

# تعیین آسیب‌پذیری و ریسک مخاطرات فرسایشی بندر آستارا

همایون خوشروان<sup>۱</sup>

سورنا قاسمی نژاد<sup>۲</sup>

فائزه سلامی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۹/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۱/۲۸

\*\*\*\*\*

## چکیده

گرمایش کره زمین طی قرن بیستم سبب افزایش سطح تراز آب اقیانوس‌ها گردید و به زیر آب رفتن نواحی گسترده‌ای از مناطق ساحلی و بروز پدیده‌های فرسایشی از پیامدهای نامطلوب آن بود. تعیین شدت آسیب‌پذیری و ریسک مخاطرات فرسایشی در ناحیه ساحلی بندر آستارا بعنوان هدف اصلی تحقیق محسوب می‌شود. با مطالعه و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای اشکال مورفولوژیکی ساحلی شناسایی گردید. در بازدیدهای میدانی وضعیت مورفودینامیک رسوبی و ساختار هندسی بخش خشک ساحل در پنج ایستگاه اندازه‌گیری مستقر در سه زون ساحلی پایش شد. با انجام عملیات نقشه‌برداری و هیدروگرافی ساختار هندسی ساحل آستارا اندازه‌گیری و خصوصیات بافتی رسوبات بستر دریا ارزیابی گردید. با آنالیز تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی در نرم‌افزار GIS، خطوط ساحلی دریای خزر در دو پریود با فاصله زمانی ۵۲ ساله مقایسه شد و میزان جابجایی خط ساحل محاسبه گردید. نتایج اصلی نشان می‌دهد که میزان نرخ جابجایی خط ساحلی در ناحیه شهر آستارا متفاوت است. شیب بسیار ملایم ساحل آستارا سبب افزایش شدت آسیب‌پذیری در زمان افزایش سطح تراز آب دریای خزر شده است و ریسک مخاطرات فرسایشی در نواحی جنوبی بندر آستارا بعلاوه دخالت‌های انسانی نسبت به مناطق دیگر آن بسیار زیاد است. در مدل سناریوهای نوسانی عکس‌العمل ساحل آستارا موجب بروز چالش‌های جدی و تهدیدات زیست محیطی مختلف خواهد شد. بطوری که با افزایش ۲ متر سطح تراز آب دریای خزر ۳۰ هکتار از اراضی ساحلی دچار آبگرفتگی می‌شوند و کاربری‌های اقتصادی متنوعی از بین خواهند رفت.

واژه‌های کلیدی: بندر آستارا، مورفودینامیک رسوبی، مخاطرات فرسایشی، دریای خزر.

\*\*\*\*\*

۱- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات آب و وزارت نیرو (نویسنده مسئول) h\_khoshravan@yahoo.com  
۲- کارشناس ارشد سازه‌های ساحلی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات s.ghaseminejad@yahoo.com  
۳- کارشناس ارشد آبنگاری

## ۱- مقدمه

در حال حاضر، گرمایش کره زمین<sup>۱</sup> و تغییر شرایط آب و هوایی از نگرانی‌های بسیار مهم بشر می‌باشد. بطوریکه طی قرن بیستم درجه حرارت کره زمین حدود ۰/۷۴ درجه سانتیگراد افزایش یافته است و طی ۵۰ سال اخیر روند افزایش گرما از شتاب بیشتری برخوردار بوده است (Feng et al 2014).

آخرین ارزیابی‌های بعمل آمده بر روی داده‌های تراز-سنجی در طول ۱۰۰ سال گذشته نشان می‌دهد که سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها به‌طور متوسط ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر بالا آمده است. مدل‌های تغییرات آب و هوایی<sup>۲</sup> نشان می‌دهد در فاصله سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ میلادی میانگین دمای هوای سطح زمین بین ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد (Kroonenberg et al 2000). دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند که سطح آب دریاها تا سال ۲۱۰۰ میلادی، حدود یک متر بالا خواهد آمد و توزیع این مقدار افزایش سطح در همه جای دنیا یکسان نخواهد بود (Mayewski et al 2004). این در حالی است که رفتار هیدرولوژیکی بزرگترین دریاچه کره زمین یعنی خزر به گونه‌ای دیگر رقم خورده است. نرخ تغییر سطح تراز آب دریای خزر تقریباً صد برابر نوسانات سطح تراز آب اقیانوس‌هاست (Leroy et al 2013). آمارها نشان می‌دهند که طی سال ۱۹۹۱ میلادی سطح تراز آب دریای خزر معادل ۳۴ سانتی‌متر افزایش یافت و این یعنی میزان افزایش سطح تراز آب دریای خزر در یک سال معادل افزایش سطح تراز آب اقیانوس‌ها طی یک قرن می‌باشد. بنابراین رفتار هیدرولوژیکی دریای خزر در طی گرمایش کره زمین با عملکرد دینامیکی تغییر سطح اقیانوس‌ها متفاوت می‌باشد (Khoshnavan 2014). امروزه در روند مدیریت جامع مناطق ساحلی و برنامه‌های راهبردی حفاظت از سواحل، تهیه نقشه‌های ریسک مخاطرات فرسایشی حاصل از افزایش سطح تراز آب اقیانوس‌ها و دریاها از اقدامات بسیار مهم تلقی می‌شود (Rogers, Jarratt and Astle 2007). میزان آسیب‌پذیری

فرسایشی<sup>۳</sup> رسوبات ساحلی تحت تأثیر نیروهای فرساینده دریا اعم از امواج و جریان‌های ساحلی در زمان افزایش سطح تراز آب افزایش می‌یابد (Hatfield and Cioppa 2010). شواهد به دست آمده از مطالعات جغرافیای گذشته<sup>۴</sup> و مورفولوژی تراس‌های رسوبی آشکوب نئوکاسپین<sup>۵</sup> منطقه داغستان روسیه نشان می‌دهد که طی ۱۰۰۰۰ سال اخیر دوره‌های نوسانی متناوبی در حوضه دریای خزر وجود داشته و دامنه نوسانات بین ۲۰- متر تا ۳۲- متر متغیر بوده است (Rychgov 1997). نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر طی سال‌های ۱۹۳۰ تا سال ۱۹۹۵ با دامنه نوسانی حدود ۵/۵ متر گویای شتاب فزاینده تغییر سطح تراز آب دریای خزر نسبت به اقیانوس‌ها می‌باشد و این موضوع سبب افزایش پتانسیل خطر فرسایشی آن شده است (Khoshnavan 2007).

در این تحقیق، ارزیابی شدت فرسایش‌پذیری و تغییرات خطوط ساحلی شهر آستارا، تحت تأثیر نوسانات سریع آب دریای خزر و فعالیت‌های انسانی، مسأله اصلی می‌باشد. در حقیقت دو عامل مذکور طی مدت چند دهه اخیر موجب به هم خوردگی نظم رسوبگذاری در ساحل دریای خزر شده‌اند و مشکلات فرسایشی و رسوبی مختلفی را به همراه داشته‌اند (خوشروان ۱۳۹۰). مهم‌ترین اهداف قابل تعقیب در این پژوهش شامل: ارزیابی نحوه فرسایش‌پذیری و عکس‌العمل ساختار هندسی خط ساحلی آستارا طی بالا آمدن سطح تراز آب دریا و توسعه کاربری‌های مختلف، جانمایی مناطق آسیب‌دیده و آسیب‌پذیر ساحلی، بررسی روش‌های مقابله با آثار تخریبی نوسانات سطح آب دریای خزر در منطقه و عوارض حاصل از آن، ارزیابی نحوه تعامل و تقابل نیروهای هیدرودینامیک دریا و نوسانات با سازه‌های مهندسی ساحلی که نقش حفاظتی و توسعه‌ای دارند و شناسایی مهم‌ترین عوارض مورفودینامیکی و معرفی روش‌های بهینه حفاظتی برای جلوگیری از پیشرفت بحران‌های فرسایشی و تخریب سواحل در مناطق آسیب‌پذیر می‌باشد. در مطالعات قبلی،

3- Erosion vulnerability

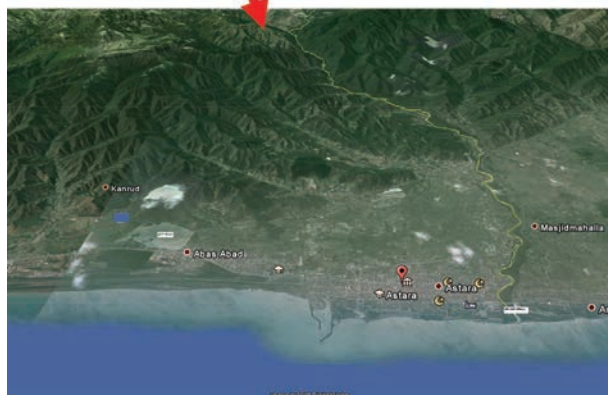
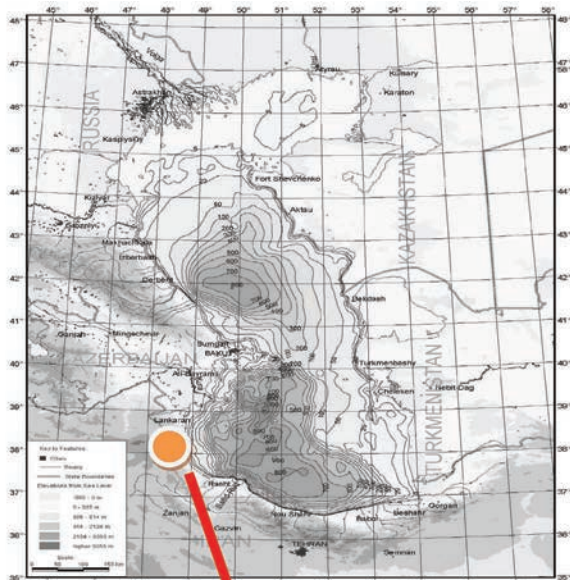
4- Paleogeography

5- NeoCaspian Stage

1- Global warming

2- IPCC model

سبب شده که آبگیرهای کم عمقی در حاشیه مناطق ساحلی و دامنه ارتفاعات آستارا مانند: مرداب ساحلی و دریاچه کوچک استیر شکل گیرد و این فرایند موجب افزایش ریسک غرقابی اراضی ساحلی در مواقع نزول بارش‌های تند و نفوذ آب دریا شده است. کاربری‌های مهمی اعم از بندر آستارا، گمرگ مرزی، بازارها و مناطق مسکونی در کناره خط ساحلی شهر آستارا گسترش یافته است و معمولاً بخش وسیعی از ساحل توسط دیواره‌های حفاظتی از نفوذ آب دریا محافظت می‌شود. ایجاد تأسیسات بندری و سازه‌های دریایی در این بخش از سواحل شرایط طبیعی فرایندهای ساحلی را دستخوش تغییر و دگرگونی جدی قرار داده است.



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی ساحل آستارا در سواحل جنوبی دریای خزر

سواحل جنوبی دریای خزر بر اساس ساختار هندسی ساحل، شکل ریخت‌شناختی و صفات رسوبی به پنج پهنه مورفولوژیکی<sup>۱</sup> طبقه‌بندی شد (Khoshrovan, 2007). همچنین مناطق ساحلی بخش جنوبی دریای خزر به لحاظ فرسایش پذیری به نواحی رسوبی فعال، ناپایدار فرسایشی و تعادلی تقسیم گردید (خوشروان ۱۳۹۰) و سواحل منطقه غرب مازندران و گیلان مرکزی بعنوان ناپایدارترین مناطق در مقابل مخاطرات فرسایشی شناخته شد (Khoshrovan, 2007). همچنین مشخص شد که مورفولوژی بخش غربی سواحل جنوبی دریای خزر بستگی به شرایط آب و هوایی و نیروهای هیدرودینامیکی دریا و فعالیت‌های انسانی دارد (افشاری آزاد ۱۳۹۱). با توجه به اهمیت بندر آستارا تاکنون تحقیقی در زمینه میزان شدت آسیب‌پذیری فرسایشی و ریسک مخاطرات فرسایشی حاصل از نوسانات آب دریای خزر انجام نگرفته است و برای اولین بار در این پژوهش مهم، وضعیت چالش‌های موجود در مدیریت جامع ساحل آستارا و نقش نیروهای محیطی در ایجاد آنها ارزیابی کیفی و کمی می‌گردد.

## ۲- نمونه مطالعاتی و روش پژوهش

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر آستارا در بخش انتهایی ناحیه جنوب غربی سواحل جنوبی دریای خزر و در ناحیه شمال غربی استان گیلان قرار دارد (نگاره ۱). این منطقه به لحاظ ساختار زمین ریخت‌شناختی در پهنه مورفولوژیکی غرب گیلان واقع شده است. از نظر خصوصیات ساختار هندسی دارای شیب بسیار ملایم در بخش خشک ساحلی و کم‌ژرفای دریایی می‌باشد. فاصله ارتفاعات تالش تا کرانه ساحلی بسیار کم است و دره‌های فرسایشی در کوه‌های مزبور سبب ایجاد رودخانه‌های فصلی و سیلابی شده که در مواقع بارندگی‌های تند، حجم زیادی از مواد رسوبی آبرفتی با اجزای درشت دانه را در ناحیه مصب تخلیه می‌کنند. شیب بسیار کم در ناحیه خشک ساحل که گاه‌گاه دچار جهت معکوس نسبت به ناحیه خاکریز می‌شود

1- Morphological zone

## ۲-۲- روش تحقیق

به سامانه آبنگاری دقیق Deso 15 و نرم افزار Hydro- susy map می باشد وضعیت ساختار هندسی بستر دریای خزر در محدوده ساحل آستارا تا عمق ۷ متر ارزیابی گردید. از رسوبات ناحیه خاکریز و خط ساحلی تا ژرفای ۱، ۲، ۵، ۷ و ۱۰ متر از طریق دستگاه نمونه بردار دستی<sup>۶</sup> نمونه برداری شد و آنها در محیط آزمایشگاه در دستگاه تنور حرارتی<sup>۷</sup> تحت درجه حرارت ۱۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه خشک شدند و سپس با انجام آزمایش دانه بندی<sup>۸</sup> خصوصیات بافتی و توزیع وزنی ذرات رسوبی<sup>۹</sup> ارزیابی گردید. نرخ جابجایی و روند تغییر شکل خطوط ساحلی دریای خزر در ساحل آستارا با استفاده از تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی در دو پریود با فاصله زمانی ۵۲ ساله (۲۰۱۵-۱۹۶۳ میلادی) در نرم افزار Arc- GIS مقایسه شد. با تلفیق نقشه های رقومی هیدروگرافی بستر ناحیه ساحلی آستارا با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه های رقومی DEM توپوگرافی بخش خشک ساحلی با مقیاس مشابه در محیط نرم افزار Arc- GIS مدل سناریوهای نوسانی مختلف بر روی نقشه ریسک خطر آبگرفتگی<sup>۱۰</sup> پیش بینی شد. در نهایت با تجزیه و تحلیل و جمع بندی مجموع معیارهای مهم آسیب پذیری فرسایشی اعم از: ساختار هندسی ساحل، جنس رسوبات و نحوه توزیع ذرات رسوبی، عوارض مورفودینامیک، میزان جابجایی خط ساحل و تغییر پوشش زمین و ساختارهای حفاظت طبیعی<sup>۱۱</sup>، وضعیت ریسک مخاطرات فرسایشی برای بندر آستارا تعیین شد.

## ۳- نتایج

### ۳-۱- وضعیت ساختار هندسی و نیمرخ توپوگرافی ساحل آستارا

نتایج حاصل از اندازه گیری ساختار هندسی بخش خشک ساحل آستارا نشان می دهد که شیب و طول خاکریز

در ابتدا با استفاده از تصاویر TM سال ۲۰۱۵ ماهواره لندست Land- Sat پوشش زمین، اشکال مورفولوژیکی و کاربری های انسانی مختلف در منطقه ساحلی آستارا شناسایی گردید. بر اساس وضعیت ریخت شناختی و کاربری اراضی ساحلی، شهر بندری آستارا به سه ناحیه: بخش حفاظت شده توسط دیواره های سنگی به طول یک کیلومتر از دهانه رودخانه آستاراچای تا ابتدای پارک ساحلی ناحیه شمالی، بخش مرکزی مشرف به پارک ساحلی تا ابتدای سازه سنگی عمود بر ساحل به طول ۱۷۰۰ متر و ناحیه بندری شهر آستارا به طول ۱۵۰۰ متر تقسیم گردید (نگاره ۲). سپس مشخصات مورفودینامیک رسوبی<sup>۱</sup> و ساختار هندسی ساحل<sup>۲</sup> در طول ناحیه ساحلی مورد مطالعه که حدود ۴/۲ کیلومتر می باشد، در پنج ایستگاه (A-E) مورد بررسی و پایش قرار گرفت (نگاره ۲).



نگاره ۲: موقعیت نقاط نمونه برداری و محور هیدروگرافی در منطقه مورد مطالعه

در عملیات میدانی وضعیت شیب بخش خشک ساحل<sup>۳</sup>، ناحیه کم ژرفای دریایی<sup>۴</sup> و نیمرخ ساحلی<sup>۵</sup> با انجام عملیات نقشه برداری به کمک دستگاه تئودولیت لیزری تالیا تا ژرفای ۱/۵ متر و با استفاده از شناور هیدروگرافی متد که مجهز

6- Grab sampler

7- Oven

8- Granometry test

9- Texture and sediment size distribution

10- Flooding risk and hazard

11- Natural protective structures

1- Sedimentary- Morphodynamic

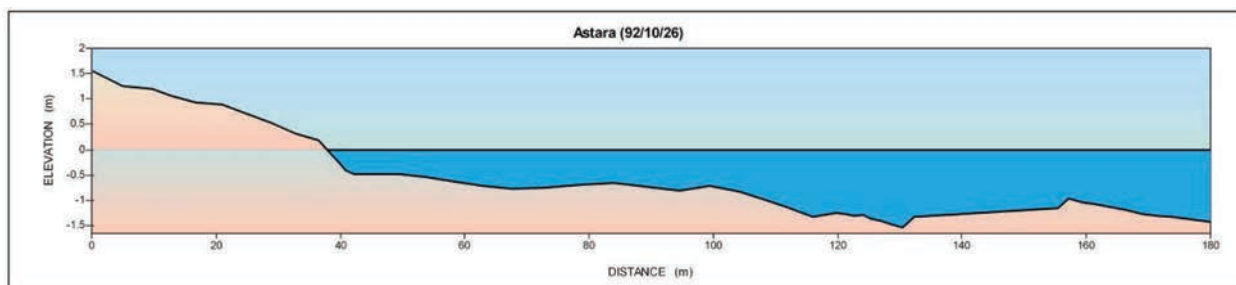
2- Beach structure

3- Beach zone

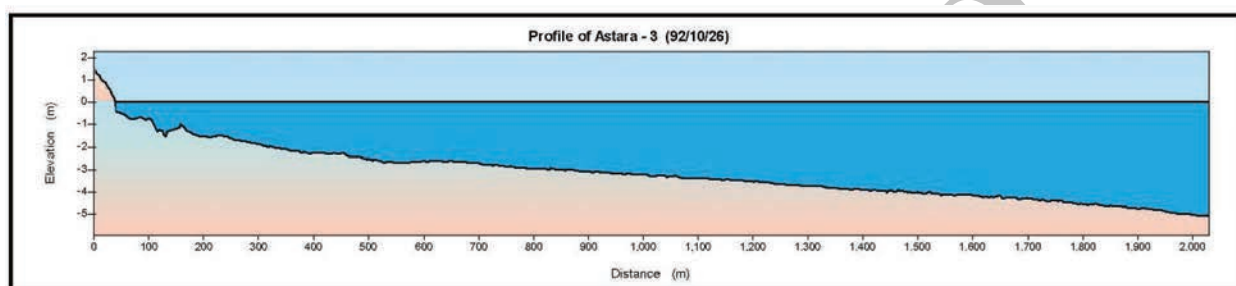
4- Offshore

5- Beach profile





نگاره ۲: وضعیت نیمرخ ساحلی آستارا از ناحیه خشک ساحل تا عمق ۱,۵ متری دریا



نگاره ۳: وضعیت نیمرخ ساحلی آستارا از ناحیه خشک ساحل تا عمق ۷ متری دریا

در سه زون فوق الذکر متفاوت می باشد. بطوری که زون (۱) فاقد خاکریز مشخص است و با دیواره ساحلی پوشش یافته است (نگاره ۲). در ناحیه ساحلی مشرف به زون (۲) که در مجاورت پارک ساحلی قرار دارد، خاکریز ساحلی با شیب ۷ درجه و در فاصله ۵۰ متری از خط ساحل واقع شده است و انباشت رسوبات در این زون سبب پیشروی بخش خشک ساحل<sup>۱</sup> در درون دریا گشته که نرخ نفوذ ساحل در دریا در مجاورت دیواره عمود بر ساحل<sup>۲</sup> در انتهای بخش جنوبی زون مزبور به ۱۵۰ متر می رسد. بندر آستارا در زون (۳) قرار دارد. بخش شمالی بندر با انباشت مواد رسوبی و جابجایی خط ساحل به سمت دریا و انحراف آن به سمت جنوب شرق همراه است و بخش جنوبی بندر ناحیه فرسایشی و فاقد خاکریز<sup>۳</sup> مشخص است. نفوذ کاربری های مسکونی در جنوبی بندر آستارا سبب آشفته گی و تخریب ساختار هندسی ساحل شده است (نگاره ۲). میزان عقب نشینی

خط ساحل<sup>۱</sup> و پیشروی آب دریا به خشکی در بخش جنوبی بندر آستارا به علت ساخت و سازهای بندری حدود ۶۵۰ متر برآورد گردید. منطقه ساحلی آستارا فاقد تپه ماسه ای بوده و شیب بستر دریا بسیار ملایم است. در ناحیه کم ژرفای دریایی فقط یک پشته رسوبی کوچک<sup>۴</sup> در عمق ۵۰ سانتی متری دیده می شود و نیمرخ ساحلی با شیب بسیار ملایم تا عمق ۷ متری دریا ادامه می یابد (نگاره های ۲ و ۳). مقایسه نرخ تغییرات فصلی نیمرخ های ساحلی گویای ضعیف بودن فرایندهای رسوبی و فرسایشی است و ساحل مزبور از پایداری نسبتاً خوبی به لحاظ ساختار هندسی برخوردار است.

### ۲-۳- ماهیت فیزیکی رسوبات ساحل آستارا

نتایج حاصل از آنالیز آزمایشگاهی رسوبات ساحلی نشان می دهد که میانگین قطر ذرات رسوبی پوشاننده ساحل آستارا از ناحیه خشک (بخش خاکریز) تا کم ژرفای دریایی (عمق ۷ متر) از ماسه های ریز تا ماسه های سیلتی با افزایش عمق دریا تغییر می کند (جدول ۱). قرابت و نزدیکی

1- Accretion

2- Groins structure

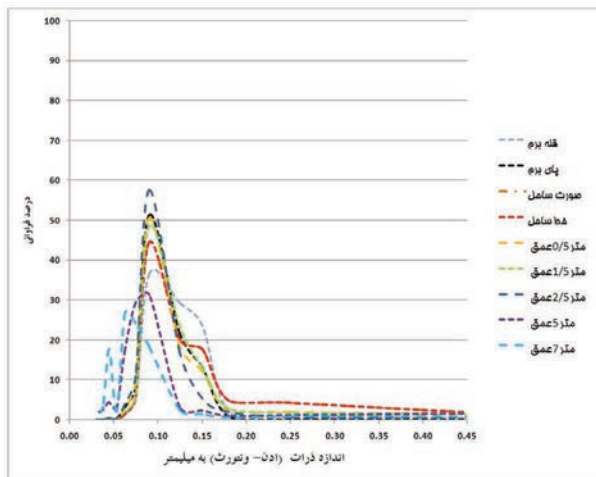
3- Berm

4- Shoreline retreat

5- Offshore bar

جدول ۱- معرفی پارامترهای رسوبی رسوبات ساحلی آستارا از بخش خشک تا ژرفای ۷ متر بستر دریا

نقاط نمونه برداری	میانگین (mm)	میانه (mm)	جورشدگی	کشیدگی	کج شدگی
قله برم	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۳۱	۰/۸۲	۰/۰۹
پای برم	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۹۰	۰/۰۵
صورت ساحل	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۴۱	۱/۰۲	-۰/۲۰
خط ساحل	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۴۱	۱/۰۲	-۰/۲۰
عمق ۰/۵ متر	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۳۸	۰/۸۲	-۰/۰۷
عمق ۱ متر	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۹۰	-۰/۰۹
عمق ۲/۵ متر	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۳۳	۱/۱۳	-۰/۰۸
عمق ۵ متر	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۵۰	۱/۴۵	-۰/۱۰
عمق ۷ متر	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۵۳	۱/۱۵	-۰/۰۹



میانگین و میانه ذرات رسوبی مؤید جورشدگی خوب دانه‌های رسوبی است (جدول ۱). تیز شدگی<sup>۱</sup> منحنی توزیع نرمال ذرات رسوبی از ناحیه صورت ساحل<sup>۲</sup> تا ژرفای ۲/۵ متری بستر دریا، نشانگر حضور فعال جریان‌های شستشو-دهنده<sup>۳</sup> دریا بوده که سبب افزایش جور شدگی<sup>۴</sup> دانه‌های رسوبی شده است (نگاره ۴). اما با افزایش عمق بستر دریا از میزان جورشدگی دانه‌های رسوبی کاسته شده و فراوانی مواد دانه ریز در آنها افزایش می‌یابد. بیشترین تیز شدگی در توزیع رسوبات عمق ۲/۵ متری دریا مشاهده می‌شود که این موضوع بالابودن سطح انرژی حوضه را در این محدوده عمقی نشان می‌دهد (نگاره ۴). باز شدگی<sup>۵</sup> منحنی توزیع نرمال در ژرفای ۵ و ۷ متر گویای کاهش یکنواختی دانه‌های رسوبی است (نگاره ۴) و نمایانگر افت سطح انرژی حوضه رسوبی می‌باشد. بنابراین از عمق بین ۲/۵ متر تا ۰/۵ متر ناحیه شکست امواج<sup>۶</sup> و جریان‌های ناشی از شکست امواج از عمق ۰/۵ متر تا بخش بالای صورت ساحل و از اعماق بالای ۳ متر بستر تا ژرفای ۷ متر ناحیه دور از ساحل<sup>۷</sup> قرار دارد.

نگاره ۴: منحنی توزیع نرمال رسوبات ساحل آستارا از بخش خشک تا ژرفای ۷ متری بستر دریا

### ۳-۳- معرفی عوارض مورفودینامیکی در ساحل آستارا

مهم‌ترین عوارض مورفودینامیکی موجود در ساحل آستارا شامل: خطوط ساحلی فرسایشی (نگاره ۵)، ریبیل مارک‌های موجی متقارن<sup>۸</sup> که در اعماق کمتر از ۲ متر بر روی رسوبات بستر نقش بسته‌اند، تراس‌های فرسایشی<sup>۹</sup> (نگاره ۶)، تاجک‌های ماسه‌ای<sup>۱۰</sup> (نگاره ۷)، بارهای رسوبی<sup>۱۱</sup> در ناحیه کم عمق بستر (عمق ۰/۵ متر) و انباشت رسوبی با

8- Symmetrical ripplemark

9- Erosion terraces

10- Beach cusps

11- Sediment bars

1- Skewness

2- Beachface

3- Swash currents

4- Sorting

5- Kurtosis

6- Surfzone

7- Offshore



نگاره ۵: سیمای مورفودینامیکی  
خطوط فرسایشی در سواحل  
بخش جنوبی بندر آستارا

نگاره ۶: سیمای مورفودینامیکی  
تراس‌های فرسایشی در سواحل  
بخش شمالی بندر آستارا



نگاره ۷: سیمای مورفودینامیکی  
تاجک‌های ماسه‌ای Beach Cusps  
در سواحل بخش شمالی بندر  
آستارا



نگاره ۸: سیمای مورفودینامیکی انباشت رسوبات بیولوژیکی  
در سواحل بخش شمالی بندر آستارا

منشاء بیولوژیکی در ناحیه خشک ساحلی در بخش شمالی بندر آستارا (نگاره ۸) می‌باشد.

خطوط فرسایشی بیشتر در بخش جنوبی بندر آستارا تمرکز دارد. تراس‌های فرسایشی نیز در بخش جنوبی با ارتفاع بیشتری توسعه یافته‌اند و به سمت شمال بندر از ارتفاع آنها کاسته می‌شود.

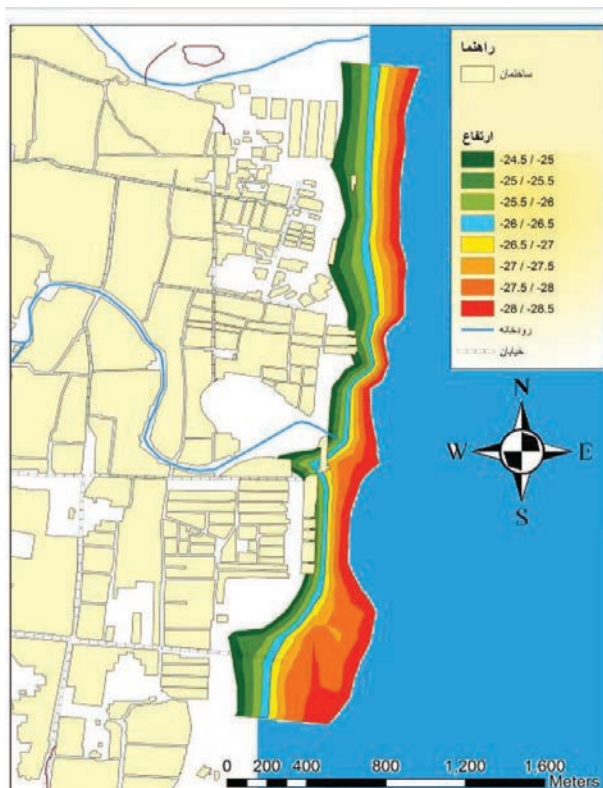
تاجک‌های ماسه‌ای در نزدیکی بخش شمال بندر آستارا حالت سینوسی شکل منظم با دامنه کوتاه دارند اما به سمت شمال بتدریج عمق دامنه آن گسترش می‌یابد و حالت نامنظم پیدا می‌کند. انباشت رسوبات بیولوژیکی صدف دوکفه‌ای‌ها صرفاً در نزدیکی اسکله شمالی بندر بیشترین میزان فراوانی را داراست.



### ۳-۴- نرخ جابجایی خط ساحل در بندر آستارا

مقایسه تصاویر هوایی و ماهواره‌ای دوره‌ای طی مدت ۵۲ سال (از سال ۱۳۴۲ تا سال ۱۳۹۴) نشان می‌دهد که میزان نرخ جابجایی خط ساحلی در ناحیه شهر آستارا در مکان‌های مختلف گوناگون است. بطوری که در ناحیه مرکزی مشرف به زون (۲) میزان جابه جایی خط ساحل حدود ۶۰ متر می‌باشد. یعنی طی مدت مزبور دریا به میزان یاد شده به درون خشکی نفوذ کرده است. البته میزان جابجایی و تغییر شکل خط ساحل پس از احداث بندر آستارا و دیواره‌های ساحلی مشرف به آن طی دهه‌های ۶۰ تا ۷۰ دچار دگرگونی شد؛ بطوریکه نفوذ آب دریا در بخش خشک ساحلی در ناحیه جنوبی اسکله بندر آستارا به میزان ۶۵۰ متر سبب پیشروی آب دریا و عقب نشینی خط ساحل گردید و پرشدگی رسوبی در بخش شمالی بندر مزبور سبب جابجایی مضاعف خط ساحلی تا فاصله ۱۵۰ متر در درون آب دریا در اثر فعالیت‌های انسانی شده است. همچنین عکس العمل خط ساحلی آستارا در سناریوهای نوسانی مختلف در دوره‌های افزایش و کاهش سطح تراز آب دریای خزر نشان می‌دهد که بیشترین خطر آبگرفتگی اراضی ساحلی و فرایند خشک زائی ساحل در ناحیه شمالی (زون ۱) و بخش ساحلی بندر آستارا (زون ۳) وجود دارد (نگاره ۹). در صورت افزایش و یا کاهش سطح تراز آب دریای خزر در سناریوهای مختلف نوسانی، اراضی ساحلی آستارا عکس‌العمل متنوعی را به صورت فرایند غرقابی و خشک شدن دریا به میزان مساحت‌های مختلف نشان می‌دهد (جدول ۲). تحت شرایط افزایش

سطح تراز آب دریای خزر به میزان ۲ متر حدود ۳۰۰۰۰۰ متر مربع معادل ۳۰ هکتار از زمین‌های ساحل آستارا به زیر آب خواهد رفت و کاربری‌های مسکونی و بازرچه ساحلی و راه‌های ارتباط درون شهری دچار چالش خواهد شد. این در حالی است که با کاهش سطح تراز آب به میزان ۲ متر مساحتی در حدود ۵۰۰۰۰۰ متر مربع معادل ۵۰ هکتار به اراضی خشک ساحلی آستارا افزون خواهد شد (جدول ۲).



نگاره ۹: سناریوهای نوسانی سطح تراز آب دریای خزر و عکس‌العمل خطوط ساحلی در مقابل آن

جدول ۲: مساحت اراضی ساحلی آستارا تحت تأثیر سناریوی نوسانی دریای خزر

سناریوی تغییرات سطح تراز آب دریای خزر			
میزان غرقابی اراضی ساحلی (متر مربع)		میزان خشک زائی دریا (متر مربع)	
۹۶۳۴۷	افزایش ۱ متر سطح تراز	۱۸۶۴۶۵	کاهش ۱ متر سطح تراز
۲۰۲۸۹۸	افزایش ۱/۵ متر سطح تراز	۳۵۲۲۵۳	کاهش ۱/۵ متر سطح تراز
۳۱۲۵۰۳	افزایش ۲ متر سطح تراز	۵۰۴۳۹۵	کاهش ۲ متر سطح تراز



#### ۴- بحث

جنوبی بندر آستارا (زون ۳) موجب کاهش شیب و تعقر نیمرخ ساحلی گشته است. بنابراین ارتفاع و پهنای ناحیه خاکریز در راستای جنوب به شمال شهر آستارا تغییر می‌یابد و در اثر این معیار مهم، شدت آسیب‌پذیری فرسایشی مناطق ساحلی شهر آستارا نیز دچار تغییر می‌شود. رسوبات ساحلی که مصالح مناسب برای مقابله با نیروهای فرساینده می‌باشند در ساحل آستارا وضعیت خاصی دارند. همانطور که نتایج نشان داد رسوبات شامل: مواد ماسه‌ای دانه ریز در بخش خشک ساحل هستند و قطر دانه بندی رسوبات در بستر دریا تا عمق ۷ متر بتدریج کاهش می‌یابد. حضور پوسته آهکی دو کفه‌ای ها در درون رسوبات ماسه‌ای در بخش مشرف به خاکریز و خط ساحل سبب افزایش مقاومت فرسایشی آنها شده و افزایش ذرات دانه‌ریز سیلتی در درون بافت رسوبات ماسه‌ای شرایط فرسایش‌پذیری آنها را افزایش می‌دهد. رسوبات در بخش جنوبی بندر آستارا واجد صفات فرسایشی و در سمت شمال بندر حالت رسوبی و در بخش مرکزی و انتهایی شمال شهر آستارا حالت متعادل و یکنواخت دارند. اثر دیواره‌های ساحلی و اسکله‌های بندری بر روی به هم خوردگی نحوه توزیع ذرات رسوبی به خوبی مشهود است. نفوذ ذرات و خرده‌های مواد گیاهی حاصل از آورد رودخانه آستاراجای در درون بافت رسوبات خشک ساحلی سبب کاهش میزان پایداری آنها در مقابل نیروهای فرساینده می‌گردد (زون ۲). شواهد رسوبی نشان می‌دهند که نیروهای هیدرودینامیکی دریا در ژرفای ۲/۵ متر تا ۰/۵ متر تمرکز دارند و ساحل این منطقه از نوع سواحل کاهنده<sup>۱</sup> می‌باشد. تغییر شکل عوارض مورفودینامیکی از قبیل: تاجک‌های ماسه‌ای، تراس‌های فرسایشی، خطوط ساحلی فرسایشی و رسوبی در راستای جنوب به شمال شهر آستارا شدت تأثیرپذیری خطوط ساحلی را از سازه‌های بندری و حفاظتی مشخص می‌کند. تراس‌های فرسایشی به جای مانده در بخش جنوبی ساحل آستارا گویای عملکرد نیروهای فرساینده دریا در دوره سرد سال که با بیشترین فراوانی امواج

نوسانات سطح تراز آب از مهم‌ترین معیارهای طبیعی و ذاتی دریای خزر می‌باشد. شتاب فزاینده نرخ تغییرات سطح تراز آب دریای خزر چندین برابر آب اقیانوس‌ها بوده و توانایی بالای آن بعنوان پتانسیل خطر فرسایش و ایجاد آبگرفتگی اراضی ساحلی در مواقع پیشروی بسیار زیاد است (Khoshrovan 2007). همانطور که شواهد قبلی نشان داد بخش وسیعی از سواحل جنوبی دریای خزر طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۵ دچار آبگرفتگی و تخریب گردید و در اثر آن بسیاری از کاربری‌های مهم منطقه از بین رفت و خسارات زیادی بر شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی شهرهای ساحلی وارد شد. شهر ساحلی آستارا از جمله مناطقی بود که دچار بحران غرقابی در اثر پیشروی آب دریا شد و بخش وسیعی از آن به زیر آب فرو رفت. ساخت دیواره‌های ساحلی تنها اقدام مدیریت حفاظتی برای مقابله با نفوذ آب دریا طی دهه ۶۰ در شهر آستارا بود. پس از آن با احداث بندر آستارا و توسعه کاربری‌های ساحلی که با تغییر پوشش زمین همراه بود، کرانه ساحلی مورد آشفستگی و دگرگونی قرار گرفت و تعادل فرایندهای فرسایشی و رسوبی در ناحیه ساحلی آستارا دچار تغییر شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که ساختار هندسی ساحل آستارا به گونه‌ای است که شیب عمومی ساحل در بخش خشک و کم ژرفای دریایی بسیار ملایم است و همین قابلیت سبب افزایش میزان آسیب‌پذیری آن در مقابل نیروهای فرساینده محیطی در زمان افزایش سطح تراز آب دریای خزر می‌گردد (نگاره ۲). نوسانات سطح تراز آب دریای خزر و تأثیر مورفودینامیکی سازه‌های ساحلی (بندر آستارا و دیواره‌های حفاظتی) سبب تغییر مشخصات فیزیکی ساختار هندسی ساحل آستارا می‌گردد. بطوری که حجم بالای آوردهای رسوبی در منطقه ساحلی مشرف به پارک ساحلی (زون ۲) سبب پر شیب شدن و افزایش ارتفاع ناحیه خاکریز در این بخش از سواحل آستارا شده است. در حالی که برداشت مواد رسوبی توسط نیروهای هیدرودینامیکی دریا در ناحیه

در پی آن دیواره‌های ساحلی<sup>۱</sup> ساخته شود. این امر موجب از بین رفتن ناحیه خاکریز و بخش خشک ساحل در این ناحیه شده است. در صورت صدمه و تخریب دیواره‌های مزبور تحت شرایط افزایش سطح تراز آب دریای خزر بخش وسیعی از شهر آستارا مورد تخریب و فرسایش قرار خواهد گرفت. اما در حال حاضر آسیب پذیری فرسایشی آن بسیار کم است. عکس‌العمل ناحیه ساحلی آستارا در مقابل سناریوهای مختلف نوسانی اعم از پیشروی و پسروی سطح تراز آب دریا در مناطق مختلف آن بصورت متفاوت می‌باشد (نگاره ۹). همانطور که در نگاره مربوطه مشاهده می‌شود با افزایش نسبی سطح تراز آب دریا میزان پیشروی آب در بخش جنوبی بندر آستارا بیشتر از سایر نقاط دیگر می‌باشد و تجمع کاربری‌های انسانی در ناحیه مرکزی و شمالی تحت تأثیر افزایش سطح تراز آب دریای خزر سبب افزایش ریسک آسیب‌پذیری برای این مناطق خواهد شد. با کاهش سطح تراز آب دریای خزر نیز رفتار جابه‌جایی خط ساحل تغییر می‌کند. بطوریکه بیشترین جابه‌جایی در بخش جنوبی به سمت دریا صورت می‌گیرد و شیب نسبتاً تندتر بخش مرکزی سبب کاهش فاصله جابه‌جایی در زون شماره (۲) خواهد شد (نگاره ۹).

#### ۵- نتیجه‌گیری

بر اساس جمع‌بندی نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که ساحل آستارا بعنوان ناحیه‌ای حساس و مستعد در مقابل نوسانات سطح تراز آب و نیروهای فرساینده دریای خزر می‌باشد و شدت آسیب‌پذیری فرسایشی آن با دخالت‌های انسانی دچار تغییر شده است. بطوری که بیشترین ریسک مخاطرات فرسایشی در بخش جنوبی بندر آستارا تمرکز یافته است و به سمت شمال در ناحیه مشرف به اسکله شمالی بندر آستارا رسوبگذاری فعال مواد رسوبی سبب کاهش آسیب‌پذیری فرسایشی شده است. با افزایش فاصله از اسکله شمالی بتدریج شدت آسیب

و کاهش سطح تراز آب دریای خزر همراه است می‌باشد. این عوارض مورفودینامیکی در بخش شمالی ساحل آستارا بعلاوه رسوبگذاری فعال توسعه نیافته‌اند. بطوری که عوارض مورفودینامیک فرسایشی بیشتر در بخش جنوبی بندر و ساختارهای رسوبی در ناحیه شمالی و بخش انتهایی ناحیه شمالی شهر آستارا مشرف به دهانه رودخانه آستاراچای حالت تعادلی دارد. نرخ جابجایی خط ساحل آستارا به میزان ۶۰ متر طی سال‌های ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۴ تعیین شد. کد تراز آب دریای خزر طی سال‌های مزبور به ترتیب حدود ۲۷/۵- متر و ۲۶/۵۰- بوده است، تغییر فزاینده سطح تراز آب دریا به میزان یک متر طی زمان مزبور سبب آبگرفتگی سطح وسیعی از بخش خشک ساحلی آستارا شده است. اثر سازه‌های مهندسی بندر آستارا سبب شده است که نرخ آبگرفتگی اراضی ساحلی در بخش جنوبی بندر آستارا به شدت افزایش یابد و پهنای ناحیه خشک ساحلی در بخش شمالی افزایش یابد. این موضوع نمایانگر اثر دخالت‌های انسانی در تغییر شکل خطوط ساحلی شهر آستارا و افزایش و یا کاهش آسیب‌پذیری فرسایشی آن در بخش جنوبی و شمالی است. بطوریکه ساحل شمالی مشرف به بندر آستارا (زون ۲) واجد صفات رسوبی و از رسوبگذاری فعالی برخوردار است و از زمان ساخت بندر تاکنون حدود ۱۵۰ متر خط ساحل به سوی دریای خزر پیشروی داشته است و منطقه خاکریز وسیعی در این منطقه شکل گرفته است. اما در عوض خط ساحلی در بخش جنوبی بندر آستارا حدود ۶۵۰ متر به سمت خشکی پیشروی کرده است. بنابراین شدت آسیب‌پذیری فرسایشی بخش جنوبی بندر آستارا بیشتر از سایر مناطق دیگر آن می‌باشد. تجاوز آشکار کاربری‌های تجاری و مسکونی در حد بستر و حریم دریای خزر در ناحیه منتهی الیه شمالی شهر آستارا (زون شماره ۱) سبب شده که در موقع پر آبی و افزایش سطح تراز آب دریای خزر طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۵ به میزان ۲/۵ متر سطح وسیعی از این منطقه دچار آب‌گرفتگی و فرسایش گردد و

1- Sea walls

science reviews, Vol 70, PP 28- 47.

10- Mayewski., P. et al, 2004, Holocene Climate variability, Quaternary research, Vol 62, PP 243- 255.

11- Rogers, J., Jarratt, O., Astle, G. 2007. national coastal erosion risk mapping user verification, international conference on coastal management, thomas telford, London, PP 89- 108.

12- Rychgov., G.I., 1997, Holocene oscillation of the Caspian Sea, and forecast based on paleogeographical reconstruction, Quaternary international, Vol 41/42, PP 167- 172.

پذیری فرسایشی و نرخ مخاطرات فرسایشی بعلت حضور دیواره‌های ساحلی کم می‌شود. بنابراین ساحل آستارا به سه ناحیه: فرسایشی شدید (جنوب بندر آستارا)، رسوبی فعال (شمال بندر آستارا) و تعادلی غیر فعال (بخش انتهایی شمال شهر آستارا) طبقه‌بندی می‌شود.

### منابع و مآخذ

۱- افشاری آزاد، م، ۱۳۹۱، طبقه بندی و تحلیل پدیده‌های ژئومورفولوژیکی سواحل غربی خزر با رویکردی به نوسانات سطح آب، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۹.

۲- خوشروان، ه، ۱۳۹۰، ناحیه بندی سواحل جنوبی دریای خزر بر اساس شواهد مورفودینامیک رسوبی، مجله علمی پژوهشی فیزیک زمین و فضا، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، شماره ۳ جلد ۳۷.

3- Feng., S. et al, 2014, Projected climate regime shift under future global warming from multi- model and multi scenario CMIP5 simulation, Global and planetary change, Vol 112, PP 41- 52.

4- Hatfield, R.G. and Cioppa, M.T. 2010. Sediment sorting and beach erosion along a coastal foreland, sedimentary Geology, (3-4): 63-73.

5- Ignatov.,Y, et al, 1993, evolution of the Caspian Sea under condition of sea level rise: model for coastal change under increasing green house effect, coastal research, vol 9, pp 104- 111.

6- Khoshrovan, H. 2007. Beach sediments, Morphodynamics, and risk assessment Caspian Sea coast, Iran, Quaternary international journal, 167-168, pages 35-39 .

7- Khoshrovan., H, 2014, Caspian sea paleobathymetry in Quaternary sediments, international journal of arine science, Vol 14, no 15, PP 143- 149.

8- Kroonenberg., S. B. et al, 2000, A full sea level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores, sedimentary Geology, Vol 134, PP 257- 274.

9- Leroy., S. A.G. et al, 2013, Holocene vegetation history and sea level changes in the SE corner of the caspian Sea: relevance to SW Asia climate, Quaternary

Archive of SID