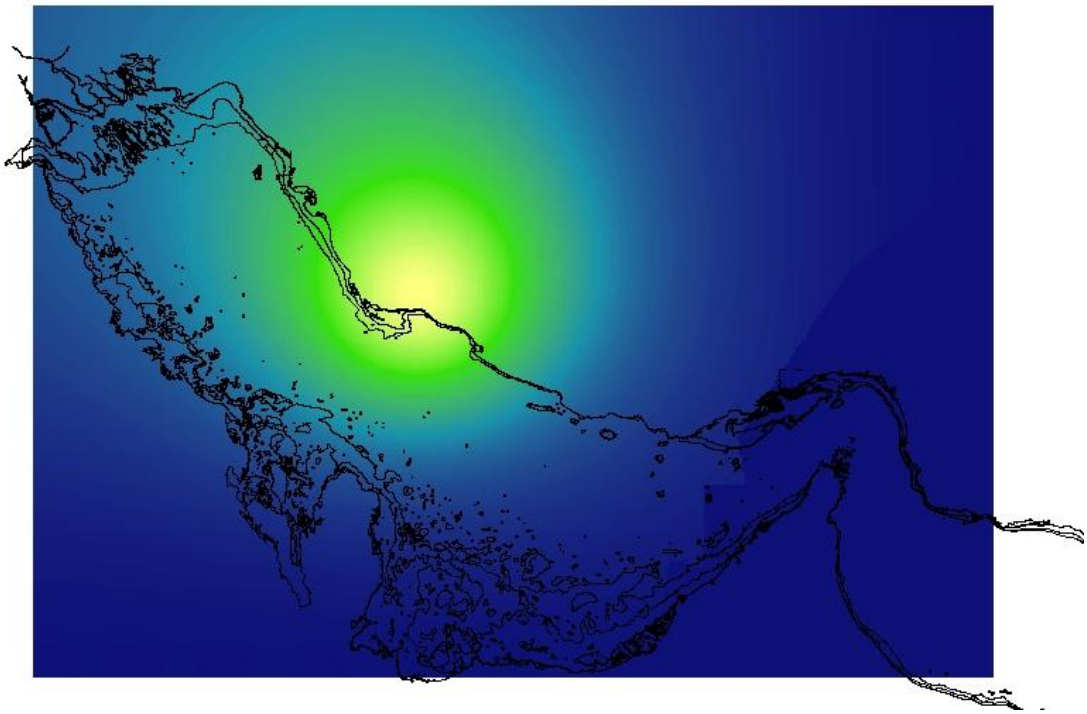
رخداد ۱: ۱۶-۱۸ آوریل ۲۰۰۳: در روز ۱۶ آوریل ۲۰۰۳ ماهواره‌ی ناسا ترا تصویری را از یک توفان خاک روی منطقه‌ی خاورمیانه ضبط نمود (شکل۱). در این روز توفان بخش هایی از عربستان صعودی، کویت و جنوب عراق را دربرگرفته است و وارد خلیج فارس می‌شود. در روز ۱۷ آوریل این توفان به سمت جنوب و شرق گسترش پیدا کرده‌است و عربستان صعودی، خلیج فارس و جنوب ایران را می‌پوشاند (شکل۲). در روز ۱۸ آوریل نیز این توفان در خلیج فارس و به ویژه سواحل جنوب ایران مشاهده شده‌است. در این روز به دلیل عدم دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از داده‌های فشار هوا در سطح دریا اثر توفان روی منطقه نشان داده شده است (شکل۳). با توجه به کم بودن تعداد ایستگاه‌های هواشناسی و فاصله‌ی زیاد این ایستگاه‌ها، به ناچار از درون یابی استفاده شده‌است و دقت تا حدودی پایین آمده‌است. با بررسی نوسانات غیر جزر و مدی در سواحل بوشهر و کنگان بیشترین اثر این توفان در روز ۱۸ آوریل مشاهده می‌شود. در این ایستگاه‌ها مولفه‌ی ساحلی بادهای همراه توفان طوری است که آبها را از ساحل دور کرده‌است و منجر به پایین آمدگی سطح آب دریا در سواحل بوشهر و کنگان شده‌است (شکل ۴ و ۵).



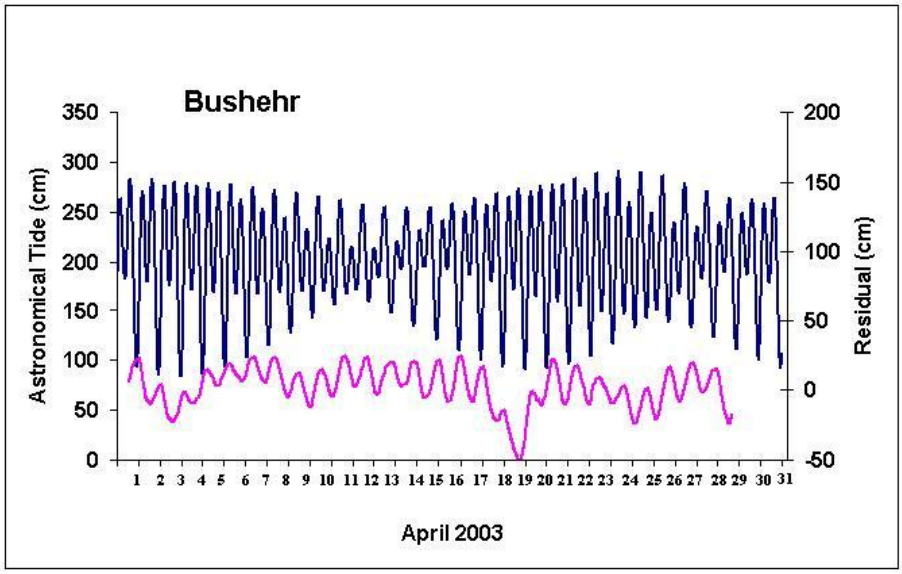
شکل۱: توفان خاک روی منطقه‌ی خاورمیانه ۱۶ آوریل ۲۰۰۳



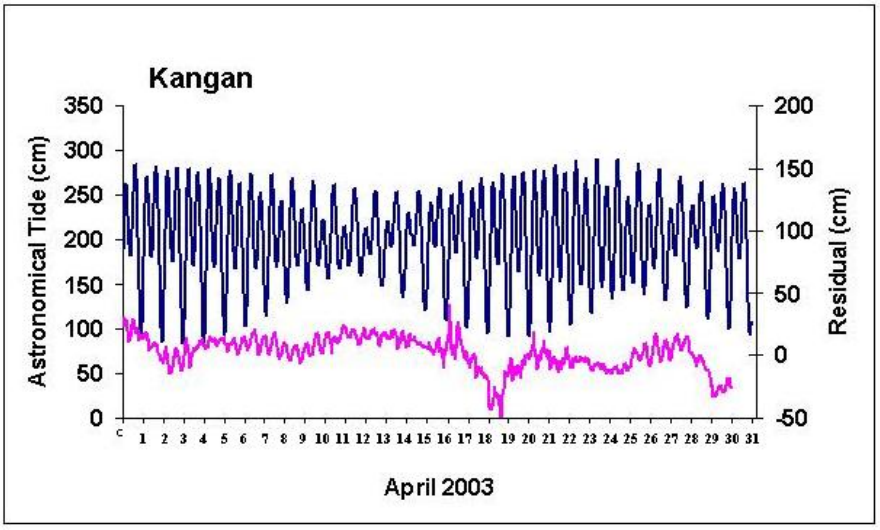
شکل ۲: گسترش توفان به سمت جنوب وشرق ۱۷ آوریل ۲۰۰۳



شکل۳: اثر توفان روی منطقه مورد نظر با استفاده از داده‌های فشار ۱۸ آوریل ۲۰۰۳



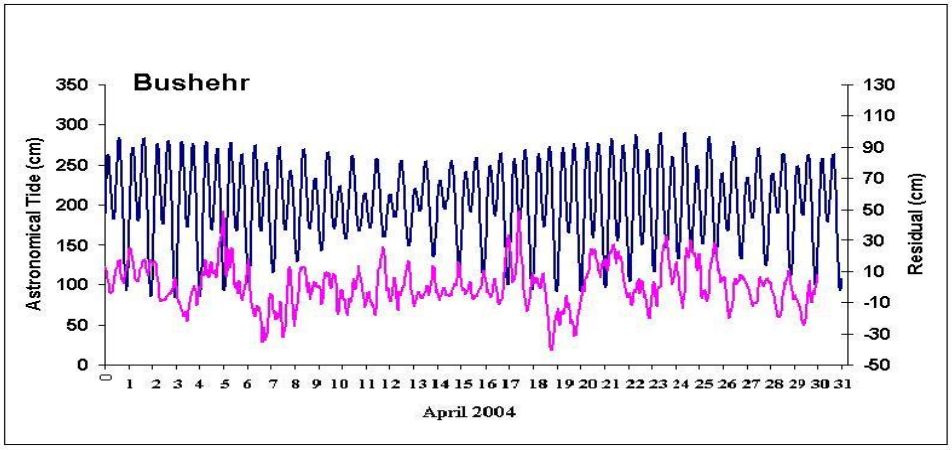
شکل۴: نوسانات غیر جزرومدی در سواحل بوشهر



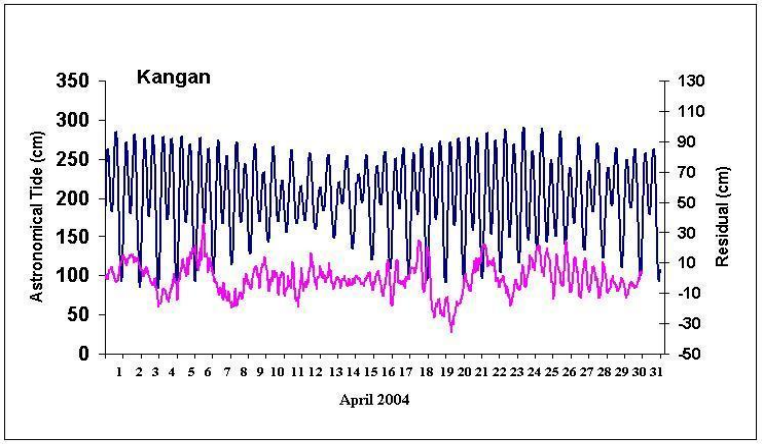
شکل۵: نوسانات غیر جزرومدی در سواحل کنگان

رخداد۲: آوریل ۲۰۰۴: در روز ۱۷ آوریل ۲۰۰۴ بیشتر کشیدگی شمالی خلیج فارس به وسیله‌ی یک توفان خاک تیره و تار شد. شکل زیر توسط اسپکترومتر مودیس نصب شده بر روی ماهواره‌ی آکووار ناسا گرفته شده‌است. روز قبل از این، سیستم مودیس نصب شده بر روی ماهواره‌ی ناساترا تصویر دیگری از این رخداد گرفته‌است. برکشند ناشی از این توفان در ایستگاه‌های بوشهر و کنگان در شکل‌های ۶ ، ۷ و ۸ نشان داده شده‌است. همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود ارتفاع برکشند در بندر بوشهر بیشتر از کنگان است. برکشند توفان در کنگان با تاخیر زمانی حدود نصف روز پس از بوشهر مشاهده می‌شود. در هر دو ایستگاه یک پیک مضاعف در برکشند وجود دارد که احتمالا" می‌توان آن را به برهم کنش کشند- برکشند نسبت داد.

شکل۶: توفان گردو خاک قسمت شمالی خلیج فارس را پوشانده (۱۷ آوریل ۲۰۰۴)



شکل۷: برکشند ناشی از توفان در بندر بوشهر (۱۷ آوریل ۲۰۰۴)

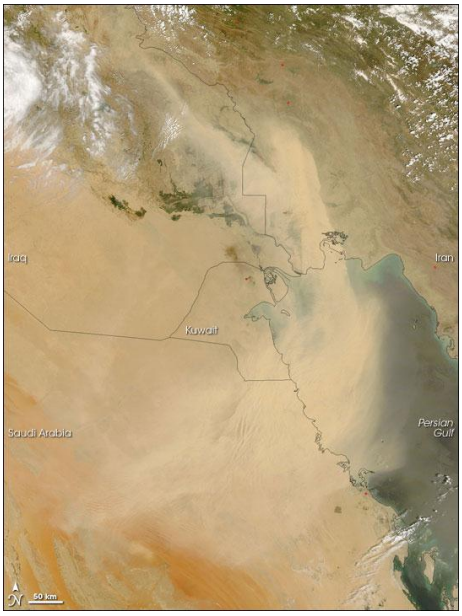


شکل۸: برکشند ناشی از توفان (۱۷ آوریل ۲۰۰۴) در بندر کنگان

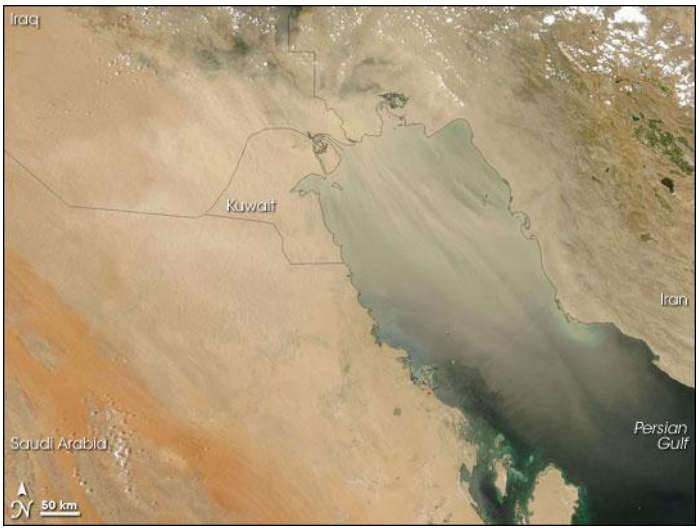
رخداد ۳ : ۱۸-۱۷ مه ۲۰۰۷: در هفدهم ماه مه سال ۲۰۰۷ یک توفان خاکی از سمت شمال‌غرب خلیج فارس را در برگرفت و یک شکل هلالی بر روی عربستان، کویت، ایران و عراق بوجود آورد. شکل ۹ تصویری را که ماهواره‌ی ناسا در این روز گرفته‌است در شکل نشان داده شده‌است. این تصویر نشان دهنده توده‌ی پرخاکی است که به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای می‌باشد و به طور جزئی نمای دید زمین و آب را پنهان می‌کند.

در روز هجـــدهـــم ایـن ماه نیز توفان خاک سطح بیشتری از خلیج فارس را دربرگرفته است. شکل۱۰ تصویری را که ماهواره‌ی ناسا در این روز از منطقه گرفته‌است را نشان می‌دهد. با بررسی دو تصاویری که در روزهای ۱۷ و ۱۸ این ماه از این توفان گرفته شده‌است، مشخص است که مسیر حرکت توفان بر روی آب‌های خلیج فارس از سمت شمال‌غرب به جنوب شرق است.

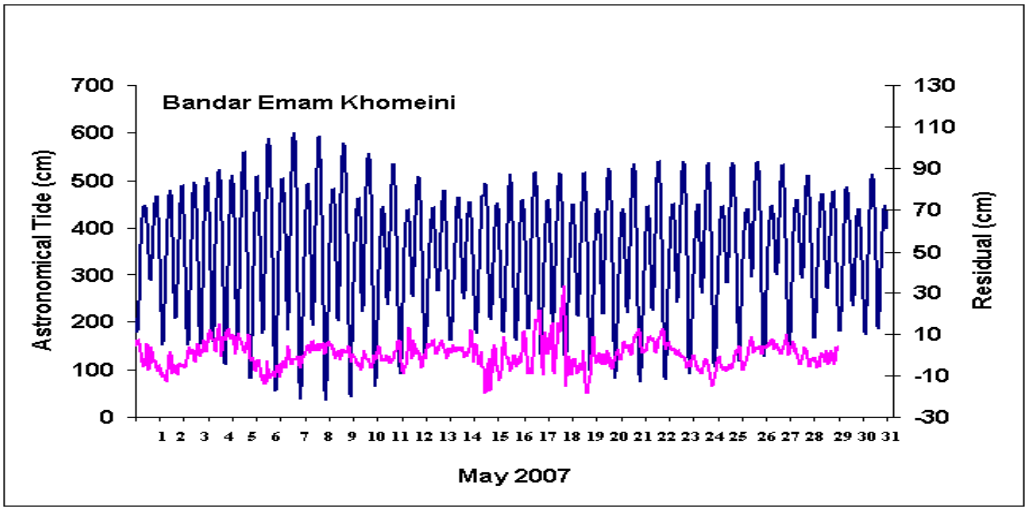
همان‌طور که گفته شد تاثیر توفان بر آب‌های خلیج فارس در شکل‌های ۹و۱۰ نشان داده شده-است. پاسخ دریا به این توفان که توسط دستگاه-های جزر و مد سنج سازمان نقشه برداری ایران در سواحل شمالی خلیج فارس ثبت شده‌است در شکل‌های۱۲،۱۱و۱۳ نشان داده شده‌است. جزرو مد نجومی در امتداد سواحل شمالی خلیج فارس (سواحل جنوبی ایران) ترکیبی از مولفه‌های روزانه و نیمه روزانه است. همان‌طور که این شکل‌ها نشان می‌دهند در طول هر ماه دو مهکشند و دو کهکشند رخ می‌دهد. در ماه مه سال ۲۰۰۷ دو کهکشند در روزهای ۱۲ و ۲۶ ماه و دو مهکشند در روزهای ۵ و ۱۹ این ماه رخ داده‌است. در روزهای ۱۷ و۱۸ این ماه (یعنی حدود یک روز قبل از مهکشند) توفان آب‌هـــای خـــلیج فـــــارس را تحت تاثیر قرار داده‌است. از بررسی نوسانات غیر جزر و مدی در شـــکل های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ مشاهده می‌شود که اثر توفان تا حدودی در روز ۱۹ ماه مه یعنی همزمان با مهکشند نیز ادامه داشته‌است. در سه ایستگاه مورد بررسی (بندر امام خمینی، بوشهر و کنگان) به علت وقوع توفان بالا آمدگی سطح آب مشاهده می‌شود که این بالا آمدگی سطح آب دارای دو پیکاست. فاصله‌ی زمانی وقوع این دو پیک از غرب به شرق کاهش می‌یابد. این پیک مضاعف را می‌توان به برهم کنش برکشند توفان و جزر و مد نجومی نسبت داد. هرچند بحث در باره‌ی پیچیدگی شکل برکشند در این ایستگاه‌ها نیازمند بررسی بیشتر میدان فشار و استمداد از مدل سازی عددی برکشند توفان خواهد بود. در بندر امام‌خمینی که در بین سه ایستگاه مورد بررسی نزدیکترین ایستگاه به محل ورود توفان به خلیج فارس است، میزان برکشند توفان قوی‌تر است. در بندر بوشهر برکشند توفان با یک تاخیر زمانی کوچک نسبت به ایستگاه قبل رخ داده‌است و میزان بالا آمدگی سطح آب نیز کمتر است. در ایستگاه کنگان اثر برکشند توفان ضعیف‌تر از دو ایستگاه قبل است. با بررسی نقشه‌های هوایی برکشند توفان شکل‌های ۹ و۱۰ مشاهده می‌شود، تاثیر توفان مذکور در این ناحیه تقریبا" ناچیز بوده‌است و احتمالا" برکشند مشاهده شده به شکل موج دورآ وارد این ناحیه شده‌است. در این ایستگاه در ۱۲ روز ابتدایی ماه به دلیل عدم ثبت نوسانات تراز دریا، نوسانات جزرومدی و غیر جزرومدی نشان داده نشده‌است (شکل ۱۱، ۱۲ و ۱۳).



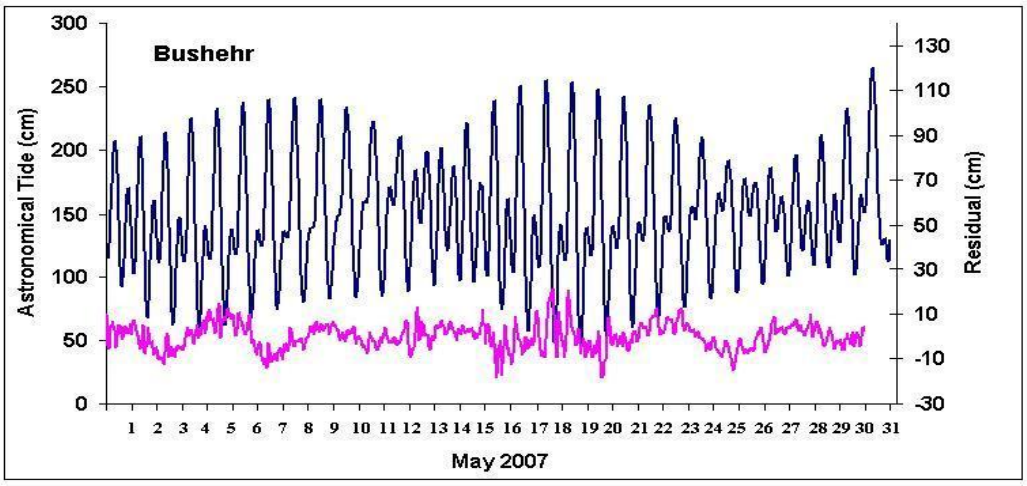
شکل۹: ورود توفان همراه با گرد و خاک به خلیج فارس (۱۷ می ۲۰۰۷)



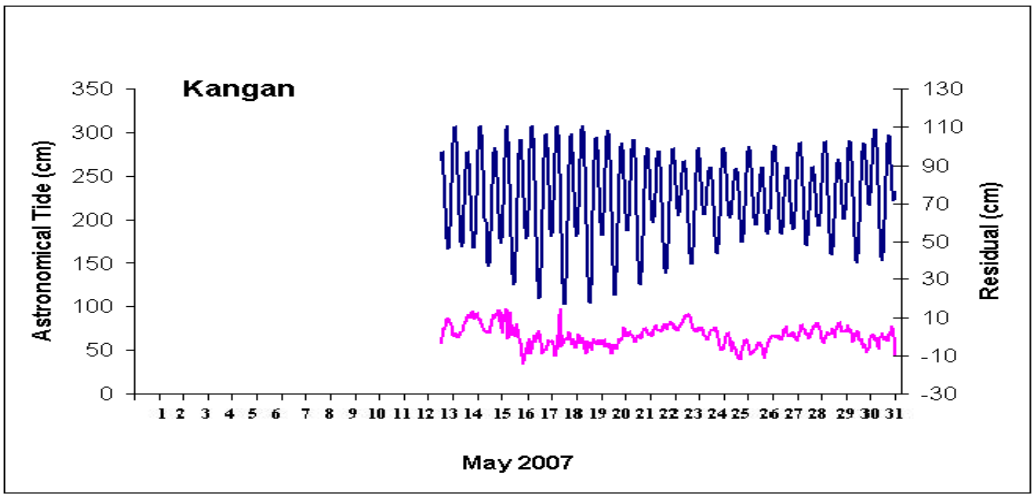
شکل۱۰: ورود توفان همراه با گرد و خاک به خلیج فارس ۱۸ می ۲۰۰۷



شکل۱۱: نوسانات غیر جزرومدی در بندر امام خمینی



شکل۱۲: اثر توفان بر نوسانات آب دریا (۱۷ مه ۲۰۰۷) در بندر بوشهر



شکل۱۳: اثر توفان بر نوسانات آب دریا (۱۷ مه ۲۰۰۷) در بندر کنگان

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش را می‌توان به شکل زیر خلاصه و دسته بندی نمود:

- تحلیل نوسانات تراز دریا در همه‌ی رخدادهای بررسی شده نشان می‌دهد روزانه دو جزر و دو مد رخ می‌دهد که ارتفاعشان یکسان نیست. این پدیده نشان می‌دهد که جزر و مد در خلیج فارس دارای دو مولفه‌ی روزانه و نیمه روزانه است که مولفه‌ی روزانه غالب است. البته تاثیر مولفه‌ی با پریود زمانی چهارده روزه و رخداد مهکشند و کهکشند نیز در همه‌ی شکل‌های استخراج شده مشخص است.

- اکثر توفان‌هایی که سواحل ایرانی خلیج فارس را تحت تاثیر قرار می‌دهند از شمال‌غرب وارد خلیج فارس می‌شوند و به ندرت مشاهده می‌شود که توفان‌های با منشا حاره‌ای این ناحیه را تحت تاثیر قراردهند.

- در بیشتر رخدادهای تحلیل شده، برکشند توفان در سواحل به شکل خیزاب منفی نمایان شده‌است و حتی در جاهایی که خیزاب مثبت بوده نیز ارتفاع خیزاب نسبت به رخدادهای با خیزاب منفی

کمتر است. این پدیده نشان می‌دهد اثر وارونگی فشار ناشی از حضور کم فشارهای جوی بر اثر تنش باد غالب است.

- حد بیشینه‌ی میانگین روزانه‌ی تغییرات تراز دریا در اثر برکشند توفان در سواحل کم تر از یک متر است که این تغییر بیشینه به شکل پایین آمدن تراز آب (خیزاب منفی) است. البته باید توجه کرد این میانگین تراز دریاست و تاثیرات لحظه‌ای می‌تواند به شکل موج‌های بلندتر ولی با پریود کمتر (امواج باد رانده) نیز ظاهر شود. دوره‌ی زمانی خیزاب‌های مشاهده شده حدود یک تا سه روز است. بنابراین احنمال برهم نهی خیزاب با مولفه‌ی جزر و مدی روزانه بیش از سایر مولفه‌هاست و به دلیل نزدیک بودن پریود این دو پدیده، ممکن است در برخی موارد که دوره‌ی خیزاب یک روز است، خیزاب نیز در فرایند فیلترینگ حذف شود.

- تقریبا" در همه‌ی موارد خیزاب های بررسی شده مشاهده می‌شود شکل برکشند توفان از شکل جزر و مد نجومی تاثیر پذیرفته‌است. این تاثیرپذیری را می‌توان به برهم کنش برکشند توفان و جزر و مد نجومی نسبت داد که نمونه‌های مشابه آن در مطالعات برکشند توفان در دریای شمال نیز مشاهده شده‌است (خلیل آبادی و همکاران، ۱۳۸۳).

پیشنهادات

ورود توفان‌های همراه با گرد و خاک به سمت شمال غرب و جنوب خلیج فارس در سال‌های اخیر به یک بحران منطقه‌ای در حوزه‌ی خلیج فارس تبدیل شده‌است و این پدیده مخاطرات اقتصادی و زیست محیطی فراوانی به دنبال داشته‌است که دلیل عمده افزایش این توفان‌ها گرم شدن کره زمین ذکر شده‌است، که با عبور از بیابان‌های عراق و تا حدودی عربستان ذرات معلق گرد و خاک نیز با این توفان‌ها همراه می‌شوند که این پدیده مستلزم مطالعات بیشتر و اختصاصی می‌باشد.

همچنین اگر کار آنالیز داده‌های جزرومدی برای یک دوره طولانی‌تر (مثلا دوره‌های ۱۰ یا ۲۰ ساله) صورت بگیرد می‌توان به یک الگوی آماری با دقت نسبتا بالا برای پیش‌بینی برکشند توفان ساحلی رسید.

منابع

- خلیل آبادی، م. ر.، بیدختی، ع. ع. و نظریان، م.، ۱۳۸۲. امواج بلند ناشی از توفان در خلیج عمان، کنفرانس دینامیک شاره ها، تبریز، ایران.

- خلیل آبادی، م. ر.، سلطانی، ا. ع. و بیدختی، ع. ع.، ۱۳۸۳. مشخصه های هیدرودینامیکی امواج غیر جزر و مدی دریای عمان، کنفرانس فیزیک ایران، تهران.

-Anon, TASK, 1999. Tidal analysis software kit, Proudman Oceanographic Laboratory: Bidston, UK, P. 15.

-Arnold, G. T., Tsay S. C., King M. D., Li J. Y., and Soulen P. F., 2002. Airborne spectral measurements of surface - atmosphere anisotropy for Arctic sea ice and tundra, Int. J. Remote Sens, v. 23, p. 3763 - 3781.

-Barnum, B.H. , Winstead N.S., Wesely J., Hakola A., Colarco P.R., Toon O.B., Ginoux P., Brooks G., Hasselbarth L. and Toth B., 2003. Forecasting dust storms using the CARMA-dust model and MM5 weather data, Environmental

Modelling & Software, v. 19, p. 129-140.
-Hamza, W., Enan, M. R., Al-Hassini, H., Stuut, J. B. and de-Beer, D., 2011. Dust storms over the Persian Gulf, a possible indicator of climate changes consequences: Aquatic Ecosystem Health and Management, v. 14, p. 260-268.
- Khalilabadi, M. R., Bidokhti, A. A. and Soltani, O. A., 2005. Storm Induced Long Waves in Oman Sea, ICMRT '05 Conference, University of Napoli, Napoli, Italy.
-Schurman, P., 1976. Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides, United States Government Printing Office, Washington DC, USA, p. 317.
-Shankar, D., 2000. Seasonal cycle of sea level and currents along the coast of India, Current Science., v. 78, p. 279 - 288.
-Sundar, D., Shankar, D. and Shetye, S. R., 1999. Sea level during storm surges as seen in tide-gauge records along the east coast of India, Current Science, v. 77, p. 1325-1332.