

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲ (پیاپی ۸۰)، تابستان ۱۳۹۱  
صص. ۵۰-۳۳

## شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر طی کواترنری پسین در محدوده رودخانه‌ی گرگان‌رود

منصور جعفریگلو\* - استادیار دانشکده‌ی جغرافیا

محمدحسین زمان‌زاده - استادیار دانشکده‌ی جغرافیا

مجتبی یمانی - دانشیار دانشکده‌ی جغرافیا

سمیه عمادالدین - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۲۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۵/۰۷

### چکیده

جنوب شرقی دریای خزر، یکی از مناسب‌ترین مکان‌ها برای مطالعه‌ی شواهد ژئومورفولوژیک ناشی از تغییرات سطح اساس دریای خزر است. نتایج حاصل از بررسی تصاویر ماهواره‌ای، وجود چهار تراس دریایی را نشان می‌دهد که در سطوح ارتفاعی ۲۱-متر، ۲۳-متر، ۲۴-متر و ۲۶-متر، به ترتیب با سن‌های  $24 \pm 653$ ،  $24 \pm 940$ ،  $23 \pm 478$  و ۳۲ سال پیش تشکیل شده‌اند. مطالعه‌ی داده‌های رسوب‌شناسی و فسیل‌شناسی در دو مقطع کوره‌سو و کمیش تپه، به ترتیب با تراز آب ۲۳-متر و ۲۴-متر نشان می‌دهد که پیش از  $24 \pm 940$  و  $24 \pm 653$  سال پیش، افزایش تراز آب، سبب رشد سدهای ماسه‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه شده است و با توجه به شیب کم منطقه، در پشت آن لاگون بازی شکل گرفته است، اما در اثر پایین رفتن سطح آب دریا، لاگون موجود در پسکرانه‌ی سد ماسه‌ای خشک شده است. همچنین رودخانه‌ی گرگان‌رود در طول کواترنری پسین، تغییراتی مانند تغییر مکان مصب، تغییر رژیم رسوب‌گذاری و تغییر شکل دل‌تا داشته است. در سده‌های اخیر نیز، شواهد مختلفی از تغییر سطح اساس دریای خزر در منطقه برجای مانده است. از بررسی تصاویر ماهواره‌ای لندست مشخص شد که دلتای گرگان‌رود از سال ۱۹۷۵ تا سال ۲۰۰۵ نزدیک به یک کیلومتر به سمت دریا پیشروی داشته است. همچنین وسعت خلیج گرگان در سال ۱۹۷۵، حدود ۳۳۰ کیلومتر مربع و با بالآمدن سطح آب دریا در سال ۲۰۰۶ به ۴۵۸ کیلومتر مربع افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها: دریای خزر، شواهد ژئومورفولوژیک، تغییرات سطح اساس، کواترنری، گرگان‌رود.

### مقدمه

یکی از فرایندهای مهم در دریای خزر نوسان‌های تراز آب آن است. دریای خزر پس از جدا شدن از دریای سیاه در دوره‌ی پلیوسن میانی، چرخه‌های متعدّد نوسان تراز آب را تجربه کرده است (لاهیجانی، ۲۰۰۹: ۵۵). در کواترنری، پنج

نوسان عمده در سطح آب دریای خزر روی داده است که دامنه‌ی نوسان آن بین حداقل ۵۰+ متر در آخرین دوره‌ی یخبندان و ۱۱۳- متر در اوایل هولوسن بوده است (کرونن برگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰: ۲۵۹). بسیاری از پژوهشگران، بر عامل اقلیمی در نوسان‌های تراز آب دریای خزر بیشتر تأکید دارند (ترزیف<sup>۲</sup>، ۱۹۹۲؛ مالینین<sup>۳</sup>، ۱۹۹۴؛ آرپ<sup>۴</sup>، ۲۰۰۰ و لاهیجانی، ۲۰۰۹). در حالی که تأثیر عوامل زمین‌شناسی روی نوسان‌های سطح آب دریای خزر برای چند هزار سال گذشته بسیار کم است (فدرف<sup>۵</sup>، ۱۹۹۵). به همراه نوسان‌های سطح آب دریای خزر، وجود گسل خزر هم، سبب بالآمدن رشته‌کوه البرز و فرونشینی کف گودال خزر شده است (موسوی روحبخش، ۱۳۸۰: ۸۹). بر اساس داده‌های زمین‌شناسی، بالآمدگی و فرونشینی در بخش‌های مختلف خزر با مقادیری مختلف روی می‌دهد (برانت<sup>۶</sup>، ۲۰۰۳: ۱۱۹). گانسر و هوپر (۱۹۶۲) به‌طور میانگین بالآمدن کنونی البرز را ۸ میلی‌متر در سال در نظر گرفته‌اند. در حالی که در بخش غربی قفقاز، سرعت بالآمدن پوسته‌ی زمین در حدود ۱۲ الی ۱۴ میلی‌متر در سال اندازه‌گیری شده است (پالوسکا و همکاران، ۲۰۱۳: ۷۲). این حرکات زمین‌ساخت و تغییرات اقلیمی، موجب تغییر سطح اساس دریای خزر و رودخانه‌های منتهی به آن در طول کوتاه‌تر شده است. تغییرات سطح و نوسان‌های آب دریای خزر در گذشته، منجر به تشکیل لاگون‌ها، سدهای ساحلی یا از بین رفتن آنها و پیشروی و پسروی خط ساحلی شده است؛ به‌گونه‌ای که این تغییرات در مصب رودخانه‌ها، به‌دلیل تغییر سطح اساس پیاپی آنها، منجر به تغییر مکان مصب، تغییر رژیم رسوب‌گذاری، تغییر شکل دلتاها، پراکنش مواد رسوبی یا حفر مجدد آبراهه در محل مصب می‌شود. مطالعه‌ی شواهد ژئومورفولوژیک نوسان‌های سطح آب دریای خزر، مانند تراس‌های دریایی، تغییرات دلتا، تغییر مسیر آبراهه‌ی گرگان‌رود و توالی رسوبات، از نظر ویژگی‌های رسوبی، فسیل‌شناسی و ژئومورفولوژی با توجه به سن آنها، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را از تغییرات سطح اساس دریای خزر، طی کوتاه‌تری پسین در محدوده‌ی رودخانه‌ی گرگان‌رود ارائه کند. در سال‌های اخیر پژوهشگران زیادی در رابطه با نوسان‌های سطح آب دریای خزر کار کرده‌اند، از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اوریم<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی توسعه‌ی مورفولوژیکی و رخساره‌ها، از بخش‌های پایین‌دست دلتای ولگا در طول آخرین چرخه‌ی کامل سطح آب دریا، بین سال‌های ۱۹۲۵ تا ۱۹۹۵ پرداخته‌اند و برای توسعه‌ی این دلتا در هولوسن، از داده‌های برون‌زدگی استفاده کردند و کل ضخامت نهشته‌های هولوسن را در پایین‌دست دلتا بین ۴ الی ۱۰ متر در نظر گرفته‌اند. کازانکی<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی تأثیر نوسان‌های سطح آب دریای خزر در کوتاه‌مدت و بلندمدت روی ژئومورفولوژی دشت گیلان - مازندران پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که سه سطح تراس دریایی یک (۱۹-۲۰ متر)، سطح تراس دریایی دو (۲۰-۲۰ متر) و سطح تراس دریایی سه (۶- تا ۸- متر) هم‌زمان با اواخر خوالین<sup>۹</sup> و پیشروی کاسپین

1. Kroonenberg
2. Terziev
3. Malinin
4. Arpe
5. Federov
6. Brunet
7. Overeem
8. Kazanci
9. Khavalian

یکی از چرخه‌های تغییر تراز آب دریای خزر در هولوسن و بزرگترین پیشروی کوتاه‌تر در این چرخه روی داد.

جدید وجود داشت و رسوبات جوان‌ترین تراس، یعنی تراس سوم را نتیجه‌ی چندین دوره‌ی میان‌مدت نوسان سطح آب در هولوسن اخیر دانسته‌اند. هوگن دورن<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی دلتای کورا در آذربایجان با توجه به تغییرات سطح آب دریای خزر در دوره‌ی هولوسن پرداختند. چهار مرحله از پیشروی دلتا متناسب با سطوح فرسایشی پیش‌رونده را شناسایی کرده‌اند. نخستین سطح در ارتفاع ۸۰ متر زیر سطح آب اقیانوس‌ها قرار داشته است.

لاهیجانی و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی شواهدی از سطوح تراز بالای آب دریای خزر در اواخر هولوسن در بخش مرکزی گیلان و شرق مازندران پرداخته‌اند و براساس رسوبات لاگونی و سن‌سنجی صدف‌های نرم تنان، سه پیشروی دریا را در خشکی، در طول اواخر هولوسن با سن ۲۵۰۰، ۹۰۰ و ۵۰۰ سال پیش از میلاد تشخیص داده‌اند. این سطوح تراز، به ترتیب با ارتفاع (۲۲-)، (۲۴-) و (۲۵-) متر منطبق هستند.

کاکرودی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تغییرات سریع سطح آب دریای خزر در طول هولوسن، در سواحل دریای خزر، محدوده‌ی جنوب‌شرقی آن پرداخته‌اند. آنها با بازسازی منحنی سطح آب دریای خزر در هولوسن با استفاده از نمونه‌برداری‌های عمقی به‌وسیله‌ی ماشین مغزه‌گیر و تعیین سن با استفاده از روش رادیو کربن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اوایل هولوسن، سطح آب دریا به ۳۴- متر رسید، بین سال‌های ۵۰۰۰ تا ۲۳۰۰ سال پیش از میلاد، سطح آب دریا به ۲۷/۷- متر رسید. بین سال‌های ۲۷۰۰ تا ۲۳۰۰ سال پیش از میلاد، سطح آب دریا به ۲۳/۵- متر رسید و آخرین سطح تراز آب منطبق با یک سن یخچالی کوچکی بود که ارتفاع آن ۲۴- متر بود.

کامرانی (۱۳۸۸) به بررسی نقش تغییرات سطح اساس در ژئومورفولوژی بستر رودخانه‌های محدوده‌ی دلتای سفیدرود پرداخت و به این نتیجه رسید که نوسان‌های کوتاه‌مدت تراز آب دریای خزر، بازه‌های نزدیک به مصب را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

هدف از این پژوهش، شناسایی تغییرات سطح اساس دریای خزر در محدوده‌ی رودخانه‌ی گرگان‌رود با استفاده از داده‌های ژئومورفولوژی، رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی، همچنین بررسی‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای و تعیین سن تراس‌های دریایی در کواترنری پسین و عهد حاضر است.

## محدوده‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در بخش جنوب‌شرقی دریای خزر واقع شده است. رودخانه‌ی اصلی که از این ناحیه به دریای خزر می‌ریزد، گرگان‌رود است که از منتهی‌الیه کوه‌های خراسان سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از مسیره‌های پرپیچ‌وخم و کوهستانی، وارد منطقه‌ی کلالة شده و با عبور از یک دشت ساحلی هموار در منطقه‌ی خواجه نفس، وارد دریای خزر می‌شود.

مساحت حوضه‌ی آبریز گرگان‌رود ۱۲۶۰۰ کیلومتر مربع و طول رودخانه‌ی اصلی، ۳۵۰ کیلومتر است، دبی سالانه‌ی آب آن ۴۴۸ میلیون مترمکعب است. منطقه‌ی مورد مطالعه از لحاظ شرایط اقلیمی دارای تابستان‌های گرم و خشک تا مرطوب و زمستان‌های سرد است.

بخش جنوب‌شرقی دریای خزر با حداکثر عمق ۱۰۲۵ متر، عمیق‌ترین بخش از دریای خزر است (کرون‌برگ، ۲۰۰۰: ۲۵۹). از ویژگی‌های زمین‌شناختی مهم در این ناحیه، به بالآمدگی زون گرگان که از کرتاسه فوقانی تا حال حاضر تداوم داشته است، می‌توان اشاره کرد که به‌صورت یک ساختار زمین‌ساختی فعال، موجب تغییرات عمده‌ای در حوضه‌ی رسوب‌گذاری دریای خزر در امتداد شرقی - غربی شده است و مهم‌ترین عارضه‌ی آن، عدم تطابق ضخامت رسوبات کواترنری در بخش شرقی - مرکزی و غربی سواحل جنوبی دریای خزر است. کم‌عمق بودن مناطق ساحلی و همچنین هموار بودن دشت ساحلی گرگان نیز معلول همین پدیده است (خوشروان، ۱۳۷۷: ۲).



شکل ۱. نقشه‌ی نواحی جنوب‌شرق دریای خزر و منطقه‌ی مورد مطالعه که با چهارگوش مشخص شده است

بخش جنوبی دریای خزر با توجه به شواهد تاریخی از نظر لرزه‌خیزی فعال است (جکسون، ۲۰۰۲: ۱۴۸). گسل چپ‌گرد درونه، رژیم تکتونیکی البرز شرقی (گرگان) را تحت تأثیر خود قرار داده است، به‌گونه‌ای که بر اثر عملکرد این گسل، البرز شرقی در خلاف جهت عقربه‌های ساعت چرخیده و حاصل این چرخش، شکل‌گیری ارتفاعات گرگان و فرونشست بلوک خزر جنوبی بوده است (فرهودی، ۱۳۸۹: ۴۰).

## مواد و روش‌ها

هدف از این پژوهش، شناسایی شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر، در محدوده‌ی رودخانه‌ی گرگان‌رود، در طول هزار سال گذشته است. به این منظور از روش توصیفی کتابخانه‌ای، برای بررسی مبانی نظری و پیشینه‌ی تحقیق؛ بازدیدهای میدانی، برای تطبیق داده‌های حاصل از نقشه‌ها، پیدا کردن شواهد ژئومورفولوژیک، نمونه‌برداری از رسوبات و فسیل‌ها، برداشت مختصات ارتفاعی نقاط؛ مطالعات آزمایشگاهی برای تعیین سن تراس‌های دریایی و بررسی رسوبات مقاطع مورد مطالعه و درنهایت، روش تحلیلی استفاده شد. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس

۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۴۵ و تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM، MSS و ETM) از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۶ و تصاویر IRS، به‌عنوان ابزارهای اصلی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به هدف پژوهش برای دستیابی به نتایج مورد نظر، داده‌های رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی و ژئومورفولوژی نیز، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. به این منظور با انجام بازدیدهای میدانی، چهار تراس دریایی در منطقه پیدا شد. موقعیت و ارتفاع تراس‌ها با استفاده از روش‌های دقیق اندازه‌گیری ارتفاع و بهره‌گیری از جی.پی.اس geodetic با دقت سانتی‌متری برداشت شد و برای تعیین سن آنها، به‌روش کربن ۱۴، سه نمونه از فسیل‌های دوکفه‌ای برجا در مقاطع کوره‌سو، چپاقلی و گمیش‌تپه به آزمایشگاه شیراکاوا<sup>۱</sup> (ژاپن) ارسال شد. برای بررسی فسیل‌شناسی، نمونه‌های مختلفی از فسیل‌های تراس‌های دریایی منطقه‌ی مورد مطالعه جمع‌آوری شد و برای تشخیص نوع و محیط زندگی آنها به دانشگاه مسکو ارسال شد.<sup>۲</sup> همچنین در دو مقطع کوره‌سو با تراز آب ۲۳- متر و گمیش‌تپه با تراز آب ۲۴- متر، از رسوبات نمونه‌برداری شد و در پردیس منابع طبیعی دانشگاه تهران، درصد مواد آلی با استفاده از روش والکی و بلک، درصد کربنات کلسیم به‌روش حجم‌سنجی و دانه‌بندی ذرات به‌روش هیدرومتر، مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی خلیج گرگان و دلتای گرگان‌رود، از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های MSS اکتبر سال ۱۹۷۵ (باندهای ۱ تا ۴)، تصاویر TM ژوئن سال ۱۹۸۷ (باندهای ۱ تا ۷) و تصاویر ETM آوریل سال ۲۰۰۱ و ماه می ۲۰۰۵ (باندهای ۱ تا ۷)، همچنین عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۵ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. برای بررسی تغییرات مسیر قدیمی رودخانه‌ی گرگان‌رود از بازدید میدانی، تصویر ماهواره‌ای IRS با قدرت تفکیک ۲/۵ متر و منابع تاریخی، از جمله سفرنامه‌ها استفاده شد. برای ترسیم پروفیل طولی رودخانه‌ی گرگان‌رود از لایه‌ی DEM ۱۰ متر استفاده شد. تصاویر و نقشه‌های مذکور با کمک نرم‌افزارهای Arc/GIS و ENVI ژئورفرنس و پردازش شد، تراس‌های دریایی، تغییرات رودخانه‌ی گرگان‌رود، خلیج گرگان و دلتای گرگان‌رود، در چارچوب نقشه‌های زمانی و مکانی از آنها استخراج شد. برای تهیه‌ی نقشه‌های مورد نیاز از نرم‌افزارهای Arc/GIS و Freehand استفاده شده است. روش پژوهش، تحلیل شواهد ژئومورفولوژی، رسوب‌شناسی و فسیل‌شناسی در منطقه‌ی مورد مطالعه، در کواترنری پسین و مقایسه‌ی تغییرات ایجاد شده در خلیج گرگان و دلتای گرگان‌رود در یک دوره‌ی ۳۱ ساله در عهد حاضر است.

## یافته‌های تحقیق

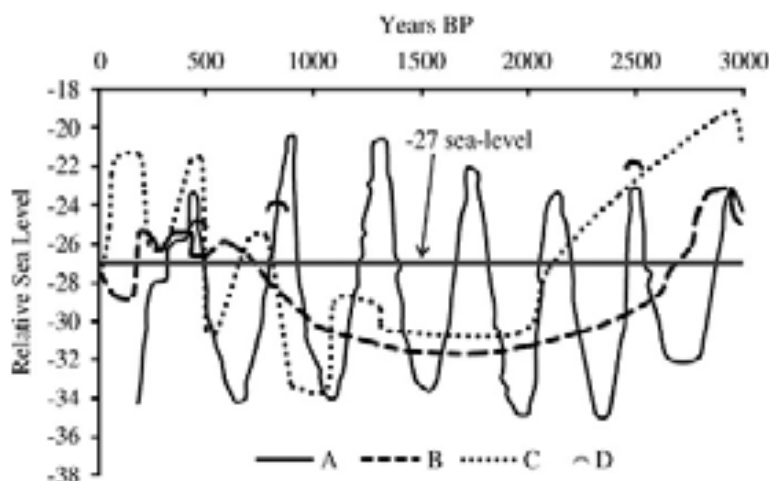
منطقه‌ی مورد مطالعه با توجه به شیب کم آن و دست‌خوردگی کمتر، به‌دلیل نامناسب بودن زمین برای فعالیت‌های کشاورزی، یکی از بهترین مکان‌ها برای مطالعه‌ی شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر در اواخر کواترنری و با استفاده از داده‌های میدانی است. در دریای خزر جزر و مد بسیار ناچیز است، در نتیجه باد، موج و فرایندهای رودخانه‌ای که تحت تأثیر نوسان‌های سطح آب دریا قرار دارند، مورفولوژی ساحلی را شکل می‌دهند (لاهیجانی، ۲۰۰۹: ۶۷). پاسخ مورفولوژی ساحلی در طول خط ساحل دریای خزر بسیار متفاوت بوده است. بدیهی است پاسخ مورفولوژی

1. Shirakawa

۲. از سوی خانم پرفسور تامارا یانینا در دانشگاه مسکو، نوع و محیط زندگی آنها تشخیص داده شد.

مناطق کم‌شیب، مانند منطقه‌ی مورد مطالعه، بسیار شدیدتر است. در جنوب‌شرقی خزر، بادهای شمال‌غربی و به پیروی از آن امواج شمال‌شرقی غلبه دارد که در منطقه‌ی مورد مطالعه با توجه به زوایای خط ساحل، جریان طولی ساحلی از شمال به جنوب ایجاد می‌کند که این جریان‌های طولی ساحلی، تأثیر زیادی روی مورفولوژی ساحلی دارند. تأثیر امواج با انرژی بالا در منطقه، بسیار ناچیز است. در نتیجه این سواحل بیشتر شامل رسوبات با دانه‌های ریز بوده و جزء سواحل گلی به‌شمار می‌روند.

به‌طور کلی شکل سواحل و تشکیل اشکال ژئومورفولوژیک منطقه‌ی مورد مطالعه، تابع تغییرات تراز آب دریای خزر هستند. نوسان‌های سطح آب دریای خزر در اواخر هولوسن، بر اساس پژوهش‌های پژوهشگران مختلف، متفاوت ارزیابی شده است (شکل شماره ۲). ممدوف<sup>۱</sup> (۱۹۸۷)، دامنه‌ی نوسان را در اواخر هولوسن ۱۴- متر، ریچاگوف<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) ۹- متر و کاریچف<sup>۳</sup> (۱۹۸۹) ۱۲- متر به‌دست آورده‌اند که این نوسان‌ها، سبب پیشروی و پسروی خط ساحلی، تغییر مکان مصب رودخانه‌ی گرگان‌رود، تغییر شکل دلتای گرگان‌رود و تشکیل لاگون و سدهای ساحلی یا سبب از بین رفتن آنها در کوتاه‌تری پسین شده است.



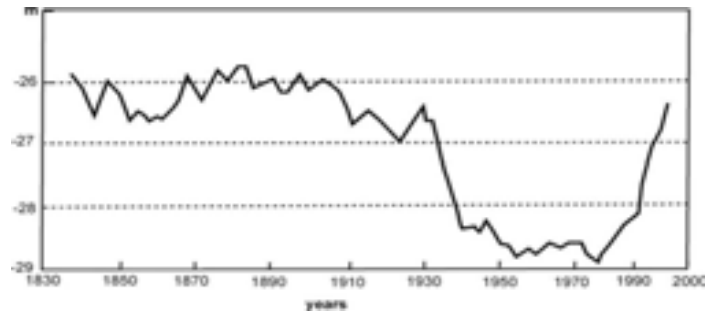
شکل ۲. منحنی نوسان‌های آب دریای خزر در اواخر هولوسن

A) Mamedov (1997); B) Rychagov (1997); c) Karpychev(1989); D) Alizadeh Ketek Lahijani(2009)

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام‌گرفته بین سال‌های ۱۹۲۹ تا ۱۹۵۵ که نتایج آن در شکل شماره ۳ نشان داده شده است، سطح آب دریا نزدیک به ۳ متر افت داشته است و طی ۴۰۰ سال گذشته به پایین‌ترین سطح خود (۲۹- متر) رسید که یک دوره‌ی کامل سطح آب دریا را نشان می‌دهد. مورفولوژی ساحل در پاسخ به این تغییرات بسیار متفاوت بوده است و بی‌شک مناطق کم‌شیب، حساسیت بیشتری را نشان می‌دهد و از شواهد ژئومورفولوژیک آن می‌توان به تغییرات در وسعت خلیج گرگان اشاره کرد (شکل شماره ۴). گستره‌ی این خلیج در سال ۱۹۷۵، در حدود ۳۳۰ کیلومتر مربع

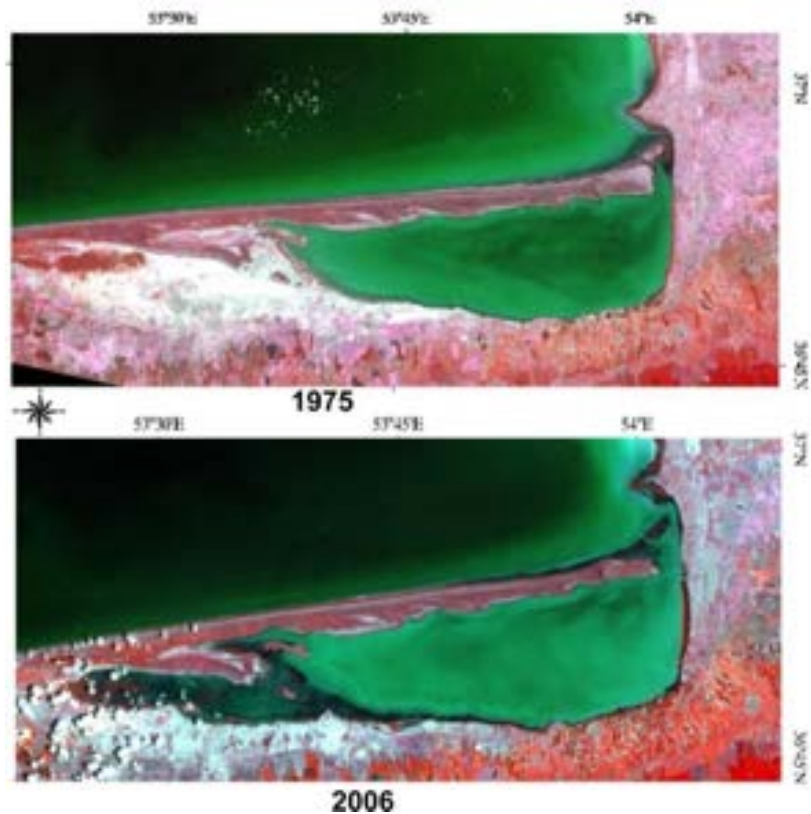
1. Mamedov  
2. Rychagov  
3. Karpychev

بوده و از سال ۱۹۸۰ که سطح آب دریا شروع به بالآمدن کرده است، گستره‌ی خلیج گرگان هم بیشتر شده است و در سال ۲۰۰۶ به ۴۸۵ کیلومتر مربع رسیده است.



شکل ۳. منحنی نوسان‌های سطح آب دریای خزر طی ۱۷۰ سال گذشته

منبع: Myagkov, 1992 به نقل از Kroonenberg, 1977



شکل ۴. تغییرات خلیج گرگان از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۶ بر اساس تصاویر لندست سنجنده‌های MSS اکتبر سال ۱۹۷۵ (باندهای ۱ تا ۴)، تصاویر ETM ماه می ۲۰۰۶ (باندهای ۱ تا ۷)

با توجه به شرایط مناسب برای زیست صدف‌های دوکفه‌ای در محدوده‌ی مورد مطالعه، از فسیل‌های آنها - که به صورت برجا در تراس‌های دریایی وجود دارند - برای بازسازی تغییرات سطح اساس دریای خزر در طول هزار سال گذشته با کمک روش تعیین سن کربن ۱۴ بهره گرفته شد. این روش برای نخستین بار در دانشگاه شیکاگو، از سوی



شیمی‌دانی به‌نام لیبی<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۱۹۴۹ مطرح شد. این روش، نخستین روش برای تعیین سنّ موادی با منشأ آلی بود (والکر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵: ۱۷). از روش تعیین سنّ مطلق کربن ۱۴، می‌توان برای تعیین سنّ انواع موادّ حاوی کربن مانند استخوان، فسیل گیاهان و جانوران، پارچه، چوب، ابریشم، زغال سنگ و غیره استفاده کرد. به‌دلیل وجود محدودیت در اندازه‌گیری مقادیر پایین کربن ۱۴ در نمونه‌های قدیمی، دستگاه‌های موجود فعلی حداکثر نمونه‌هایی به سنّ ۷۵ هزار سال را می‌توانند تعیین سن کنند. این روش، امروزه از کاربردی‌ترین و قابل قبول‌ترین روش‌های تعیین سن در زمین‌شناسی دوره‌ی هولوسن است و برای تعیین سنّ موادّ آلی کواترنری پسین، از جمله صدف به‌کار می‌رود. نتایج تعیین سن بر حسب BP در جدول شماره‌ی ۱ نشان داده شده است. میزان خطای محاسبه‌ی نتایج برای گمیش تپه  $\pm 23$  سال و برای کوره‌سو و چپاقلی  $\pm 24$  سال به‌دست آمد.

جدول ۱. نتایج تعیین سنّ صدف‌های دوکفه‌ای به‌روش کربن ۱۴

محل انجام سن‌سنجی	سن‌سنجی بر اساس کربن ۱۴	نمونه‌هایی که برای تعیین سن استفاده شد	عمق (سانتی‌متر)	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نقاط نمونه‌برداری
شیراکاوا (ژاپن)	$278 \pm 23$	صدف دو کفه‌ای (Bivalve)	-۲۰	-۲۲/۱۷	48.65370 0354	40.98952 0537	گمیش تپه
شیراکاوا (ژاپن)	$۹۲۰ \pm ۲۳$	صدف دو کفه‌ای (Bivalve)	-۲۰	-۲۲/۳۱	40.62889 0754	32.51233 0437	کوره‌سو
شیراکاوا (ژاپن)	$۶۵۳ \pm ۲۳$	صدف دو کفه‌ای (Bivalve)	-۱۷	-۲۱/۶	06.88072 0554	14.06811 5736	چپاقلی



شکل ۵. نمونه‌ای از صدف دوکفه‌ای برجا (منطقه‌ی کوره‌سو) که برای تعیین سن استفاده شد



در منطقه‌ی مورد مطالعه، شواهد ژئومورفولوژی تغییرات سطح اساس دریای خزر را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم‌بندی کرد:

- شواهد ژئومورفولوژی ناشی از بالا آمدن سطح آب دریای خزر، در کواترنری پسین و عهد حاضر؛
- شواهد ژئومورفولوژی ناشی از پایین رفتن سطح آب دریای خزر، در کواترنری پسین و عهد حاضر؛
- آثار تغییرات سطح آب دریای خزر بر آبراهه و دلتای گرگان‌رود.

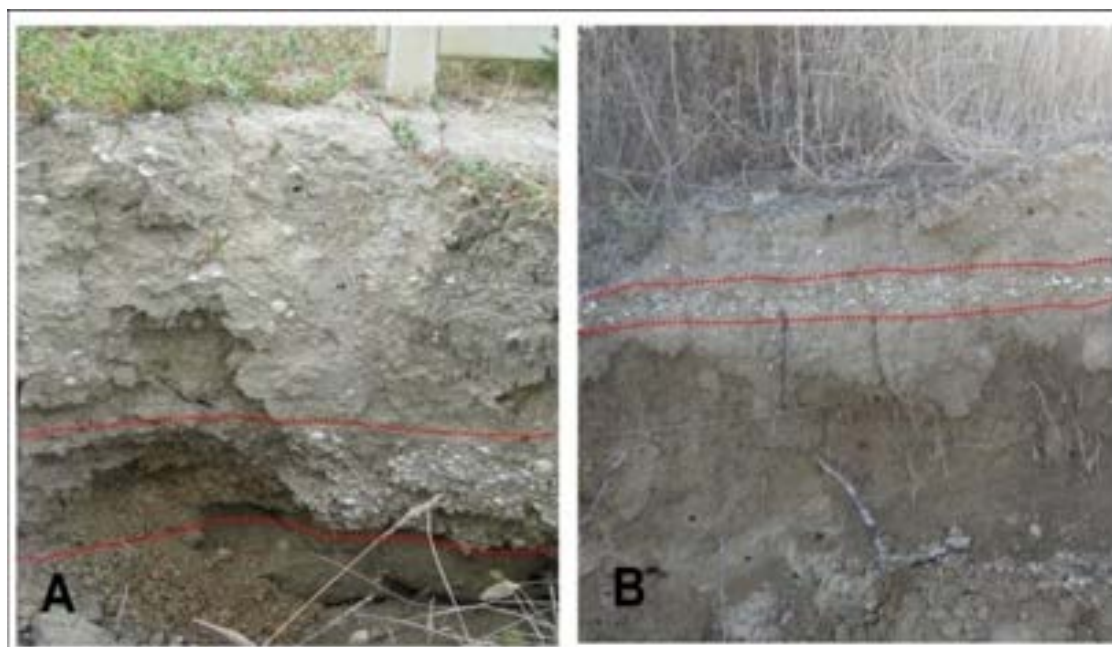
### شواهد ژئومورفولوژی ناشی از پایین رفتن سطح آب دریای خزر

تراس‌های دریایی مشخص‌ترین شواهد ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس دریای خزر به‌شمار می‌روند. تراس‌های دریایی از ساختارهای رسوبی حاصل از فرایندهای هیدرودینامیک و ژئودینامیکی سواحل دریای خزر شمرده می‌شوند و نحوه‌ی تشکیل آنها مرتبط با تغییرات سطح آب دریای خزر در دوره‌ی زمانی بلندمدت بوده که دلیل این نوسان‌ها یا به تغییرات شرایط اقلیمی در سطح وسیع یا فعالیت‌های زمین‌ساختی بستر دریای خزر مرتبط است (خوشروان، ۱۳۷۷: ۵). در محدوده‌ی مطالعاتی، چهار تراس دریایی در سطوح ارتفاعی ۲۱- متر، ۲۳- متر، ۲۴- متر و ۲۶- متر با استفاده از بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد (شکل شماره‌ی ۶). در بررسی‌های میدانی از منطقه، در قبرستان گمیش‌تپه، کوره‌سو و چپاقلی، تجمع دوکفه‌ای به‌ویژه فراوانی Cerastoderma به‌شکل نواری آشکار بود (شکل شماره‌ی ۷). بر اساس مطالعات سن‌سنجی، قدمت این تراس‌ها به‌ترتیب  $24 \pm 653$  سال،  $24 \pm 940$  سال،  $23 \pm 478$  و  $32$  سال پیش است.



شکل ۶. تراس‌های دریایی و تغییر مسیر رودخانه‌ی گرگان‌رود در شرق دریای خزر بر اساس تصاویر ETM ماه می ۲۰۰۶ (باندهای ۱ تا ۷)

فاصله‌ی این تراس‌ها در منطقه‌ی بندر ترکمن به هم نزدیک و هر چه به سمت شمال گمیشان می‌رویم، فاصله‌ی آنها از هم بیشتر می‌شود. هر یک از تراس‌های یاد شده، معرف دوره‌های پسروی آب دریا در زمان نئوکاسپین هستند. این تراس‌ها 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 آغاز کند، مدت زمانی به‌شکلی ثابت می‌ماند و در نتیجه فرایندهای هیدرودینامیکی دریا شروع به ساحل‌سازی می‌کنند. عامل اصلی تشکیل تراس‌های دریایی در سطح و حاشیه‌ی جلگه‌ی خزر با توجه به فرونشینی گودال خزر، ناشی از حرکات زمین‌ساختی جدید (علایی طالقانی، ۱۳۸۲: ۳۳۶) و تغییرات اقلیمی است.

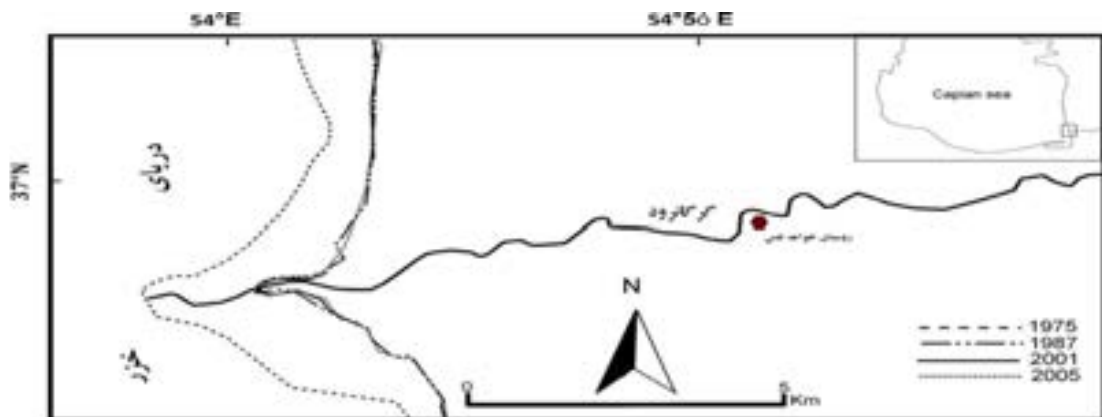


شکل ۷. نمونه‌ای از تراس‌های دریایی در مقطع گمیش تپه (A) با قدمت  $24 \pm 940$  سال و چپاقلی (B) با قدمت  $24 \pm 653$  سال

### شواهد ژئومورفولوژی ناشی از بالآمدن سطح آب دریای خزر در کواترنری پسین و عهد حاضر

بالا بودن سطح آب دریای خزر در کواترنری پسین و عهد حاضر، هم در مطالعات پژوهشگران مختلف (شکل شماره‌ی ۲) و هم در منابع تاریخی اشاره شده است. چارلز ادوارد در سفرنامه‌ی خود می‌نویسد: "می‌گویند قلعه یا هر بنای دیگری که بر فراز گمیش تپه وجود داشته است با فزل‌آلان در ارتباط بوده است. وقتی که کتاب ناسخ‌التواریخ را - که از کتب معتبر تاریخ فارسی است - ورق می‌زدیم به این نوشته برخوردیم که نوشیروان (۵۷۸-۵۳۰ م.) دیواری روی خرابه‌های یک دیوار قدیمی بنا کرد که به‌دست اسکندر (۳۲۸-۳۳۶ ق.م) ساخته شده بود تا همچون سدّی در برابر هجوم ترک‌های قبیچاق، ترکمن‌ها و طوایف دیگر ایستادگی کند. بقایای این دیوار در فاصله‌ای در شرق گمیش تپه، اکنون از بین رفته است و گفته می‌شود دریا که زمانی تا این محل نیز پیشروی داشته، باعث شسته‌شدن آن شده است. در حال حاضر دریا نزدیک به ۱/۵ میل از تپه فاصله دارد" (چارلز ادوارد، ترجمه‌ی روشنی زعفرانلو، ۱۳۶۵: ۲۴۷). از شواهد ژئومورفولوژیک

این بالآمدگی می‌توان به افزایش عمق، تغییر خطوط ساحلی دلتای گرگان‌رود (شکل شماره ۸) و تغییر نقشه‌ی خلیج گرگان (شکل شماره ۴)، بالآمدن سطح اساس گرگان‌رود، نفوذ و گسترش بیشتر آب شور دریا به سفره آبهای زیرزمینی منطقه‌ی گرگان، قرارگیری پاسگاه‌های نظامی در داخل آب و پیشروی آب به روستای چپاقلی (شکل شماره ۹) خلاصه کرد. همچنین بالآمدن سطح آب دریای خزر، سبب آبرفت‌گذاری مواد بسیار ریزدانه‌ای شد که از نظر مورفولوژی، قسمت پایین‌دست گرگان‌رود را نسبت به اراضی مجاور خود مرتفع‌تر ساخت.



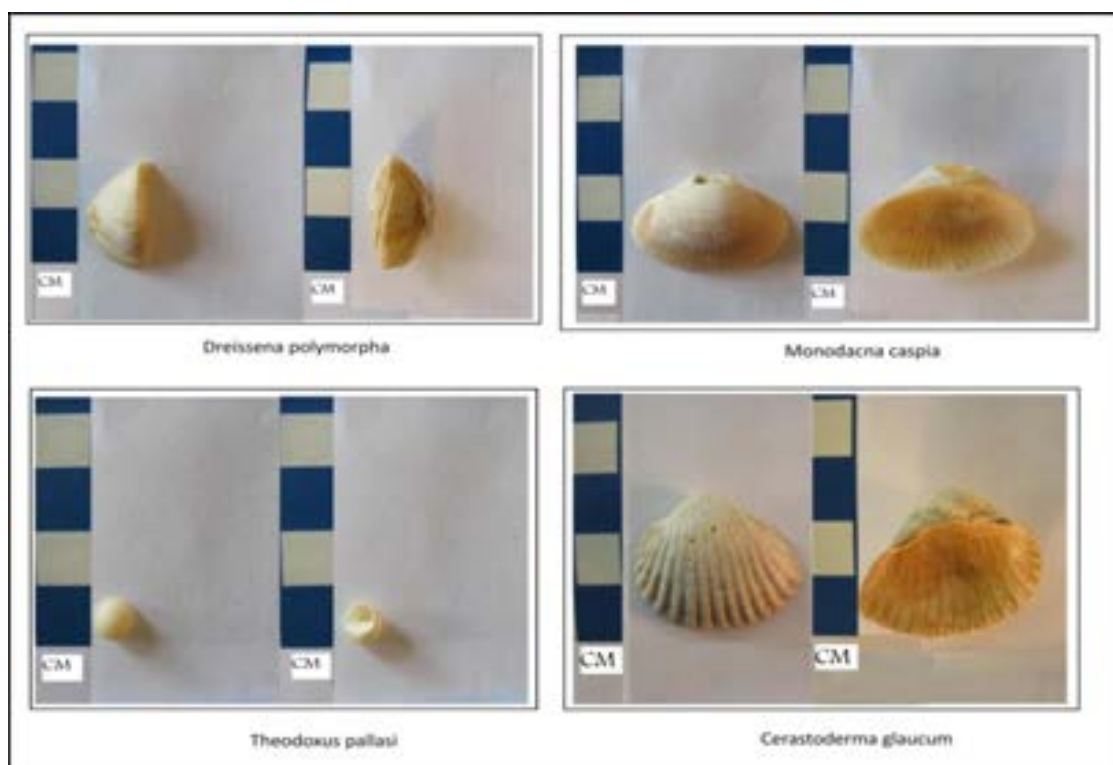
شکل ۸. تغییرات دلتای گرگان‌رود از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵ براساس تصاویر لندست سنجنده‌های MSS اکتبر سال ۱۹۷۵ (باند‌های ۱ تا ۴)، تصاویر TM ژوئن سال ۱۹۸۷ (باند‌های ۱ تا ۷) و تصاویر ETM آوریل سال ۲۰۰۱ و ماه می ۲۰۰۵ (باند‌های ۱ تا ۷).



شکل ۹. بقایای روستای تخریب‌شده‌ی چپاقلی بر اثر پیشروی آب دریای خزر به خشکی در سال ۱۳۷۲ و تخریب کامل روستا

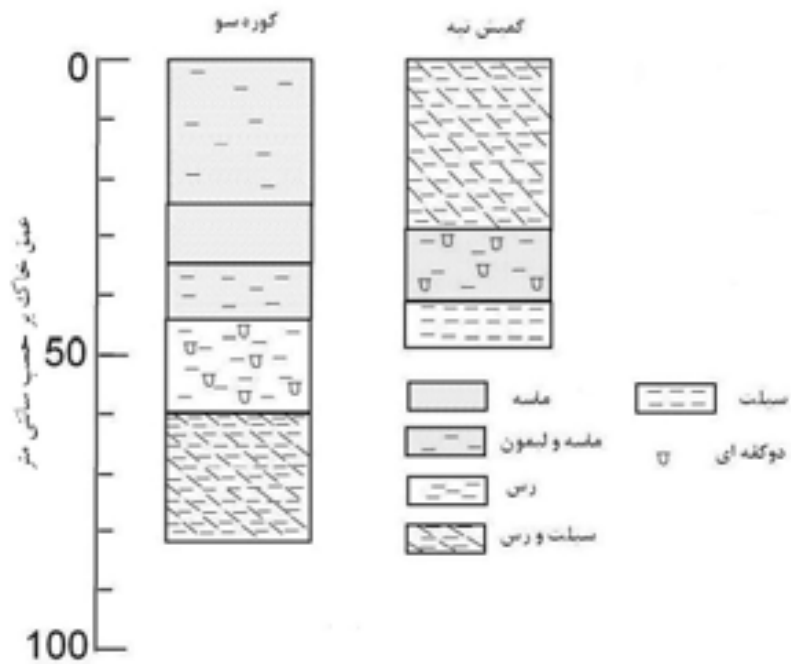
یکی از شواهد اصلی ژئومورفولوژیک تغییرات سطح اساس، ناشی از بالآمدن سطح آب دریای خزر، وجود سدهای ساحلی و لاگون‌هایی است که در طول هزار سال گذشته در منطقه تشکیل شده است. با مطالعاتی که روی فسیل‌های کف دریای خزر انجام شد، مشخص شد که تمامی فسیل‌ها از شاخه‌ی نرم‌تنان و دو رده‌ی دوکفه‌ای‌ها و گاستروپودها هستند. با نمونه‌برداری صدف‌های دوکفه‌ای از منطقه و با اقدامی که برای بازسازی شرایط زیست آنها با همکاری دانشگاه مسکو انجام شد، حضور دو کفه‌ای‌هایی مانند *Cerastoderma Glaucum*

مطالعه که از فسیل‌های شاخص حوضه‌ی نتوکاسپی خزر شناخته شده‌اند، اثبات شد که تعلق این رسوبات را به دوره‌ی هولوسن قطعی می‌کند (شکل شماره‌ی ۱۰). بررسی مقاطع رسوب‌شناسی (شکل شماره‌ی ۱۱) و نتایج آنها در مقاطع کوره‌سو (شکل شماره‌ی ۱۲) و گمیش‌تپه (شکل شماره‌ی ۱۳) نشان می‌دهد که پیش از  $24 \pm 940$  سال پیش در منطقه‌ی کوره‌سو و  $24 \pm 653$  سال پیش در منطقه‌ی گمیش‌تپه، به دلیل کم‌شیب‌بودن منطقه، افزایش سطح آب دریا و عملکرد جریان‌های عمود بر ساحل، سبب ایجاد و گسترش سدهای ماسه‌ای شد که در پشت این سدها، محیط برای ایجاد تنوع زیستی و رشد انواعی از نرم‌تنان لب شور (*Cerastoderma Glaucum*) در کنار گونه‌های گوناگونی از فسیل‌های آب شیرین (*Dreissena polymorpha*, *Monodacna caspia*, *Theodixus pallasi*) که در محدوده‌هایی از دریا، چون دهانه‌ی رودخانه‌ها، خلیج‌ها و در محل ورود رودخانه به لاگون‌ها قادر به زیست هستند، مهیا شد و با توجه به شکل‌های ۱۲ و ۱۳ از پایین تا عمق ۲۰ سانتی‌متر با افزایش مواد آلی، سیلت و رس، کربنات کلسیم و ماسه کاهش پیدا می‌کند که نشان‌دهنده‌ی محیط لاگونی است.

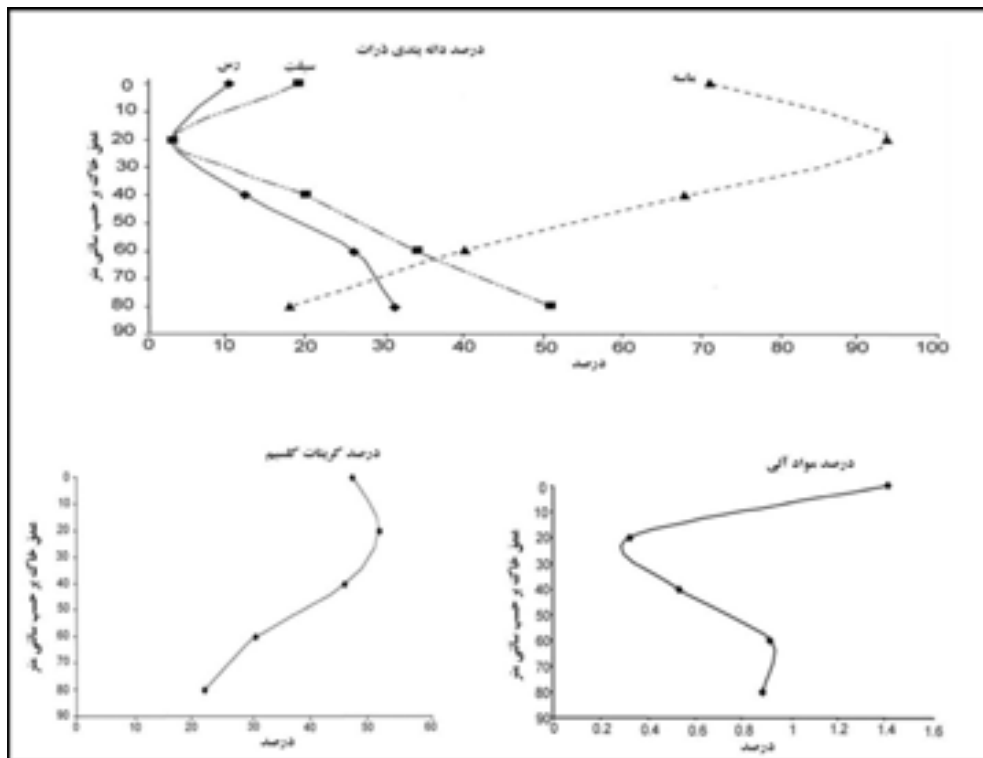


شکل ۱۰- نمونه‌ای از فسیل‌های دوکفه‌ای و گاستروپود در منطقه مورد مطالعه

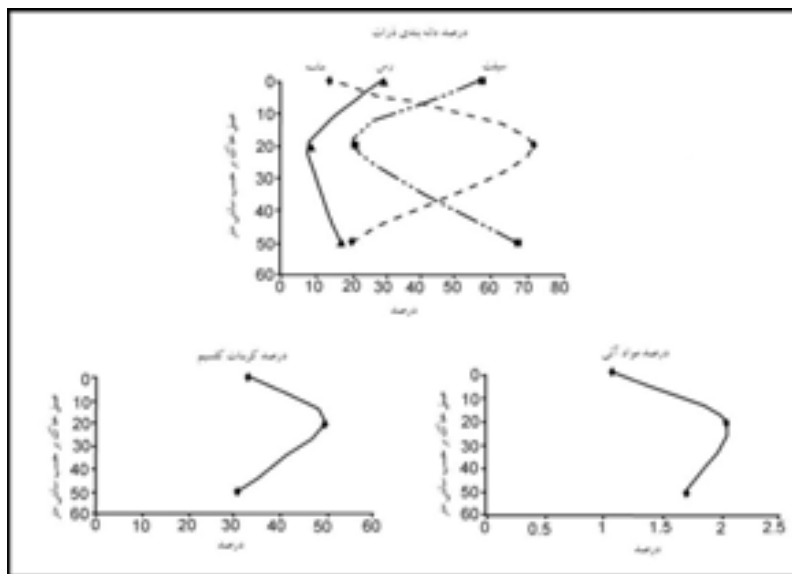
رودخانه‌ی گرگان‌رود با منبع رسوبی قوی، نقش مهمی در توسعه‌ی لاگون داشت. همچنین شیب منطقه هم برای توسعه‌ی سدهای ساحلی و لاگون‌ها، تحت تأثیر افزایش سریع سطح آب دریا، بسیار مساعد بود.



شکل ۱۱. رسوب‌شناسی مقاطع در منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۱۲. رسوب‌شناسی مقطع کوره‌سو در منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۱۳- رسوب شناسی مقطع گمیش تپه در منطقه مورد مطالعه

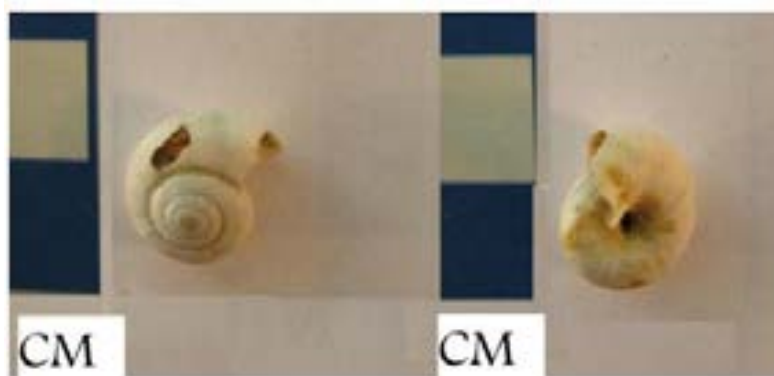
### آثار تغییرات سطح آب دریای خزر بر آبراهه و دلتای گرگان‌رود

دریای خزر به لحاظ وسعت زیاد، نوسان‌های تراز آب آن و اثرگذاری در مقیاس زمانی کم، همیشه نقش مهمی در حفر و رسوب‌گذاری رودخانه‌های جاری در سطح جلگه‌ی خزر داشته است. با توجه به اینکه نیروهای هیدرودینامیکی در دریای خزر برحسب زمان در حال تغییر بوده و شیب کم منطقه، مصب رودخانه‌ی گرگان‌رود و دلتای آن که تحت تأثیر نیروهای مذکور قرار دارد، پی‌درپی در حال جابه‌جایی و تغییر شکل است، می‌توان گفت که مورفولوژی مصب رودخانه‌ی گرگان‌رود و دلتای آن، تحت تأثیر نوسان‌های سطح آب دریای خزر قرار دارد. همچنین رودخانه‌ی گرگان‌رود در طول کواترنری، تغییر مسیر داشته است که در منابع تاریخی هم به آن اشاره شده است. یاسنت لویی در سفرنامه‌ی خود، مسیر گرگان‌رود را این‌گونه توصیف می‌کند: "طول گرگان‌رود بیش از یکصد میل است. دهانه‌ی آن پیش از این، نزدیک باش یوزخه بوده (شکل شماره ۶) که کمی در شمال قره‌سو است، در سال ۱۸۵۴ قمری (۱۲۳۳ شمسی) ایرانیان کوشیدند آب رودخانه را به مسیر سابق آن منحرف سازند، ولی موفق نشدند و از آن پس، رود مزبور در دو شاخه جریان یافته و شعبه‌ی عمده، به طرف گمش‌تپه و شعبه‌ی دیگر به خواجه‌نفس می‌رفته است. در حدود سال ۱۸۸۶ (۱۲۶۵ شمسی) شاخه‌ی اولی خشک شد" (یاسنت لویی، ترجمه‌ی مازندرانی، ۱۳۸۹: ۱۴۴). بررسی‌های میدانی، تصاویر ماهواره‌ای IRS، عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۵ و شواهد فسیل‌شناسی نشان می‌دهند، رودخانه‌ی گرگان‌رود تحت تأثیر نوسان‌های سطح آب دریای خزر، به‌عنوان سطح اساس عمومی رودخانه‌های منتهی به آن، در کواترنری پسین تغییراتی داشته است (شکل شماره ۶). شواهد فسیل‌شناسی در مقطع کوره‌سو (شکل شماره ۱۴) نشان می‌دهد که در  $24 \pm 940$  سال پیش، رودخانه‌ی گرگان‌رود در کواترنری پسین، از این منطقه عبور کرده است. بر اساس مطالعات کاکرودی (۲۰۱۲) در طول ۵۰۰ سال قبل، دهانه‌ی گرگان‌رود نسبت به موقعیت کنونی خود، به سمت شمال حرکت کرده است. در عهد حاضر، رودخانه‌ی گرگان‌رود از محدوده‌ی روستای بناور در نزدیکی آق قلا تا ساحل دریای خزر، تحت تأثیر کاهش شیب بستر (شکل شماره ۱۵) و همچنین نوسان سطح آب دریا، شرایط رسوب‌گذاری را تجربه کرده است که افزایش عرض و کاهش

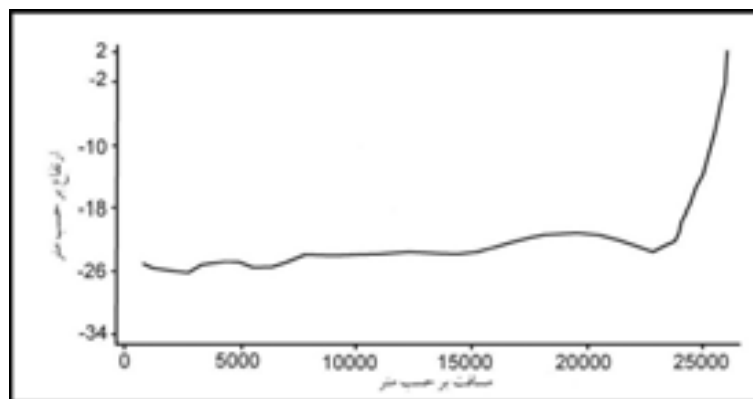


عمق از آثار آن است. امروزه گرگان‌رود در غرب روستای خواجه‌نفس با تشکیل دلتای رسوبی وسیعی در ناحیه‌ی کم‌ژرفای ساحلی به دریای خزر می‌ریزد (شکل شماره ۱). رسوب‌گذاری در مصب آن، تابع دبی رودخانه و امواج جریان دریایی است و توسط تغییرات سطح آب دریای خزر کنترل می‌شود.

بر اساس طبقه‌بندی فیشر، دلتای رودخانه‌ی گرگان‌رود در رده‌ی دلتاهای با سازندگی بالا و تحت تأثیر فرآیندهای آبرفتی قرار دارد. رسوبات بستر و دشت سیلابی این رودخانه گلی تا گل‌ماسه‌ای است و در قسمت انتهایی، رسوبات ترکیب سیلتی و رسی با تداخل‌های ناچیز ماسه دارند. بار رسوبی این رودخانه نقش مهمی در تغییر هیدروگرافی بستر شرقی دریای خزر و خلیج گرگان دارد (کرمی خانیکی، ۱۳۸۳: ۶۵).



شکل ۱۴. *Valvata cf. Cristata* از رده‌ی شکم‌پایان که در آبهای شیرین زندگی می‌کند و تأثیر رودخانه را نشان می‌دهد



شکل ۱۵. پروفیل طولی گرگان‌رود

## بحث و نتیجه‌گیری

منطقه‌ی مورد مطالعه با توجه به شیب کم آن، یکی از مناطق بسیار حساس سواحل ایران نسبت به تغییرات تراز آب دریای خزر است. در محدوده‌ی مطالعاتی، چهار تراس دریایی در سطوح ارتفاعی ۲۱-، ۲۳-، ۲۴-، ۲۶- متر با استفاده از بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد که طی نمونه‌برداری و تعیین سن در آزمایشگاه شیراکاوا در ژاپن، به ترتیب با قدمت  $24 \pm 653$ ،  $24 \pm 940$ ،  $23 \pm 478$  سال و تراز ۲۶- متر در ۳۲ سال اخیر، ثبت شده است.



پادگانه‌های مذکور به صورت نوارهای موازی با خط ساحلی، به شکل پلکانی مشخص، در امتداد خط ساحلی شرق دریای خزر قرار دارند. فاصله‌ی تراس‌ها در منطقه نسبت به سواحل جنوبی خزر با توجه به شیب کم آن و پیشروی آب به ساحل، زیاد است. افزایش تراز آب، سبب گسترش عوارض ژئومورفولوژیک در ناحیه‌ی ساحلی می‌شود. بسته به میزان افزایش تراز آب، شیب ساحل، جنس ساحل و عملکرد فرایندهای ساحلی، نوع عوارض در بخش‌های مختلف تفاوت دارد. بررسی ویژگی‌های رسوب‌شناسی، فسیل‌شناسی در مقاطع کوره‌سو و گمیش‌تپه و مقایسه‌ی آنها با نوسان‌های تراز آب خزر نشان می‌دهد، قبل از  $24 \pm 940$  و  $23 \pm 478$  سال پیش در اثر بالا بودن تراز آب دریای خزر در بخش‌های کم‌شیب و پست ساحل، سبب گسترش سد ماسه‌ای در این ناحیه می‌شود و در پشت آن محیط لاگونی گسترش پیدا می‌کند و با کاهش تدریجی تراز آب دریای خزر از حدود سیصد سال پیش خشک شده‌اند. اکنون فاصله‌ی این مقاطع از تراز کنونی آب، به ترتیب ۹ و ۴ کیلومتر است. چنین شرایطی در بخش مرکزی گیلان با نتیجه‌ی پژوهش لاهیجانی و همکاران (۲۰۰۹) به اثبات رسید که هزار سال گذشته، دو تراز بالای آب در ۹۰۰ و ۵۰۰ سال پیش را تجربه کرده است. با طغیان سفیدرود و کاهش تدریجی تراز آب خزر، مردابی که با گسترش شرقی - غربی در دو سوی سفیدرود وجود داشت، در فاصله‌ی ۱۰ تا ۲۰ کیلومتری از دریا قرار گرفت و به خشکی گرایید.

همچنین رودخانه‌ی گرگان‌رود در طول کواترنری پسین تغییراتی مانند، تغییر مکان مصب، تغییر رژیم رسوب‌گذاری و تغییر شکل دلتا داشته است. به دلیل تغییرات پی‌درپی، رودخانه‌ی گرگان‌رود روی دشت ساحلی قادر نبود یک دلتای واقعی ایجاد کند. در حال حاضر مورفولوژی دلتای گرگان‌رود تا اندازه‌ی زیادی به وسیله‌ی تغییرات سطح آب دریای خزر کنترل می‌شود، به گونه‌ای که بین سال‌های ۱۹۲۹ تا ۱۹۵۵، سطح آب دریا نزدیک به ۳ متر افت پیدا کرده است که یک سیکل کامل سطح آب دریا را نشان می‌دهد و بعد از آن سطح آب دریا تا حدودی پایدار شده است. از سال ۱۹۷۵ که سطح آب دریای خزر ۲۹- متر بوده است تا سال ۲۰۰۵ دلتای گرگان‌رود، نزدیک به ۱ کیلومتر به سمت دریا پیشروی داشته است. همچنین وسعت خلیج گرگان از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۶، از ۳۳۰ کیلومتر مربع به ۴۵۸ کیلومتر مربع رسیده است.

## منابع

- بیرشتین، یا.آ.، ۱۳۷۹، **اطلس بی‌مهرگان خزر**، ترجمه‌ی لودمیلا دلیناد، فضه نظری، چاپ اول، انتشارات مؤسسه‌ی تحقیقات سیلات ایران، تهران.
- پالوسکا، آنتونیون؛ ائون، ت. دگنز، ۱۳۷۱، **زمین‌شناسی کواترنر کرانه‌های دریای خزر**، ترجمه‌ی مصطفی شهرابی، گزارش ۶۰ چاپ اول، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- چارلز ادوارد، کلنل، ۱۳۶۵، **سفرنامه‌ی خراسان و سیستان**، ترجمه‌ی قدرت.ا. روشنی زعفرانلو، مهرداد رهبری، چاپ اول، انتشارت یزدان، تهران.
- خوشروان، همایون، ۱۳۷۷، **بررسی زمین‌شناسی بخش جنوب‌شرقی سواحل دریای خزر (محدوده‌ی ساحلی بندر ترکمن - گمیشان)**، مرکز مطالعات و تحقیقات منابع آب دریای خزر، وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب تهران.
- رایینو، یاسنت لویی، ۱۳۸۹، **مازندران و استراباد**، ترجمه‌ی غلامعلی وحید مازندرانی، چاپ پنجم، انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.
- علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۲، **ژئومورفولوژی ایران**، چاپ سوم، نشر قومس، تهران.

- فرهودی، قدرت...؛ محبی، محمد، ۱۳۸۹، بررسی برخی از وقایع تکتونیکی حاکم بر جنوب شرقی دریای خزر و بلوک خزر جنوبی، فصلنامه‌ی زمین‌شناسی کاربردی، سال ۶، شماره‌ی ۱، صص ۲۷-۴۱.
- کامرانی دلیر، حمید، ۱۳۸۸، بررسی نقش تغییرات سطح اساس در ژئومورفولوژی بستر رودخانه‌های محدوده‌ی دلتای سفیدرود (رودخانه‌های پلرود، سفارود و کرگان‌رود)، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران.
- کریمی خانیکی، علی، ۱۳۸۳، **سواحل ایران**، چاپ اول، انتشارات پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.
- معمد، احمد، ۱۳۸۲، **جغرافیای کواترنر**، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- موسوی روحبخش، سید محمد، ۱۳۸۰، **زمین‌شناسی دریای خزر**، چاپ اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- Alaei Taleghani, M., 2005, **Geomorphology of Iran**, Tird Edition, Ghomes, Tehran.
- 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, Vol. 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, Vol. 156, PP.119-148.
- Burshtyn, V.A., 2000, **Atlas of Invertebrates of the Caspian Sea**, Translator: Dlynad, L., Nazari, F., First Edition, Iranian Fisheries Research Organization.
- Charles Edward, K., 1986, **Khorasan and Sistan Itinerary**, Translator: Roshani Zaferanlu GH.A., Rabari M., First Edition, Yazdan, Tehran.
- Damon, P.E., Sonett, C.P., 1991, **Solar and Terrestrial Components of the Atmospheric C<sup>14</sup> Variation Spectrum**, In: Sonett, C.P. (Ed.), the Sun in Time, University of Arizona Press, Tucson.
- 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 Bulletin65, Vol. 7, PP.622-625.
- Hoogendoorn, R.M., Boels, J.F., Kroonenberg, Salomon, B., Simmons, M.D., Aliyeva, E., Babazadeh, A.D., Huseynov, D., 2005, **Development of the Kura Delta, Azarbaijan: a Record of Holocene Caspian Sealevel Changes**, Marine Geology, Vol. 222-223, PP.359-380.
- Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., Berberian, M., 2002, **Active Tectonics of the South Caspian Basin**, Geophysical Journal International, Vol. 148, PP. 214-245.
- 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.
- 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, Vol.263, PP. 93-103.
- Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Mohamah Khani, H., Yamani, M., Hgasemi, M.R., 2010, **Rapid Holocene Sea-level Changes along the Iranian Caspian Coast**, The Caspian Region: Environmental Consequences of the Climate Change, International Conference Moscow.

- Kamrani Dalir, H., 2009, **Impact of Base Level Changes on Geomorphology of Groundwater Confine Sefidroud Delta**, M.Sc. Thesis, University of Tehran.
- Karami Khanyky A., 2004, **Coast of Iran**, First Edition, Soil Conservation and Watershed of Iran.
- Kazanci, N., Gulbabazadeh, T., Leroy, S.A.G., 2004, **Sedimentary and Environmental Characteristics of the Gilan-Mazenderan Plain, Northern Iran: Influence of Long- and Short-term Caspian Water Level Fluctuations on Geomorphology**, Marine Systems Vol. 46, PP. 145-168.
- Khoshnavan, M., 1998, **Geological Study of South-eastern Coast of the Caspian Sea**, Caspian Sea National Research Center, PP.1-20.
- Kroonenberg, S.B., Badyukova, E.N., Storms, J.E.A., Ignatov, E.I., Kasimov, N.S., 2000, **A Full Sea Level Cycle in 65 Years: Barrier Dynamics along Caspian Shores**, Sedimentary Geology, Vol. 134, PP. 257-274.
- Kroonenberg, S.B., Rusakov, G.V., Svitoch, A.A., 1997, **The Wandering Volga Delta: a Response to Rapid Caspian Sea-level Change**, Sedimentary Geology, Vol. 107, PP.189-209.
- Lahijani, H.A.K., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., Hosseindoost, M., 2009, **Evidence for Late Holocene High Stands in Central Guilan-East Mazanderan, South Caspian Coast, Iran**, Quaternary International, No. 197, PP.55-71.
- Malinin, V.N., 1994, **Problems of the Caspian Sea Level Forecasting**, PGGMI Publ, Saint Peter Burg.
- Motamed, A., 2003, **Quaternary Geography**, First Edition, Samt, Tehran.
- Mousavi Rohbakhsh, M., 2001, **Caspian Sea Geology**, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Overeem, I., Kroonenberg, S. B., Veldkamp, A. Groenesteijn K., Rusakov G. V., Svitoch, A.A., 2003, **Small-scale Stratigraphy in a Large Ramp Delta: Recent and Holocene Sedimentation in the Volga Delta, Caspian Sea**, Sedimentary Geology, Vol.159, PP.133-157.
- Paluska, A., Dgens, U. T., 1992, **Quaternary Geology of the Caspian Sea Coast**, Translator: Shahrabi, M., First Edition, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Rabino, H.L., 2010, **Mazandaran and Astrabad**, Translator: Vahid Mazandarani, GH.A. Five Edition, Elmifarhangi, Tehran.
- Rychagov, G.I., 1993, **The Sea-level Regime of the Caspian Sea during the Last 10,000 Years**, Moscow State University, Vol. 4, No. 2, PP.38-49.
- Shumm, S.A., 1993, **River Response to Base Level Change: Implication for Sequence Stratigraphy**, Journal of Geology, Vol.101, PP. 279-294.
- Terziev, S.F., 1992, **Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, the Caspian Sea**, Vol.6, No I, P. 360.
- Walker, M., 2005, **Quaternary Dating Methods**, First Edition, Lampeter, University of Wales, UK.

***The Geomorphological Evidence of the Caspian Sea Base Level Changes during the Late Quaternary in the Confine of Gorganroud River***

**Jafar Beglou M.\***

Assistant Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

**Zamanzadeh M.H.**

Assistant Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

**Yamani M.**

Associate Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

**Emadodin S.**

Ph.D. in Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran

Received: 17/03/2012      Accepted: 28/07/2012

**Extended Abstract**

**Introduction**

The Caspian Sea as the largest land-locked water body is susceptible to environmental changes. The Caspian Sea has experienced different sea-level fluctuations with an impact on the rivers mouth and displacement of the mouth, changes in depositional regime, deformation of delta or renewed excavations of channel in mouth location. The south-eastern Caspian sea, as the study area is one of the most appropriate regions for studying and reconstructing the changes in coastal line, changes in river courses, delta displacement, lagoons and coastal barriers. Each of them is important as a result of geomorphologic evidence of the Caspian Sea level changes.

**Methodology**

The aim of this study is the identification of geomorphologic evidences of Caspian Sea level changes in Gorganroud River confine during the past thousand years. For this purpose, library descriptive method were done to examine theoretical and research background as well as field method to match the data of maps and find geomorphologic evidence, sample sediments and fossils, note-taking from the height coordinates of points. Furthermore, the research used experimental studies to determine the age of marine terraces and examine the sediment of

---

\*E-mail: [mjbeglou@ut.ac.ir](mailto:mjbeglou@ut.ac.ir)

sections under study, and finally achieves an analytical method. Topographic maps, geological maps, aerial photographs, Landsat and IRS imagery were used. Considering the purpose of this research to achieve the desired results, four marine terraces were found in the region. The location and height of the terraces were noted by an accurate method of measuring height and using Geodetic GPS with (Cm) precision. To identify the age of the terraces, the Carbon 14 method was used and three samples of Bivalve fossils were sent to the Shirakawa laboratory in Japan. To examine Paleontological studies, different samples of marine terrace fossils of the study area were collected and sent to Moscow University to identify their type and living environment. Also, from two sections of Kooresou with the water level -23 meters and Ghomishtappeh with the water level -24 meters, the sediments were sampled. The percentage of organic matter and calcium carbonate were investigated using Walkley and Black and Titration methods respectively. In addition, the granulometry of the particle size distribution was determined using hydrometer method. To assess the spatial and temporal variations in Gorgan Bay and Gorganroud delta, LANDSAT satellite imagery, sensors of MSS October 1975, images TM, June 1987, images of ETM, April 2001 and May 2005 and aerial photos of 1345 were utilized. To examine the changes of the old path of Gorganroud River, field visits, IRS satellite images with the resolution of 5/2 meters and historical resources were used. The research technique is the identification and analysis of geomorphologic evidences of Caspian Sea level changes in Gorganroud River confine during the past thousand and compare changes in Gorgan Bay and Gorganroud delta during 31 years.

### Results and Discussion

Generally, The form of coasts and geomorphologic of the study area depends on the Caspian Sea level changes. Geomorphologic evidence of the Caspian Sea level changes in the study area can be divided in to three categories as follows:

- Geomorphologic evidence resulting from the Caspian Sea Level rise in the late Quaternary and the present age, for example: lagoons and sand spit. Lagoon environments are formed as a result of fluctuations of sea water level. Increase of water level before  $940 \pm 24$  and  $653 \pm 24$  years ago led to the formation of an open lagoon in the study area.

- Geomorphologic evidence resulting from the Caspian Sea Level fall in the late Quaternary and present age, for example: marine terraces. Marine terraces are excellent morphological markers and important elements of coastal geomorphology as have been used world-wide to recognize past sea-level changes. The main factor in the formation of marine terraces in Khazar plain is recent tectonic movements and climate changes

- Sea level changes and its impact on Gorganroud delta and river. Hydrodynamic forces (waves & currents) in Caspian Sea are gradually changing, which affects the low slope of the region, Gorganroud River mouth and its delta; and results in their deformation and displacement. Totally it can be concluded that Gorganroud River mouth morphology and its delta are affected by Caspian Sea water level fluctuations. Also Gorganroud River changed its path during the Quaternary.

**Conclusion**

South East of Caspian Sea is located on very gentle slope to be strongly sensitive to the fluctuation of the Caspian Sea. The results of satellite image studies indicate that four marine terraces were formed in the height levels of -21,-23,-24 and -26 meters and with the ages of  $653\pm 24$ ,  $940\pm 24$ ,  $478\pm 23$  and 32 years respectively. The study of the data from sediments and fossils in two sections of Kooresou and Gomishtapeh corresponding with water levels of -23 and -24 meter indicates that an increase in the water level before  $940\pm 24$  and  $653\pm 24$  years ago caused sand spit growth in the study area. Due to the low slope of this area, lagoon is formed behind it. This lagoon, however, is dried in the offshore of the sand spit because of the sea water level fall. Moreover, some changes like changes in the depositional regime, and displacement of delta took place in Gorganroud River during the late quaternary. Also, through the last hundred years, there has been different evidence of changes of water level of the Caspian Sea. Satellite images indicate that Gorganroud delta had a progress of one-kilometer toward the sea from 1975 to 2005. Gorganroud delta is only formed during sea level fall and its morphology during sea level rise will be changed. Furthermore, Gorgan bay area was 330 square kilometers in 1975 and, in 2006, this areaincreased to 458 square kilometers, due to an increase in the water level of the sea.

**Keywords:** Caspian Sea, Geomorphological evidences, Base Level Changes, Quaternary, Gorganroud.