

## بازسازی سطوح دیرینه دریاچه ارومیه در کواترنری با مطالعه پادگانه‌های دریاچه‌ای

مجتبی یمانی\* - استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

ابراهیم مقیمی - استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

راضیه لک - استادیار پژوهشکده علوم زمین

منصور جعفر بیگلر - دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

علیرضا صالحی پور میلانی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۲۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۸/۱۱

### چکیده

هدف از این پژوهش شناسایی و بررسی پادگانه‌های کواترنری دریاچه ارومیه، تعیین ارتفاع دقیق آن‌ها و بازسازی سطوح و مناطق دیرینه تحت تأثیر نوسانات سطح آب دریاچه است. طی مطالعات میدانی، با استفاده از شواهد فسیلی، رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژیکی ۲۴ پادگانه دریاچه‌ای در مناطق زنبیل‌داغی، گل‌مانخانه، نقده، جزیره اسلامی، مهاباد، میاندوآب، بوکان، ملکان، سلماس، تسوج و الخچی شناسایی شد. با استفاده از جی.پی.اس. دو فرکانسه ارتفاع دقیق پادگانه‌ها محاسبه شد. این پادگانه‌ها در ارتفاعی بین ۱۲۹۷ متر در جزیره اسلامی تا ۱۳۶۶ متر در غرب ملکان قرار دارند. با توجه به داده‌های ارتفاعی به دست آمده، هشت سطح ارتفاعی مربوط به پادگانه‌های دریاچه‌ای را که همان تراز آب در کواترنرنند، برای دریاچه ارومیه می‌توان تعریف کرد. از طریق بازسازی ارتفاع این سطوح پادگانه‌ای، محدوده آبخیزی دریاچه ارومیه در دوره‌های گذشته تعیین و محدوده تأثیر آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای ترسیم شد. براساس نتایج این پژوهش، بالاترین سطح پیشروی دیرینه آب دریاچه در سواحل جنوبی آن و بیشینه مساحت دریاچه معادل ۱۳۹۰۰ کیلومتر مربع بوده است که سطح آبخیزی آن نسبت به سال ۲۰۱۱ در حدود ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع بیشتر بوده است.

کلیدواژه‌ها: پادگانه دریاچه‌ای، دریاچه ارومیه، کواترنر، نوسانات دیرینه سطح آب.

### مقدمه

دریاچه ارومیه با خطر جدی خشک شدن و نابودی روبه‌رو است (لک و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۴۴). برای تحلیل عوامل مؤثر بر تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه، به مطالعه جامع و یکپارچه دیرینه این دریاچه و بررسی تأثیر عوامل انسانی، اقلیمی، ژئومورفولوژیکی، رسوب‌شناختی و زمین‌شناسی بر آن، نیاز است.

تا کنون مطالعات زیادی درباره دریاچه‌ها با هدف بررسی دیرینه اقلیم در دنیا انجام گرفته است؛ اما بررسی‌های اخیر دیدگاه‌های متفاوتی را در بر گرفته، همه‌سویگر است. در این بررسی‌ها، روش‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود که

معمولاً نتایج یکسانی دارد. از آن جمله می‌توان به مطالعات کانی‌شناسی و ژئوشیمی دامگالسکی و همکاران (۱۹۹۰)، ایورا و همکاران (۲۰۰۱) و لوینستین و همکاران (۲۰۰۶) اشاره کرد. عده‌ای از محققان با بررسی محتوای فسیلی و ویژگی‌های بیولوژیکی (واسیلیکووا و همکاران ۲۰۰۶) یا با مطالعات گرده‌شناسی (استیون و همکاران، ۲۰۰۶) به آب‌وهوای گذشته پی می‌برند. مغزه‌های سالم و همچنین دست‌نخورده و پادگانه‌های دریاچه‌ای از جمله ابزارهایی است که در همه موارد، مشترک و ضروری است. در ایران نیز توجه خاصی به دریاچه‌ها شده است. کریسلی (۱۹۷۰) برخی دریاچه‌ها و تمامی بلایای ایران را، از دیدگاه ژئومورفولوژی و بسیار اندک از نظر پالئوکلیماتولوژی بررسی کرده است؛ اما بیش از همه، به دریاچه ارومیه توجه شده است و از آن جمله می‌توان به کارهای زیر اشاره کرد. غضبان و همکاران (۱۳۷۹: ۵۴) مشخص کردند که دریاچه ارومیه ابتدا در ۳۵ هزار سال پیش دارای آب شیرین بوده و بعد از آن شور شده است. محمدی و همکاران (۱۳۸۴) با مطالعه مغزه رسوبی ۱۰۰ متری، به تجزیه و تحلیل ژئوشیمیایی و رسوب‌شناسی این مغزه پرداخته و شواهد تغییرات محیط‌های رسوبی را بررسی کرده‌اند. جمالی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی پالئوکلیماتولوژی دیرینه دریاچه ارومیه با استفاده از مغزه‌های رسوبی و مطالعات پالینولوژی پرداخته و آن‌ها را با دوره‌های یخچالی کواترنری بررسی کرده‌اند. لک و همکاران (۱۳۹۲) از دیدگاه هیدروشمی، هیدروژئوشیمی، رسوب‌شناسی، پالئوکلیماتولوژی و به‌طور کلی آسیب‌شناسی به بررسی این دریاچه پرداخته و راهکارهایی را جهت احیای آن ارائه نموده‌اند.

پادگانه‌های دریایی و دریاچه‌ای مقدمه یافته‌های ژئومورفولوژی اقلیمی، به‌ویژه در کواترنری، نه تنها از نظر اقلیمی حائز اهمیت است که حقایق متعددی را در زمینه تاریخ تطور زمین و محیط، باستان‌شناسی و حتی زمینه‌های تاریخ مکتوب بشری آشکار می‌کند. قرار گرفتن این پادگانه‌ها در ارتفاع‌های مختلف، تغییرات سطح آب دریاچه‌های قدیمی را نسبت به شرایط کنونی نشان می‌دهد و با بازسازی آن‌ها می‌توان شرایط ژئومورفولوژیکی حوضه‌های مورد مطالعه را در دوره‌های گذشته بررسی کرد. نوسانات آبی در طول کواترنری شواهدی ژئومورفیک، یعنی پادگانه‌های دریاچه‌ای را در خود جای داده‌اند. با توجه به اینکه تغییر سطح آب دریاچه‌های داخلی در ایران، شواهدی از تغییرات اقلیمی کواترنری به حساب می‌آید، بهترین شواهد برای بازسازی سطح آب دریاچه‌ها در گذشته‌اند. رامشت و همکاران (۱۳۸۵: ۱۹۰) قلمروهای دیرینه پلایای گاوخونی را بررسی کرده‌اند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۰: ۱۵۷) شواهد ژئومورفولوژیکی تغییرات سطح اساس در پلایای حوض سلطان، و ارزانی (۲۰۰۷) نوسانات سطح آب دریاچه پلایا و رسوبات معاصر انتهای مخروط‌افکنه حاشیه پلایا، حوضه ابرکوه و ایران مرکزی را بررسی کرده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۹۱) در یک دوره زمانی ۳۵ ساله (۱۹۷۶-۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست TM ETM، MSS، در هفت دوره زمانی ۱۹۷۶، ۱۹۸۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ به پایش تغییرات خطوط ساحلی دریاچه ارومیه پرداخته‌اند. با بررسی تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد که در سال ۲۰۱۱ وسعت دریاچه حدود ۲۲۰۰ کیلومترمربع نسبت به سال ۱۹۸۹ کاهش یافته است. بیشترین تغییرات در شرق، جنوب شرق و جنوب دریاچه به‌وقوع پیوسته است؛ به‌صورتی که در سال ۲۰۱۱ خط ساحلی در ساحل جنوبی نسبت به سال ۱۹۸۹ در حدود ۱۵ کیلومتر پس‌روی داشته و پهنه‌های نمکی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. محاسبات نشان می‌دهد که مساحت دریاچه ارومیه از ۵۴۹۰/۲۴ کیلومترمربع در سال ۱۹۸۹ به ۳۰۹۸/۳۱ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۱ (کاهش ۲۳۹۱/۹۴ کیلومترمربعی) کاهش یافته است.

کارل بوتزر (۱۹۷۹: ۲۰) پیدایش دریاچه ارومیه را ناشی از ازدیاد بارندگی می‌داند که شواهد این تحولات را به صورت پله‌ها و پادگانه‌هایی در اطراف دریاچه می‌توان پیدا کرد. سکوها و دلتاهای قدیمی بیرون از آب، وسعت و منطقه گسترش دریاچه را نشان می‌دهد. بوتزر مراحل گسترش دریاچه ارومیه را مربوط به دوره‌های بارانی کواترنری می‌داند. به نظر آنان، دریاچه زمانی به بیشترین گسترش خود می‌رسیده که دوره‌های یخبندان بیشترین سطح گسترش را داشته است (گابریل، ۱۳۵۲: ۵۶). به نظر بوبک، علت گسترش دریاچه در دوره پلیو-پلیستوسن و دوره‌های سرد پلیستوسن، کاهش حرارت متوسط هوا به اندازه ۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از امروزه و کاهش تبخیر بوده است (سیاه‌پوش، ۱۳۵۲: ۱۰)؛ اما با پیدایش نظریه امکان رطوبت بیشتر هوا و گسترش دریاچه در دوره یخبندان وورم، به نظر می‌رسد که سطح آب بایستی بیشتر از این مقدار بوده باشد. اولین بار، بوبک (۱۹۳۴ و ۱۹۳۷) پادگانه‌های دریاچه ارومیه را در ارتفاع ۴۵ تا ۵۵ متری سطح دریاچه در آن زمان، بررسی کرد. در سال ۱۹۷۵، شوائتزر چهار پادگانه در ارتفاع ۳۰، ۶۰-۶۵، ۸۰-۸۵ و ۱۱۵ متری بالاتر از سطح آن زمان دریاچه (۱۲۸۰ متر)، شناسایی کرد و آن‌ها را معادل دوره‌های ریس و وورم دانست. در سال ۱۹۶۰، ویتافینزی در بخش غربی دریاچه ارومیه، پادگانه دریاچه‌ای موجود در فراز ۴ متری را یافت و آن را هم‌عرض آبرفت تهران به سن ۹۰۰۰ تا ۳۸۰۰۰ سال دانست. شهریابی (۱۳۶۶: ۱۵۴)، بربریان و قرشی (۱۳۶۶) وجود این پادگانه‌ها را در مناطقی مانند گلمانخانه، بندر شرفخانه و باختر ملک کندی، در هنگام بررسی مسیر بزرگراه شهید کلانتری مطالعه کردند. مغفوری‌مقدم در پایان‌نامه خود (۱۳۷۱)، چند پادگانه را در جزیره گمیچی بین روستای گلمانخانه و بندر گلمانخانه در مشرق ارومیه، کوه قهرمان‌لو و برش کچه‌بازی بررسی کرده است. صبوری و همکاران (۱۳۸۹) برش کچه‌بازی را بررسی و با استفاده از کربن ۱۴، سن آن را ۴۶۰۰۰ سال برآورد کرده‌اند. هرچند مطالعاتی درباره نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه با تکیه بر مغزه‌های رسوبی و همچنین خطوط ساحلی قدیمی انجام گرفته، تحقیقات یکپارچه‌ای درباره پادگانه‌های دریاچه‌ای کواترنری و خطوط ساحلی قدیمی، با دیدگاه شناسایی و روندیابی تحولات مکانی آن‌ها انجام نگرفته و تعداد و پراکندگی آن‌ها در دریاچه ارومیه هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است. هدف از این پژوهش، شناسایی و بررسی مجدد شواهد خطوط ساحلی، پادگانه‌های دریاچه‌ای و تعیین ارتفاع دقیق آنها به‌منظور دستیابی به نوسانات سطح آبیگری دریاچه ارومیه در کواترنری پایانی است.

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه تقریباً بین مختصات ۴۴ تا ۴۷ درجه طول شرقی و ۳۵ تا ۳۸ درجه عرض شمالی واقع شده است. دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران و در پست‌ترین فرونشست آذربایجان قرار دارد که اطراف آن را کوه‌های مرتفع با ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر فراگرفته است (شهرابی، ۱۳۷۳: ۱۲۶). مهم‌ترین رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه، زربینه‌رود، سیمینه‌رود، مه‌بادچای، گادارچای، باراندوزچای، شهرچای، روضه‌چای، نازلوچای، زولاچای، تسوج‌چای، آجی‌چای و صوفی‌چای است. آجی‌چای از رسوب‌های نمکی نئوژن شرق تبریز عبور کرده، مقدار چشمگیری نمک به دریاچه حمل می‌کند (آقائباتی، ۱۳۸۳: ۲۵۶). از نظر ساختمانی، فعالیت گسل تبریز در این منطقه سبب بالآمدن قطعه شمالی این گسل شده و این قطعه با ایجاد مانعی در مقابل جریان‌های سطحی و زیرزمینی، موجب تشکیل دریاچه ارومیه

شده است. در پلیو- پلیستوسن، دریاچه ارومیه تا تبریز و مراغه گسترش داشته است. این دریاچه در فرونشست کم‌ژرفای وسیعی با میانگین ژرفای ۶ متر، قرار گرفته است؛ ولی ژرف‌ترین نقطه آن با ۱۳ متر ژرفا، در گوشه شمال غربی جای دارد. ۱۰۲ جزیره کوچک و بزرگ در داخل محدوده پارک ملی دریاچه ارومیه وجود دارد. آب دریاچه ارومیه حاوی مقادیر زیادی یون‌های مختلف است که شوری آب آن را به بیش از ۳۵۰ گرم در لیتر می‌رساند. کمترین شوری در سال ۱۳۸۸ در فصل بهار (۲۱۷ گرم در لیتر) به دلیل ورود آب زیاد و بیشترین شوری در اواخر تابستان و اوایل پاییز همان سال (۳۵۰ گرم در لیتر) گزارش شده است. از آن سال به بعد، شوری افزایش یافت تا شرایط فعلی که به بیش از ۴۰۰ گرم در لیتر رسیده است و درعمل، دریاچه به پلایا تبدیل شده است (لک و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۴۶). ترکیب شیمیایی آب دریاچه ارومیه از نوع سدیم، کلرید و سولفات بوده است که هم‌اکنون به منیزیم، سدیم و کلرید تغییر یافته است (لک و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۴۸). میانگین سالیانه بارش در این حوضه ۳۹۸ میلی‌متر بوده که از این نظر دومین حوضه پرباران کشور بعد از حوضه آبریز خزر است (موحد دانش، ۱۳۷۳: ۱۲۴). این دریاچه از نظر زمین‌شناسی بین دو سامانه فعال گسل تبریز در شمال و گسل زرينه‌رود در جنوب واقع شده است که بر اثر رویدادهای زمین‌ساختی و در میوسن میانی، بعد از فروافتادگی چاله تبریز-ارومیه، این چاله را آب فرامی‌گیرد و بنابراین، حالت ژئوسنکلینالی دارد (بدیعی، ۱۳۶۲: ۷۸).

## داده‌ها و روش‌ها

ابتدا داده‌های زمین‌شناسی، دبی و رسوب و محل‌های شناسایی‌شده پادگانه‌ها بررسی شد. موقعیت مناطق احتمالی وجود پادگانه‌های دریاچه‌ای بر روی این تصاویر بازسازی شد. در این پژوهش، عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور مربوط به سال ۱۳۳۴، تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM، MMS، ETM، IRS، Spot و مدل ارتفاعی رقومی SRTM ۹۰ متر استفاده شد. با پردازش داده‌های مذکور، محل رخنمون‌های احتمالی پادگانه‌ها شناسایی شد. در مطالعات میدانی، پادگانه‌های دریاچه‌ای از طریق بررسی لایه‌بندی رسوبات بررسی شد و ضمن نمونه‌برداری و عملیات آزمایشگاهی، شناخت ویژگی‌های رسوب‌شناسی از قبیل جنس، دانه‌بندی، رنگ و موقعیت قرارگیری لایه‌ها، به‌ویژه فسیل‌های موجود در آن‌ها، امکان‌پذیر شد. در مطالعات آزمایشگاهی در آزمایشگاه رسوب‌شناسی سازمان زمین‌شناسی، تعیین اندازه ذرات با استفاده از الک شیکر به روش مرطوب به‌منظور دانه‌بندی رسوبات بزرگ‌تر از ۶۳ میکرون، و دستگاه لیزر پارتیکل برای تعیین درصد ماسه و رس، انجام گرفت. نتایج به‌وسیله نرم‌افزار Gradistat پردازش و شاخص‌های آماری رسوب‌شناسی تهیه و منحنی‌های مربوط ترسیم شد. بررسی مقدماتی فسیل‌های موجود در آن‌ها با استفاده از میکروسکوپ بیناکولار صورت پذیرفت.

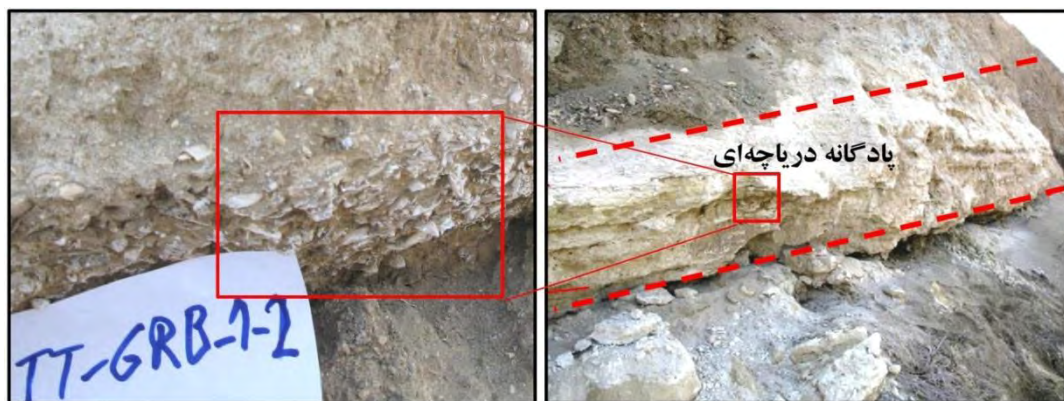
ارتفاع دقیق پادگانه‌ها با استفاده از جی.پی.اس دوفرکانسه و با همکاری کارشناسان گروه سائزموکتونیک سازمان زمین‌شناسی برداشت شد. گفتنی است، در پردازش داده‌های خام، ایستگاه جی.پی.اس دائمی تبریز (مربوط به شبکه ژئودینامیک سراسری سازمان نقشه‌برداری کشور) ایستگاه مرجع بود و از مشاهدات روزانه آن به‌منظور اعمال تصحیح‌ها برای ایستگاه‌های ثابت استفاده شد (جدول ۲)؛ بنابراین، در ابتدا مختصات دقیق ایستگاه‌های ثابت بر پایه مختصات و مشاهدات ایستگاه تبریز محاسبه شد. سپس موقعیت ایستگاه‌های ثابت، برای پردازش و استخراج مختصات و ارتفاع دقیق

تمام پادگانه‌ها استفاده شد. پس از تعیین نقاط ارتفاعی، به منظور نمایش و تعیین سطوح آبگیری قدیمی دریاچه ارومیه، با استفاده از ۱۵۰ برگ نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ مربوط به بلوک‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز، ارومیه، مهاباد و خوی، مدل ارتفاعی رقومی با قدرت تفکیک ۱۰ متر تهیه شد. در نهایت، سطوح قدیمی دریاچه ارومیه بر روی تصاویر ماهواره‌ای بازسازی شد و مناطق تحت تأثیر آن‌ها و مساحت دریاچه در هر یک از سطوح، تعیین شد.

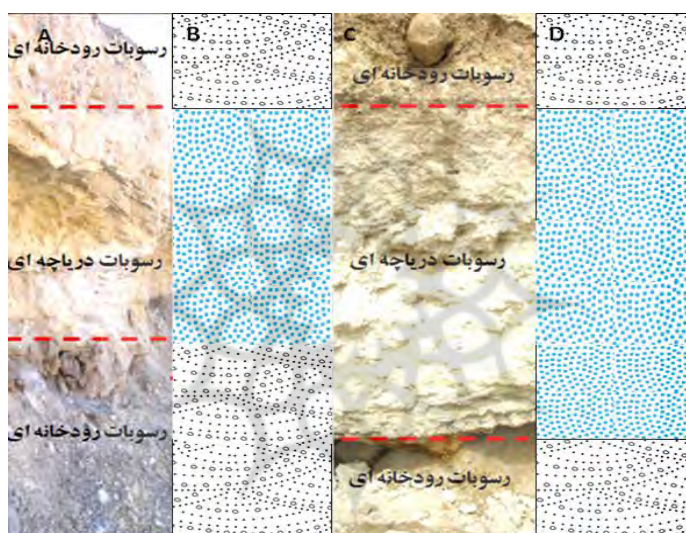
## یافته‌ها و بحث

### پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه

پادگانه‌ها یکی از بهترین شواهد بازسازی شرایط پالئوژئومورفولوژیکی محیط‌های ساحلی دریایی و دریاچه‌ای هستند. نوسان سطح آب، پیش‌روی و پس‌روی‌های خطوط ساحلی و سرانجام، پادگانه‌های ساحلی را به وجود آورده است. تعداد پادگانه‌ها شهادی بر مرحله‌های مختلف تغییرات اقلیمی و تکتونیکی است. از این‌رو، شناسایی پادگانه‌های دریاچه‌ای به منظور بازسازی شرایط محیطی دیرینه، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در گذشته، تحقیقات متعددی درباره پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه وجود داشته است؛ ولی تا کنون، مطالعه و شناسایی یکپارچه آن‌ها به منظور دستیابی به دیدی کامل از موقعیت قرارگیری آن‌ها در حاشیه دریاچه ارومیه، انجام نگرفته است. در مطالعات میدانی این تحقیق، شناسایی پادگانه‌های دریاچه‌ای از طریق شواهد ژئومورفولوژیکی، ساخت‌های رسوبی، دانه‌بندی رسوبات، به خصوص مجموعه‌های فسیلی موجود در لایه‌های رسوبی، انجام گرفت. از آنجا که بسیاری از پادگانه‌های قدیمی در زیر رسوبات رودخانه‌ای و مخروط‌افکنه‌ای مدفون شده است، شناسایی آن‌ها بسیار مشکل بوده، تنها در ترانشه‌های طبیعی از طریق حفر رودخانه‌ها یا فعالیت‌های انسانی مانند راه‌سازی، معدن‌کاری، کشاورزی و ... قابل مشاهده است. از این‌رو، با بررسی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی، مناطق مورد نظر برای بازدیدهای میدانی انتخاب و بررسی شد. از لحاظ ساختار رسوبی، بیشتر پادگانه‌های یافت‌شده در بین رسوبات رودخانه‌ای یا مخروط‌افکنه‌ای قرار دارند که نشان‌دهنده توالی دوره‌های نوسان دیرینه سطح آب دریاچه و توالی رسوب‌گذاری دوره‌های خشک و پرآب دریاچه است (شکل ۱). در دوره‌های پرآبی و با بالا رفتن سطح آب دریاچه و حاکمیت محیط رسوبی دریاچه‌ای در منطقه، اندازه رسوبات کاهش یافته و بافت رسوبات پادگانه‌ای آن‌ها به گل‌ماسه‌ای و ماسه‌گلی تبدیل شده است که بیشتر آن‌ها جورشدگی ضعیفی دارند. نتایج دانه‌بندی تعدادی از نمونه‌های پادگانه‌های دریاچه‌ای در جدول ۱ ارائه شده است. افزایش درصد گل در رسوبات نشان‌دهنده محیط‌هایی کم‌انرژی در یک محیط رسوبی است که می‌توان آن را به منزله شاخصی اولیه برای محیط‌های رسوب‌گذاری دریاچه‌ای دانست (جدول ۱ و شکل ۲). در زمان پس‌روی سطح آب دریاچه، رسوبات مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای بر روی آن‌ها ته‌نشین و اندازه ذرات بسیار درشت‌دانه می‌شود و اغلب قلوه‌سنگ و گراول است. در بررسی‌های صحرایی، برخورد لایه‌های دریاچه‌ای با مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای گاه بسیار مشخص و در مواردی نیز تدریجی است.



شکل ۱. پادگانه دریاچه‌ای قره‌باغ (GBR-1) و لایه‌های صدف موجود در لایه‌های رسوبی



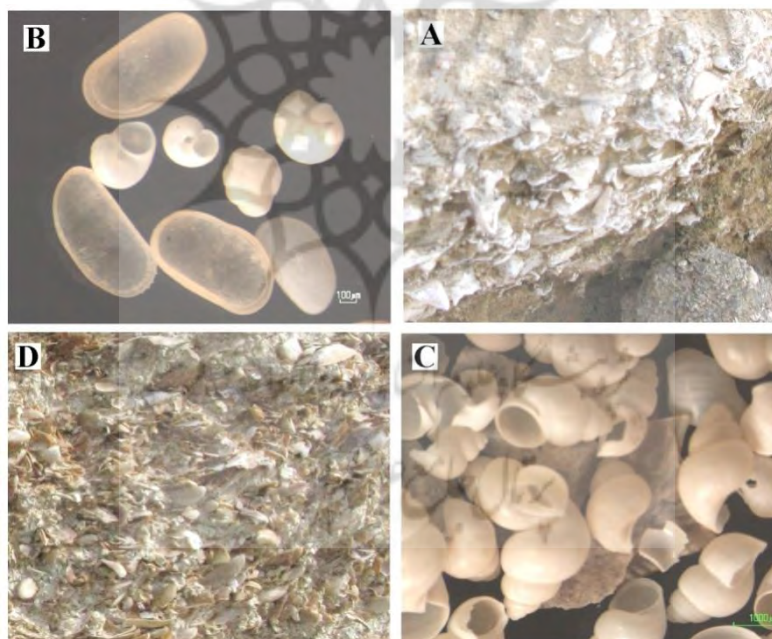
شکل ۲. A: توالی رسوب‌گذاری مخروط‌افکنه‌ای دریاچه‌ای در پادگانه زنبیل‌داغی ZD-۲؛ B: ستون چینه‌ای رسوبات رودخانه‌ای و دریاچه‌ای در پادگانه زنبیل‌داغی ZD-۲. C: توالی رسوب‌گذاری رودخانه‌ای و رسوبات و دریاچه‌ای در پادگانه قزل‌قیبی GHZ-1؛ D: ستون چینه‌ای رسوبات رودخانه‌ای و دریاچه‌ای در پادگانه قزل‌قیبی GHZ-1

جدول ۱. نتایج دانه‌بندی تعدادی از نمونه‌های رسوب پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه

ردیف	شماره نمونه	توزیع اندازه دانه‌ها			Textural Group	Sorting
		Gravel%	Sand%	Mud%		
۱	gh-1	0.0%	41.1%	58.9%	Sandy Mud	Moderately Sorted
۲	sh-1	0.0%	82.7%	17.3%	Muddy Sand	Poorly Sorted
۳	ZD-1	0.0%	59.4%	40.6%	Muddy Sand	Poorly Sorted
۴	NGH-1	0.0%	68.9%	31.1%	Muddy Sand	Poorly Sorted
۵	sh-2	0.0%	47.0%	53.0%	Sandy Mud	Poorly Sorted



در مطالعات میدانی و در بررسی رسوبات پادگانه‌های دریاچه‌ای، یکی از بهترین شواهدی که ما را در تشخیص ماهیت این پادگانه‌ها یاری می‌کند، وجود مجموعه‌هایی از فسیل‌هایی است که دلالت بر ماهیت دریاچه‌ای این محیط‌های رسوبی دارد (شکل ۳A). بیشتر رسوبات در فراکسیون ۱ و ۲ میلی‌متر حاوی فسیل‌های دوکفه‌ای و همچنین گاستروپود هیدروبی هستند که با لوپ و حتی با چشم غیرمسلح نیز قابل مشاهده نیستند (شکل ۳B). گونه هیدروبیبا که با بزرگنمایی در زیر دوربین بیناکولار در شکل ۳C مشاهده می‌شود، در محیط‌های دریاچه‌ای زندگی می‌کنند (پوندر و همکاران، ۱۹۹۳: ۶۲۵). افزون بر آن، فسیل‌های فرامینیفرها و استراکود نیز در مجموعه فسیل‌های موجود است. گونه‌های *Criboelphidium williamsoni* و *Ammonia beccarii* که در رسوبات پادگانه‌های دریاچه‌ای مشاهده شده‌اند، متعلق به آب‌های لب‌شور هستند (فرینزل و همکاران، ۲۰۰۱: ۷۶). همچنین، استراکدهای *llyocypris* SPI و *Cyprideiss SP* که هر دو به آب‌های لب‌شور تعلق دارند، در فراکسیون‌های ۲۵۰ و ۱۲۵ نیز در زیر میکروسکوپ مشاهده شده‌اند (شکل ۳B). مجموعه این شاخصه‌ها ما را در تشخیص ماهیت واقعی این محیط‌های رسوبی راهنمایی می‌کند.



شکل ۳. A: فراوانی پوسته‌های صدف در پادگانه قره‌باغ - سلماس؛ B: فرامینوفر و استراکدهای یافت‌شده در رسوبات پادگانه 1-Khb؛ C: فراوانی هیدروبیبا در فراکسیون ۱ میلی‌متر نمونه ZD-1--جزیره زنبیل‌داغی؛ D: فراوانی دوکفه‌ای‌ها در نمونه 12-Khb خانه برق - بناب

### تعیین ارتفاع دقیق پادگانه‌ها

پس از شناسایی پادگانه‌های دریاچه ارومیه و ویژگی‌های رسوبات آن‌ها، تعیین ارتفاع دقیق آن‌ها به‌منظور سطح‌بندی ارتفاعی پادگانه‌ها، تعیین سطح آبرگیری و مناطق تحت تأثیر نوسانات دیرینه سطح آب دریاچه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجا که دقت جی.پی.اس‌های دستی کم است، به‌منظور به‌دست آوردن موقعیت جغرافیایی و ارتفاع دقیق

پادگانه‌ها، از جی.پی.اس دوفر کانسسه استفاده شد. در ابتدا، نقشه اولیه منطقه و محل پادگانه‌های مورد نظر در پیرامون دریاچه شناسایی و بر روی نقشه ترسیم شد. سپس، با توجه به موقعیت نقاط و فواصل آن‌ها و همچنین رعایت نکات شبکه‌بندی، اقدام به برنامه‌ریزی برای برداشت نقاط شد. بر این اساس، شبکه نمونه‌برداری در چهار مسیر ۱. تبریز، تسوج و سلماس؛ ۲. تبریز، الخچی، زنبیل داغی و گلخانه؛ ۳. آذرشهر، بناب، ملکان؛ ۴. میاندوآب، مهاباد و نقده طراحی و سپس داده‌های خام مربوط به پادگانه‌های دریاچه‌ای و نقاط مورد نظر در هر محدوده ثبت و ذخیره شد (شکل‌های ۴ و ۵). در مرحله بعد، اطلاعات ثبت‌شده به وسیله نرم‌افزار تخصصی مربوط، پردازش شد. با توجه به نتایج، اختلاف ارتفاع بین برداشت‌های جی.پی.اس دستی با دوفر کانسسه، در بعضی موارد حتی به ۱۵ متر هم می‌رسد. نتایج تعیین ارتفاع دقیق پادگانه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. ایستگاه‌های رفرنس در تعیین ارتفاع دقیق پادگانه‌ها

نام ایستگاه	منطقه	ارتفاع (M)	نام ایستگاه	منطقه	ارتفاع (M)
St-0	تبریز	۱۵۱۲/۵۳	ST_05	خانقاه	۱۳۹۱/۳
St-01	تسوج	۱۳۹۹۲/۱	ST-6	بناب	۱۳۰۱/۷
ST_02	سلماس	۱۲۲۹/۲	ST_07	میاندوآب	۱۳۱۰/۲
ST_03	الخچی	۱۳۱۸/۰۵	ST_08	مهاباد	۱۳۳۶/۲
ST_04	زنبیل داغی	۱۲۹۶/۹			



شکل ۴. موقعیت ایستگاه‌های رفرنس برای ترازبازی دقیق به وسیله جی.پی.اس دوفر کانسسه (علامت ستاره در نقشه)

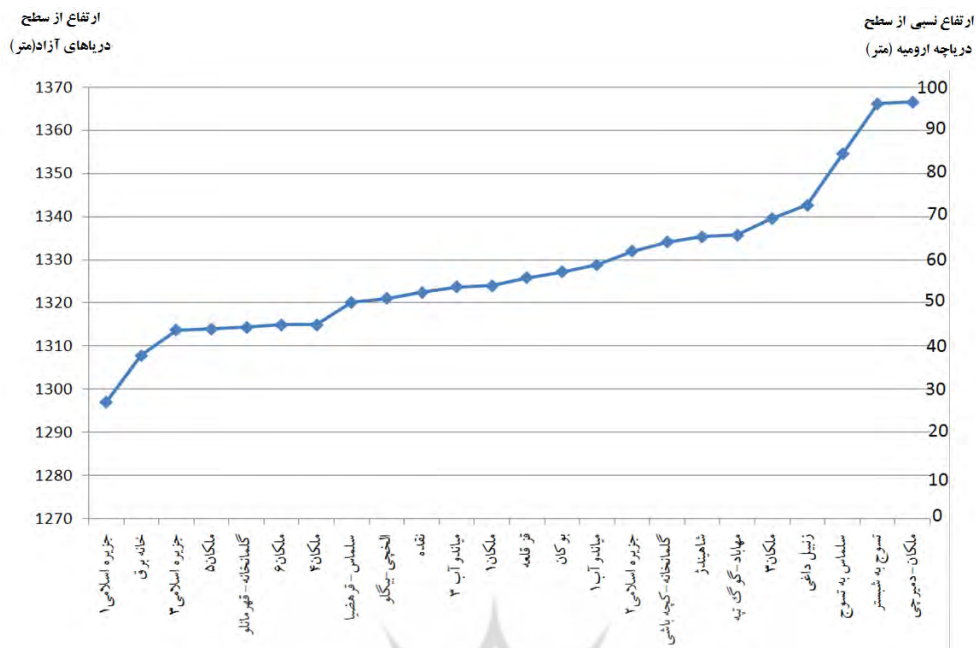




شکل ۵. برداشت موقعیت پادگانه Bok (سمت راست)؛ برداشت موقعیت پادگانه Min-3 (سمت چپ)

### پراکندگی و مورفولوژی پادگانه‌های دریاچه‌ای

در تحقیقات میدانی، ۲۴ پادگانه دریاچه‌ای در رسوبات کواترنری این منطقه بررسی شد. از نظر پراکندگی، بیشترین گسترش پادگانه‌ها در بخش جنوبی دریاچه و همچنین در جزایر گلمانخانه، زنبیل‌داغی و اسلامی مشاهده شد. در بخش شمالی دریاچه، چهار پادگانه دریاچه‌ای (قره‌باغ، سلماس، تسوج ۱ و ۲) وجود دارد. در بخش شمالی، به دلیل شیب توپوگرافی زیاد در منطقه و فعال بودن رودخانه‌ها، فرسایش زیادی رخ داده که امکان از بین بردن بسیاری از پادگانه‌ها را به وجود آورده یا شواهد بسیار کمی از آن‌ها بر جای گذاشته است. افزون بر آن، فاصله کوهستان تا ساحل دریاچه در این بخش به خصوص در منطقه قوشچی، تسوج و سلماس، بسیار کم است و شرایط رسوب‌گذاری رسوبات دریاچه‌ای را در این منطقه، نامناسب می‌کند. همچنین در منطقه قوشچی، در شمال دریاچه، حجم توده کوهستان نسبت به رسوبات کواترنری بسیار زیاد است. در جزیره‌ها و شبه‌جزیره‌های زنبیل‌داغی، اسلامی و گلمانخانه نیز پادگانه‌های متعددی به چشم می‌خورد. این پادگانه‌ها به دلیل نداشتن حوضه‌های آبریز بزرگ، بسیار کمتر دچار فرسایش رودخانه‌ای شده‌اند. از این‌رو، امکان حفظ پادگانه‌ها بسیار بیشتر است. پراکندگی پادگانه‌ها در بخش جنوبی دریاچه بیشتر است؛ زیرا شیب زمین در این محدوده بسیار کم و شرایط برای رسوب‌گذاری و تشکیل پادگانه مساعدتر است. از این‌رو، شواهد پادگانه‌ای بیشتری را در خود حفظ کرده است. از لحاظ ارتفاعی، کم‌ارتفاع‌ترین پادگانه در جزیره اسلامی (۱۲۹۷ متر) و مرتفع‌ترین پادگانه در دمیچی (۱۳۶۹ متر) مشاهده می‌شود (شکل ۱۰). بیشترین تراکم پادگانه‌ها به ترتیب در ارتفاع ۱۳۲۰-۱۳۴۰ متر (۱۳ پادگانه)، ۱۲۹۷-۱۳۲۰ متر (۶ پادگانه) و بیش از ۱۳۶۰ متر (۶ پادگانه) است (شکل ۶ و جدول ۳). ضخامت رسوبات دریاچه‌ای پادگانه‌ها از ۳۰ سانتی‌متر در پادگانه تسوج تا ۳ متر در پادگانه قویی باباعلی مه‌باد متفاوت است. از لحاظ فاصله طولی از خط ساحلی کنونی، تعدادی از پادگانه‌ها در فاصله کمی از ساحل قرار گرفته است؛ ولی پادگانه‌هایی همانند پادگانه بوکان (۷۲ کیلومتر)، مه‌باد (۴۵ کیلومتر) و میان‌دوآب (۶۵ کیلومتر) با خط ساحلی کنونی فاصله دارند که نشان‌دهنده گسترش بسیار زیاد دریاچه ارومیه در گذشته در این مناطق است.



شکل ۶. پروفیل ارتفاعی پادگانه‌های دریاچه ارومیه

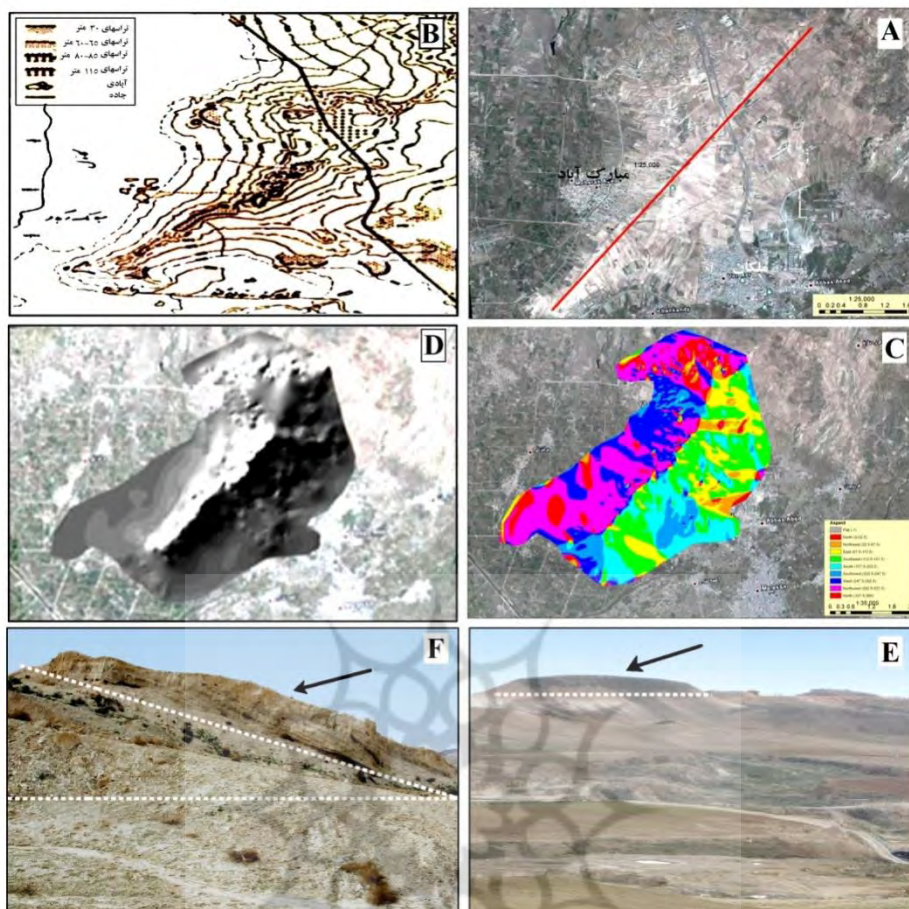
جدول ۳. مشخصات پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه

شماره پادگانه	منطقه	ارتفاع پادگانه (متر)	ارتفاع از سطح دریاچه	شماره پادگانه	منطقه	ارتفاع پادگانه (متر)	ارتفاع از سطح دریاچه
ML-3	ملکان-بناب ۱	۱۳۲۴	۵۴	Gh-1	سلماس - قره ضیا	۱۳۲۰/۲	۵۰/۲
ML-4	ملکان-بناب ۴	۱۳۱۵	۴۵	Sl-1	سلماس به تسوج	۱۳۵۴/۶	۸۴/۶
ML-5	ملکان-بناب ۵	۱۳۱۴	۴۴	Tasuj-2	تسوج به شبستر	۱۳۶۶/۲	۶۶/۲
ML-6	ملکان-بناب ۶	۱۳۱۵	۴۵	ZD-1	زنبیل داغی	۱۳۴۲/۷	۷۲/۷
Dm-1	ملکان - دمیرچی	۱۳۶۶/۶	۹۶/۶	GCH-1	گلمانخانه - کچه باشی	۱۳۳۴/۲	۶۴/۲
Beg-1	الخچی - بیگلر	۱۳۲۱/۵	۵۱/۵	Gha-1	گلمانخانه - قهرمانلو	۱۳۱۴/۴	۳۵/۴
MHB-2	مهاباد - گوگ تپه	۱۲۳۵/۸	۶۵/۸	Sh-3	جزیره اسلامی ۳	۱۳۱۳/۷	۳۳/۷
GHEZ-1	قرقلعه - مهاباد	۱۳۲۵/۹	۵۵/۹	Sh-2	جزیره اسلامی ۲	۱۳۳۲	۶۲
MIN-1	میاندوآب ۱	۱۳۲۸/۹	۵۸/۹	Sh-1	جزیره اسلامی ۱	۱۲۹۷/۱	۲۷/۱
Min-3	میاندوآب ۳	۱۳۲۳/۸	۵۳/۸	Khb-1	خانه برق	۱۳۰۷/۹	۳۷/۹
Shdz-1	میاندوآب - شاهین دژ	۱۳۳۵/۴	۶۵/۴	Bn-3	ملکان ۳	۱۳۳۹/۶	۶۹/۶
Ngh-1	نقده حسنلو	۱۳۲۲/۵	۵۲/۵	Bok-1	بوکان	۱۳۲۷/۲	۵۷/۲

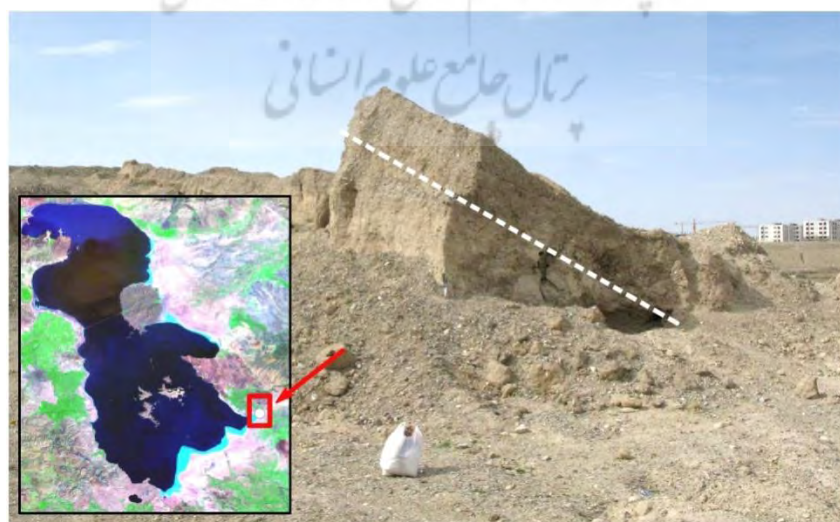
در مقایسه با پژوهش‌هایی که در گذشته به صورت پراکنده و نقطه‌ای درباره پادگانه‌ها انجام گرفته بود (بوبک، ۱۹۳۴؛ شوایتزر، ۱۹۷۵؛ صیوری، ۱۳۸۸)، تحقیق اخیر در شناسایی پادگانه‌ها هم از لحاظ تعداد و هم از لحاظ پراکندگی، گام مهمی برداشته است؛ سه پادگانه در جزیره اسلامی (Sh-1 تا Sh-3)، سه پادگانه در منطقه تسوج (TS-1 تا TS-3)، پادگانه‌های قره‌باغ (Gh-1)، سلماس (Sl-1)، نقده (Ngh-1)، مه‌باد (Mhb-1 تا Mhb-3)، قویی‌بابعلی (Ghez-1)، سه پادگانه در میان‌دوآب (Min-1 تا Min-3)، بوکان (Bok-1)، دمیچی (DM-1)، بیگلو (Beg-1) و خانه‌برق (Khb-1) و در مجموع، از نظر پراکندگی، در این تحقیق برای اولین بار ۱۵ پادگانه جدید شناسایی شده که دید بهتری را درباره گسترش دیرینه دریاچه ارومیه فراهم می‌کند.

در منطقه گلمناخانه، از بین پادگانه‌هایی که شوایتزر (۱۹۷۵) گزارش کرده بود (سطوح ارتفاعی ۳۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۱۵ متر با ارتفاع ۱۲۸۰ متر از سطح دریاچه در زمان برداشت) تنها پادگانه قهرمانلو با ارتفاع ۱۳۱۴ متر (معادل، پادگانه ۳۰ متر شوایتزر) شناسایی شد. علت یافت نشدن پادگانه‌های دیگر را می‌توان حفاری و معدن‌کاری بسیار شدید در این منطقه به‌منظور تهیه سنگ لاشه و شن‌وماسه، فعالیت‌های کشاورزی و همچنین، نبود امکان دسترسی به بعضی نقاط این منطقه به‌دلیل احداث پادگان سپاه دانست که علاوه بر از بین بردن بسیاری از شواهد پادگانه‌های دریاچه‌ای، دسترسی به بسیاری از نقاط را غیرممکن کرده است؛ اما پادگانه‌های اشاره‌شده در منطقه ملک‌ان باید با دقت بیشتری بررسی شوند (شکل ۷B). پادگانه‌های دریاچه‌ای واقع در منطقه بناب و ملک‌ان (MI-1، MI-2، MI-3، MI-4، MI-3، MI-2، MI-1، Khb-1) و MI-4 و MI-3 (شکل ۷B) هرچند، به‌طور تقریبی، از لحاظ موقعیت و ارتفاع با گزارش شوایتزر هم‌خوانی دارد، این منطقه از لحاظ تکتونیکی بسیار فعال است و با توجه به بررسی‌های میدانی صورت گرفته و شواهد موجود، به‌نظر می‌رسد که به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار دارد. همان‌طور که در شکل ۷A مشاهده می‌شود، این عارضه تکتونیکی که شاید یک گسل باشد، در شمال شهر ملک‌ان و در مسیر جاده بناب به ملک‌ان قرار دارد و راستای آن شمال‌خاور به جنوب‌باختر است. امتداد این عارضه تکتونیکی، مستقیم است و بر خلاف جهت شیب عمومی و توپوگرافی غالب زمین قرار دارد و می‌توان آن را به‌منزله یک گسل نامطابق مطرح کرد. جهت شیب دامنه‌ها و امتداد جهت جریان آبراهه‌ها نسبت به امتداد شیب در شرق گسل به سمت جنوب شرق و در غرب گسل به سمت شمال غرب است (شکل ۷C). زاویه شیب لایه‌های رسوبی کواترنری که بر روی این گسل قرار دارد، منطقه ۳۵ درجه و امتداد آن جنوب غربی است (شکل ۷F). با توجه به نقشه‌های شوایتزر (۱۹۷۵)، سطح ارتفاعی ۱۲۰ متر منطبق بر آینه گسل و در بالاترین ارتفاع این منطقه قرار دارد (شکل ۷E). از این رو، شاید شواهد رسوبات دریایی را در این سطح بتوان مشاهده کرد؛ ولی ارتفاع آن به‌واسطه بالا آمدن منطقه، تحت تأثیر گسل ملک‌ان بوده است و تعیین سطح ارتفاع ۱۲۰ متر برای سطح دیرینه دریاچه ارومیه صحیح نیست. هر چند شواهد رسوب‌شناسی و فسیلی نشان‌دهنده شکل‌گیری پادگانه‌ها در این منطقه است، با توجه به شواهد یادشده و تکتونیزه بودن شدید منطقه، ارتفاع پادگانه‌های ملک‌ان (MI-1، MI-2، MI-3، MI-3، MI-2، MI-3، MI-4 و MI-5) را نمی‌توان سطح تراز برای سطوح دیرینه دریاچه ارومیه قلمداد کرد.





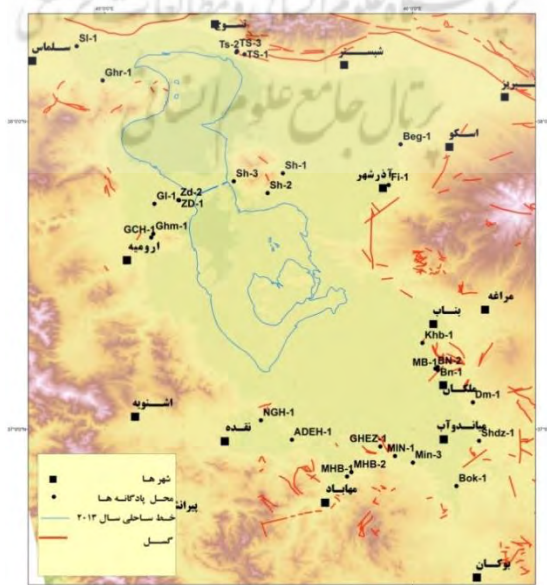
شکل ۷. A: راستای گسل بر روی پادگانه ملکان؛ B: نقشه پراکندگی پادگانه‌ها بر روی گسل ملکان (شوائتزر، ۱۹۷۵)؛ C: جهت شیب دامنه پادگانه ملکان؛ D: هیل‌شید پادگانه ملکان؛ E: محل پادگانه ۱۲۰ متری شوائتزر (۱۹۷۵) بر روی آینه گسل ملکان؛ F: زاویه شیب لایه‌ها نسبت به سطح افق



شکل ۸. زاویه شیب لایه‌ها نسبت به سطح افق در پادگانه خانه‌برق (شکل سمت راست)؛ موقعیت نسبی پادگانه‌های دریاچه‌ای ملکان و خانه‌برق در حاشیه دریاچه ارومیه (شکل سمت چپ)

در منطقه خانه‌برق نیز شرایط مشابهی وجود دارد. این گسل از جنوب روستای خانه‌برق شروع شده، با روند شمال-جنوب به روستای خانه‌برق قدیم می‌رسد. امتداد آن در بخش شمالی گسل شمال-جنوب و در بخش جنوبی آن شمال غرب-جنوب شرق است. جهت شیب دامنه‌ها و امتداد جهت جریان آبراهه‌ها نسبت به امتداد بخش شمالی گسل، در بخش شرقی، شرقی؛ در بخش غربی گسل، غربی-شرقی؛ در بخش جنوبی گسل در شرق گسل، جنوب شرق-شمال غرب؛ و در بخش غربی آن، شمال غرب-جنوب شرق است. زاویه شیب لایه‌های رسوبی در این منطقه ۴۰ درجه است. بر روی این گسل، منازل سازمانی ساخته شده است. در شکل ۸، امتداد شیب گسل در محل ترانشه منازل مسکونی ارائه شده است. از این رو، ارتفاع پادگانه Khb-1 نیز سطح تراز برای بازسازی سطوح قدیمی دریاچه ارومیه قلمداد نمی‌شود. بیشتر پادگانه‌های دیگر در پهنه‌های مخروط‌افکنه‌ای حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار گرفته‌اند. قرار گرفتن پادگانه‌ها که نمایان‌کننده خطوط ساحلی قدیمی هستند، در بین رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، نوسانات و تغییرات محیط‌های رسوبی در پهنه‌های مجاور دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد؛ به این گونه که در دوره‌های پس‌روی سطح آب دریاچه، شاهد فعالیت بیشتر فرایندهای رودخانه‌ای و رسوب‌گذاری آن‌ها خواهیم بود؛ ولی در زمان‌هایی که سطح آب دریاچه بالا بیاید، مخروط‌افکنه‌ها و جلگه‌های ساحلی را به زیر آب می‌برد و رسوبات دریاچه‌ای جایگزین رسوبات رودخانه‌ای می‌شود و این روند در طول دوره‌های زمانی ادامه می‌یابد و شاهد حضور تناوبی از رسوبات دلتایی، مخروط‌افکنه‌ای و دریاچه‌ای در رسوبات کواترنری اطراف دریاچه خواهیم بود.

همان‌طور که در نقشه گسل‌های اصلی دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود (شکل ۹)، به جز پادگانه‌های ملکان و خانه‌برق که به آن اشاره شد، پادگانه‌های تسوج و قزل‌چی نیز وجود دارند. این دو پادگانه در جبهه کوهستان قرار گرفته و ممکن است تحت تأثیر فرایندهای تکتونیک ناشی از گسل‌های منطقه قرار گرفته باشند. دیگر پادگانه‌هایی که در جلگه ساحلی و همچنین در جزیره اسلامی، زنبیل‌داغی و گل‌مانخانه قرار گرفته‌اند، فاصله زیادی با گسل‌های اصلی و فرعی منطقه دارند و گسل مهمی نیز در آن محدوده وجود ندارد. از این رو، به نظر می‌رسد کمتر تحت تأثیر فرایندهای تکتونیک قرار گرفته باشند.



شکل ۹. نقشه پراکندگی گسل‌های اطراف دریاچه ارومیه و ارتباط آن با پادگانه‌های دریاچه‌ای  
(منبع: نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی)

یکی از بهترین داده‌ها برای بررسی تغییرات ارتفاعی پوسته زمین داده‌های ژئودینامیکی است. پراکندگی فضایی و زمانی و همچنین تعداد ایستگاه‌های ژئودینامیکی در منطقه مورد مطالعه، به منظور بررسی ارتباط و تأثیر رفتارهای پوسته سطحی بر ارتفاع پادگانه‌های دریاچه‌ای، ناکافی است. تنها چهار ایستگاه در منطقه مورد مطالعه وجود دارد و استفاده از آمار این تعداد ایستگاه برای بررسی تغییرات ارتفاعی پوسته زمین و تعمیم آن به کل این منطقه و همچنین تأثیرگذاری آن بر ارتفاع پادگانه‌ها روایی مناسبی ندارد. بازه زمانی مورد مطالعه در طولانی‌ترین زمان خود تنها هشت سال بوده است که این بازه نیز دوره آماری کوتاهی در بررسی مقدار تغییرات ارتفاعی پوسته زمین است و چه بسا با وقوع پدیده‌های نو زمین ساخت فعالی در این منطقه، این روند نیز به طور کامل تغییر یابد و به روند افزایشی یا کاهش‌ی تبدیل شود. بنابراین، به دلیل محدودیت‌ها و خطاهای بسیار زیادی که در استفاده از داده‌های ژئودینامیکی در تفسیر تحولات تکتونیکی منطقه مورد مطالعه وجود دارد، ارتفاع مطلق پادگانه‌ها با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی هم‌زمان محاسبه شده است.

با توجه به پادگانه‌های یافت شده در این تحقیق، می‌توان گفت که تعداد، پراکندگی و سطوح ارتفاعی پادگانه‌های دریاچه‌ای دریاچه ارومیه در کواترنری به مراتب بیشتر از آن چیزی است که در تحقیقات گذشته به آن اشاره شده است. در تحقیقات شواپتزر که جامع‌ترین تحقیقات انجام گرفته تا این زمان در زمینه شناسایی پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه است، چهار سطح ۳۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۱۵ متر به منزله سطوح پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه به ثبت رسیده است. از آنجا که به واسطه شواهد تکتونیکی کواترنری که در بالا در مورد منطقه ملکان به آن اشاره شد، امکان خطا در سطوح ارتفاعی پادگانه‌های دریاچه‌ای ملکان وجود دارد، از این رو، شواهد شواپتزر محدود به پادگانه‌های گل‌مان‌خانه می‌شود. با توجه به شواهد پادگانه‌های یافت شده در این تحقیق، می‌توان اثبات کرد که تعداد سطوح ارتفاعی پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه به مراتب بیشتر از سطح ارتفاعی است که شواپتزر و دیگر محققان گذشته به آن اشاره کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که دست کم هشت سطح ارتفاعی را می‌توان برای پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه در نظر گرفت (جدول ۴). شواهد سه سطح ارتفاعی پادگانه‌هایی را که شواپتزر شناسایی کرده است، با در نظر گرفتن ارتفاع سطح آب در آن زمان (۱۲۸۰ متر)، می‌توان معادل پادگانه‌های زیر دانست:

پادگانه ۳۰ متر معادل پادگانه جزیره اسلامی ۳، ملکان ۶، ملکان ۵ و ملکان ۴؛

پادگانه ۶۰-۶۵ متر معادل پادگانه زنبیل داغی ۱؛

پادگانه ۸۰-۸۵ متر معادل تسوج ۳ و دمیرچی ۱.

ولی افزون بر این، سطوح تمام پادگانه‌ها را با توجه به ارتفاع کنونی سطح آب دریاچه (۱۲۷۰ متر)، می‌توان در

سطوح ارتفاعی به شرح ذیل طبقه‌بندی کرد:



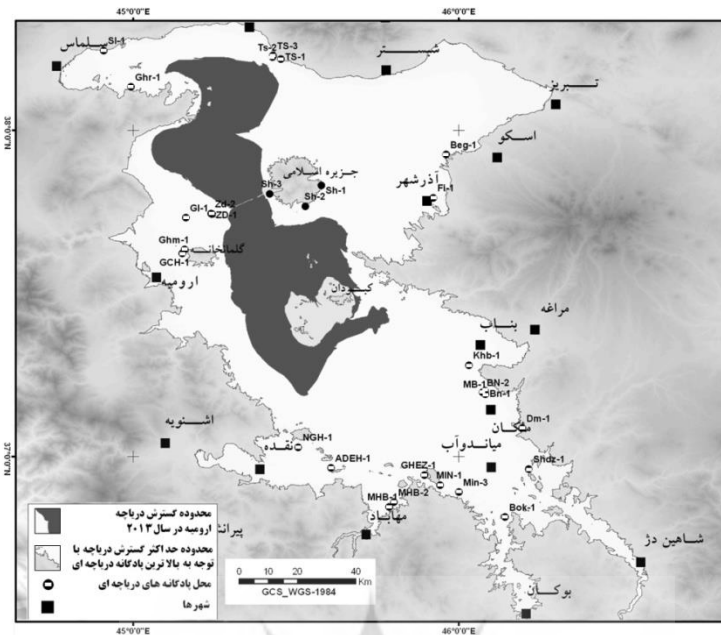
جدول ۴. سطح‌بندی ارتفاعی پادگانه‌های کواترنری دریاچه‌ای ارومیه

نام پادگانه‌ها	سطوح ارتفاع پادگانه‌های ارومیه به متر	
جزیره اسلامی ۱	۲۰-۳۰	۱
خانه‌برق ۱	۳۰-۴۰	۲
جزیره اسلامی ۳، ملکان ۳، ملکان ۶، ملکان ۵، ملکان و گلماخانه	۴۰-۵۰	۳
بوکان ۱، قلعه ۱، میاندوآب ۳، قره‌ضیا، بیگلو ۱، نقده ۱، ملکان ۳ و میاندوآب ۱۱	۵۰-۶۰	۴
جزیره اسلامی ۲، کچه‌باشی، مه‌باد ۱، شاهین‌دژ ۱ و ملکان ۳	۶۰-۷۰	۵
زنبیل‌داغی ۱	۷۰-۸۰	۶
سلماس ۱	۸۰-۹۰	۷
تسوج ۳ و دمیرچی ۱	۹۰-۱۰۰	۸

جدول ۵. مساحت دریاچه ارومیه هم‌ارتفاع با پادگانه‌های دریاچه ارومیه

شماره پادگانه	منطقه	ارتفاع پادگانه (متر)	مساحت دریاچه (متر)	شماره پادگانه	منطقه	ارتفاع پادگانه (متر)	مساحت دریاچه (متر)
Gh-1	سلماس - قره‌باغ	۱۳۲۳/۳	۱۱۲۰۶	ML-3	ملکان-بناب	۱۳۲۴	۱۱۷۶۰
Sl-1	سلماس - تسوج	۱۳۵۴/۹	۱۲۶۴۰	ML-4	ملکان-بناب	۱۳۱۵	۱۰۶۹۶
Tasuj-2	تسوج - شبستر	۱۳۶۹/۱	۱۳۰۶۳	ML-5	ملکان-بناب	۱۳۱۴	۱۰۵۶۸
ZD-1	زنبیل‌داغی	۱۳۴۴/۲	۱۲۲۱۳	ML-6	ملکان-بناب	۱۳۱۵	۱۰۶۹۶
GCH-1	گلماخانه - کچه‌باشی	۱۳۳۶/۲	۱۱۸۵۵	Dm-1	ملکان - دمیرچی	۱۳۶۸/۴	۱۳۰۰۰
Gha-1	گلماخانه - قهرمانلو	۱۳۳۴/۲	۱۱۷۶۱	Beg-1	الخچی - بیگلو	۱۳۲۱/۷	۱۱۱۲۳
Sh-3	جزیره اسلامی	۱۳۱۵/۳	۱۰۷۹۶	MHB-2	مه‌باد - گوگ‌تپه	۱۳۳۵/۸	۱۲۰۴۴
Sh-2	جزیره اسلامی	۱۳۳۲/۷	۱۱۱۱۸	GHEZ-1	قزل‌قیی - مه‌باد	۱۳۲۵/۹	۱۱۳۳۹
-Sh-1	جزیره اسلامی	۱۲۹۷/۱	۹۶۵۸	MIN-1	میاندوآب	۱۳۳۰	۱۱۵۸۵
Khb-1	خانه‌برق	۱۳۰۸/۷	۱۰۴۲۵	Min-3	میاندوآب	۱۳۲۵	۱۱۳۰۷
Bn-1	بناب	۱۳۶۳	۱۱۴۵۶	Shdz-1	میاندوآب - شاهین‌دژ	۱۳۴۰	۱۲۰۳۷
Bok-1	بوکان	۱۳۲۸	۱۱۴۵۶	Ngh-1	نقده - حسنلو	۱۳۲۰	۴۹,۲

نقشه محدوده‌های گسترش دیرینه دریاچه ارومیه با استفاده از ارتفاع پادگانه‌های شناسایی شده ترسیم شد. از آنجا که امکان نمایش تمام نقشه‌ها در این مقاله وجود ندارد، تنها نقشه بالاترین سطح ارتفاعی پادگانه‌ها ارائه شده است (شکل ۱۰). بیشترین مقدار پیش‌روی دریاچه در مناطق جنوبی آن به‌خصوص در محل کنونی شهرهای میاندوآب، ملکان و بناب و همچنین در بخش شرقی جزیره اسلامی، روی داده است؛ زیرا شیب بسیار کم زمین موجب شده که با کمترین تغییر در سطح آب دریاچه، گستره زیادی از این مناطق تحت تأثیر قرار گیرد. در مناطق شمالی و غربی دریاچه نیز به‌دلیل فاصله کم جبهه کوهستان با خط ساحلی و از سوی شیب زیادتر پس‌کرانه، نوسانات سطح آب دریاچه تأثیر کمتری بر جای گذاشته است.



شکل ۱۰. محدوده بیشترین گسترش دریاچه با توجه به پادگانه دریاچه ای دمیرچی، ارتفاع ۱۳۶۹ متر و موقعیت پادگانه های دریاچه ارومیه

## نتیجه گیری

بررسی پادگانه ای پیرامون دریاچه ارومیه حاکی از آن است که ارتفاع آن‌ها از ۱۲۹۷ متر تا ۱۳۶۹ متر متغیر بوده و به تبع آن مناطق تحت تأثیر نوسانات دیرینه سطح آب دریاچه ارومیه نیز متفاوت است. به منظور تعیین سطوح دیرینه دریاچه و شبیه سازی مناطق تحت تأثیر نوسانات سطح آب، از داده های مدل ارتفاعی رقومی ۱۰ متر تهیه شده از نقشه های ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی سازمان نقشه برداری استفاده شد. بیشترین مقدار پیش روی دریاچه در مناطق جنوبی آن، به خصوص در محل کنونی شهرهای میاندوآب، ملکان، بناب و همچنین در بخش شرقی جزیره اسلامی روی داده است؛ زیرا شیب بسیار کم زمین موجب شده که با کمترین تغییر در سطح آب دریاچه، گستره زیادی از این مناطق تحت تأثیر قرار گیرد. در مناطق شمالی و غربی دریاچه نیز به دلیل فاصله کم جبهه کوهستان با خط ساحلی دریاچه و از سویی شیب زیادتر پس کرانه، نوسانات سطح آب دریاچه تأثیر کمتری بر جای گذاشته است. در ارتفاع ۱۲۹۷ متر (پادگانه Sh-1) وسعت دریاچه حدود ۹۶۵۸ کیلومتر مربع بوده که نسبت به وسعت دریاچه در سال ۲۰۱۱ حدود ۶۵۶۰ کیلومتر مربع افزایش داشته است (جدول ۵). بر این اساس، وسعت دریاچه بیش از سه برابر مساحت کنونی بوده است. تنها پادگانه ای که سن آن تعیین شده است، پادگانه کچه باشی (با ارتفاع ۱۳۱۱ متر) در غرب شبه جزیره گلخانه با سنی در حدود ۴۶۰۰۰ سال است (صبوری و همکاران، ۱۳۸۹)؛ البته ارتفاع این پادگانه پس از برداشت و تصحیح خطاها، به وسیله جی.پی.اس دوفرکانسه ۱۳۳۶/۲ تعیین شد. طبق این محاسبه، در ۴۶۰۰۰ سال پیش، آب دریاچه علاوه بر اینکه محل شهرهای کنونی میاندوآب، ملکان، بناب، آذرشهر، نقده و مهاباد را پوشانیده بوده، تا نزدیکی محل کنونی شهر ارومیه نیز پیش روی داشته است. بالاترین پادگانه شناسایی شده دریاچه ارومیه در ارتفاع ۱۳۶۹ متر و در غرب تسوج (Ts-2) و به طور تقریبی

هم‌ارتفاع با پادگانه دمیچی (DM-1) در جنوب شرقی ملکان قرار دارد. وسعت دریاچه ارومیه در آن زمان ۱۳۱۴۱ کیلومتر مربع و در حدود ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع از وسعت کنونی آن بیشتر بوده است. در آن زمان، آب دریاچه به بخش‌های جنوبی شهر تبریز نیز می‌رسیده است؛ مناطقی که هم‌اکنون شهرهای آذرشهر، بناب، میاندوآب، نقده، ارومیه، سلماس و تسوج قرار دارند. این سطوح را اکنون مخروط‌افکنه‌ها و دشت‌های ساحلی حوضه آبریز ارومیه پوشش داده‌اند؛ حتی محل کنونی شهرهای مهاباد، بوکان و شاهین‌دژ نیز که در دره‌های کوهستانی و با فاصله تقریبی ۹۰ کیلومتر از خط ساحلی کنونی دریاچه قرار دارند، در زیر سطح آب دریاچه بوده‌اند.

## سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و در مدیریت زمین‌شناسی دریایی این سازمان به‌انجام رسیده است. از زحمات آقای دکتر بهار فیروزی مدیر محترم دفتر بررسی‌های زمین‌شناسی دریایی، آقایان مهندس دیسه، نجفی‌ها، برومند، فریدی، سرتیپی، درویشی، تاجیک و سرکار خانم دهقان و همچنین تکنیسین آزمایشگاه رسوب‌شناسی آقایان کدخدا، منتظری و مختاری که با راهنمایی‌های ارزنده و همکاری بی‌شائبه‌شان در اجرای این پروژه و همچنین فراهم کردن امکانات آزمایشگاهی یا مشارکت در کارهای میدانی یاریگر ما بوده‌اند، قدردانی می‌شود.

## منابع

- آقائاتی، ع. (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- افزایش ۲۴ سانتی‌متری سطح آب دریاچه ارومیه (۱۳۹۲). روزنامه بهار، شماره ۱۹۹. ص. ۱۱.
- بدیعی، ر. (۱۳۶۲). جغرافیای مفصل ایران، جلد اول، تهران: انتشارات اقبال.
- برریان، م. و قرشی، م. (۱۳۶۶). پژوهش بر لرزه زمین‌ساخت کاربردی و خطر زمین‌لرزه، گسلش در دریاچه ارومیه و چگونگی زایش آن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رامشت، م. ح. و سیف، ع. ا. (۱۳۸۵). استفاده از تصاویر لندست و تکنیک GIS در بررسی قلمرو دیرینه پلایای گاوخونی، جغرافیا و توسعه، سال ۲، شماره ۴، صص. ۱۷۱-۱۹۰.
- سیاهپوش، م. ت. (۱۳۵۲). پیرامون آب‌وهوای باستانی فلات ایران، تهران: انتشارات ابن‌سینا.
- شهرابی، م. (۱۳۶۶). دریاچه‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی دریاچه ارومیه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شهرابی، م. (۱۳۷۲). شرح زمین‌شناسی چهارگوش ارومیه، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شهرابی، م. (۱۳۷۳). دریاها و دریاچه‌های ایران، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران.
- صبوری، ج.؛ علیمحمدیان، ح.؛ مغفوری‌مقدم، ا. و لک، ر. (۱۳۸۹). مطالعه سنگواره‌ها، محیط رسوبی و تعیین سن مطلق پادگانه‌های دریاچه‌ای ارومیه، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ارومیه.
- طلوعی، ج. (۱۳۶۸). مطالعه و بررسی ژئوشیمیایی و هیدروشیمیایی و شناخت فازهای رسوبات شیمیایی حوضه رسوبی تبخیری دریاچه ارومیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده زمین‌شناسی.
- غضبان، ف. و مهاجر باوقار، ن. (۱۳۷۹). منابع ژئوشیمیایی و شوری دریاچه ارومیه، اولین کنفرانس زمین‌شناسی دریایی ایران، چاپهار.

- گابریل، آ. (۱۳۵۲). *تحقیقات جغرافیایی راجع به ایران*، ترجمه فتحعلی خواجهنوری، تهران: انتشارات ابن‌سینا.
- لک، ر. و محمدی، ع. (۱۳۹۰). گزارش لیمنولوژی و پالتولیمنولوژی دریاچه ارومیه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- محمدی، ع. (۱۳۸۴). بررسی تاریخی رسوب‌گذاری هولوسن در دریاچه ارومیه با استفاده از مغزه‌های رسوبی در بزرگراه شهید کلانتری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده زمین‌شناسی.
- مغفوری‌مقدم، ا. (۱۳۷۱). رسوب‌شناسی رسوبات پلیستوسن گسترده دریاچه ارومیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده علوم.
- مقصودی، م. و علمی‌زاده، ه. (۱۳۹۰). شواهد ژئومورفولوژیکی تغییرات سطح اساس در پلایای حوض سلطان، فصلنامه جغرافیا، سال ۹، شماره ۲۸، صص. ۱۵۷-۱۷۸.
- موحد دانش، ع. ا. (۱۳۷۳). *هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران*، چاپ اول، تهران: انتشارات سمت.

- Aghanabati, A., 2006, **Geology of Iran**, Geological Survey of Iran.
- Arzani, N., 2007, **The fluvial mega fan of Abarkoh Basin (Central Iran) an Example of flash-flood sedimentation in arid lands**, Geological Society of London.
- Ayora, C., Baretino, D., Carrera, J., Manzano, M. and Mediavilla, C., 2001, **Lasaguasy los suelos trasel accidente de Aznalcóllar**, Boletín Geológico y Minero, Vol. 112, (special number), pp. 1-294.
- Badiei, R., 1983, **Geography of Iran**, Eghbal Pub, vol. 1, pp. 63.
- Bahar Newspaper., 2013, **Urmia water lake level Raised 24 Cm**, No. 199, pp. 11
- Berberian, M. and Ghoresi, M., 1986, **A research on Applied Siesmotectonic and earthquake Hazard , Faulting and their formation on urmia Lake**, Geological Survey of Iran, pp. 12 .
- Bobek, H., 1937, **Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran**, In: Z. Gletscherk, Vol. 25, pp. 130° 183.
- Butzer, K.W., 1970, **Physical conditions in Eastern Europe, Western Asia and Egypt before the period of agricultural and urban settlement**, Cambridge University., 1, Part 1, pp.20.
- Djamali, M., De Beaulieu, J.L., shah-hosseini, M., AnDrieu-Ponel, V., Ponel, P., Amini, A., Akhiani, H., Leroy, S. A. G., Stevens, L., Lahijani, H. and BreWer, S., 2008, **A late Pleistocene long pollen record from Lake Urmia, Iran**, Quat. Res. Vol. 69, pp. 413° 420.
- Domagalski, J.L., Eugster, H.P. and Jones, B.F., 1990, **Trace metal geochemistry of Walker, Mono, and Great Salt Lakes. In: Spencer RJ, Chou IM (eds) Fluid-mineral interaction: a tribute to H.P. Eugster**, The Geochem Society, Special Publ. 2, pp. 315° 353.
- Dresch, J., 1976, **Bassins arides Iraniens**. In: Bull. Assoc. Géogr. Franc. Vol. 430, PP. 337-351.
- Gibbard, P. and van Kolfschoten, T., 2004, **The Pleistocene and Holocene Epochs, Geologic Time Scale**, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ghazban, F. and Mohajer Bacaghar, N., 1998, **Geochemical and Salinity Source of Urmia lake**, 1th Conference on Iran Marine Geology, Chabahar, Iran.
- Gabriel, A., **Geographical Research about Iran.**, Ebn-e-Sina Pub.
- Krinsley, D.B., 1970, **a geomorphological and paleocli-matological study of the playas of Iran**, US Geol. Surv. Contr. No. PRO CP 70-800. Washington, D.C.
- Lak, R., 2011, **Limnology and Paleolimnology of Urmia Lake**, Geological Survey of Iran, Vol. III, pp 128.
- Lowenstein, T.K., Li, J. and Brown, C.B., 1998, **Paleotemperatures from fluid inclusions in halite: Method verification and a 100,000 year paleotemperature record, Death Valley**, California, Chemical Geology, Vol. 150, pp. 223° 245.
- Maghfouri, I., 1992, **Sedimentology of Pleistocene sediments of Urmia Lakes**, Msc Thesis, North Azad university Branch.
- Maghsoudi, M. and Elmizade, H., 2011, **Geomorphological Evidence of Base Level Changes in Hoze Soltan Playa**, Geography, Vol. 9., No. 28, pp. 157-178.

- Mohamadi, A., 2005, **Investigation of History of Holocene Sedimentation on Urmia lake according to sedimentary cores in Shahid Kalantari Highway**, Msc Thesis, Tehran university.
- Movahed Danesh, A., 1994, **Hydrology of Iran's Surface water**, Samt Publication.
- FRENZEL, P., TECH, T J BARTHOLDY, 2005, **Checklist and annotated bibliography of Recent Foraminiferida from the German Baltic Sea coast**, STUDIA GEOLOGICA POLONICA, Vol. 124, Kraków, pp. 67° 86.
- Ponder, W.F., Clark, G.A., Miller, A.C. and Toluzzi, A., 1993, **On a major radiation of freshwater snails in Tasmania and eastern Victoria: a preliminary overview of the Bedomia group (Mollusca: Gastropoda: Hydrobiidae)**, Invertebrate Taxonomy, Vol. 7, No. 3, pp. 501-750.
- Poor Kermani, M. and Sedigh, H., 2002, **Geomorphic Evidence of Tabriz Fault. Geography and Development**, Vol. Autumn and winter, pp. 38-44.
- Ramesht, M.H. and Seif, A., 2005, **Using of Landsat 7 Satellite Images and GIS Technique in Study of Gavkhoni Playa Paleo Domain**, Geography and Development, Vol. 2, No. 4, pp.171-190
- Sabouri, J., Alimohammadian, H., Maghfori. M. I., Lak, R., Hagh, F. E., Paknia, M. and Dehghan, C.A., 2010, **The study of fossils, paleoecology and absolute age (C<sup>14</sup>) determination of old terraces of Urmia Lake**, 14<sup>th</sup> Congress of Geological Society of Iran & 28<sup>th</sup> Congress of Symposium on Geosciences, 15- 18 Sep, 2010, University of Urmia, Iran.
- Shahrabi, M., 1981, **Holocene Lacustrine facies and environment of hypersaline Lake Urmieh, NW of Iran**. Dip. Arb. Ander ETH Zurich, Switzerland, 75.
- Shahrabi, M., 1981, **Limnology and engendering geology of Urmia Lake**, Geological Survey of Iran.
- Shahrabi, M., 1993, **Report of Geological Map of 1:250000 Quadrate**, Geological Survey of Iran, pp. 48.
- Shahrabi, M., 1994, **Iran's Seas and Lakes**, Geological Survey of Iran.
- Siahpoush, M., 1973, **Ancient Climate of Iran Plate**, Ebn-e-Sina Pub, pp. 25.
- Stevens, L. R., Ito, E., Schwalb, A., Wright, Jr H. E., 2006, **Timing of atmospheric precipitation in the Zagros Mountains inferred from a multi-proxy record from Lake Mirabad, Iran**, Quaternary Research Journal, Vol. 66, PP. 494-500.
- Tollooe, J., 1988, **Investigation of Geochemical and Hydrochemical and sediment Geochemical Evaporation sediments Basins of Urmia Lake**, Msc. Thesis, Tehran University, PP. 210.
- Vita-Finzi, C., 1969, **late quaternary alluvial chronology of Iran**, In: Geol. Rundsch, Vol. 58, pp. 951° 973.
- Wasylikowa, K., Witkowski, A., Walanus, A., Hutorowicz, A., Alexandrowicz, S.W. and Langer, J.L., 2006, **Paleolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications**, Quaternary Research, Vol. 66, PP. 477-493