

تحلیل فراوانی حداکثر رخدادهای تراز توفانی سواحل جنوبی دریای خزر

عبدالعظیم قانقرمه*

استادیار گروه جغرافیای دانشگاه گلستان
تاریخ دریافت ۹۰/۱۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش ۹۰/۱۲/۲۵

چکیده

سطح آب دریاها تحت تاثیر توفان‌ها به‌صورت ناگهانی در مدت چند ساعت تا روز متورم می‌شوند و بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در سواحل جنوبی دریای خزر نیز ترازهای توفانی به‌تعداد زیادی با درجات متفاوت اتفاق افتاده است. هدف از این تحقیق شناسایی ترازهای توفانی به‌منظور بهره‌گیری منطقی در مدیریت و برنامه‌ریزی ساحلی است. در این تحقیق از آمار ساعتی دو ایستگاه تراز سنجی بندرانزلی و آشوراده برای استخراج تقویم ترازهای توفانی سواحل جنوبی دریای خزر بهره‌جستیم و روش تحقیق به‌صورت کتابخانه‌ای و توصیفی انجام گرفت. رخداد ترازهای توفانی سواحل جنوبی نشان می‌دهد که فراوانی و تداوم زمانی در سواحل جنوب شرقی در حدود ۲۲/۷ درصد از کل مواقع تراز سنجی را دارا می‌باشد در حالی که این رقم در سواحل جنوب غربی ۳۲/۶ درصد است. شدت تراز توفانی در سواحل جنوب شرقی بیش از سواحل جنوب غربی می‌باشد به‌طوری‌که در آشوراده بالاترین تراز ارتفاعی شناسایی شده در حدود ۱۰۸ سانتی‌متر در حالی که در بندرانزلی در حدود ۷۰ سانتی‌متر است. فراوانی ماهانه رخداد ترازهای توفانی سواحل جنوبی دریای خزر نشان می‌دهد که ترازهای بیش از ۴۰ سانتی‌متر در دوره سرد سال اتفاق می‌افتد در حالی که کمتر از این مقدار در تمامی ماه‌ها مشاهده شده است، تداوم زمانی تراز توفانی ایستگاه بندر بندرانزلی بیش از آشوراده است به‌طوری‌که تداوم تا ۱۰ روز در بندرانزلی در تمامی ماه‌ها دیده می‌شود، در حالی که این رقم در آشوراده حدود ۶ روز است که از جمله دلایل تفاوت در تداوم ممکن است تفاوت در سرعت گذر توفان و شرایط ایجاد جبهه ساحلی در این دو منطقه باشد در حالی که شدت ترازهای توفانی علاوه بر این مورد، به‌پیکره و شیب هیدروگرافی ساحل نیز بستگی دارد. بدین‌دلیل شدت تراز توفانی در سواحل جنوب‌شرق بیشتر است زیرا شیب این منطقه ساحلی بسیار کم است.

واژه‌های کلیدی: ترازهای توفانی، تداوم زمانی، شدت تراز توفانی، تقویم ترازهای توفانی، برنامه‌ریزی ساحلی.

*مسئول مکاتبه: a_ghangherme@yahoo.com

مقدمه

تراز توفانی سطح دریا عبارت است از آثار ناشی از گردش جوی در سطح دریا که به اشکال برکشند توفان، خیزاب ناشی از باد، خیزاب ناشی از موج و بالاروی موج وابسته است. شدت ترازهای توفانی علاوه بر آثار ناشی از فعالیت‌های جوی، به پیکره عمومی و هیدروگرافی بستر نیز وابسته است. توفان‌هایی که در نواحی مختلف ساحل دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها فعالیت می‌کنند، می‌توانند تا چند متر سبب افزایش سطح آب و مغروق شدن نواحی ساحلی شوند، بطوری که یکی از آنها در سال ۱۹۹۱ در شرق بنگلادش ۷ متر سطح دریا را بالا آورد و در حدود ۱۳۰۰۰۰ کشته بر جای گذاشت (نشریه ۴۰، ۱۳۷۹). در ساحل دریای خزر (قزاقستان) نیز تراز توفانی به ارتفاع ۴/۵ متر ثبت شده است (منصوری، ۱۳۷۴). همچنین تراز توفانی سال ۱۹۵۳ در دلتای رود ولگا به ارتفاع ۴/۲ متر، ۱۷ کیلومتر مربع از اراضی را مغروق کرده است (CEP¹ 2000).

بنابراین تراز آب دریاها در نواحی ساحلی هر ساله تحت تاثیر توفان‌ها چندین بار بصورت ناگهانی بالا آمده و خسارات فراوانی بدنبال می‌آورد، بطوری که بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی از جمله صید و شیلات، نیروگاه‌های ساحلی، فعالیت‌های توسعه‌ای زیر بنایی، شهرها و روستاهای ساحلی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. سواحل جنوبی دریای خزر نیز در هر سال چندین بار با شدت‌های مختلف تحت تاثیر این توفان‌ها قرار می‌گیرد. بنابراین آشنایی با ترازهای توفانی به‌عنوان یکی از مخاطرات طبیعی در این سواحل و احتمال آبگرفتگی از اهمیت زیادی برخوردار است، از طرف دیگر برآوردهای مختلفی از میزان حداکثر ترازهای توفانی برای سواحل جنوبی صورت گرفته است؛ بنابراین ضروری است محاسبات با مشاهدات در ایستگاه‌های تراز سنجی مقایسه شود. بنابراین هدف از این تحقیق شناسایی فراوانی حداکثر ترازهای توفانی مشاهده شده و مقایسه با برآوردهای انجام شده در سواحل جنوبی دریای خزر به منظور بهره‌گیری منطقی در مدیریت منطقه ساحلی و بحران ناشی از آبگرفتگی در این نواحی می‌باشد.

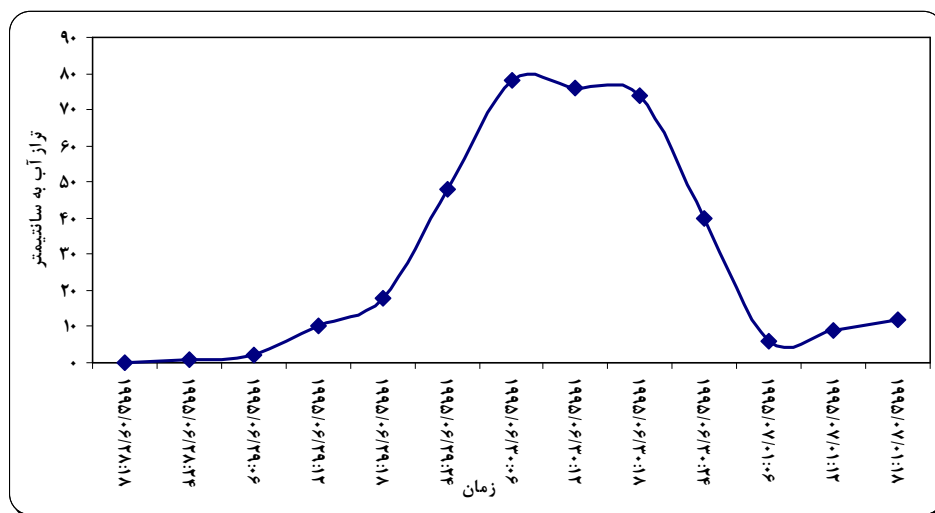
در زمینه ترازهای توفانی سواحل دریاها مطالعات متعددی صورت گرفته است بطوری که اکثریت آنها به منظور برآورد حداکثر آبگرفتگی نواحی ساحلی و تعیین میزان خطر ناشی از آن بوده تا از نتایج آن بتوان در امر برنامه ریزی‌های ساحلی استفاده نمود. از جمله پژوهش سی وان کانگ و همکارانش (۲۰۰۱) است که تغییرات تراز دریا را برای مدت ۲۰ سال شبیه سازی و برای ۴۷ تیغون در سواحل کره بازسازی نمودند و در نهایت، حداکثر ترازهای توفانی این ساحل را با دوره‌های بازگشت برآورد نمودند. از جمله کارهای دیگر گزارش اسمیت وارنر (۱۹۹۹) در مورد برکشند توفان در سواحل جامائیکا است که در آن حداکثر میزان آبگرفتگی برای دوره بازگشت ۱۰ الی ۱۰۰ ساله نقشه‌سازی

شده است. سوندار و همکارانش (۲۰۰۴) در خلیج بنگال اثر سه سیکلون حاره ای را بر تراز توفانی تعیین نمودند و داده‌های آنرا در ایستگاه‌های تاید گیج منطقه استخراج مشخص نمودند و به این نتیجه رسیدند که داده‌های ثبت شده در تاید گیج‌ها در بررسی ترازهای توفانی نتایج مفیدتری را در اختیار قرار می‌دهد. پیرازولی و همکارش (۲۰۰۷) معتقدند برآورد حداکثر تراز توفانی دریاها، با روش احتمال مشترک (J.P.M)^۱ بیش از آن مقداری است که در مشاهده مستقیم دیده شده است، بطوری‌که از دلایل آنها بر می‌آید اثر متقابل برکشند توفان و جزر و مد و همچنین تغییرات فصلی در این مورد دخیل هستند، در حالی که توزیع مقدار حداکثر تعمیم یافته و گمبل می‌تواند برای محاسبه حداکثر دوره بازگشت موثرتر باشد. کاتلین مکینز و همکارانش (۲۰۰۰) هماهنگی و همزمانی مدهای بهاری، مسیر سیکلونها و شکل ساحل را در ساحل شهر گلد بررسی نمودند و با دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله برای سه ایستگاه به ترتیب ۱/۸ تا ۲/۱ متر برآورد نمودند و در ادامه مشخص شد تغییر مسیر سیکلون و شکل ساحل در میزان شدت تراز توفانی موثر است. تسیمپلی و همکارش (۱۹۹۱) فراوانی حداکثر تراز آب دریا و دوره‌های بازگشت آنرا در دریای اژه و یونان با استفاده از داده ۱۸ تاید گیج مورد مطالعه قرار دادند که در نتیجه مشخص گردید مقادیر مشاهده شده با برآورد دوره بازگشت همسان است. همچنین با استفاده از نرم افزار مایک ۲۱ برای دریای خزر دو پروژه در کل خزر (CEP, 1999) و سواحل ایران (مرکز ملی تحقیقات دریا خزر ۱۳۸۳) انجام گرفت؛ در پروژه اول با سرعت باد ۲۵ متر بر ثانیه و با تداوم وزش ۷۲ ساعت در سواحل جنوب شرقی ارتفاع ۱/۳۵ متر و در جنوب غربی در ۰/۸۶ متر را برآورد نمودند و در حالی که در پروژه دوم براساس دوره بازگشت ۱۰۰ ساله حداکثر جنوب شرقی خزر در حدود ۰/۹۹ متر و برای جنوب غرب در حدود ۰/۸۶ متر برآورد شده است.

مواد و روش تحقیق

در این تحقیق از آمار ترازسنجی دو ایستگاه بندرانزلی در جنوب غرب و آشوراده در جنوب شرق دریای خزر استفاده گردید (نقشه ۱). آمار ایستگاه بندرانزلی برای ساعات ۸، ۱۲ و ۱۸ وقت محلی برای دوره ۱۹۴۱ تا ۲۰۰۵ و ایستگاه آشوراده برای ساعات ۸ و ۱۸ وقت محلی بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۳ انتخاب گردید. با توجه به داده‌های فوق تقویم ترازهای توفانی از زمان شروع افزایش تا فروکش شدن مشخص شدند. نحوه استخراج تراز توفانی از آمار فوق به صورت بصری برای تمامی دوره آماری بود بطوری‌که ترازهایی که به صورت ناگهانی از حالت نوسانی خارج شده و میزان آنها بیش از ۱۰ سانتی‌متر و سپس در طی چند ساعت بعد به حالت قبل برگشتند؛ به عنوان تراز توفانی معرفی شدند. با فرض

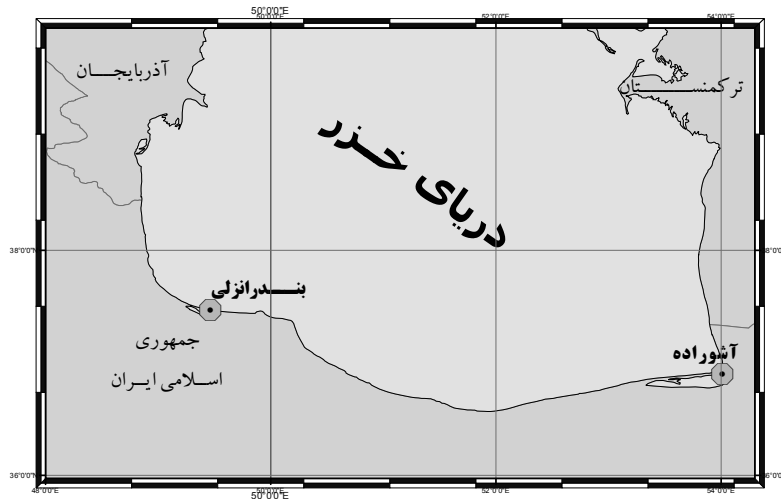
اینکه در این دوره زمانی کوتاه تغییرات در بیلان آب خزر نمی‌تواند تغییرات قابل توجهی ایجاد نماید از طرف دیگر در این دوره زمانی کم و کوتاه تغییرات آب و هوایی شدیدی با عبور یا شکل‌گیری سامانه‌های آب و هوایی از روی دریای خزر می‌توانند سبب تورم آب شوند (نمودار ۱) و حال اگر به هر طریقی (برکشند توفان، خیزاب ناشی از باد، خیزاب ناشی از موج) این سطح بالای آب دریا به ساحل برسد، تراز توفانی ایجاد خواهد نمود. در ادامه توزیع ماهانه ترازهای توفانی و تداوم زمانی هر کدام از آنها از تقویم توفانی استخراج گردید و خروجی آنها در جدول‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ ارائه گردید.



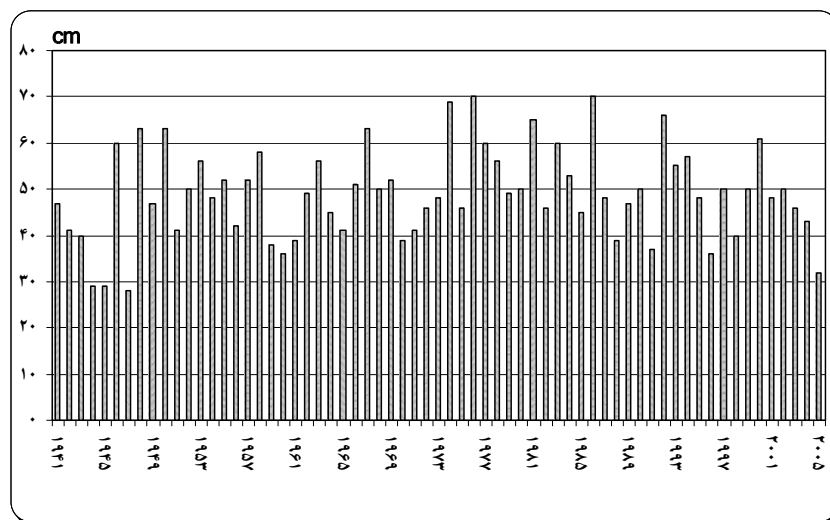
شکل ۱- نمودار نمونه‌ای از تراز توفانی روز ۲۹ و ۳۰ ژوئن ۱۹۹۵ در ایستگاه ترازسنجی آشوراده

سپس به منظور امکان پیش‌بینی حداکثر محتمل ترازهای توفانی با دوره‌های بازگشت سالانه، بالاترین آنها برای هر سال انتخاب گردید (نمودارهای ۲ و ۳). در مرحله بعد به منظور تخمین ترازهای توفانی با دوره بازگشت و مقایسه آنها با پیش‌بینی‌های انجام شده توزیع‌های احتمالاتی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت مشخص گردید که تفاوت‌های جغرافیایی در سواحل جنوبی دریای خزر در شدت ترازهای توفانی نیز تاثیر قابل توجهی دارد، بطوری‌که بهترین انطباق در ایستگاه ترازسنجی آشوراده با روش توزیع گمبل ($R^2=0/977, P=0/000$) و در ایستگاه ترازسنجی بندرانزلی نیز روش توزیع پیرسون نوع سوم ($R^2=0/987, P=0/000$) می‌باشد. برای ارزیابی انطباق توزیع احتمالاتی از نرم‌افزار Smada استفاده گردید. در نهایت ارتفاع ترازهای توفانی و تداوم زمانی هر کدام تعیین و فراوانی آنها تحلیل شده و سپس توزیع زمانی ماهانه و وقوع حداکثرهای سالانه با هم مورد مقایسه قرار

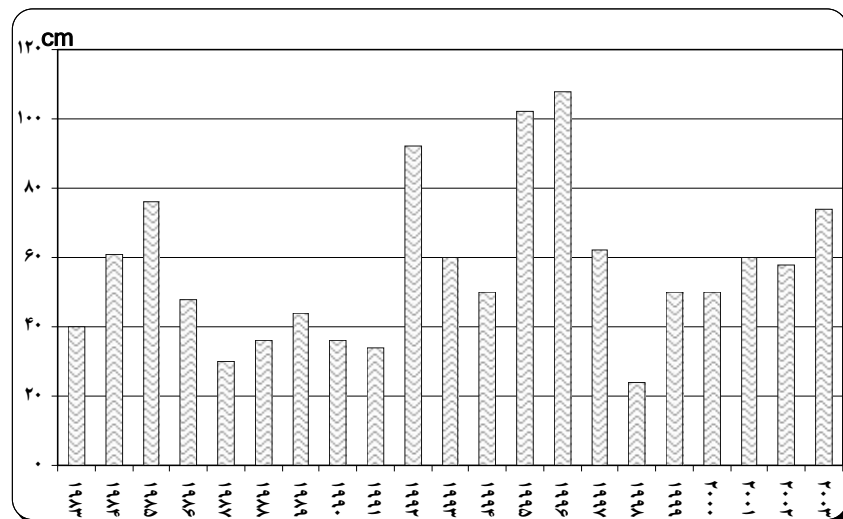
گرفتند و همچنین حداکثرهای مشاهده شده با روشهای توزیع آماری مورد ارزیابی و دوره بازگشت آنها محاسبه و با مشاهدات مورد مقایسه قرار گرفتند (نمودارهای ۴ و ۵).



شکل ۲- نقشه محدوده مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های ترازسنجی

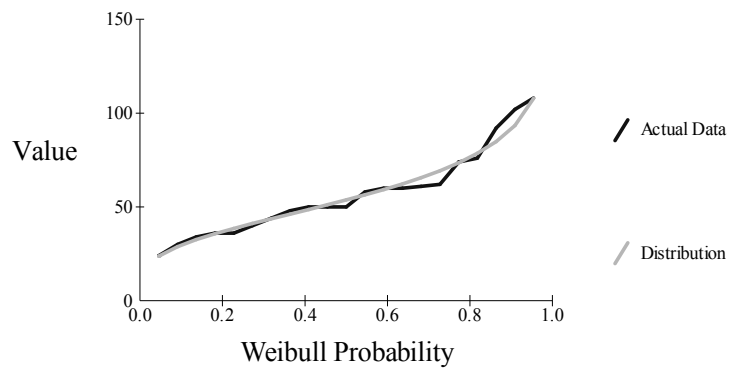


شکل ۳- نمودار حداکثر ترازهای توفانی سالانه مشاهده شده ایستگاه آشوراده (۱۹۸۳-۲۰۰۳)

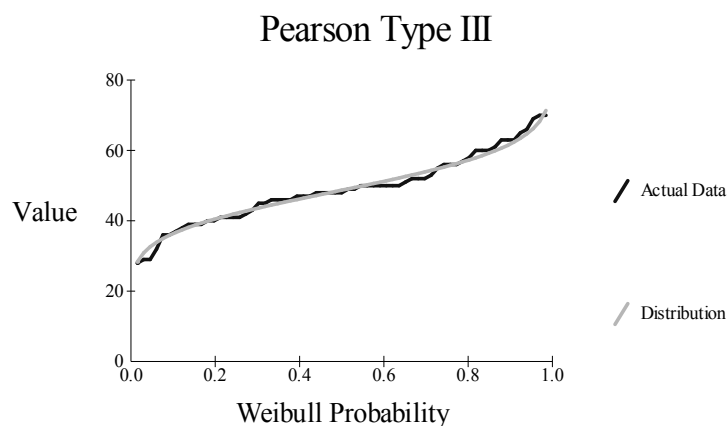


شکل ۴- نمودار حداکثر ترازهای توفانی مشاهده شده سالانه ایستگاه آشوراده (۱۹۸۳-۲۰۰۳)

Gumbel Extremal Type I



شکل ۵- نمودار انطباق حداکثر تراز توفانی مشاهده شده سالانه در ایستگاه آشوراده با روش توزیع گمبل



شکل ۶ - نمودار انطباق حداکثر تراز توفانی مشاهده شده سالانه در ایستگاه بندرانزلی با روش توزیع پیرسون نوع سوم

یافته‌های تحقیق

- ۱- رخداد ترازهای توفانی بیش از ۱۰ سانتی‌متر ایستگاه آشوراده ۲۲/۷ درصد از مواقع دیده‌بانی تراز آب را دارا می‌باشد، در حالی که ایستگاه بندرانزلی ۳۲/۶ درصد را شامل می‌شود.
- ۲- رخداد تراز توفانی کمتر از ۴۰ سانتی‌متر در تمامی ماه‌های سال در سواحل جنوبی دریای خزر مشاهده شده است، این مقدار در ماه‌های سرد سال بیش از سایر مواقع دیده می‌شود (جدول ۱ و ۳).
- ۳- تداوم زمانی ترازهای توفانی در ایستگاه بندرانزلی بیش از ایستگاه آشوراده است، بطوری که در بندرانزلی حداکثر تداوم ۱۳ روز نیز دیده می‌شود که در حالی که در آشوراده کمتر از ۷ روز است (جدول ۲ و ۴).
- ۴- مقایسه ارتفاع تراز توفانی مشخص می‌نماید شدت ارتفاع تراز توفانی در ایستگاه آشوراده بیش از ایستگاه بندرانزلی می‌باشد. بطوری که در ایستگاه آشوراده در دوره آماری ۲۳ ساله دو بار بیش از یک متر مشاهده شده، در حالی که در ایستگاه بندرانزلی در دوره آماری ۶۵ ساله بالاترین ترازهای توفانی ۰/۷ متر بوده است.

جدول ۱- توزیع فراوانی ماهانه ترازهای توفانی ایستگاه آشوراده

ماه	طبقات تراز توفانی (سانتی متر)							مجموع
	>۷۰	۶۰-۷۰	۵۰-۶۰	۴۰-۵۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	
ژانویه	---	---	۱	۱	۸	۵	۱۲	۲۷
فوریه	---	---	---	۴	۵	۸	۱۳	۳۰
مارس	۱	۱	۲	۴	۷	۹	۲۸	۵۲
آوریل	۲	---	۴	۴	۹	۷	۱۸	۴۵
می	---	---	---	۳	۲	۷	۱۸	۳۰
ژوئن	۱	---	---	---	۵	۱۲	۲۰	۳۸
ژولای	---	---	۱	---	۱	۶	۱۴	۲۲
آگوست	---	---	---	---	۳	۶	۱۹	۲۸
سپتامبر	---	---	۱	---	۳	۵	۱۵	۲۴
اکتبر	---	۲	---	---	۴	۶	۶	۱۸
نوامبر	---	۲	۳	---	۵	۶	۶	۲۲
دسامبر	---	---	۲	۲	۴	۳	۱۹	۳۰
مجموع	۵	۵	۱۴	۱۸	۵۶	۸۰	۱۸۸	۳۶۶

جدول ۲- توزیع فراوانی ماهانه تداوم روزانه ترازهای توفانی ایستگاه آشوراده

ماه	طبقات تداوم روزانه تراز توفانی						مجموع
	>۷	۶-۷	۵-۶	۴-۵	۳-۴	۲-۳	
ژانویه	--	۱	۲	۳	۷	۱۴	۲۷
فوریه	۱	۲	۲	۶	۹	۱۰	۳۰
مارس	۱	--	۴	۵	۱۱	۳۱	۵۲
آوریل	۱	--	۱	۵	۱۳	۲۵	۴۵
می	--	۱	۲	۱	۱۰	۱۶	۳۰
ژوئن	۱	۱	۱	۶	۱۵	۱۴	۳۸
ژولای	--	۲	۱	۲	۸	۹	۲۲
آگوست	--	۳	۵	۴	۷	۱۰	۲۹
سپتامبر	--	--	--	۴	۸	۱۲	۲۴
اکتبر	--	--	۳	۳	۳	۱۰	۱۹
نوامبر	--	--	۳	۴	۶	۹	۲۲
دسامبر	۲	--	۱	۳	۱۰	۱۲	۲۸
مجموع	۶	۱۰	۲۵	۴۶	۱۰۷	۱۷۲	۳۶۶

۵- دوره بازگشت حداکثر تراز توفانی ۱۰۸ سانتی‌متری مشاهده شده در ایستگاه آشوراده با بهترین برازش صورت گرفته (روش توزیع گمبل) تقریباً ۲۵ ساله است، در حالی که حداکثر تراز توفانی ۷۰ سانتی‌متری بندرانزلی نیز با بهترین برازش صورت گرفته (روش توزیع پیرسون نوع سوم) در حدود ۵۰ سال است.

۶- حداکثر تراز توفانی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در ایستگاه آشوراده ۱۳۸ سانتی‌متر و ایستگاه بندرانزلی ۷۳ سانتی‌متر برآورد گردیده است.

جدول ۳- توزیع فراوانی ترازهای توفانی ایستگاه بندرانزلی (۱۹۴۱-۲۰۰۵)

ماه	طبقات ترازهای توفانی (سانتی‌متر)					
	۱-۲۰	۲۱-۳۰	۳۱-۴۰	۴۱-۵۰	۵۱-۶۰	۶۱-۷۰
ژانویه	۱۰۲	۴۹	۲۷	۱۰	۲	۳
فوریه	۷۹	۵۳	۱۴	۸	---	۱
مارس	۸۶	۴۷	۲۱	۴	۴	---
آوریل	۱۰۰	۳۳	۲	۲	۱	۱
می	۷۳	۲۴	۱	۳	---	---
ژوئن	۷۷	۲۲	۶	---	---	---
ژولای	۷۱	۲۵	۵	---	---	---
آگوست	۷۸	۳۱	۵	---	---	---
سپتامبر	۸۵	۴۵	۲۳	۷	---	---
اکتبر	۸۷	۵۲	۲۹	۱۳	۳	۱
نوامبر	۱۰۴	۶۴	۲۵	۹	۵	۱
دسامبر	۹۱	۵۴	۳۲	۱۱	۵	۲
مجموع	۱۰۳۳	۴۹۹	۱۹۰	۶۷	۲۰	۹

بحث و نتیجه‌گیری

در ایستگاه آشوراده در طی دوره آماری ۲۰ ساله معادل ۳۶۶ مورد تراز توفانی مشاهده شده است که این تعداد تراز توفانی ۱۷۳۱ روز از دیده بانی‌های ۷۶۰۸ روز تراز آب در این ایستگاه را به خود اختصاص داده است. جدول (۱) فراوانی ماهانه رخداد تراز توفانی را در طبقات ارتفاعی نشان می‌دهد به طوری که از جدول مشخص است، تراز توفانی کمتر از ۴۰ سانتی‌متر در تمامی ماه‌ها رخ داده است در حالی که ترازهای بالاتر در ماه‌های سرد سال نیز دیده می‌شود. در این ایستگاه تراز بالاتر از ۱۰۰ سانتی‌متر دو بار مشاهده شده است. جدول (۲) فراوانی ماهانه تداوم زمانی ترازهای توفانی را در این

ایستگاه نشان می‌دهد و بطوری که تداوم کمتر از ۶ روزه در تمامی ماه‌ها دیده می‌شود و تنها یک نمونه تا ۹ روز تداوم یافته است. نمودار ۲ حداکثرهای سالانه را نشان می‌دهد بطوری که دیده می‌شود در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۶ بالاترین رخداد ترازهای توفانی اتفاق افتاده است. حداکثر تراز توفانی در این ایستگاه یعنی تراز توفانی ۱۰۸ سانتی‌متری با استفاده از بهترین انطباق توزیع محتمل به روش گمبل دوره بازگشت ۲۵ ساله را نشان می‌دهد (نمودار ۴). همچنین با توجه به روش گمبل تراز آب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در این ایستگاه تراز با ارتفاع ۱۳۸ سانتی‌متر می‌باشد این تراز در مقایسه با برآورد انجام شده در پروژه مد توفان سواحل جنوبی دریای خزر برای منطقه بندرترکمن (معادل ۹۹ سانتی‌متر) مقدار بیشتری را نشان می‌دهد. از طرف دیگر این برآورد با حداکثر محتمل تراز توفانی ناشی از سرعت باد ۲۵ متر بر ثانیه با تداوم وزش ۷۲ ساعت از جهت موثر برای این منطقه در حدود ۱۳۵ سانتی‌متر (CEP, ۱۹۹۹) تقریباً رقمی مشابهی را برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به نمایش در آورده است.

جدول ۴- توزیع فراوانی ماهانه تداوم روزانه ترازهای توفانی ایستگاه بندرانزلی (۲۰۰۵-۱۹۴۱)

مجموع	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	طبقات تداوم روزانه		ماه
									۱-۲	۳-۷	
۱۹۳	۳	۳	۲	۲	۶	۹	۱۸	۲۹	۴۲	۷۸	ژانویه
۱۵۵	۳	۱	۴	---	۴	۸	۱۴	۲۴	۳۳	۶۴	فوریه
۱۶۲	۳	---	۱	۶	۵	۱۲	۱۹	۲۹	۳۶	۵۱	مارس
۱۳۹	۴	۲	۲	۷	۴	۵	۱۳	۲۰	۲۹	۵۳	آوریل
۱۰۱	۱	---	۱	۱	۶	۷	۱۶	۱۳	۱۹	۳۷	می
۱۰۵	۱	۱	۱	۷	۳	۳	۹	۲۳	۲۱	۳۶	ژوئن
۱۰۲	۳	---	۱	۴	۲	۱۰	۱۰	۱۶	۲۳	۳۳	ژولای
۱۱۴	۱	۱	۱	۳	۹	۶	۱۷	۲۱	۱۸	۳۷	آگوست
۱۶۰	۱	---	۲	۵	۸	۱۲	۱۶	۲۳	۳۲	۶۱	سپتامبر
۱۸۵	۲	۳	۲	۲	۲	۱۷	۲۳	۲۶	۳۸	۷۰	اکتبر
۲۰۸	۲	---	۳	۳	۲	۱۱	۲۱	۳۰	۴۷	۸۹	نوامبر
۱۹۵	۴	۱	۳	۳	۶	۱۵	۱۵	۳۲	۴۶	۷۰	دسامبر
۱۸۱۸	۲۸	۱۲	۲۳	۴۳	۵۷	۱۱۵	۱۹۱	۲۸۶	۳۸۴	۶۷۹	مجموع

در ایستگاه بندرانزلی نیز در طی دوره آماری ۶۵ ساله معادل ۱۸۱۸ مورد تراز توفانی مشاهده شده است، این تعداد تراز توفانی شامل ۷۶۷۴ روز از ۲۳۵۰۸ روز دیده بانی تراز دریا را شامل می‌شود.

جدول (۳) فراوانی ماهانه رخداد تراز توفانی را نشان می‌دهد، بطوری که از این جدول مشخص می‌گردد، در این ایستگاه بیشترین فراوانی ترازهای توفانی در ماه‌های سرد سال اتفاق افتاده است. جدول (۴) فراوانی ماهانه تداوم زمانی ترازهای توفانی را نشان می‌دهد؛ بطوری که مشخص است در این ایستگاه تداوم کمتر از ۱۰ روزه تقریباً در تمامی ماه‌ها اتفاق افتاده است و بالاترین تداوم دیده بانی شده ۱۳ روز به طول انجامیده است. آزمون توزیع فراوانی بر اساس روش‌های معمول نشان می‌دهد بیشترین انطباق حداکثر تراز مشاهده شده سالانه در این ایستگاه به روش پیرسون تیپ ۳ می‌باشد (نمودار ۵). بطوری که حداکثر تراز مشاهده شده ۷۰ سانتی‌متری (نمودار ۲) با این روش با دوره بازگشت ۵۰ ساله مشخص می‌گردد از طرف دیگر دوره بازگشت ۱۰۰ ساله با این مدل، تراز ارتفاعی به میزان ۷۳ سانتی‌متر را نمایان می‌کند، این میزان با مقدار برآورد شده در پروژه مد توفان در حدود ۲۲ سانتی‌متر پایین تر است همچنین حداکثر احتمال تراز توفانی با سرعت باد ۲۵ متر در ثانیه با تداوم وزش ۷۲ ساعت از جهت موثر در حدود ۸۶ سانتی‌متر است که با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به روش پیرسون در حدود ۱۳ سانتی‌متر اختلاف دارد.

در نهایت با توجه به آنچه بررسی شد مشخص می‌گردد که شدت ترازهای توفانی در سواحل جنوب شرقی بیش از سواحل جنوب غربی است؛ از جمله دلایل آن شدت عمل توفان بخصوص ناشی از سامانه‌های چرخندی در جنوب شرق خزر، شیب بستر و شکل ساحل می‌باشد. همچنین مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق برای سواحل جنوب شرقی با پروژه مد توفان مشخص می‌کند که برآورد انجام شده برای دوره بازگشت صد سال در این تحقیق بدلیل استفاده مستقیم از مشاهدات انجام شده از اندازه گیری سطح آب دریا در ایستگاه آشوراده (۱۳۸ سانتی‌متر) نسبت به پروژه مد توفان به واقعیت نزدیکتر باشد.

منابع

- بزرگ‌نیا، ابوالقاسم، علیزاده، امین، نقیب زاده، محمود، خیابانی، محمود. ۱۳۶۹. تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی. چاپ اول، نویسنده ج. دلیو. کایت، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.
- قانقرمه عبدالعظیم. ۱۳۷۶. تغییرات اقلیمی و رفتار نوسانی سطح آب دریای خزر، مجله سپهر (دوره ششم، شماره بیست‌ودوم)، سازمان جغرافیایی - وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح در زمینه مهندسی نقشه‌برداری، دورسنجی و علوم جغرافیایی.
- منصوری، ارسلان. ۱۳۷۴. بررسی نوسانات آب دریای خزر مجله تحقیقات دریای خزر، دفتر اول، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، وزارت نیرو.
- مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، وزارت نیرو. ۱۳۸۵. بانک اطلاعات آب و هواشناسی دریای خزر
- مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، وزارت نیرو. ۱۳۸۱. گزارش مطالعات مد توفان سواحل جنوبی دریای خزر.

- نشریه ۴۰ کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۳۷۹. راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، سیلاب‌های دریایی.
- CEP, 2000. Caspian-Hycos Draft Project Identification Report, Caspian Environmental phase2, TACIS.
- CEP, 1999. Updating and Extension of Surge Model, TACIS.
- Sundar, D. Shankar, D. and S.R. Shetye, 2004. Sea level during storm surges as seen in tide-gauge records along the east coast of India , National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa 403 004, India.
- Kathleen McInnes, Graeme Hubbert, Steve Oliver, and Debbie Abbs, 2000. storm tide returns periods and 1974 floodwater modeling for gold city codicil, CSIRO, Atmospheric research.
- Tsimplisa, M.N. and D. Blackman, 1997. Extreme sea level distribution and return periods in the Aegean and Ionian seas, science direct, volume44.
- Paolo Antonio Pirazzoli, Hervé Regnaud, Loic Lemasson. 2004. Changes in storminess and surges in western France during the last century, Marine Geology, Vol. 210, Issues 1-4, 15 September 2004, Pages 307-323
- Paolo Antonio Pirazzoli, 2000. Surges, atmospheric pressure and wind change and flooding probability on the Atlantic coast of France, Oceanologica Acta, Volume 23, Issue 6, 1 November 2000, Pages 643-661
- Paolo Antonio Pirazzoli, 2007. Estimation of Return Periods of Extreme Sea Level, Ocean Dynamic, Vol. 57, No. 2, Springer.
- See Whan Kang, Kwang Soon Park, Ki Cheon Jun, Dong Young Lee, 2001. Extreme Sea Level Estimation for Disaster Mitigation on the Coast of Korea, Coastal and Harbor Engineering Research Center KORDI.