پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال هفتم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۷
صص. ۱۱۶-۹۷

پالیمسست دریاچه‌های قزل‌اوزن

غلام حسن جعفری*- استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه زنجان
هژیر محمدی- کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه زنجان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۰۸ تائید نهایی: ۱۳۹۷/۰۵/۲۰

چکیده

شرایط آبگیری و سیکل هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز علاوه بر اقلیم به شرایط فیزیوگرافی و زمین‌شناسی نیز وابسته است. پیدایش دریاچه‌های متعدد با علل مختلف در محدوده‌های وسیع، امکان‌پذیر است ولی در حوضه‌ای به وسعت قزل‌اوزن، یک امر نادر و کم‌نظیر است. شناسایی هویت بعضی از آن‌ها فقط بادید فضایی امکان‌پذیر است. در این پژوهش مورفوژنز و چندنگارگی فرایندهای ژئومورفولوژیکی در پیدایش دریاچه‌های حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن، از زیرحوضه‌های دریای خزر، موردبررسی قرارگرفته است. تنوع لیتولوژی و گسل باعث شکل‌گیری شرایط متفاوتی در این حوضه شده که بالطبع در شکل‌گیری لندفرم‌های مختلف نقش داشته است. برای بررسی فضایی عوامل مؤثر در ایجاد یا سرریز شدن دریاچه‌های حوضه آبریز قزل‌اوزن، از DEM 30*30 مستخرج از سایت USGS و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS & Arc map اقدام به رقومی نمودن لایه‌هایی همچون آبراهه‌ها و لیتولوژی و گسل گردید. با استفاده از نرم‌افزار Google earth محل‌های تجمیع آب شناسایی شد و محدوده‌ی آن‌ها ترسیم یا بازسازی گردید و طول، عرض و مساحت هریک از آن‌ها محاسبه شد. برای مستدل شدن دریاچه‌های یخچالی برف مرز دائمی کواترنری با استفاده از روش رایت و پورتر برآورد گردید و بر اساس آن، ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ منطقه نیز مشخص شد. در منطقه قلعه‌چای بیش از ۹ دریاچه یخچالی شناسایی گردید. برای تأیید و مستند کردن دریاچه‌های یخچالی بر روی نمونه رسوبات محلی، عمل گرانولومتری انجام شد. نتایج دال بر این است که در حوضه‌ای به وسعت ۵۰ هزار کیلومترمربع، دریاچه‌هایی با منشأ یخچال، آتش‌فشان، لغزش، شیمیایی و توپوگرافیک شکل‌گرفته است. دراین‌بین، دریاچه‌های لغزشی کردآباد، بهترین شرایط را برای مطالعه دریاچه‌هایی فراهم می‌آورد که سرریز شده و از بین رفته‌اند.

واژگان کلیدی: دریاچه، کردآباد، لغزش، آتش‌فشان، یخچال.

* نویسنده مسئول: E-mail: jafarihas@yahoo.com

مقدمه

آثار و شواهد موجود در طبیعت نشان می‌دهد شرایط اقلیمی گذشته با امروز متفاوت بوده است. شرایط آبگیری و سیکل هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز علاوه بر اقلیم به شرایط فیزیوگرافی و زمین‌شناسی نیز وابسته است. ورودی یا دبی رودخانه‌ها فقط به اقلیم منطقه بستگی ندارد، بلکه موقعیت قرارگیری دریاچه نسبت به حوضه، اثر افزایش ورودی را معنا بخش می‌کند؛ زیرا تغذیه و انرژی زمانی معنا پیدا می‌کند که حیاتی وجود داشته باشد (ولایتی، ۱۳۷۴: ۱۲). چاله‌ها و دریاچه‌ها در پست‌ترین قسمت یک حوضه شکل می‌گیرند. در این صورت سطح مستوی براثر عملکرد آب‌های راکد به وجود می‌آید. به‌عبارت‌دیگر مانداب‌ها، دریاچه‌ها، آبگیرها و سازوکار رسوب‌گذاری در آن‌ها منجر به ایجاد سطوح صاف همراه بافت ریز منجر می‌شود (رامشت، ۱۳۸۹: ۶۱). در اواخر عصر یخبندان با عقب‌نشینی صفحات پوشیده شده از یخ و یخچال‌های طبیعی، تغییرات جهانی وسیعی در شرایط جوی به وجود آمد. به‌طوری‌که براثر گرم شدن هوا و فزونی میزان تبخیر بر بارش، بیشتر دریاچه‌هایی که بسیاری از دشت‌های پست و محدوده‌های هموار در دل کوهستان‌ها و مناطق کویری فعلی کره زمین را فراگرفته بودند، خشک شدند (کلینسلی، ۱۳۸۸: ۱). گروهی اعتقاددارند که این دریاچه‌ها ناشی از رژیم زمین ساختی کشش بعد از فشارش هستند، گروهی دیگر آن‌ها را به خمش طاقدیسی آینه ورزان به سمت مشاء نسبت می‌دهند و درنهایت عده‌ای دیگر زایش غیر زمین ساختی و فرسایش‌های یخچالی را برای ایجاد آن متصور هستند (اسکویی و امیدیان، ۱۳۹۲). با چنین دیدگاه‌های مختلفی، دریاچه‌ها را با توجه به عوامل ایجادکننده آن‌ها، این‌گونه تقسیم می‌کنند.۱- دریاچه‌های یخچالی که براثر تجمع آب در پشت مورن‌ها به وجود می‌آیند. ۲- دریاچه‌های ولکانیکی که در کراترها ایجاد می‌گردند. ۳- دریاچه‌های تکتونیکی که در اثر فرونشینی تدریجی یا در اثر گرابن به وجود می‌آیند. ۴- دریاچه‌های کارستی، در محل‌هایی که آهک طی فرایند کارستی شدن خورده شده باشد پدید می‌آیند. ۶- دریاچه‌های سدی، در اثر ریزش کوه یا لند اسلاید و جمع شدن آب در پشت مواد ریزش یافته پدید می‌آیند. ۷- دریاچه‌های ساحلی و دریاچه‌های رودخانه‌ای که اولی در اثر سدهای دریایی و دومی با قطع مآندر به وجود می‌آید (ولایتی، ۱۳۸۶: ۸۷؛ جداری عیوضی،۱۳۹۲: ۱۰۴).

معمولاً یافتن دریاچه‌های متعدد با علل پیدایش مختلف در محدوده‌های وسیع امکان‌پذیر است ولی وجود دریاچه‌هایی با منشأ متفاوت در حوضه‌ای به وسعت قزل‌اوزن نادر و کم‌نظیر است. به عبارتی در قزل‌اوزن می‌توان دریاچه‌ها را با منشأ متفاوت موردمطالعه قرارداد. هویت شناخته‌شده بعضی از آن‌ها فقط بادید فضایی امکان‌پذیر است. نگاه مجرد و انتزاعی به پدیده‌ها، گاه باعث اشتباه و خطا در مسیر پژوهش می‌شود اما وجود یک دید فضایی و همه‌جانبه نسبت به لندفرم‌های به وجود آمده نه‌تنها خطا را کاهش می‌دهد بلکه صحت تحقیق را افزایش می‌دهد. در این پژوهش با یک دید فضایی نسبت طبقه‌بندی مورفوژنز دریاچه‌ها و چندنگارگی اثرات محیط و فرایندهای ژئومورفولوژیکی بر روی هریک از آن‌ها، در حوضه آبریز قزل‌اوزن اقدام شده است.

سیوی[1] (۲۰۰۹) دریاچه‌های لغزشی ناشی از زلزله در وینچوان را با تأکید بر توزیع و ارزیابی خطر اولیه بررسی کردند. ساندال و همکاران[2] (۲۰۰۹) تکامل دریاچه‌ی فرا یخچالی در سراسر ورقه گرینلند را موردپژوهش قراردادند. رانتا و مول[3] (۲۰۰۹) در پژوهش دریاچه‌های یخچالی و یخی منطقه‌ی نپال اورست به درک رفتار

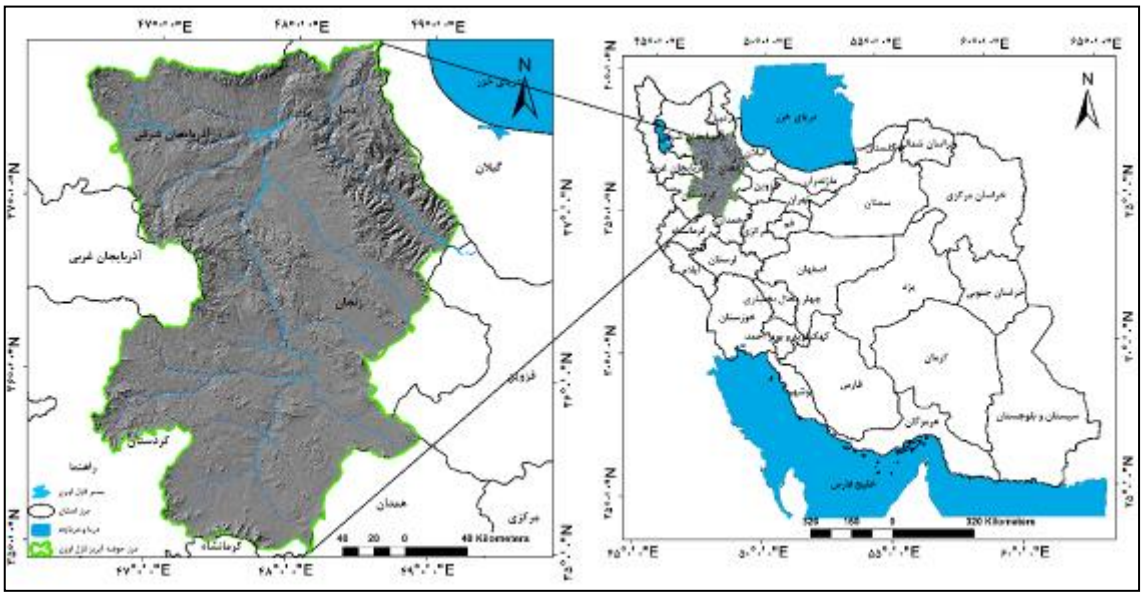
1. Cui et al
2. Sundal et al
3. Ranta and Mool

یخچال‌های طبیعی و انفجار سیل‌آسای دریاچه‌های یخی دست یافتند. بولچ و همکاران[1] (۲۰۱۱) با شناسایی دریاچه یخی خطرناک در شمال شینشان به این نتیجه رسیدند که با روند تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی امکان به وجود آمدن تعداد فزاینده‌ی دریاچه یخچالی فراهم می‌شود و طغیان این دریاچه‌ها خطرات جدی به دنبال دارند.

در کشور ایران بحث دریاچه‌ها موردتوجه بسیاری از محققین بوده است ازجمله غلامحسنی (۱۳۶۰) با بررسی مقدماتی دریاچه سبلان به این نتیجه رسید که درروی قله‌ی سبلان و در داخل دهانه آتش‌فشانی آن‌یک دریاچه بیضی‌شکل، وجود دارد که جزء دریاچه‌های آتش‌فشانی محسوب می‌شود. عسکری چاوردی (۱۳۸۸) با بررسی دریاچه‌های کوهستانی دوره کواترنری دره جاجرود به این نتیجه رسید که یکی از عوامل تشکیل دریاچه‌ها انتقال رسوبات یخچالی در دوره سرد کواترنری، تراکم آن‌ها در حاشیه‌ی دره جاجرود، وقوع زمین‌لغزش در دوره بین یخچالی و تکتونیک فعال منطقه بوده است. مددی و همکاران (۱۳۸۳) در بررسی تکامل ژئومورفولوژی دریاچه نئور، شمال غرب (منطقه اردبیل) با استفاده از بازدیدهای میدانی و نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی به این نتیجه رسیدند که تکتونیک نقش مهمی در تکوین دریاچه نئور و ژئومورفولوژی منطقه داشته است. موسوی ندوشن و غیاث‌آبادی (۱۳۹۵) فرم دریاچه گهر را به‌عنوان تنها دریاچه مرتفع مناطق کوهستانی ایران، دانه‌تسبیحی و با منشأ یخچالی دانسته‌اند. نظم فر و رحیمی (۱۳۹۴) با بازسازی شرایط اکوژئومورفولوژی دیرینه و عهد حاضر دریاچه زریوار بر اساس ویژگی‌های دیاتومه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای به این نتیجه رسیدند که سطح آب دریاچه از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ از ۲۱/۷۱ کیلومترمربع به ۱۳/۰۴ کیلومترمربع کاهش‌یافته است (کاهش ۳۹/۹۵ درصدی سطح دریاچه در طی هشت سال).

حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن ازجمله زیرحوضه‌های دریای خزر می‌باشد که از ارتفاعات چهل چشمه کردستان سرچشمه گرفته و بعد از وارد شدن به چاله‌ی بیجار از طریق تنگ‌های ماه‌نشان، رجعین، هشتجین وارد طارم شده و به دریاچه سد منجیل می‌ریزد و درنهایت پس از پیوستن شاهرود به سفیدرود وارد دریاچه خزر می‌شوند. این حوضه در استان کردستان، زنجان، آذربایجان شرقی، اردبیل، همدان و بخش کوچکی از استان‌های قزوین، آذربایجان غربی و گیلان قرارگرفته و در عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی گسترده شده است. طول این رودخانه از سرچشمه تا خروجی حوضه ۵۵۰ کیلومتر و مساحتی بالغبر ۴۹۴۰۰ کیلومترمربع دارد، مرتفع‌ترین قسمت آن ۳۶۱۰ و پست‌ترین قسمت آن ۲۳۹ متر از سطح دریا ارتفاع دارد (شکل ۱).

[1]. Bolch et al

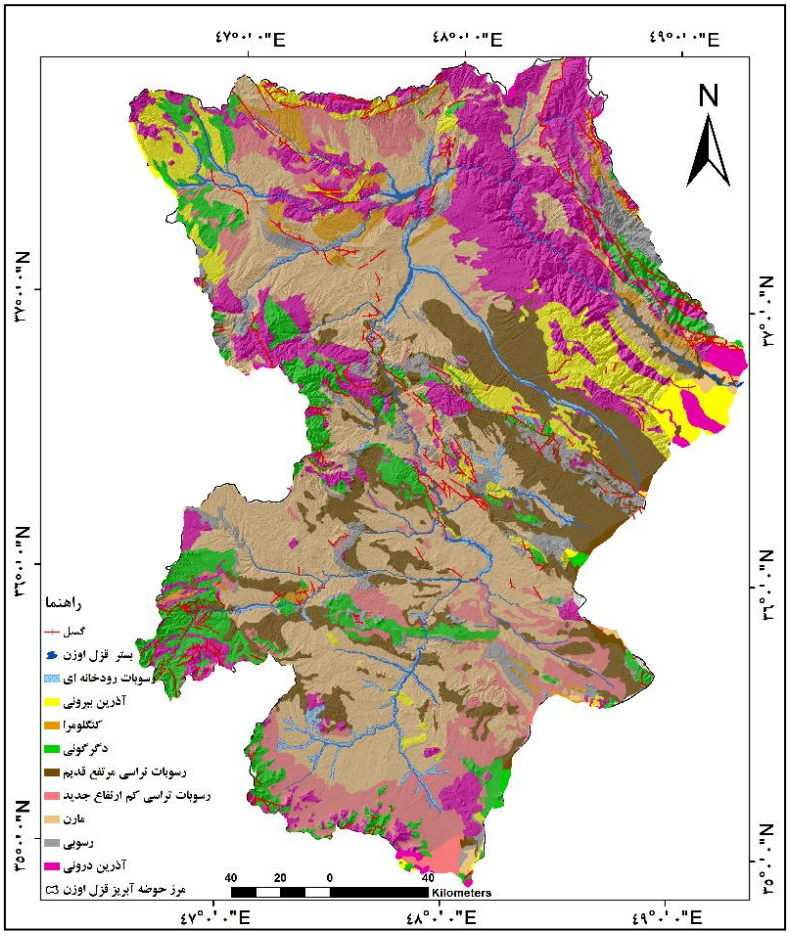


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن

حوضه آبریز قزل‌اوزن ازنظر تقسیم‌بندی واحدهای زمین‌شناسی، در بین زون‌های سنندج–سیرجان، ایران مرکزی، آذربایجان و البرز قرار دارد. ازنظر تنوع زمین‌شناسی کشور ایران دارای سنگ‌هایی با قدمت مختلف از پرکامبرین تا کواترنری است. در این میان، شمال غرب کشور، ساختمان بسیار پیچیده‌ای دارد به‌طوری‌که ساختمان‌های مختلفی را می‌توان در این منطقه مشاهده نمود (جداری عیوضی، ۱۳۹۲). پراکندگی سازندهای زمین شناسی منطقه‌ی موردمطالعه به‌گونه‌ای است که ارتفاعات شمالی زنجان و ارتفاعات دامنه شمالی کوه بلقیس متشکل از سازندهای آذرین است. در حاشیه بستر رودخانه قزل‌اوزن، غلبه با رسوبات آبرفتی است که قزل‌اوزن و سرشاخه‌های آن در قسمت‌های مختلف بجای گذاشته‌اند. همچنین تراس‌های آبرفتی کم ارتفاع جدید و مرتفع قدیم در دشت زنجان، میانه، بیجار و مخروط‌افکنه‌های طارم به چشم می‌خورد. سنگ‌های دگرگونی در ارتفاعات شمالی طارم، قلعه‌چای، بخشی از دامنه جنوب غربی سهند که جزء حوضه آبریز قزل‌اوزن است دیده می‌شود. مارن ازجمله رسوباتی است که پراکندگی آن در مرکز حوضه بیشتر از سایر قسمت‌ها است. در مسیر رودخانه قزل‌اوزن واحدهای مختلف ازجمله سازند قم شامل مارن و ماسه‌سنگ‌های مارنی بامیان لایه‌های آهکی، واحدهای سازند سرخ بالایی شامل مارن و ماسه سنگ‌های نازک، واحد سرخ زیرین شامل تناوبی از مارن‌های سبز و قهوه‌ای و واحدهای مختلف سازند کرج شامل توف‌های آندزیتی، کلاستیم‌های توف دار، گدازه‌های آندزیتی به همراه آهک‌های نازک لایه به چشم می‌خورد. این وضعیت عدم تعادل سطح اساس رودخانه را در بخش‌های مرکزی حوضه نشان می‌دهد به‌گونه‌ای که پادگانه‌های رودخانه قزل‌اوزن در سنگ‌بستر حفرشده‌اند (عباسی، ۱۳۹۵: ۷۴). در بخش‌های وسیعی از حوضه، سنگ‌های آتش‌فشانی شامل آندزیت، بازالت، ریولیت، الیت و توف‌های اسیدی به همراه نهشته‌های مربوط به نئوژن و کواترنری شامل طبقات سرخ گچ دار به همراه کنگلومرای قاعده ای و رسوبات آبرفتی به چشم می‌خورد.

وجود گسل‌ها در شبکه‌ی آبراهه‌ای نقش مؤثری دارند. ازلحاظ پراکندگی گسل‌ها در قسمت سفلای حوضه بخصوص در کوه‌های چهل چشمه کردستان تا خروجی حوضه گستردگی دارند. روند اکثر این گسل‌ها شمال غرب – جنوب شرق هستند و مهم‌ترین گسل‌های این منطقه گسل حلب، سلطانیه– زنجان، منجیل (قزل‌اوزن) است. گسل حلب، گسلی با راستای خم‌دار شمال غربی –جنوب شرقی است که با طول ۶۰ کیلومتر در حاشیه غربی استان زنجان واقع شده است. گسل مذکور دارای شیب زیاد به سمت شمال شرقی می‌باشد و بدین ترتیب سازند قم بالایی با شیب زیاد در برابر نهشته‌های آبرفتی پلیوکواترنر قرار داده است (پورکرمانی و آرین ۱۳۷۸). در قسمت زنجان‌رود گسل فشاری سلطانیه،

گسلی است با درازای حدود ۱۴۰ کیلومتر و راستای شمال غرب – جنوب شرقی که از فاصله ۸ کیلومتری جنوب غربی شهر سلطانیه می‌گذرد. شیب این گسل به سمت جنوب باختر است و دیواره فرسوده گسل را می‌توان به‌روشنی در تمامی طول آن مشاهده کرد. جنبش‌های فشاری گسل سلطانیه ممکن است در شکل‌گیری فرونشست ابهر – زنجان نقش داشته باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳). در طارم نیز راندگی قزل‌اوزن که نخستین بار توسط بربریان و قریشی (۱۹۸۴) شناسایی و معرفی‌شده است، گسلی است با راستای خم‌دار عمومی شمال غربی – جنوب شرقی که در بخش شمالی رودخانه قزل‌اوزن و بین کوه و دره قزل‌اوزن قرار داشته و از زیر سد سفیدرود منجیل می‌گذرد (نقشه گسل‌های اصلی البرز مرکزی). درازای گسل قزل‌اوزن ۶۵ کیلومتر و شیب آن به‌سوی شمال و شمال خاوری است و در راستای آن سنگ‌های سازند ائوسن کرج بر روی مارن‌های نئوژن سازند قرمز بالایی و آبرفت‌های کواترنری رانده شده است (شکل ۲). چنین تنوعی از لیتولوژی و گسل باعث شکل‌گیری شرایط متفاوتی در این حوضه شده است که بالطبع در شکل‌گیری لندفرم‌های مختلف نقش داشته است؛ یکی از این لندفرم‌ها مربوط به آب‌های راکدی است که به‌عنوان دریاچه مطرح می‌شوند.



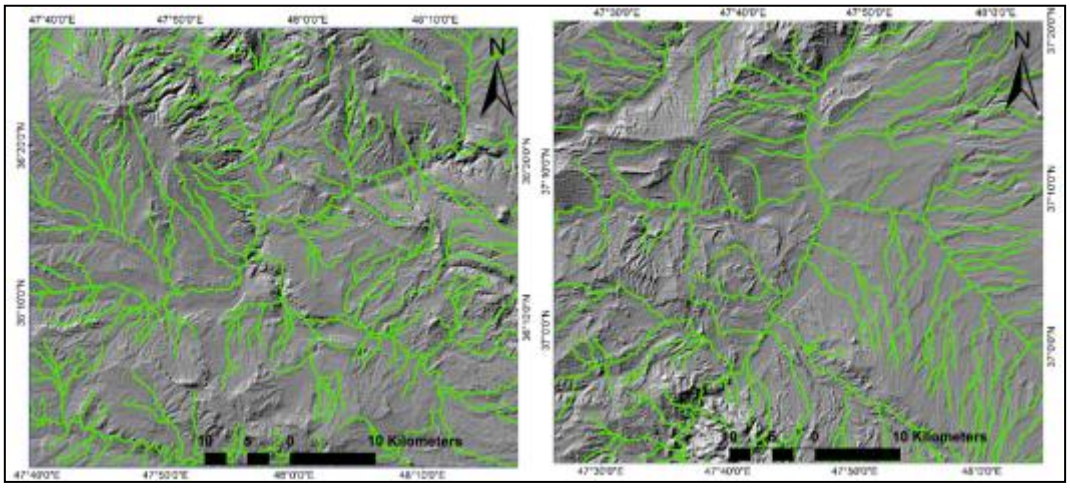
شکل ۲: نقشه موقعیت زمین‌شناسی حوضه آبریز قزل‌اوزن

مواد و روش‌ها

در این بررسی آنچه بیش از همه اهمیت دارد نگاه فضایی به لندفرم‌هایی است که معمولاً به‌صورت مجزا و انتزاعی موردمطالعه قرار می‌گیرند. بررسی سیستمی لندفرم‌های واقع در حوضه گاه چنان نتایجی به دنبال دارد که منجر به ارائه تئوری‌هایی می‌شود که با واقعیت محیطی انطباق بیشتری دارد. برای بررسی فضایی عوامل مؤثر در ایجاد یا سرریز شدن دریاچه‌های حوضه آبریز قزل‌اوزن، از DEM 30*30 مستخرج از سایت USGS و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰،

زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS & Arc map اقدام به رقومی نمودن لایه‌هایی همچون آبراهه‌ها و لیتولوژی و گسل گردید. همچنین با استفاده از نرم‌افزار Google earth محل‌های تجمیع آب شناسایی شد و محدوده‌ی آن‌ها ترسیم یا بازسازی گردید و طول، عرض و مساحت هریک از آن‌ها را محاسبه شد.

ازجمله شواهدی که می‌توان در یک دید میدانی مشاهده نمود وجود پادگانه‌های آبرفتی (دریاچه‌ای) است که دریاچه بعد از سپری کردن دوره‌های مرطوب و خشک بر جای می‌گذارد. این پادگانه‌ها بر اساس بافت، ساختمان، رنگ و ضخامت ویژگی‌های مخصوص به خودی دارند که معمولاً در نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای قابل‌ردیابی است. درواقع وجود شواهد در نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی کمک شایانی در تشخیص حدود دریاچه می‌دهد. این شـــواهد عبارت‌اند از: ۱- خطوط منحنی میزان‌های بســـته و چاله مانند، منتها باید این چاله‌ها را از منحنی میزان‌های قله کوه و آتش‌فشان‌ها تشخیص داد. ۲- آبراهه‌های که در پایین‌دست خود به صورت دوشاخه تغییر شکل داده‌اند. ۳- نقاط ارتفاعی منفرد در داخل خطوط منحنی میزان بسته. ۴- لیتولوژی آبرفتی از تراس‌های قدیمی در نقشه‌های زمین‌شناسی (رامشت،۱۳۹۲:۷۴) (شکل ۳).



شکل ۳: همگرایی شبکه‌ی آبراهه‌ای

با توجه به این شواهد ساحل دریاچه‌های گذشته تعیین حدود شد. بر این اساس دریاچه‌های با منشأ آتش‌فشانی، تراورتنی، دریاچه‌های توپوگرافیکی گذشته شناسایی شد. یکی از انواع دریاچه‌های حوضه قزل‌اوزن دریاچه‌های یخچالی است. برای مســـتدل شـــدن دریاچه‌های یخچالی لازم اســـت ابتدا برف مرز دائمی و خط تعادل آب‌ویخ منطقه برآورد گردد. برای این منظور ابتدا لازم به شـــناســـایی لندفرم‌های ســـیرکی حوضـــه اســـت. خطوط منحنی میزان حاکی از فرایند یخچالی که در بن‌بست دره‌ها به شکل بادبزن منعکس می شود. شناسایی مقدماتی سیرک‌های یخچالی از طریق منحنی‌های میزان استخراج شده از DEM و شبکه آبراهه‌ای در نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ پری انجام شد. سپس با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی بسیاری از شبه سیرک‌ها از سیرک‌های اصلی متمایز گردید. برای شناسایی شبه سیرک بین لندفرم‌های سیرکی از روش آلومتری سه پارامتر طول L، عرض W، اختلاف ارتفاع سیرک A و تجزیه رگرسیون خطی در نرم‌افزار Excel و بررسی لیتولوژی محل تشکیل سیرک استفاده شد. به این صورت که با توجه به خطوط منحنی میزان، آبراهه‌ها و محل خروجی سیرک در نقشه‌های توپوگرافی، محدوده سیرک‌های شناسایی‌شده مشخص شد. طول سیرک در امتداد کف آن، از قله مسلط به سیرک تا محل خروجی، اندازه‌گیری شد. در امتداد بستر سیرک که خطوط منحنی میزان نیز فاصله بیشتری نسبت به بقیه مکان‌ها داشتند، عرض سیرک محاسبه شد. بین طول و عرض سیرک رابطه خطی با همبستگی بالاتر از ۰/۸۰ باید وجود داشته باشد. درصورتی‌که این رابطه از ابتدا وجود داشته باشد یعنی همه

سیرک‌های شناسایی‌شده می‌توانند لندفرم سیرکی نهایی نیز در نظر گرفته شوند؛ در غیر این صورت اطلاعات آن دسته از سیرک‌هایی که از محل قرارگیری نقاط در اطراف خط برازش، دورتر هستند، حذف می‌شود تا همبستگی به درصد موردنظر برسد. آن دسته از سیرک‌هایی که داده‌های آن‌ها از این طریق خارج می‌شود به‌عنوان شبه سیرک در نظر گرفته می‌شوند. لندفرم‌های موجود در لیتولوژی رس و مارن، با توجه به حساسیت بسیار زیاد این نوع لیتولوژی نمی‌تواند ناشی از فرایندهای حداقل ده هزار سال پیش باشد. از اطلاعات اشکال سیرکی در این نوع لیتولوژی در برآورد ارتفاع برف مرز استفاده نشد. بر اساس ارتفاع سیرک‌های باقی‌مانده و با استفاده از روش رایت، برف مرز دائمی کواترنری برآورد شد. درروش رایت، با ضرب تعداد سیرک‌های یخچالی در ۰/۶ عددی به دست می‌آید که منطبق بر شماره ردیف سیرک‌های سورت شده نزولی ازنظر ارتفاع است. ارتفاع سیرک در ردیف مشخص‌شده درواقع به‌عنوان ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری در نظر گرفته می‌شود.

در منطقه قلعه‌چای بیش از ۹ دریاچه یخچالی شناسایی گردید. برای تأیید و مستند کردن دریاچه‌های گذشته نمونه‌ای از رسوبات محلی برداشته شد (در مکان‌هایی که در شبیه‌سازی توپوگرافی گذشته احتمال وجود دریاچه را تأیید کرده بود). به این طریق که از مکان تراس‌های قدیمی با دقت زیاد رسوب برداشته شد. در آزمایشگاه عملیات گرانولومتری رسوبات طی مراحل زیر انجام شد: ۱- شست‌وشوی نمونه ۲- قرار دادن نمونه به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه OVEN 3-جداسازی رسوب خشک‌شده پس از عملکرد دستگاه شیکر به مدت ۱۵ دقیقه ۴- وزن کردن هریک از نمونه‌های باقی‌مانده در هر یک از الک‌های دستگاه ۵- ترسیم جدول فراوانی بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده و ۶- درنهایت کشیدن نمودار منحنی تجمعی در نرم‌افزار Excel و تطبیق دادن هریک از نمودارهای به‌دست‌آمده با نمودار منحنی رسوبات دریاچه‌ای.

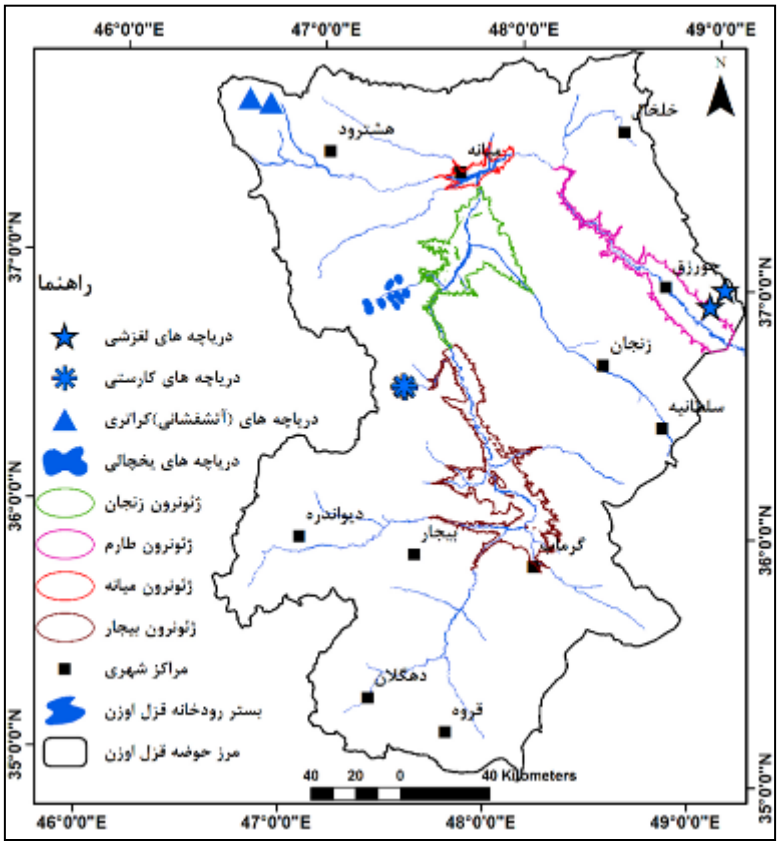
بحث و یافته‌های تحقیق

به فرورفتگی‌های سطح زمین که توسط آب پر شده و با دریا ارتباطی نداشته باشد دریاچه می‌گویند. برای تشکیل یک دریاچه وجود یک چاله بسته، یعنی چاله‌ای که از هر طرف محصور و آبی که آن را پر کند کافی است (جداری عیوضی، ۱۳۸۴: ۱۰۲). حاصل عملکرد آب‌های راکد، سطوح مستوی (دریاچه) است. بسیاری از دریاچه‌های که در دوران یخچالی وجود داشته‌اند بعد از دریافت حجم زیادی از آب، سرریز شد، به‌مرورزمان شکسته (پاره) شده و با تسلط انواع فرسایش‌ها از بین رفته‌اند. تغییرات سطح اساس رودخانه‌های مجاور دریاچه‌ها که در حوضه‌های مستقلی از دریاچه جریان دارند ازجمله عوامل مهمی است که در تخلیه آب دریاچه‌ها مؤثر بوده است. بسترهای دریاچه‌ای گذشته در اطراف خود شواهدی برجای گذاشته‌اند که دریاچه‌ای بودن آن‌ها را درگذشته مورد تأیید قرار می‌دهد. ازجمله شواهدی که می‌توان در یک دید میدانی مشاهده نمود وجود پادگانه‌های آبرفتی است که از دوره پرآبی دریاچه برجای‌مانده است. این پادگانه‌ها بر اساس بافت، ساختمان، رنگ و ضخامت ویژگی‌های منحصربه‌فردی به اطراف هر دریاچه می‌دهند. وجود شواهد دیگر بر روی نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی کمک شایانی درزمینه تشخیص دریاچه می‌دهد. شواهد مذکور در حوضه آبریز قزل‌اوزن دال بر وجود ژئونرون‌ها و حوضه‌های مستقلی در این حوضه است که تحولات آن‌ها در طی کواترنری بر تعادل یا عدم تعادل فرم و فرایندهای این حوضه اثر گذاشته است. در حال حاضر نیز حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن دارای بسترهای آبی متعددی است که با ایجاد شرایط و شواهدی ازجمله گالی‌های عمیق و تراس‌های دریاچه‌ای، دخالت آب راکد را در ایجاد لندفرم‌های برخی از مناطق مستدل می‌سازد. به کمک تراز ارتفاعی این تراس‌ها می‌توان حدود ژئونرون‌های گذشته را تعیین نمود. هم‌چنین پائین افتادگی‌های ناگهانی حاکی از تغییری است که براثر تخلیه این ژئونرون‌ها به وجود آمده است. این عملکرد دال بر وضعیت ژئونروتیکی حوضه قزل‌اوزن درگذشته و وجود سطوح اساس محلی برای شبکه‌ی رودخانه‌های این حوضه آبریز است. حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن منطقه‌ی وسیعی را شامل می شود و در طی زمان متأثر از فرایندهای درونی و بیرونی متعددی مثل آتش‌فشان، شکستگی، چین‌خوردگی، یخچال، لغزش، کارستی فیکاسیون و تغییر سطوح اساس درون حوضه‌ای بوده است. این فرایندها باعث ایجاد لندفرم‌های متعدد و ازجمله دریاچه‌هایی با منشأهای

مختلف در این حوضه شده است. محل تجمیع رواناب‌های یک منطقه، به‌وسیله‌ی شبکه آبراهه‌ای همگرا قابل شناسایی است که بعد از متحول‌شدن دریاچه، به کمک سطوح مستوی و آبراهه‌های و شبکه آبراهه همگرای باقی‌مانده قابل‌ردیابی است (شکل ۳). بر اساس چنین شواهدی در حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن ۲۲ دریاچه شناسایی شد. ۲ دریاچه کردآباد در منطقه طارم، ۲ دریاچه در دامنه‌ی جنوب شرقی آتش‌فشان سهند، ۸ دریاچه در قلعه‌چای، ۶ دریاچه در دندی و ۶ دریاچه که به‌عنوان ژئونرون‌های قزل‌اوزن از آن‌ها یادشده است (جدول ۱) (شکل ۴).

جدول ۱: ویژگی فیزیوگرافی ژئونرون‌های (دریاچه) حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن

نام دریاچه	مساحت Km^2	محیط km	طول km	عرض km
بیجار	۱۵۴۷/۰۶	۱۵۴۸	۱۰۸/۴۶	۵۱
زنجان	۱۰۵۱	۸۶۸	۵۲	۴۱
میانه	۲۰۸	۲۷۴/۴۵	۳۳	۸/۶
طارم	۸۶۷	۷۸۱	۱۱۱	۱۵
کراتر	$m^2$۳۵۷۷۱۱	m۲۲۱۵	۶۱۰	۵۸۵
کردآباد ۱	۱۳۷۰۳۱	۲۷۵۵	۱۱۷۹	۲۱۱
کردآباد ۲	۳۶۹۵۱	۸۸۰	۳۳۴	۱۲۲
پری	۴۷۱۴۶۶	۲۹۵۸	۱۱۴۵	۴۸۶
شورگل	۱۰۱۸۱۰	۱۴۶۱	۵۲۴	۱۵۸



شکل ۴: موقعیت دریاچه‌های شناسایی‌شده در حوضه آبریز قزل‌اوزن

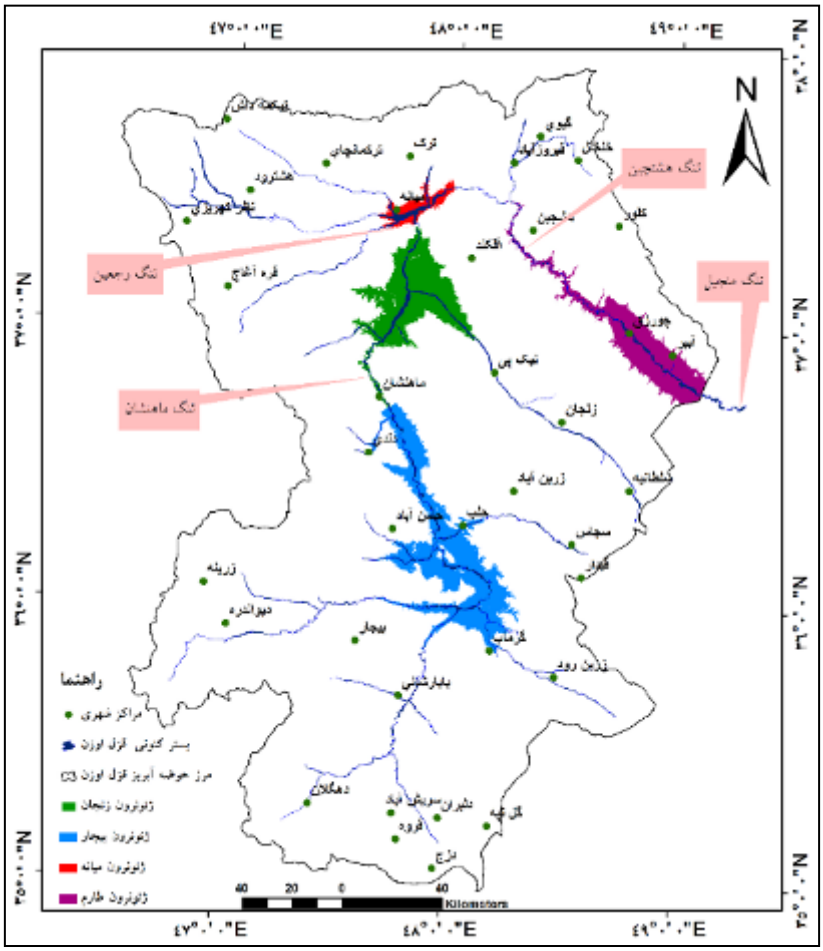
زمانی که یکی از ویژگی‌های مهم دوره کواترنری را تغییر سطح اساس رودخانه‌ها ذکر می‌کنند، این‌طور تصور می‌شود که فقط تغییر سطح اساس کنونی رودخانه‌ها مدنظر است ولی همان‌طور که کک (۱۹۹۰) محمودی (۱۳۶۷) ذکر می‌کنند

پس از تثبیت ساختمان زمین و ناهمواری‌های ژورایی و استقلال حوضه‌های آبگیر، تجمع آب‌های روان در محل فرودهای طاقدیسی (که بالاتر از کف ناودیس قرارگرفته) دریاچه‌های متعدد کوچک و بزرگی را به وجود آورده است. بر این اساس در ابتدای دوره کواترنری، چین‌خوردگی‌های زاگرس شاهد پیدایش دریاچه‌های فراوانی بوده که توسط خط‌الرأس طاقدیس‌ها از یکدیگر جدا افتاده بودند. فراوانی نسبی آب‌های ورودی به‌ویژه در طول دوره‌های مرطوب کواترنری موجب بالا آمدن سطح آب دریاچه‌ها گردیده است؛ تا حدی که با سرریز شدن آب دریاچه امکان خروج آن از طریق فرود محور طاقدیس‌ها فراهم آمده است. استمرار این حالت در طول دوره‌های مرطوب دوران چهارم، کلوزها و گپ‌های بی‌شماری را پدید آورده است (زمردیان، ۱۳۹۲: ۸۸). هرچند نمی‌توان ویژگی‌های زاگرس را به حوضه قزل‌اوزن نسبت داد ولی وجود تنگ‌های متعدد ازجمله ماهشان، هشتچین، رجعین، اندآباد، قمچقای و بابارشانی که رودخانه قزل‌اوزن عمود بر محور ناهمواری‌ها آن‌ها را ایجاد کرده است و سطوح تراکمی وابسته به آن‌ها در مناطقی مثل حسن‌آباد یا سوکند، مسجدلر، زرین‌رود، گرماب، جاده بیجار و پول کشتی در ژئونرون بیجار، مهرآباد و قلعه‌چای در ژئونرون زنجان، کرزه، ترک، ترکمانچای و قرنقوچای در ژئونرون میانه و قانقلی‌چای، سرخه دیزج و پادگانه‌های اطراف قزل‌اوزن در ژئونرون طارم، همگی بر این نکته دلالت دارند که گسل‌ها و آتش‌فشان‌ها به همراه چین‌خوردگی‌ها و روراندگی‌های حادث در قزل‌اوزن شرایطی را ایجاد کرده‌اند که منجر به شکل‌گیری ژئونرون‌های متعدد در این حوضه شده است. ژئونرون بیجار نخستین ژئونرونی است که از سراب قزل‌اوزن شواهدی از استقلال حوضه‌ای دارد اما به دلایل کاتاستروفیسمی استقلال خود را ازدست‌داده و از طریق تنگ ماه‌نشان به ژئونرون زنجان متصل شده است. دلیل کاتاستروفی بودن تخلیه ژئونرون با قطع ناگهانی سطوح تراکمی منطقه قابل توجیه است؛ در صورت تدریجی بودن تخلیه لندفرم‌های تراکمی خود را با شرایط جدید وفق می‌دادند و اختلاف ارتفاع زیادی با سطوح کاوشی نداشتند.

ژئونرون زنجان به‌وسیله‌ی تنگ رجعین وارد میانه شده و ژئونرون میانه از طریق تنگ هشتچین به ژئونرون طارم می‌پیوندد و بعد از پیوستن به شاهرود بانام سفیدرود به خزر می‌ریزد. ژئونرون طارم به‌عنوان آخرین ژئونرون دریافت‌کننده ماده این حوضه بیشترین اثرات را از تحولات رخداده در حوضه متحمل شده است. شواهد سطوح تراکمی و کاوشی به‌صورت مخروط‌افکنه‌های متداخل دال بر این است که تخلیه آب این ژئونرون در چندین مرحله اتفاق افتاده است.

بستر قزل‌اوزن از انواع سازندهای سست زمین‌شناسی مثل مارن بامیان لایه ماسه‌سنگ، مارن بامیان لایه آهک، نهشته‌های کواترنری نئوژن شامل طبقات گچ دار به همراه کنگلومرا و رسوبات تراس‌های کم ارتفاع جدید و مرتفع قدیم می‌گذرد. این رسوبات سست توسط سازندهای مقاومی مثل آهک، سنگ‌های آتش‌فشانی: توف‌های آندزیتی، گدازه‌ها آندزیتی، بازالت و ایگنمبریت منقطع می‌گردند. پهنه‌بندی لیتولوژی در این حوضه به این شکل است که در ژئونرون‌ها اغلب سازندهای سست مانند سازند سرخ بالایی، رسوبات تراسی قدیم و جدید به همراه رس و مارن وجود دارد؛ بین ژئونرون‌ها معمولاً سازندهای مقاوم به فرسایش گسترده شده‌اند. برای مثال بعد از ژئونرون بیجار در طی مسیر رودخانه هر جا لیتولوژی مقاومی در مسیر بوده است فرسایش خطی غلبه پیداکرده و مسیر به فرم تنگ درآمده است. در قسمت‌های ماه‌نشان به بعد علی‌الخصوص در منطقه ینگجه سازندهای مقاوم آهکی به همراه سنگ‌های آتش‌فشانی در بستر رودخانه غلبه دارد. چاله زنجان محل قرارگیری ژئونرونی است که غلبه لیتولوژی با رسوبات و سازندهای سست است و با وارد شدن به تنگ رجعین دوباره سازندهای مقاوم به‌صورت برونزدهای آهکی و گدازه‌های آتش‌فشانی آندزیتی و بازالتی غلبه پیدا می‌کنند. اتصال ژئونرون میانه که همچون زنجان و بیجار از سازندهای سست تشکیل‌شده به ژئونرون طارم از طریق تنگ هشتچین انجام شده است. این تنگ طولانی‌ترین تنگ حوضه آبریز قزل‌اوزن است که براثر کاوش بیش‌ازحد قزل‌اوزن به وجود آمده است. در طی این تنگ لیتولوژی مقاوم از سایر قسمت‌های قزل‌اوزن از پیوستگی و تداوم بیشتری دارد. بعدازآن ژئونرون طارم قرار دارد که فرسایش خطی شدید آن منجر به رخنمون بیش‌ازحد مارن‌های قرمزرنگی شده است که همچون دیگر ژئونرون‌ها سازندهای سست در فرم‌زایی ژئونرون غلبه کرده است (شکل ۵). در

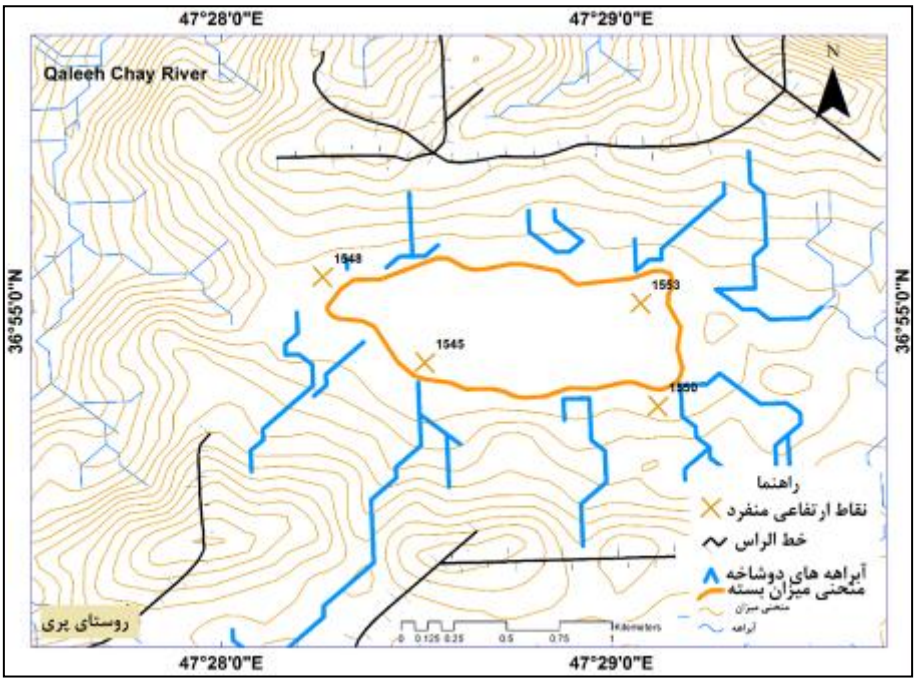
رابطه با دره‌های عرضی می‌توان گفت که پدیده عدم انطباق از اختلاف مسیر شبکه آب‌ها نسبت به ساختمان زمین‌شناسی و یا نظم و ترتیب آن‌ها حاصل می‌شود (محمودی، ۱۳۵۲: ۱۲). در راستای یافته‌های محمودی (۱۳۵۶) شواهد زمین‌شناسی گویای آن است که تا اواخر دوره ترشیری دریاچه بزرگی در محل کنونی سد سفیدرود وجود داشت و احتمالاً سفیدرود مانند سایر رودهای دامنه شمالی البرز از خط‌الرأس کوه‌های البرز غربی و تالش جنوبی سرچشمه می‌گرفته، سپس حدود دو میلیون سال پیش براثر حرکات زمین‌ساخت پاسادنین، دریاچه پلیوسن منجیل به سمت آن سرازیر شده است. ازاین‌رو سفیدرود پیشین رود بوده است که توانسته بالا آمدن البرز بستر خود را حفر نماید (محمودی، ۱۳۵۶: ۱۶).



شکل ۵: موقعیت ژئونرون‌های قزل‌اوزن و تنگ‌ها

رودخانه قزل‌اوزن در طی دوره‌های گذشته تغییرات سطح اساس درون حوضه‌ای متعددی را متحمل شده است. تغییرات سطح اساس به‌تبع خود باعث به وجود آمدن فرم و فرایندهای مختلفی مثل فرسایش خندقی و پدیده سارت و انحراف شده است. مقدار تغییرات سطح اساس رودخانه قزل‌اوزن حدود ۲۰۰ متر بوده است. تسلط فرسایش گالی در سرشاخه‌های حوضه باعث تغییر فرایند از آلوویالی به فلوویالی شده است. در اراضی رسی و سیلتی به وجود آمده در آب‌های راکد، منحنی میزان‌ها یا وجود ندارند یا معمولاً مستقیم و کم عارضه‌اند که در صورت عملکرد آب‌های جاری، فرم آن‌ها به‌صورت سینوس‌های پنجه‌ای تغییر می‌کند. این سطوح برحسب میزان عملیات کندوکاو سینوس‌ها به پنجه‌ای، تک مدال، منو مدال و بای مدال میل می‌کنند. در نقشه‌های توپوگرافی هرکجا میزان شیب زمین بسیار آرام شود به‌جای ترسیم خطوط تراز نسبت به دادن رقوم ارتفاعی منفرد اقدام می‌شود. این امر نشان از آن دارد که سطح موردنظر در فرایند عملکرد آب‌های ساکن یا راکد تکوین یافته است؛ (رامشت، ۱۳۹۲: ۶۱)(شکل ۶). تغییرات سطح اساس در زیرحوضه قلعه‌چای نیز باعث برهم خوردن تعادل حوضه و ژئونرون‌های مجازی شده است. به‌گونه‌ای که شواهد میدانی نشان

می‌دهد در این زیرحوضــه بیش از ۹ ژئونرون مجازی وجود داشــته که همگی از بین رفته و تنها شــاهد زنده آن به‌عنوان دریاچه پری تاکنون هویت خود را حفظ کرده است (شکل ۷).

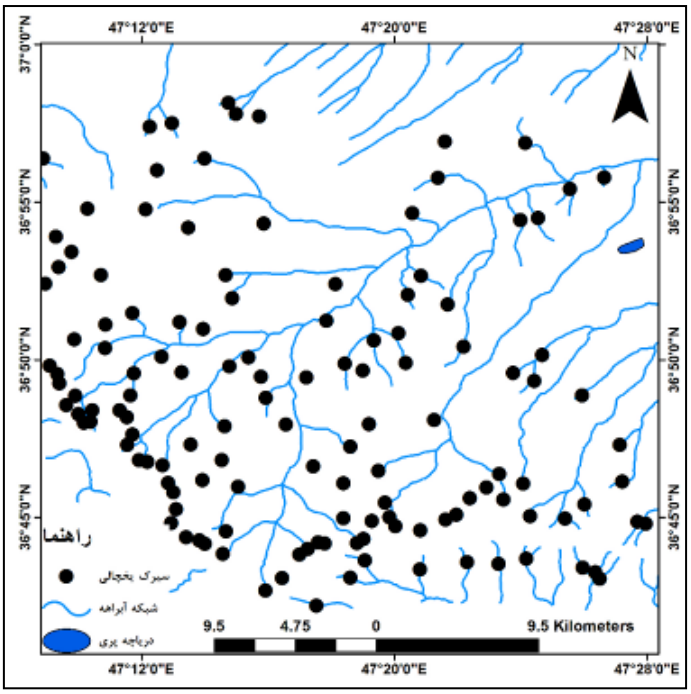


شکل ۶: شواهد بازسازی‌شده دریاچه پری بر روی نقشه توپوگرافی.

شکل ۷: دریاچه پری نمای عکس از سمت غرب

یخچال: فرایندهای یخچالی کواترنری ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط محیطی منطقه آثار و شواهد متعدد و متفاوتی برجای گذاشته‌اند. تابه‌حال مورن‌های سرگردان، دره‌های U شکل و آبشخور مانند و سیرک‌ها یا برف‌چال‌های کوهستانی نظر بسیاری از محققین یخچالی را به خود معطوف کرده است درحالی‌که به شواهد دریاچه‌های یخچالی کمتر توجه ای شده ا ست. در شرق ناهمواری‌های غربی ا ستان زنجان علاوه بر دریاچه فعالی به نام پری، لندفرم‌ها به صورت حوضه‌های بسته یا نیمه بسته‌ای وجود دارد که همگی براثر فرایندهای یخچالی کواترنری شکل‌گرفته و براثر تغییر سطح اســاس قزل‌اوزن تخلیه‌شــده‌اند. در این منطقه که ارتفاع آن بین ۱۶۰۰ تا ۱۹۰۰ متر متغیر اســت کانون‌های شــبکه آبراهه‌های همگرا و م ستقلی وجود دارد که گاه ازیک‌طرف بریده شده و آب از آن‌ها خارج شده ا ست. برای م ستدل شدن دریاچه‌های یخچالی ابتدا لازم بود فعالیت یخچال‌های کواترنری منطقه برر سی گردد. برای این منظور با م شخص کردن ســیرک‌های یخچالی (شــکل ۸) ارتفاع برف مرز کواترنری برآورد گردد. ارتفاع برف مرز دائمی، بر اســاس روش رایت و پورتر به ترتیب ۲۳۵۷ و ۲۳۶۴ متر برآورد گردید اگر بالاترین ارتفاع برف مرزی که به روش پورتر برآورد شــده، معیار

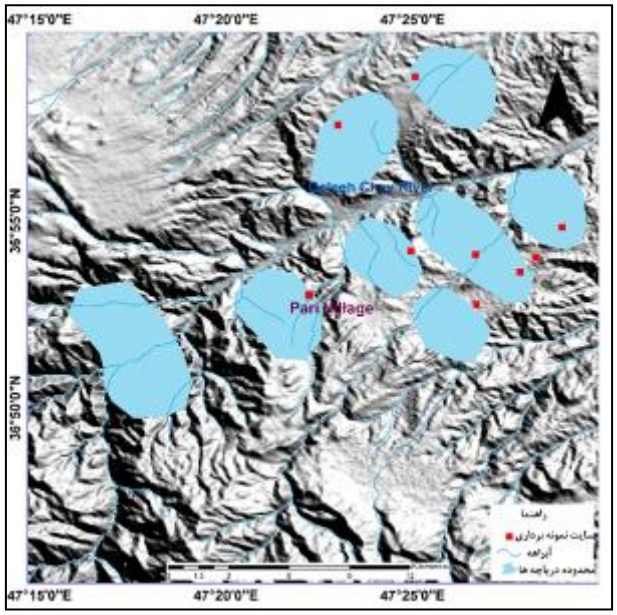
بررسی وضعیت یخچالی کواترنری قرار گیرد، ملاحظه می‌شود که تمامی دریاچه‌ها در بالاتر از خط تعادل آب‌ویخ کواترنری منطقه قرار می‌گیرند؛ چراکه بر اساس یافته‌های معیری و همکاران (۱۳۸۸) ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ ۱۰۴۲ متر پایین‌تر از ارتفاع برف مرز دائمی قرار می‌گیرد. بر این اساس ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ کواترنری کمتر از ۱۴۰۰ متر بوده که پایین‌ترین دریاچه‌ها با ارتفاع نزدیک به ۱۶۰۰ متر بالاتر از آن قرار داشته است. یافته‌های رستم‌خانی (۱۳۹۴)، بختیاری (۱۳۹۵) و عباسی (۱۳۹۵) مؤید این است که ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ حوضه قزل‌اوزن بالاتر از ۱۵۰۰ متر می‌باشد. شواهد میدانی و بررسی لیتولوژی منطقه حاکی از آن است که یخچال‌های که از ارتفاعات بالا منشأ گرفته و به‌خوبی تغذیه می‌شدند بعد از مدتی به جریان افتاده و با خروج از منطقه آذرین و رسوبات مقاوم وارد رسوبات مارنی شده است. جریان زبانه‌های یخچالی در رسوبات مارنی به صورت خطی بوده و کمتر همگرا می شده است. در چنین حالتی در این‌گونه رسوبات دره‌های U شکل عظیمی شکل می‌گرفته است. با توجه به این مطلب چنین می‌توان استدلال نمود که زبانه‌های یخچالی در طی مسیر جریان خود به دو طریق در پیدایش دریاچه‌ها نقش داشته‌اند: دریاچه‌های نزدیک به خط تعادل آب‌ویخ مؤید پایانه دره‌ی آبشخور مانند یخچالی و پشت ترمینال مورنی ایجاد شده‌اند. دریاچه‌هایی نیز براثر تفاوت فرسایش کاوشی در دره‌های آبشخور مانند و طویل ایجاد شده‌اند. از ۷۸۰ کیلومترمربع وسعت کل حوضه قلعه‌چای حدود ۹۶ کیلومترمربع (۱۲ درصد) آن را ۸ بستر دریاچه‌ای شناسایی شده در برمی‌گرفته است. از بین آن‌ها در حال حاضر تنها دریاچه پری هویت خود را توسط یک کانال مصنوعی حفظ کرده است. این کانال انتقال آب بخشی از حوضه‌ی قلعه‌چای را به سمت دریاچه پری به عهده دارد.



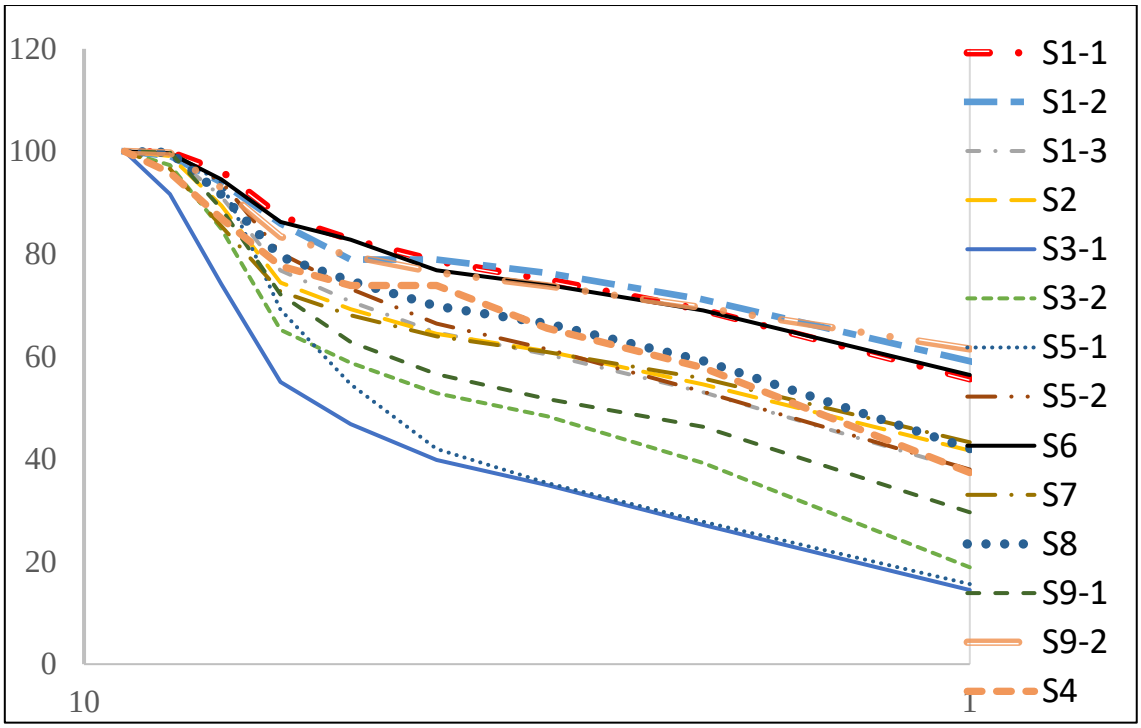
شکل ۸: پراکندگی سیرک‌های یخچالی در حوضه آبریز قلعه‌چای

به‌منظور مستند کردن شواهد دریاچه‌های یخچالی منطقه موردمطالعه، با مراجعات میدانی متعدد شکل اولیه آن‌ها بازسازی گردید و مکان‌های خاصی برای برداشت رسوب انتخاب گردید (شکل ۹). رسوبات برداشت‌شده بعد از عمل شستشو در آزمایشگاه ژئومورفولوژی به‌وسیله شیکر گرانولومتری گردید و نتیجه آن در کاغذهای نیمه لگاریتمی ترسیم گردید. برای داشتن نیمرخ معیار، سه نمونه رسوب در عمق‌های متفاوت از ساحل دریاچه برداشته شد؛ رسوبات برداشت شده بعد از گرانولومتری توزیع همگنی داشت. گرانولومتری نمونه رسوبات برداشت‌شده حاکی از آن است که نیمرخ رسوبات

بردا شت شده از ساحل یا مرکز دریاچه شباهت بی‌شتری به ر سوبات دریاچه‌ای دا شته و با دور شدن از مرکز یا ساحل دریاچه، نیمرخ رسوبات متمایل به دریاچه‌ای-یخچالی می‌شود (شکل ۱۰).



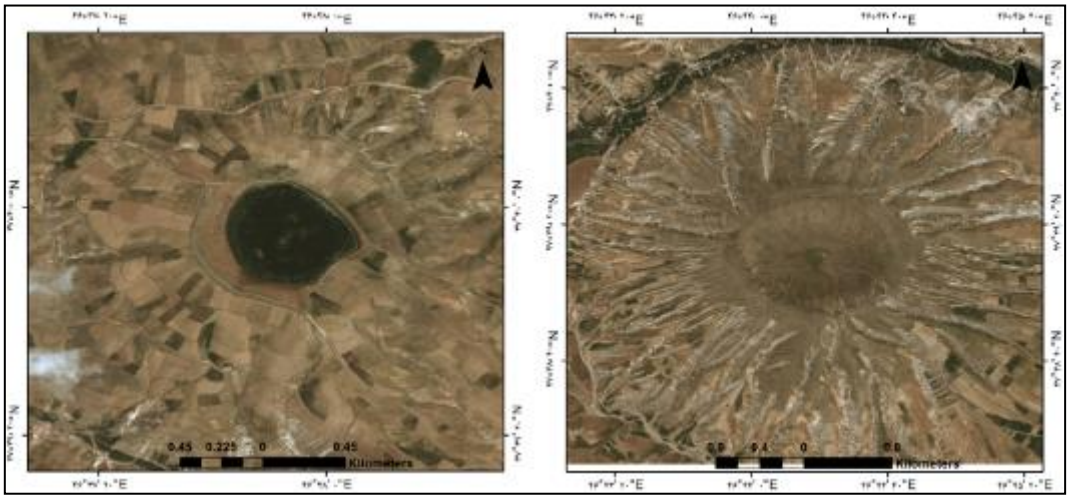
شکل ۹: موقعیت دریاچه‌ی پری و دریاچه‌های اطراف آن



شکل ۱۰: ترسیم نمودار رسوبات مختلف برداشت‌شده

کراتر و کالدیرا: دهانه آتش‌فشان که در رأس مخروط قرار دارد و عمدتاً قیفی شکل است، برحسب شکل و مقیاس، کراتر و یا کالدیرا خوانده می‌شود. کراتر، عبارت است از چاله قیف مانند و یا یک گودی یا دیواره و جداره‌ی پرشیب که قطر دهانه آن به‌ندرت ۳۰۰ متر است و مواد آتش‌فشانی از آن خارج می‌شود. این اصطلاح برای دهانه‌های که براثر سقوط سنگ‌های آتش‌فشانی و یا شهاب سنگ‌های آسمانی به وجود می‌آیند نیز به کار می‌رود. کالدیرا نیز دهانه وسیع، مدور و فرونشسته‌ای در مخروط آتش‌فشانی است که دارای جداره داخلی عمودی با دیواره‌های تند و قطر دهانه چند کیلومتری

است به‌عنوان‌مثال، در جزیره کیوشو ژاپن در آتش‌فشان فعال آسوسان کالدیرایی با ابعاد ۱۰ در ۱۵ مایل وجود دارد (دریو، ۱۳۹۰: ۱۶۹). فرونشست یا فروافتادگی کالدیراها به این صورت است که در داخل این دهانه‌ها ترک‌هایی مدور و دایره‌ای متحدالمرکز به‌صورت پله‌هایی گرد و مدور فروافتاده‌اند و منظری شبیه پلکان‌های استادیوم ورزشی به وجود آورده‌اند (محمودی، ۱۳۶۸: ۸۷). ضمناً اگر آتش‌فشان مربوطه مجدداً فعال شود، یک یا چند مخروط جدید آتش‌فشانی جدید و کوچک ممکن است در داخل کالدیرا ایجاد گردد. از طرفی، کالدیراها مرکزی ممکن است به‌وسیله‌ی آب‌های جوی اشغال شوند و دریاچه‌هایی را به وجود آورند. به‌طورکلی، سه نوع اصلی کالدیرا وجود دارد: کالدیراهای انفجاری، کالدیراهای ریزشی (فرونشستی) و کالدیراهای فرسایشی. در مورد کالدیراهای انفجاری باید گفت که براثر تراکم و انباشتگی گازهای تحت‌فشار، موادی از زمین پرتاب می شود که الزاماً آتش‌فشانی نبوده و حتی ممکن است از چنین انفجاری، گدازه‌ای هم خارج نشود و در این حالت قسمتی از قله (مخروط) به گودی تبدیل می‌شود. در مورد نوع دوم نیز بایستی اذعان نمود که کالدیراهای ریزشی فراوان‌ترین نوع کالدیرا هستند و مربوط به ریزش تمام یا قسمتی از مخروط یا مناطق مجاور آن است که به دنبال خالی شدن از بخش زیرین براثر خروج گدازه‌ها یا خاکسترها صورت می‌گیرد. البته این ریزش باید بلافاصله بعد از فوران صورت گرفته باشد (معیری، ۱۳۷۵: ۳۶). توده آتش‌فشان سهند در شمال غرب ایران بین تبریز (در شمال) و مراغه (در جنوب) قرارگرفته است. این منطقه دارای بیشترین ضخامت پوسته (۴۶ تا ۴۸ کیلومتر) و تعادل ایزوستازی می‌باشد. اندازه‌گیری‌های ثقل سنجی نشانگر یک بی‌نظمی ثقلی مثبت در جنوب منطقه موردمطالعه می‌باشد که احتمالاً مربوط به یک توده آذرین مخروطی شکل عمقی و یا یک پی‌سنگ دگرگونی است. پایه رسوبی سهند متشکل از رسوبات دوره‌های مختلفی است که بخشی از آن در ارتفاع ۳۱۰۰ متری و در انتهای دره چینی بلاغ چای نمایان گشته است (صدیق، ۱۳۷۹: ۲۶۵۹). آتش‌فشان سهند در شمال غربی حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن قرارگرفته است. شکل‌های گنبدی در این منطقه به دو صورت گنبدهای آتش‌فشانی منفرد و بزرگ و توده‌های گنبدی شکل با اندازه‌های کوچک‌تر و متعدد دیده می‌شوند. گنبدهای آتش‌فشانی موجود در این منطقه، همگی واحدهای رسوبی سازند سرخ بالایی به سن میوسن را قطع کرده و سبب خردشدگی و شیب‌دار شدن سنگ‌های مجاور شده‌اند. همه این مجموعه آتش‌فشانی توسط رسوبات جوان‌تر آبرفتی و اپی کلاسیک با سن پلیوسن پوشیده شده‌اند (غلامحسینی، ۱۳۶۰: ۴۴). در رأس مخروط‌ها گاه شرایط تجمع آب فراهم شده است. در بخشی از توده سهند که در حوضه قزل‌اوزن واقع شده است دو مخروط کوچک چنین شرایطی را پیداکرده‌اند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: تصویر ماهواره‌ای دریاچه‌های موجود در کراتر مخروط‌های آتش‌فشان آلمالو و جغر

دریاچه‌های لغزشی: ۲۷ سال پیش ساعت ۳۰ دقیقه بامداد پنجشنبه ۳۱ خرداد سال ۶۹، زلزله‌ای به قدرت ۷/۴ ریشتر رودبار، منجیل و لوشان و طارم را در شمال ایران لرزاند. زمین‌لرزه رودبار–منجیل در نزدیکی شهر رودبار و روستاهای

تابعه در اســتان گیلان و شــمال غرب اســتان زنجان در ناحیه طارم علیا اتفاق افتاد و تا شــعاع ۱۰۰ کیلومتری از مرکز زمین‌لرزه موجب خسارات جانی و مالی فراوان شد. ارتعاشات حاصل از امواج لرزه‌ای در استان‌های زنجان و گیلان و در بخش‌هایی از استان‌های آذربایجان شرقی، تهران، مرکزی، مازندران، سمنان، همدان و کردستان به مدت حدود ۶۰ ثانیه احساس شد. کانون زلزله را کارشناسان حدود ۱۹ کیلومتری از سطح زمین اعلام کردند. این زمین‌لرزه در یک منطقه پرتراکم ازنظر جمعیت اتفاق افتاد و علاوه بر روستاهای موجود در منطقه چندین شهر مهم کشور نیز تحت تأثیر آن قرار گرفتند. طبق آمارهای رسمی در این زمین‌لرزه ۷ و ۴ دهم ریشتری ۳۵ هزار نفر کشته و حدود ۶۰ هزار نفر زخمی شدند. بیش از ۲۰۰ هزار واحد مسکونی تخریب شد و خسارات عمده‌ای به تأسیسات و اماکن عمومی در استان‌های گیلان و زنجان که متأثر از این زمین‌لرزه بودند، وارد آمد (باشگاه خبرنگاران جوان از زنجان، ۱۳۶۹/۰۳/۳۱). علاوه بر این‌ها باعث زمین‌لغزش بزرگی در منطقه شد. بررسی پدیده لغزش و سولی‌فلکسیون در این پژوهش حوصله زیادی را می‌طلبد. این پدیده از رایج‌ترین فرایندهای فعال در حال حاضــر می‌باشــد. برای تشــکیل دریاچه‌های لغزشــی عوامل تکتونیکی مؤثر هستند. به‌عنوان‌مثال ممکن است در اثر زلزله، قسمتی از مسیر نشست کرده و تشکیل دریاچه را بدهد. در اثر ریزش کوه در کوهستان‌ها مقدار زیادی سنگ به ته دره پرتاب می‌شود که این سنگ‌های پرتاب‌شده می‌توانند جلوی آب رودخانه‌ها را گرفته و تشکیل دریاچه بدهند. زلزله رودبار در سال ۱۳۶۹ باعث شکستگی رسوبات باکلور به سمت غرب شده است (بربریان و قریشــی، ۱۹۸۴: ۱۷۲۹). لغزش توده‌ای مواد دامنه‌ای به داخل رودخانه قانقلی‌چای، براثر زلزله رودبار در ناحیه کوهستانی، منجر به مسدود شدن دره رودخانه و تشکیل دو دریاچه طبیعی به نام کردآباد ۱ و کردآباد ۲ در پشت رسوبات شده که با بالا آمدن آب در پشت سد طبیعی و سرریز شدن آن، رودخانه به مسیر به خود ادامه داده و به قزل‌اوزن می‌ریزد. چنین ویژگی در طی سال شرایط متفاوتی را برای دریاچه به وجود می‌آورد (شکل ۱۲)؛ در طی فصول گرم و خشک‌سال (تابستان و پاییز) مراجعه‌کنندگان به این منطقه فقط شاهد دریاچه‌های زیبایی در پشت سدهای لغزشی ناشی از زلزله رودبار هستند. در دوره‌های سرد و مرطوب سال، علاوه بر دریاچه، با افزایش آب پشت سدهای لغزشی و سرریز شدن آب، دریاچه با جریان رودخانه همراه می‌شود. چنین وضعیتی برای ژئومورفولوژیست‌ها منظره منحصربه‌فردی را ایجاد می‌کند؛ چراکه زمانی که از وجود دریاچه‌های متعدد در زاگرس یا هر قسمت دیگری از ایران صحبت به میان می‌آید، این سؤال پیش می‌آید که این دریاچه‌ها چگونه سرریز شده و از بین رفته‌اند. شرایط کنونی دریاچه‌های کردآباد شاهد زنده‌ای بر این ادعا هستند. در فصول مرطوب، با افزایش ورودی آب به پشت سد چنین دریاچه‌هایی، آب سرریز شده و امکان فرسایش ســد به وجود آمده براثر لغزش را فراهم می‌کند و از طرفی حمل رســوب در طی زمان، کف چنین حوضــچه‌های موقتی، پرشده و درنهایت منجر به از بین رفتن دریاچه و جاری شدن آب رودخانه به شکل اولیه می‌شود.

شکل ۱۲: دریاچه کردآباد

این دریاچه زیبا در اثر زلزله طارم و رودبار در سال ۱۳۶۹ براثر فروریختن قسمتی از کوه بر روی رودخانه قانقلی‌چای در پنج کیلومتری شمال شرق آب بر مرکز شهرستان طارم تشکیل شد. دریاچه شامل دو قسمت شمالی و جنوبی است که به‌وسیله تنگه‌ای باریک به هم متصل می‌شوند. ساحل قسمت شمالی دریاچه پراست از درختان زیبای چنار که منظره زیبا و بی‌نظیری را خلق کرده است، ساحل قسمت جنوبی دریاچه که بزرگ‌تر هم است صخره‌ای و سنگی است. منطقه‌ی موردمطالعه که به خاطر زلزله خرداد رودبار – طارم به وجود آمده براثر حرکت زمین‌هایی بامیان لایه‌های سست در بین سازندهای مقاوم، عمود بر گسل اصلی منطقه یعنی گسل منجیل شکل‌گرفته‌اند (خوش‌رفتار، ۱۳۹۳: ۲۱۲). این لغزش در ارتفاعات بالا و مناطقی که دارای شیب نسبتاً زیاد بوده اتفاق افتاده است نقش عامل انسانی در شکل‌گیری این زمین‌لغزش بسیار کم بوده است (شکل ۱۳).

شکل ۱۳: بریدگی ناشی از لغزش بعد از زلزله به وجود آمده

دریاچه‌های شیمیایی: عبور آب‌های زیرزمینی غنی از دی‌اکسید کربن از لایه‌های زمین، باعث انحلال کربنات کلسیم می‌شود. هنگامی‌که این آب‌ها به سطح زمین راه پیدا می‌کنند، با آزاد شدن و یا فرار دی‌اکسید کربن، نهشته‌های در اطراف چشمه‌ها و نهرها شکل می‌گیرند (هامر و همکاران[1]، ۲۰۰۷: ۶۰۲) که تراورتن و توفا نامیده می‌شوند. معمولاً برای رسوب‌های به‌جامانده از چشمه‌های آب سرد اصطلاح توفا و آب‌های گرم از تراورتن استفاده می‌شود. پدیده‌های کارستی که از انحلال سنگ‌های آهکی به وجود می‌آیند علاوه بر ایجاد اشکال متنوع ژئومورفولوژی نقش مهمی نیز در برنامه‌ریزی‌های محیطی ایفا می‌کنند. این پدیده‌ها از عوامل درونی و بیرونی ناشی شده و گسترش آن‌ها به نحوی بیانگر تأثیرات هرکدام از عوامل یاد شده می‌باشد. دریاچه شورگل در ۱۳ کیلومتری غرب شهر دندی قرارگرفته است و ازلحاظ ژئومورفولوژی یک دریاچه‌ی است به‌وسیله‌ی چشمه‌های تراورتن ساز ساخته‌شده است (شکل ۱۴ و ۱۵). وجود چشمه‌های بزرگ یکی از ویژگی‌های برجسته مناطق کارست است. با توجه به ویژگی‌های زمین شناسی، آب این چشمه‌ها ممکن است سرد یا گرم باشد. منشأ آب این چشمه‌ها، ریزش‌های جوی، آب‌های تولیدشده از فعالیت‌های آتش‌فشانی و یا ترکیبی از دو حالت فوق است.

[1].Hamet et al

شکل ۱۴: چشمه تراورتن ساز و رسوب کردن مواد کربناتِ

شکل ۱۵: دریاچه شورگل

نتیجه‌گیری

حوضه آبریز قزل‌اوزن بیش از ۵۰ هزار کیلومترمربع وسعت دارد. موقعیت قرارگیری این حوضه به‌گونه‌ای است که محل اتصال و تداخل واحدهای زمین مورفوتکتونیک ایران مرکزی، البرز، شمال غرب ایران، سنندج–سیرجان و زاگرس است. چنین موقعیتی باعث پیدایش لندفرم‌های متفاوتی در این حوضه شده است. از بین این لندفرم‌ها آنچه در این مقاله موردبررسی قرارگرفته لندفرم‌های مربوط به آب‌های راکد است. امتداد گسل‌ها و ناهمواری‌ها در این حوضه به‌گونه‌ای است که قزل‌اوزن برای رسیدن به دریای خزر مجبور است محور آن‌ها را قطع کند. این شرایط باعث شده در طول دوره‌ای از زمان مکان‌هایی مثل بیجار، زنجان، میانه و طارم به‌صورت آبگیرهای محلی عمل کنند. این مکان‌ها در شرایط کنونی آبگیری نمی‌شوند؛ چراکه دریاچه‌های مربوطه سرریز شده و از بین رفته‌اند آنچه آبگیر بودن آن‌ها را درگذشته مورد تأیید قرار می‌دهد شبکه آبراهه‌ای همگرا به سوی مرکز آن، وجود رسوبات ریزدانه در بستر آن‌ها و تراس‌های دریاچه‌ای اطراف آن‌هاست. وجود ۲۲ شاهد دریاچه‌ای در حوضه آبریز قزل‌اوزن با منشأ متفاوت و دخالت فرایندهای مختلف ساختمانی و فرسایشی در پیدایش و تحول آن‌ها باعث بررسی آن‌ها تحت عنوان پالیمسست دریاچه‌های قزل‌اوزن گردید. علاوه بر این دو دریاچه آلمالو و چغر با منشأ آتش‌فشانی، در توده سهند، در این حوضه واقع شده‌اند. آتش‌فشان‌های این حوضه، در حال حاضر، فعالیت ندارند ولی فعالیت‌های فومرولی متعددی مثل چشمه‌های آبگرم و تراورتن ساز گواهی بر ادامه فعالیت‌های ماگمایی درون زمین است. چنین فعالیت‌هایی در طی زمان باعث ایجاد دریاچه شورگل و آبگیرهای فرعی متعددی در بخش غربی حوضه قزل‌اوزن شده‌اند.

مرتفع بودن بخش‌های مختلف حوضـــه و عرض جغرافیایی بالای آن زمینه را برای فرایندهای یخچالی کواترنری فراهم نموده است. در بخشی از این حوضه که ارتفاع و شرایط لیتولوژی مساعدی داشته که زبانه‌های یخچالی توانسته دره‌های U شکل و آبشخور مانندی ایجاد کند که با عقب‌نشینی یخچال، شرایط آبگیر شدن برخی از آن‌ها فراهم‌شده و به شکل دریاچه درآمده‌اند؛ هرچند از این دریاچه‌ها فقط دریاچه‌ی پری باقی‌مانده است و مکان مناسبی برای بررسی شرایط اقلیمی دوره کواترنری فراهم کرده است ولی بازسازی شرایط توپوگرافیکی دال بر تعداد بیشتر این دریاچه‌ها در زمان عقب‌نشینی یخچال‌ها ا ست که باگذ شت زمان و تغییر سطح ا ساس رودخانه‌های محلی (قزل‌اوزن سطح ا ساس آن‌ها بوده ا ست) و تسلط فرسایش قهقرایی در منطقه از بین رفته‌اند.

زمین‌لرزه سال ۱۳۶۹ در منطقه طارم – منجیل زمین‌لغزش‌های متعددی را ایجاد کرده است که یکی از آن‌ها زمین‌لغزش کردآباد یا باکلور ا ست که با م سدود کردن بخ شی از م سیر رودخانه قانقلی‌چای، دریاچه‌های لغز شی ایجاد کرده ا ست. تغییرات ورودی آب این دریاچه‌ها باعث شده که در طی سال، زمانی فقط به صورت دریاچه‌ای درآیند. در این زمان آب از پائین‌دست از طریق چشمه خارج می‌شود و گاه با افزایش ورودی آب سرریز شده و رودخانه در طی مسیر در سطح جاری می‌یابد. چنین شرایطی باعث تجمع رسوب در طول زمان در بستر آبگیر می‌شود. از طرف دیگر در زمان سرریز شدن، آب باعث فرسـایش سـد لغزشـی شـده و به‌مرورزمان شـرایط را برای بازگشـت به شـرایط اولیه فراهم می‌شـود. ازاین‌رو این دریاچه‌ها می‌توانند شـاهدی زنده بر این ادعا باشـند که در طی کواترنری حرکات کوهزایی پاسـادنین با ایجاد فرم نهایی چین‌خوردگی‌های آلپ–هیمالیا، باعث ایجاد دریاچه‌های متعددی در فرود ناودیس‌ها شـده که براثر سـرریز شـدن از بین رفته‌اند.

مراجع

- اسکویی، بهروز؛ امیدیان، صـفیه،۱۳۹۲، بررسـی علـل زایـش دریاچـه هـویر، البـرز مرکـزی، بـر اسـاس دادهـای مگنتوتلوریـک، مجله‌ی فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۹، شماره ۲، صص ۱۱۰–۹۵.
- آقانباتی، سید علی،۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۷۰۸.
- بختیـاری، فاطمـه،۱۳۹۵، بررسـی آسـتانه‌های ژئومورفولـوژیکی مطالعـه مـوردی: حوضـه آبریـز قـزل‌اوزن پایان‌نامـه کارشناسـی ارشد، گروه جغرافیای دانشکده علوم ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زنجان.
- بربریـان، مانوئـل؛ قرشـی، منـوچهر،۱۹۸۴، نـوزمین سـاخت، لرزه‌زمین‌سـاخت و خطـر گسـلش لـرزه زا در منطقـه احـداث کارخانه ذوب سرب و روی زنجان، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- پورکرمـانی، محسـن و آریـن، مهـران،۱۳۷۸، تحلیـل سـاختاری گسـل حلـب، سـومین همـایش انجمـن زمین‌شناسـی ایـران، ص ۳.
- جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۹۲، ژئومورفولوژی ایران، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ سیزدهم، ص ۱۰۶.
- جـداری عیوضـی، جمشـید، ۱۳۸۴، جغرافیـای آب‌هـا اقیانوس‌هـا، دریاهـا، دریاچـه‌ها، انتشـارات دانشـگاه تهـران، چـاپ پـنجم، ۱۴۳ص.
- خوش‌رفتـار، رضـا؛ قـدیری، هـاجر، ۱۳۹۳، بررسـی نقـش زمین‌لغـزش در شـکل‌گیری سـد طبیعـی کردآبـاد شهرسـتان طـارم، همایش علوم جغرافیایی ایران، جغرافیا؛ بستر توسعه، صص ۱۲–۱.
- دریو، ماکس،۱۳۹۰، مبانی ژئومورفولوژی، ترجمه خیام، مقصود؛ انتشارات مبنا، ص ۳۹۲.
- رامشت، محمدحسین، ۱۳۹۲، نقشه‌های ژئومورفولوژی نمادها و مجازها، چاپ ششم، انتشارات سمت، ۱۹۰ص.
- رامشت، محمدحسین،۱۳۸۹، فضا در ژئومورفولوژی، مدرس علوم انسانی، دوره ۱۴، شماره ۴، صص ۱۳۶–۱۱۱.
- رسـتم‌خانی، اصـغر،۱۳۹۳، پـایش سـاختار ژئوکلیماتیـک مخروط‌افکنـه‌های بسـتر قـزل‌اوزن، پایان‌نامـه کارشناسـی ارشـد، گـروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان.

- زمردیان، محمدجعفر،۱۳۹۲، ژئومورفولوژی ایران، جلد اول: فرایندهای ساختمانی و دینامیک‌های درونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۳۵۴.
- صدیق، حمید، ۱۳۷۹، بررسی تحولات تکتونوماگمایی آتشفشان سهند، علوم پایه (دانشگاه آزاد اسلامی)، دوره ۱۰, شماره ۳۷; صص ۲۶۵۸-۲۶۴۵.
- عباسی، مهدی،۱۳۹۵، پایش ژئومورفولوژیکی پادگانه‌های آبرفتی ایران، مطالعه موردی: حوضه آبریز قزل‌اوزن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان.
- عسکری چاوردی، هاجر، ۱۳۸۸، بررسی دریاچه‌های کوهستانی دوره کواترنر در دره جاجرود، مطالعه موردی منطقه حاجی‌آباد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
- غلامحسینی، غلامرضا،۱۳۶۰، بررسی مقدماتی دریاچه سبلان، نشریه دانشکده فنی، شماره ۴۳، صص ۶۹-۶۱.
- کلینسلی، دانیل، ۱۳۸۸، کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژی، مترجم عباس پاشائی، انتشارات سازمان جغرافیایی، ۴۳۴ص.
- کک، رژه،۱۳۷۸، ژئومورفولوژی، جلد دوم: ژئومورفولوژی اقلیمی، ترجمه فرج‌الله محمودی، تهران: انتشارات دانشگاه، تهران، چاپ سوم.
- محمودی، فرج‌الله، ۱۳۵۶، جغرافیای ایران (بخش نخست، جغرافیای طبیعی)، انتشارات آموزش‌وپرورش، ص ۳۲۱.
- محمودی، فرج‌الله،۱۳۶۷، تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر؛ مجله پژوهش‌های جغرافیایی، دانشگاه تهران، صص:۵-۴۴.
- محمودی، فرج‌الله، ۱۳۵۲، جغرافیای ناحیه¬ای قروه، بیجار، دیواندره، انتشارات دانشگاه تهران، طرح پژوهشی کردستان، نشریه¬ی شماره¬ی ۹، ص ۱۸۴.
- محمودی، فرج‌الله،۱۳۶۸، تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر؛ مجله پژوهش‌های جغرافیایی، دانشگاه تهران، صص:۵-۴۴.
- مددی، عقیل؛ رضایی مقدم، محمدحسین و رجائی، عبدالحمید، ۱۳۸۳، پژوهشی در تکامل ژئومورفولوژی دریاچه نئور، شمال غرب ایران منطقه اردبیل، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴، صص ۱۲- ۱.
- معیری، مسعود، ۱۳۷۵، آتش‌فشان‌ها، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، شماره ۵، دوره ۲۰، صص ۳۵-۴۴.
- معیری، مسعود، رامشت، محمدحسین، تقوایی، مسعود، تقی زاده، محمدمهدی، ۱۳۸۸، مواریث یخچالی در حوضه صفاشهر استان فارس، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، جلد ۳۲، شماره ۴، صص ۱۳۰-۱۰۹.
- موسوی ندوشن، رضوان؛ غیاث‌آبادی، منیر، ۱۳۹۵، شناسایی و معرفی سخت‌پوستان کوچک کلادوسر در دریاچه گهر کوچک استان لرستان، فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری، سال ۸، شماره ۱، صص ۱۶۴- ۱۵۳.
- نظم فر، حسین؛ رحیمی، امید، ۱۳۹۴، بازسازی شرایط اکوژئومورفولوژی دیرینه و عهد حاضر دریاچه زریوار بر اساس ویژگی‌های دیاتومه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال ۵، شماره ۱۶، صص ۱۱۷-۱۰۵.
- ولایتی، سعد الله، ۱۳۷۴، جغرافیای آب‌ها و مدیریت منابع آب، انتشارت خراسان، ص ۳۵۸.
- ولایتی، سعد اله، ۱۳۷۶، آب و جغرافیای آب‌ها، انتشارات خراسان.
- *Bolch, T. Peters, J. Yegorov, A. Pradhan, B. Buchroithner, M, and Blagoveshchensky, V 2011, "Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan", "Nat Hazards",59: 1691–1714.*
- *Hamer, J. M. Sheldon, N. D. & Nichols, G. J. 2007." Global aridity during the Early Miocene? A terrestrial paleoclimate record from the Ebro Basin, Spain". "The Journal of Geology", 115(5), 601-608.*

- *Ratna, S. Pradeep, MOOL, B.2009. "Glaciers, glacial lakes and glacial lake outburst floods in the Mount Everest region, Nepal", "Annals of Glaciology", 50(53): 81-87.*
- *Sundal, A, V. Shepherd, A. Nienow, P. Hanna, E. Palmer, B, and Huybrecht, P, 2009, "Evolution of supra-glacial lakes across the Greenland Ice Sheet", "Remote Sensing of Environment", 113:2164–2171.*
- *Zolitschka, B. Schäbitz, F. Lücke, A. Corbella, H. Ercolano, B. Fey, M. & Ohlendorf, C. 2006. "Crater Lakes of the Pali Aike Volcanic Field as key sites for paleoclimatic and paleoecological reconstructions in southern Patagonia, Argentina". "Journal of South American Earth Sciences", 21(3), 294-309*