

بررسی تغییرات سطح آب دریای خزر در اواخر هولوسن بر اساس سن‌سنجی و مورفولوژی پادگانه‌ها در محدوده جنوب خلیج گرگان

سمیه عمادالدین - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان
منصور جعفریگللو* - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران
سیدمحمد زمانزاده - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران
مجتبی یمانی - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۱۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۱/۲۷

چکیده

جنوب خلیج گرگان به دلیل دست‌نخورده‌گی نهشته‌ها و رسوبات سطحی آن یکی از بهترین مکان‌ها برای مطالعه شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر در کواترنری پسین است. در این پژوهش برای تعیین تغییرات خط ساحلی دریای خزر در اواخر کواترنری از شواهد ژئومورفولوژی، رسوبی و فسیلی در محدوده خلیج گرگان استفاده شده است. در این راستا برای شناسایی شواهد ژئومورفولوژی و نمونه‌برداری از رسوبات و فسیل‌ها، عملیات میدانی صورت گرفت و با سیستم تعیین موقعیت ژئودتیک، موقعیت نقاط نمونه‌برداری با دقت بالا تعیین گردید. برای تعیین سن، پنج نمونه فسیل صدف‌های دوکفه‌ای برجا به روش کربن ۱۴، به آزمایشگاه شیراکاوا (ژاپن) ارسال و تعیین سن گردید. تحلیل نتایج سن‌سنجی و بررسی‌های میدانی، وجود ۵ پادگانه دریایی را مشخص نمود که در سطوح ارتفاعی ۲۳/۱۵، ۲۱/۸، ۲۲/۳۰، ۲۲/۶۸ و ۲۲/۰۵ متر به ترتیب با سن‌های 496 ± 22 ، 461 ± 22 ، 541 ± 23 ، 594 ± 22 و 2438 ± 24 سال پیش تشکیل شده‌اند. مطالعه داده‌های رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی در دو مقطع نوکنده و گلوگاه ۲ در جنوب خزر، بیانگر وجود محیط‌های مردابی کنار ساحل در کواترنری پسین است. در مقطع گلوگاه ۲ در جنوب خزر تا ۴۹۶ سال قبل محیط لاگونی در منطقه حاکم بوده که نشان دهنده شرایط پیشروی دریا بوده و بعد از آن دریا در شرایط پسروی قرار گرفته که موجب تشکیل پادگانه‌های دریایی شده است.

واژگان کلیدی: دریای خزر، شواهد ژئومورفولوژی، تغییرات سطح آب دریا، جنوب خلیج گرگان، هولوسن.

مقدمه

سطح آب دریای خزر نوسانات متعددی را در طول دوره‌های تاریخی و زمین‌شناسی تجربه کرده است (ریچاکوف^۱، ۱۹۷۷، لئوری^۲، ۲۰۰۴ و کازانکی^۳، ۲۰۰۶). پس از جدا شدن از دریا‌های آزاد در طی پلیوسن تاکنون تراز آب آن حدود ۱۵۰ متر نوسان داشته است (کرونن برگ^۴، ۲۰۰۷). بسیاری از محققین، بر عامل اقلیمی در نوسانات تراز آب دریای خزر تأکید دارند (ترزیف^۵، ۱۹۹۲، مالینین^۶، ۱۹۹۴، آرپ^۷، ۲۰۰۰ و لاهیجانی، ۲۰۰۹) که از شواهد آن می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

اولین افزایش تراز آب در ۸۸۰۰ سال پیش اتفاق افتاد (کاکروودی، ۲۰۱۲) که دارای شرایط اقلیمی مرطوب بود. افزایش سطح آب دریا از ۲۵۰۰ سال پیش (۲۲- متر) منطبق با اقلیم مرطوب و سرد بود (دامن^۸، ۱۹۹۱). در این زمان سیلاب‌های وسیعی اطراف حوضه مرکزی ولگا هم این مسأله را نشان می‌دهند (گراچوا^۹، ۲۰۰۲). آثار تأثیر فاکتورهای زمین‌شناسی روی نوسانات سطح آب دریای خزر برای چند هزار سال گذشته بسیار کم بوده است (فدرف^{۱۰}، ۱۹۹۵). این نوسانات منجر به پیشروی و پسروی خط ساحلی، تغییر شکل سواحل، شکل‌گیری محیط‌های آبی جدید و جابه‌جایی زیستگاه آبزیان، افزایش یا کاهش سطح اساس رودخانه‌ها، تغییرات سطح ایستابی سفره آب‌های زیرزمینی، تغییرات در مصب رودخانه‌ها، تغییر رژیم رسوب‌گذاری، تغییر شکل دلتاها، پراکنش مواد رسوبی و یا حفر مجدد آبراهه در محل مصب شده است. آثار نوسانات آب دریا در دوره‌های بالا آمدن سطح تراز آب دریا با تغییراتی نظیر محدود شدن گسترش دلتاها، تشکیل لاگون-ها و سدهای ساحلی همراه است و هنگام پایین آمدن سطح آب، عوارضی چون توسعه دلتاها و پراکنش رسوبات، بازسازی دهانه مورد فرسایش رودخانه‌ها و خشک شدن لاگون‌ها و ایجاد پادگانه‌های دریایی و رودخانه‌ای و تپه‌های ماسه‌ای در ناحیه خشک ساحلی از مهم‌ترین عوارضی هستند که در این زمان گسترش می‌یابند. در سال‌های اخیر محققان زیادی در رابطه با نوسانات سطح آب دریای خزر مطالعه کرده اند: از جمله آنها ریچاکوف (۱۹۹۷) نیز با بررسی دلتاها و پادگانه‌های مجاور دریای خزر در سواحل شمالی و غربی، الگوی نوسانات دریای خزر در هولوسن را بررسی کرد. از شروع اولین پیشروی های هولوسن، سطح آب دریای خزر بین ۲۶- تا ۳۰- متر نوسان داشت. بررسی های او نشان داد در هولوسن شش دوره پیشروی آب دریا صورت گرفته است. کروننبرگ و همکاران (۲۰۰۰) به مطالعه تشکیل سدهای ساحلی و تالاب‌های جزرومدی در امتداد سواحل دریای خزر در یک چرخه کامل ۶۵ ساله پرداختند و افزایش نسبی سطح آب دریا و طوفان‌ها را بسیار مؤثر دانستند. پیوسته یا ناپیوسته بودن سدهای ساحلی با میزان نوسان آب دریا و شیب مناطق دور از ساحل و وجود رسوب های درشت دانه در ارتباط است. همچنین میزان افزایش سطح آب دریای خزر به عنوان عامل مؤثر در رفتار سدهای ساحلی را نمی‌توان مستقل از ابعاد سدهای ساحلی دانست، زیرا سدهای ساحلی نیز خود وابسته به عمق

1- Rychagov

2- Leory

3-Kazanci

4-Kroonenberg

5-Terziv

6-Malinin

7-Arp

8-Daman

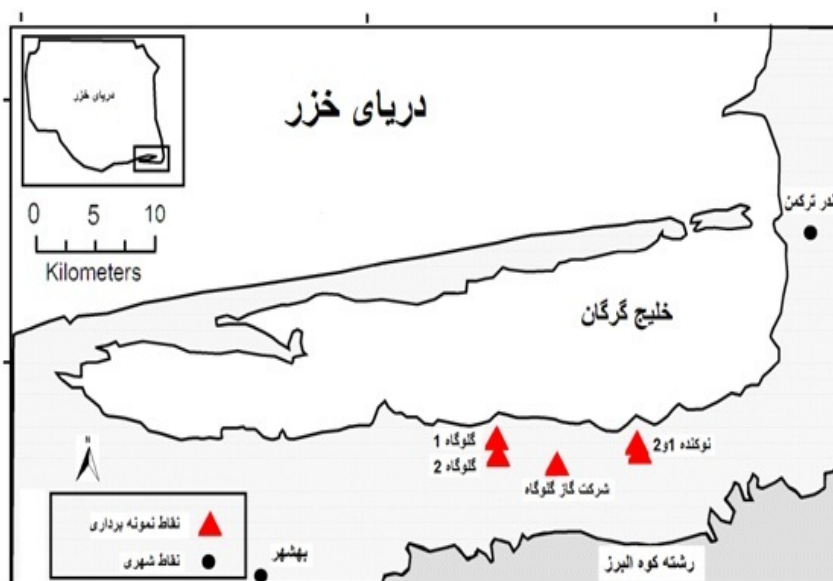
9-Grachiva

10-Federov

پایه موج و حداکثر ارتفاع امواج طوفانی است. هوگن دورن و همکاران (۲۰۰۵) با توجه به تغییرات سطح آب دریای خزر در دوره هولوسن به بررسی دلتای کورا در آذربایجان پرداختند. آنان چهار مرحله از پیشروی دلتا متناسب با سطوح فرسایشی پیشرونده را شناسایی کرده اند. نخستین سطح در ارتفاع ۸۰ متر زیر سطح آب اقیانوس‌ها قرار داشت.

کاکرودی و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات سریع سطح آب دریای خزر در دوره هولوسن در سواحل دریای خزر و در محدوده جنوب شرقی آن را بررسی کرده اند. آنها با بازسازی منحنی سطح آب دریای خزر در هولوسن با استفاده از نمونه‌برداری‌های عمقی از طریق ماشین مغزه‌گیر و تعیین سن با استفاده از روش رادیو کربن به این نتیجه رسیدند که اوائل هولوسن، سطح آب دریا به ۳۴- متر رسید بین سال‌های ۵۰۰۰ تا ۲۳۰۰ سال قبل از میلاد، سطح آب دریا به ۲۷/۷- متر رسید. بین سال‌های ۲۷۰۰ تا ۲۳۰۰ سال قبل از میلاد، سطح آب دریا به ۲۳/۵- متر رسید. آخرین سطح تراز آب منطبق با سن یخچالی کوچکی با ارتفاع ۲۴- متر بوده است. امینی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی میزان رسوبات هولوسن در خلیج گرگان و سواحل مجاور جنوب شرقی دریای خزر پرداخته اند. میانگین میزان رسوبات در اوائل هولوسن ۲/۰۶ و در اواخر هولوسن ۵/۰۸ میلی‌متر در طول سال بوده است. میزان رسوبات از سمت شرق به غرب خلیج گرگان هم در آغاز هولوسن و هم در اواخر هولوسن افزایش یافته است. خوشروان (۱۳۹۰) به بررسی نقش نوسانات سریع آب و عوامل انسانی در تغییر شکل ساختار مورفودینامیکی دریای خزر پرداخته اند.

منطقه مورد مطالعه در جنوب خلیج گرگان واقع شده (شکل ۱) که در این تحقیق به شناسایی شواهد ژئومورفولوژی آن می‌پردازد که ناشی از بالا و پایین رفتن سطح آب دریای خزر با استفاده از داده‌های ژئومورفولوژی، رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی همچنین بررسی‌های میدانی، تصاویر ماهواره‌ای و تعیین سن پادگانه‌های دریایی در کواترنری پسین و عهد حاضر است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

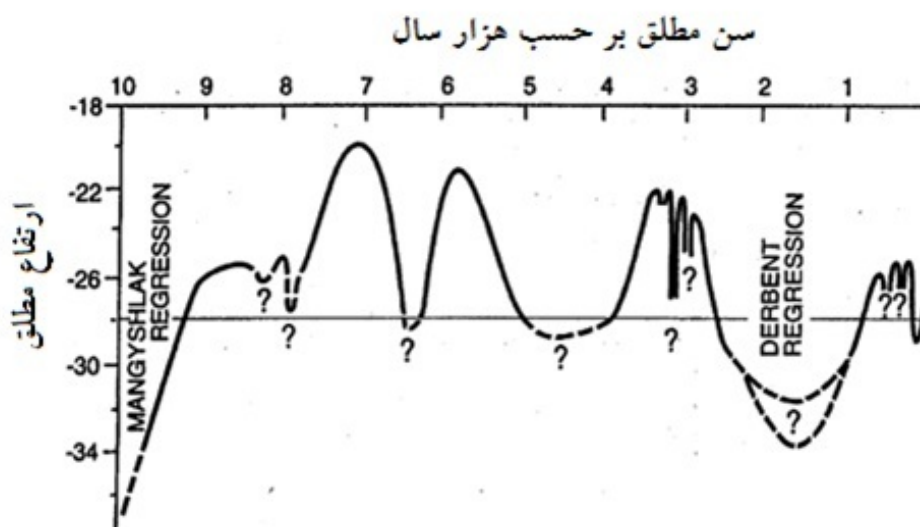
مواد و روش‌ها

برای شناسایی شواهد ژئومورفولوژیک نوسانات سطح آب دریای خزر در جنوب خلیج گرگان در کواترنری پسین از روش توصیفی کتابخانه‌ای، برای بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق، بازدیدهای میدانی برای پیدا کردن شواهد ژئومورفولوژیک، نمونه‌برداری از رسوبات و فسیل‌ها، برداشت مختصات ارتفاعی نقاط، مطالعات آزمایشگاهی برای تعیین سن پادگانه‌های دریایی و بررسی رسوبات مقاطع مورد مطالعه و در نهایت روش تحلیلی استفاده گردید. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست به عنوان ابزارهای اصلی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به هدف پژوهش برای دستیابی به نتایج مورد نظر، داده‌های رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژیک نیز تجزیه و تحلیل شدند. به این منظور با مطالعه تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی و برای پیدا کردن شواهد پادگانه‌ها در منطقه جنوب خزر در محدوده گلوگاه عملیات میدانی صورت گرفت و ۵ نقطه مربوط به پادگانه‌های دریایی در منطقه پیدا شد. در مرحله بعد به وسیله سیستم تعیین موقعیت ژئودیتیک موقعیت نقاط نمونه برداری با دقت بالا تعیین گردید. بعد از این مرحله، ۵ نمونه از فسیل‌های دو کفه‌ای برجا در مقاطع، نوکنده ۱، نوکنده ۲، گلوگاه ۱، گلوگاه ۲ و شرکت گاز گلوگاه برای تعیین سن به روش کربن ۱۴ به آزمایشگاه شیراکاواوی ژاپن ارسال گردید برای بررسی رسوب‌شناسی منطقه، در دو مقطع، نوکنده ۱ با تراز آب ۲۲/۳۰- و نوکنده ۲ با تراز ۲۲/۶۸- و گلوگاه ۲ با تراز آب ۲۱/۸۹- متر نمونه برداری از رسوبات صورت گرفت و در آزمایشگاه دانشگاه تهران درصد مواد آلی با استفاده از روش والکی و بلک، درصد کربنات کلسیم به روش حجم سنجی و دانه‌بندی ذرات به روش هیدرومتری مورد بررسی قرار گرفت. تکنیک کار پژوهش، تحلیل شواهد ژئومورفولوژیک و رسوب‌شناسی در منطقه مورد مطالعه در کواترنری پسین است.

یافته‌های تحقیق

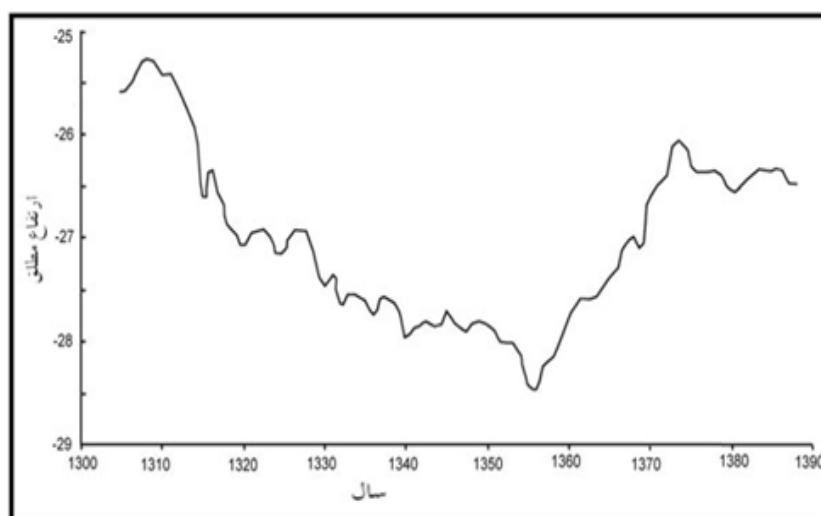
جنوب خلیج گرگان به علت کم‌شیب بودن بخش ساحلی، دست خوردگی کمتر و نامناسب بودن زمین برای فعالیت‌های کشاورزی، یکی از بهترین مکان‌ها برای مطالعه ارزیابی تغییرات آب دریای خزر و شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس در اواخر کواترنری با استفاده از داده‌های میدانی است. به طور کلی تغییر شکل سواحل و ایجاد اشکال ژئومورفولوژیک منطقه مورد مطالعه، تابع تغییرات تراز آب دریای خزر می‌باشند.

به عقیده (ریچاکوف، ۱۹۹۷) تراز آب در ۱۰۰۰۰ سال گذشته ۳۸- متر، در ۷۱۰۰ سال گذشته ۲۰- متر، در ۴۵۰۰ سال گذشته ۲۹- متر، در ۳۰۰۰ سال گذشته ۲۳- متر، در ۱۶۰۰ سال گذشته ۳۴- متر و عهد حاضر ۲۶- متر از سطح دریا در نظر گرفته شده است (شکل ۲).



شکل ۲: منحنی تراز آب دریای خزر در تنوکاسپین (ریچاگوف، ۱۹۹۷)

بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در قرن اخیر بین ۱۳۰۰ تا ۱۳۹۰ که نتایج آن در شکل (شماره ۳) نشان داده شده سطح آب دریا نوسانات زیادی داشته است. به طوری که در سال ۱۳۵۵ به پایین‌ترین سطح خود یعنی ۲۹- متر می‌رسد. در نتیجه مورفولوژی ساحل در پاسخ به این تغییرات بسیار متفاوت بوده است. یکی از آشکارترین شواهد ژئومورفولوژیک در منطقه مورد مطالعه، وسعت خلیج گرگان است. وسعت این خلیج در سال ۱۹۷۵، ۳۳۰ کیلومتر مربع بوده و از سال ۱۹۸۰ که سطح آب دریا شروع به بالا آمدن کرده، وسعت خلیج گرگان هم بیشتر شده و در سال ۲۰۰۶ به ۴۸۵ کیلومتر مربع رسیده است.



شکل ۳: نوسانات سطح آب دریای خزر (ایستگاه تراز سنجی انزلی) در طی سال‌های ۱۳۰۵ لغایت ۱۳۸۷

در محدوده مورد مطالعه از فسیل صدف‌های دو کفه‌ای که به صورت برجا در پادگانه‌های دریایی وجود دارند برای بازسازی و یافتن شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر در کواترنری پسین و از روش تعیین سن کربن

۱۴ استفاده گردید (جدول شماره ۱). این روش امروزه از کاربردی‌ترین و قابل قبول‌ترین روش‌های تعیین سن در زمین‌شناسی دوره هولوسن می‌باشد و برای تعیین سن مواد آلی کواترنری پسین از جمله صدف به کار می‌رود. نتایج تعیین سن بر حسب BP^۱ در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. میزان خطای محاسبه نتایج برای گلوگاه ۱ و ۲، ± 22 سال، نوکنده ۱، ± 23 ، نوکنده ۲، ± 22 و شرکت گاز گلوگاه ± 24 سال به دست آمد.

در منطقه مورد مطالعه شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح آب دریای خزر را می‌توان به دو دسته شواهد ژئومورفولوژیک ناشی از بالا آمدن سطح آب دریای خزر در کواترنری پسین و عهد حاضر و شواهد ژئومورفولوژیک ناشی از پایین رفتن سطح آب دریای خزر در کواترنری پسین و عهد حاضر در زیر تقسیم بندی کرد:

شواهد ژئومورفولوژیک بالا آمدن سطح آب دریای خزر در کواترنری پسین و عهد حاضر

در کواترنری پسین و عهد حاضر، هم در مطالعات محققین مختلف و هم در منابع تاریخی به بالا آمدن سطح آب دریای خزر اشاره شده است. برخی از شواهد ژئومورفولوژیک این بالا آمدگی عبارت است از افزایش عمق، تغییر خطوط ساحلی، تغییر نقشه خلیج گرگان، بالا آمدن سطح اساس رودخانه‌ها، نفوذ و پیشروی بیشتر آب شور دریا به سفره آب‌های زیرزمینی منطقه گرگان، قرارگیری پاسگاه‌های نظامی در داخل آب و پیشروی آب به روستای چپاقلی در شرق خزر، افزایش وسعت تالاب‌های منطقه و تشکیل تالاب‌های ساحلی که این تحقیق به بررسی تالاب‌های ساحلی می‌پردازد.

جدول ۱: نتایج تعیین سن صدف‌های دوکفه‌ای (Bivalve) به روش کربن ۱۴

نقاط نمونه برداری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	سن سنجی بر اساس کربن ۱۴
گلوگاه ۱	52.477614636°	4653° 22.86799	-23/15	461 ± 22
گلوگاه ۲	46.469934636°	4653° 26.82935	-21/89	496 ± 22
نوکنده ۱	34.9929114636°	5453° 11.81411	-22/30	541 ± 23
نوکنده ۲	34.9929114636°	5453° 11.81411	-22/68	594 ± 22
شرکت گاز گلوگاه	24.991924636°	4953° 29.88161	-22/05	2438 ± 24

تالاب‌های ساحلی

یکی از شواهد اصلی ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس ناشی از بالا آمدن سطح آب دریای خزر، وجود سدهای ساحلی و تالاب‌هایی است که در کواترنری پسین و عهد حاضر در منطقه تشکیل شده است. در سواحل شمالی کشور، مورفولوژی این مناظر تحت تأثیر فعالیت امواج و تابع شرایط اقلیمی، رژیم رسوبی و آبی رودخانه‌های منطقه توسعه

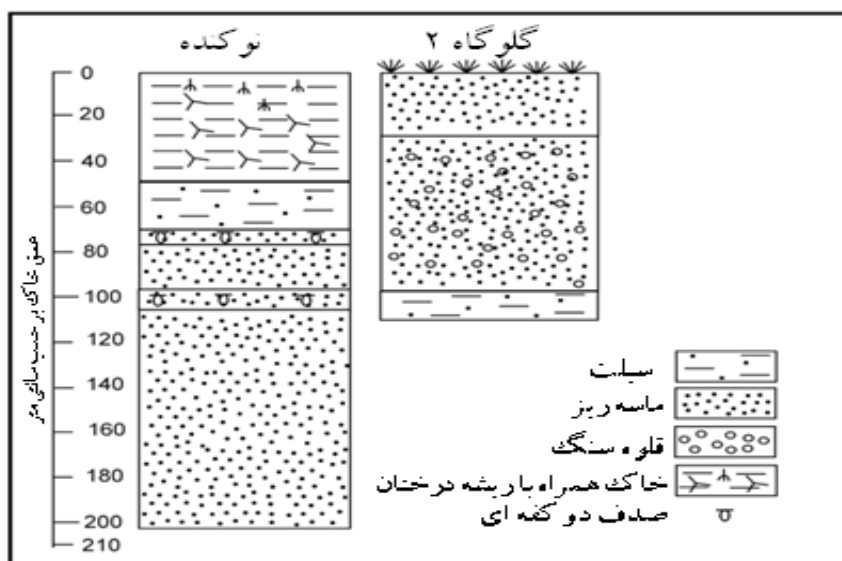
یافته اند. برای بررسی تالاب‌های ساحلی منطقه مورد مطالعه در کواترنری پسین، رخنمون‌ها بررسی و از ویژگی‌های رسوب‌شناختی آن‌ها استفاده شد (شکل ۴).

رخنمون‌ها در منطقه مورد مطالعه- رخنمون سایت نوکنده

این رخنمون در فاصله یک کیلومتری خط ساحل کنونی و در نزدیکی رودخانه نوکنده قرار دارد. ضخامت این مقطع ۲۰۰ سانتیمتر و حاوی صدف‌های دو کفه‌ای، ماسه، سیلت و رس است. ۲ دوره پسروری و پیشروی در سطوح ۲۲/۳۰- متر در نوکنده ۱ و ۲۲/۶۸- متر در نوکنده ۲ را نشان می‌دهد. از عمق ۴۳ تا ۶۵ سانتیمتر رسوبات بیشتر از جنس سیلت است که نشان دهنده پیشروی دریا و عمیق‌شدگی و رسوب‌گذاری ذرات دانه ریز سیلت است. از عمق ۶۵ تا ۷۸ سانتیمتر بیشتر شامل صدف‌های دوکفه‌ای و سیلت است که با توجه به اینکه معمولاً تمرکز صدف‌ها در خطوط ساحلی عهد حاضر کم عمق‌شدگی و شرایط پسروری را نشان می‌دهد، از ۷۸ تا ۱۰۰ سانتیمتر با افزایش سیلت شرایط پیشروی و از ۱۰۰ تا ۱۱۰ سانتیمتر، شرایط پسروری و از ۱۱۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر دوباره شرایط پیشروی را نشان می‌دهد.

رخنمون دلتایی- تالابی سایت گلوگاه ۱

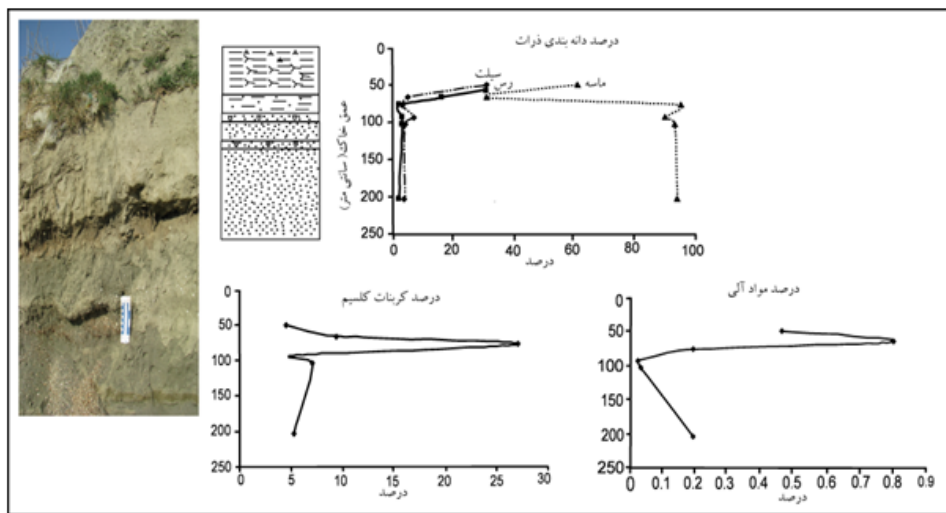
این رخنمون در فاصله یک کیلومتری خط ساحلی کنونی و در نزدیکی رودخانه گلوگاه قرار دارد (شکل ۵). ضخامت این مقطع حدود ۱۲۰ سانتی‌متر بوده و حاوی قطعات قلوه‌سنگی و صدف‌های دوکفه‌ای با منشأ خشکی است. وجود این قطعات مسیر قبلی رودخانه نوکنده را بازسازی می‌کند. بدیهی است، درشتی بافت رسوبات موجود در آن منعکس‌کننده کوتاهی طول مسیر آبراهه و نیروی جریان رودخانه است. بلافاصله در زیر این لایه قلوه‌سنگی، مقطعی با ضخامت متوسط ۱۰۰ تا ۱۱۰ سانتیمتر قرار گرفته است که بافت آن تماماً سیلتی-رسی بوده و نشانگر تسلط یک محیط تالابی است (شکل ۵).



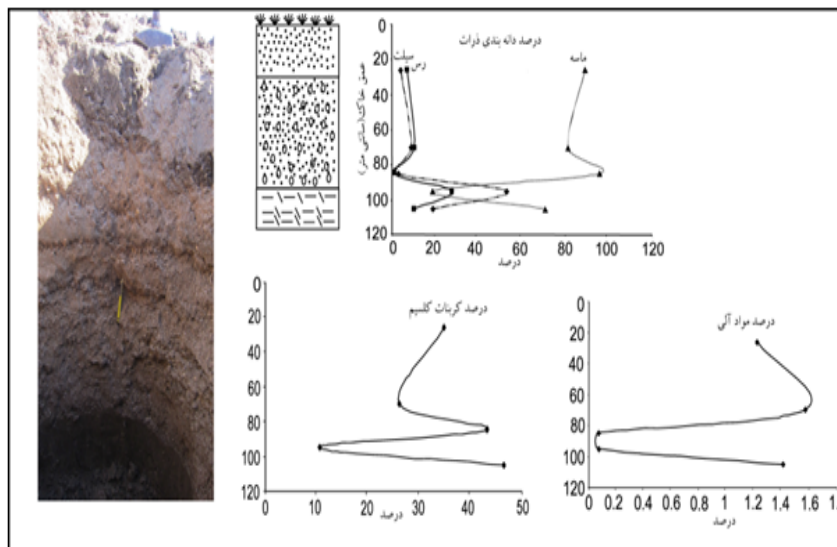
شکل ۴: رسوب شناسی مقاطع در منطقه مورد مطالعه

بررسی رسو شناسی مقطع نوکنده (شکل ۵) نشان می‌دهد که از پایین تا عمق ۱۰۰ سانتیمتری تا ۵۹۴ سال قبل که دریا در تراز ۲۲/۳۰- متر قرار داشته است، محیط دریایی بوده و در عمق ۱۰۰ سانتیمتری زمانی که دریا عقب نشینی می‌کند در تراز ۲۲/۶۸- متر قرار داشت، دوباره دریا پیشروی کرده و در ۵۴۱ سال قبل دوباره عقب نشینی کرده‌است. محیط، تالاب بازی بوده اما به دلیل اینکه ورودی آب دریا به سرعت به داخل خلیج گرگان انجام می‌شد درصد مواد آلی پایین بود.

بررسی رسوب‌شناسی مقطع گلوگاه (شکل ۶) نشان می‌دهد که در ۴۹۶ سال قبل زمانی که دریا در تراز ۲۱/۸۹- متر قرار داشت محیط لاگونی بوده است و بعد از آن دریا در شرایط پسروی قرار می‌گیرد.



شکل ۵: شواهد رسوب‌شناسی، ژئوشیمیایی به همراه ستون چینه‌شناسی و تصویر مقطع نوکنده



شکل ۶: شواهد رسوب‌شناسی، ژئوشیمیایی به همراه ستون چینه‌شناسی و تصویر مقطع گلوگاه

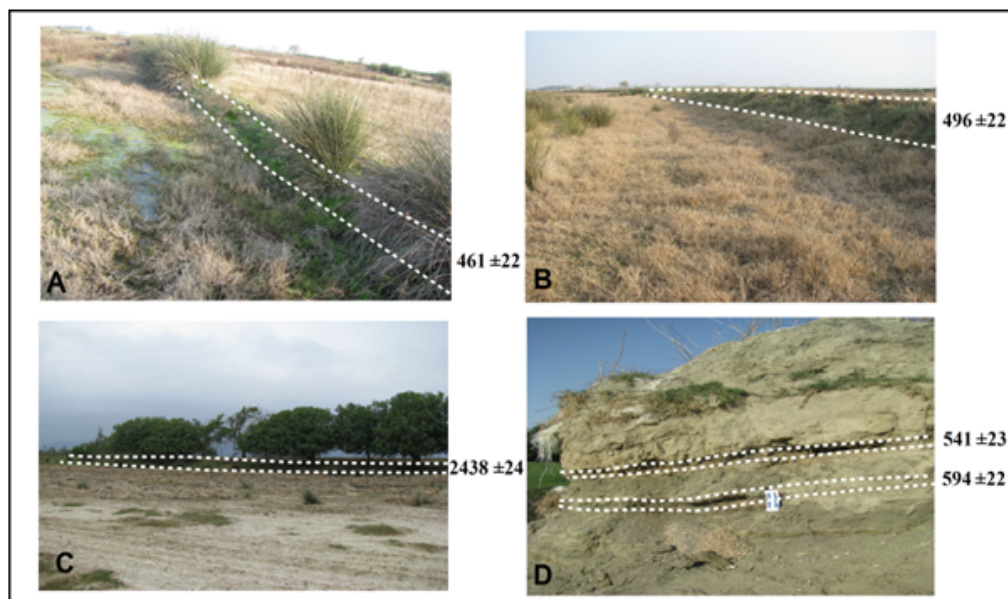
همچنین مجموعه تالاب‌هایی مانند لپو، شیرخان لپو و پلنگان به فاصله یک کیلومتری جنوب دریای خزر و در شرق نیروگاه نکا و شمال منطقه زاغ مرز قرار گرفته‌اند. این تالاب‌ها زمانی جزو دریای خزر بوده که بعدها با عقب نشینی دریا به صورت آب باریکه‌ای جدا باقی مانده و با گذشت زمان با آب دریا و سیلاب پرشده‌اند. وسعت آن‌ها در سال ۱۹۷۵ به علت پایین بودن سطح آب دریای خزر کمتر از سال ۲۰۰۶ بود.

شواهد ژئومورفولوژیک ناشی از پایین رفتن سطح آب دریای خزر در کواترنری پسین و عهد حاضر

–پادگانه‌های دریایی منطقه مورد مطالعه

پادگانه‌های دریایی یکی از مشخص‌ترین شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریاها به شمار می‌روند (لاجویی، ۱۹۸۶). در محدوده مورد مطالعه، در جنوب دریای خزر در سطوح ارتفاعی ۲۳/۱۵-، ۲۱/۸۹-، ۲۲/۳۰-، ۲۲/۶۸- و ۲۲/۰۵- متر با استفاده از بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای چهار پادگانه دریایی مشخص شد (شکل ۷). براساس مطالعات سن‌سنجی در بخش جنوبی دریای خزر این پادگانه‌ها به ترتیب ۴۶۱±۲۲، ۴۹۶±۲۲، ۵۴۱±۲۳، ۵۹۴±۲۲ و ۲۴۳۸±۲۴ سال قدمت دارد.

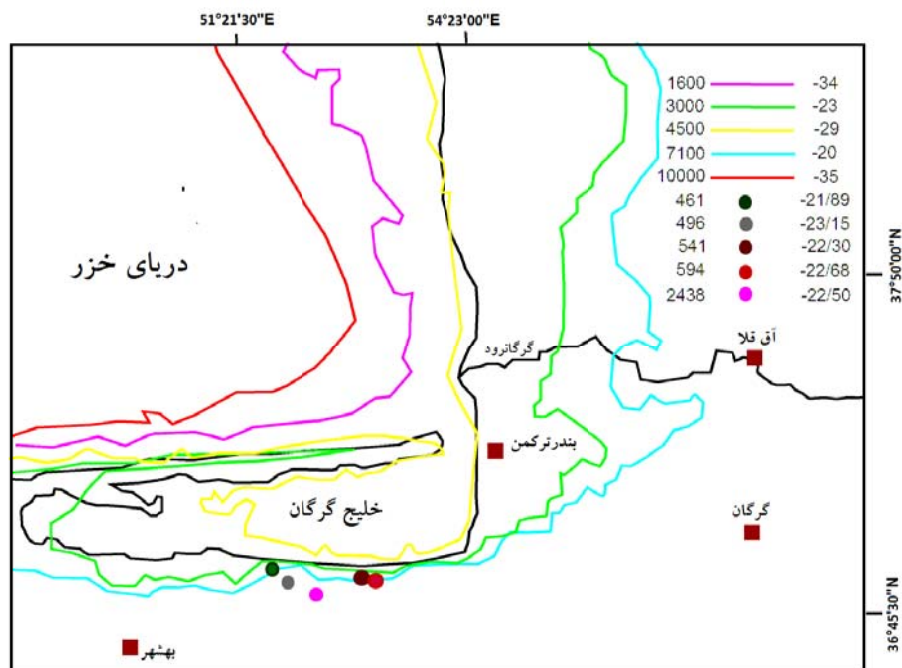
در بخش جنوب شرقی خزر به علت شیب کم منطقه، فاصله پادگانه‌ها خیلی کمتر است، درحالی‌که در شرق دریای خزر، فاصله پادگانه‌ها زیاد است. به طوری که هرچه به سمت شمال گمیشان می‌رویم فاصله آن‌ها از هم بیشتر می‌شود. هر یک از پادگانه‌های یاد شده معرف دوره‌های پسروی آب دریا در زمان نئوکاسپین است. این پادگانه‌ها نشان می‌دهند که سطح آب دریای خزر برای دوره‌های زمانی پایدار باقی می‌ماند. زمانی که دریا پیشروی می‌کند و به حداکثر ارتفاع خود می‌رسد و تا زمانی که عقب‌نشینی را شروع کند مدت زمانی ثابت می‌ماند و در نتیجه فرایندهای هیدرودینامیکی دریا شروع به ساحل‌سازی می‌کنند. عامل اصلی تشکیل پادگانه‌های دریایی در سطح و حاشیه جلگه خزر با توجه با فرونشینی گودال خزر، ناشی از حرکات زمین‌ساختی جدید (علایی طالقانی، ۱۳۸۲) و تغییرات اقلیمی است.



شکل ۷: پادگانه‌های دریایی A (گلوگاه ۱) و B (گلوگاه ۲) و C (شرکت گاز گلوگاه)

بازسازی خطوط ساحلی منطقه مورد مطالعه در اواخر هولوسن

نتایج پژوهش حاضر بر اساس منحنی ریچاکوف که توسط امینی (۲۰۱۲) ترسیم گردیده منطبق گردید. در طول ۱۰۰۰۰ هزار سال گذشته دریای خزر ترازهای مختلفی را تجربه کرده که سال‌های تغییرات تراز آب در شکل شماره ۲ اشاره شده است. با توجه به منحنی نوسانات سطح آب دریای خزر، تغییر خط ساحلی از غرب به شرق در منطقه مورد مطالعه افزایش می‌یابد. برای مثال در بخش غربی خلیج گرگان در طی هولوسن حداکثر تغییر خط ساحلی قدیمی ۱۶ کیلومتر بوده است، درحالی‌که در بخش مرکزی این تغییر به ۲۱ کیلومتر و در بخش شرقی خلیج گرگان به ۳۶ کیلومتر می‌رسد که دلیل افزایش تغییرات در سمت شرق را می‌توان به کم بودن شیب اراضی در این بخش‌ها نسبت داد.



شکل ۸: بازسازی خطوط ساحلی جنوب شرقی دریای خزر در دوره هولوسن بر اساس منحنی ریچاکوف در سال ۱۹۹۷

نتیجه گیری

یکی از مباحث مهم نوسانات سطح آب دریای خزر، مطالعه شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر در کواترنری پسین است که منطقه مورد مطالعه یکی از بهترین مکان‌ها با استفاده از داده‌های میدانی است، هر چند که اخیراً تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است، اما منطقه جنوب خزر به دلیل شیب کمتر آن همچنان به عنوان سواحل تقریباً دست نخورده شناخته می‌شود. منطقه مورد مطالعه با توجه به دست نخوردگی آن یکی از مناطق بسیار حساس سواحل ایران نسبت به تغییرات تراز آب دریای خزر است. در محدوده مورد مطالعه ۵ پادگانه دریایی در سطوح ارتفاعی ۲۳/۱۵-، ۲۱/۸۹-، ۲۲/۳۰-، ۲۲/۶۸- و ۲۲/۰۵- متر با استفاده از بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد، که سن آن‌ها به ترتیب 461 ± 22 ، 496 ± 22 ، 541 ± 23 ، 594 ± 22 و 2438 ± 24 سال پیش ثبت شده است. پادگانه‌های مذکور به صورت نوارهای موازی با خط ساحلی به شکل پلکانی مشخص در امتداد خط ساحلی شرق دریای خزر قرار دارد. فاصله تراس‌ها در منطقه نسبت به سواحل شرقی خزر کم است. همچنین بررسی رسوب شناسی مقاطع نوکنده و گلوگاه ۲ در جنوب خزر در کواترنری پسین بیانگر محیط‌های مردابی کنار ساحل است. اکنون فاصله این مقاطع از خط آب در تراز کنونی ۰/۵ کیلومتر است. ویژگی‌های رسوب شناسی، در مقطع گلوگاه ۲ در جنوب خزر در محدوده گلوگاه نشان می‌دهد تا ۴۹۶ سال پیش لاگون گسترده‌ای در این بخش وجود داشته است و بعد از آن دریا در شرایط پسروی قرار گرفت. چنین پژوهشی در بخش مرکزی گیلان صورت گرفت که توسط لاهیجانی و همکاران (۲۰۰۹) و بخش شرقی گلستان توسط جعفر بیگلر و همکاران (۱۳۹۱) به اثبات رسید که در ۵۰۰ سال گذشته سطح آب دریا بالا بوده و موجب تشکیل لاگون در این مناطق گردید.

اکنون نیز در منطقه مورد مطالعه علاوه بر حضور خلیج گرگان، مرداب‌های منقطع به موازات ساحل وجود دارند. این مرداب‌ها زمانی جزو دریای خزر بودند که بعدها با عقب‌نشینی دریا به صورت آب باریکه‌ای جدا باقی مانده و با گذشت زمان با آب دریا و سیلاب پر شده اند. وسعت آن‌ها در سال ۱۹۷۵ کمتر از سال ۲۰۰۶ بود. همچنین در این پژوهش خطوط ساحلی بازسازی شده برای منطقه در کواترنری پسین، با توجه به منحنی سطح آب دریای خزر و تعیین سن و ارتفاع دقیق نقاط برداشت شده با منحنی‌های ترسیم شده توسط ریچگوف انطباق دارد.

منابع و مأخذ:

- امینی، آرش، ۱۳۹۱، رسوب شناسی و ژئوشیمی رسوبات هولوسن خلیج گرگان در جنوب شرق خزر، رساله دکتری، گرایش رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، ص ۲۸۱-۱.
- جعفر بیگلر، منصور، زمانزاده، محمد حسین، یمانی، مجتبی، عمادالدین، سمیه، ۱۳۹۱، شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر طی کواترنری پسین در محدوده رودخانه گرگانرود، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲ (پیاپی ۸۰)، ص ۵۰-۳۳.
- درویش‌زاده، علی، ۱۳۸۹، زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ص ۹۰۲-۱.
- علائی طالقانی، محمود، ۱۳۸۲، ژئومورفولوژی ایران، چاپ سوم، نشر قومس، ص ۳۶۰-۱.
- فرهودی، قدرت‌الله، محبی، محمد، ۱۳۸۹، بررسی برخی از وقایع تکتونکی حاکم بر جنوب شرقی دریای خزر و بلوک خزر جنوبی، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۶، ص ۴۷-۲۱.
- یمانی، مجتبی، کامرانی دلیر، حمید، ۱۳۸۹، تأثیر تغییرات سطح اساس در ریخت‌شناسی بستر رودخانه‌های محدوده دلتای سفیدرود، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، شماره ۱۶، ص ۷۴-۶۱.
- Alaei Taleghani, M., 2005, **Geomorphology of Iran**, Third Edition, Ghomes, Tehran, and pp: 1-360.
- Amini, A., Moussavi, R., Lahijani, H., Mohboubi, A., (2012). **Holocene Sedimentation Rate in Gorgan Bay and Adjacent Coasts in Southeast of Caspian Sea**, journal of Basic and Applied Seientific Research2 (1), pp: 289-297.
- Amini, A., 2012, **Sedimentology and Geochemistry of Holocene Sediments in South East of Gorgan Bay**, Geology Ph.D., Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, pp:1-281.
- Arpe, K., Bengtsson, L., Golitsyn, G.S., Mokhov, I.I., Semenov, V.A., Sporyshev, P.V., (2000). **Connection between Caspian sea-level variability and ENSO**, Geophysical Research, Letters (27), pp: 2693-2696.
- Brunet, M.F., Korotaev, M.V., Ershov, A.V., Nikishin, A.M., (2003). **The South Caspian Basin: a review of its evolution from subsidence modeling**, Sedimentary Geology (156), pp: 119-148.
- Damon, P.E., Sonett, C.P., (1991). **Solar and terrestrial components of the atmospheric C¹⁴ variation spectrum**, In: Sonett, C.P. (Ed.), **the Sun in Time**, University of Arizona press, Tucson, pp: 360-388.
- Darvishzadeh, A., **Geology of Iran**, Amirkabir, Tehran, pp: 1-902.

- Farhoudi, G., Mohebbi, M., 2010, **Some Tectonic Aspects of the Southeastern part of the Caspian Sea and South Caspian Block**, Applied Geology, Vol.6, No.1, PP:27-41.
- Federov, P.V., (1995). **Modern geology of the Caspian Sea**, Russian Academy of Science Bulletin 65 (7), pp: 622-625.
- Ghassemi, M.R., (2005). **Drainage evolution in response to fold growth in the hanging wall of the Khazar fault, north- eastern Alborz, Iran**, Basin research(17), pp:425-436.
- Hoogendoorn, R. M., Boels, J.F., Kroonenberg, S. B., Simmons, M. D., Aliyeva, E., Babazadeh, A. D., Huseynov, D., (2005). **Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian sea-level changes**, Marine Geology (222-223), pp: 359-380.
- Jafar Beglou, M., Zamanzadeh, M.H., Yamani, M., Emadodin, S., 2012, **the Geomorphological Evidence of the Caspian Sea Base Level Changes during the Late Quaternary in the Confine of Gorganroud River**. Research in Geography, Year 44, No. 2, pp. 50-33
- Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., (2010). **A 3M sea level rise at the last cycle of the Caspian Sea on the Iranian coast, The Caspian region: Environmental consequences of the climate change**, International conference Moscow, pp:1-961.
- Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Mohamah Khani, H., Yamani, M., Hgasemi, M.R., Lahijani, H.A.K., (2012). **Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast**, Quaternary International, pp: 1-11.
- Karpichev, Y.A., (1989). **Changes in the Caspian sea-level in the Holocene according to radiocarbon date**, Water Resources (1), pp: 5-20.
- Khoshravan, H, (2010). **Caspian rapid sea level changing impact on Miankaleh sand spit evolution during the 10 K.Y., Environmental consequences of the climate change**, International conference Moscow, and pp: 1-961.
- Kroonenberg, S.B., Rusakov, G.V., Svitoch, A.A., (1997). **The wandering of the Volga delta: response to rapid Caspian sea-level changes**, Sediment Geology (107), pp: 189-209.
- Kroonenberg, S.B., Abdurakhmanov, G.M., Badyukov, E.N., van der Borg, K., Kalashnikov, A., Kasimo, N.S., Rychagov, G.I., Svitoch, A.A., Vonhof, H.B., Wesselingh, F.P., (2007). **Solar-forced 2600 BP and Little Ice Age highstands of the Caspian Sea**, Quaternary International (173-174), pp: 137-143.
- Kroonenberg, S.B., Badyukova, E.N., Storms, J.E.A., Ignatov, E.I., Kasimov N.S., (2000). **A full sealevel cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores**. Sedimentary Geology (134), pp: 257-274.
- Lahijani, H., Rahimpour -Bonab, H., Tavakoli, V., Hosseindoost, M., (2009). **Evidence for late Holocene highstands in Central Guilan-East Mazandaran, South Caspian coast**, Quaternary International(197),pp:55-71.
- Lajoie, K. R., (1986). **Coastal tectonics, Active tectonics**, National Academic press, Washington DC, PP: 95-124.
- Leory, S.A.G., Marret, F., Giralt, S., Bulatov, S.A., (2006). **Over the last two centuries reconstructed from palynological analyses and a comparison to instrumental records**, Quaternary International, Volume (150), pp: 52-70.
- Mamedov, A. V., (1997). **The late Pleistocene-Holocene history of the Caspian Sea**. Quaternary International (41/42), pp: 161-166.

- Renssen, H., Lougheed B.C., Aerts, J.C.J.H., Moel, H. de. Ward P.J., Kwadijk, J.C.J., (2007). **Simulating long-term Caspian sea level changes: the impact of Holocene and future climate conditions**, Earth and Planetary Science Letters (261), pp: 685-693.
- Rychagov, G.I., (1997). **Holocene Oscillations of the Caspian Sea and forecasts based on paleogeographical reconstructions**, Quaternary International (41/42), pp: 167-172.
- Terziev, S.F., (1992). **Hydrometeorology and Hydrochemistry of seas, the Caspian Sea**, Vol (6), No I., pp: 1-360.
- Vernant, Ph., Nilforoushan, F., Chery, J., Bayer, R., Djamour, Y., Masson, F., Nankali, H., Ritz, J.-F., Sedighi, M., Tavakoli, F., (2004). **Deciphering oblique shortening of central Alborz in Iran using geodetic data**, Earth and Planetary Science Letters (223), pp: 177-185.
- Yamani, M., Kamrani Dalir, H., **Impact of Base Level Changes on Geomorphology of Groundwater Confine Sefidroud Delta**, Iran Geology, 16.N.pp.61-74