

جغرافیا و توسعه شماره ۴۷ تابستان ۱۳۹۶
وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۲۷
تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۸/۱۷
صفحات: ۲۳۱-۲۵۲

تعیین سن دریاچه‌های سدّی ناشی از رخداد زمین لغزش سیمره با استفاده از روش ترمولومینسانس

دکتر سیامک شرفی^{۱*}، فرانک بحرالعلومی^۲

چکیده

زمین لغزش‌های بزرگ مقیاس مخصوصاً آن‌هایی که باعث سد کردن مسیر رودخانه‌ها می‌شوند، از خطرناک‌ترین پدیده‌های طبیعی در مناطق کوهستانی همه جای جهان هستند. رخداد بزرگ‌ترین زمین لغزش دنیا بر سطح طاق‌دیس کبیرکوه در مسیر رودخانه‌های سیمره و کشکان، باعث مسدود شدن مسیر رودخانه‌ها و تشکیل دریاچه‌های سدّی سیمره و جایدرد شده است. هدف از این تحقیق که از نوع تحقیقات کاربردی - توسعه‌ای می‌باشد و با روش مشاهده‌ای، تاریخی و تحلیلی انجام شده است، بازسازی محدوده‌ی دریاچه‌های سدّی ناشی از رخداد زمین لغزش سیمره و تعیین سن آنها با روش ترمولومینسانس جهت تعیین زمان رخداد زمین لغزش سیمره و تشکیل دریاچه‌ها می‌باشد. مطالعات میدانی منطقه با کمک ابزارهای فیزیکی و مفهومی و روش‌های آزمایشگاهی منجر به شناخت لغزش‌های چهار مرحله‌ای در سطح طاق‌دیس کبیرکوه و متعاقب آن تشکیل دریاچه‌های چهارگانه در محدوده‌ی دره‌ی سیمره و دریاچه‌ی تک‌مرحله‌ای در محدوده‌ی دره‌ی کشکان شد.

یافته‌های تحقیق بر اساس تعیین سن هشت نمونه از رسوبات کف و سطح دریاچه‌های سیمره و جایدرد با استفاده از روش ترمولومینسانس نشان می‌دهد که زمان رخداد زمین لغزش سیمره و تشکیل دریاچه‌ی اولیه سیمره ۸۵۰۰۰ سال پیش بوده است. دریاچه‌ی دوم سیمره در ۱۶۵۰۰ سال پیش، دریاچه‌ی سوم در ۱۰۵۰۰ و دریاچه‌ی چهارم در ۱۰۱۰۰ سال پیش تشکیل شده‌اند. بنابراین دره‌ی سیمره از ۸۵۰۰۰ سال پیش تا حدود ۱۰۰۰۰ سال پیش شاهد رخداد زمین لغزش‌های متوالی و شکل‌گیری ۴ دریاچه بوده است. تعیین سن رسوبات پادگانه دریاچه‌ی جایدرد حاکی از شکل‌گیری دریاچه‌ی جایدرد هم‌زمان با رخداد زمین لغزش اصلی سیمره و دریاچه‌ی اولیه‌ی سیمره در ۸۵۰۰۰ سال پیش و تخلیه‌ی آن در حدود ۵۰۰۰ سال پیش بوده است. بنابراین ماندگاری دریاچه‌ی جایدرد حدود ۸۰۰۰۰ سال بوده است.

کلیدواژه‌ها: دریاچه‌های سدّی، زمین لغزش سیمره، پادگانه‌های دریاچه‌ای، ترمولومینسانس.

مقدمه

زمین لغزش پدیده‌ای طبیعی است که از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه‌ها رخ می‌دهد. سرعت عملکرد و وسعت آن اغلب پدیده‌های دیدنی و فاجعه باری به وجود می‌آورد و ممکن است ده‌ها و صدها هزار مترمکعب سنگ و خاک را یک جا تحت تأثیر قرار دهد (ایزدی و انتظاری، ۱۳۹۲: ۳۳).

زمین لغزش‌های بزرگ مقیاس مخصوصاً آن‌هایی که باعث سد کردن مسیر رودخانه‌ها می‌شوند، از خطرناک‌ترین پدیده‌های طبیعی در مناطق کوهستانی همه جای جهان هستند (Evans et al, 2011: 7). اصطلاح سدهای لغزشی به مسدود شدن طبیعی مسیر رودخانه‌ها به وسیله‌ی حرکات دامنه‌ای اطلاق می‌شود. مسدود شدن مسیر رودخانه ممکن است به صورت کلی و یا بخشی از مسیر باشد (Canutiet al, 1998: 190).

دریاچه‌های سدی ناشی از لغزش پدیده‌ی نسبتاً مکرر در مناطق کوهستانی هستند، اما اغلب آن‌ها ناشناخته و ثبت نشده بوده و غالباً دارای ویژگی‌های موقت می‌باشند، زیرا سریع تخریب گردیده و یا با رسوبات پر می‌شوند، مخصوصاً اگر مخزن آن‌ها دارای حجم محدودی باشد (Bonnarad et al, 2011: 2). سدهای لغزشی عمدتاً در دره‌های با عرض کم (باریک) رخ می‌دهند (Fan et al, 2012: 26) و ممکن است بطور ناگهانی و غیرمنتظره تشکیل شوند. در مناطق بالادست سد لغزشی و با توجه به بخش سد شده رودخانه، آب مسدود شده به وسیله‌ی سد ممکن است باعث گسترش آب تا چند کیلومتر و در نتیجه باعث خسارت به فعالیت‌های انسانی و قطع خطوط ارتباطی شود (Ermini et al, 2006: 45).

عمر سدهای لغزشی ممکن است از چند روز تا چند سال باشد. بر اساس مطالعات شوستر و کوستا^۱ (۱۹۸۶ و ۱۹۸۸) و شوستر (۲۰۰۰) سدهای ناشی از ریزش و لغزش زمین و سنگ‌ها، ۵۰ درصد سدهای طبیعی را تشکیل می‌دهند. همچنین بررسی دلایل شکل‌گیری ۲۶۱ مورد از سدهای لغزشی جهان نشان می‌دهد که ۵۸ درصد سدهای لغزشی بر اثر زلزله، ۲۱ درصد بر اثر بارندگی، ۱۳ درصد بر اثر تغییرات اقلیمی و ۸ درصد بر اثر سایر عوامل ایجاد می‌شوند (aqbal et al, 2014: 1).

در کشور ایران شکل‌گیری سدهای لغزشی در ارتباط با عوامل مختلفی مانند توپوگرافی، تکتونیک، ویژگی‌های سنگ‌شناسی و غیره به ویژه در کوهستان‌های زاگرس دیده می‌شود. از نمونه این نوع زمین لغزش‌ها در زاگرس می‌توان به زمین لغزش سیمره بر سطح طاق‌دیس کبیرکوه اشاره نمود. رخداد زمین لغزش سیمره به عنوان بزرگ‌ترین زمین لغزش دنیا در حوضه‌ی سیمره واقع در زاگرس مرکزی، باعث مسدود شدن مسیر رودخانه‌های سیمره و کشکان و تشکیل دریاچه‌های سدی سیمره در مسیر رودخانه‌ی سیمره و دریاچه جایدرد در مسیر رودخانه‌ی کشکان شده است. از آن جا که رخداد زمین لغزش و شکل‌گیری دریاچه‌ها توانسته است علاوه بر تغییرات محیطی، احتمالاً باعث نابودی و یا تغییرات مکانی و الگوی استقرارگاه‌های انسانی از دوره‌های پیش از تاریخ تا دوران اسلامی در حوضه‌های سیمره و کشکان شود (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱)، بنابراین تعیین زمان رخداد زمین لغزش و شکل‌گیری دریاچه‌ها می‌تواند به برخی از مسائل و ابهامات باستان‌شناسی منطقه در ارتباط با تغییرات محیطی پس از رخداد زمین لغزش سیمره کمک کند.

کروپ (۲۰۰۲) به بررسی تحقیقات اخیر بر روی سدهای لغزشی با نگاهی ویژه به لغزش‌های سدی نیوزلند پرداخته است (Korup, 2002: 206).

از مطالعات انجام شده در رابطه با رخداد زمین لغزش سیمره و دریاچه‌های سدی ناشی از آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

یمانی و همکاران (۱۳۹۱) رخداد زمین‌لغزش سیمره و توالی پادگانه‌های دریاچه‌ای سیمره را بررسی نموده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از طریق مقایسه‌ی مکانی- زمانی مستند به ترتیب و توالی پادگانه‌ها نشان می‌دهد که در مسیر رودخانه‌ی سیمره، چهار پادگانه با اختلاف ارتفاع ۶۳۰، ۵۹۵، ۵۸۵ و ۵۷۵ متر از سطح دریا تشکیل شده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۳).

شعاعی (۲۰۱۴) مکانیسم زمین‌لغزش بزرگ سیمره و ماندگاری دریاچه‌های سدی سیمره و جایدر را بررسی نموده و علت اصلی وقوع زمین‌لغزش را ویژگی‌های هیدرومورفولوژیکی ناحیه به دلیل قدرت زیاد فرسایشی و زیربری ناشی از اتصال رودخانه‌های سیمره و کشکان در یال جنوبی کبیرکوه می‌داند. به عقیده‌ی وی اندازه غیرمعمول زمین‌لغزش، حاکی از دخالت یک عامل درونی مانند زلزله نیز می‌باشد (Shoaei, 2014: 2411).

معیری و همکاران (۱۳۹۰) ویژگی‌های مورفومتری مانند وسعت، عمق حداکثر و متوسط، حجم و طول خط ساحلی دریاچه سدی سیمره را بررسی نموده و نتیجه گرفته‌اند که ویژگی‌های مورفومتری و همچنین نحوه‌ی شکل‌گیری تراس‌ها به‌شدت از ساختار زمین-شناسی منطقه متأثر بوده‌اند (معیری و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۱).

قبادی (۱۳۹۳)، به بررسی رسوبات دریاچه‌ای زمین‌لغزش سیمره در جنوب غربی پلدختر پرداخته است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که

با توجه به اهمیت رخداد زمین لغزش‌های سدی و تشکیل دریاچه‌های ناشی از آنها که می‌تواند باعث تغییرات محیطی، نابودی جوامع انسانی و تأسیسات زیربنایی و یا باعث فراهم آوردن شرایط جغرافیایی و زیستی مناسب در بالا دست و یا پایین‌دست سد لغزشی و محدوده دریاچه شود، تاکنون مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته است.

اشنایدر و همکاران (۲۰۱۱) سدهای لغزشی چند سال گذشته و شواهد ژئومورفیک دریاچه‌های ناشی از سدهای لغزشی در ارتباط با مخاطرات طبیعی را در کوه‌های آسیای مرکزی مورد بررسی قرار دادند (Schneider et al, 2011: 1). استفانلی و همکاران (۲۰۱۵)، تحقیقات و بررسی‌های ژئومورفولوژیکی بر روی ویژگی‌های مورفومتری ۵۷ سد لغزشی در ایتالیا را انجام داده‌اند (Stefanelli et al, 2015: 6).

نیکولتی و پاریسه (۲۰۰۲) ویژگی‌های مورفولوژیکی، مورفومتری، منشا، تغییر شکل مکان و برآورد احتمال خطر فعلی را در هفت دریاچه سدی با منشأ زلزله‌های قدیمی در جنوب شرقی سیسیل ایتالیا را مطالعه و تحلیل کرده‌اند (Nicoletti & Parise, 2002: 203).

وندینگر (۲۰۰۶) پایداری و زمان سپری شده ۲۰ سد لغزشی در کوهستان‌های مرتفع هند، نپال و چین را بررسی نموده و نتیجه گرفت که سدهای لغزشی از نظر شکل، حجم و ترکیب رسوبات با سدهای لغزشی قبلی متفاوت هستند (Weidinger, 2006: 78).

دانگ و همکاران (۲۰۱۳) رخداد زمین‌لغزش سدی قدیمی در جیشی جورج، بالای دره رودخانه زرد در چین را بررسی نموده و نتیجه گرفتند که رخداد زمین‌لغزش در احتمالاً در حدود ۸۱۰۰ سال پیش بوده و ارتباطی با نابودی سایت باستانی لاجا نداشته است (Dong et al, 2013: 445).

کشکان در زون ۳۸ شمالی و بین طول جغرافیایی ۳۳°۰۴' تا ۴۷°۱۲' تا ۴۷°۳۱' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳°۰۴' تا ۳۳°۱۸' شمالی می‌باشد. دریاچه‌ی جایدر در استان لرستان و دریاچه‌ی سیمره بین مرز سیاسی استان‌های لرستان و ایلام واقع شده است، اما بیشتر مساحت دریاچه در استان ایلام قرار دارد. رودخانه‌های سیمره و کشکان مهم‌ترین رودخانه‌های دو حوضه می‌باشند که پس از به هم پیوستن، رودخانه‌ی کرخه را تشکیل می‌دهند. میانگین بارندگی محدوده در یک دوره‌ی آماری ۱۰ساله، حدود ۳۷۵ میلی‌متر و متوسط دمای آن حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. حداکثر ارتفاع محدوده‌ی مورد مطالعه ۲۴۸۶، حداقل ارتفاع ۳۸۰ متر و متوسط ارتفاع محدوده‌ی ۱۴۳۳ متر از سطح دریا می‌باشد. از دیدگاه زمین‌شناسی، محدوده‌ی مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده و در بخش جنوب غربی آن واقع شده است. راه ارتباطی اصلی خرم‌آباد- پلدختر از محدوده‌ی دریاچه‌ی جایدر و راه ارتباطی پلدختر- دره شهر از محدوده‌ی دریاچه‌ی سیمره عبور می‌کنند. در شکل ۱، موقعیت دریاچه‌های بازسازی شده سیمره و جایدر نشان داده شده است.

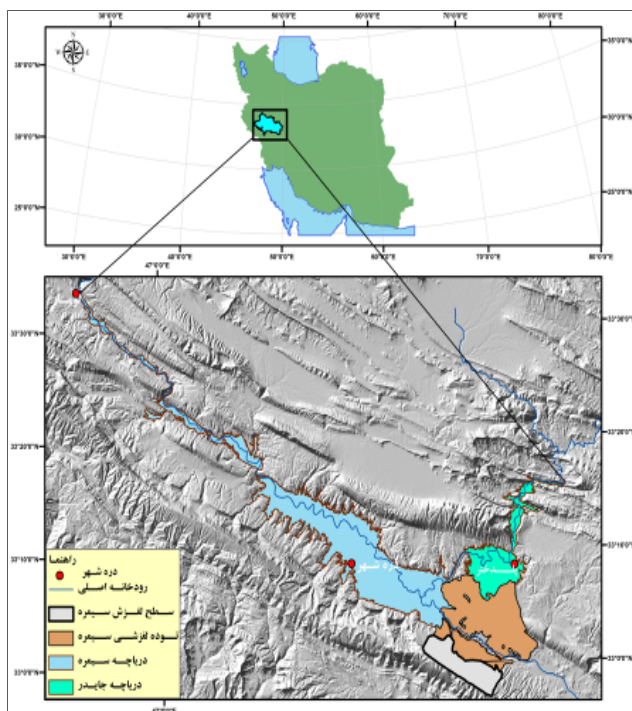
رسوبات دریاچه‌ای به جز در رسوبات دریاچه‌ای جایدر دارای تناوب با رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد. رسوبات دریاچه‌ای سیمره دارای چهار پادگانه‌ی دریاچه‌ای و رسوبات دریاچه‌ی جایدر طی یک مرحله رخ داده است. در رسوبات دریاچه‌ای ساحلی نیز دو تراس دیده می‌شود (قبادی، ۱۳۹۳: ۵).

مقصودی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی ارتباط بین تشکیل دریاچه‌های سدی سیمره و جایدر و الگوی استقرار محوطه‌های باستانی محدوده دریاچه‌ها پرداخته‌اند (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱).

نتایج نشان داد که الگوی استقرار محوطه‌های باستانی بعد از رخداد زمین‌لغزش کبیرکوه و تشکیل دریاچه‌ی جایدر، از دوره‌ی فرایارینه سنگی تا اواخر دوران اسلامی به تبعیت از تغییرات سطح آب دریاچه و ضخامت رسوبات پادگانه دریاچه بوده است. هریسون و فالکون (۱۹۳۷ و ۱۹۳۸)، رابرتز (۲۰۰۸)، مالکی و بحرالعلومی (۱۳۷۸)، بهاروند و همکاران (۱۳۸۸) از دیگر محققانی هستند که بر روی ویژگی‌ها، زمان رخداد، نحوه‌ی شکل‌گیری و تغییرات محیطی ناشی از زمین‌لغزش سیمره کار کرده‌اند.

محدوده‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه، شامل دریاچه‌ی سیمره در حوضه‌ی سیمره و دریاچه‌ی جایدر در حوضه‌ی



شکل ۱: موقعیت دریاچه‌های مورد مطالعه در پشت توده لغزشی سیمره

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

آزمایشگاه سالیابی این پژوهشکده جهت تعیین سن رسوبات استفاده شده است. بنابراین برداشت نمونه رسوب از پادگانه‌های دریاچه‌ای در بهمن و اسفندماه ۱۳۹۳ انجام شد. در این مرحله و پس از شناسایی پادگانه‌های دریاچه‌ای که در مرحله اول انجام شده بود، ابتداءً در بهمن ماه دو عدد دوزیمتر^۱ محیطی (که هر کدام شامل ۵ عدد بلور کلسیم فلوراید (CaF₂) یا TLD400 است و در لوله‌های مسی مناسب قرار دارند از گروه سالیابی پژوهشکده باستان‌شناسی کشور جهت تعیین میزان انرژی عناصر پرتوزا در محیط اطراف نمونه در طی یک سال و همچنین اندازه‌گیری میزان پرتوهای کیهانی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به مدت یک ماه در داخل رسوبات دریاچه جایدرد و سیمره نصب گردید که پس از اندازه‌گیری و محاسبه، مقدار عددی $2/50 \pm 0/05$ میلی‌گرم در سال به دست آمد. میزان درصد رطوبت نسبی معادل $0/08$ و میزان درصد

مواد و روش‌ها

جهت تعیین زمان تشکیل دریاچه‌های سدی سیمره و جایدرد، ابتدا بر پایه‌ی مشاهدات میدانی، ارتفاع بالاترین سطح رسوبات پادگانه‌های دریاچه‌ای با استفاده از دستگاه GPS و دوربین نقشه‌برداری در بیش از ۲۰ نقطه جهت بازسازی محدوده‌ی دریاچه‌ها برداشت گردید. سپس با استفاده از نقاط برداشت شده، مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۱۰ و ۳۰ متر و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، محدوده‌ی دریاچه چهار مرحله‌ای سیمره و تک‌مرحله‌ای جایدرد در محیط نرم‌افزار Arc GIS ترسیم گردید.

در مرحله‌ی بعد، هدف تعیین سن زمان رخداد زمین‌لغزش سیمره و دریاچه‌های سدی ناشی از آن بود. در همین راستا و با توجه به اینکه تنها آزمایشگاه تعیین سن رسوبات در داخل کشور، مربوط به پژوهشکده حفاظت و مرمت می‌باشد، بنابراین از

دریاچه‌ای شناسایی شده بود، نمونه‌ها برداشت شدند. انتخاب هشت نمونه بر اساس تعداد پادگانه‌های دریاچه‌ای و مشخص شدن سن هر پادگانه بوده است (جدول ۱). در همین مرحله دوزیمترها نیز از رسوبات پادگانه‌های دریاچه‌ای بیرون کشیده شدند.

رطوبت مطلق ۰/۰۹۰ در محاسبات نهایی منظور شد. در اسفندماه ۸ نمونه از رسوبات پادگانه دریاچه‌های سیمره و جایدرد برداشت شد (۵ نمونه از دریاچه‌ی سیمره و ۳ نمونه از دریاچه‌ی جایدرد). در دریاچه‌ی سیمره در محلی که توالی چهار پادگانه

جدول ۱: ویژگی نمونه‌های برداشت‌شده از پادگانه‌های دریاچه‌ی سیمره و جایدرد جهت سن‌سنجی با روش ترمولومینسانس

شماره نمونه	نام دریاچه	نوع نمونه	منشأ رسوب	نوع رسوب	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	پادگانه	محل نمونه برداری
۱	جایدرد	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۵۲۸۱۸	۳۶۷۰۳۲۲	۶۶۰	۱	کف دریاچه
۲	جایدرد	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۵۲۷۵۲	۳۶۷۰۲۸۹	۶۹۷	۱	سطح دریاچه
۳	جایدرد	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۶۲۴۴۵	۳۶۸۳۱۲۲	۷۳۰	۱	پایین پادگانه
۴	سیمره	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۲۹۳۱۷	۳۶۷۱۱۲۷	۵۶۴	۱	کف دریاچه
۵	سیمره	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۲۶۴۵۳	۳۶۷۱۳۴۱	۶۳۵	۱	سطح پادگانه ۱
۶	سیمره	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۲۶۵۶۴	۳۶۷۱۳۲۸	۶۰۰	۲	سطح پادگانه ۲
۷	سیمره	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۲۶۷۶۷	۳۶۷۱۳۲۹	۵۶۲	۳	پایین پادگانه ۳
۸	سیمره	رسوب	دریاچه‌ای	سیلت و رس	۷۲۶۸۳۰	۳۶۷۱۳۱۸	۵۵۹	۴	پایین پادگانه ۴

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۲: روش نمونه‌برداری از پادگانه‌های دریاچه‌ای جهت تعیین سن با روش ترمولومینسانس تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

آماده‌سازی و اندازه‌گیری و پرتودهی نمونه‌ها در زیر نور قرمز انجام گرفت تا از هرگونه تأثیر احتمالی نوری معمولی بر روی آنها جلوگیری شود. تعیین سن نمونه‌ها با روش ترمولومینسانس^۱ (TL) انجام گرفت. همچنین در این مرحله جهت تعیین سن تقریبی دریاچه‌ها از

روش نمونه‌گیری نیز بدین صورت بود که ابتدا در محل موردنظر، حدود ۱۰ سانتیمتر از رسوبات که در معرض تابش نور خورشید قرار گرفته بودند، به طرف عمق برداشت و دور ریخته می‌شد. سپس با استفاده از چکش، لوله‌های پلاستیکی با طول بیش از ۱۰ سانتیمتر به داخل رسوبات فرو برده شد و پس از وارد شدن رسوبات به داخل آن، به بیرون کشیده می‌شد (شکل ۲). در ادامه شماره هر نمونه بر روی آن نوشته شده و با فویل‌های آلومینیومی پوشانده می‌شدند.

پس از نمونه‌برداری از رسوبات پادگانه‌های دریاچه‌ای، ۸ نمونه برداشت شده به همراه دو عدد دوزیمتر محیطی جهت تعیین سن، به پژوهشکده باستان‌شناسی تحویل و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها با روش Fine Grain، با روش Additive Dose Method پرتودهی و اندازه‌گیری شدند.

سطح لغزش سیمره بر روی طاق‌دیس سیمره در استان ایلام قرار دارد، اما بیش از ۳ مساحت توده لغزشی در استان لرستان واقع شده است.

پس از رخداد زمین‌لغزش سیمره و مسدود شدن مسیر رودخانه‌ی سیمره، دریاچه‌های سیمره و جایدر در پشت توده‌ای از انباشت‌های لغزشی شکل گرفته‌اند. اما فرآیند تشکیل دریاچه‌ها در حوضه‌ی سیمره و کشکان متفاوت بوده است.

در حوضه‌ی سیمره و در مسیر رودخانه، بعد از رخداد بزرگ‌ترین زمین‌لغزش، سه بار دیگر این پدیده به وقوع پیوسته است. پیامد رخداد هر زمین‌لغزش شکل‌گیری دریاچه‌ای بوده، بنابراین چهار دریاچه در نتیجه رخداد چهار زمین‌لغزش و در نتیجه چهار پادگانه دریاچه‌ای در حوضه‌ی سیمره تشکیل شده است. شواهدی مانند پادگانه‌های پلکانی دریاچه‌ای، ضخامت و ارتفاع رسوبات پادگانه‌ها، وسعت دریاچه‌ها و سن‌سنجی رسوبات پادگانه‌های دریاچه‌ای نشان می‌دهد که دریاچه ناشی از رخداد زمین‌لغزش اصلی (اولیه) بزرگترین دریاچه و مساحت دریاچه‌های بعدی نسبت به دریاچه دوره قبل کوچک‌تر بوده است.

در رابطه با تشکیل چهار دریاچه ایجاد شده پس از رخداد زمین‌لغزش سیمره در مسیر رودخانه‌ی سیمره می‌توان دو دیدگاه ارائه داد. دیدگاه اول اینکه، سیمره تنها در یک مرحله رخ داده و وجود چهار پادگانه دریاچه‌ای، نشانگر تخلیه‌ی تدریجی دریاچه و تشکیل پادگانه‌های متوالی بوده است. دیدگاه دوم، وجود چهار پادگانه دریاچه‌ای را ناشی از رخداد چهار مرحله‌ای زمین‌لغزش سیمره و تشکیل چهار دریاچه می‌داند (شرفی، ۱۳۹۴: ۸۳). بر اساس مشاهدات میدانی و مطالعات انجام شده بر روی زمین‌لغزش سیمره و دریاچه سیمره، نگارندگان دیدگاه اول را رد و دیدگاه دوم را با ذکر دلایلی که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است، تأیید می‌نماید.

ضخامت توالی‌واروهای دریاچه‌ای و میزان رسوب‌گذاری سالیانه آن‌ها نیز استفاده شد. پس از تعیین سن رسوبات، به تحلیل نتایج و یافته‌های تحقیق پرداخته شد. شایان ذکر است که محدوده‌ی سالیابی با استفاده از تجهیزات موجود در بخش سالیابی ترمولومینسانس پژوهشکده حفاظت و مرمت از آثار تاریخی- فرهنگی از حدود ۵۰ سال تا ۲۰۰ هزار سال تعیین شده است. همچنین بیشتر منابع خطا روش ترمولومینسانس در آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت و مرمت، ناشی از قدیمی بودن امکانات موجود در این آزمایشگاه می‌باشد.

اگرچه تمام این خطاهات صحیح می‌گردد، ولی میزان خطا نسبت به سایر آزمایشگاه‌های ترمولومینسانس بیشتر می‌باشد. حداکثر خطا در سن‌یابی به‌روش ترمولومینسانس حداکثر ۵ درصد می‌باشد، اما در آزمایشگاه ترمولومینسانس پژوهشکده حفاظت و مرمت، ۷ تا ۸ درصد می‌باشد که گاهی اوقات نیز به ۱۰ تا ۱۲ درصد می‌رسد. با این وجود روش ترمولومینسانس برای سن‌سنجی پادگانه‌های دوره کواترنر بسیار مفید است (معینی و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۷). بر اساس مطالعه ریچارد (۲۰۰۰) نیز در بین روش‌های مختلف سن‌سنجی، روش لومینسانس برای سن‌سنجی رسوبات کواترنر مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

نتایج و بحث

زمین‌لغزش سیمره و تشکیل دریاچه‌های سدّی

زمین‌لغزش سیمره در مرز بین شهرستان پلدختر استان لرستان و شهرستان دره شهر استان ایلام که در اصطلاح محلی چل‌جایدر نامیده می‌شود، رخ داده است. چون زمین‌لغزش در مسیر رودخانه و در دره‌ی معروف سیمره رخ داده، به زمین‌لغزش سیمره معروف شده است. این زمین‌لغزش در سال‌های ۱۹۳۷ و ۱۹۳۸ توسط هریسون و فالکن^۱ در حین بررسی پروژه اکتشاف نفت کشف و مورد بررسی قرار گرفته است.

۴- تخلیه‌ی تدریجی یک دریاچه اگر منجر به توالی پادگانها شود، نباید دارای دگرشیبی رسوبی در زیر هر پادگانه باشد، در صورتی که در پادگانهای سیمره، ساختمان رسوبی هر پادگانه مستقل از ساختمان رسوبی پادگانه زیر آن می‌باشد.

۵- توالی پادگانهای رودخانه‌ای و دریاچه‌ای را به دو عامل تغییرات اقلیمی و تغییرات سطح اساس تکتونیک ارتباط می‌دهند. بنابراین آیا تکتونیک و تغییرات اقلیمی می‌توانسته‌اند در یک دوره کوتاه مدت موجب توالی چهار پادگانه دریاچه‌ای شوند؟ جواب خیر است زیرا این تأثیر در سایر دریاچه‌های اطراف از جمله جایدرد دیده نمی‌شود و دیگر اینکه پادگانهای دریاچه‌ای موجود با پادگانهای رودخانه‌ای پایین دست و بالادست سیمره قابل قیاس نیست و تفاوت زیادی از نظر توالی و ارتفاع دارند. بنابراین بر اساس دیدگاه دوم، رخداد زمین لغزش سیمره در چهار مرحله باعث شده چهار دریاچه با وسعت متفاوت از پشت توده لغزشی سیمره تا تنگه سازین در اطراف شهر لومار تشکیل شوند. براساس مطالعات میدانی، توالی چهار پادگانه دریاچه‌ای به دلیل تغییر مسیرهای رودخانه سیمره و همچنین ضخامت کم رسوبات به دلیل ناپایداری دریاچه در مرحله سه و چهار، فقط در برخی نقاط قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳). اما پادگانهای یک و دو از ابتدای دریاچه (روستای کل سفید) تا بالادست سد سیمره (روستای چمبرزو) از قابل مشاهده است. همچنین با توجه به شیب دره سیمره به سمت لرستان و میل رودخانه سیمره به این سمت، توالی پادگانهای دریاچه‌ای در سمت لرستان به ندرت دیده می‌شوند.

۱- در صورتی که تخلیه‌ی تدریجی بوده است، بنابراین باید توالی پادگانها در دریاچه‌ی جایدرد که هم‌زمان با دریاچه‌ی سیمره و در نتیجه‌ی رخداد زمین لغزش اولیه سیمره شکل گرفته، نیز وجود داشته باشد. در صورتی که بر اساس مطالعات مقصودی و همکاران (۱۳۹۴) توالی پادگانهای دریاچه‌ای در دریاچه جایدرد مشاهده نمی‌شود. قابل ذکر است این دو دریاچه اگرچه تحت تأثیر لغزش سیمره ایجاد شده‌اند، اما از نظر شرایط محیطی و به‌ویژه شرایط هیدرولوژیکی قابل مقایسه نیستند. به عبارتی نمی‌توان گفت چون در سیمره توالی وجود دارد، در جایدرد هم باید وجود داشته باشد، زیرا از نظر سایر شرایط دینامیکی تابع یکدیگر نیستند.

۲- توالی رسوبات دریاچه‌ای و رودخانه‌ای که در مقاطع عرضی پادگانها بر روی هم قرار گرفته‌اند، دلیلی بر تکرار زمین لغزش می‌باشد. در پادگانهای اول و دوم رسوبات کف و سطح دریاچه از سیلت و رس و بین این دو لایه، رسوبات رودخانه‌ای (شن و ماسه) دیده می‌شود.

۳- وسعت لغزش‌های بعدی کوچک‌تر از لغزش اصلی بوده و توالی پادگانها به ترتیب کوچک بوده‌اند. محدود و کم وسعت بودن پادگانهای جدیدتر این خطا را ایجاد می‌کند که نتیجه‌ی تخلیه‌ی تدریجی بوده است، در حالی که لغزش‌های بعدی در داخل دره‌ای با عرض کم که در نتیجه تخلیه دریاچه‌ی قبلی ایجاد شده، رخ داده و مسیر آب را مسدود نموده است. همچنین کاهش ضخامت رسوبات از مرحله‌ی اول نسبت به مرحله‌ی چهارم، نشان‌دهنده‌ی کوچک شدن رخداد زمین لغزش‌های بعدی می‌باشد.



شکل ۳: توالی پادگانه‌های دریاچه‌ای سیمه در اطراف روستای چم ژاب

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

دریاچه جایدن برعکس دریاچه‌ی سیمه که پس از سرریز شدن، رسوبات آواری لغزشی را حفر کرده است، آب سرریز شده باید رسوبات سازند گچساران را که طی میلیون‌ها سال شکل گرفته‌اند، فرسایش می‌دهد. شستشو و فرسایش این رسوبات و تخلیه آب دریاچه به مدت‌زمان بسیار زیادی نیاز داشته تا به سطح امروزی برسد. از طرف دیگر، به دلیل بالا بودن ارتفاع محدوده‌ی دریاچه جایدن نسبت به رخداد مراحل بعدی زمین‌لغزش سیمه، توالی دریاچه‌ای در محدوده‌ی جایدن شکل نگرفته است. به عبارت دیگر دریاچه‌ی جایدن برعکس دریاچه‌ی سیمه در نتیجه رخداد زمین لغزش اصلی سیمه در یک مرحله شکل گرفته است.

محدوده‌ی دریاچه‌های سدّی سیمه و جایدن

محدوده‌ی دریاچه‌ی سیمه

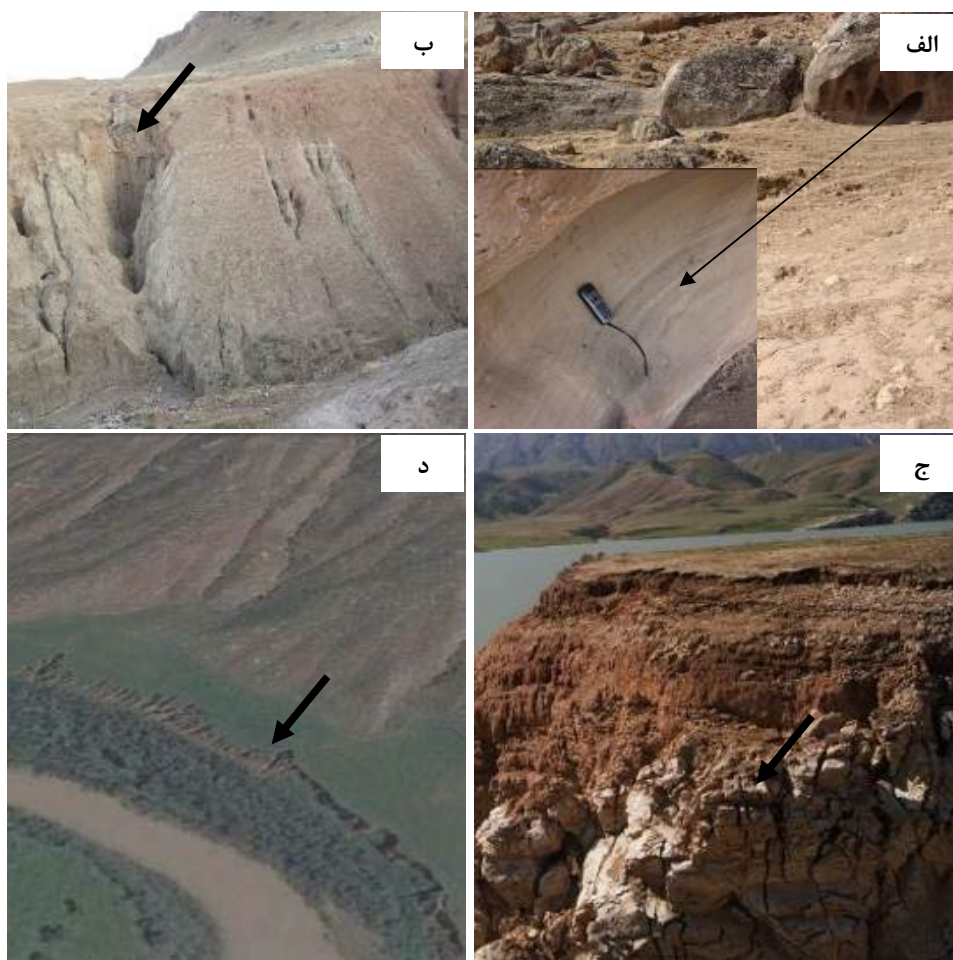
جهت تعیین محدوده‌ی دریاچه‌ی سیمه، وسیع‌ترین حد گسترش دریاچه مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام این کار، ابتدا مطالعات میدانی جهت شناسایی

در محدوده‌ی دریاچه‌ی جایدن علاوه بر مسدود شدن مسیر رودخانه‌ی کشکان، رخداد زمین‌لغزش باعث تغییر مسیر رودخانه‌ی کشکان نیز شده است. بر اساس مطالعات میدانی، شواهدی از آبرفت‌های رودخانه کشکان وجود دارد که نشان می‌دهد رودخانه‌ی کشکان قبل از وقوع زمین‌لغزش، در مسیر دیگری در جنوب محدوده‌ی فعلی دریاچه جریان داشته است.

بنابراین پس از پر شدن دریاچه جایدن، آب دریاچه نتوانسته از مسیری که قبل از زمین‌لغزش در آن جریان داشته، سرریز کند و دریاچه‌ی تخلیه شود. زیرا ارتفاع توده لغزشی که مسیر رودخانه کشکان را مسدود نموده، نسبت به ارتفاعات غرب محدوده دریاچه حدود ۶۰ متر بالاتر بوده است. بنابراین دریاچه در غرب محدوده در نقطه‌ای با کمترین ارتفاع در نزدیکی روستای کلک بوره در محدوده‌ی فعلی دریاچه، با ارتفاع حدود ۷۴۰ متر سرریز کرده و مسیر جدید رودخانه‌ی کشکان شکل گرفته است. اما در

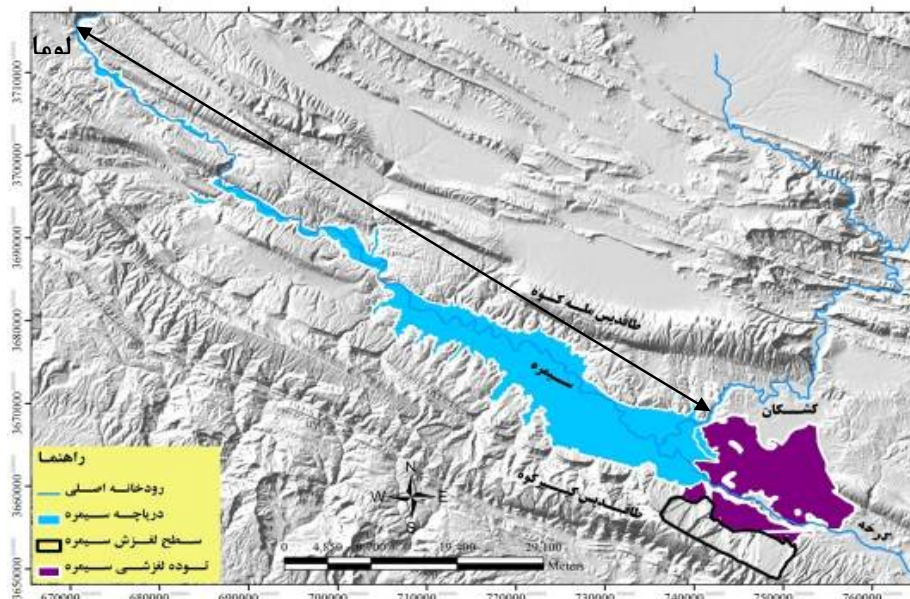
دریاچه‌ای در محل سد سیمره با ارتفاع حدود ۳۵ متر (شکل ۴ ج) و همچنین گسترش عمده رسوبات دریاچه‌ای در بالاتر از سد سیمره تا پایین دست تنگچم برزو (شکل ۴ د) که سطح آن‌ها در ارتفاع حدود ۶۴۰ تا ۶۵۰ متر گسترش داشته و ضخامت این پادگانه‌ها ۳۰ تا ۴۰ متر و گاهی تا ۷۵ متر هم می‌رسد، منحنی ۷۰۰ متر به‌عنوان بیشترین حد گسترش دریاچه سیمره در نظر گرفته شد (شکل ۵).

شواهد آخرین حد گسترش دریاچه در چند مرحله در تابستان و پاییز ۱۳۹۳ انجام شد. این شواهد شامل رسوبات دریاچه‌ای و داغ آب سطح آب دریاچه می‌باشند که رسوبات دریاچه‌ای در کل منطقه و داغ آب سطح دریاچه در یک نقطه مشاهده گردید. با توجه به وجود داغ آب سطح آب دریاچه در ارتفاع ۶۶۸ متری در مسیر روستای ارمو به سمت روستای چم ژاب (شکل ۴ الف)، ارتفاع ۶۵۲ متری پادگانه یک در کنار روستای رماوند سفلی (شکل ۴ ب)، مشاهده رسوبات



شکل ۴: شواهد رسوبات پادگانه دریاچه‌ای و داغ آب سطح آب دریاچه جهت بازسازی حداکثر گسترش دریاچه سیمره. الف) داغ آب سطح آب دریاچه در مسیر روستای ارمو ب) بالاترین ارتفاع رسوبات دریاچه‌ای در غرب روستای رماوند سفلی ج) رسوبات دریاچه‌ای در محدوده دریاچه سد سیمره د) رسوبات دریاچه‌ای در بالادست سد سیمره و پایین تر از تنگ چم برزو.

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

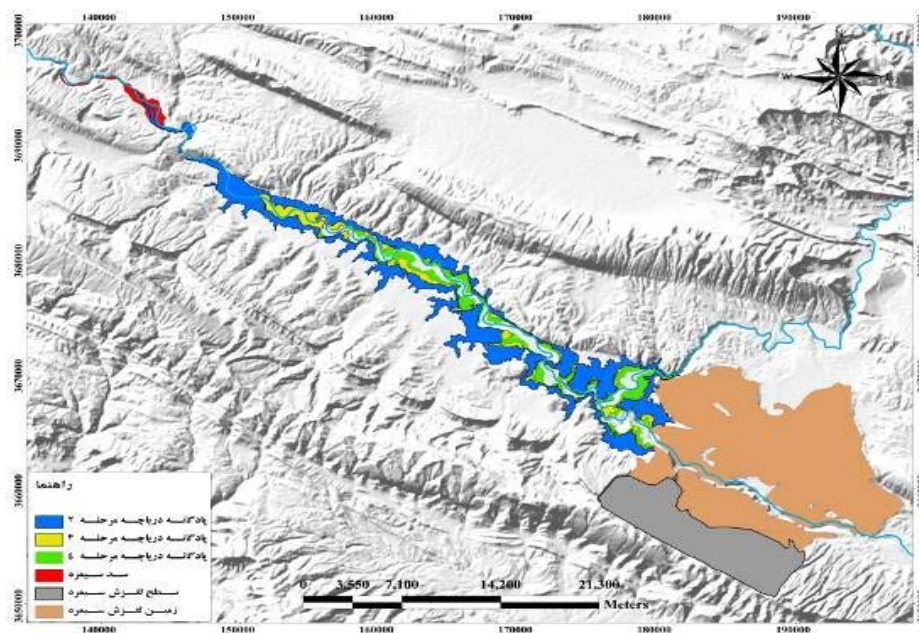


شکل ۵: محدوده حداکثر وسعت دریاچه سیمه در مرحله اول براساس منحنی تراز ۷۰۰ متر

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

در شرق محوطه قلعه گوری (شکل ۴ ج) و بر روی تصاویر ماهواره‌ای نیز وجود رسوبات دریاچه‌ای در بالادست سد سیمه کاملاً مشخص است (شکل ۴ د). همچنین ارتفاع بین ۵۹۰ تا ۶۰۰ متری از سطح دریا تنگه راوندی نشان می‌دهد که آب دریاچه توانسته در این تنگه به قسمت‌های بالادست و در امتداد مسیر رودخانه سیمه که ارتفاع کمتر از ۷۰۰ متر دارند، تا تنگه سازبن در انتهای محدوده‌ی آبگیر سد سیمه (حوالی روستای ورگچ) گسترش یابد. همچنین براساس مطالعات میدانی و برداشت حداکثر ارتفاع پادگانه‌های دریاچه‌ای مراحل دوم، سوم و چهارم سیمه، محدوده‌ی دریاچه‌ها بازسازی و ترسیم گردید (شکل ۶).

بر اساس منحنی ۷۰۰ متر، محدوده‌ی دریاچه در مطالعات قبلی تا پایین‌دست سد سیمه به ترتیب با مساحت ۲۹۰ و ۱۷۴/۱ کیلومتر مربع تعیین شده بود (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۱؛ معیری و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۱). اما بررسی‌های میدانی نگارندگان نشان می‌دهد که حداکثر وسعت دریاچه سیمه تا لومار و تنگه سازبن (بیش از ۴۵ کیلومتر بالاتر از محل سد سیمه) و یا به عبارت دیگر تا انتهای محدوده‌ی آبگیر سد و نیروگاه سیمه ادامه داشته است. دلایل و شواهد اینکه دریاچه سیمه تا این ناحیه ادامه داشته و در مطالعات قبلی به آن اشاره نشده است را می‌توان به این صورت بیان نمود که در محدوده‌ی ذکرشده، توالی پادگانه‌های دریاچه‌ای یک و دو تا تنگ چم برزو (در ۲۳ کیلومتری بالادست سد) و در قسمت‌های میانی محدوده‌ی آبگیر سد سیمه مشاهده شده است.



شکل ۶: محدوده‌ی دریاچه‌های دوم، سوم و چهارم سیمره

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

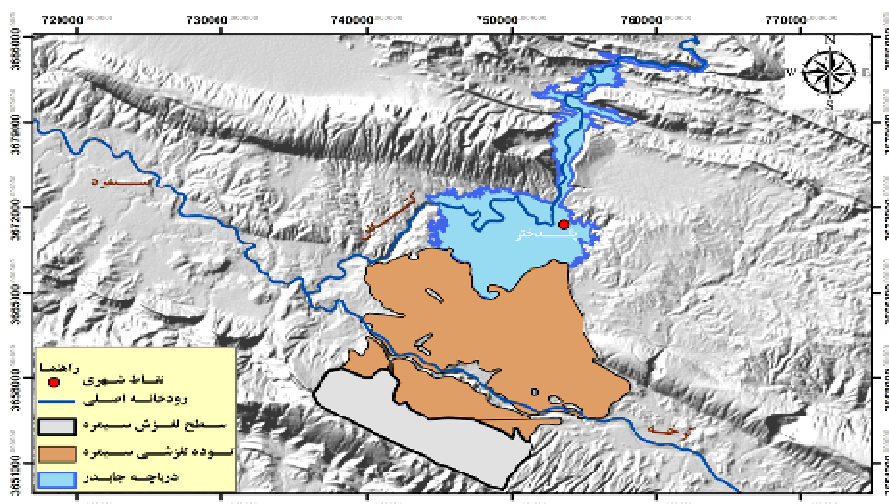
محدوده‌ی دریاچه‌ی جایدرد

(شکل ۷ الف)، رسوبات دریاچه‌ای با ضخامت بیش از پنج متر در پایین‌تر از اردوگاه ملاوی ارتفاع ۷۳۰ متری (شکل ۷ ب)، مشاهده رسوبات دریاچه‌ای در روبروی روستای گل گل سفلی در ارتفاع ۷۲۰ متری با ارتفاع حدود ۸ متر (شکل ۷ ج) و ضخامت بیش از ۴۰ متری رسوبات در جنوب شهر پلدختر در ارتفاع ۷۰۲ متری (شکل ۷ د)، منحنی تراز ۷۴۰ متر به‌عنوان حداکثر وسعت دریاچه در نظر گرفته شد (شکل ۸).

بررسی‌های میدانی در مسیر رودخانه کشکان و ثبت ارتفاع رسوبات در نقاط مختلف با استفاده از GPS، نشان می‌دهد که محدوده‌ی دریاچه جایدرد بیش از آن وسعتی است که در مطالعات پیشین به آن اشاره شده و در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ پلدختر ترسیم شده است. مشاهده و اندازه‌گیری ارتفاع رسوبات دریاچه‌ای از سطح زمین در پایین‌تر از روستای جلگه خلیج در ارتفاع ۷۴۰ متری با ضخامت حدود ۲ متر



شکل ۷: شواهد رسوبات پادگانه دریاچه‌ای جایدر. الف- رسوبات دریاچه‌ای در پایین تر از روستای جلگه خلیج (ب) رسوبات دریاچه‌ای در پایین تر از اردوگاه ملاوی ج- رسوبات دریاچه‌ای در روبروی روستای گل گل سفلی (د) رسوبات دریاچه‌ای در جنوب شهر پلدختر
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۸: محدوده‌ی دریاچه‌ی جایدر بر اساس منحنی تراز ۷۴۰ متر
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

تعیین سن مطلق پادگانه‌های دریاچه‌ای سیمره

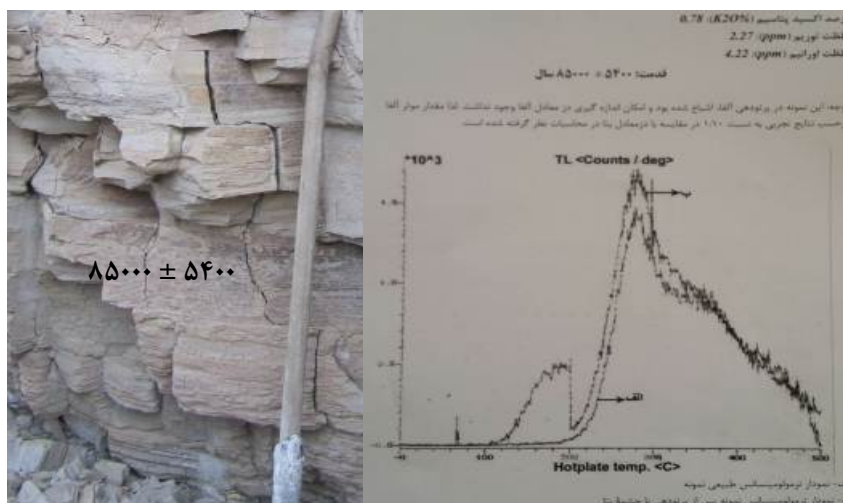
پس از بازسازی محدوده دریاچه سیمره و پادگانه‌های دریاچه‌ای آن، تعیین سن زمان تشکیل و تخلیه دریاچه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در همین راستا از هر پادگانه دریاچه‌ای یک نمونه رسوب برداشت و جهت تعیین سن به پژوهشکده باستان‌شناسی ارسال شد که نتایج سن سنجی با روش ترمولومینسانس در جدول ۲ آمده است. نمونه اول که از کف دریاچه برداشت شده بود، سن آن حدود ۸۵۰۰۰ سال پیش برآورده شده است، بنابراین زمان رخداد زمین لغزش

سیمره و تشکیل دریاچه‌ی اول حدود ۸۵۰۰۰ سال پیش بوده است (شکل ۹). شایان ذکر است که این نوع رسوب فقط در یک نقطه از دریاچه قابل مشاهده بود و مشابه این نوع رسوب در بالادست دریاچه جایدر نیز وجود داشت. نمونه‌ی دوم که از رسوبات سطحی پادگانه دریاچه اول (بزرگ‌ترین دریاچه) برداشت شد، سن آن حدود ۱۷۶۰۰ سال پیش برآورد شد (شکل ۱۰). بنابراین زمان تخلیه‌ی دریاچه در مرحله‌ی اول ۱۷۶۰۰ سال پیش و مدت حیات دریاچه حدود ۶۷۴۰۰ سال بوده است.

جدول ۲: ویژگی‌های نمونه رسوبات تعیین سن شده دریاچه‌ی سیمره

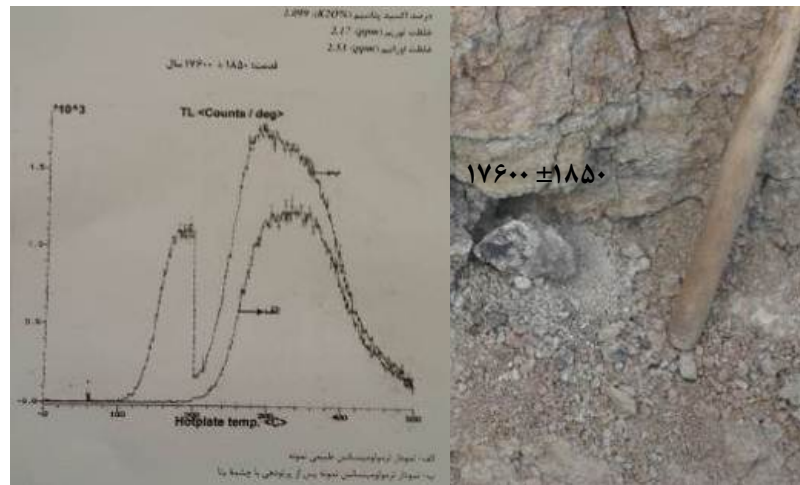
شماره نمونه	نام دریاچه	پادگانه	سن نمونه	طول حیات دریاچه
۱	سیمره	۱	85000 ± 5400	± 67400
۲	سیمره	۱	17600 ± 1850	
۳	سیمره	۲	14500 ± 1300	± 2000
۴	سیمره	۳	10500 ± 900	± 200
۵	سیمره	۴	10100 ± 1100	± 130

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۹: سن و محل برداشت نمونه رسوبات کف دریاچه سیمره در مرحله اول

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



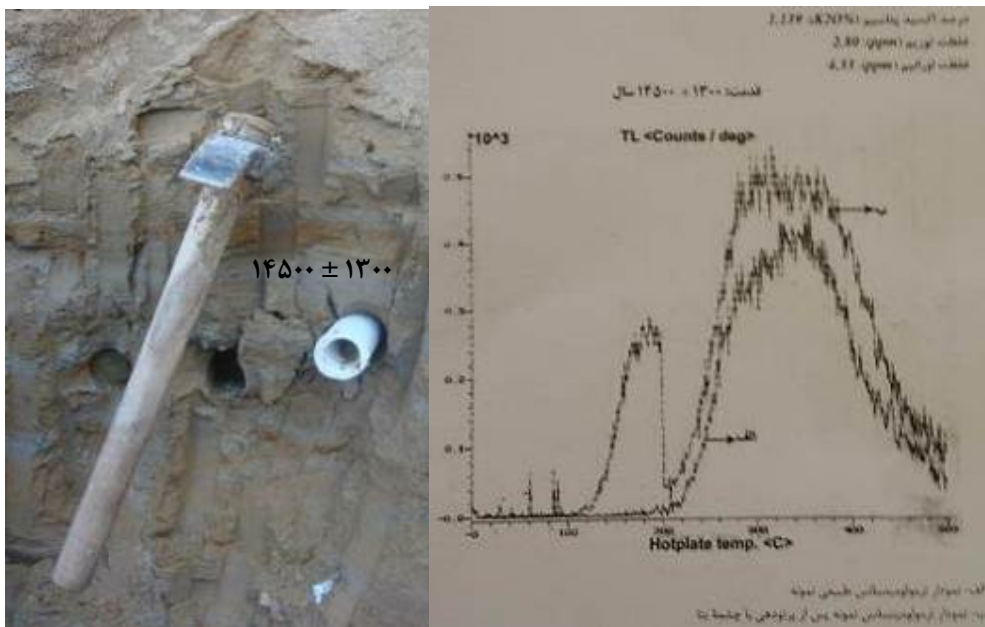
شکل ۱۰: سن و محل برداشت نمونه رسوبات سطح دریاچه سیمره در مرحله اول

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

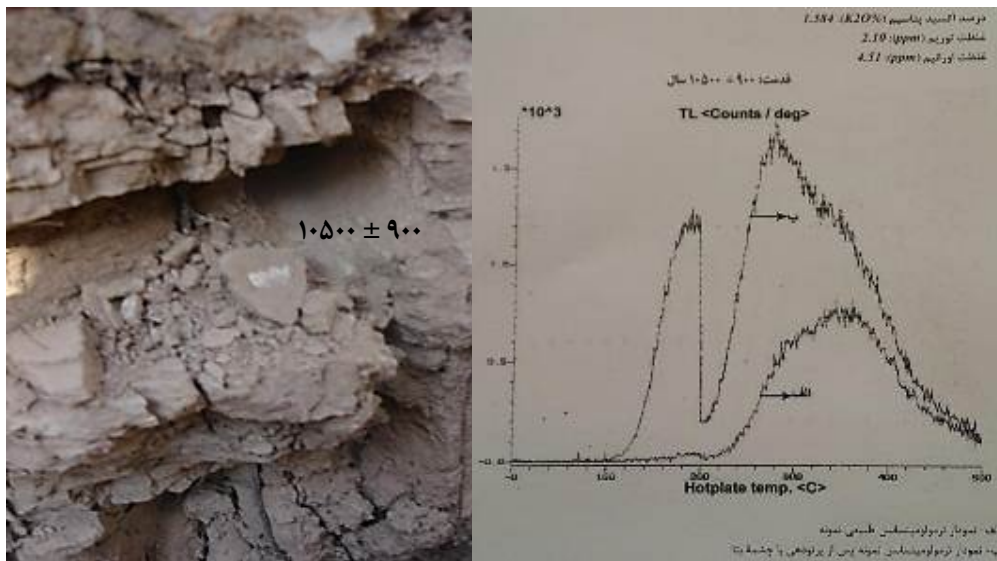
است. بنابراین عمر دریاچه در مرحله دوم حدود ۲۰۰۰ سال بوده است. در نتیجه اختلاف زمانی زیادی بین تخلیه دریاچه در مرحله اول و تشکیل دریاچه در مرحله دوم وجود نداشته است. نمونه‌ی چهارم که از پایین پادگانه سوم برداشت شده بود، سن آن در حدود ۱۰۵۰۰ سال برآورد شده است (شکل ۱۲). بنابراین زمان تشکیل دریاچه حدود ۱۰۵۰۰ سال قبل بوده است. با توجه به ضخامت حدود ۳ متری رسوبات پادگانه دریاچه در مرحله سوم، عمر دریاچه در این مرحله حدود ۲۰۰ سال بوده است. بنابراین دریاچه در حدود ۱۰۳۰۰ سال پیش تخلیه شده است. نمونه‌ی پنجم که از پایین رسوبات پادگانه چهارم دریاچه برداشت شده بود، سن آن در حدود ۱۰۱۰۰ سال قبل برآورد شده است (شکل ۱۳). بنابراین زمان تشکیل دریاچه حدود ۱۰۱۰۰ سال پیش بوده است. با توجه به ضخامت حدود ۲ متری رسوبات پادگانه دریاچه در این مرحله، زمان تخلیه دریاچه حدود ۹۹۶۷ سال پیش بوده است. در نتیجه عمر دریاچه در مرحله چهارم حدود ۱۳۳ سال بوده است. همچنین بین تشکیل دریاچه در مرحله سوم و چهارم فاصله زمانی وجود نداشته است.

در رابطه با تشکیل و زمان ماندگاری دریاچه سیمره در مرحله اول می‌توان دو دیدگاه را ارائه داد.

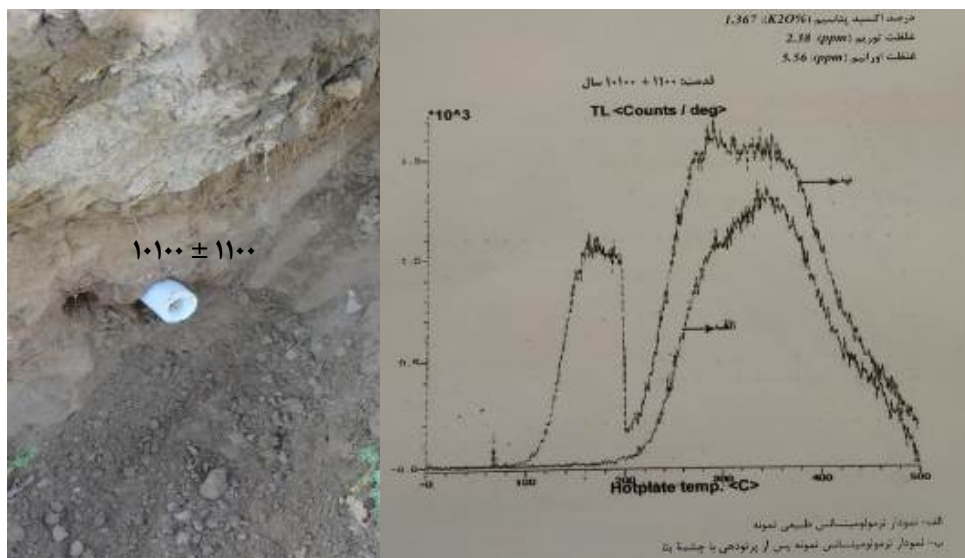
۱- دریاچه سیمره در مرحله اول ۶۷۴۰۰ سال ماندگاری داشته است ۲- رخداد زمین‌لغزش سیمره و تشکیل دریاچه در دره سیمره بیش از ۴ مرحله بوده است. به عبارت دیگر رسوبات کف دریاچه که سن آنها ۸۵۰۰۰ سال پیش برآورد شده است، بقایای به جای مانده از تشکیل دریاچه اولیه‌ای می‌باشند که قبل از این چهار مرحله رخ داده، اما پادگانه آن در طول زمان به دلیل فرسایش از بین رفته است. اما با توجه به ضخامت زیاد رسوبات پادگانه اول (با ضخامت حدود ۱۴۰ متر در پشت توده لغزشی و ضخامت ۴۰ متر در بالادست سد سیمره)، دیدگاه اول یعنی تشکیل دریاچه در چهار مرحله که توالی پادگانه‌های آن قابل مشاهده است، منطقی‌تر به نظر می‌رسد. نمونه سوم که از سطح پادگانه دوم برداشت شده بود، سن آن حدود ۱۴۵۰۰ سال برآورد شده است (شکل ۱۱). از آن جا که میانگین رسوب‌گذاری سالیانه براساس اندازه‌گیری بیش از ۳۰ مقطع از واروهای دریاچه‌ای حدود ۱/۵ سانتیمتر در سال بوده و همچنین ضخامت ۳۱ متری رسوبات پادگانه دوم، زمان تشکیل دریاچه حدود ۱۶۵۰۰ سال پیش بوده



شکل ۱۱: سن و محل برداشت رسوبات سطح دریاچه سیمره در مرحله دوم تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۱۲: سن و محل برداشت نمونه رسوبات پایین پادگانه سوم دریاچه‌ی سیمره تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۱۳: سن و محل برداشت نمونه رسوبات پایین پادگانه سوم دریاچه سیمره

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۳: ویژگی‌های نمونه رسوبات تعیین سن شده دریاچه جایددر

شماره نمونه	نام دریاچه	محل برداشت	سن نمونه
۱	جایددر	انتهای دریاچه	19500 ± 1800
۲	جایددر	پایین	12600 ± 1400
۳	جایددر	سطح	5000 ± 700

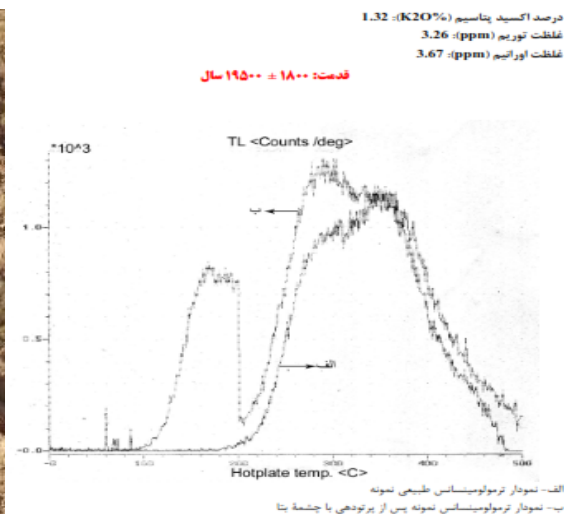
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

نمونه اول از قسمت‌های انتهایی دریاچه که حدود ۸ متر بالاتر از رسوبات دریاچه ای کف دریاچه که در نتیجه حفر ترانشه جاده رخنمون دارند، برداشت شده است. سن این نمونه حدود 19500 ± 1800 سال پیش برآورد شده است (شکل ۱۴). با توجه به این که سن به‌دست‌آمده از نمون هد دریاچه جایددر در محدوده‌ی سنی دریاچه مرحله‌ی اول سیمره قرار می‌گیرد و فقط بزرگترین زمین لغزش که سن آن در دریاچه سیمره ۸۵۰۰۰ سال پیش برآورد شده، می‌توانسته باعث تشکیل دریاچه جایددر شود، بنابراین زمان تشکیل دریاچه جایددر نیز مقارن با مرحله‌ی اول تشکیل دریاچه سیمره در ۸۵۰۰۰ سال پیش بوده است.

در نتیجه محدوده دره سیمره از حدود ۸۵۰۰۰ سال قبل تا ۱۰۰۰۰ سال پیش از پشت توده لغزشی سیمره تا لومار تحت حاکمیت محیط دریاچه‌ای بوده است. به‌عبارت‌دیگر، در این فاصله‌ی زمانی حدود ۷۵۰۰۰ ساله منطقه شاهد رخداد زمین‌لغزش‌های متوالی بوده که مهم‌ترین نتیجه‌ی آن تشکیل چهار دریاچه در دره‌ی سیمره بوده است.

تعیین سن مطلق پادگانه دریاچه‌ای جایددر

در محدوده‌ی دریاچه بقایای یک پادگانه دریاچه‌ای دیده می‌شود که جنس رسوبات آن از سیلت و رس و در برخی نقاط همراه با ماسه می‌باشد. در همین راستا یک نمونه از رسوبات دریاچه در ارتفاع ۷۳۰ متری در قسمت‌های انتهایی دریاچه و دو نمونه در ارتفاع ۶۶۰ و ۶۹۷ متری در دشت جایددر از پادگانه دریاچه برداشت و سن آن‌ها برآورد شد (جدول ۳).



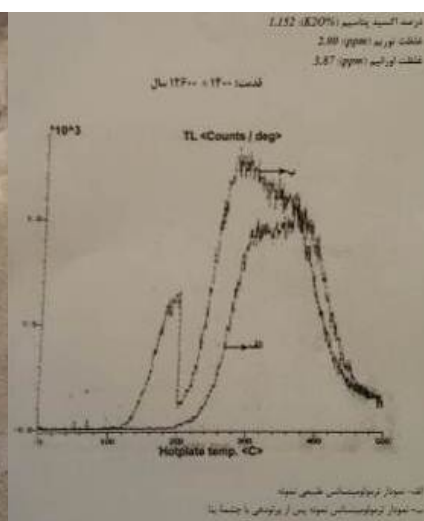
شکل ۱۴: سن و محل برداشت نمونه رسوبات در قسمت انتهایی دریاچه جایددر

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

نشان می‌دهد (شکل ۱۶). بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که دریاچه جایددر حدود ۸۰۰۰۰ سال در منطقه وجود داشته است. به عبارت دیگر، دریاچه جایددر در حدود ۸۵۰۰۰ سال پیش شکل گرفته و در حدود ۵۰۰۰ سال پیش شروع به تخلیه نموده، اما تخلیه‌ی دریاچه تدریجی بوده است.

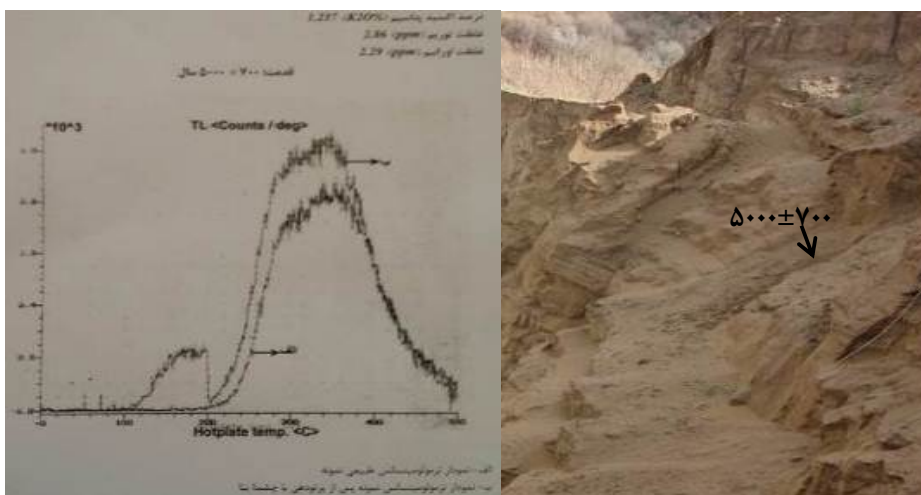
نمونه‌ی دوم که در ارتفاع ۶۶۰ متری از رسوبات پایین‌دست دریاچه برداشت شده بود، سن آن 12600 ± 1400 سال برآورد شده است (شکل ۱۵).

سن نمونه‌ی سوم که از رسوبات سطحی دریاچه در ارتفاع ۶۹۷ متری از سطح دریا برداشت شده است، در حدود 5000 ± 700 سال برآورد شده است. سن نمونه‌ی سوم زمان تخلیه تدریجی دریاچه جایددر را



شکل ۱۵: سن و محل برداشت نمونه رسوبات در دشت جایددر

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۱۶: سن و محل برداشت نمونه رسوبات سطح (بالا) دریاچه‌ی جایدِر
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

نتیجه

رخداد زمین‌لغزش سیمره به‌عنوان بزرگ‌ترین زمین‌لغزش دنیا، باعث تغییرات محیطی و انسانی در دره سیمره و کشکان شده است. در نتیجه این رخداد، مسیر رودخانه‌های سیمره و کشکان که پس از به هم پیوستن رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهند، مسدود شده و دریاچه‌های سدی سیمره و جایدِر شکل‌رفته‌اند. در دره سیمره رخداد زمین‌لغزش در چهار مرحله، باعث شکل‌گیری چهار دریاچه شده است. از شواهد تشکیل این دریاچه‌ها، پادگانه‌های دریاچه‌ای می‌باشند که در پایین‌دست سد توالی چهار پادگانه و در بالادست سد توالی پادگانه‌ها اول و دوم دیده می‌شود. دریاچه‌ی اولیه در نتیجه‌ی زمین‌لغزش اول، باعث تشکیل بزرگ‌ترین دریاچه سدی دنیا با مساحت بیش از ۳۰۰ کیلومتر مربع شده است. بر اساس سن سنجی رسوبات کف دریاچه، زمان تشکیل دریاچه اول ۸۵۰۰۰ سال پیش و زمان تخلیه آن حدود ۱۷۶۰۰ سال پیش بوده است. در حالی که قدیمی‌ترین سن به دست آمده از زمان رخداد زمین‌لغزش و تشکیل دریاچه‌ها در مطالعات پیشین، ۱۵۷۰۰ سال بوده

است. رخداد زمین‌لغزش دوم سیمره، باعث شکل‌گیری دریاچه‌ی دوم در حدود ۱۶۵۰۰ سال پیش شده است. وسعت دریاچه‌ی دوم کمتر از مرحله‌ی اول بوده، اما رسوبات آن در بالادست سد سیمره نیز مشاهده شده است. این دریاچه با فاصله‌ی زمانی ۱۰۰۰ ساله از دریاچه‌ی اول تشکیل شده است. زمان تخلیه‌ی دریاچه در مرحله‌ی دوم، حدود ۱۴۵۰۰ سال پیش بوده است. بنابراین زمان ماندگاری دریاچه در این مرحله ۲۰۰۰ سال بوده است.

برای سومین بار زمین‌لغزش دیگری باعث مسدود شدن مسیر رودخانه‌ی سیمره شده و دریاچه‌ی سوم را تشکیل داده است. وسعت دریاچه در این مرحله کمتر از مراحل قبلی بوده و دریاچه نتوانسته تا بالادست سد پیشروی کند. زمان رخداد زمین‌لغزش مرحله‌ی سوم و تشکیل دریاچه حدود ۱۰۵۰۰ سال پیش بوده و زمان تخلیه آن حدود ۱۰۳۰۰ سال پیش بوده است. در نتیجه زمان ماندگاری دریاچه در مرحله‌ی سوم ۲۰۰ سال بوده است.

رخداد زمین‌لغزش چهارم باعث تشکیل دریاچه چهارم که کوچک‌ترین دریاچه تشکیل شده در نتیجه

رودخانه‌ی کشکان و تخلیه دریاچه به مدت زمان بسیار زیادی نیاز داشته است. بنابراین در صورتی که رخدادهای زمین‌لغزش‌های بعدی هم بزرگ‌تر از مرحله اول بوده باشد، به دلیل پایداری دریاچه تأثیری بر ایجاد توالی پادگانه‌های دریاچه‌ای و تشکیل دریاچه‌های دیگر نداشته است.

سن سنجی رسوبات دریاچه‌ای در ارتفاع ۸ متری از بستر رودخانه کشکان در قسمت‌هایی انتهایی دریاچه، سنی در حدود ۱۹۵۰۰ سال پیش را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه سن به‌دست‌آمده حدود ۳۰۰۰ سال بیشتر از سن مرحله دوم رخدادهای زمین‌لغزش و تشکیل دریاچه دوم در دره‌ی سیمره می‌باشد و از طرفی بزرگ‌ترین زمین‌لغزش سیمره باعث تشکیل دریاچه جایدرد شده است، بنابراین زمان شکل‌گیری دریاچه جایدرد مقارن با دریاچه اول سیمره و در حدود ۸۵۰۰۰ سال پیش بوده است.

بر اساس سن به‌دست‌آمده از سطحی‌ترین رسوبات دریاچه در دشت جایدرد، زمان تخلیه‌ی دریاچه حدود ۵۰۰۰ سال پیش بوده است. بنابراین زمان ماندگاری دریاچه حدود ۸۰۰۰۰ سال بوده است. دلیل پایداری زیاد دریاچه جایدرد را باید به تغییر مسیر رودخانه کشکان نسبت داد، زیرا برخلاف سایر دریاچه‌های سدی که رسوبات سست آواری سد لغزشی را برش داده‌اند، دریاچه جایدرد باید سازند اصلی گچساران را با توالی لایه‌های گچی-مارنی قرمز و خاکستری و آهک دوران سوم در غرب محدوده‌ی دریاچه برش می‌داده و به همین دلیل حفر رسوبات به‌وسیله‌ی آب سرریز شده دریاچه نیازمند زمان بسیار طولانی بوده است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مسؤولان پژوهشکده باستان-شناسی کشور جهت حمایت مالی و تعیین سن رسوبات پادگانه‌ای دریاچه‌ی کمال تشکر و قدرانی را دارند.

رخدادهای زمین‌لغزش سیمره می‌باشد، شده است. این دریاچه در حدود ۱۰۱۰۰ سال پیش رخ داده و ۱۳۰ سال بعد یعنی ۹۹۷۰ سال پیش تخلیه شده است. به نظر می‌رسد رخدادهای مراحل سوم و چهارم زمین‌لغزش سیمره و تشکیل دریاچه‌ها، در نتیجه پایین آمدن کناره‌های توده لغزشی اولیه سیمره در اثر حفر پاشنه توده لغزشی به‌وسیله‌ی آب رودخانه سیمره بوده است. بنابراین توالی چهار پادگانه دریاچه‌ای، بیانگر تشکیل چهار مرحله‌ای دریاچه سیمره می‌باشد.

در دره‌ی کشکان همانند دره سیمره، رخدادهای زمین‌لغزش مرحله اول و پیشروی پیشانی توده‌ی لغزشی تا دشت جایدرد، باعث مسدود شدن مسیر رودخانه‌ی کشکان گردیده است. بر اساس شواهد موجود، رودخانه‌ی کشکان قبل از وقوع زمین‌لغزش از بخش مرکزی دشت جایدرد گذشته و در جنوب‌شرق توده‌های لغزشی به رودخانه‌ی سیمره می‌پیوست و رودخانه‌ی کرخه را به وجود می‌آورد.

با رخدادهای زمین‌لغزش، مسیر رودخانه مسدود شده و در زیر میلیون‌ها مترمکعب رسوبات آواری لغزشی مدفون شده است. بنابراین رخدادهای زمین‌لغزش در مسیر رودخانه‌ی کشکان، علاوه بر تشکیل دریاچه سدی باعث تغییر مسیر رودخانه کشکان نیز شده است.

بر اساس شواهد رسوبی موجود، تشکیل دریاچه جایدرد در یک مرحله بوده است، زیرا توالی پادگانه‌های دریاچه‌ای در دره‌ی کشکان مشاهده نمی‌شود. دلیل تشکیل یک مرحله‌ای دریاچه جایدرد را می‌توان به این صورت عنوان نمود که فقط مرحله‌ی اصلی زمین‌لغزش سیمره توانسته تا دشت جایدرد پیشروی نماید و مسیر رودخانه را مسدود کند. در صورتی که مراحل بعدی زمین‌لغزش به دلیل وسعت و حجم کمتر نتوانسته از توده لغزشی اول عبور کرده و تا دشت جایدرد برسد. از طرف دیگر به دلیل احاطه شدن اطراف دشت جایدرد به‌وسیله‌ی ارتفاعات سازند گچساران، حفر مسیر جدید

- یمانی، مجتبی؛ ابوالقاسم گورابی؛ صمد عظیمی‌راد (۱۳۹۱). زمین‌لغزش بزرگ سیمره و توالی پادگانه‌های دریاچه‌ای، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۳، صفحات ۶۰-۴۳.
- Bonnard, C (2011). Technical and Human Aspects of Historic Rockslide-Dammed Lakes & Landslide Dam Breaches, Natural & Artificial Rockslide Dams. Lecture Notes in Earth Sciences, 133, 101-122.
- Canuti, P., Casagli, N., Ermini, L (1998). Inventory of Landslide Dams in the Northern Apennine as a Model for Induced Flood Hazard Forecasting. In: Andah K(ed) Managing Hydro-Geological Disasters in a Vulnerable Environment. CNR-GNDCI and UNESCO IHP, Perugia, 189-202.
- Costa, J.E., Schuster, R.L (1988). The formation and failure of natural dams. Geological Society of America Bulletin, 100, 1054-1068.
- Dong, G., Zhang, F., Ma, M., Fan, Y., Zhang, J., Wang, Z., Chen, F (2013). Ancient landslide-dam events in the Jishi Gorge, upper Yellow River valley, China, Quaternary Research, 81(3), 445-451
- Ermini, L., Casagli, N., & Farina, P (2006). Landslide dams: analysis of case histories and new perspectives from the application of remote sensing monitoring techniques to hazard and risk assessment. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, Special Issue 1, 45-52.
- Evans, S.G., Delaney, K.B., Hermanns, R.L., Strom, A., Scarascia-Mugnozza, G (2011). The formation and behavior of natural and artificial rockslide dams; implications for engineering performance and hazard management. In: Evans SG, Hermanns R, Strom AL, Scarascia-Mugnozza G (eds) Natural and artificial rockslide dams, Lecture Notes in Earth Sciences, 133, 1-75.
- Fan, X., van Westen, C.J., Xu, Q., Gorum, T., Dai, F (2012). Analysis of landslide dams induced by the 2008 Wenchuan earthquake. Journal Asian Earth Science, 57, 25-37
- Harrison, J.V & Falcon, N.L (1937). The Saidmarreh landslip, Southwest Iran. the geographical journal, 89(1), 42-47.
- Harrison, J.V & Falcon, N.L (1938). an ancient landslip at Saidmarreh in southwestern Iran. the geographical journal, 46, 296-309.

منابع

- معینی، ابوالفضل؛ حسن احمدی؛ محمد جعفری؛ سادات فیض‌نیا؛ فریدون سرمدیان (۱۳۸۸). تعیین سن پادگانه‌های دوره کواترنر (مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان)، فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال دوم. شماره ۵، صفحات ۴۸-۳۹.
- ایزدی، زهرا؛ مزگان انتظاری (۱۳۹۲). زمین‌لغزش‌های ایران. معرفی، عوامل و مدیریت، آموزش رشد جغرافیا. دوره ۲۷، شماره ۴، صفحات ۳۷-۳۲.
- بهاروند، سیامک؛ محسن پورکرمانی؛ مهران آرین؛ رسول اجل‌لوئیان؛ عبدالرضا نوریزدان (۱۳۸۸). زمین‌لغزش سیمره و نقش آن در تغییرات زیست محیطی و ژئومورفولوژیکی منطقه پلدختر، فصلنامه علوم زمین. سال چهارم. شماره ۴، صفحات ۲۴-۱۳.
- شرفی، سیامک (۱۳۹۴). زمین‌باستان‌شناسی حوضه رودخانه‌ی سیمره در قلمرو پادگانه‌های دریاچه‌ای هولوسن. رساله دکتری، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، تهران.
- قبادی، محمد (۱۳۹۳). بررسی رسوبات دریاچه‌ای زمین‌لغزش سیمره- جنوب غربی پلدختر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما غلامرضا میراب شیبستری. دانشکده علوم دانشگاه بیرجند.
- مالکی، ابراهیم؛ فرانک بحرالعلومی (۱۳۷۸). معرفی دو پارینه زمین لرزه در منطقه سیمره، دهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، دانشگاه تهران.
- معیری، مسعود؛ سیدمنصور شاهرخوندی؛ حجت‌اله بیرانوند (۱۳۹۰). بررسی و برآورد ویژگی‌های مورفومتری دریاچه‌ی قدیمی سیمره، فصلنامه جغرافیای طبیعی لار، سال چهارم. شماره ۱۳، صفحات ۸۲-۷۱.
- مقصودی، مهران؛ سیامک شرفی؛ مجتبی یمانی؛ عباس مقدم؛ سیدمحمد زمانزاده (۱۳۹۴). تغییرات محیطی ناشی از رخداد زمین‌لغزش کبیرکوه و تاثیر آن بر الگوی استقرار محوطه‌های باستانی محدوده‌ی دریاچه جایدرد، فصلنامه کواترنری ایران. شماره اول. صفحات ۱-۱۴.

- Schuster, R.L (2000) Dams built on pre-existing landslides. Proceedings GeoEng., 2000, Int. Conf. on Geotechnical & Geological Engineering, Melbourne, Technomic, Lancaster, 1, 1537-1589.
- Schuster, R.L., Costa, J.E (1986). A perspective on landslide dams. In: Schuster, R.L. (Ed.), *Landslide Dams: Processes, Risk, and Mitigation*. Geotechnical Spec. Publ., 3, American Society of Civil Engineering, New York, 1-20.
- Shoaee, Z (2014). Mechanism of the giant Seimareh Landslide, Iran, and the longevity of its landslide dams. *Environment Earth Science*, 72(7), 2411-2422
- Stefanelli, C.T., Catani, F., Casagli, N. (2015). Geomorphological investigations on landslide dams. *Geoenvironmental Disasters Journal*, 2 (21), 2-15.
- Weidinger, J.T (2006). Landslide dams in the high mountain of India, Nepal and China: stability and life span of their dammed lakes. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, Special Issue 1, 67-80.
- Iqbal, J., Dai, F., Xu, L., Xinbin, Tu (2014). statistical characteristics and stability index (SI) of large-sized landslide dams around the world. *A scientific journal of Comsats-Science Vision*, 20(1), 75-84.
- Korup, O (2002). Recent research on landslide dams- a literature review with special attention to New Zealand. *Progress in Physical Geography*, 26(2), 206-235.
- Nicoletti, G.N., Parise, M (2002). Seven landslide dams of old seismic origin in southeastern Sicily (Italy). *Geomorphology*, 46(3-4), 203-222.
- Roberts, N. J (2008). Structural and geologic controls on gigantic (>1 Gm³) landslides in carbonate sequences: case studies from the Zagros Mountains, Iran and Rocky Mountains, Canada, A thesis Master of Science in Earth Sciences, University of Waterloo.
- Richards, B.W.M (2000). Luminescence dating of Quaternary sediments in Himalaya and High Asia: a practical guide to its use and limitations for constraining the timing of glaciations. *Quaternary International*, 65-66, 49-61.
- Schneider, J.F., Gruber, F. E., Mergili, M (2011). Recent cases and geomorphic evidence of landslide-dammed lakes and related hazards in the mountains of Central Asia, *Proceedings of the Second World Landslide Forum*-3-7.