پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵
ص. ۳۱-۱۵

شواهد تغییرات سطح اساس پلایای میقان در کواترنری و تأثیر آن بر مورفولوژی و توالی مخروط‌افکنه‌ها

مجتبی یمانی* ـ استاد دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
ابوالقاسم گورابی– استادیار دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
سید محمد زمان‌زاده ـ استادیار دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
عارفه شعبانی عراقی– دانشجوی کارشناسی‌ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۲۸

چکیده

تغییرات اقلیمی و زمین‌ساختی نقش اساسی در تحول و تغییرشکل مخروط‌افکنه‌ها دارد. این پژوهش، به نقش تغییرات سطح اساس چالهٔ میقان بر مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های پیرامون چاله پرداخته است. برای انجام این پژوهش از بررسی‌های میدانی، داده‌های مغزهٔ رسوبی چاه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های رقومی ارتفاعی استفاده شده است. با مقایسهٔ مغزهٔ رسوبی چاه‌ها و درون‌یابی بخش‌های مشترک آن‌ها، حداکثر گسترش دریاچه مشخص شد. پس از استخراج مخروط‌افکنه‌ها، با توجه به تغییرات سطح اساس، مورفولوژی توالی مخروط‌افکنه‌ها، موقعیت زمین‌شناسی و حوضه‌های زهکشی، در بخش شمالی و جنوبی چاله مقایسه و تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات سطح اساس چالهٔ میقان و فرونشست تدریجی چاله هم‌زمان با برخاستگی بخش حاشیه‌ای چاله که نشانهٔ عدم تقارن و مورفوتکتونیک است بر مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های پیرامون اثر گذاشته است. البته، اگرچه عامل تغییر اقلیم بر تغییر مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های آشتیان، اراک و جزآن نقش اساسی داشته، نقش نوزمین‌ساخت بر تغییرشکل و تحول مخروط‌افکنهٔ آشتیان نسبت به سایر مخروط‌افکنه‌ها مؤثرتر بوده است، زیرا در بخش شمالی پنج مخروط قدیمی تا جدید با اختلاف ارتفاع حدود ۷۰۰ متر باعث عدم تقارن در منطقه شده است، در حالی که در مخروط‌افکنه‌های بخش جنوبی این توالی دیده نمی‌شود.

کلیدواژه‌ها: تغییرات اقلیمی، تغییر سطح اساس، توالی مخروط‌افکنه، چالهٔ میقان، نوزمین‌ساخت.

مقدمه

کنش و واکنش بین فرایندهای درونی و بیرونی زمین طی دوره‌های زمانی در تشکیل و تغییرشکل و تحول لندفرم‌ها نقش مهمی دارد. با بررسی لندفرم‌ها می‌توان سیر تغییرات فرایندهای آن‌ها را مشخص کرد. در بخش‌های داخلی ایران شواهد ژئومورفولوژیکی متعددی از تغییرات اقلیم خشک و بارانی هویداست (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۱). قلمرو ایران مرکزی اکنون تحت تأثیر اقلیم گرم و خشک قراردارد، اما شواهد مختلفی از جمله فرسایش شدید آب‌های جاری،

نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۳۱۹۷۶۸۲
* E- mail: Myamani@ut.ac.ir

مخروط‌افکنه‌های عظیم، پادگانه‌های آبرفتی وسیع و رسوبات سیلابی، حکایت از شرایط اقلیمی سرد و مرطوب‌تر در این قلمرو دارد (محمودی، ۱۳۶۷: ۹). پادگانه‌ها، توالی مخروط‌افکنه‌ها و جابه‌جایی خطوط ساحلی، شواهد اصلی تغییرات سطح اساس طی کواترنری است (یمانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۶۱). شواهد ژئومورفولوژیکی چاله‌های داخلی ایران نشان می‌دهد که تغییرات قابل‌توجهی در اوضاع اقلیمی و طبیعی این مناطق در طول دوران چهارم روی داده است. از این‌رو، دربردارندهٔ آثار و شواهدی از تغییرات سطح اساس (اقلیمی و زمین‌ساختی) است. همچنین، بررسی زمین‌شناسی دریاچه‌های شور فعلی، حاکی از آن است که وسعت این دریاچه‌ها در گذشته بسیار زیادتر از امروز بوده است (درویش‌زاده، ۱۳۷۱: ۱۷۹).

پلایاها و دریاچه‌ها یا به‌طور کلی چاله‌های داخلی نقش اساسی در تعادل آب‌وهوایی و تغییرات اکولوژیکی در کواترنری، در مناطق اطراف خود داشته‌اند، لذا مطالعهٔ آنها برای تعیین اقلیم گذشته همواره مورد توجه بوده است (عبدی و پوربناب، ۱۳۸۹: ۲۶). مخروط‌افکنه‌ها یکی از مهم‌ترین لندفرم‌های کواترنری است که از دیدگاه‌های مختلف و از دیرباز بررسی شده است (گورابی و یمانی، ۱۳۹۱: ۲). مخروط‌افکنه‌ها اشکال تراکمی دارند و بررسی آن‌ها اطلاعات مفیدی از فعالیت‌های نئوتکتونیکی منطقه‌ای را که در آن شکل گرفته‌اند در اختیار محققان قرارمی‌دهد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۸). تعیین نحوهٔ توسعهٔ مخروط‌افکنه‌ها در محیط‌های پویای اقلیمی، موضوع بسیاری از مطالعات این چشم‌اندازهاست. چنین مطالعاتی موجب بازسازی شرایط اقلیمی و طبیعی گذشته می‌شود (مقصودی، ۱۳۹۱: ۴۵). عوامل اصلی در تکامل و تحول مخروط‌افکنه‌ها اقلیم و تکتونیک است. شرایط اقلیمی گذشته و حال تأثیرات مختلفی در تشکیل و تکامل مخروط‌افکنه‌ها دارد (مقصودی، ۱۳۹۱: ۴۴). همچنین، زمین‌ساخت از عوامل اصلی و تأثیرگذار در تحول مخروط‌افکنه‌هاست. شاخص‌های فعالیت‌های زمین‌ساختی وجود گسل‌های موجود است. در بیشتر مواقع مخروط‌افکنه‌ها در محل تلاقی کوهستان و پایکوه، تشکیل می‌شود، جایی که گسل‌ها جبههٔ کوهستانی را از منطقهٔ پایکوهی جدا می‌کند، و باعث تغییر شیب بین کوهستان و نواحی پایکوهی و دشت می‌شود (ابراهیم‌خانی، ۱۳۸۸: ۴۶). حرکات تکتونیکی سطح اساس فرسایشی را تغییر می‌دهد و بر فرایندهای فعال در سطح مخروط‌افکنه‌ها و تکامل آن‌ها تأثیر دارد (خیام و مختاری کشکی، ۱۳۸۲: ۲). در نتیجه تعیین اینکه تغییرات در فرایندهای مخروط‌افکنه‌ای نتیجهٔ کدام یک از عوامل زمین‌ساختی، اقلیمی یا شرایط ژئومورفولوژیکی مخروط‌افکنه‌هاست ما را با شرایط محیطی تأثیرگذار در منطقه بیشتر آشنا می کند (مختاری، ۱۳۸۸: ۱۵۴).

رسوبات دریاچه‌ای پلایا به تغییرات اقلیمی حساس است، به‌طوری که حتی تغییر در میزان بارش باعث تغییرات عمدهٔ سطح دریاچه و شوری می‌شود و این موارد در رسوبات ثبت می‌شود (باتربی، ۱۹۹۹: ۱۰۸). تغییرات در مقیاس بزرگ، در رسوبات دریاچه را می‌توان به تعادل هیدرولوژیکی نسبت داد که به نوبهٔ خود با تغییرات در شرایط آب‌وهوایی و خواص نفوذ حوضهٔ دریاچه هدایت می‌شود (تراسما، ۲۰۱۱: ۱۵۹). پیشینهٔ تغییرات رسوبی شاهدی است بر نوسانات اقلیمی به ویژه در محیط‌های خشک، که حساسیت زیادی به تغییرات اقلیمی دارند (کلینگر و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۱۹). مورفولوژی و رسوبات مخروط‌افکنه حاوی آثاری از تغییرات محیطی در گذشته است. سلوس (۱۹۹۱)، میل (۱۹۸۶) و گالووی (۱۹۸۹) در زمینهٔ نقش تغییرات اقلیمی و زمین‌ساختی در برهم‌زدن توالی و نظم رسوب‌گذاری و دشوارکردن

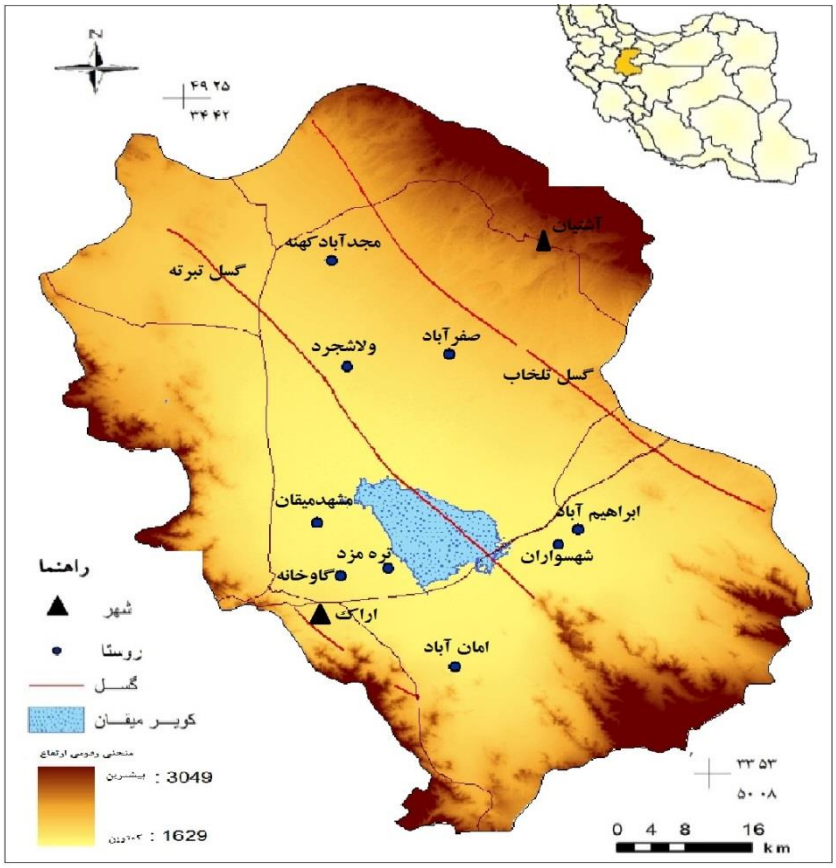
مطالعهٔ روند چینه‌شناسی تحقیقاتی انجام داده‌اند. همچنین، کرینسلی (۱۹۷۰) طی تحقیقات گسترده‌ای به مطالعهٔ پلایاهای ایران پرداخته و در این راستا کویر میقان را نیز مطالعهٔ اجمالی کرده است و از طریق عکس هوایی بیان می‌کند که احتمالاً این دریاچه در گذشته وسعت بیشتری داشته است.

شرکت معدنی املاح ایران نیز در طی سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۲ به منظور جستجو و اکتشاف مادهٔ معدنی سولفات سدیم در محدودهٔ کویر میقان مطالعاتی انجام داد و بزرگ‌ترین معدن سولفات سدیم خاورمیانه را شناسایی کرد. همچنین، پدرامی (۱۳۷۲) دربارهٔ زمین‌شناسی کواترنری و آب‌وهوای گذشتهٔ منطقهٔ کویر میقان تحقیقاتی کرد و اطلاعاتی از زمین‌شناسی، آب‌وهوای کنونی و دیرینه و چینه‌شناسی زمانی نهشته‌های کویر میقان ارائه کرد.

با توجه به بررسی پیشینهٔ تحقیقات صورت گرفته در منطقهٔ کویر میقان باید بیان داشت این تحقیقات اغلب در قالب طرح‌ها و گزارش‌ها وتحقیقات عمرانی دشت اراک صورت گرفته و مباحث در آنان بسیار کلی بررسی شده است، اما این پژوهش نگاهی همه‌جانبه و جزئی‌نگرانه در رابطه با تغییرات سطح اساس منطقه داشته است، به‌طوری که این پژوهش بر آن است تا به بررسی تغییرات سطح اساس چالهٔ میقان، بر اساس شواهد تغییرات اقلیمی و نوزمین‌ساخت کواترنری بر پیرامون چالهٔ میقان بپردازد. به عبارتی، از طریق مقایسهٔ تغییرات مورفولوژی و توالی مخروط‌افکنه‌های پیرامون چاله و ارتباط تغییرات سطح آب دریاچه در دورهٔ کواترنری از طریق شواهد ژئومورفولوژیکی و رسوب‌شناسی موجود در رسوبات دریاچه، به چگونگی تغییرات سطح اساس منطقه می‌پردازد، زیرا چالهٔ میقان حوضهٔ بسته‌ای است که در کواترنری همواره تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و تأثیرات نوزمین‌ساخت بوده است. بنابراین، نباید سطح اساس پایداری داشته باشد و مجاورت مخروط‌افکنه‌ها با چالهٔ میقان، تکامل آن‌ها را در کواترنری مستقل از دریاچه نکرده است. از سوی دیگر، سطح آب دریاچه‌ها در گذشته در نتیجهٔ تغییرات اقلیمی نوساناتی داشته که این نوسانات به طور مستقیم و غیرمستقیم در الگو و رفتار رودخانه‌ها و مخروط‌افکنه‌های منتهی و مشرف به چاله تأثیرگذار بوده است. این پژوهش با بررسی عملکرد این فعالیت‌ها به همراه سایر فرایندهای محیطی و ژئومورفولوژیکی، چگونگی نهشته‌گذاری، توالی مخروط‌افکنه‌ها و سطح اساس منطقه را بررسی می‌کند.

منطقهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مورد بررسی حوضهٔ رسوبی میقان، در مرکز و جنوب‌غربی استان مرکزی واقع شده است. حوضهٔ رسوبی میقان حوضهٔ بسته‌ای است که ۱۹۷۰ کیلومتر مربع وسعت آن را دشت اراک، ۱۰۰ تا ۱۱۰ کیلومتر مربع را پلایای میقان و بقیه را ارتفاعات حاشیهٔ حوضه تشکیل می‌دهد (فضلی‌خانی، ۱۳۸۴: ۷). چالهٔ میقان دربرگیرندهٔ دریاچهٔ فصلی و شور توزلوگل، دشت‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های مشرف به دریاچه است. پست‌ترین نقطهٔ ارتفاعی این حوضه، چالهٔ میقان با ارتفاع متوسط ۱۶۵۰ متر از سطح دریاست.

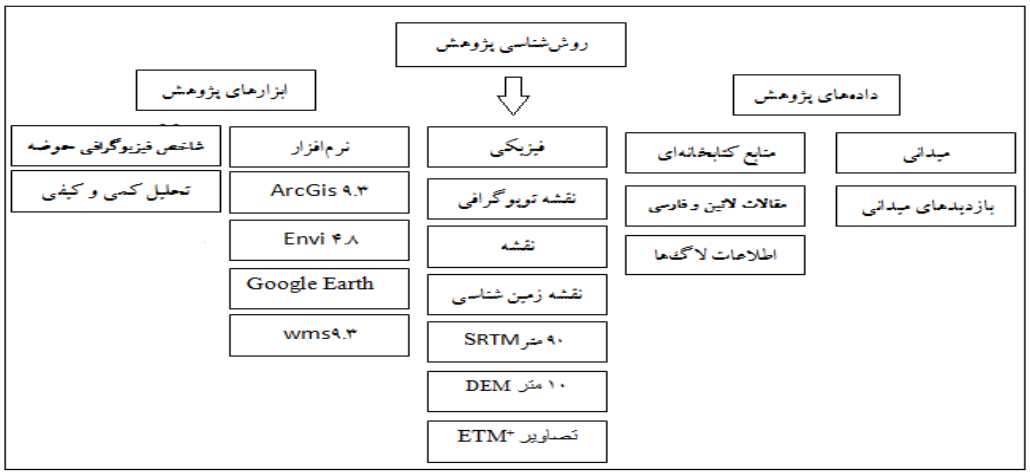


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضهٔ رسوبی چالهٔ میقان

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای ارزیابی تأثیر تغییرات سطح اساس دریاچهٔ میقان بر توالی مخروط‌افکنه‌ها، همچنین کنش و واکنش فرایندهای تکتونیکی- اقلیمی طی پلیستوسن– هولوسن، همچنین توسعه و تکامل لندفرم‌ها، از داده‌های حاصل از بررسی‌های میدانی از جمله داده‌های حاصل از مغزه‌های تهیه‌شده از چاه‌های اکتشافی، خطوط اثر گسل‌ها و داده‌های مورفوتکتونیکی، اقلیمی و پالئو اقلیمی استفاده شده است. انجام این پژوهش مستلزم استفاده از ابزارهایی از جمله نقشه‌های توپوگرافی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و مدل‌های رقومی ارتفاعی مختلف (DEM 10 متر SRTM90 متر)، همچنین، تصاویر ماهواره‌ای (ETM و Google Earth) بوده است. در این پژوهش برای بررسی تغییرات سطح اساس منطقهٔ کویر میقان مخروط‌افکنه‌ها و داده‌های رسوبی دریاچه‌ای و آبرفتی منطقه تجزیه‌وتحلیل شد. پس از بررسی‌های سنجش از دور و بازدیدهای میدانی، از آنجا که در حال حاضر آثار سطحی مبنی بر وجود پادگانهٔ دریاچه‌ای در همه جای چاله یافت نشد، داده‌های رسوبی دریاچه‌ای و توالی مخروط‌افکنه‌های حاشیه‌ای مشخص‌ترین لندفرم‌های کواترنری است که توالی تأثیرات تکتونیکی و تغییرات اقلیمی و از سویی حدود گسترش دریاچه را تعیین می‌کند. برای استخراج مرز مخروط‌افکنه‌ها از روش مدل قرینهٔ ارتفاعی Dem (گورابی و کریمی،۱۳۹۱: ۹۵) و برای ارزیابی دقت آن‌ها از نقشه‌های توپوگرافی، ژئومورفولوژی(DEM 10 متر و تصاویر QuickBird ETM^+ و Google Earth) استفاده شده است. برای استخراج حوضهٔ زهکشی نیز از نرم‌افزار wms 9.3 استفاده شده است.

در این راستا مورفولوژی، ساختار و موقعیت زمین‌شناسی، حوضه‌های زهکشی و تغییرات سطح اساس چاله تجزیه‌وتحلیل شد. بررسی مخروط‌افکنه‌ها در این پژوهش تحلیلی مقایسه‌ای بود. ابتدا، با مشاهدات دقیق تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی، مقایسهٔ مکانی فرم‌ها و فرایندها لحاظ شده است. برای بررسی توالی مخروط‌ها، روش‌های مورفومتری به کار رفت. سپس، با توجه به بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه‌ها، سن نسبی و سرانجام توالی آن‌ها تعیین شده است. در نهایت، تأثیر تغییرات اقلیم و نوزمین‌ساخت با لندفرم‌های موجود ارتباط داده شد.



شکل ۲. طرحوارهٔ روش‌شناسی و تکنیک‌های پژوهش

مطالعات رسوب‌شناسی و چینه‌شناسی نیز بر اساس مغزهٔ چاه‌های اکتشافی (گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی اراک، سازمان آب منطقه‌ای استان مرکزی، ۱۳۴۹)، مقایسهٔ مغزه‌های رسوبی پیرامون چالهٔ میقان و سپس درون‌یابی بخش‌های مشترک آن‌ها در محیط GIS با Method Inverse Distance Weighting انجام شد. تهیهٔ نقشه، حدود گسترش دریاچه در محدودهٔ منحنی ۲۰۰۰ متر منطقه در اطراف کویر میقان برای کاهش مساحت حوضه و دقت بالاتر درون‌یابی صورت گرفت. پس از آن با توجه به مطالعات پالئوژئوگرافی، اقلیم دیرینهٔ منطقه و نرخ رسوب‌گذاری محاسبه‌شدهٔ پدرامی (۱۳۷۲)، رسوبات و چینه‌بندی منطقه بررسی شد. در پایان، با ارزیابی وضعیت زمین‌ساختی منطقهٔ مورد مطالعه با توجه به مورفوتکتونیکی گسل‌های منطقه و کنش و واکنش تغییرات اقلیمی،گسترهٔ فرونشست چالهٔ میقان تعیین شده است.

یافته‌های پژوهش

یافته‌های حاصل از این پژوهش در بخش‌های پالئواقلیم و پالئوژئوگرافی، رسوب‌شناسی، ژئومورفولوژی و مورفوتکتونیکی به شرح زیر است.

۱. پالئو اقلیم و پالئوژئوگرافی. در این بررسی بازسازی سطوح تراز چالهٔ میقان با استناد به مطالعات پیشینیان و شواهد رسوبی و بررسی‌های میدانی انجام شده است. کویر میقان جزو دریاچه‌های پلوویال کواترنری محسوب می‌شود. دربارهٔ اینکه کویرهای امروزی زمانی دریاچه بوده‌اند نمی‌توان شک کرد ولی دربارهٔ وسعت و عمق این دریاچه نظرات

متفاوتی وجود دارد (جداری‌عیوضی، ۱۳۸۷: ۸۰). کرینسلی (۱۳۸۸) و پدرامی (۱۳۷۲) حدود دریاچهٔ میقان را در گذشته بیشتر از حد فعلی می‌دانند اما وسعت و عمقی را به طور خاص برای این منطقه بیان نکرده‌اند. در این پژوهش با استناد به داده‌های رسوبی حدود تقریبی آن در گذشته تعیین شده است.

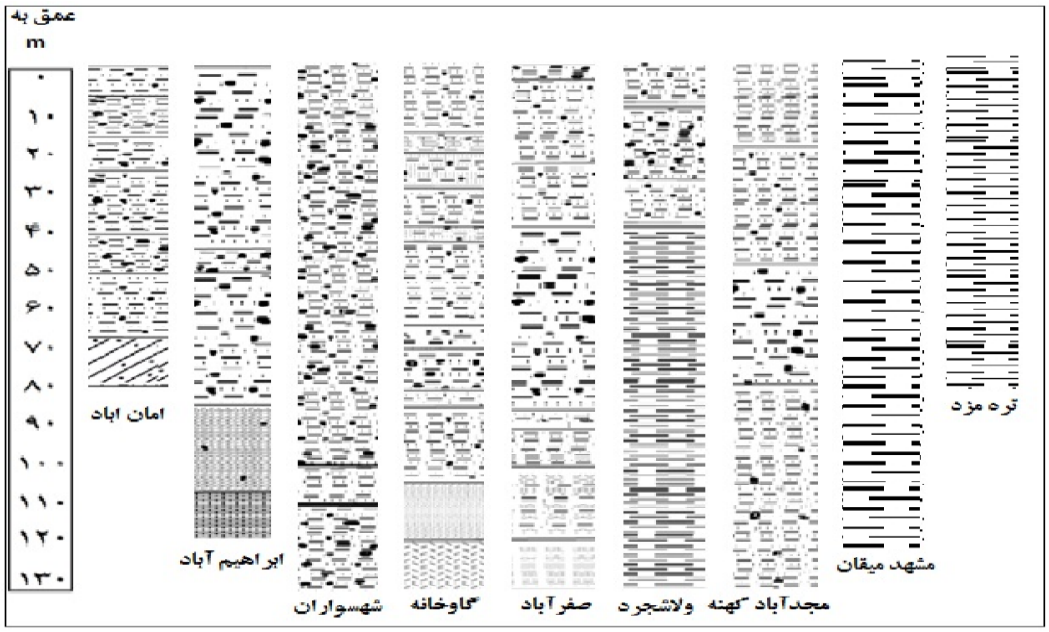
۲. رسوب شناسی. شواهد رسوبی و نوع رسوبات، اطلاعات بسیار مناسبی از محیط تشکیل رسوبات و شرایط آب‌وهوایی گذشته است. طبق مطالعات رسوب‌شناسی و بررسی مغزهٔ چاه‌های اکتشافی ولاشجرد، مشهد میقان و تره‌مزد چاه ۱۳۰ متری ولاشجرد در ارتفاع ۱۷۱۵ متر از سطح دریا قرار دارد و ستون چینه‌شناسی آن از سطح زمین تا عمق ۴۰ متری توالی رسوبات (رس، ماسه و گراول) را نشان می‌دهد که بیانگر رسوبات مخروط‌افکنه‌ای است. از عمق ۴۰ متر تا ۱۳۰ متری رسوبات ۱۰۰٪ رسی بیانگر رسوبات دریاچه‌ای است. چاه ۱۲۰ متری مشهد در ارتفاع ۱۶۷۲ متر از سطح دریا قراردارد و ستون چینه‌شناسی آن از سطح تا عمق ۱۲۰ متر بیانگر رسوبات ۱۰۰٪ رسی نشان‌دهندهٔ رسوبات دریاچه‌ای است (گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی اراک، ۱۳۴۹). همچنین، چاه ۸۰ متری تره‌مزد در ارتفاع۱۶۷۰ متر از سطح دریا قرار دارد که ستون چینه‌شناسی آن از سطح تا عمق ۸۰ متری، رسوبات ۱۰۰٪ رسی را نشان می‌دهد. پس سه‌لایهٔ رس ۹۰، ۸۰ و ۱۲۰ در پیرامون چاله داریم که شرایط تشکیل یکسانی داشته‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. فراوانی رسوبات رس در مغزهٔ چاه‌های اکتشافی

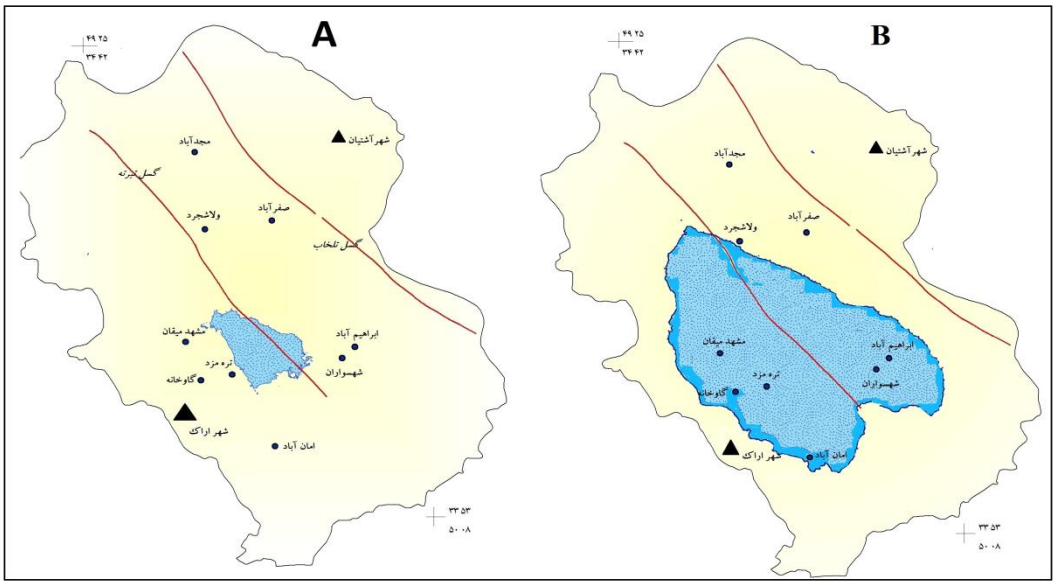
نام	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	۱۰ متر	۲۰ متر	۳۰ متر	۴۰ متر	۱۳۰ متر
ولاشجرد	۳۸۳۱۱۲	۳۸۰۷۱۱۸	۱۷۱۵	۶۰	۵۰	۶۰	۶۰	...
مشهد	۳۷۹۶۰۰	۳۷۸۶۱۸۲	۱۶۷۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	...
صفرآباد	۳۹۴۹۳۰	۳۸۰۸۸۵۶	۱۷۴۹	۰	۰	۰	۰	...
مجدآباد کهنه	۳۸۱۶۱۲	۳۸۲۱۶۷۹	۱۸۳۰	۴۰	۷۰	۵۰	۵۰	...
گاوخانه	۳۸۲۳۸۰	۳۷۷۹۲۲۷۶	۱۶۸۵	۳۰	۶۰	۶۰	۳۰	...
ابراهیم‌آباد	۴۰۹۴۸۸	۳۷۸۵۶۶۱	۱۶۸۶	۲۰	۱۵	۱۰	۱۲	...
شهسواران	۴۰۷۳۹۰	۳۷۸۳۱۸۶	۱۶۸۱	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	...
امان‌آباد	۳۹۵۶۳۷	۳۷۶۶۷۶۷	۱۷۲۲	۴۰	۴۰	۲۰	۳۳	...
تره‌مزد	۳۸۷۸۱۲	۳۷۸۰۰۶۱	۱۶۶۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	...
راهزان	۳۸۱۸۸۷	۳۷۷۶۰۶	۱۷۱۱	۰	۰	۰	۰	...

اگر چالهٔ میقان را با ارتفاع ۱۶۵۷ متر از سطح دریا سطح مبنا قراردهیم، اختلاف ارتفاع چاه ولاشجرد با سطح مبنا (چالهٔ میقان) ۵۸ متر، چاه مشهد میقان ۱۵ متر و چاه تره‌مزد ۱۷ متر است. بنابراین، اختلاف ارتفاع چاه‌های مشهد میقان و تره‌مزد با ولاشجرد به ترتیب ۴۳ و ۴۵ متر است. در چاه ولاشجرد از عمق ۴۰ متری به لایهٔ ۱۰۰٪ رسی می‌رسیم که نشانگر شرایط محیط رسوبی یکسان با مشهد میقان و تره‌مزد است، ولی در چاه مشهد میقان و تره‌مزد از سطح به عمق رسوبات ۱۰۰٪ رسی است.

طبق بررسی‌های رسوب‌شناسی، این لایه‌ها (شکل۳) دارای شرایط یکسانی برای تشکیل بوده است و با استناد به این شواهد منحنی چاه ولاشجرد با ارتفاع ۱۷۱۵ متر را برای حداکثر گسترش دریاچه در کواترنری در نظر می‌گیریم (شکل 4B). البته، با فرض ثبات تکتونیکی منطقه در پیرامون چاله، این وسعت فراتر از سطح تراز امروز است (شکل ۴). سنی که پدرامی (۱۳۷۲: ۲۷) براساس سرعت رسوب‌گذاری، چرخه‌های رسوبی و سالچینه‌ها برای قاعدهٔ کرومرین در کویر میقان به‌دست آورده در حدود ۳۷۰ هزار سال است. با این رقم ضخامت نهشته‌های حوضهٔ رسوبی میقان در بخش‌های میانی آن از ابتدای کرومرین تاکنون ۷۴۰ متر خواهد بود که با شواهد ژئوفیزیکی هم سازگاری دارد.

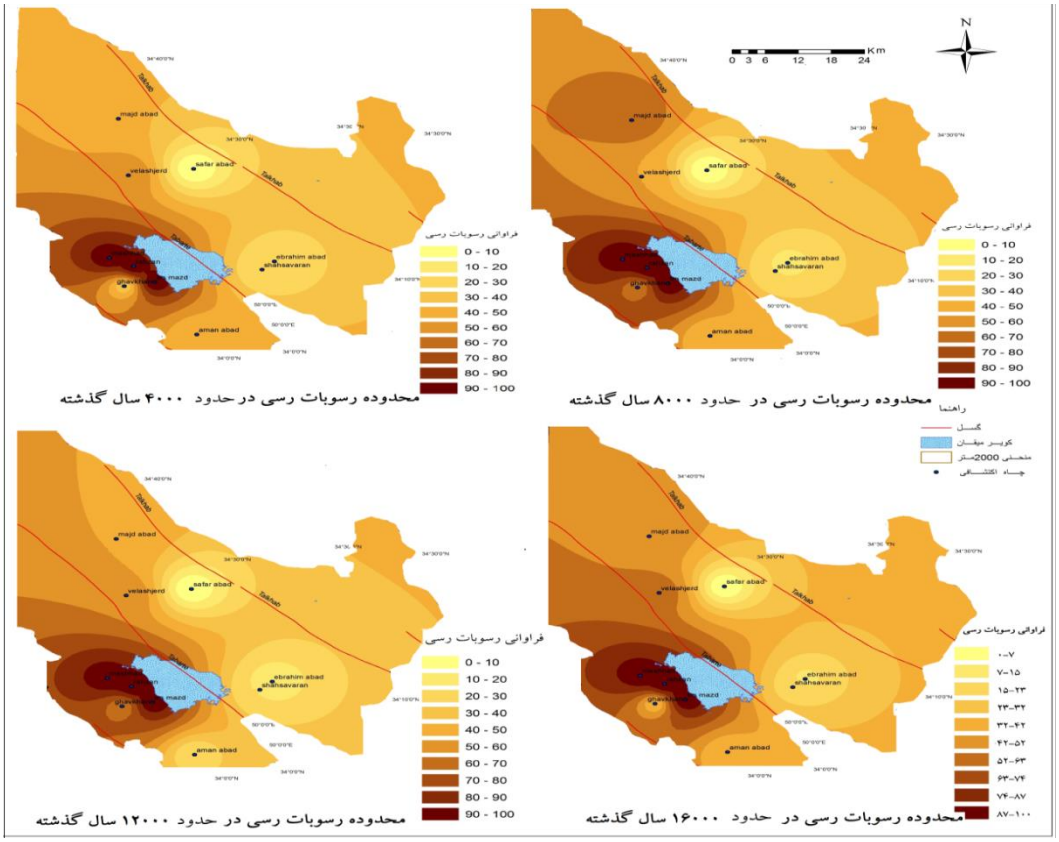


شکل ۳. تصویر چینه‌شناسی لاگ‌چاه‌های اکتشافی



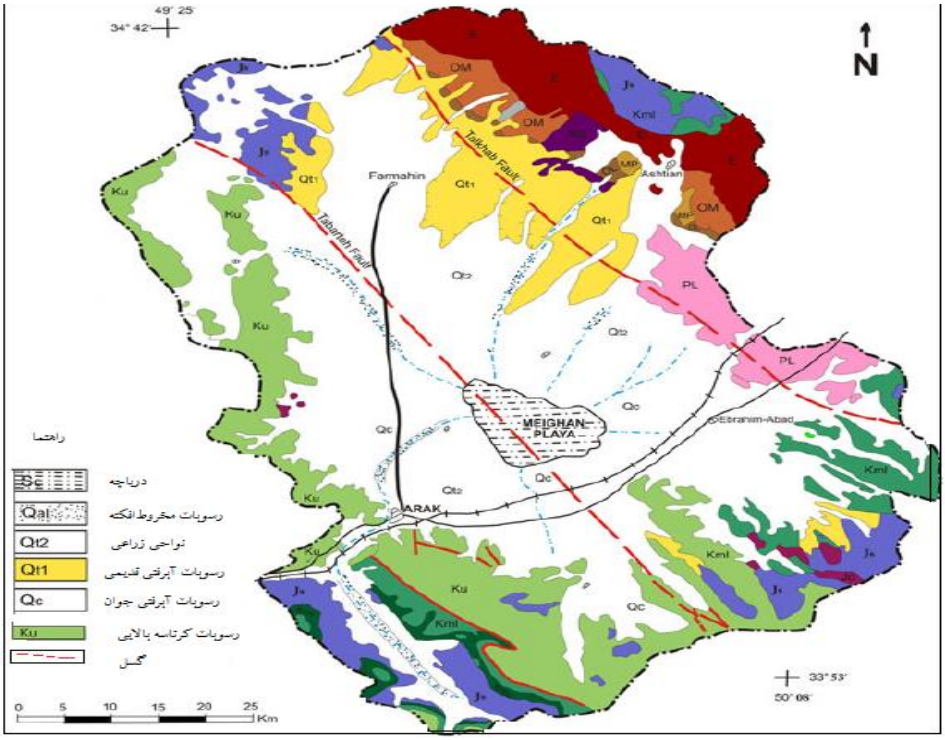
شکل ۴. حدود دریاچهٔ میقان در تصویر A حدود کنونی و B طبق تراز ارتفاعی مغزهٔ ولاشجرد

با استناد به پدرامی (۱۳۷۲)، نرخ رسوبگذاری حدود ۲/۲۵ تا ۲/۵ متر در هر ۱۰۰۰ سال برای منطقه در نظر گرفته شده است. در این پژوهش هر ۱۰ متر رسوب انباشت‌شده در کویر میقان، با سن تقریبی حدود ۴۰۰۰ سال در نظر گرفته شد و با شواهد رسوبی مغزه‌ها، در چاه اکتشافی و استفاده از روش‌های درون‌یابی برای رسوبات حدود دریاچه، با تعیین سن تقریبی (شکل ۵) مشخص شده است. بررسی نقشه‌ها (شکل ۵) نشان می‌دهد که شواهد رسوبی مغزه‌ها و فراوانی رسوبات رسی در بخش غربی و جنوبی بیانگر این است که عمق بیشتر دریاچه در دامنهٔ غربی و جنوبی چاله بوده است و در حدود ۸۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰ سال گذشته وسعت رسوبات رسی شرایط اقلیمی مرطوب‌تری را نشان می‌دهد و بیانگر گسترش و پیشروی دریاچه در آن زمان است.



شکل ۵. حدود دریاچه با استناد به شواهد مغزه‌های رسوبی

از نظر تأثیرات تکتونیکی نیز با بررسی زمین‌ساخت منطقه می‌توان اذعان کرد که دشت اراک همانند سایر دشت‌های ساختمانی ایران مرکزی، در نتیجهٔ دخالت و عملکرد گسل‌ها به وجود آمده است. ساختمان دشت و چالهٔ میقان گرابنی است. در حال حاضر نیز به دلیل فشار ناشی از همگرایی ساختمان، همچنین وزن رسوبات، در حال فرونشست است (علایی، ۱۳۹۰: ۲۵۳).



شکل ۶. موقعیت زمین‌شناسی چالهٔ میقان (اقتباس ار رحیم‌پور بناب، ۲۰۱۲ با اندکی اصلاح)

در واقع، چالهٔ میقان حاصل فرونشست گسلی در نتیجهٔ عملکرد موازی گسل‌های تبرته و تلخاب است (شکل ۶؛ علایی طالقانی، ۱۳۷۵: ۷۸). راستای گسل‌های منطقه شمال‌غربی- جنوب‌شرقی است. گسل تبرته مرز بین اسفندقه- مریوان در مغرب و ایران مرکزی در مشرق به شمار می‌رود و تقریباً از قسمت مرکزی چالهٔ میقان عبور می‌کند (شکل ۶). این گسل از نوع نرمال است و شیب سطح گسل به سمت شمال‌شرق است. گسل تلخاب نیز از سمت شمال‌شرقی چالهٔ میقان عبور می‌کند، با این تفاوت که شیب گسل تلخاب به سمت جنوب‌غربی است (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۷۰: ۳).

شواهد نوزمین‌ساختی- اقلیمی

برای ارزیابی تأثیر فرونشست چالهٔ میقان و تغییرات سطح اساس آن بر دشت اراک به بررسی آثار متقابل نوزمین‌ساخت و تغییرات اقلیمی در پادگانه‌های دریاچه‌ای، حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های منطقهٔ مورد مطالعه پرداخته‌ایم.

پادگانه‌های دریاچه‌ای

با توجه به بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی در کویر میقان در رابطه با وجود پادگانه‌ها باید بیان داشت محققان از جمله کرینسلی (۱۹۷۰) به پادگانهٔ شمال‌شرقی چاله در حوالی روستای سیاوشان اشاره می‌کنند و با توجه به شواهد موجود آن را پادگانهٔ دریاچه‌ای می‌دانند. اما با توجه به بررسی تصاویر ماهواره‌ای و بررسی‌های میدانی، پادگانهٔ مذکور جزو پادگانه‌های آبرفتی در مخروط افکنه‌های مطبق ناحیهٔ شمال شرقی حساب می‌شود. پدرامی (۱۳۷۲) به وجود پادگانه‌های حدود ۱/۵ متری (حوالی جنوب داوودآباد) اشاره کرده که امواج آب در فصل‌های پرآبی پای تراس را شسته و دیوارهٔ آن را پرشیب

کرده است. اما امروزه، در بررسی‌های میدانی، آثاری از آن یافت نشده است و به نظر می‌رسد علاوه بر عوامل طبیعی، فعالیت‌های انسانی نیز باعث از بین رفتن آن‌ها شده است. اما پس از بررسی‌های تصاویر ماهواره‌ای و پروفیل‌های DEM ۱۰ متر در حوضهٔ رسوبی و بازدیدهای میدانی در (چهار جهت جغرافیایی)، باید بیان داشت پادگانه‌های دریاچه‌ای در حوالی کویر میقان از بین رفته است. امروزه، شواهدی از آنان در منطقه یافت نمی‌شود و در حوضه‌های بسته به دلیل ورودی بسیار زیاد آب‌ها و فعالیت‌های نوزمین‌ساختی تراس‌ها از بین رفته است.

بررسی‌های مورفوتکتونیکی حوضه‌های زهکشی پیرامون چالهٔ میقان و لندفرم‌های کواترنری پیرامون چاله نشان می‌دهد که فرایندهای‌های تکتونیکی در نیمهٔ شمالی نسبت به نیمهٔ جنوبی چاله فعال‌تر است. شواهد نوزمین‌ساختی زیر دلالت بر این امر دارد:

۱. شیب بستر آبراهه‌هایی که از روند محوری طبقات زمین تبعیت می‌کند (حوضهٔ اراک) غالباً کمتر از شیب بستر مسیل‌هایی است که در امتداد شیب ساختمانی طبقات به‌وجود آمده است (حوضهٔ آشتیان).

۲. شبکهٔ آبراهه‌هایی که در مخروط آشتیان امتداد یافته‌اند برای رسیدن به سطح پایه مسیر طولانی‌تری را نسبت به آبراهه‌های مخروط اراک در سطح دشت طی می‌کند. این ویژگی ناشی از شیب نامتقارن دشت اراک است (شکل ۷).

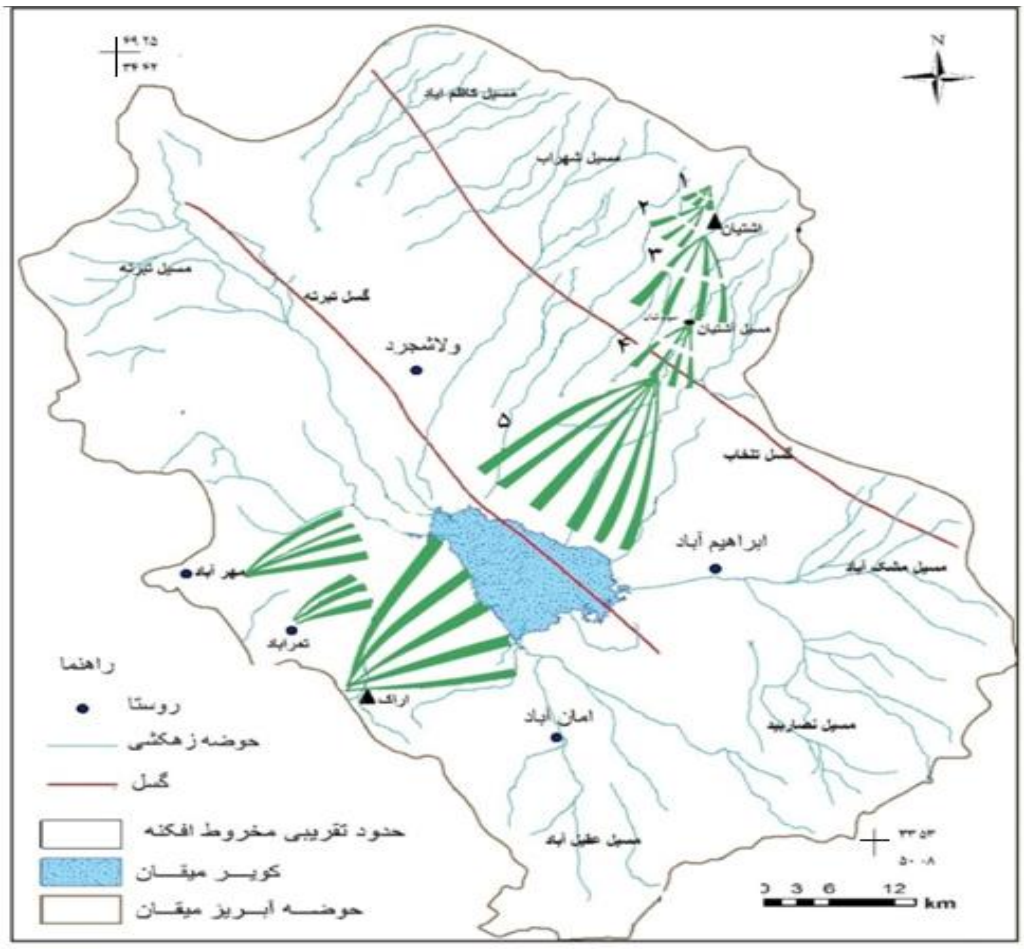
۳. آبراهه‌های نیمهٔ شمالی دشت اراک تا مسافت زیادی در سطح دشت بستری عمیق دارد، در حالی که در نیمهٔ جنوبی، بستر آبراهه‌ها عموماً در مقاطع نزدیک به کوهستان هم‌سطح زمین می‌شود. این ویژگی موجب شده است تا در حاشیهٔ مسیل‌های بخش شمالی دشت اغلب دو و گاهی سه سطح پادگانهٔ محلی دیده شود، ولی چنین سطوحی در حاشیهٔ مسیل‌های نیمهٔ جنوبی دشت کمتر به چشم می‌خورد.

شکل ۷. پادگانهٔ آبرفتی حوالی روستای سیاوشان

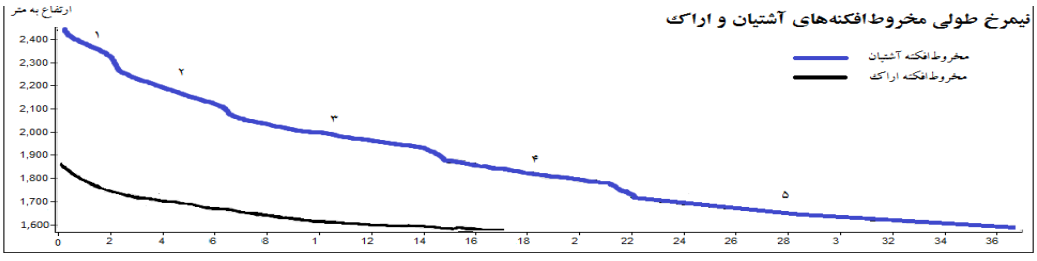
۴. آرایش شبکهٔ آبراهه‌ها در نیمهٔ شمالی حوضه به‌صورت موازی است. چنین آبراهه‌هایی در دامنهٔ جنوب شرقی و شرقی حوضه نیز کم‌وبیش قابل مشاهده است، اما در نیمهٔ شمالی حوضه آبراهه‌ها ابتدا به موازات هم از شمال شرق به جنوب غرب امتداد یافته‌اند، سپس در بخش میانی دشت (جایی که زمین هموار و مسطح می‌شود) برای رسیدن به سطح پایه به طرف جنوب منحرف می‌شود (شکل ۸). این ویژگی به احتمال زیاد ناشی از محدودشدن سطح پایهٔ کویر میقان از شمال‌غرب به طرف جنوب‌شرق محل کنونی آن، همچنین ناشی از عملکرد فعالیت نوزمین‌ساختی گسل‌های تبرته و تلخاب و فرونشست چاله در کواترنری است (شکل۶). این شواهد نقش دخالت عامل زمین‌ساخت در تحول نیمهٔ شمالی

دشت اراک مجاور ایران مرکزی و پایداری آن در نیمهٔ جنوبی و جنوب غربی (مجاور سنندج– سیرجان) را در طـول دورهٔ کواترنری تأیید می‌کند (علایی، ۱۳۷۵: ۱۵۵).

۵. نیمرخ طولی سطح مخروط‌افکنه‌هـا در تحلیـل شـیب و توپوگرافیـک بسـیار مـؤثر اسـت. مسـیر نیمـرخ طـولی مخروط‌افکنه‌های اراک و آشتیان (شکل ۸) نشان می‌دهد که شیب اراک بسیار کم و حدود ۰/۵ درصد و اخـتلاف ارتفـاع رأس تا قاعدهٔ مخروط‌افکنه کم است (شکل ۹). اما در مخروط‌افکنهٔ آشتیان شیب زیاد و رأس اولین سطح مخروط‌افکنـه تا قاعدهٔ پنجمین مخروط‌افکنهٔ منطقه حدود ۷۰۰ متر است (شکل ۹).



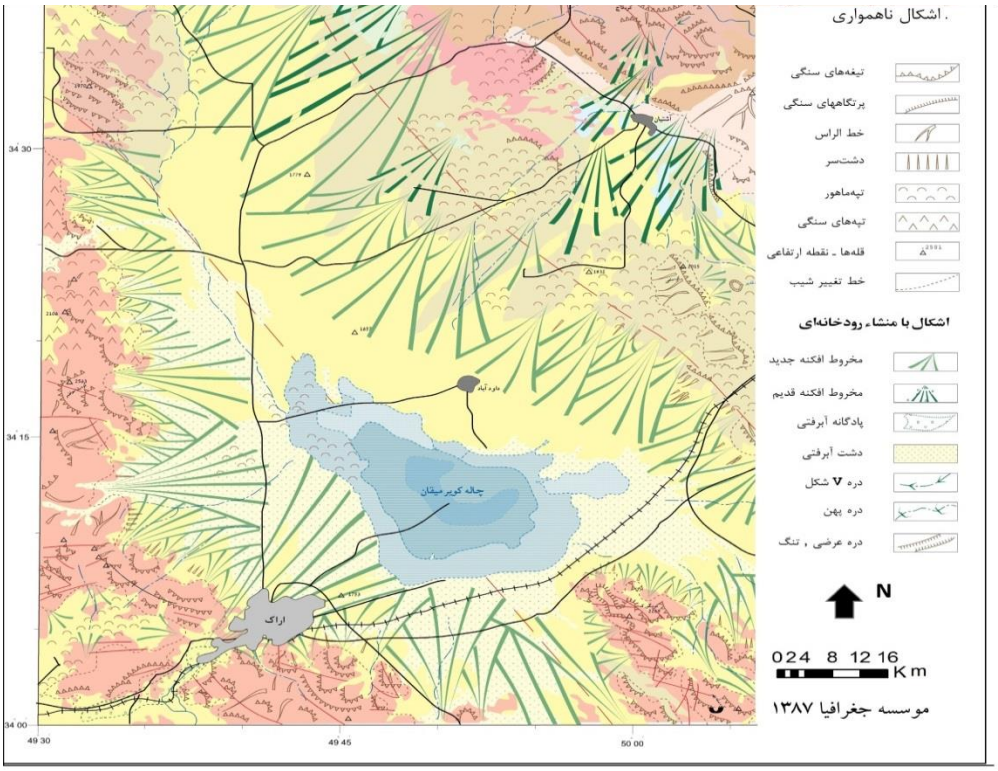
شکل ۸. حوضهٔ زهکشی و توالی مخروط‌افکنه‌ها



شکل ۹. نیمرخ طولی مخروط‌افکنهٔ آشتیان

مورفولوژی و مورفوتکتونیکی مخروط‌افکنه

در بررسی مخروط‌افکنه‌های پیرامون چالهٔ میقان، تأثیر تغییرات سطح اساس سه مخروط‌افکنهٔ اراک، تمرآباد و مهرآباد در دامنهٔ جنوبی با مخروط افکنهٔ آشتیان در دامنهٔ شمالی مقایسه شد. با توجه به بازدیدهای میدانی و بررسی تصاویر ماهواره‌ای و نقشهٔ ژئومورفولوژی دشت اراک مخروط‌افکنه‌های اراک، تمرآباد و مهرآباد شواهد تغییرات نوزمین‌ساختی (توالی مخروط‌افکنه، جابه‌جایی رأس مخروط‌افکنه و جزآن؛ شکل ۱۰) دیده نمی‌شود. در بازدیدهای میدانی نیز علایم و شواهدی از تقطیع مخروط‌افکنه‌ها، جابه‌جایی مسیر رودخانه و ایجاد تپه‌ماهورهای نشان‌دهندهٔ مخروط‌افکنه‌های قدیمی وجود ندارد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. نقشهٔ ژئومورفولوژی مقیاس ۱,۲۵۰۰۰۰ (مؤسسهٔ جغرافیا، ۱۳۷۸)

ساختار مورفولوژیکی نیمهٔ شمالی دشت اراک متشکل از پادگانه‌های آبرفتی، تپه‌ماهورهای آبرفتی و سنگی، گاهی سطوح تکتونیکی و فرسایشی است که تا ارتفاع بیش از ۲۲۰۰ متر (پایکوه‌های واحد ساختمانی ارومیه دختر) تا ۱۶۵۸ متر (حاشیهٔ کویر میقان) گسترده شده است (علایی، ۱۳۷۵). از کویر میقان تا دامنهٔ کوه‌های واحد آشتیان به دلیل تراکم رسوب‌ها طی چند دوره فرسایش شیب یکنواخت نیست و سطوح پله‌مانندی را منعکس می‌کند (شکل ۱۰). پیشروی و تغییر محل رسوبگذاری روی مخروط‌افکنه سبب ایجاد سطوح جدید مخروط افکنه و باعث غیرفعال‌شدن سطوح قبلی می‌شود که ناشی از تغییرات سطح اساس در شمال منطقه (آشتیان) است. توالی مخروط‌افکنه‌های قدیمی به جدید نیز مشاهده می‌شود (شکل‌های ۸ و ۱۰). با بازدیدهای میدانی، بررسی دقیق تصاویر ماهواره و نقشهٔ ژئومورفولوژی منطقه،

پنج مخروط‌افکنهٔ قدیمی را در شمال دشت اراک (آشتیان) مشخص کردیم که طبق شکل‌های ۸ و ۱۰ ناشی از تغییر سطح اساس در منطقه است و از شواهد اقلیمی و نوزمین‌ساختی تبعیت می‌کند. شواهد موجود روی مخروط‌افکنهٔ آشتیان که دلالت بر فعالیت‌های چشمگیر فرایندهای نوزمین‌ساختی طی کواترنری دارد عبارت است از:

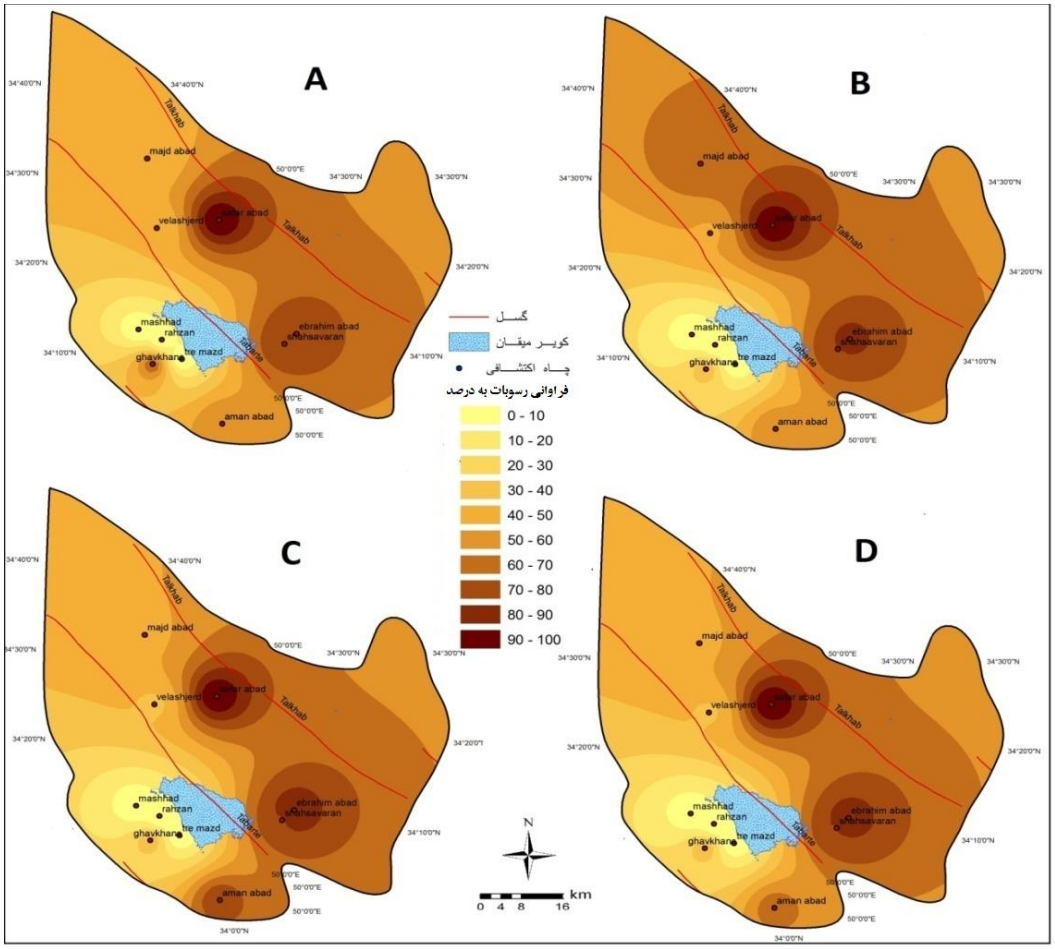
۱. ایجاد تپه‌ماهورهای وسیع روی سازندهای دوران کواترنری که معرف حرکات تکتونیکی است.

۲. اثر خط گسل تلخاب روی رسوبات کواترنری و لندفرم‌های کواترنری

۳. وجود رسوبات ضخیم آبرفتی که از ۵۰ متر تا ۱۰۰ متر در پایین مخروط شروع می‌شود.

شواهد رسوبات مخروط‌افکنه‌ای

در بخش شمالی چالهٔ میقان (مخروط‌افکنه‌های آشتیان)، به خوبی می‌توان توالی پنج مرحله تغییرات سطح اساس را در مخروط‌افکنه‌های این بخش مشاهده کرد. از سویی، با فراوانی رسوبات شن و ماسه در مغزهٔ چاه‌های اکتشافی به عنوان رسوبات مخروط‌افکنه‌ای قدیمی و تشابه کامل آن‌ها با رسوبات مخروط‌افکنه‌ای کنونی می‌توان این توالی را اثبات کرد. شواهد این رسوبات محدودهٔ مخروط‌افکنه‌های گذشته را تأیید می‌کند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. فراوانی رسوبات مخروط‌افکنه‌ای حوضهٔ رسوبی میقان در تصویر A حدود ۴۰۰۰ هزار سال قبل، در B حدود ۸۰۰۰ هزار سال قبل، در C حدود ۱۲۰۰۰ هزار سال قبل و در D حدود ۱۶۰۰۰ هزار سال قبل

حاکمیت رژیم آب‌وهوایی نیمه‌خشک بر منطقه، همچنین، فعالیت‌های تکتونیکی، موجب حرکات بالاآمدگی و فرونشست با مقادیر متفاوت در بخش‌های مختلف چاله شده است. نتیجهٔ عملکرد این فعالیت‌ها به همراه سایر فرایندهای محیطی و ژئومورفولوژیکی، بر چگونگی رسوبگذاری و توالی مخروط‌افکنه‌ها مؤثر بوده است. رسوبات مخروط‌افکنهٔ اراک در شرایط آرامی بر جای گذاشته شده است، اما مخروط آشتیان به دلیل شیب بیشتر و موقعیت تکتونیکی و قرارگیری در بین گسل‌های منطقه شرایط متغیرتری را پشت سر گذاشته است. با استناد به تصاویر A، B، C، D در شکل ۱۱، وجود فراوانی رسوبات ماسه و شن در ۱۶۰۰۰ هزار سال گذشته در منطقهٔ شمالی و شرقی چاله (محدودهٔ مخروط‌افکنهٔ آشتیان) بیانگر شرایط مرطوب‌تر اقلیمی و وجود مخروط‌افکنه‌های بزرگ در منطقه بوده است.

نتیجه‌گیری

ارزیابی کنش و واکنش فرایندهای نوزمین‌ساخت- اقلیمی بر لندفرم‌های پیرامون چالهٔ میقان (مخروط‌افکنهٔ آشتیان در شمال‌شرق و مخروط‌افکنهٔ اراک در جنوب شرق) نشان می‌دهد که تغییرات سطح اساس پلایای میقان در کواترنری بر مورفولوژی و توالی مخروط‌افکنه‌ها پیرامون چاله تأثیر شگرفی گذاشته است. اگرچه طبق نظر کرینسلی (۱۳۸۸) و پدرامی (۱۳۷۲) چالهٔ میقان در گذشته وسعت بیشتری دارد، این گسترش در جهات مختلف تفاوت‌های معناداری دارد از جمله:

۱. بررسی شواهد رسوبات رسی منطقه و درون‌یابی مغزهٔ چاه‌های ولاشجرد، تره‌مزد و مشهد میقان، با در نظر داشتن محیط تشکیل یکسان برای لایه‌های رسی ۹۰، ۸۰ و ۱۲۰ متری این مغزه‌ها در دریاچهٔ میقان در کواترنری، احتمالاً حدود ۵۷ متر بوده است (شکل ۴)، اما این سطح تراز در سمت شرق و شمال‌شرق (شکل ۹) مقداری به سمت محدودهٔ فعلی می‌رود.

۲. با بررسی شرایط زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه (شکل ۶) باید بیان داشت که این منطقه از تأثیرات نوزمین‌ساختی نیز متأثر شده است، به‌طوری‌که عملکرد گسل تلخاب و تبرته، همچنین تأثیر فرونشست چاله بر حوضهٔ زهکشی و مخروط‌افکنه‌های پیرامون چاله (شکل ۹) کاملاً مشهود است و تأثیرات متغیری در مورفولوژی پیرامون چالهٔ میقان بر جای گذاشته است.

۳. مهم‌ترین عامل تغییردهندهٔ چشم‌انداز مخروط‌افکنه‌های دشت اراک تغییرات اقلیمی دوره‌های خشک و مرطوب کواترنری و تغییرات نوزمین‌ساخت محلی بوده است که به دلیل تأثیر متفاوت زمین‌ساختی در پیرامون چالهٔ ما مورفولوژی متفاوتی از مخروط‌افکنه‌ها را شاهدیم.

۴. اگرچه تغییرات اقلیمی در حجم رسوبگذاری نقش بسیار مهمی برجای گذاشته است، اما شواهد مرفوتکتونیکی بیانگر تسریع فرایندهای شکل‌زایی توسط عملکرد نوزمین‌ساختی است. باید بیان داشت با وجود شرایط اقلیمی برابر برای حوضهٔ رسوبی میقان، پنج تغییر سطح اساس را در دامنهٔ شمالی چاله برای مخروط آشتیان تعیین کردیم که سه سطح اساس مربوط به تغییر مسیر رودخانه در اثر فعالیت‌های نوزمین‌ساختی بوده است. برای دوسطح بعدی تشخیص تأثیر عملکرد اقلیمی و نوزمین‌ساختی محسوس نیست. همچنین، تکرار مخروط‌افکنه‌های قدیمی به جدید همانند پادگانه‌های آبرفتی نشانگر فازها و تنش‌های تکتونیکی در گذشتهٔ زمین‌شناسی است و از آنجا که تغییرات سطح اساس موجب تحول

و قدیمی‌شدن مخروط‌افکنه‌ها می‌شود، بنابراین تنها عاملی که می‌توانسته موجب تغییرات رسوبگذاری در مخروط‌افکنهٔ آشتیان شود، جهش متوالی گسل‌های منطقه در طول دورهٔ اخیر است. از جمله شواهد تغییرات سطح اساس در مخروط‌افکنه‌های دامنهٔ شمالی، می‌توانیم به وجود تپه‌ماهورهای وسیع، تقطیع مخروط‌افکنه‌ها و متروک‌شدن سطح مخروط‌های قبلی اشاره کنیم، اما در دامنهٔ جنوبی تغییرات سطح اساس به توالی مخروط‌افکنه‌ها نینجامیده است و بیشتر منطقهٔ جنوبی متأثر از تغییرات اقلیمی بوده است و تأثیرات نوزمین‌ساخت منطقه در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها محسوس نیست.

به‌طور کلی، نتایج حاصل از بررسی نشان می‌دهد که توالی رسوبات دانه‌ریز سیلت و رس و ماسه و شن در مغزهٔ چاه‌های اکتشافی نشان‌دهندهٔ تغییرات محیطی به‌ویژه تغییرات اقلیمی در کواترنری است. توالی این رسوبات در دامنهٔ جنوبی و سطح زیر مخروط‌افکنهٔ اراک و تمرآباد و مهرآباد بسیار مشهود است. همچنین، منطقه در کواترنر تحت تأثیر حرکات نوزمین‌ساختی– جابه‌جایی گسل‌ها قرار گرفته است که منجر به انحراف مسیر رودخانهٔ آشتیان و تقطیع مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی شده است. با استناد به شواهد ژئومورفولوژیکی، می‌توان نتیجه گرفت که این پلایا در منطقهٔ پرتحرکی از نظر تکتونیک قرار داشته است و تغییرات اقلیمی، به‌ویژه نئوتکتونیک باعث تغییرات سطح اساس در پلایای میقان شده و تأثیرات نوزمین‌ساختی در دامنهٔ شمالی بیشتر و باعث عدم تقارن در منطقه شده است.

منابع

ابراهیم‌خانی، ن. (۱۳۸۸). تأثیر تکتونیک فعال بر شکل‌گیری و تحول مخروط‌افکنهٔ رودخانه حاجی‌عرب (جنوب دشت قزوین)، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، به راهنمایی مهران مقصودی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران.

پدرامی، م. (۱۳۷۲). گزارش زمین‌شناسی کواترنر و پارینهٔ اقلیم منطقهٔ اراک–کویر میقان، ص ۱–۳۸.

جداری عیوضی، ج. (۱۳۸۷). ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.

خیام، م.؛ مختاری‌کشکی، د. (۱۳۸۲). ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها (مورد نمونه: مخروط‌افکنه‌های شمالی میشو داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۴: ۱–۱۰.

درویش‌زاده، ع. (۱۳۷۱). شرایط زمین‌شناسی ایجاد کویرها و بیابان‌های ایران، مجموعه مقالات بررسی مسائل مناطق بیابانی و کویری ایران، ص ۱۷۹–۱۸۵.

سازمان آب منطقه‌ای استان مرکزی، (۱۳۴۹)، گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی اراک.

سازمان زمین شناسی ایران، (۱۳۷۰)، نقشه زمین شناسی قم، مقیاس ۱۲۵۰۰۰۰

عبدی، ل.؛ رحیم‌پور بناب، ح. (۱۳۸۹). منشأ هیدروژئوشیمی و نحوهٔ تکامل شورابه در پلایای میقان اراک، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۲۶(۳۸)، شمارهٔ اول: ۲۵–۴۲.

علایی طالقانی، م. (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی ایران، چاپ ششم، نشر قومس.

علایی طالقانی، م. (۱۳۷۵). ژئومورفولوژی و عمران دشت اراک، رسالهٔ دکتری جغرافیا، به راهنمایی فرج‌آلله محمودی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، ص ۱–۳۶۱.

فضلی‌خانی، ت.؛ درستی، م.؛ سروی، ا. (۱۳۸۴). برآورد ذخیرهٔ کانسار سولفات سدیم میقان (استان مرکزی)، به کمک روش‌های زمین‌آماری، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

قهرودی تالی، م.؛ لشگری، ح.؛ حسینی، ز.س. (۱۳۹۰). شناسایی پهنه‌های رسوبی ناشی از تحولات اقلیمی در پلایای مهارلو با به‌کارگیری تکنیک PCA و شاخص OIF، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱(۳): ۲۱–۳۶.

کرینسلی، دانیل. (۱۳۸۸). کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژی آن، مترجم عباس پاشایی، چاپ دوم، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

گورابی، ا.؛ کریمی، م. (۱۳۹۱). روشی جدید در استخراج مخروط‌افکنه‌ها از مدل رقومی ارتفاع، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳: ۸۹–۱۰۰.

گورابی، ا.؛ یمانی، م. (۱۳۹۱). ارتباط کمی ویژگی‌های مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های آن‌ها در ایران مرکزی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲: ۱–۱۶.

محمودی، ف. (۱۳۶۷). تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، ۲۳: ۵–۴۳.

مختاری، د. (۱۳۸۸). ارزیابی هم‌زمانی واکنش مخروط‌افکنه‌ها به تغییرات اقلیمی اواخر پلیستوسن و هولوسن در دشت مرند و دشت پرسیان، نشریهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۴(۳۰): ۱۵۳–۱۸۴.

مقصودی، م.؛ ابراهیم‌خانی، ن.؛ یمانی، م. (۱۳۹۱). تأثیر نئوتکتونیک بر مخروط‌افکنهٔ رود حاجی عرب (دشت قزوین) با بررسی داده‌های مورفومتری و رسوب‌شناسی، جغرافیا (فصلنامهٔ علمی– پژوهشی انجمن جغرافیای ایران) دورهٔ جدید، ۱۰(۳۳): ۸۷–۱۰۶.

مقصودی،م، محمد نژاد آروق ، و (۱۳۹۱)، ژئومورفولوژی مخروط فکنه ها ، انتشارات دانشگاه تهران

مؤسسهٔ جغرافیا، شورای پژوهش‌های علمی کشور (۱۳۷۸)، طرح اطلس تهیهٔ نقشه‌های ژئومورفولوژی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ پوشش سراسری.

یمانی، م.؛ کامرانی دلیر، ح. (۱۳۸۹). تأثیر تغییرات سطح اساس در ریخت‌شناسی بستر رودخانه‌های محدودهٔ دلتای سفیدرود، فصلنامهٔ زمین‌شناسی ایران، ۴(۱۶): ۶۱–۷۴.

Abdi, L.; Rahimpour Bonab, H. (2010). Origin of hydro geochemical and evolution of brine in Playa Mighan, research and sedimentology stratigraphy, age 26, 38(I): 42-25.

Alai Taleghani, M. (2011). Geomorphology of Iran, 6th ed., Ghomes.

Alaei Taleghani, M. (1996). Geomorphology and regional development plain Arak, under supervision Mahmoudi Farajolah, Science and Literature Faculty of Humanities, University of Tehran, pp. 1-361.

Battarbee, R.W. (1999). Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. Quatern Sci. Rev., 19:107–124.

Department of Energy, Organization Regional Water Central Province (1970). Groundwater Studies Report.

Department of Geology Iran,(1994) ,Geological map of Qom, scale 1250000

Darvish Zadeh, A. (1992). Geological conditions created by the Iranian desert, Proceedings the deserts of Iran, pp. 185-179.

Ebrahim Khani, N. (2009). Impact of active tectonic on of the formation and evolution Haji arb Alluvial fan (south Qazvin Plain), MA thesis, under supervision Mehran Maghsudi, Department of Geography, University of Tehran.

Fazli khani, T.; Dorosti, M.; Sarvi, E. (2005). Estimation of Glauber's salt deposit Mighan (Central Province), methods, Geostatistics, State Geological and Mineral Exploration.

Galloway, W.E. (1989). Genetic stratigraphic sequences in basin analysis: architecture and genesis of floodingsurface bounded depositional units. American Association Petroleum Geological Bulletin, 73: 125-142.

Ghohroudi Tali, M.; Lashkari, H.; Hosseini Z. (2011). Identification of sedimentary basin due to climate change In Playa Maharlu Pca technique oif index, Geographical Studies of Arid Zones, 1(3): 21-36.

Goorabi, A.; Karimi, M. (2012). A new method for extracting Alluvial fan digital elevation model, Quantitative Geomorphology, 3: 89-100.

Jedari Eyvazi, J. (2008). Geomorphology of Iran, Payam Noor University.

Klinger, Y.; Avouac, J.P.; Bourles, D.; Tisnerat, N. (2003), Alluvial Deposition and Lake-level Fluctuations Forced by Late Quaternary Climate Change: The Dead Sea Case Example, Sedimentary Geology, 162: 119-139.

Krinsli, ,Daniel (2009). The deserts of Iran and Paleo climatalogy and geomorphological characteristics, the interpreter Abbas Pashaii, 2nd Ed., Geographical Organization of the Armed Forces.

Maghsoudi, m. Ebrahim Khani, N; Yemen, m. (2013). Neotectonic impact on the alluvial fan Haji Arab (Qazvin Plain) reviewed the morphometric data and sedimentology, Geography (Quarterly Journal of Geographic Society Iran) new period, 10 (33): 87

Maghsoudi, m, and, Mohammad Nejad Arogh, V (2013), geomorphology alluvial fans, Tehran University Press

Mahmoudi, F. (1998). Tophographic Evolution of Iran in the Quaternary, Journal of Geographical Research, University of Tehran, 23: 5-43.

Mokhtari, D. (2009). The evaluation coeval of alluvial fans to climatic changes in late Pleistocene and Holocene in Marandand Persian plains, Journal of Geography and Planning, 14(30): 184-153.

Mial, A.D. (1986). Eustatic sea level changes interpreted from seismic stratigraphy: a critique of the methodology with particular reference to the North Sea Jurassic record, American Association Petrology Geological Bulletin, 70, 131-137

Pedrami, M. (1993). Quaternary geology and ancient climate report Arak - Desert Mighan, 1-38.

Preparation of 1/250000 geomorphologic maps of Iran project (1999).

Rahimpour-Bonab Hossain Abdi, L. (2012). Sedimentology and origin of Meyghan lake/playa deposits in Sanandaj–Sirjan zone, Iran Carbonates Evaporites. DOI 10.1007/s13146-012-0119-0ISSN 0891-2556.

Sloss, L.L. (1991). The tectonic factor in sea level change: a countervailing view, Journal of Geophysics, 96: 6609-6617.

Terasmaa, J. (2011). Lake basin development in the Holocene and its impact on the sedimentation dynamics in a small lake (southern Estonia), Estonian Journal of Earth Sciences, 60(3): 159-171.

Yamani, M.; Kamrani Dalir, H. (2010). The effects of base levelchange in morphology of stream channels in Sefid-Rud delta plain, Iranian Journal of Geology, IV(XVI): 61-74.