

پیدایش و زوال دریاچه زمین لغزشی جایدردر جنوب استان لرستان

عبدالرضا نوریزدان*^۱، محمد حسین قبادی^۱

دریافت مقاله: ۹۷/۰۸/۰۱ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۳/۱۸

چکیده

دریاچه‌های سدهای زمین لغزشی از پدیده‌های زمین شناسی هستند که علی‌رغم زیبایی‌های خاص خود می‌توانند به‌عنوان یک خطر زمین شناسی مطالعه شوند. بهمن سنگی سیمره حداقل ۳ سد و دریاچه زمین لغزشی در جنوب غرب ایران به وجود آورده است. سد زمین لغزشی جایدردر یک سد نعل اسبی شکل تشکیل شده از بلوک‌های بزرگ سنگی است. طول سد جایدردر بیش از ۱۱۰۰۰ متر و ارتفاع متوسط آن ۱۴۰ متر از سنگ کف است. این سد بر روی رودخانه دائمی کشکان در جنوب شهر پلدختر و حذفاصل روستاهای سراب جهانگیر و باغ جایدردر، تشکیل شده است. با توجه به ابعاد هندسی و پایداری این سد تا حال حاضر، می‌توان آن را قدیمی‌ترین و بزرگ‌ترین سد زمین لغزشی ایران با مصالح سنگی نامید. دریاچه جایدردر به‌عنوان دومین دریاچه زمین لغزشی منطقه، دارای طول ۳۶۰۰ متر و مساحت ۶۵ کیلومترمربع است. دریاچه جایدردر از جنوب شهر پلدختر تا روستای جلگه خلیج در مسیر جاده پلدختر - خرم‌آباد گسترش داشته است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد، شکل‌گیری و مرگ این دریاچه در ۳ مرحله است. ۱- وقوع بهمن سنگی سیمره و تشکیل سد زمین لغزشی جایدردر ۲- بسته شدن مسیر رودخانه کشکان و تشکیل دریاچه و آبیگری تا تراز ۷۴۰ متر از سطح دریا ۳- تخلیه آب دریاچه به وسیله یک کانال فرسایشی (سرریز) در سازند گچساران (سنگ‌بستر رسوبات دریاچه جایدردر). رادارگرام‌های تهیه شده از روش ژئوفیزیکی رادار نفوذی زمینی (GPR) با آنتن ۱۰ مگاهرتزی نشان داد ضخامت رسوبات موجود در محل دریاچه جایدردر به طور متوسط ۷۰ متر است. بنابراین می‌توان گفت آب دریاچه جایدردر از ارتفاع ۶۴۰ تا ۷۴۰ متر از سطح دریا بالا آمده است. شواهد صحرایی نشان داد یک ارتباط هیدرولیکی بین دریاچه جایدردر و دریاچه بزرگ‌تر (دریاچه سیمره در غرب محل مطالعه) وجود داشته است. آب دریاچه جایدردر در تراز بیش از ۷۴۰ متر به‌صورت دائمی از طریق یک دره فرسایشی به دریاچه سیمره تخلیه شده است. همچنین می‌توان گفت به احتمال زیاد خشک شدن دریاچه جایدردر بعد از گسیختگی سد زمین لغزشی سیمره، بوده است. به نظر می‌رسد معادن غنی شن و ماسه در شرق منطقه و مسیر رودخانه کرخه بعد از تخلیه دریاچه‌های سیمره و جایدردر تشکیل شده‌اند. در محل دریاچه جایدردر یک پهنه رسوبی وجود دارد که به علت برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مستعد بروز برخی خطرات زمین شناسی از فرسایش خندقی و بدلند می‌باشند.

کلید واژه‌ها: دریاچه جایدردر، سد زمین لغزشی، سرریز فرسایشی، بهمن سنگی سیمره.

۱- دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲- استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

* مسئول مکاتبات

۱. مقدمه

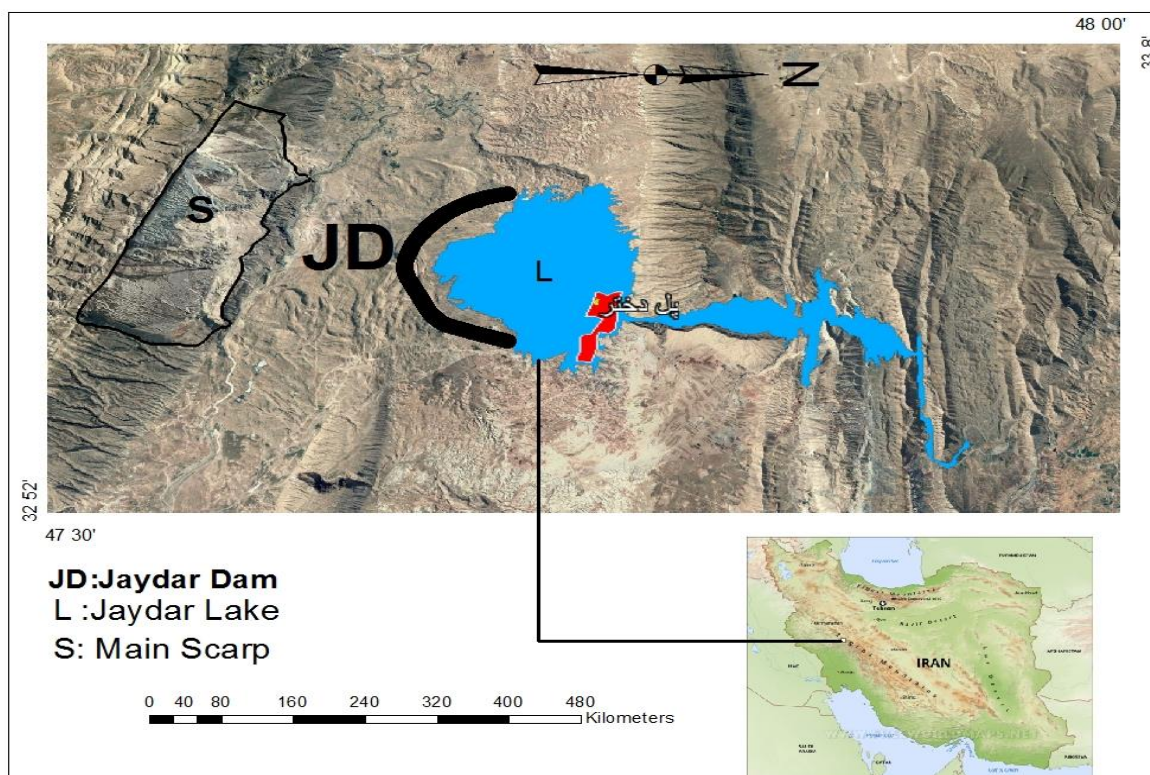
ایجاد سدهای زمین لغزشی بزرگ بر روی رودخانه‌های اصلی در مناطق کوهستانی یکی از خطرات زمین‌شناسی و فرآیندهای ژئومورفیک محسوب می‌شود (Evans et al., 1991; Fan et al. 2012a, b; 2014; Schuster et al. 2011). سدهای زمین لغزشی با انباشت حجم زیاد مصالح طبیعی باعث ایجاد مخازن بسیار بزرگی می‌شوند که حجم برخی از آن‌ها از بزرگ‌ترین مخازن سدهای ساخته‌شده توسط بشر بسیار بزرگ‌تر است (Evans et al., 2007). ایجاد سیلاب‌های بزرگ و مخرب در مناطق پایین‌دست محل سدهای زمین لغزشی، به شکل تخریب منازل، سازه‌ها و کشته شدن مردم معمولی‌ترین نتیجه شکست سدهای زمین لغزشی است. هم‌چنین خسارات ناشی از سدهای زمین لغزشی می‌تواند به علت آبیگری مخزن و به زیرآب رفتن مناطق مسکونی و سازه‌ها نیز باشد. پدیده سیلاب‌های مخرب ناشی از سدهای زمین لغزشی در جهان شناخته‌شده است (shroder, 1998). وقوع زمین لغزش رایج‌ترین در مسیر رودخانه ایندوس پاکستان باعث تشکیل یک سد به ارتفاع ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر و دریاچه‌ای به طول ۶۵ کیلومتر شد که بر اثر شکست شدن این سد بیش از ۱۸۴۱ باب منزل مسکونی تخریب شد (Mason, 1929). سدهای زمین لغزشی علاوه بر پیچیدگی ساختمانی باعث ایجاد اشکال ژئومورفیک موقت بسیار زیاد در محل دریاچه سد می‌شوند (Korup, 2002). توزیع اندازه ذرات تشکیل‌دهنده جسم سد تأثیر بسیار زیادی در مقاومت سد زمین لغزشی بر اثر فرسایش و فرآیند آب شستگی (Piping) دارد (Swanson et al., 1986; Costa and Schuster, 1988; Casagli and Ermini, 1999). در آوریل سال ۲۰۰۰ در فلات تبت در اثر یک سنگ لغزش بزرگ در مسیر رودخانه یاگونگ زانگ پو، یک سد زمین لغزشی با دریاچه بزرگ ایجاد که پس از ۶۲ روز گسیخته شد. در اثر تخریب این سد زمین لغزشی، سطح آب رودخانه یاگونگ زانگ پو در ایستگاه اندازه‌گیری پاشیگات ۵/۵ متر بالاآمده بود که علاوه بر تبت تا فاصله ۵۰۰ کیلومتر به سمت جنوب غرب، دشت براهاماپوترا در شمال شرق هند را نیز

تحت تأثیر قرار داد. با استفاده از تصاویر ماهواره لند ست ۷ و داده‌های رقومی توپوگرافی (SRTM) مربوط به قبل و بعد از تشکیل سد، تأثیر این گسیختگی بر مناطق پایین‌دست ارزیابی شد (Evans and et al., 2015). شکسته شدن سد زمین لغزشی تانگ جیشان چین در سال ۲۰۰۸، با استفاده از مدل‌های تجربی مختلف پیش‌بینی و نحوه شکست سد در اثر پر شدن مخزن مطالعه شد. در تمام مدل‌های استفاده‌شده پارامترهای اصلی در زمان شکست سد، ضخامت سد و ترکیب مواد تشکیل‌دهنده سد تعیین گردید (Bo and et al., 2015). زمین لغزش تورتم با حجم ۲۲۳ میلیون مترمکعب در ۹۰ کیلومتری شمال ارز روم ترکیه در ۱۶۰۰ سال قبل از میلاد، باعث تشکیل یک سد زمین لغزشی به حجم ۱۸۰ میلیون مترمکعب در مسیر رودخانه تورتم شده است. در اثر این رخداد دریاچه‌ای به طول ۸۵۰۰ و عرض ۲۵۰۰ متر و مساحت تقریبی ۶/۸ کیلومترمربع به وجود آمده است (Duman, 2009). با آنالیز ۳۰۰ مورد سد زمین لغزشی اتفاق افتاده در کشور ایتالیا، برخی شاخص‌های ژئومورفولوژیکی مثل حجم سدهای زمین لغزشی و برخی شاخص‌های هیدرومورفولوژیکی مثل شاخص پایداری سد و انرژی رودخانه، بررسی و برآورد شده است (Stefanli, 2016). تقریباً ۵۰ درصد از فلات ایران کوهستانی است و رشته‌کوه‌های زاگرس و البرز به ترتیب طولانی‌ترین و بلندترین رشته‌کوه‌های ایران هستند (Shoaei, 2014). در ایران بیش از ۲۴ سد زمین لغزشی در زاگرس و البرز مرکزی شناسایی شده است (احمدزاده و قبادی، ۱۳۹۳) اما مطالعات اندکی در مورد این سدها انجام شده است. در اثر رخداد بهمین سنگی سیمره در ۱۱۰۰۰ سال قبل (Watson and Wright, 1969) در منطقه پل دختر در جنوب غرب ایران، ۳ سد و دریاچه دائمی به وجود می‌آید. بزرگ‌ترین دریاچه بانام سیمره به طول ۵۱ کیلومتر بر روی رودخانه سیمره تشکیل شده بود. بر اثر گسیختگی این سد تغییراتی در مناطق پایین‌دست به وجود آمده که آثار آن در منطقه ماژین تا حدود زیادی مشخص است. دریاچه گوری بلمک به‌عنوان

۲. موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی

منطقه مورد مطالعه در جنوب استان لرستان و در جنوب غرب ایران قرار دارد. این منطقه بین $30^{\circ} 47'$ تا $48^{\circ} 00'$ طول شرقی و $33^{\circ} 52'$ تا $33^{\circ} 8'$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۶۸۳ متر است. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۳۶۰ میلی‌متر و میزان تبخیر و تعرق سالانه ۲۹۲۰ میلی‌متر است. اقلیم منطقه خشک بوده و بیشینه و کمینه دمای منطقه در مردادماه برابر با ۴۷ درجه سانتی‌گراد و در دی‌ماه برابر با صفر درجه سانتی‌گراد است.

کوچک‌ترین دریاچه زمین‌لغزشی منطقه، بر روی رودخانه فصلی میرآباد شکل گرفته بود. با توجه به این‌که جاده قدیم پل‌دختر - اندیمشک از کنار این دریاچه عبور می‌کند در فصول پرباران بالاآمدگی دریاچه باعث مسدود شدن جاده می‌شده به همین لحاظ در تابستان سال ۱۳۷۳ اداره کل راه و ترابری وقت استان لرستان با ایجاد یک کانال در بخش غربی دریاچه موجب تخلیه دریاچه و خشک‌شدگی دائمی آن می‌شود (نقل قول از اهالی روستای میرآباد). در این مطالعه نحوه پیدایش و زوال دریاچه جایدر به‌عنوان دومین دریاچه بزرگ منطقه که در مسیر رودخانه‌ی کشکان تشکیل شده است و هم‌چنین تأثیرات آن در منطقه از نظر ژئومورفولوژیکی پرداخته شده است.



شکل ۱. موقعیت مکانی منطقه مطالعه (JD: سد جایدر، L: دریاچه جایدر، S: پرتگاه اصلی و سطح لغزش بهمن سنگی سیمره).

۳. مواد و روش‌ها
در این مطالعه به‌منظور شناخت دقیق مراحل تشکیل دریاچه جایدر ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره IRS-P5 و نرم‌افزارهای ENVI و ARC GIS، مدل رقومی ارتفاعی (Digital Elevation Model) محل، با دقت ۲/۵ متر تهیه شده است. با استفاده از DEM تهیه‌شده یک پروفیل طولی به طول ۱۰۰۰۰ متر از محل تشکیل سد زمین‌لغزشی تا محل شهر پل‌دختر تهیه‌شده است (شکل ۲ مقطع A-A). با استفاده از

۳. مواد و روش‌ها
در این مطالعه به‌منظور شناخت دقیق مراحل تشکیل دریاچه جایدر ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره IRS-P5 و نرم‌افزارهای ENVI و ARC GIS، مدل رقومی ارتفاعی

منطقه در پژوهش‌های قبلی به علت نشان ندادن جزئیات سدهای زمین‌لغزشی و هم‌چنین ساختارهای تکتونیکی محل در این مطالعه استفاده نشده و نگارندگان تمامی نقشه‌ها و مقاطع زمین‌شناسی را با استفاده از اطلاعات پایه اشاره شده و نتایج مطالعات ژئوفیزیکی تهیه کرده‌اند.

۵. مطالعات صحرائی

بخش اصلی این مطالعه به بررسی های صحرائی و اندازه گیری های میدانی اختصاص یافته است. اندازه گیری های زمین شناسی از جمله مطالعه شکستگی ها، اندازه گیری موقعیت رخنمون سنگ بستر، ابعاد هندسی سد های زمین لغزشی، گستره دریاچه سدهای زمین لغزشی، کنترل و مطالعه سطح ایستابی آب زیر زمینی و مطالعات ژئوفیزیکی بخشی از بررسی های صحرائی انجام شده در این مطالعه می باشند.

۱-۵. شرایط هیدرودینامیکی

سیستم اصلی زهکشی منطقه رودخانه کشکان است. به رودخانه کشکان در گستره پسروری دریاچه قدیمی جایدر، چند رودخانه فرعی از جمله گل گل، خرس در و مورانی وارد می شوند. دبی متوسط این رودخانه در محل ایستگاه هیدرومتری پل دختر ۵۶/۳ مترمکعب بر ثانیه است (سوری نژاد، ۱۳۸۱). وضعیت هیدرودینامیکی در محدوده رسوبی دریاچه جایدر به شکلی است که باعث تغذیه رودخانه کشکان می شوند. بازدیدهای میدانی از محل چشمه ملاوی در تراز ۷۳۰ متر از سطح دریا (۱۸+ متر بالاتر نسبت به رودخانه کشکان)، چشمه باغ جایدر در تراز ۶۹۴ متر از سطح دریا ۶۷+ بالاتر از کف رودخانه کشکان و چشمه سراب جهانگیر با تراز ۷۳۱+ متر از سطح دریا و ۱۰۴+ متر بالاتر از کف رودخانه کشکان، نشان می دهد رودخانه کشکان در محدوده مطالعه یک رودخانه آبخور بوده که توسط آب زیرزمینی تغذیه می شود. مشاهدات میدانی نشان می دهد چشمه های موجود در حاشیه سد جایدر، از جمله چشمه باغ جایدر و سراب جهانگیر از تیپ چشمه های معلق بوده و توسط منابع آب زیرزمینی شرق منطقه و هم چنین آب زیر زمینی موجود

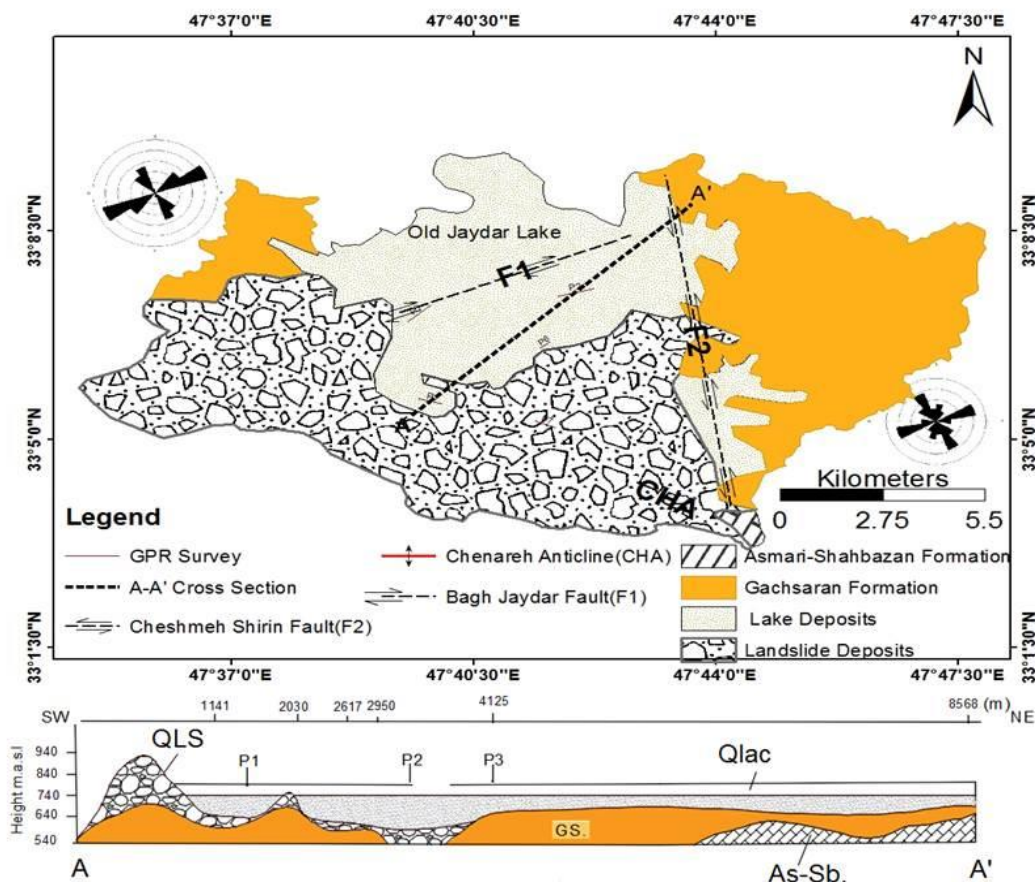
روش ژئوفیزیکی رادار نفوذی زمینی (GPR) وضعیت تقریبی و عمق سنگ کف و عوارض شاخص مورفولوژیکی محل قبل از تشکیل دریاچه برآورد شده است. با انجام بازدیدهای میدانی و اندازه گیری های برج و با قضاوت های کارشناسی نحوه شکل گیری و زوال دریاچه جایدر بررسی شده است. لازم به ذکر است امکان تهیه مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۲/۵ مترهه ۳۶۰۰۰ متر طول دریاچه جایدر، برای نویسندگان مقاله فراهم نبوده است.

۴. زمین شناسی

با توجه به بازدیدهای صحرائی انجام شده، از نظر زمین شناسی در گستره دریاچه قدیمی جایدر سازندهایی باسن الیگومیوسن شامل سازندهای آسماری و گچساران بیش ترین رخنمون رادارند. هم چنین در مسیر جاده خرم آباد- پل دختر در محدوده روستای جلگه خلیج تا روستای گل گل رخنمون سازندهای کرتاسه بالایی شامل سازندهای سروک، گورپی و ایلام مشاهده می گردد. عملکرد گسل های چشمه شیرین و واشیان در گستره پسروری دریاچه قدیمی جایدر باعث حذف سازندهای باسن پالئوسن در منطقه شده است. بررسی های میدانی نشان می دهد بیش ترین واحد سنگی به عنوان سنگ کف رسوبات برجای مانده دریاچه قدیمی جایدر، واحدهای تبخیری سازند گچساران است. در منطقه مطالعه تاقدیس های سلطان کوه و ماله کوه در شمال (محل گسترش دریاچه جایدر) و تاقدیس چناره (محل تشکیل جسم اصلی سد زمین لغزشی) وجود دارند. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه بر پایه تصاویر ماهواره ای IRS-P5 و مدل رقومی ارتفاعی منطقه و در محیط GIS تهیه شده است. از آنجایی که تصاویر ماهواره ای استفاده شده، صرفاً مناطق کبیر کوه و محل تشکیل دریاچه سیمره، گوری بلمک و بخش اصلی دریاچه جایدر را پوشش داده و امکان تهیه تصاویر سایر بخش های پسروری دریاچه جایدر ممکن نبود، نقشه زمین شناسی تهیه شده (شکل ۲) محل سد و بخش اصلی دریاچه جایدر را پوشش می دهد. لازم به ذکر است نقشه های زمین شناسی تهیه شده از

رسوبی جایدر دارد. در سطح دشت جایدر ۶ پیژومتر فعال وجود دارد. در این مطالعه با استفاده از یک دستگاه سوند صوتی تراز آب زیرزمینی در منطقه در چندین نوبت اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد تراز متوسط آب زیرزمینی در منطقه حدود ۲۰ متر از سطح زمین است (جدول ۱). همچنین با توجه به نقشه تراز آب زیرزمینی جهت غالب جریان آب زیرزمینی جنوب شرقی - شمال غربی است (شکل ۳).

در مصالح لغزشی تغذیه می‌شوند. به عبارتی می‌توان گفت منشأ تغذیه آبخوان تشکیل شده در رسوبات دریاچه‌ای در جنوب پل دختر جریان های زیرزمینی از محل دریاچه گوری بلمک و موجود در مصالح درشت‌دانه لغزشی است. بررسی‌های میدانی در محل دریاچه خشک شده گوری بلمک منجر به شناسایی چندین فرو چاله شده است که با توجه به اظهار نظر اهالی روستای میرآباد و سراب حمام آب‌های فرورونده در این فرو چاله‌ها نقش مهمی در تغذیه پهنه



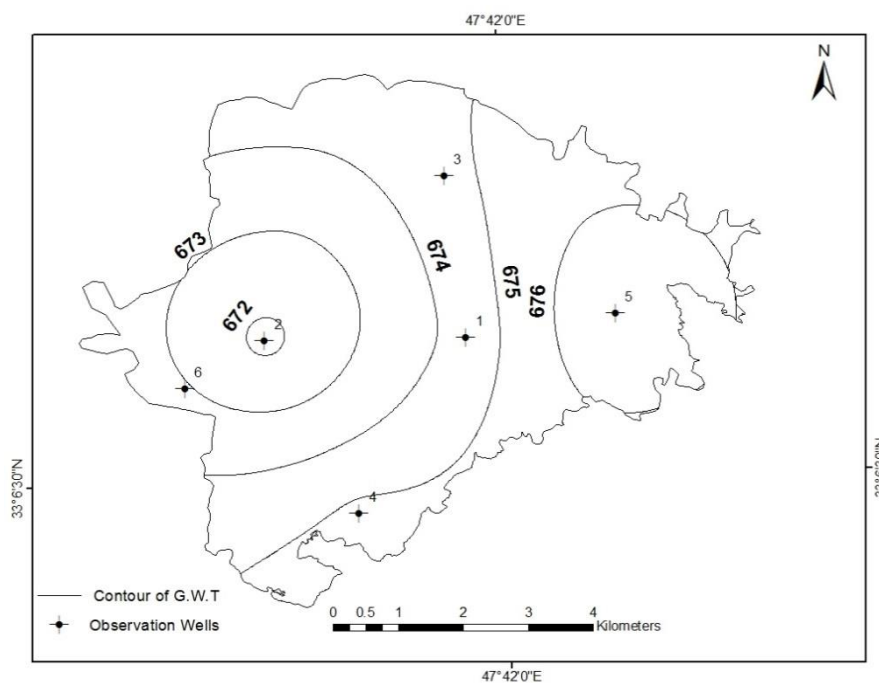
شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، در مقطع زمین‌شناسی: As-Sb: سازند آسماری - شهبازان، QLS: واریزه‌های زمین لغزشی، Qlac: رسوبات دریاچه زمین لغزشی، GS: سازند گچساران و P1, P2, P3: مسیرهای برداشت مقاطع رادار نفوذی زمینی می‌باشند.

جدول ۱. وضعیت آب زیرزمینی در دشت جایدرد (اندازه‌گیری صحرائی)

Pizometer	Coordinates		G.W.T(m.a.s.l)*	G.W.T(m.a.g.l)**
	Longitude	Latitude		
1	47° 41 ' 01"	33° 07 ' 35"	673	14
2	47° 39 ' 02"	33° 07 ' 33"	668	22
3	47° 41 ' 21"	33° 09 ' 00"	675	25
4	47° 40 ' 20"	33° 06 ' 53"	677	20
5	47° 43 ' 55"	33° 07 ' 39"	680	24
6	47° 38 ' 25"	33° 07 ' 21"	688	15

*meter at sea level

**meter at ground leve



شکل ۳. نقشه تراز آب زیرزمینی آبخوان تشکیل شده در بخش‌های جنوبی منطقه مطالعه

سدهای زمین‌لغزشی به‌خوبی انجام نگرفته است. عظیمی راد و رجبی، ۱۳۹۴ کل توده زمین‌لغزشی را یک سد با حجم مصالح ۴۰ میلیارد مترمکعب به‌عنوان بزرگ‌ترین سد زمین‌لغزشی و دریاچه تشکیل‌شده در مسیر رودخانه سیمره را دارای عمق ۲۰۰ متر و طول ۴۰ کیلومتر دریاچه این سد زمین‌لغزشی معرفی کرده‌اند. در این مطالعه به‌منظور روشن شدن بخشی از ابهامات موجود در مورد جزئیات بهمن سنگی سیمره به‌خصوص موقعیت سنگ کف و ضخامت لایه‌های رسوبی نهشته شده در مخازن سدهای جایدرد و سیمره، هم‌چنین آشکارسازی برخی اشکال ژئومورفیک تأثیرگذار در

۲-۵. مطالعات سنگ کف

یکی از نکات مبهم در منطقه انباشت مصالح لغزشی و هم‌چنین در زیر رسوبات برجای‌مانده از دریاچه‌های زمین‌لغزشی شناسایی موقعیت سنگ‌بستر است. به دلیل عدم اطلاع از عمق سنگ‌بستر در مطالعات انجام‌شده قبلی در منطقه پل‌دختر ارائه اظهارنظر درباره ارتفاع سدها و ضخامت رسوبات دریاچه‌ای تخمینی بوده است. شعاعی (Shoaei, 2014) با استفاده از بررسی‌های میدانی حداکثر ضخامت رسوبات دریاچه جایدرد را ۳۰ متر برآورد کرده است. هم‌چنین به علت عدم شناخت وضعیت سنگ‌بستر تعیین محل دقیق

به صورت رادار گرام در محدود مطالعاتی ارائه شده است. لیکن در برخی قضاوت‌های کارشناسی از تفسیر رادارگرام‌های تهیه شده سایر نقاط (دشت چم مهر، بابا خوارزم، هلوش و زعفران) نیز استفاده شده است.

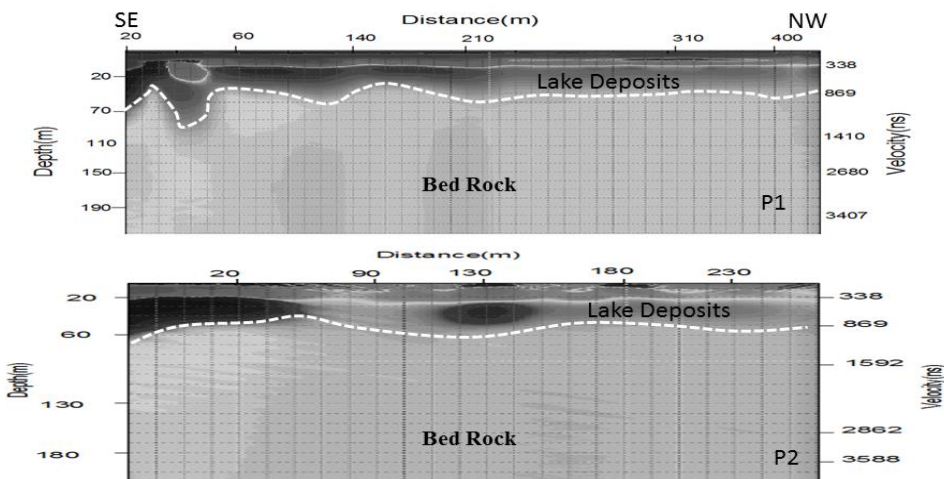
منطقه مانند دره‌های مدفون با استفاده از یک دستگاه رادار نفوذی زمینی (GPR) مدل Loza با آنتن‌های کششی ۱۰ مگاهرتزی مطالعات ژئوفیزیکی به طول ۴۰۰۰ متر انجام شده است (شکل ۴). با توجه به این که این مطالعه صرفاً به بررسی زایش و زوال دریاچه جایدر می‌پردازد، بخشی از نتایج کار



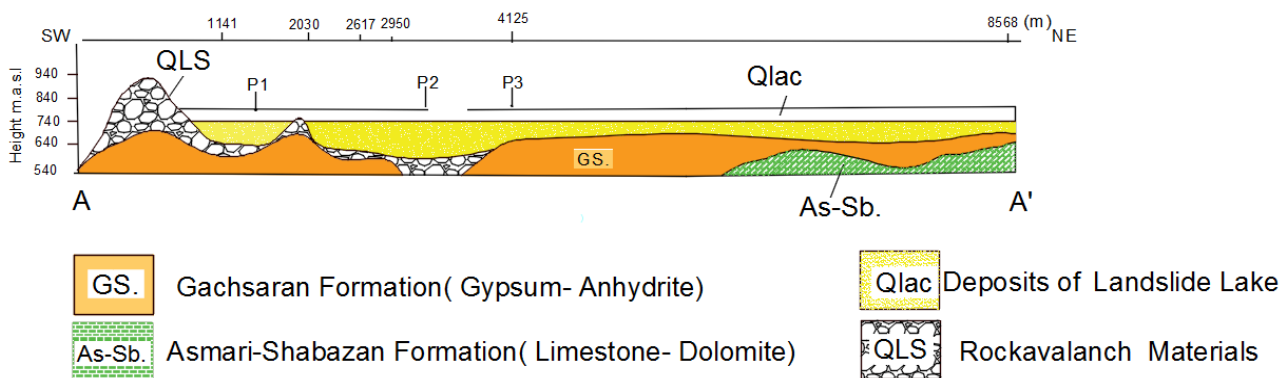
شکل ۴. انجام عملیات ژئوفیزیکی به روش رادار نفوذی زمینی (GPR) با آنتن‌های کششی ۱۰ مگا هرتزی در منطقه دشت جایدر.

(شکل ۷). این دره می‌تواند بخشی از مسیر قدیمی رودخانه کشکان قبل از وقوع بهمن سنگی سیمره باشد (موقعیت مقطع ژئورادار در شکل ۸ با علامت P8 مشخص شده است).

نتایج نشان می‌دهد، در محل شکل‌گیری بخش اصلی دریاچه جایدر در جنوب شهر پل دختر سنگ کف به طور متوسط در عمق ۷۰ متر (شکل ۵) و در برخی نقاط بیش از ۱۰۰ متر (شکل ۶، P2) نیز می‌رسد. هم‌چنین رادارگرام تهیه شده از محل تالاب‌های میرآباد یک فروافتادگی (دره) را نشان می‌دهد که عمق سنگ‌بستر در این محل بیش‌تر از ۱۲۰ متر است

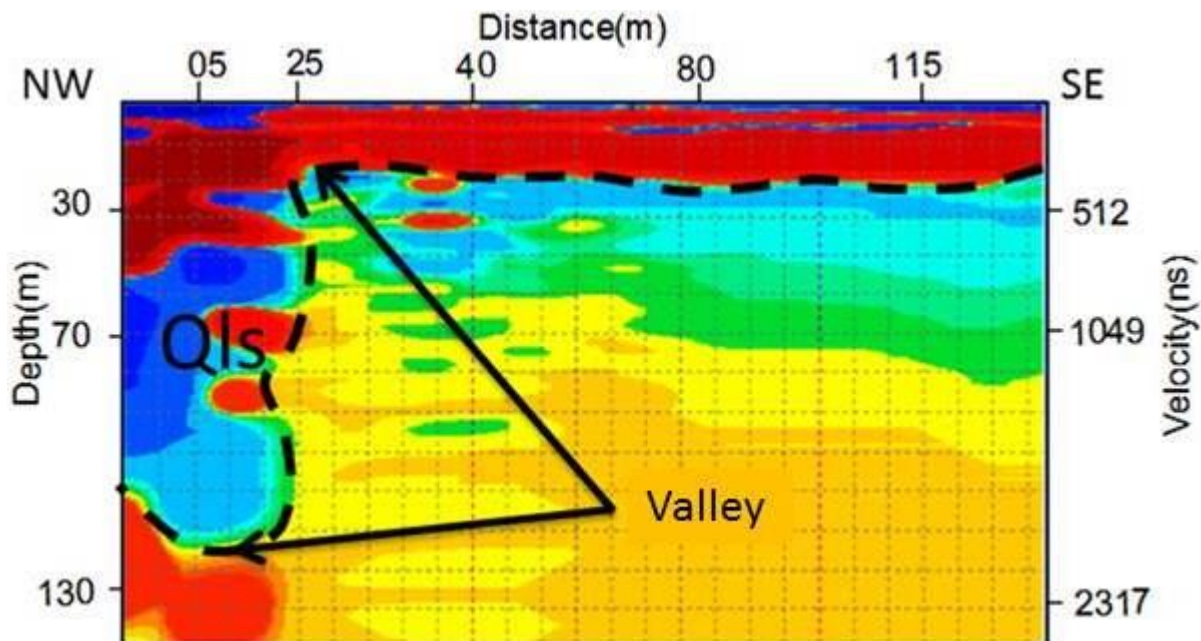


شکل ۵. دو رادارگرام به دست آمده از عملیات رادار نفوذی زمینی در منطقه مطالعه که عمق سنگ‌بستر تا ۷۰ متر هم می‌رسد.



P1-P3 GPR Profiles

شکل ۶. مقطع طولی در راستای شمال شرق - جنوب غرب از محل تاج سد زمین لغزشی جایدر تا جنوب شرق شهر پل دختر نقاط P1-P3 محل برداشت های ژئوفیزیکی می باشند.



شکل ۷. فرورفتگی مشخص شده در رادارگرام نشان دهنده اشکال دره مانند در منطقه قبل از وقوع بهمن سنگی سیمره است که توسط رسوبات لغزشی (QLS) پر شده است (موقعیت مقطع ژئورادار P8 در شکل ۸).

با توجه به سختی کار در محل مصالح لغزشی بخش عمده مطالعات در این محدوده صرفاً بر بازدیدهای میدانی و اندازه گیری موقعیت رخنمون سنگ بستر و سایر عوارض شاخص از جمله محل های تغییر شکل در جسم سد متمرکز شده است. نتایج بررسی های صحرائی نشان می دهد، ارتفاع سد زمین لغزشی جایدر در بخش های مختلف طول آن متفاوت است. این موضوع بیش تر ناشی از تبعیت تهنشینی

۶. چگونگی شکل گیری دریاچه جایدر

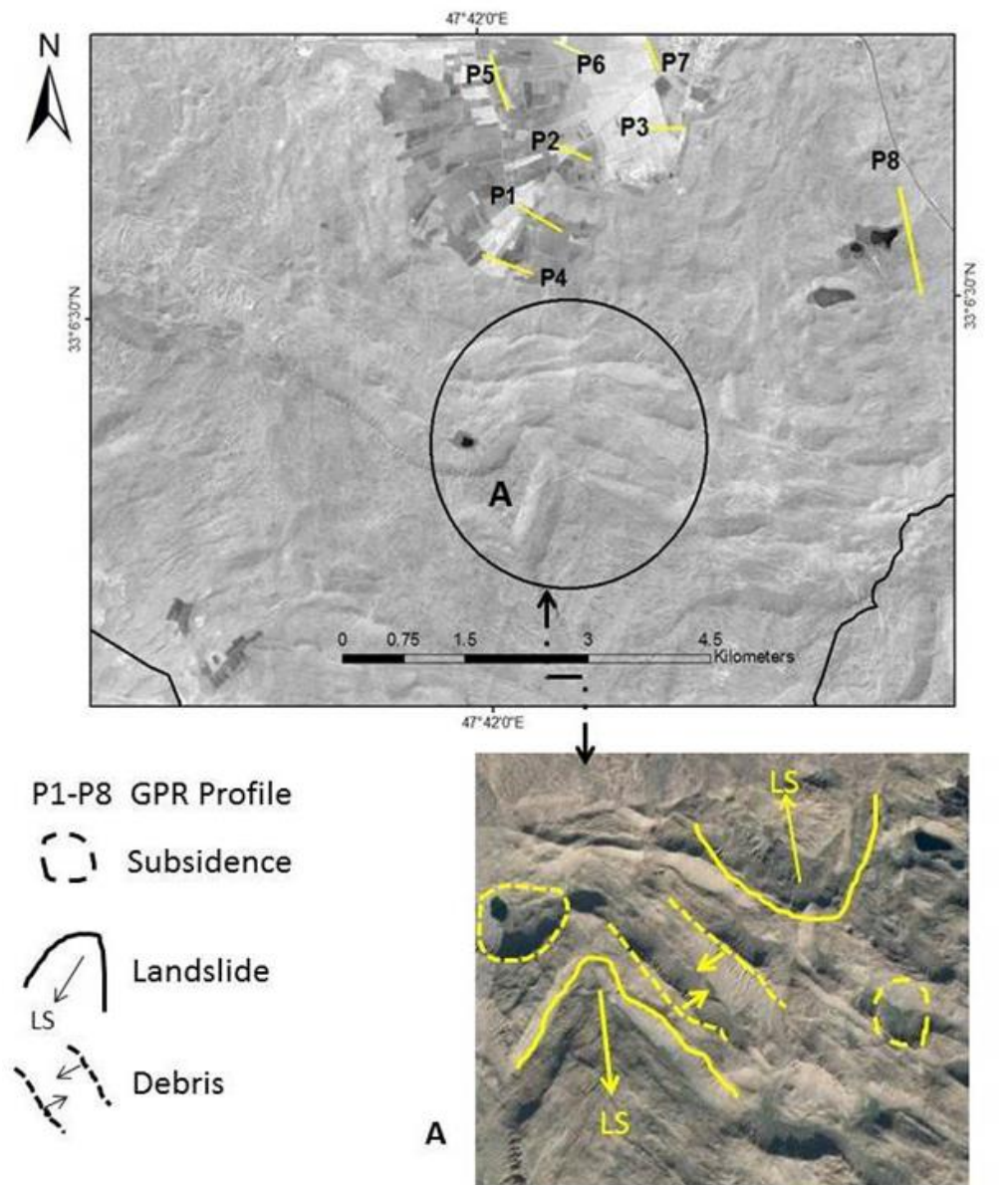
به منظور مطالعه نحوه شکل گیری دریاچه زمین لغزشی جایدر، شناخت و بازسازی منطقه ضروری است. به این منظور منطقه به دو بخش تقسیم شده است:

۱- مناطق جنوبی و محل تشکیل سد زمین لغزشی

۲- محل تشکیل دریاچه زمین لغزشی.

موقعیت برخی از این تغییرات با استفاده از تصاویر گوگل ارث مشخص نشان داده شده است (شکل ۸ بخش A). با انجام بازدیدهای میدانی و مطالعه مرزهای گسترش رسوبات دریاچه قدیمی جایدر و نحوه تماس این رسوبات با سنگبستر و سایر رسوبات کواترنر از جمله مصالح کوهرفتی می‌توان شکل‌گیری و زوال دریاچه جایدر را در ۳ مرحله مجزا متصور نمود.

مصالح لغزشی از ناهمواری‌های اولیه زمین، تراکم و فشردگی استاتیکی و دینامیکی مصالح لغزشی با جور شدگی بسیار ضعیف و دارای نفوذپذیری بالا، نیروی نشت آب از جسم سد پس از تشکیل دریاچه و سنگبستر انحلال‌پذیر می‌باشد. استفاده از تصاویر سنجنده IRS-P5 و بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد در منطقه پایاب سد، بخش‌های مختلف جسم سد دچار فرونشست، ریزش و لغزش شده است (شکل ۸).



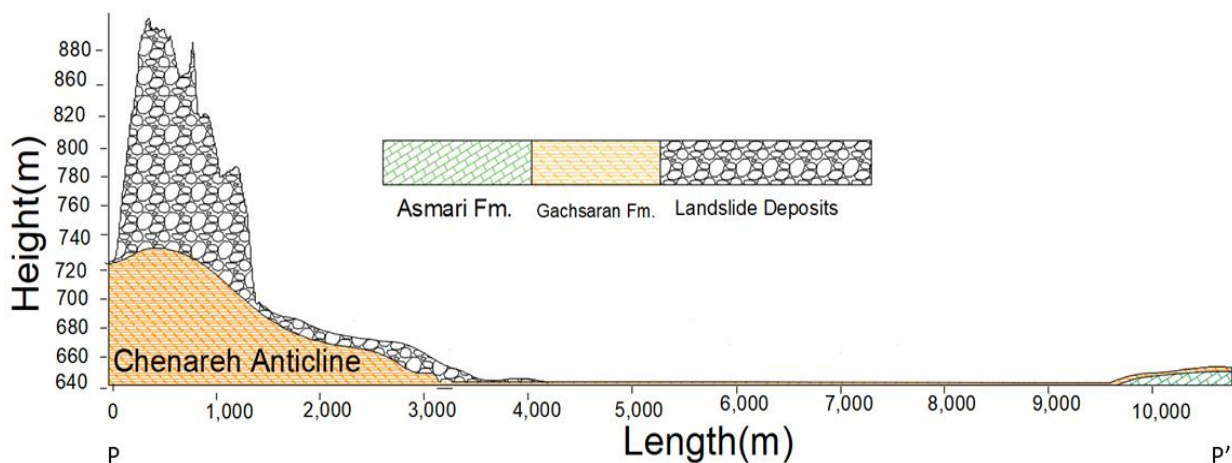
شکل ۸. محل برداشت‌های ژئوفیزیکی به روش GPR در منطقه مطالعه و تغییرات به وجود آمده در بدنه سد جایدر ناشی از سنگ بستر انحلال پذیر و نیروی نشت آب دریاچه زمین لغزشی.

۱-۶. ایجاد سد زمین لغزشی

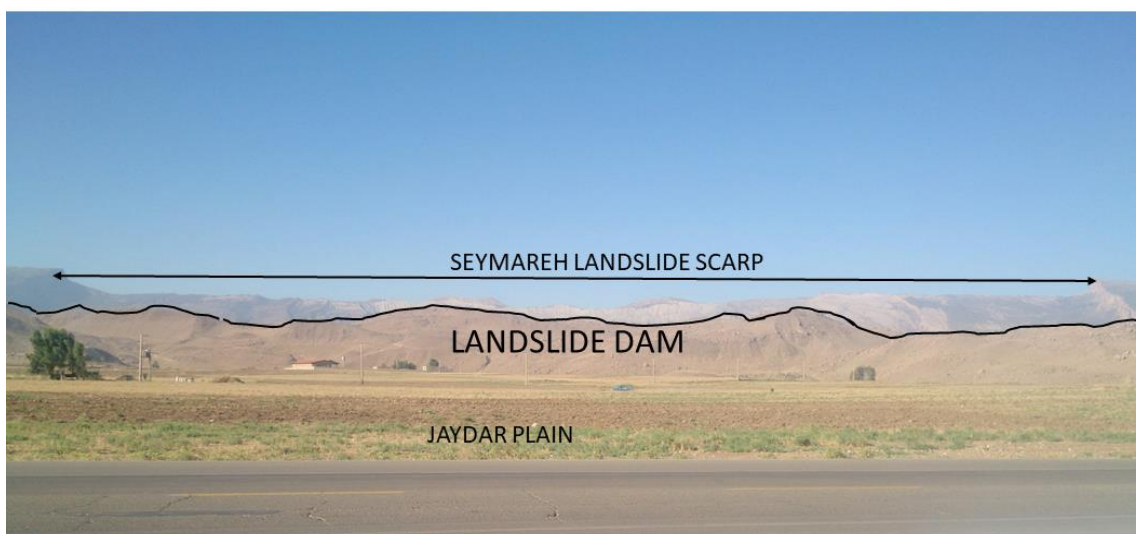
زمین لغزش سیمره (بهمن سنگی سیمره) بر اثر جدا شدن بخشی از لایه‌های سازند آسماری به ضخامت بیش از ۳۰۰ متر و طولی بیش از ۱۵۰۰۰ متر در یال شمالی تاقدیس کبیر اتفاق افتاده است (Harrison and Falcon, 1934, 1936; Watson and Wright, 1937, 1938; Oberlander, 1965; Ambersayes and Melville, 1982). بر اثر این حادثه مصالح جدا شده از یال شمالی کبیر کوه مساحتی معادل ۱۶۶ کیلومترمربع (Harrison and Falcon, 1938) 270 کیلومترمربع (Watson and Wright, 1969) تا ۲۰۰ کیلومترمربع (Shoaei, 2014) را پوشیده اند. حجم مصالح ناشی از زمین لغزش سیمره از ۲۴۰۰۰-۳۲۰۰۰ میلیون مترمکعب (Shoaei and Ghayoumian, 2000) 38000 میلیون مترمکعب (Shoaei, 2014, Roberts and Evans, 2013) و ۴۴۰۰۰ میلیون مترمکعب (Roberts and Evans, 2013) برآورد شده است. در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS-P5 مساحت تحت پوشش مصالح لغزشی بیش از ۱۷۰ کیلومترمربع و حجم مصالح لغزشی حدود ۴۴۰۰۰ میلیون مترمکعب برآورد شده است. با توجه به مطالعات انجام گرفته سن وقوع بهمین سنگی سیمره با استفاده از رادیو کربن ۱۴ معادل سال (Watson and Wright, 1969) 8710-9800 سال (Roberts and Evans, 2013) هم‌چنین با استفاده از روش ترمولومینسانس سال (مالکی و بحر العلوم، ۱۳۷۷) تخمین زده می‌شود. به نظر می‌رسد زمین لرزه عامل اصلی در وقوع گسیختگی باشد. این موضوع به علت انطباق گسل جبهه کوهستان با خط الرس ارتفاعات کبیر کوه به طول ۲۰۰ کیلومتر و وجود یک کانون ایجاد زمین لرزه با بزرگی بیش از ۷ در مقیاس ریشتر است (Berberian, 1994). مطالعه انجام گرفته بر روی سطح گسیختگی و پرتگاه‌های جانبی گسیختگی نشان می‌دهد که حرکت غالباً به صورت گوه‌ای در سازند آسماری و در دامنه کبیر کوه آغاز شده و

به صورت صفحه‌ای ادامه داشته است (Roberts and Evans, 2013).

وقوع بهمین سنگی سیمره باعث ایجاد ۳ سد زمین لغزشی بانام جایدر، سیمره و گوری بلمک بر روی رودخانه‌های دائمی کشکان و سیمره و رودخانه موقت میرآباد شده است. سد زمین لغزشی جایدر (برگرفته از نام روستای جایدر در همین منطقه) باعث مسدود شدن مسیر رودخانه کشکان و تشکیل یک دریاچه زمین لغزشی شده است. محل اصلی تشکیل سد جایدر در ۸ کیلومتری جنوب غربی شهر پل دختر است. به نظر می‌رسد بیشینه ارتفاع سد جایدر (که در حال حاضر فرسایش یافته) ۵۰ متر بوده باشد (Shoaei, 2014). بررسی‌های صحرایی و نتایج داده‌های ژئوفیزیکی نشان می‌دهد ارتفاع سد جایدر بیش تر از مقادیر ذکر شده در مطالعات قبلی است. بر این اساس، سد جایدر از نظر هندسی یک سد نعل اسبی شکل است. طول این سد بیش تر از ۱۱۰۰۰ متر و عرض آن نیز بیش از ۲۰۰۰ متر اندازه‌گیری شده است. نتایج داده‌های ژئوفیزیکی و مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد ارتفاع متوسط سد از سنگ کف حدود ۱۴۰ متر است. بلندترین بخش سد با ارتفاع بیش از ۱۸۰ متر در انتهای تاقدیس چناره واقع می‌شود (شکل ۹). بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد که بخش اصلی بدنه سد را بلوک‌های بزرگ سنگ آهک آسماری، تشکیل داده است. به همین دلیل سد فوق از تیپ سدهای زمین لغزشی پایدار بوده که در حال حاضر نیز پایدار است (شکل ۱۰). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد برخلاف آنچه کل مصالح زمین لغزشی به حجم تقریبی ۴۴۰۰۰ میلیون مترمکعب را بزرگ‌ترین سد زمین لغزشی ایران و جهان معرفی می‌کنند (عظیمی و رجبی، ۱۳۹۴)، سد زمین لغزشی جایدر، با مشخصات فیزیکی و هندسی اشاره شده بزرگ‌ترین سد زمین لغزشی شکل گرفته با مصالح سنگی در ایران است.



شکل ۹. موقعیت مکانی جسم اصلی سد زمین‌لغزشی جایدر، ارتفاع سد از سنگ کف (تراز ۷۲۰ متر از سطح دریا) ۱۴۰ متر است در زمان وقوع گسیختگی سیمره تراز متوسط زمین در محل تشکیل دریاچه ۶۴۰ متر از سطح بوده است.



شکل ۱۰. تصویر محل اصلی گسیختگی سیمره در یال شمالی کبیر کوه، بدنه سد زمین‌لغزشی و دشت جایدر به‌عنوان بخشی از رسوبات برجای‌مانده از دریاچه قدیمی جایدر.

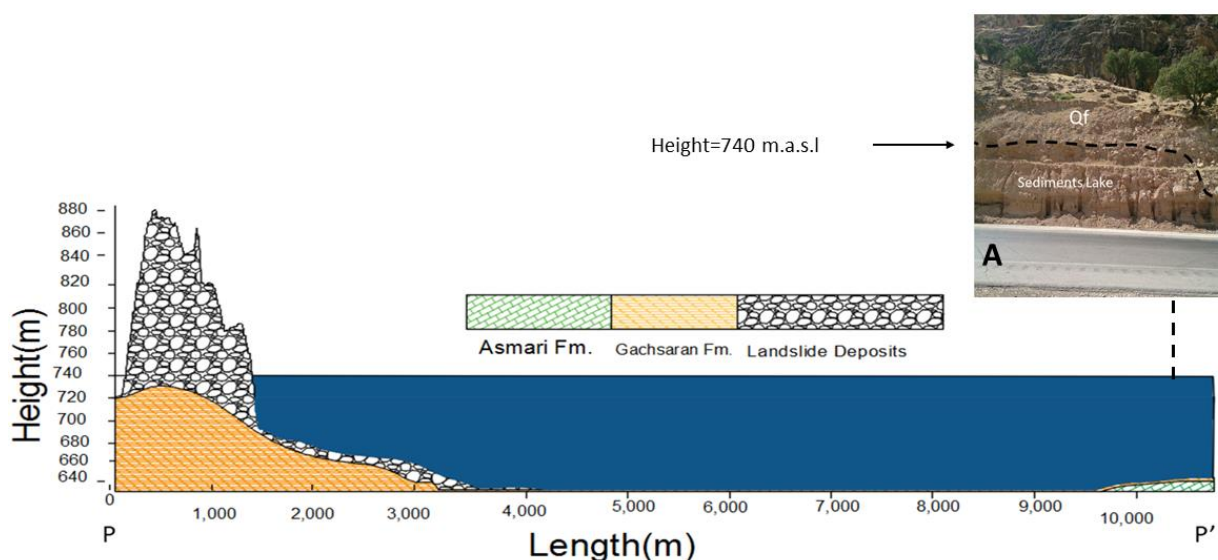
جنوبی شهر پل‌دختر (دشت جایدر) قرار داشته است. شیب دشت جایدر در جهت جنوب غرب شمال شرق و شمال غرب جنوب شرق به ترتیب $1/3$ و $2/3$ درصد است. بیشینه و کمینه ارتفاع دشت جایدر به ترتیب ۶۹۷ و ۶۵۴ متر از سطح دریا است. با توجه به نقشه هیسومتری مخزن سد تا تراز ۷۴۰ متر از سطح دریا، حجم آبرگیری دریاچه تشکیل‌شده در پشت سد زمین‌لغزشی جایدر بیش از ۳۸۶۰ میلیون مترمکعب برآورد شده است. این دریاچه اکنون خشک بوده و تعیین گستره جغرافیایی آن با استفاده از بازمانده‌های رسوبی امکان‌پذیر بوده است.

۲-۶. تشکیل دریاچه زمین‌لغزشی

با توجه به نقشه‌های تهیه‌شده در محیط GIS از جمله نقشه هیسومتری محل مخزن سد جایدر مشخص شد، پس از تشکیل سد زمین‌لغزشی و بسته شدن مسیر رودخانه کشکان دریاچه‌ای به طول بیش از ۳۶ کیلومتر و مساحت ۶۵ کیلومترمربع، با شیب طولی $2/5$ درصد در امتداد رودخانه کشکان تشکیل شده است. آب این دریاچه کلیه عوارض طبیعی منطقه را تا ارتفاع ۷۴۰ متر از سطح دریا را دربرمی‌گیرد (شکل ۱۱A). هم‌چنین بیش از ۷۵ درصد حجم مخزن سد جایدر به مساحت ۴۶۷ کیلومترمربع در منطقه

در ایستگاه هیدرومتری رودخانه کشکان در ورودی شهر پلدختر دبی متوسط رودخانه کشکان ۵۶/۳ مترمکعب بر ثانیه و حجم آب عبوری از این ایستگاه تقریباً معادل ۱۷۷۶ میلیون مترمکعب بوده است (سوری نژاد، ۱۳۸۱). با قبول شرایط هیدرولوژیکی فوق اگر مساحت دریاچه ۶۵ کیلومترمربع و حجم مخزن ۳۸۶۰ میلیون مترمکعب باشد، پر شدن دریاچه جایدرد پس از ۲ سال تأیید می‌شود.

شعاعی (Shoaei, 2014) با فرض ثابت بودن شرایط اقلیمی زمان وقوع گسیختگی سنگی سیمره با شرایط حالا و لحاظ نمودن ارتفاع سد جایدرد معادل ۵۰ متر و مساحت دریاچه جایدرد برابر با ۴۶ کیلومترمربع زمان لازم برای پر شدن مخزن سد جایدرد را ۲ سال پس از تشکیل برآورد کرده است. مطالعات انجام‌شده و آنالیز آمار ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری در سطح حوضه آبخیز کشکان به مساحت ۹۱۷۵ کیلومترمربع، نشان می‌دهد طی ۳۲ سال



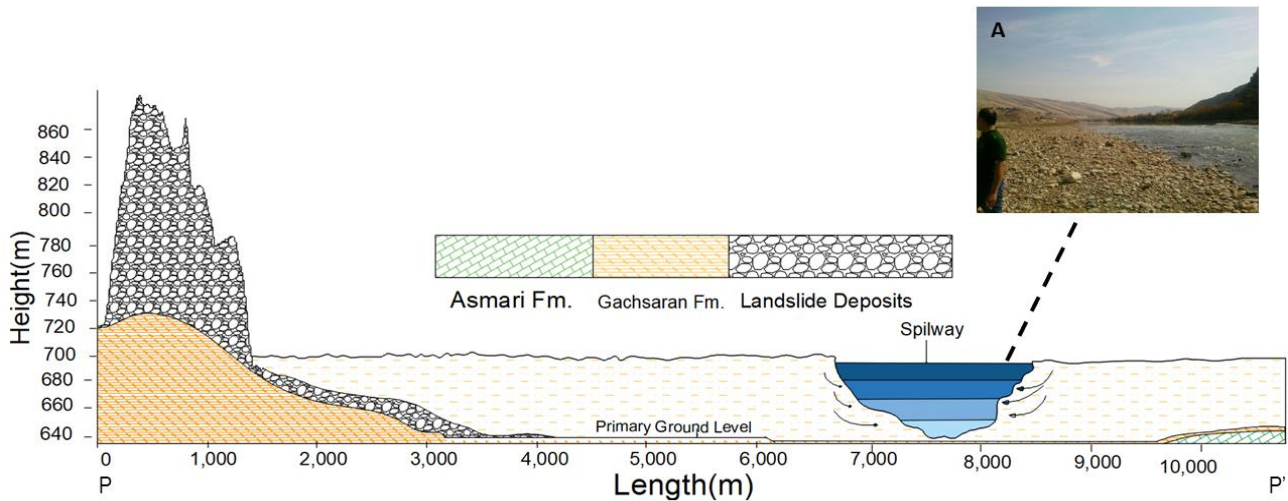
شکل ۱۱. پس از تشکیل دریاچه سد زمین‌لغزشی سطح آب دریاچه تا ارتفاع ۷۴۰ متر از سطح دریا به ارتفاع حداکثر ۱۰۰ متر بالا آمده است. A: حد پیشروی آب دریاچه جایدرد تا ارتفاع ۷۴۰ متر را نشان می‌دهد.

مشخص توسط یک سرریز طبیعی تخلیه شده است. با توجه به نقشه‌های تهیه شده در محیط Arc GIS و صحت‌سنجی این نقشه‌ها با منطقه مطالعه مشخص شد که حداکثر تراز آبرگیری دریاچه جایدرد ۷۴۰ متر از سطح دریا بوده است. بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد آب دریاچه جایدرد در شمال غرب دشت جایدرد از طریق یک کانال فرسایشی (سرریز طبیعی) تخلیه شده است (شکل ۱۲). این کانال در حال حاضر مسیر ثانویه رودخانه کشکان بعد از وقوع بهمن سنگی سیمره در منطقه است (شکل ۱۲A). سنگ‌بستر سرریز سازند تبخیری گچساران است. اندازه‌گیری ابعاد سرریز نشان می‌دهد سطح مقطع عرضی سرریز در طول آن از ۱۲۹۰۰ به ۶۷۵۰۰ مترمربع

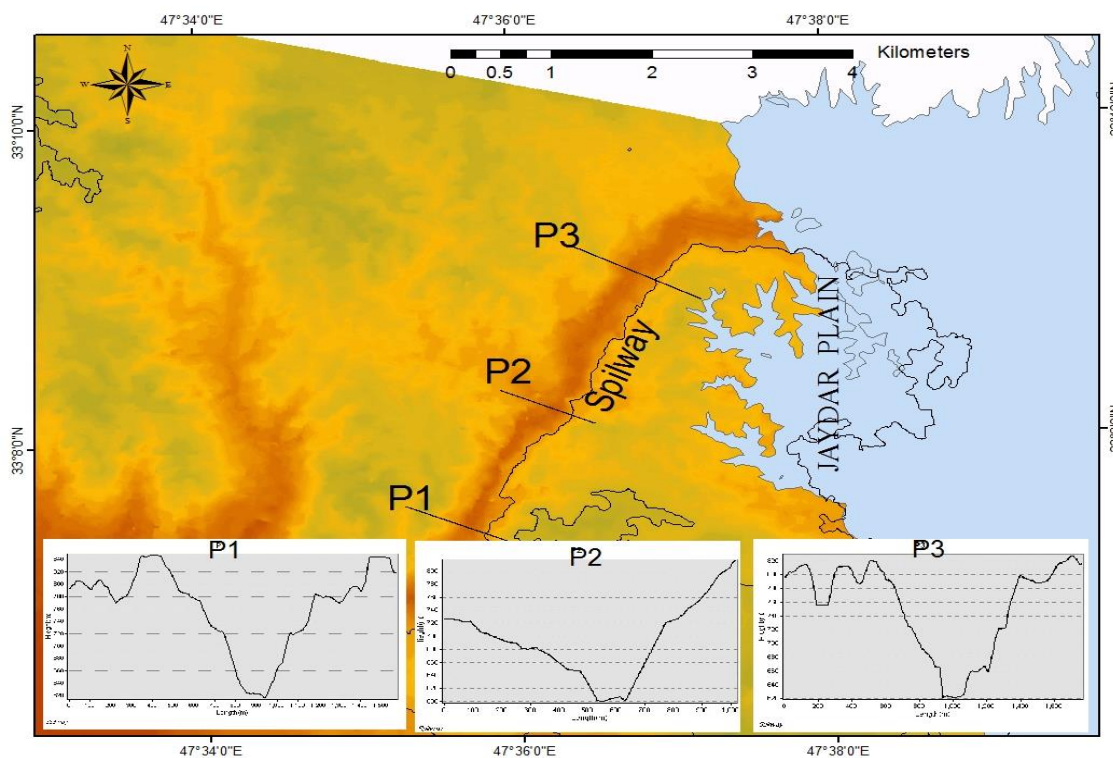
۳-۶. علت تخلیه دریاچه

همان‌طور که اشاره شد بر اساس بازدیدهای میدانی بدنه سد جایدرد پایداری خود را کاملاً حفظ کرده و هیچ‌گاه دچار تخریب کلی یا جزئی نشده است. بنابراین برای خشک شدن دریاچه تشکیل شده در محل مخزن این سد چهار فرضیه را می‌توان در نظر گرفت. ۱- رودخانه تغذیه‌کننده خشک شده باشد. ۲- آب دریاچه تبخیر شده باشد ۳- آب دریاچه در بستر مخزن نفوذ کرده باشد. ۴- آب دریاچه به وسیله یک سرریز طبیعی تخلیه شده باشد. اگر شرایط اقلیمی زمان تشکیل سد جایدرد را مشابه شرایط فعلی در نظر بگیریم و هم‌چنین با توجه به زمین‌شناسی محل فرضیه‌های ۱، ۲ و ۳ رد می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت آب دریاچه جایدرد در یک تراز

افزایش یافته است (شکل ۱۳). این گسترش به علت افزایش حجم آب عبوری است.



شکل ۱۲. وضعیت محل دریاچه جایدر پس از تخلیه توسط یک سرریز طبیعی. A: مسیر فعلی رودخانه کشکان در محل سرریز قدیمی دریاچه جایدر.

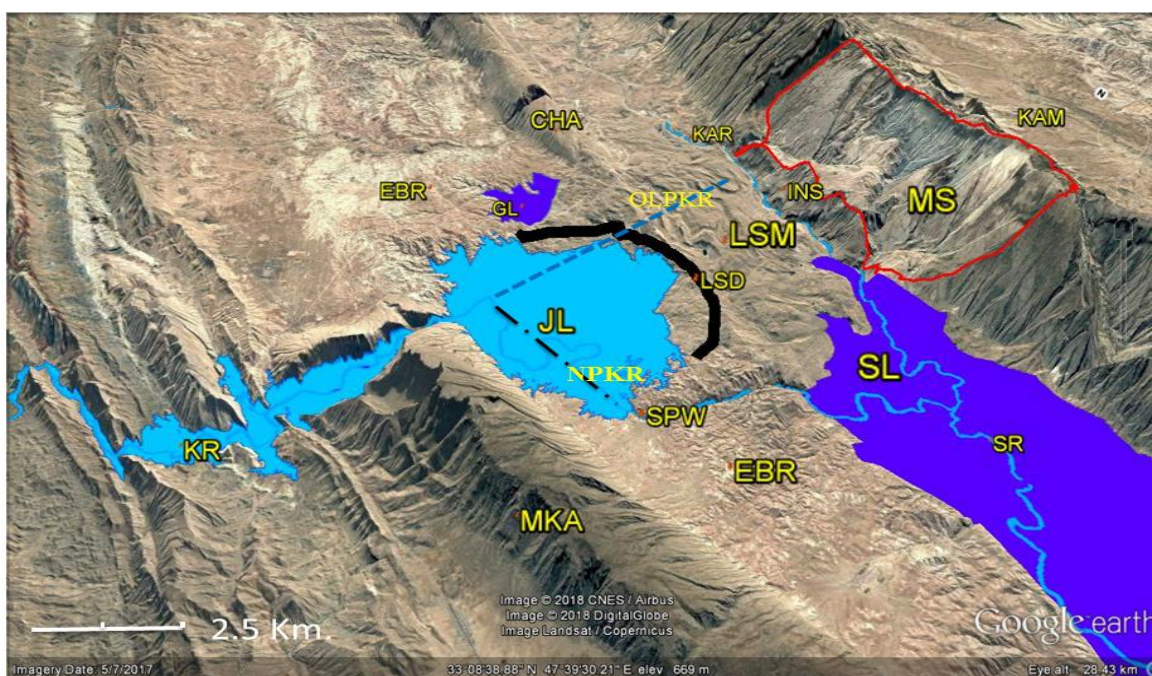


شکل ۱۳. موقعیت سرریز طبیعی و محل تخلیه آب دریاچه جایدر در شمال غرب محل پروفیل‌های P1, P2, P3 وضعیت گسترش عرض و عمق سرریز را تا محل دریاچه سیمره در غرب موقعیت جایدر نشان می‌دهند.

۷. بحث

رودخانه کشکان و دریاچه سیمره در مسیر رودخانه کرخه دارای یک ارتباط هیدرولیکی بوده اند. هدف این مطالعه بررسی نحوه شکل گیری و خشک شدن دریاچه جایدرد است. بررسی های انجام شده در منطقه نشان می دهد خشک شدن جایدرد با سرنوشت دریاچه سیمره بستگی داشته باشد. نقشه موقعیت بهمین محل گسیختگی سیمره و جزئیات آن با استفاده از تصاویر ماهواره ای و نقشه های توپوگرافی در محیط Arc GIS تهیه شده است (شکل ۱۴)

بهمین سنگی سیمره با سن بیش از ۱۰۰۰۰ سال (Watson and Wright, 1969) در جنوب غرب ایران و در یال شمالی تاقدیس کبیرکوه به وقوع پیوسته است. این رخداد باعث ایجاد تغییرات شدید در مورفولوژی منطقه شده است. ایجاد سدهای زمین لغزشی ۳ گانه و تشکیل ۳ دریاچه زمین لغزشی یکی از این تغییرات می باشد. بررسی های صحرائی انجام شده در این مطالعه نشان می دهد دریاچه جایدرد در مسیر



شکل ۱۴. تصویر ماهواره ای سد و دریاچه زمین لغزشی جایدرد و مناطق مجاور آن شامل: MS: محل گسیختگی سیمره LSM: مصالح زمین لغزش سیمره LSD: سد زمین لغزشی جایدرد JL: دریاچه زمین لغزشی جایدرد SPW: سرریز طبیعی دریاچه جایدرد KR: رودخانه کشکان OLPKR: مسیر قدیمی رودخانه کشکان NPKR: مسیر فعلی رودخانه کشکان SL: دریاچه زمین لغزشی سیمره SR: رودخانه سیمره GL: دریاچه زمین لغزشی گور بلمک KAR: رودخانه کرخه KAM تاقدیس کبیر کوه MKA: تاقدیس ماله کوه CHA: تاقدیس چناره INS: بخش های برجای دامنه شمالی کبیر کوه EBR: سازند تبخیری گچساران.

۷-۱. دریاچه جایدرد

ضخامت رسوبات نهشته شده در آن به طور متوسط ۳۰ متر تعیین شده است (Shoaei, 2014). این دریاچه دو سال پس از تشکیل سرریز کرده و با توجه به مقدار رسوب سالانه وارده به دریاچه، پس از ۳۲۵ سال سد جایدرد تخریب شده

دریاچه جایدرد با مساحت ۴۶ کیلومتر مربع بر اثر بسته شدن مسیر رودخانه کشکان به وسیله یک سد زمین لغزشی جایدرد با ارتفاع حداکثر ۵۰ متر و با حجم آگیری ۱۱۵۰ میلیون متر مکعب دومین دریاچه ناشی از زمین لغزش سیمره است که

آب از این محل یا آب بردگی مصالح لغزشی غیر ممکن است (شکل ۱۶). نتیجه بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد مسیر فعلی رودخانه کشکان همان سرریز (دره فرسایشی) دریاچه جایدر است که در زمان حیات دریاچه جایدر به‌عنوان یک مسیر ایجاد شده در سنگ‌بستر و در یال جنوبی تاق‌دیس ماله کوه، نقش تخلیه‌کننده آب دریاچه جایدر به‌خصوص در زمان سیلاب را داشته است. ۷-۲. دریاچه سیمره سد زمین لغزشی سیمره با ارتفاع ۱۰۰ متر باعث تشکیل دریاچه ای به مساحت ۲۵۹ کیلومتر مربع در مسیر رودخانه کرخه شده است (Shoaei, 2014). حجم آب دریاچه سیمره بیش از ۱۱۸۴۰ میلیون متر مکعب تخمین زده شده است و این دریاچه پس از ۴ سال سرریز کرده است. هم‌چنین ضخامت رسوبات موجود در محل دریاچه سد سیمره در حال حاضر ۶۰ متر برآورد شده است. بنابراین می‌توان گفت مدت زمان لازم برای نهشته شدن این مقدار رسوب ۹۳۵ سال است (Shoaei, 2014). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد ضخامت متوسط رسوبات در محل دریاچه سیمره ۱۲۰ متر است. هم‌چنین بر خلاف سد جایدر که پایداری خود را حفظ نموده است سد سیمره دچار گسیختگی شده و محل دقیق آن مشخص نیست. مساحت آبریز سد سیمره ۳ برابر سد جایدر بوده و محل تشکیل دریاچه سیمره محور یک ناودیس است، به همین علت وسعت دریاچه سیمره تقریباً $\frac{3}{2}$ برابر دریاچه جایدر است. هم‌چنین بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد حجم زیادی از بدنه سد سیمره در تکیه‌گاه راست (دامنه کبیر کوه) از مصالح واریزه‌ای با تراکم کم و مستعد گسیختگی به‌وسیله نیروی نشت آب تشکیل شده است. با توجه به عوامل فوق به نظر می‌رسد سد سیمره قبل از تخلیه کامل سد جایدر گسیخته شده باشد. با تخلیه دریاچه سیمره و افزایش شیب هیدرولیکی حجم گذر آب از سرریز دریاچه جایدر افزایش یافته است. بررسی‌های انجام شده در محل دریاچه جایدر و نتایج کارهای ژئوفیزیکی نشان می‌دهد بالاترین لایه رسوبی محل، ذرات درشت دانه در حد شن و ماسه با جور شدگی خوب بوده که نشان می‌دهد عمق آب به تدریج در حال کاهش بوده

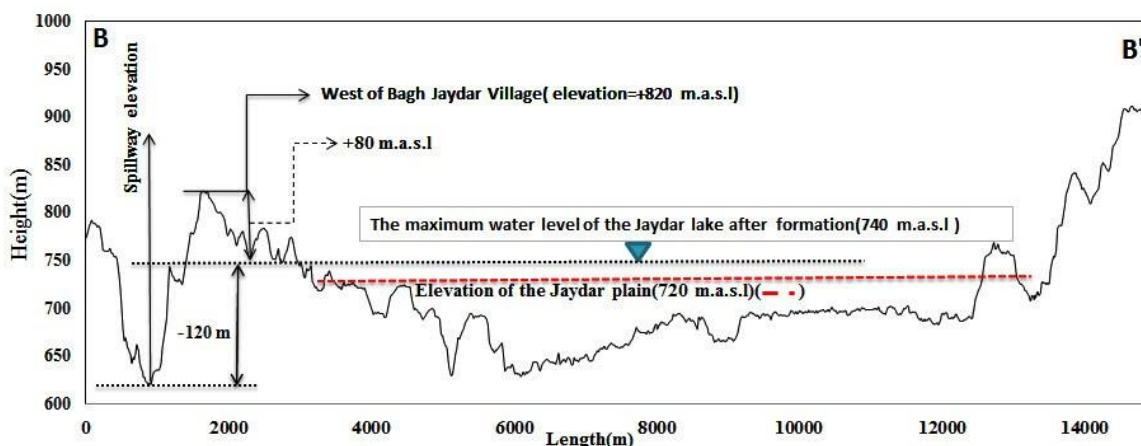
است (Shoaei, 2014). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد دریاچه سد زمین لغزشی جایدر، گستره ای به مساحت ۶۵ کیلومتر مربع طول ۳۶ کیلومتر از جنوب شهر پل دختر تا محل روستای جلگه خلیج در مسیر جاده پل دختر - خرم آباد را در بر گرفته است. پس از تشکیل دریاچه جایدر در محل مورد نظر تا تراز ۷۴۰ متر از سطح دریا بیش از ۳۸۶۰ میلیون متر مکعب آب ذخیره شده بود. با توجه به اینکه بخش زیادی از حجم بدنه سد جایدر از بلوک‌های بزرگ آهک آسماری تشکیل شده (شکل ۱۵B)، می‌توان گفت این سد و دریاچه آن هم زمان با شروع گسیختگی سیمره در ۱۱۰۰۰ سال قبل به وجود آمده‌اند. بخش اصلی دریاچه جایدر در دشت جایدر در جنوب شهر پل دختر قرار گرفته است. مساحت این منطقه ۴۶/۵ کیلومتر مربع است. نتایج مطالعات ژئوفیزیکی نشان داد در محل دریاچه جایدر به طور متوسط ۷۰ متر رسوب گذاری انجام گرفته است. با توجه به مساحت، ضخامت رسوبات، توالی دوره‌های خشک و تر در تراس رسوبی بر جای مانده در بالاتر از پیچ ملاوی و تشکیل واروهای دریاچه ای در محل روستای گل گل و جنوب پل دختر عمر پایداری دریاچه بسیار بالاتر از ۳۲۵ سال بوده است (شرفی و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی‌های صحرایی و اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی برخی شاخص‌های فیزیکی سد جایدر نشان می‌دهد بخش زیادی از جسم سد زمین لغزشی جایدر از بلوک‌های بزرگ سازند آسماری تشکیل شده و شیب رویه سد به طور متوسط $\frac{10}{4}$ درجه است (شکل ۱۵). بنابراین این سد در مقابل نیروی آب مخزن به‌خوبی مقاومت کرده و پایداری خود تا زمان حال حفظ کرده و هیچ‌گاه دچار تخریب نشده است. هم‌چنین بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد حد پیشروی مصالح لغزشی در تکیه‌گاه راست سد جایدر (محل روستای باغ جایدر) به علت بالا بودن نسبی ارتفاع نسبت به تکیه‌گاه چپ کمتر بوده است. با توجه به بالاتر بودن نسبی ارتفاع سنگ‌بستر در محل روستای باغ جایدر (تراز این محل ۸۲۰ متر از سطح دریاست در حالی که تراز بالای رسوبات دریاچه ای ۷۴۰ متر است) امکان تخلیه

یک پهنه رسوبی ناشی از فعالیت دریاچه جایدر که غالباً از رسوبات دانه ریز رس و سیلت با بین لایه‌های درشت‌دانه، با ضخامت متوسط ۷۰ متر برجای مانده است. این رسوبات دارای خصوصیات رسوبات دریاچه‌های آب شیرین است. این رسوبات به علت برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی متحمل فرسایش شدید سطحی شده به شکل خندق و در برخی مناطق به اراضی بدلندی تبدیل شده‌اند.

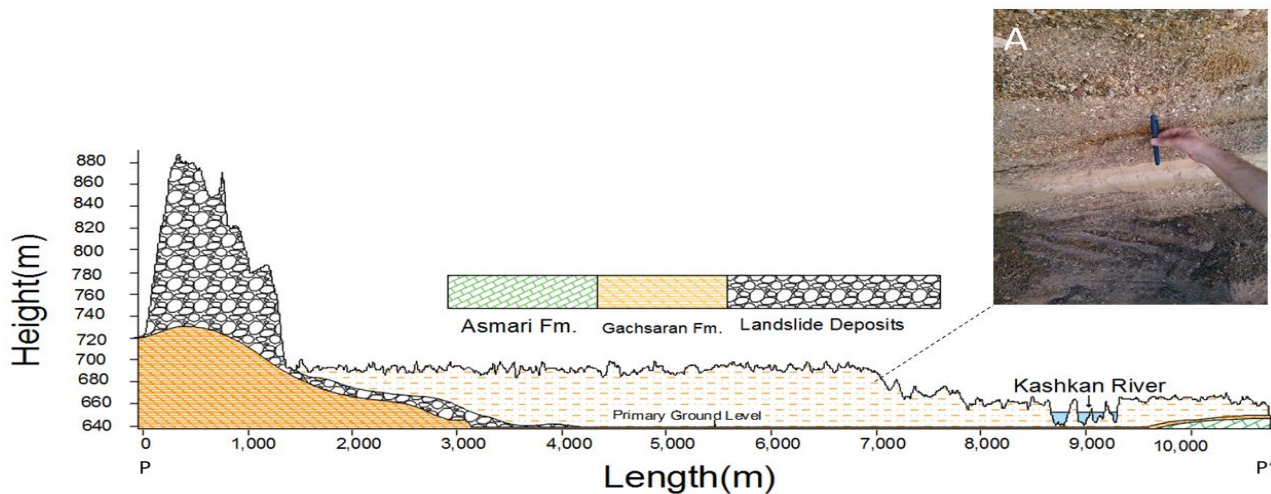
است. (عکس ۱۷A). این موضوع نشان می‌دهد پس از گسیختگی سد سیمره و تخلیه دریاچه آن جریان آب در سرریز دریاچه جایدر افزایش داشته است. شدت یافتن تخلیه آب از دریاچه جایدر باعث شده بخشی از رسوبات اشباع و سست مسیر حرکت آب در مسیر فعلی رودخانه کشکان در منطقه چم مهر (محل دریاچه سیمره) شسته شده و با توجه به افزایش و کاهش حجم آب، تراس‌هایی در محل دریاچه سیمره ایجاد شود. پس از فروکش کردن آب دریاچه جایدر



شکل ۱۵. مسیر خط چین محور نعل اسبی سد جایدر را نشان می‌دهد، که پایداری خود را حفظ کرده است (A) یکی از دلایل پایداری سد زمین لغزشی جایدر مصالح بلوکی تشکیل دهنده جسم آن است (B).



شکل ۱۶. مقطع عرضی ترسیم شده در جهت شرقی - غربی در محل دریاچه جایدر.



شکل ۱۷. مقطع طولی موقعیت سد جایدر و باقی‌مانده‌های رسوبی موجود در منطقه رودخانه کشکان با فرسایش بخشی از رسوبات مسیری با عرض متوسط ۳۰۰ متر برای خود ایجاد کرده است. A: تناوب رسوبات درشت‌دانه در بخش بالایی رسوبات دریاچه ای در محل دشت جایدر

۸. نتیجه‌گیری

ایجاد سدهای زمین‌لغزشی در مسیر رودخانه‌های بزرگ در مناطق کوهستانی می‌تواند به تشکیل دریاچه‌های بزرگ منجر شود. تشکیل دریاچه‌های زمین‌لغزشی می‌تواند باعث بروز خسارات زیاد در محل مخزن شود. هم‌چنین تخریب سدهای زمین‌لغزشی می‌تواند باعث بروز خسارات زیاد در مناطق پایین‌دست گردد. بهمن سنگی سیمره در جنوب غرب ایران و در جنوب شهر پل‌دختر منجر به تشکیل حداقل ۳ سد زمین‌لغزشی بانام‌های جایدر، سیمره و گوری بلمک شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، سد زمین‌لغزشی جایدر یک سد نعل اسبی شکل با طولی بیش از ۱۱۰۰۰ متر و عرض بیش از ۲۰۰۰ متر، بر روی رودخانه کشکان یک دریاچه با طولی بیش از ۳۶ کیلومتر و مساحتی بیش از ۶۵ کیلومترمربع را ایجاد شده است. بزرگ‌ترین دریاچه زمین‌لغزشی منطقه با طولی بیش از ۵۱ کیلومتر و مساحتی بالغ بر ۲۱۵ کیلومترمربع را بر روی رودخانه سیمره در اثر سد زمین‌لغزشی سیمره تشکیل شده است. کاربرد روش ژئوفیزیکی رادار نفوذی زمینی نشان داد که عمق متوسط رسوبات موجود در محل دریاچه خشک‌شده جایدر ۷۰ متر است. هم‌چنین تلفیق داده‌های ژئوفیزیکی، مطالعات صحرایی و اندازه‌گیری‌های میدانی نشان داد ارتفاع سد جایدر از سنگ کف به‌طور متوسط ۱۴۰ متر است. بررسی‌های صحرایی نشان داد که بدنه سد زمین‌لغزشی جایدر غالباً از بلوک‌های بزرگ سازند آسماری تشکیل شده و این سد هیچ‌گاه گسیخته نشده و می‌توان آن را بزرگ‌ترین و پایدارترین سد زمین‌لغزشی با مصالح سنگی در ایران دانست. مطالعات فوق نشان داد که مخزن سد جایدر تا تراز ۷۴۰ متر از سطح دریا گنجایش بیش از ۳۸۶۰ میلیون مترمکعب آب را داشته است. به نظر می‌رسد این مخزن حداقل تا ۲ سال پس از شکل‌گیری پر شده باشد. می‌توان گفت علی‌رغم پر شدن مخزن، بدنه سد جایدر تخریب نشده بلکه آب دریاچه توسط یک آب شستگی در سنگ‌بستر (کانال فرسایشی) که نقش سرریز را انجام می‌دهد، به‌صورت تدریجی به مخزن سد سیمره در تراز حداکثر ۷۰۰ متر از سطح دریا (۴۰- متر پایین‌تر از تراز آب دریاچه جایدر) تخلیه شده است. بالاترین افق رسوبی در منطقه جایدر لایه‌های شن با جور شدگی

بخشی از رسوبات نهشته شده در مخزن سد سیمره و بخشی از رسوبات مسیر سرریز دریاچه جایدرد از محل منتقل و در جنوب شرقی منطقه مطالعه، از جمله اطراف روستای ماژین نهشته شده‌اند. این رسوبات علاوه بر تشکیل یک دشت مستعد کشاورزی منابع غنی شن و ماسه را نیز به وجود آورده‌اند. در محل گسترش دریاچه جایدرد یک پهنه رسوبی هموار شکل گرفته است که در برخی نقاط به واسطه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نشانه‌های از تغییرات مورفولوژیکی از جمله ظهور فرسایش خندقی و ایجاد مناطق بدلندی به چشم می‌خورد.

خوب است. این نشان دهنده افزایش انرژی به علت کاهش سطح آب پس از تخریب سد سیمره و خاتمه رسوب گذاری در این محل است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد طول سد سیمره $1/3$ طول سد جایدرد و وسعت دریاچه سیمره بیش از 3 برابر وسعت دریاچه جایدرد است. از طرفی مصالح تشکیل دهنده بخشی از بدنه سد سیمره واریزه‌های سازندهای نرم بوده و مقاومت کمی در برابر نیروی رانشی و نشست آب داشته و می‌توان با یقین گسیختگی سد سیمره قبل از تخلیه کامل دریاچه جایدرد را مطرح نمود. با گسیختگی سد زمین لغزشی سیمره و شدت گرفتن تخلیه دریاچه جایدرد

منابع

- احمدزاده، ح؛ و قبادی، م. ۱۳۹۳. تدوین نقشه پراکنندگی سدهای زمین لغزشی فلات ایران و تخمین محدوده لغزش‌های آینده بر پایه روش سلسله مراتبی در محیط GIS، ۲۳ گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور.
- سوری نژاد، ع. ۱۳۸۱. برآورد حجم رواناب حوضه آبخیز کشکان با استفاده از GIS. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۳، ص. ۸۰-۵۷
- شرفی، س. مقصودی، م. یمانی، م. مقدم، ع. و زمان زاده، س. م. ۱۳۹۴. تغییرات محیطی بعد از رخداد زمین لغزش کبیر کوه و تأثیر آن در شکل گیر محوطه‌های باستانی محدوده دریاچه جایدرد. فصل نامه کوآترنر ایران. دوره ۱، شماره ۱، ص. ۱۴-۱.
- عظیمی راد، ص؛ و رجبی، معصومه. ۱۳۹۳. ویژگی‌های ژئومورفومتری دریاچه دیرینه سدی لغزشی سیمره و اثرات ژئومورفولوژیک آن. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره ۴. ص ۱۵۶-۱۴۲.
- مالکی، ا. و بحرالعلوم، ف. ۱۳۷۷. معرفی دو پارینه مین لرزه در منطقه سیمره، دهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، دانشگاه تهران.
- Ambraseys, N.N. and Melville, C.P. (1982) A history of Persian earthquakes. Cambridge Earth Science Series: New York, Cambridge University Press, 219 p.
- Berberian, M. (1994). Natural hazards and the first earthquake catalogue of Iran. Vol. 1, Historical hazards in Iran prior to 1900. A UNESCO/IIIES publication during UN/IDNDR: International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran.
- Bo W., Qin Z., Chao W. and Ting Z. (2015). A case study of the Tangjiashan landslide dam-break. Journal of Hydrodynamics, 27(2):223-233.
- Casagli, N., Ermini, L., 1999. Geomorphic analysis of Landslide dams in the Northern Apennine. Transactions-Japanese Geomorphological Union 20, 219-249.
- Costa, J.E., Schuster, R.L., 1988. The formation and failure of natural dams. Geological Society of America Bulletin 100, 1054-1068.
- Duman T.Y. (2009). The largest landslide dam in turkey: Tortum landslide. Journal of Engineering Geology 104:66-79.
- Evans S.G. and Delaney K.B. (2015). The 2000 Yigong landslide (Tibetan Plateau), rockslide-dammed lake and outburst flood: Review, remote sensing analysis, and process modelling. Journal of Geomorphology 246:377-399.
- Evans, S.G., Delaney, K.B., Hermanns, R.L., Strom, A.L., Scarascia and Mugnozsa, G., 2011. The formation and behavior of natural and artificial rockslide dams; implications for engineering performance and hazard management. In: Evans, S.G., et al. (Eds.), Natural and Artificial Rockslide Dams. Lecture Notes in the Earth Sciences vol. 133. Springer, Heidelberg, pp. 1-75.

- Evans, S.G., Guthrie, R.H., Roberts, N.J., Bishop, N.F., 2007. The disastrous February 17, 2006 rockslide-debris avalanche on Leyte Island, Philippines: a catastrophic Landslide in tropical mountain terrain. *Nat. Hazards Earth Syst. Science* 7, 89-101.
- Fan, X., van Westen, C.J., Korup, O., Gorum, T., Dai, F., 2012b. Analysis of Landslide dams induced by the 2008 Wenchuan earthquake. *J. Asian Earth Science* 57, 25-37.
- Fan, X., van Westen, C.J., Korup, O., Gorum, T., Xu, Q., Dai, F., Huang, R., Wang, G., 2012a. Transient water and sediment storage of the decaying Landslide dams induced by the 2008 Wenchuan earthquake, China. *Geomorphology* 171-172, 58-68.
- Harrison, J. V and Falcon, N.L., 1938. An ancient landslip at saidmareh in southwest Iran. *The geographical journal*, 46, 296-309.
- Harrison, J.V and Falcon, N.L., 1937. The saidmarreh landslip, Southwest Iran. *The geographical journal*, 89(1), 42-47.
- Harrison, J.V. & Falcon, N.L., 1934. Collapse structures. *The Geological Magazine*, 71, 529-539.
- Harrison, J.V. & Falcon, N.L., 1936. Gravity collapse structures and mountain ranges as exemplified in southwestern Iran. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 92, 91-102.
- Korup, O., 2002. Recent research on Landslide dams – a Literature review with special attention to New Zealand. *Progress in physical Geography* 26, 206-235.
- Mason, K., 1929. Indus floods and Shyok glaciers. *Himalayan Journal* 1, 10-29. Miller, A.A., 1953. *The Skin of the Earth*. Methuen & Co, London. 198 pp.
- Oberlander, T.M., 1965. *The Zagros streams; a new interpretation of transverse drainage in an orogenic zone*. Syracuse Geographical Series: New York, Syracuse University Press, 168 p.
- Roberts, N.J. and Evans S.G., 2013. The gigantic seymareh (saydmareh) rock avalanche, Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Journal of the Geological Society*. 170(4) 685-700.
- Schuster, R.L., 1991. Documented historical Landslide dams from around the world. U.S. Geological Survey Open-File Report, 91 – 239. 486 pp.
- Shoaei Z., 2014. Mechanism of the giant seimareh landslide, Iran, and the longevity of its landslide dams. *Environment Earth science*, 72:2411.
- Shroder, J.F., 1998. Slope failure and denudation in the western Himalaya. *Geomorphology* 26, 81-105.
- Stefanli C.T., Segoni S., Casagli N. and Catani F., 2016. Geomorphic indexing of landslide dam evolution. *Journal of Engineering Geology*. 208:1-10.
- Swanson, F., Oyagi, N., Tominaga, M., 1986. Landslide dams in Japan. In: Schuster, R.L. (Ed.), *Landslide dams: process, risk, and mitigation*. Special Publication, vol. 3. American Society of Civil Engineers, New York, pp. 273-378.
- Watson, R.A. and Wright, H.E., Jr., 1969. The Saidmareh Landslide, Iran, *Geology Society of America Special Paper* 123, pp. 115-139.