

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره هشتم، شماره ی سی‌ام، زمستان ۱۳۹۶

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۹ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۹/۱۴

صص ۹۴-۱۰۸

تحلیل رسوبات رودخانه‌ای در دیرینه‌ی حوضه‌ی میقان

بهاره میرزاخانی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی-دانشگاه محقق اردبیلی

عقیل مددی*، دانشیار ژئومورفولوژی-دانشگاه محقق اردبیلی

زهرا حجازی‌زاده، استاد اقلیم‌شناسی-دانشگاه خوارزمی

چکیده

حوضه‌های بسته، به دلیل حساسیت بالا به بالانس تبخیر و بارش، مناسب‌ترین سیستم برای مطالعات پالئو و شرایط دیرینه هستند. از آنجاکه رودخانه‌ها از مهم‌ترین اجزای حوضه‌های رسوبی هستند، پژوهش حاضر با هدف بازسازی شرایط محیطی دیرینه در حوضه‌ی میقان با کمک گرفتن از شواهد رسوبی پادگانه رودخانه‌ی فصلی گچلان (بخش شمال شرقی حوضه)، مدل رقومی ارتفاع و تصاویر ماهواره‌ای منطقه انجام پذیرفته است. در این مطالعه سعی شد با استفاده از مشاهده‌ی میدانی، نمونه‌برداری و انجام مطالعات دانه‌سنجی و مورفوسکوپی و همچنین آزمایش‌های XRD و XRF بر روی ۱۲ نمونه‌ی رسوبی، فرآیندهای حاکم بر حوضه‌ی میقان در گذشته بازسازی گردد. جورشدگی ضعیف، گردشدگی نسبتاً مناسب، چند نمایی بودن، تمایل به ذرات ریزدانه، بلوغ متوسط و هوازدگی پایین و میانه از مهم‌ترین ویژگی‌های اغلب نمونه‌های رسوبی برداشتی بودند. همچنین وجود فسیل تکستولاریا از نوع فرامینی‌فر که قادر به زندگی در محیط‌های دریاچه‌ای تا دریای عمیق بوده‌اند، می‌تواند نشانه‌ای از بالا بودن تراز آب دریاچه‌ی میقان و پیشروی آن به داخل رودخانه‌های حاشیه‌ی پلایا در دوره‌های یخچالی کواترنری باشد. وجود کانی‌های هماتیت و مگنتیت نیز در بخشی از مقطع پادگانه بیانگر وقوع هوازدگی بوده و نشان می‌دهد رسوبات مقاطع فوق در طول دوره‌ی کواترنر، به‌طور متناوب خارج از آب به سر برده‌اند.

واژگان کلیدی: دیرینه، حوضه‌ی میقان، گچلان، رسوب.

*Email: a_madadi uma.ac.ir

نویسنده‌ی مسئول:

مقاله‌ی حاضر برگرفته از رساله‌ی دکترای بهاره میرزاخانی دانشجوی ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی با عنوان «بررسی پالئوژئومورفولوژی پلایای میقان» است.

۱- مقدمه

قلمرو ایران مرکزی اکنون تحت تأثیر اقلیم گرم و خشک قرار دارد، اما شواهد متعددی از جمله فرسایش شدید آب‌های جاری، مخروط‌افکنه‌های عظیم، پادگانه‌های آبرفتی وسیع و رسوبات سیلابی، حکایت از شرایط اقلیمی سردتر و مرطوب‌تر را در این قلمرو دارند (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳ و ۲۰۱۱: ۲۱).

رودخانه‌ها از مهم‌ترین اجزای حوضه‌های رسوبی هستند. خاک‌های قدیمی و رسوبات سخت‌شده‌ی پادگانه‌ای در محیط‌های رودخانه‌ای، بایگانی مهمی برای تاریخ محیطی هستند و می‌توانند به بازنگاری چینه‌شناسی آبرفتی کمک کنند (Hughes, 2010: 191). در واقع رودخانه‌ها، یکی از عناصر موجود در سرتاسر چشم‌انداز قاره‌ای و حساس به تغییرات بوده که فرم خود را طی زمان در برابر دامنه‌ی وسیعی از نیروهای درونی و بیرونی تنظیم می‌کنند (Schumm and Winkely, 1994: 18). رسوبات رودخانه‌ای بر اساس اندازه‌هایی که دارند، در بخش‌های مختلف رودخانه ته‌نشین می‌شوند (Opreanu et al, 2007: 23). این رسوبات آرشیوهای مهم و طولانی و البته ناپیوسته از تکامل چشم‌انداز زمین و بسیاری از توالی‌های رسوبی کواترنری می‌باشند که واکنش شبکه‌های زهکشی را نسبت به تغییرات جریان آب رودخانه و محیط‌های گذشته منعکس می‌سازد (Houben, 2003: 2135, Blum and Tornqvist, 2000: 48). چشم‌اندازهای آبرفتی به علت ناپیوستگی در توالی عمودی که توسط عوامل مختلف (اقلیم، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و انسانی) کنترل می‌شود، بسیار پیچیده بوده و ممکن است تفسیر توالی‌ها مشکل باشد. با مطالعه‌ی توزیع اندازه‌ی ذرات رسوبات ته‌نشین‌شده در امتداد رودخانه‌ها مانند پادگانه‌های آبرفتی، می‌توان اطلاعات مهمی در مورد دانه‌بندی ذرات، شکل، اندازه، چولگی و کشیدگی رسوبات و ... به دست آورد (Randle et al, 2006: 58).

اندازه‌ی ذرات رسوب با نشان دادن شرایط بیرونی و ذاتی محیط که در پاسخ به تغییرات ژئومورفولوژیکی و اقلیمی است، نشان‌دهنده‌ی تعادل مورفودینامیکی محیط رسوبی است (Gupta and et al, 2002: 239). فازهای رسوب‌گذاری را می‌توان از طریق مرتب‌سازی انتخابی از ذرات به دلیل انتقال‌های متفاوت شناسایی نمود (Solís-Castillo, 2013: 10) که به‌ویژه در مشخصه‌های کانی‌ها، همچون غلظت، شکل و اندازه‌ی دانه مشهود است؛ بنابراین مرتب‌سازی این ویژگی‌ها می‌تواند نشانگر محیط‌های رسوبی قدیمی و منشأ رسوبات باشد (Komar, 2007: 10). با توجه به اینکه در محیط‌های مختلف، دانه‌ها و اندازه‌ی آن‌ها و نیز شکل عمومی آن‌ها با یکدیگر متفاوت خواهد بود، بنابراین مطالعات دانه‌سنجی و تحلیل نمونه‌های رسوبی و مطالعه‌ی آن‌ها در بستر دریاچه‌ها می‌تواند اطلاعات نسبتاً دقیقی از تغییرات و رخدادهای اقلیمی و محیطی، وقایع دوران چهارم و تعیین منشأ رسوبات در اختیار قرار دهد (Vendenbergh, 2003: 2053).

مطالعه‌ی حاضر با هدف بازسازی شرایط محیطی دیرینه در حوضه‌ی میقان با کمک گرفتن از شواهد رسوبی پادگانه‌ی رودخانه‌ی فصلی گچلان (بخش شمال شرقی حوضه) انجام پذیرفته است. در این مطالعه سعی شد با استفاده از مشاهده‌ی میدانی، نمونه‌برداری و انجام مطالعات دانه‌سنجی و مورفوسکوپی و هم‌چنین آزمایش‌های XRD و XRF بر روی ۱۲ نمونه‌ی رسوبی، فرآیندهای حاکم بر حوضه‌ی میقان در گذشته بازسازی گردد.

در سال ۱۹۵۶، بوبک^۱ با مطالعه عکس‌های هوایی و بررسی زمین‌های اطراف دشت کویر و مسیله، وجود شرایط مرطوب‌تر گذشته‌ی ایران مرکزی را نسبت به شرایط امروزی آن مطرح کرد. در ۱۹۵۸ هوکریده^۲ و همکارانش با مطالعه‌ی زمین‌شناسی دوران چهارم در منطقه‌ی کرمان و جنوب و شرق ایران مرکزی، به آثار تخم‌مرغ شترمرغ و گونه‌ای از دوزیستان و نیز انواعی از گیاهان دست یافته، دلایل حاکمیت شرایط مرطوب‌تر در این نقاط را ارائه دادند. در سال ۱۹۷۲، کربنلسلی با مطالعه‌ی عکس‌های هوایی و مشاهدات دشت کویر، وجود دوره‌های مرطوب‌تر را نسبت به شرایط امروزی بیان کرد. برخی متخصصان نیز با مطالعه بر روی رسوبات دریاچه‌ی ارومیه، به بازسازی پوشش گیاهی شمال غرب ایران

1- Bobek

2- Huckridea

در طی ۲۰۰ هزار سال گذشته پرداختند و آن را نشانه گذار از دوره ی دیر یخبندان به هولوسن دانستند (Jamali and et al, 2008: 413, 2009: 1375). محمودی (۱۳۸۱) در تحقیق خود تحولات ژئومورفولوژی دیرینه ی دشت ازنا را بررسی و با استناد به شواهد رسوبی، باستان شناسی و فرم شناسی، مدنیت به وجود آمده در ازنا و روستاهای اطراف آن را بر بستر یک دریاچه ی قدیمی قرار داده است. محققان پس از وقوع سیلاب های مکرر در رودخانه ی کلات در استان خراسان رضوی و خساراتی که هر ساله این سیلاب ها به شهر کلات وارد می کردند، متوجه لزوم به کارگیری شواهد پالئوسیلاب در ارزیابی بهتر خطر سیلاب های شهری شدند و با استفاده از شواهد دیرینه تراز، اقدام به بازسازی سیلاب های قدیمی و برآورد حداکثر سیلاب در کانیون کلات نادری نمودند (حسین زاده، ۱۳۹۲). محققین در طی بررسی ارتباط پالئوژئومورفولوژی و تحولات اولیه ناشی از فعالیت رود کلورادو در دره های مناطق آریزونا، کالیفرنیا و نوادا با کمک مطالعات رسوب شناسی و تخمین نرخ فرسایش به بازسازی تغییرات بستر رودخانه و تأثیر آن در شکل گیری دره های نامبرده در طول اواخر میوسن و اوایل پلیوسن پرداختند (Philip and et al, 2014: 1139). بررسی تکامل دیرینه ی ژئومورفولوژی شکاف آباتیت ناحیه ی سایان شرقی در سیبری نشان داد که نرخ کند فرسایش در اواخر ژوراسیک مانع از شکل گیری پوسته ی هوازده ی آلتزیتی بر سطح آن شده است و در اوایل میوسن در نتیجه ی پیدایش دره های کم عمق، توپوگرافی با طول موج های بلند در منطقه ایجاد شده است که بعدها از گدازه های بازالتی پر شده اند (Jolivet and et al, 2011). در کتاب ژئوشیمی رسوبی نشان آمده است: استفاده از ژئوشیمی، عنصری برای تعیین شرایط محیط دیرینه از اهمیت ویژه ای برخوردار است (آدابی، ۱۳۸۳). توزیع عناصر اصلی و فرعی در رسوبات به ترکیب مینرالوژی، دما، ترکیب سیالات، شرایط اکسیداسیون و احیا بستگی دارد. هم چنین بر اساس مطالعات سای^۳ (۲۰۰۴) ترکیب و میزان عناصر موجود در رسوبات، به شرایط محیطی حساس اند. عده ای از پژوهشگران با هدف کشف منشأ رسوبات، به بررسی ژئوشیمیایی رسوبات پلائیای تهر! در هندوستان پرداخت (Roya, 2007: 275). هم چنین وی (۲۰۰۸) با بررسی ژئوشیمی رسوبات دریاچه ای در مکزیک، روند تغییرات محیطی کواترنری را بررسی کرد. بورک^۴ و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اندازه ی ذرات رسوبی تالاب کالیفرنیا ی مرکزی، تغییرات رسوب را بررسی نمودند. مطالعات کانی شناسی برای تعیین ماهیت و منشأ رسوبات و هم چنین شرایط انتقال دانه های رسوبی در امتداد زهکش های حوضه ی آبخیز به کار برده می شوند؛ علاوه بر آن، ابزار مفیدی برای تعیین سن نسبی هستند (Mikesell, 2004: 163). عده ای از پژوهشگران در مطالعه ای با استفاده از گرانولومتری و محاسبات آماری نمونه های رسوبی بخش های ساحلی و مرکزی دریاچه پریشان دریافتند که دو فرآیند رودخانه ای و دریاچه ای در این دریاچه حاکمیت داشته اند و توزیع متفاوت رسوبات، ناشی از بافت متفاوت خاک در حوضه ی آبریز و چشمه های ورودی در محل و یا نزدیکی ایستگاه های نمونه برداری به دریاچه است (علمی زاده و دیگران، ۱۳۹۳: ۱۷). هم چنین پژوهشگران به بررسی عوامل اندازه ی ذرات رسوبی در طول رودخانه ی فرومد با بستر گراولی پرداختند و نتایج آن ها حاکی از دو انقطاع در پیوستگی رسوبی رودخانه داشت (ربانی فرد، ۱۳۸۵: ۶).

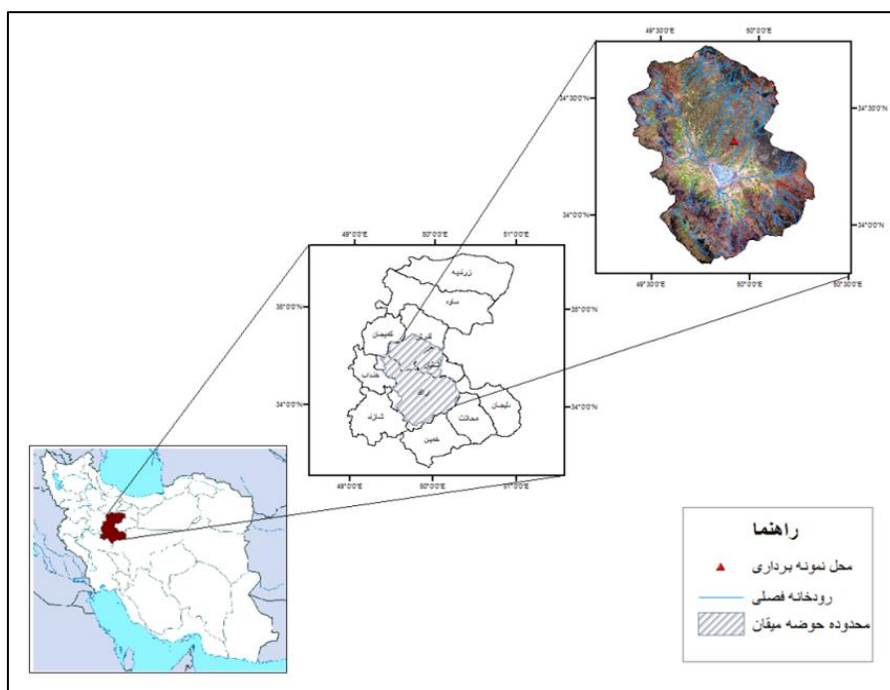
۲- منطقه ی مورد مطالعه

حوضه ی اصلی آبخیز کویر مرکزی ایران از ۵ زیرحوضه ی فرعی قمرود، قره چای، شور (خشک رود)، کویر میقان و کویر کاشان تشکیل شده است (ذوالفقاری، ۱۳۸۹: ۲۰۴). حوضه ی رسوبی میقان که علایی طالقانی (۱۳۷۵) از آن با عنوان دشت اراک یاد کرده است، با وسعتی معادل ۵۵۲۸ کیلومتر مربع که ۲۰۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت و ۳۵۲۸ کیلومتر مربع را ارتفاعات مشرف به دشت تشکیل می دهد، در مختصات جغرافیایی ۲۹°/۲۰'۴۹ تا ۲۸°/۱۸'۵۰ طول شرقی و ۳۷°/۴۸'۳۳ تا ۳۷°/۳۷'۴۳ عرض شمالی واقع شده است. این حوضه متشکل از دریاچه ی فصلی میقان با مساحتی

3- Sai

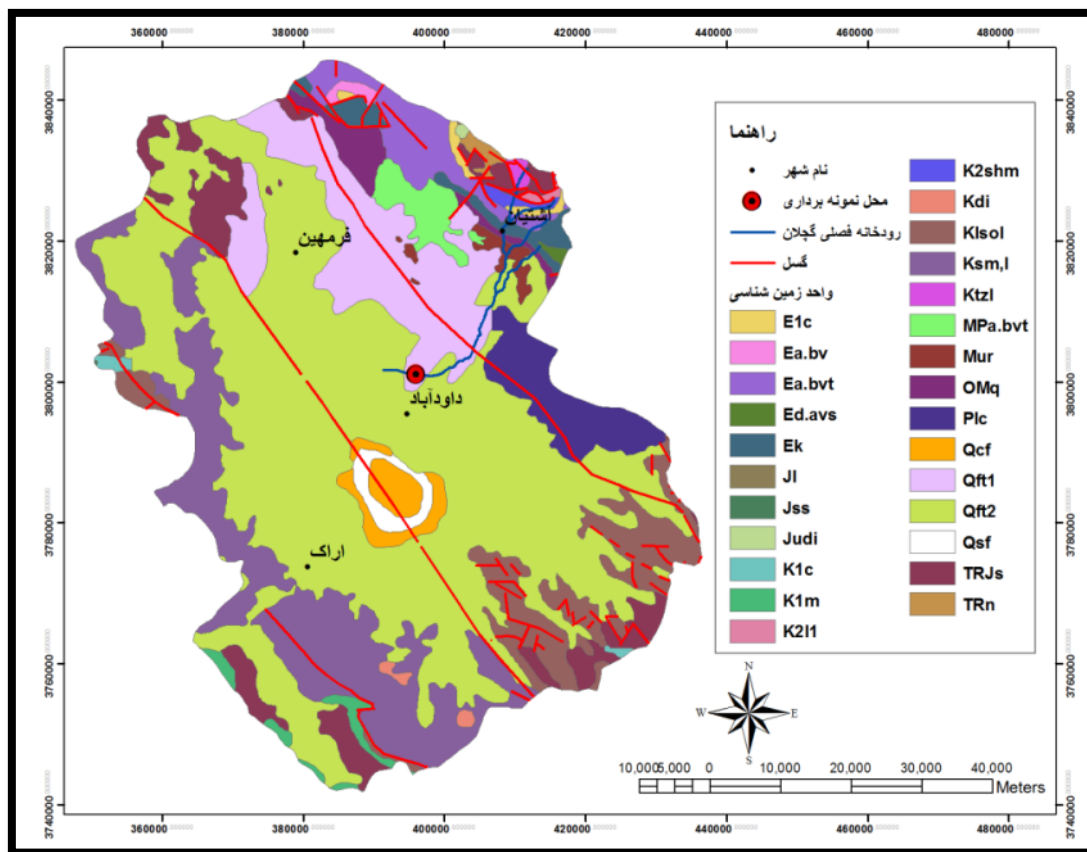
4- Burke

متغیر تا حداکثر ۱۰۶ کیلومترمربع و در رقوم ارتفاعی ۱۶۶۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا، دشتهای آبرفتی فراهان و اراک، مخروطافکنه‌ها و کوهپایه‌هاست. این حوضه در حدفاصل حوضه‌های آبریز قم و قره‌چای به وسیله‌ی کوه‌های کم ارتفاعی که در جنوب، مشرق و شمال آن قرار دارند و مناطق تپه‌ماهوری واقع در غرب حوضه پدید آمده است. کویر میقان با مساحت ۱۳۵ کیلومترمربع سطح نمکی که شامل ۹۴ درصد سطح دریاچه نیز می‌باشد، در ارتفاع متوسط ۱۶۷۵ متری سطح دریا و در ارتفاعات واقع بین البرز و زاگرس، در ۱۵ کیلومتری شمال و شمال شرقی شهرستان اراک در استان مرکزی واقع شده است و تقریباً به صورت مثلث قائم‌الزاویه‌ای است که زاویه‌ی قائمه‌ی آن در جنوب و اضلاع آن در شمال غرب و شمال شرق امتداد یافته‌اند. رودخانه‌ی فصلی گچلان در حوضه‌ی رسوبی مورد مطالعه و در شمال شرقی شهر داودآباد واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی پلاهای میقان

علت انتخاب رودخانه‌ی گچلان این است که در مسیر عبور خود از چند ناحیه منشأ تا حوضه‌ی انتهایی پلایا مسیر بسیار متنوعی از لحاظ سازندهای زمین‌شناسی را پشت سر می‌گذارد و مطالعه‌ی رسوب‌شناسی بر روی آن می‌تواند حقایقی از شرایط پالئوی پلایای میقان را آشکار سازد (شکل ۲). گرچه در سالیان اخیر امتداد مسیل رودخانه تا پیوستن به رود آشتیان و تالاب میقان توسط بومیان منطقه کاملاً مسدود گردیده و به وسیله‌ی زمین‌های کشاورزی جایگزین گشته است. در حال حاضر به علت کاهش بارش‌ها، مسیل این رودخانه در اکثر ایام سال خشک بوده و فقط در دوره‌ی بارش، محل عبور رواناب می‌باشد.



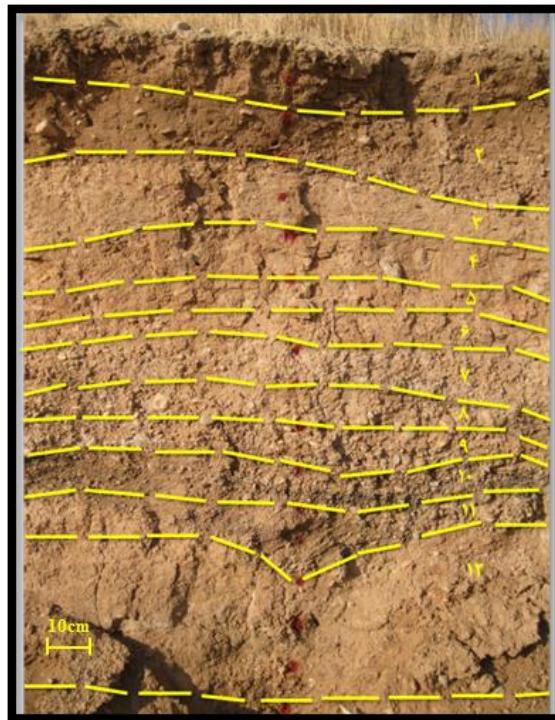
شکل ۲: مسیر عبور رودخانه ی فصلی گچلان بر روی سازندهای زمین شناسی حوضه ی میقان

۳- مواد و روش ها

به منظور تحلیل شرایط پالئوی حوضه ی میقان، ابتدا رودخانه ی گچلان در بخش شمال شرقی حوضه انتخاب گردید. سپس به کمک مدل رقومی ارتفاع منطقه، مسیر دقیق رودخانه استخراج گردید و در مراحل بعد، طی بازدید میدانی تعداد ۱۲ نمونه رسوبی از سطح پادگانه رودخانه برداشت گردید و مطالعات گرانولومتری و مورفوسکوپی و آزمایش های XRF و XRD بر روی نمونه ها انجام پذیرفت.

۳-۱- برداشت میدانی

برای مطالعه ی دانه بندی و مورفوسکوپی رسوبها (رسوب شناسی فیزیکی) از داده های ۱۲ لایه که از پادگانه رودخانه گچلان در منطقه ی مورد مطالعه و واقع در شمال شرقی شهر داودآباد برداشت نمودیم، استفاده شد. در مرحله ی نخست، طی عملیات میدانی از پادگانه رودخانه نمونه برداری به عمل آمد (شکل ۳).



شکل ۳: موقعیت محل نمونه‌برداری (پادگانه‌ی رودخانه‌ی گچلان)

۳-۲- مطالعه‌ی گرانولومتری

دانه‌بندی نمونه‌ها بر اساس روش غربال و با استفاده از دستگاه شیکر^۵ صورت گرفت. در ابتدا ۳۰۰ گرم از هر نمونه از رسوبات خشک‌شده با ترازوی حساس تا یک‌صدم به‌دقت وزن شد و سپس بعد از اتمام کار شیکر هر طبقه به‌طور مجزا وزن شد. برای محاسبه پارامترهای آماری، ابتدا نمودارهای فراوانی تجمعی و هیستوگرام هر نمونه پس از انجام آزمایشات گرانولومتری به وسیله نرم‌افزار گرادای استات و اکسل ترسیم و سپس مقادیر Q_5 ، Q_{16} ، Q_{25} ، Q_{50} ، Q_{75} و Q_{95} به دست آمد. در مرحله‌ی بعد، پارامترهای آماری لایه‌های رسوبی به روش ترسیمی محاسبه گردیدند و به‌منظور شناسایی ویژگی‌های رسوبات شامل نوع بافت، میانگین اندازه‌ی ذرات، کج شدگی، کشیدگی و تشخیص نوع نمونه‌ی رسوبی محاسبه گردیدند (جدول ۱).

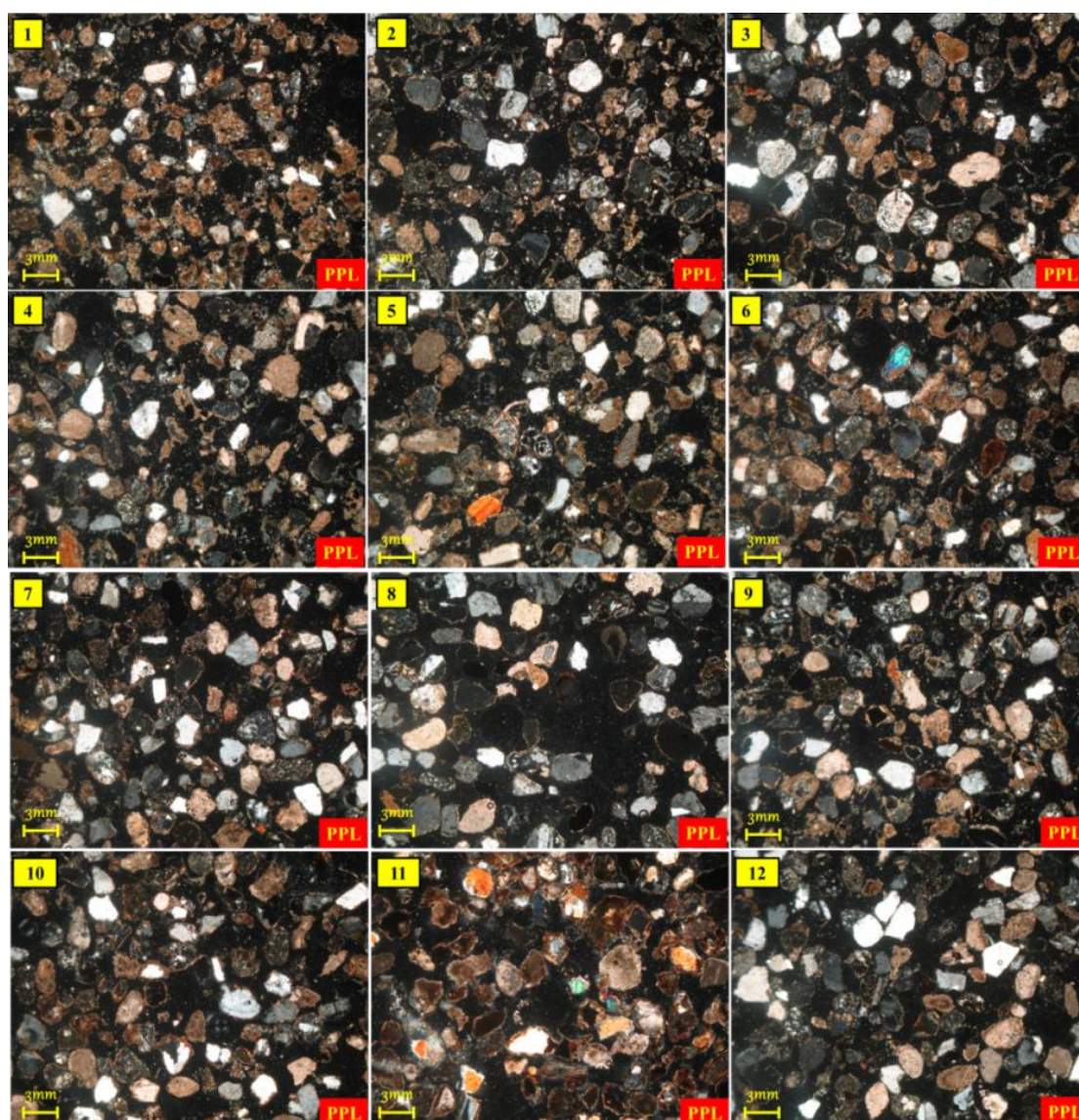
جدول ۱: محاسبه‌ی پارامترهای آماری نمونه‌های رسوبی به روش ترسیمی

نمونه	میانگین اندازه‌ی ذرات برحسب فی	میزان جور شدگی برحسب فی	میزان کج شدگی برحسب فی	میزان کشیدگی برحسب فی
۱	۱/۸۴	۱/۲۸	-۰/۱۷	۰/۹۷
۲	۱/۸۴	۱/۶۸	-۰/۲۴	۰/۹۷
۳	۰/۶۴	۱/۶۱	۰/۰۹۸	۰/۸۲
۴	۰/۶۸	۱/۶۱	۰/۰۷۱	۰/۸۳
۵	۱/۲۵	۱/۳۰	-۰/۱۶	۰/۷۱
۶	۰/۸۶	۱/۴۳	۰/۲۰	۰/۸۶
۷	-۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۷۳	۱/۵۶
۸	-۰/۱۵	۱/۰۳	۰/۱۹	۱/۲۳

۰/۹۴	۰/۴۶	۱/۴۲	۰/۰۲۳	۹
۰/۸۶	۰/۵۰	۱/۴۴	۰/۰۴۶	۱۰
۱/۳۰	۰/۷۶	۱/۱۵	-۰/۴۸	۱۱
۰/۶۱	۰/۱۳	۱/۷۳	۰/۷۰	۱۲

۳-۳- مورفوسکوپی نمونه‌ها

برای مطالعه‌ی مورفوسکوپی نمونه‌ها نیز از رسوبات باقی‌مانده بر روی الک ۲۳۰ مش ۱۲ عدد انتخاب شد و از آن‌ها مقطع نازک رسوبی تهیه گردید. سپس مقاطع به آزمایشگاه بلورشناسی انتقال داده شدند و از نظر مورفولوژی دانه‌ها یعنی شکل، میزان گردشگی، شفافیت و ماتی، هم‌چنین جنس رسوبات و میزان جورشدگی زیر میکروسکوپ پلاریزان رنگی مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۴).



شکل ۴: نمونه‌های رسوبی در زیر میکروسکوپ پلاریزان در شرایط PPL

۴-۳- آزمایش‌های XRD و XRF

با توجه به شباهت نسبی گروهی میان نمونه‌ها، لایه‌های نزدیک باهم ترکیب و در قالب مقاطع ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ (از سطح به‌طرف عمق دیواره‌ی رودخانه) و برای انجام آزمایش‌های XRD و XRF به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کل کشور انتقال داده شدند. نتایج آزمایش XRD نوع کانی‌های موجود در نمونه‌های رسوبی را مشخص نمود (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج آزمایش XRD بر روی نمونه‌های رسوبی شماره‌ی ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵

شماره‌ی نمونه	نوع کانی‌ها
۱	کوارتز ^۶ ، کلسیت ^۷ ، فلدسپار ^۸ ، رس معدنی ^۹
۲	کلسیت، کوارتز، فلدسپار، مگنتیت ^{۱۰} ، هماتیت ^{۱۱} ، رس معدنی
۳	کلسیت، کوارتز، فلدسپار، هماتیت، رس معدنی
۴	کلسیت، کوارتز، فلدسپار، هماتیت
۵	کوارتز، کلسیت، فلدسپار، هماتیت

هم‌چنین بر اساس آزمایش XRF، فراوانی برخی اکسیدهای عناصر اصلی و فرعی در رسوبات مورد مطالعه (شامل: آلومینیوم^{۱۲}، کلسیم^{۱۳}، منیزیم^{۱۴}، پتاسیم^{۱۵}، منگنز^{۱۶}، تانیم^{۱۷}، کوارتز^{۱۸}، استرانسیوم^{۱۹}، سولفور^{۲۰}، آهن^{۲۱}، کلر^{۲۲}، فسفر^{۲۳}) در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج آزمایش XRF بر روی نمونه‌های رسوبی

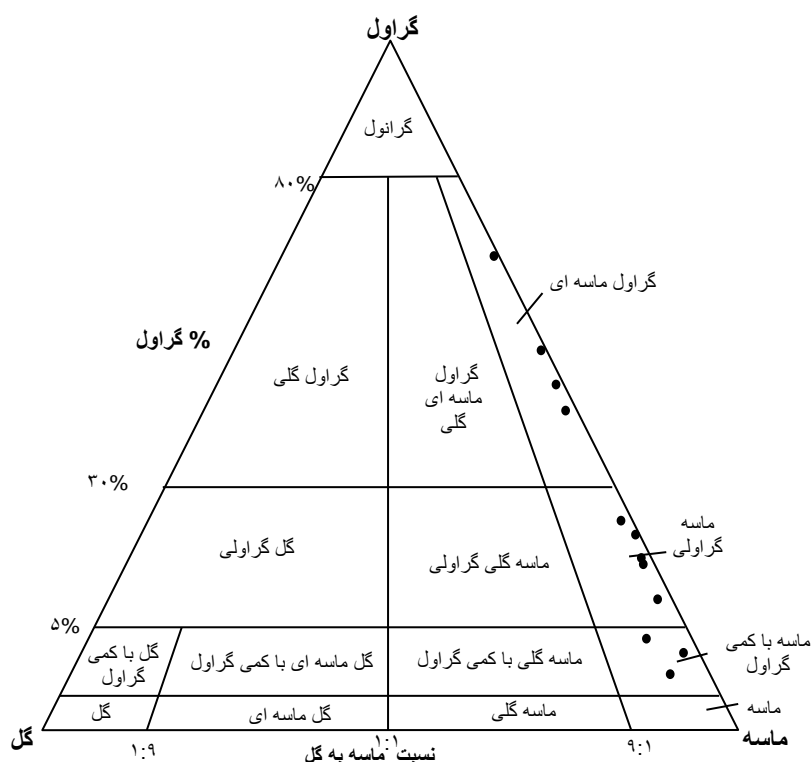
شماره‌ی نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	شماره‌ی نمونه	۱	۲	۳	۴	۵
شماره‌ی آزمایشگاه	۱۳۱۷	۱۳۱۸	۱۳۱۹	۱۳۲۰	۱۳۲۱	شماره‌ی آزمایشگاه	۱۳۱۷	۱۳۱۸	۱۳۱۹	۱۳۲۰	۱۳۲۱
واحد (به درصد)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	واحد (به درصد)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
کوارتز	۲۶/۲	۳۴/۵	۲۶/۶	۴۰/۶	۴۰/۷	کوارتز	۲۶/۲	۳۴/۵	۲۶/۶	۴۰/۶	۴۰/۷
						سولفور					

- 6- Quartz
- 7- Calcite
- 8- Feldspar
- 9- Clay mineral
- 10- Magnetite
- 11- Hematite
- 12- Al₂O₃
- 13- CaO
- 14- MnO
- 15- K₂O
- 16- MgO
- 17- TiO₂
- 18- SiO₂
- 19- SrO
- 20- SO₃
- 21- Fe₂O₃
- 22- Cl
- 23- P₂O₃

۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۹	فسفر	۷/۹	۷/۳	۷/۳	۹/۱	۱۰/۰	اکسید آلومینیوم
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	تتانیوم	۵/۹	۵/۳	۵/۰	۷/۱	۶/۰	اکسید آهن
۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۰۸	منیزیم	۲۴/۲	۲۵/۲	۲۹/۶	۲۷/۱	۲۵/۷	کلسیم
۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	استرانسیوم	۰/۲	۱/۵	۱/۲	۱/۹	۲/۲	منگنز
<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	-	-	کلر	۱/۱	۱/۴	۰/۹	۰/۷	۰/۶	اکسید سدیم
۰/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	سولفور	۱/۳	۱/۵	۱/۲	۱/۴	۱/۶	اکسید پتاسیم
						۱۴/۷۴	۱۵/۰۳	۱۶/۹۵	۱۷/۱۸	۱۶/۷۱	درصد مواد فرار در هر نمونه ^{۲۴}

۴- بحث و نتایج

بر اساس طبقه‌بندی فولک، نمونه‌های رسوبی مورد مطالعه در گروه ماسه کمی گراولی تا گراول ماسه‌ای قرار گرفتند (شکل ۵).



شکل ۵: مثلث طبقه‌بندی رسوبات مورد مطالعه بر اساس اندازه‌ی ذرات تشکیل دهنده‌ی آن‌ها

تفسیر پارامترهای آماری منتج از دانه‌بندی رسوبات نشان داد به‌جز نمونه‌های ۷ و ۱۲ که دارای جورشدگی متوسط بودند (مشخصه‌ی رسوبات ساحلی)، سایر نمونه‌ها از جورشدگی ضعیفی برخوردار بودند که از ویژگی‌های رسوبات رودخانه‌ای است. پارامتر جورشدگی کودفی در هیچ‌یک از نمونه‌ها از ۰/۸ کم‌تر نبود. این مسئله نشان می‌دهد تنها فرآیند حاکم بر حمل رسوبات در لایه‌های مورد مطالعه، فرآیند آبی بوده است (خان‌بابایی و دیگران، ۱۳۹۵: ۱۴۱). جورشدگی ضعیف هم‌چنین نشان از این مسئله دارد که رسوبات از منشأهای گوناگونی سرچشمه گرفته‌اند. کج‌شدگی منحنی‌های لایه‌های ۱، ۲ و ۵ به سمت ذرات درشت‌دانه و باقی لایه‌ها به سمت ذرات ریزدانه متمایل بود. میانگین قطر ذرات نیز از ۲۷۸/۲ میکرون (در نمونه‌ی ۱) تا ۱۸۱۶/۴ میکرون در نمونه‌ی ۷ متغیر بود.

بر مبنای دانه‌های رسوب، بافت سنگ‌های آهکی ناحیه‌ی منشأ شامل دانه‌های کربناته در حد ماسه و گراول است و شامل اینتراکلسیت، اوولیت، فسیل یا خرده‌های اسکلتی و پلت می‌باشد. از آنجاکه رسوبات دارای ماتریکس زیاد و ذرات ریزودرشت و جورشدگی بد هستند، می‌توان نتیجه گرفت که امواج در منطقه، در اکثر دوره‌ها فعالیت چندانی نداشته‌اند و رسوبات در محیط آرام مردابی یا دورتر از ساحل تشکیل شده‌اند.

رسم هیستوگرام‌ها و نمودارهای تجمعی لایه‌ها نشان داد که اکثر نمونه‌ها دارای مراکز تجمعی چندنمایی بود. این مسئله یا به علت تشکیل رسوبات در محیط‌های خاص است یا مواد از منشأهای مختلفی است که هر یک ذراتی با اندازه‌ی متفاوت ایجاد کرده است. تنها نمونه‌های ۷ و ۱۱ دارای یک منشأ و نمونه‌ی ۹ دارای سه منشأ بودند (جدول ۴).

جدول ۴: مشخصات لایه‌های رسوبی مورد مطالعه بر اساس پارامترهای آماری محاسبه‌شده به روش ترسیمی

نوع نمونه	کشیدگی	کج شدگی	میانگین اندازه-ی ذرات (میکرون)	نوع بافت	نمونه
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	متوسط	به سمت ذرات درشت	۲۷۸/۲	ماسه کمی گراولی	۱
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	متوسط	به سمت ذرات درشت	۲۷۸/۷	ماسه گراولی	۲
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	کم	متقارن	۶۳۷/۹	ماسه گراولی	۳
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	کم	متقارن	۶۲۴/۳	ماسه گراولی	۴
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	کم	به سمت ذرات درشت	۴۱۹/۲	ماسه کمی گراولی	۵
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	کم	به سمت ذرات ریز	۵۴۷/۵	ماسه گراولی	۶
یک منشأ با جورشدگی متوسط	بسیار زیاد	به سمت ذرات خیلی ریز	۱۸۱۶/۴	گراول ماسه‌ای	۷
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	زیاد	به سمت ذرات ریز	۱۱۱۱/۵	ماسه گراولی	۸
سه منشأ با جورشدگی ضعیف	متوسط	به سمت ذرات خیلی ریز	۹۸۴/۵	گراول ماسه‌ای	۹
سه منشأ با جورشدگی ضعیف	کم	به سمت ذرات خیلی ریز	۹۶۸/۶	گراول ماسه‌ای	۱۰
یک منشأ با جورشدگی متوسط	زیاد	به سمت ذرات خیلی ریز	۱۳۹۷/۹	گراول ماسه‌ای	۱۱
چند منشأ با جورشدگی ضعیف	بسیار زیاد	به سمت ذرات ریز	۶۱۳/۱	ماسه گراولی	۱۲

بر اساس مطالعه‌ی مورفوسکوپی، نمونه‌ی ۱ حاوی ذرات کوارتز و پلاژیوکلاز می‌باشد. درصد این کانی‌ها به ترتیب ۱۵٪ و ۱۰٪ و دارای رس فراوان است. در نمونه‌ی ۲ نیز همانند نمونه‌ی ۱ ذرات حضور داشتند با این تفاوت که درصد این کانی بیش‌تر شده و از ۱۵٪ به ۲۵٪ رسیده است. این امر نشان‌دهنده‌ی ورود بیش‌تر مواد به حوضه است که علت آن به احتمال قوی، نزدیکی به منشأ ذرات کوارتز و ورود آن‌ها به حوضه‌ی رسوب‌گذاری است. این ذرات معمولاً زاویه‌دار هستند که نشانگر هوازگی فیزیکی و حمل در مسیر نزدیک بوده‌اند. برخی از کوارتزهایی که حالت گردشده دارند، مسلماً منشأ متفاوت داشته و با کوارتزهای زاویه‌دار هم‌منشأ نیستند و مسافت زیادی را طی کرده‌اند. نمونه‌ی ۳ ذرات کوارتز ۱۵٪ و فلدسپارهای آلکالن ۱۰٪، خرده‌سنگ ۲۰٪ و مقدار کمی ۵٪ کلسیت هم دارد. ذرات از گردشگی خوبی برخوردار هستند. این امر نشانگر این است که مسیر طولانی‌تری را ذرات حمل شده‌اند و ته‌نشست کرده‌اند و حال از حواشی در حال تجزیه هستند. نمونه‌ی ۴ دارای کانی‌های کوارتز ۱۵٪، پیروکسن ۵٪، فلدسپار ۱۰٪ است که در میان ذرات رس قرار گرفته‌اند. گردشگی متوسط تا خوب را شامل می‌شوند. برخی از ذرات کوارتز گردشگی متوسط تا نامناسب دارند. نمونه‌ی ۵ در مرکز دارای فسیل فرامینیفر است که در سنگ‌های کربناتی دیده می‌شود و احتمالاً در اثر حمل، وارد بستر رودخانه شده است. ذرات بیوتیت و کلسیت و خرده‌سنگ و فلدسپار در آن دیده می‌شود. وجود کوارتز زاویه‌دار به مقدار ۱۵٪ نشانگر حمل کم و نزدیکی سنگ منشأ آن است. کلسیت به مقدار ناچیز هم در آن وجود دارد. میکاها (بیوتیت در

این دسته است) به‌ندرت بیش از چند درصد از رسوبات آواری خشکی‌زاد را تشکیل می‌دهند. منشأ این کانی‌ها معمولاً سنگ‌های گرانیتی می‌باشد. هم‌چنین از سنگ‌های دگرگونی با درجه‌ی بالا یا به‌ندرت از سنگ‌های ولکانیکی منشأ می‌گیرند. نمونه‌ی ۶ شامل کانی‌های پیروکسن، کوارتز، بیوتیت و پلاژیوکلاز است که به ترتیب ۵٪، ۳۰٪، ۱۵٪ و ۵٪ را دارا هستند. گردش‌گی خوب تا متوسط را شامل می‌شوند. وجود بیوتیت و پلاژیوکلاز و پیروکسن در نمونه‌ی سنگ منشأ آذرین از قبیل گابرویی تا آندزیت بازالت را نشان می‌دهد. نمونه‌ی ۷ شبیه این نمونه است. دارای خرده‌سنگ و پلاژیوکلاز و کوارتزهای خوب گردشده و مقدار کمی بیوتیت است. نمونه‌ی ۸ همانند نمونه‌ی ۷ است با این تفاوت که درصد کانی‌های کوارتز در آن بیش‌تر می‌شود و به ۴۰٪ می‌رسد و پلاژیوکلازها هم به ۱۵٪ افزایش پیدا می‌کنند. به‌احتمال زیاد نمونه‌برداری به سمت نزدیک شدن به منشأ سنگ است. نمونه‌ی ۹ از کانی‌های کوارتز ۲۰٪، کلسیت ۵٪، پلاژیوکلاز ۱۰٪ و پیروکسن ۵٪ تشکیل شده است. مقدار ذرات کوارتز که گردش‌گی نامناسب دارند، در این نمونه وجود دارد در کنار آن‌ها کوارتزهای مرکب ۱۰٪ نیز دیده می‌شود که منشأ این کوارتزها سنگ‌های آذرین است. نمونه‌ی ۱۰ شامل ۲۵٪ خرده‌سنگ، کوارتز ۲۰٪، کلسیت ۱۵٪، بیوتیت ۱۰٪ و پلاژیوکلاز ۱۰٪ است. خرده‌سنگ از بلورهای کشیده پلاژیوکلاز در خمیره‌ای از فلدسپار تشکیل شده است. این خرده‌سنگ‌های آذرین به نمونه‌های کنگلومرا تعلق دارند. نمونه‌ی ۱۱ بیش‌تر از بیوتیت و کوارتز و پلاژیوکلاز و مقدار کمی پیروکسن تشکیل شده است که به ترتیب شامل ۲۰٪، ۱۵٪، ۱۵٪ و ۵٪ می‌باشد؛ ذرات گردش‌گی مناسبی داشته و از حواشی در حال تجزیه‌اند. نمونه‌ی ۱۲ از کانی‌های بیوتیت، کوارتز، پلاژیوکلاز و پیروکسن تشکیل شده است. درصد کانی‌های کوارتز در این نمونه بسیار قابل توجه است و سوی آن از گردش‌گی خوبی برخوردار می‌باشد. ذرات کلسیت در این نمونه به چشم می‌خورد که به سنگ‌های کربناتی منطقه همانند سازند قم تعلق دارد. کلسیت‌ها از کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های آهکی هستند.

آزمایش‌های XRD و XRF نیز نشان داد که کانی کوارتز در مقاطع ۲ و ۳ بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داد. هم‌چنین کانی کلسیت در مقاطع ۲، ۳ و ۴ بیش‌ترین میزان را داشت. در مقاطع ۲، ۳، ۴ و ۵ مقادیر کانی هماتیت رو به افزایش مشاهده گردید. وجود این کانی مؤید وقوع هوازدگی است و نشان می‌دهد رسوبات مقاطع فوق در دوره‌های مربوطه، به‌طور متناوب و دوره‌ای خارج از آب به سر برده‌اند. وجود اکسیدهای آهن شامل مگنتیت و هماتیت در لایه‌ها نشان از وجود فرآیند هوازدگی و اکسیداسیون کم‌وبیش در تمامی مقاطع (به‌جز مقطع ۱) دارد. وجود مقادیری از کانی سنگین مگنتیت در مقطع ۲ نشان‌دهنده‌ی منشأ رسوبی از نوع کوارتز به‌ویژه انواع متاکوارتزیتی و بیوتیت و مسکویت است.

توزیع عناصر اصلی، منعکس‌کننده‌ی کانی‌شناسی نمونه‌های مورد مطالعه است. در میان اکسیدهای مختلف Al_2O_3 ، CaO ، MgO و K_2O متحرک و اکسیدهای Al_2O_3 و TiO_2 غیر متحرک هستند (Bauluz et al, 2000: 141). به این دلیل که Al_2O_3 در طی هوازدگی، دیاژنز و متافورمیسیم نسبتاً بدون تغییر است، معمولاً به‌عنوان عامل اصلی جهت مقایسه‌ی نمونه‌های مختلف به کار می‌رود. عناصر اصلی اطلاعاتی در مورد ترکیب سنگ مادر و تأثیر فرآیندهای رسوبی مانند هوازدگی و نحوه‌ی حمل و ... را نیز ارائه می‌دهند (Cardenas et al, 1996: 281).

با تعیین بلوغ رسوبی با استفاده از نسبت کوارتز به آلومینیوم (رابطه‌ی ۱) نیز می‌توان به تأثیر فرآیندهای پس از رسوب‌گذاری بر ترکیب رسوبات پی برد (Potter, 1978: 431).

رابطه‌ی ۱ SiO_2/Al_2O_3

این نسبت، نشان‌دهنده‌ی فراوانی کوارتز نسبت به ترکیبات ناپایدار است که در طی هوازدگی، حمل‌ونقل و چرخه مجدد رسوبی افزایش می‌یابد. نسبت SiO_2/Al_2O_3 بیش‌تر از ۵ تا ۶ در سنگ‌های رسوبی، نشان‌دهنده‌ی بلوغ رسوبی بالاست (Roser et al, 1996: 14). این نسبت در نمونه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه به‌طور میانگین ۴/۳۷ است و نشان‌دهنده‌ی بلوغ رسوبی متوسط منطقه‌ی مورد مطالعه است. در این میان، رسوبات نمونه‌ی ۱ با ۳/۶۲ کم‌ترین بلوغ و نمونه‌ی ۳ با ۵/۰۱ بیش‌ترین بلوغ رسوبی را به خود اختصاص دادند.

از نسبت‌های مورد استفاده و مهم در تعیین ترکیب منشأ رسوبات آواری بر پایه‌ی عناصر اصلی می‌توان به نسبت آلومینیوم به تانیم (رابطه‌ی ۲) اشاره کرد که در سنگ‌های آذرین مافیک از ۳ تا ۸، در سنگ‌های آذرین حد واسط از ۸ تا ۲۱ و در سنگ‌های آذرین فلسیک از ۲۱ تا ۷۰ تغییر می‌کند (Hayashi et al, 1997: 4121).

AL2O3/TiO2

رابطه‌ی ۱

مقادیر نمونه‌های مورد مطالعه با میانگین ۱۵/۲ در طبقه سنگ‌های آذرین حد واسط قرار گرفتند.

آب‌وهوا روی هوازدگی منطقه‌ی منشأ مؤثر است؛ بنابراین با استفاده از رسوبات آواری می‌توان میزان هوازدگی را برآورد کرد. برای محاسبه هوازدگی شیمیایی از اندیس کولرز^{۲۵} استفاده شده است (Cullers, 2000: 150) که عبارت است از:

$$CIW' = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$$

رابطه‌ی ۳

هرچه این اندیس از ۵۰ بیش‌تر و به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی هوازدگی بیش‌تر در ناحیه‌ی منشأ است. مقدار این اندیس برای منطقه‌ی مورد مطالعه از حداقل ۱۹/۶ درصد در نمونه‌ی C تا حداکثر ۲۷/۵۴ درصد در نمونه‌ی ۱ متغیر بود و نشان از هوازدگی متوسط و پایین در ناحیه‌ی منشأ در تمام ادوار است.

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس طبقه‌بندی فولک، نمونه‌های رسوبی مورد مطالعه در گروه ماسه کمی گراولی تا گراول ماسه‌ای قرار گرفتند. تفسیر پارامترهای آماری منتج از دانه‌بندی رسوبات نشان داد؛ اکثر نمونه‌ها از جورشدگی ضعیفی برخوردار بودند که از ویژگی‌های رسوبات رودخانه‌ای است. بر مبنای دانه‌های رسوب، بافت سنگ‌های آهکی ناحیه منشأ شامل دانه‌های کربناته در حد ماسه و گراول است و شامل اینتراکلسیت، اولیت، فسیل یا خرده‌های اسکلتی و پلت است. از آنجاکه رسوبات دارای ماتریکس زیاد و ذرات ریزودرشت و جورشدگی بد هستند، می‌توان نتیجه گرفت که امواج در منطقه در اکثر دوره‌ها فعالیت چندانی نداشته‌اند و رسوبات در محیط آرام مردابی یا دورتر از ساحل تشکیل شده‌اند.

برای تعیین آب‌وهوا از فلدسپات‌ها کمک گرفته شد؛ زیرا در صورتی که فلدسپات‌ها سالم باشند، نشان‌دهنده‌ی آب‌وهوای خشک و اگر هوازده باشند، نشان‌دهنده‌ی آب‌وهوای مرطوب در ناحیه‌ی منشأ است که در این رسوبات با توجه به هوازده بودن فلدسپات‌ها آب‌وهوای آن مرطوب است. با تحلیل مدل رقومی ارتفاعی حوضه‌ی آبریزی میقان، وجود آب‌وهوای مرطوب در نواحی منشأ رسوبات توجیه شد.

زاویه‌دار بودن غالب ذرات کوارتز در تمامی نمونه‌ها نشان از وجود تخریب فیزیکی کوارتز در طی مراحل حمل به سمت کویر دارد، البته نباید مقاومت نسبی بیش‌تر کانی کوارتز را نیز نادیده گرفت؛ هرچند در برخی نمونه‌ها نیز ذرات کوارتز از گردشگی بسیار خوبی برخوردارند که این نشان از فاصله‌ی زیاد منشأ تخریب، شیب زیاد مسیر حمل و انرژی بیش‌تر فرآیندهای حمل دارد.

بررسی گردشگی ذرات رسوب در نمونه‌ها حاکی از آن بود که رسوبات لایه‌های ۱ و ۲ از گردشگی مناسبی برخوردار نبودند که این مسئله می‌تواند بیانگر نزدیکی ناحیه‌ی منشأ باشد. ولی رسوب سایر نمونه‌ها از گردشگی خوب تا بسیار خوب برخوردار بودند و هرچه به سمت عمق رودخانه حرکت می‌کردیم، ذرات رسوب از گردشگی بهتری برخوردار بودند. هم‌چنین مقادیر کوارتز و فلدسپار در نمونه‌ی ۱ بیش از سایر نمونه‌ها بود که نشان از حمل مواد بیش‌تر دارد. بررسی نمونه‌ی شماره‌ی ۵ وجود فسیل تکستولاریا از نوع فرامینیفر چندحجره‌ای متقارن را نشان داد که این موجودات متعلق به محیط‌های برکه‌ای تا دریای عمیق می‌باشند. این پوسته‌های سیلیسی‌شده در مناطق عمیق دریایی به‌ویژه در مناطقی که آب‌های سطحی حاوی مقدار زیادی مواد غذایی باشد، هم‌چنین در دریاچه‌ها و به‌طور موضعی در بعضی نواحی کم‌عمق

دریایی تجمع حاصل می کنند. وجود فرامینیفرها نشانه ای از پیشروی آب دریاچه ی میقان به داخل رودخانه های حاشیه ی پلایا در دوره های یخچالی کواترنری به دلیل بالا بودن سطح تراز آب است.

فلدسپارها و کوارتزها از اجزای اصلی تشکیل دهنده ی بیش تر ماسه سنگ ها و کنگلومراها هستند. آلکالی فلدسپارها متداول تر از پلاژیوفلدسپارها هستند؛ یکی به علت آنکه آن ها بیش تر در برابر هوازدگی شیمیایی مقاوم هستند و دیگر آنکه منشأ اولیه ی بسیاری از سنگ های خشکی زاد معمولاً سنگ های گرانیتی یا گنیس است که فلدسپارها در این نوع سنگ ها بیش تر از نوع قلیایی هستند. در صورتی که هوازدگی شیمیایی در فلدسپارها به سرعت انجام گیرد، منجر به تشکیل میکاها و کانی های رسی می شود. کانی های پایدار همانند کوارتز تا مسافت های زیادی می تواند حمل شود. این مسئله با توجه به گردشگری خوب مشخص می گردد. تجزیه ی کانی های پایدار به سختی و دیرتر از بقیه ی کانی ها صورت می پذیرد و از حواشی دچار تغییر می شود. در نهایت با توجه به نمونه های مطالعه شده، رسوبات به منشأ های گرانیتی و آندزیت بازالت (وجود فلدسپارها و بیوتیت و پیروکسن) و ماسه سنگی (با توجه به وجود بیش تر کوارتز) و کلسیت به سنگ های کربناتی تا تبخیری تعلق دارند.

نسبت $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ در نمونه های منطقه ی مورد مطالعه به طور میانگین $4/37$ است و نشان دهنده ی بلوغ رسوبی متوسط منطقه ی مورد مطالعه است. مقدار اندیس کولرز برای منطقه ی مورد مطالعه از حداقل $19/6$ درصد در نمونه ی ۳ تا حداکثر $27/54$ درصد در مقطع ۱ متغیر بود و نشان از هوازدگی متوسط و پایین در ناحیه منشأ در تمام ادوار است. هم چنین مقدار اکسید Na_2O در مقطع ۱ از بقیه مقاطع کم تر است و نشانگر وجود حداکثر فلدسپار در این نمونه است. میانگین درصد اکسید CaO تقریباً در تمامی نمونه ها بیش تر از میانگین درصد اکسیدهای Al_2O_3 و SiO_2 است که نشان از مقادیر بالای خرده سنگ و سیمان کربناته دارد.

مقدار بالای درصد اکسیدهای Fe_2O_3 و MgO در نمونه ی مقاطع ۱ و ۲ نسبت به سایر نمونه ها نشان دهنده ی وجود کانی های مافیک مانند بیوتیت، آپاتیت و مگنتیت و افزایش کانی های روشن همچون پلاژیوکلاوزهایی همچون کوارتز و ارتوز در رسوبات کواترنری است و نشان از وجود شرایط مرطوب تر در پلیوستوسن در پلایا دارد.

در مجموع می توان ادعا کرد؛ تشکیل رخساره های ولکانیک در عصر کرومین (انتهای کواترنر پیشین) در ناحیه ی منشأ رودخانه گچلان و افزایش توده های آندزیتی بازالتی در نتیجه ی وقوع فاز اصلی پاسادنین در کمربند سه‌بند- بزمان موجب گردید تا سنگ های آندزیتی- بازالتی تأمین کننده ی بخش اعظم رسوبات حمل شده توسط فرآیندهای آبی به سمت پلایای میقان باشند. از طرف دیگر در دوره های یخچالی، جریان های آبی همواره فرآیند اصلی حمل رسوبات و شکل زایی حوضه در بخش شمال غربی بوده اند. به طوری که در این دوره ها با بالا آمدن تراز آب دریاچه و کاهش شوری، سطح آب در مسیل رودخانه گچلان بالا می آمده و امکان انتقال فرامینیفرها به محیط رودخانه فراهم می شده است. گرچه در تمام دوره ها، تجزیه ی شیمیایی سنگ ها در حد کم تا متوسط بوده است؛ اما تخریب فیزیکی، همواره بر شکل زایی سنگ های ناحیه ی منشأ و نیز بافت رسوبات حمل شده تسلط داشته است. همچنین با توجه به مشاهدات، حضور آب و هوای سرد نه چندان مرطوب در ارتفاعات شمال غرب حوضه ی میقان و آب و هوای گرم و مرطوب در پلایای میقان هم زمان با دوره های یخچالی محتمل است. در کل، با بررسی رسوبات پادگانه رودخانه فصلی گچلان، دو فاز خشک و یک فاز مرطوب شناسایی گردید؛ گرچه نهشته گذاری رسوبات در مسیر رودخانه به علت شیب بسیار کم بستر (کم تر از $0/5$ درصد) به آرامی و در محیط کم انرژی صورت می پذیرفته است.

۶- منابع

۱. آدابی، محمدحسین (۱۳۸۳). ژئوشیمی رسوبی، تهران: انتشارات آریز زمین.
۲. حسین زاده، سیدرضا، خانه باد، محمد، برومند دانش، بهاره (۱۳۹۲). برآورد حداکثر سطح سیلاب در رودخانه ی درونگر خراسان، دومین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، تهران، ایران.

۳. خان‌بابایی، زهرا، محمدی، ابوطالب، محبوبی، صدیقه، بهاروند، مهدی (۱۳۹۵). مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴۸، شماره‌ی ۱، صص ۱۴۲-۱۲۵.
۴. ذوالفقاری، مرتضی، هاشمی، محمدناصر، حیدری، مریم (۱۳۸۹). بررسی تغییرات مکانی بارندگی و حجم نزولات جوی در حوضه‌ی آبخیز کویر میقان، مجموعه مقالات دومین همایش تالاب‌های کویری ایران، دانشگاه آزاد اسلامی امیرکبیر، اراک، ایران.
۵. ربانی فرد، علی‌اصغر (۱۳۸۵). بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در تغییر روند پارامترهای اندازه‌ی ذرات به‌طرف پایین‌دست در طول رودخانه‌ی فرومد، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۶. علایی طالقانی، محمود (۱۳۷۵). ژئومورفولوژی و عمران ناحیه‌ی دشت اراک، رساله‌ی دکتری، دانشگاه تهران.
۷. علمی‌زاده، هیوا، فرهادی، سعید، رزمی، مریم (۱۳۹۴). تجزیه و تحلیل گرانولومتری رسوبات دریاچه پریشان، مجله‌ی پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره‌ی چهار، صص ۴۳-۳۰.
۸. قهرودی تالی، منیژه، لشگری، حسین، حسینی، زهرا (۱۳۹۰). شناسایی پهنه‌های رسوبی ناشی از تحولات اقلیمی در پلایای مهارلو با به‌کارگیری تکنیک PCA و شاخص OIF، مجله‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره‌ی سوم، صص ۲۱-۳۶.
۹. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۰). کاربرد تکنیک PCA و شاخص OIF در شناسایی کنای‌های تبخیری در پلایاها مطالعه‌ی موردی: دریاچه‌ی مهارلو، سومین همایش علوم زمین، آشتیان، ایران.
۱۰. محمودی، ابراهیم (۱۳۸۱). تحولات ژئومورفولوژیکی دریاچه‌ی ازنا در دوران چهارم، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد.
11. Bauluz, B. Mayayo, M. J., Fernandez-Nieto, C., Lopez, J.M.G. (2000). Geochemistry of Precambrian Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance and tectonic setting. *Chemical Geology*, volume 168, pp 135-150.
12. Blum, M., Tornqvist, T. (2000). Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward, *Sedimentology*, volume 48, pp 2-48.
13. Burke W. E., Pasternack, G. B., Gray, A., Goñi, M., Woolfolk, A. M. (2013). Particle size characterization of historic sediment deposition from a closed estuarine lagoon, Central California, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 126, pp 23-33.
14. Cardenas, A., Girty, G. H., Hanson, A. D., Lahren, M. M. (1996). Assessing differences in composition between low metamorphic grade mudstones and high-grade schists using log ratio techniques. *J. Geology*, volume 104, pp 279-293.
15. Cullers, R. L., Podkovyrov, V. N., (2002). The source and origin of erogenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic U1 group, southeastern Russia. *Precambrian Research*, Volume 117, pp 157-183.
16. Ghahroudi Tali, M. (2011). Application of PCA Techniques and OIF index to detection of Evaporate in playa, Case Study, Maharlu Playa, *Geography of Arid Region Study Journal* 3, pp 21-36.
17. Gupta, A., Hock, L., Xiaojing, H., Ping, C. (2002). Evaluation of part of the Mekong River Using satellite imagery, *Geomorphology*, Volume 44, pp 221-239.
18. Hayashi, K., Fujisawa, H., Holland, H., Ohmoto, H. (1997). Geochemistry of ~1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada. *Geochemical ET Cosmochimica Acta*, Volume 61, pp 4115-4137.
19. Houben, P. (2003). Spatio-temporally variable response of fluvial systems to Late Pleistocene climate change: a case study from central Germany, *Quaternary Science Reviews*, Volume 22, pp 2125-2140.
20. Hughes, P. (2010). Geomorphology and Quaternary stratigraphy, the roles of morph, lithe and all stratigraphy, *Geomorphology*, Volume 123, pp 189-199.
21. Jolivet, M., Arzhannikov, S., Arzhannikova, A., Chauvet, C., Alain, V., Vassallo Ricardo, B. (2013). Regis, *Geomorphic Mesozoic and Cenozoic evolution in the Oka- Jombolok region*

- (East Sayan ranges, Siberia). *Journal of Asian Earth Sciences*, *Journal of Asian Earth Sciences*, Volume 62, pp 117-133.
22. Komar, P. (2007). The entrainment, transport and sorting of heavy minerals by waves and currents. In: Mange, M.A. Wright, D.T. (eds), *Heavy Minerals in use. Developments in Sedimentology*, Volume 58, pp.3-48.
 23. Kraus, M. (2002). Basin-scale changes in floodplain paleosols: implications for interpreting alluvial architecture, *Journal of Sedimentary Research*, Volume 72, pp 500–509.
 24. Mikesell, L., Schaetzl, R., Velbel, M. (2004). Hornblende etching and quartz/feldspar ratios as weathering and soil development indicators in some Michigan soils, *Quaternary Research*, Volume 62, pp 162–171.
 25. Opreanu, G., Oaie, G., Paun, F. (۲۰۰۷). The Dynamic Significance of the Grain Size of Sediments Transported and Deposited by the Danub, Coastal Zone Processes and Management, *Environmental Legislation, National Institute of Marine Geology and Geoecology (GeoEcoMar)*, pp 23-35.
 26. Philip, P., House, K. (2014). Paleogeomorphology and evolution of the early Colorado River inferred from relationships in Mohave and Cottonwood valleys, Arizona, California, and Nevada, *Geological Society of America*, Volume 10, pp 1139–1160.
 27. Potter, P. E. (1978). Petrology and chemistry of modern big river sands. *J. Geology*, Volume 86, pp 423-449.
 28. Priadarsi, R., Aree, C., Elena, J., ozzano, S. (2008). Geochemistry of late quaternary sediments from Tecocomulco Lake, central Mexico: Implication to chemical weathering and provenance, *Chemie der Erde*, Volume 68, pp 383–393.
 29. Randle, T. J., Makar, P., Fotherby, L., Bauer, T., Murphy, P. (2006). *Erosion and Sedimentation, Chapter 7: River Processes and Restoration*. United States, Bureau of reclamation office, Technical Service Center, Department of the interior, pp 58-70.
 30. Roser, B. P., Cooper, R. A., Nathan, S., Tulloch, A. J. (1996). Reconnaissance sandstone geochemistry, provenance and tectonic setting of the lower Paleozoic terrenes of the West Coast and Nelson, New Zealand. *N.Z.J. Geol. Geophysics*, Volume 39, pp 1-16.
 31. Roy, S. (2007). REE geochemistry of the recent playa sediments from the Thar Desert, India: An implication to playa sediment provenance, *Chemie der Erde*, Volume 67, pp 55–68.
 32. Sai, N. (2004). Geochemistry of Lake Sediments as a Record of Environmental Change in a High Arctic Watershed, *Chemie der Erde*, Volume 64, pp 257–275.
 33. Schumm, Stanley (1994). *The variability of large alluvial rivers*, New York: American Society of Civil Engineers.
 34. Solís-Castillo, B., Thiel, C., Baez, H., Rebolledo, El., Sollerino, S., Sergey, T., Birgit, D., Bodo, F. M., Tsukamoto, S. (2013). Holocene sequences in the Mayan Lowlands - A provenance study using heavy mineral distributions. *Quaternary Science Journal*, Volume 62, pp 84-97.
 35. Vendenberghe, J. (2003). Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas, *Quaternary Science Reviews*, Volume 22, pp 2053-2060.