

## زمین لغزش روستای حسین آباد کالپوش در استان سمنان (از رخداد تا تثبیت)

سعید محمد صبوری\*؛ استادیار، زمین شناسی، پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران، ایران

سیدامیر حسین گرکانی؛ دانشیار گروه معماری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

ابراهیم حق شناس؛ دانشیار گروه مخاطرات زمین شناختی و ژئوتکنیکی، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و

مهندسی زلزله، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳

### چکیده

رخداد زمین لغزش در روزهای پایانی سال ۱۳۹۷ و اوایل سال ۱۳۹۸ پس از وقوع سیلاب در بسیاری از استان های کشور از جمله خراسان شمالی، گلستان، سمنان، مازندران، گیلان، همدان، لرستان، کردستان، کرمانشاه، آذربایجان شرقی و غربی، زنجان صورت گرفت. در روستای حسین آباد کالپوش در شهرستان میامی استان سمنان نیز تعداد زیادی زمین لغزش اتفاق افتاد. زمین لغزش های رخ داده در روستا به ۵ پهنه مختلف شامل ۱- پهنه لغزشی پایین دست سد کالپوش، ۲- پهنه لغزشی بالا محله و دامنه های جنوبی رودخانه قوشه-دگرمان، ۳- پهنه لغزشی بالا محله سعادت آباد، ۴- پهنه لغزشی بعثت آباد و ۵- پهنه لغزشی محله حسن آباد و دامنه های بالادست آن دسته بندی گردید. زمین لغزش های رخ داده به تعداد زیادی از منازل روستایی، تاسیسات و زیرساخت ها آسیب رساند. جهت تثبیت و پایداری زمین لغزش های رخ داده در روستا تعداد ۸ گمانه ماشینی و ۶ پروفیل ژئوالکتریک با آرایه دوقطبی - دوقطبی، سه پروفیل لرزه نگاری شکست مرزی امواج S و P، برداشت های تک ایستگاهی و آرایه ای خردلرزه سنجی (میکروتورمور) شامل یک برداشت آرایه ای در محل و ۱۷ برداشت تک ایستگاهی انجام گردیده است. با انجام تثبیت، پایدارسازی و ایمن سازی روستای حسین آباد کالپوش، از مهاجرت و جابجایی حدود ۱۰۰۰ خانوار با جمعیتی بالغ بر ۳۵۰۰ نفر جلوگیری گردید و از تبعات زاینبار جابجایی های ناموفق پیشگیری شده است. لذا با تمهیدات اتخاذ شده و انجام مطالعات و اجرای طرح های پایدارسازی در روستای حسین آباد کالپوش از تکرار تجربه های ناموفق و پرهزینه جابجایی روستایی جلوگیری بعمل آمده است.

واژه های کلیدی: روستا، سمنان، زمین لغزش، حسین آباد کالپوش، سد کالپوش.

### مقدمه

حرکت های توده‌ای شامل همه حرکت‌هایی است که تحت تاثیر وزن توده حادث می شوند. زمین لغزش عبارت است از لغزش زمین در جهت شیب و یا سقوط یک توده سنگی و یا مخلوطی از خاک و سنگ (شربعت جعفری، ۱۳۷۶). زمین لغزش یکی از مخاطرات بزرگ زمین شناسی با تلفات جانی و خسارات اقتصادی قابل توجه در مناطق کوهستانی جهان است (پتلی، ۲۰۱۲؛ هاگو و همکاران، ۲۰۱۶؛ فرود و پتلی، ۲۰۱۸). بدنبال وقوع بارندگی‌های شدید اواخر سال ۱۳۹۷ و نوروز سال ۱۳۹۸ زمین لغزش‌های متعددی در مناطق کوهستانی و دامنه‌های مستعد ناپایداری در بسیاری از نقاط کشور روی داده است که در استان سمنان نیز در روستای حسین آباد کالپوش شهرستان میامی زمین لغزش‌های زیادی رخ داد. در این زمین لغزش بخشی از این روستا که بر روی یک زمین لغزش قدیمی بزرگ بنا شده بوده است در اثر آبهای نفوذی از سد کالپوش در بالادست این توده و آبهای نفوذی از بارندگی‌ها و برف‌های ناشی از برف سنگین زمستان ۱۳۹۷، دچار فعالیت مجدد گردیده، که بر اثر آن به ۳۳۰ خانه خسارت وارد گردیده و از این تعداد منزل آسیب دیده ۱۶۳ خانه به علت شدت آسیب‌ها و خطر برای ساکنین آنها تخلیه شده‌اند. علاوه بر این زمین لغزش، زمین لغزش‌های متعدد بزرگ و کوچک دیگری در دامنه‌های پیرامون این روستا روی داده است. سوترز و وان واستن (۱۹۹۶) عوامل محرک مختلفی مانند بارندگی، زلزله، دستکاری انسان، انفجار، فرسایش توسط رودخانه‌ها، نوسانات سطح آب زیرزمینی و غیره برشمردند که باعث ناپایداری و حرکت به سمت پایین شیب مصالح در یک دامنه کوه در حالت‌ها و سرعت‌های مختلف می‌شوند. در اغلب مواقع، بزرگترین و مخرب‌ترین زمین لغزش‌ها در اثر رویدادهای بزرگ طبیعی مانند زلزله، بارندگی‌های شدید، سیل و غیره رخ می‌دهند، در حالیکه رویدادهای جزئی زمین لغزش غالباً به دلیل فعالیت‌های انسانی که شرایط شیب دامنه‌ها را تغییر می‌دهند، ایجاد می‌شوند (هاگو و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژانگ و هونگ، ۲۰۱۸؛ لین و وانگ، ۲۰۱۸). احتشامی معین آبادی (۲۰۲۲) فرایندهای پهنه گسلی کنترل کننده زمین لغزش‌های مرتبط با بارش را به سه دسته تقسیم نموده است که عبارتند از ۱- افزایش تراکم شکستگی‌ها در نزدیکی گسل‌های اصلی که باعث افزایش مقدار واریزه‌ها و کاهش استحکام سنگ‌ها می‌شود. ۲- افزایش کانی‌های با مقاومت کم در مناطق گسلی که عمدتاً کانی‌های رسی هستند و ۳- ساختارهای توپوگرافیکی ایجاد شده توسط گسل فعال. صبوری (۱۴۰۲) ارتباط بین رخداد زمین لغزش با پهنه‌های گسلی را بررسی نموده و بیان نمود که در محدوده نزدیک گسل‌های فعال تراکم رخداد زمین لغزش به میزان ۶۵ درصد بیشتر مناطق دور از گسل است و درصد بالایی از زمین لغزش‌ها در شیب‌های بالاتر از ۱۵ درجه رخ داده است و فعالیت گسل‌ها باعث ایجاد شکستگی، خردشدگی، افزایش نفوذپذیری، تغییرات در شیب و لایه بندی سنگ‌ها و از همه مهمتر باعث ایجاد مصالح مستعد زمین لغزش شده است. دانی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی نقش عوامل مورفولوژیکی و ساختاری در زمین لغزش‌هایی که در پی زلزله منطقه پادنگ در سوماترای غربی در سال ۲۰۰۹ اتفاق افتاد پرداختند و نتایج حاصله حاکی از آن بوده است که زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه با فعالیت متوسط تکتونیکی بوده است. بهاروند و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی ارتباط تکتونیک فعال و زمین لغزش‌ها در حوضه وارک لرستان پرداختند و نشان دادند که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌های گسلی و رخداد زمین لغزش‌ها وجود دارد. افشاری و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی کاربردهای شاخص‌های مورفوتکتونیکی در تحلیل مخاطرات زمین لغزش در محدوده راه آهن لرستان پرداختند و نشان دادند که بیش از ۸۰ درصد زمین لغزش‌های رخ داده در بین ایستگاه دورود تا تنگ‌هفت، در محدوده تکتونیکی با فعالیت زیاد تا نسبتاً زیاد واقع شده است و تاثیر زمین ساخت بر فراوانی رخداد

زمین لغزش در این منطقه را اثبات نمودند. کیانی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی زمین ساخت فعال در محدوده رودبار با تکیه بر زمین لغزش‌ها پرداختند و نشان دادند که زمین لغزش‌های شناسایی و بررسی شده در محدوده‌های تکتونیکی با فعالیت متوسط و بالا قرار گرفته‌اند. احتشامی معین آبادی (۲۰۲۲) ارتباط پهنه‌های گسلی با رخداد زمین لغزش را در دو دسته زمین لغزش‌های ناشی از رخداد زمین لرزه‌ها و زمین لغزش‌های ناشی از بارش‌های شدید که در مناطق گسلی رخ می‌دهند تقسیم نموده است. فعالیت‌های تکتونیکی بوسیله رخداد زمین لرزه و ایجاد نیروی محرک، بالآمدگی‌های تکتونیکی، شکستگی‌ها و خردشدگی‌های ناشی گسلش، ایجاد و درزه و شکاف در سنگ‌ها و تسریع فرایند هوازدگی مکانیکی و شیمیایی، ایجاد گوژ گسلی و برش گسلی بعنوان مصالح مستعد لغزش، افزایش نفوذپذیری سنگ‌ها، تغییر در جهت و میزان شیب لایه‌های زمین شناسی و ... باعث رخداد زمین لغزش‌ها می‌گردد. واسیلوا و همکاران (۲۰۲۳ و ۲۰۲۲) با استفاده از روش تداخل سنجی راداری و بررسی در سری‌های زمانی مختلف، تاثیر آبیگری سد کالپوش و بالا رفتن سطح آب مخزن را در فعال شدن زمین لغزش قدیمی روستای حسین آباد کالپوش را بررسی نمودند و بیان نمودند که فعال شدن مجدد زمین لغزش قدیمی با آبیگری مخزن سد و بالا رفتن سطح آب مخزن ارتباط داشته است. آنها با بررسی دو دهه تصاویر ماهواره ای نشان دادند که زمین لغزش قدیمی در مجاورت سد که در سال ۹۸ رخ داد قبل از احداث سد هیچ‌گونه فعالیت و حرکتی نداشته ولی بعد از ایجاد سد و آبیگری آن، این زمین لغزش قدیمی فعال شده و همزمان با افزایش سطح و حجم مخزن، سرعت حرکت زمین لغزش نیز به مرور زمان بیشتر شده است. غیور بلورفروشان و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی عملکرد بارش سنگین در فعال شدن مجدد پالتولنداسلاید روستای حسین آباد کالپوش پرداختند و بیان نمودند که عامل محرک بارش سنگین سبب ایجاد تنش و شکست در سطح لغزشی گردیده است. همچنین، تغییرات نرخ جابجایی در مدار بالاگذر از ۱۲- میلیمتر تا ۱۹ میلیمتر در یکسال برای لغزش حسین آباد ثبت گردیده است. موقعیت مکانی این جابجایی‌ها با ویژگی‌های فضایی - مکانی لغزش‌های جدید در طبیعت مطابقت دارد این جابه جاییها در زون‌های برداشت و انباشت لغزش باعث تخریب منازل زیادی در روستای حسین آباد کالپوش شده اند.

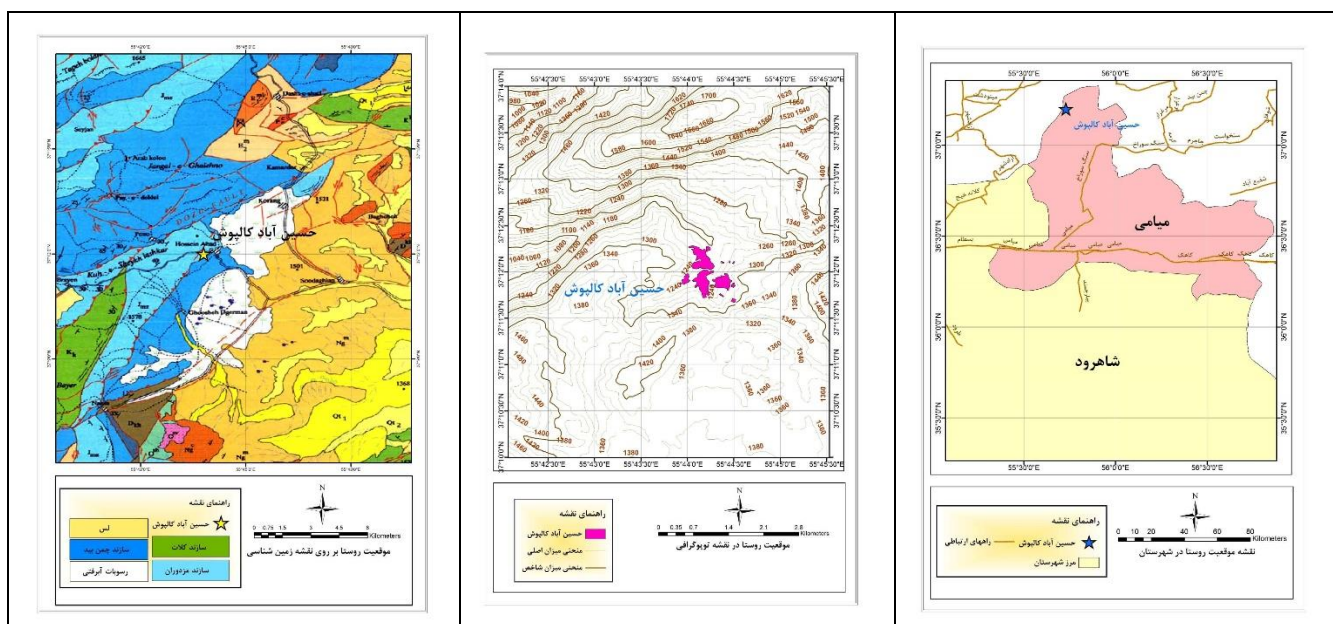
در این پژوهش با بررسی زمین لغزش‌های رخ داده در روستای حسین آباد کالپوش و نحوه مدیریت و تثبیت زمین لغزش سعی شده است دلایل رخداد زمین لغزش بررسی گردیده و پاسخی برای سوالات: ۱- علت رخداد و محدوده های رخداد زمین لغزش‌های روستا چگونه است؟ ۲- آیا تثبیت زمین لغزش‌ها باعث جلوگیری از تخلیه روستا شده است؟ ۳- تاثیر آبیگری سد بر رخداد زمین لغزش‌ها چگونه بوده است؟ ارائه گردد.

## مواد و روش‌ها

روستای حسین آباد کالپوش از توابع بخش کالپوش شهرستان میامی در استان سمنان، در مختصات  $37/20^{\circ}$  و  $53/55^{\circ}$  واقع گردیده است. شکل شماره (۱) موقعیت آن را بر روی تصویر ماهواره ای گوگل ارث و شکل شماره (۲) موقعیت این روستا را در نقشه تقسیمات کشوری استان سمنان نشان می‌دهد. این روستا در دهستان سوداغلن (رضوان) واقع شده و بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵، تعداد خانوار آن ۱۰۱۳ و جمعیت آن ۳۵۱۴ نفر بوده است. مسیر دسترسی به این روستا از طریق جاده میامی به جازم خروجی سوداغلن و همچنین راه ارتباطی دیگر آن از طریق شهر گالیکش استان گلستان می‌باشد. فاصله هوایی روستا تا مرکز استان (سمنان) ۲۷۷ کیلومتر و تا مرکز شهرستان میامی ۱۱۰ کیلومتر است. در بالادست این روستا در فاصله‌ای نزدیک به روستا سد مخزنی کالپوش احداث شده است که در سال‌های اخیر آبیگری شده است.



شکل شماره ۱: موقعیت جغرافیایی روستای حسین آباد کالپوش بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث



شکل شماره ۲: موقعیت روستای حسین آباد کالپوش در تقسیمات کشوری و نقشه استان سمنان، نقشه توپوگرافی و زمین شناسی محدوده روستا و پیرامون آن

روستای حسین آباد کالپوش از نظر ساختار توپوگرافی در داخل دره‌ای با امتداد کلی شمالی جنوبی واقع شده و شیب عمومی محدوده روستا به سمت شمال بوده و محدوده روستا در پایین دست سد کالپوش قرار گرفته است. علاوه بر دره رودخانه کالپوش، در بافت کالدی روستا دو آبراهه وجود دارد. یکی از این دره‌ها از سمت شرق و دیگری از سمت غرب به دره رودخانه کالپوش متصل می‌شوند که منازل مسکونی روستا در کنار این دره‌ها و زمین‌های واقع در بین این دره‌ها قرار گرفته‌اند. در پیرامون روستا جنگل طبیعی تنک و مراتع وجود دارد.

روستا در ارتفاع میانگین از ۱۲۴۵ متر از سطح دریا قرار دارد. کمترین میزان ارتفاع از سطح دریا در روستای حسین آباد کالپوش ۱۲۲۰ متر و بیشترین ارتفاع ۱۲۹۵ متر می‌باشد. شیب عمومی روستا از جنوب به شمال می‌باشد. ولی مقدار شیب میانگین در روستا حدود ۱۰-۱۵ درصد می‌باشد. این میزان در جاهای مختلف روستا متغیر بوده و در برخی نقاط شیب تا ۲۰ درصد هم وجود دارد. باتوجه به نقشه طبقات شیب، بیشترین طبقه شیب در بافت کالدی روستا مربوط به شیب ۸ تا ۱۲ درصد بوده و بعد از این طبقه، پهنه مربوط به شیب‌های ۰ تا ۵ درصد در دارای بیشترین مساحت می‌باشد. بخش‌هایی از روستا هم در پهنه با شیب ۱۲ تا ۲۰ درصد واقع شده است. دامنه‌ای که روستا بر روی آن واقع شده است، دارای شیب عمومی به سوی شمال است. دو رودخانه در بستر روستا جریان دارند که در قسمت میانی روستا به یکدیگر ملحق می‌شوند. در بالادست روستا سدی بر روی یکی از رودهای جاری در بستر روستا احداث شده است که تقریباً در بلافاصل جنوبی روستا واقع شده است.

روش تحقیق در پژوهش حاضر مبتنی بر بررسی‌ها و مطالعات کتابخانه‌ای و مشاهدات میدانی می‌باشد. در این خصوص اطلاعات مربوط به وضعیت زمین‌شناسی، زمین‌ساختی و زمین لغزش‌های رخ داده در محدوده روستا بصورت کتابخانه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد و در ادامه نسبت نحوه مدیریت و تثبیت زمین لغزش مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از تکمیل اطلاعات زمین‌شناسی، گسلها، زمین لغزش‌های رخ داده و موقعیت مکانی آنها، به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته و نسبت به بررسی روش‌ها و اقدامات فنی انجام شده جهت تثبیت و پایدارسازی زمین لغزش‌ها به منظور جلوگیری از جابجایی روستا و مهاجرت روستائیان و ادامه سکونت روستائیان در محل فعلی روستا و تعیین سمت توسعه روستا و میزان کارایی آنها پرداخته خواهد شد.

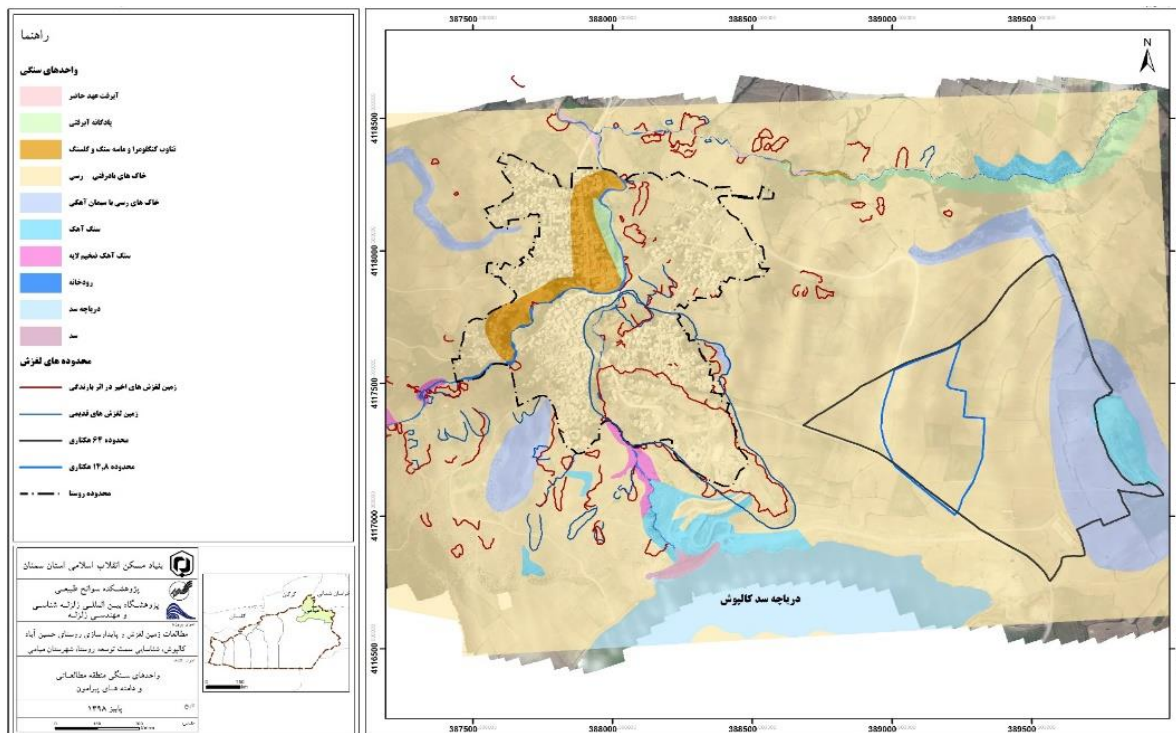
### زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

روستای حسین آباد کالپوش از دیدگاه زمین‌شناسی در مرز تدریجی بین دو پهنه کپه‌داغ - بینالود و البرز شرقی و در استان سمنان قرار دارد و در برگیرنده واحدهای سنگی وابسته به هر دو زون است. وضعیت آب و هوایی از جنوب شرق بسوی شمال غرب منطقه، از گرم و خشک نیمه صحرائی تا معتدل و مرطوب جنگلی تغییر می‌کند. به سبب همین تغییر اقلیم است که نهشته‌های بادی لس در بخش‌های شمال غربی منطقه گسترش یافته‌اند.

براساس نقشه یک ۱:۱۰۰۰۰۰ دوزین (سلامتی و شفیع، ۲۰۰۱) در گستره مورد بررسی سازندهای پهنه کپه‌داغ رخنمون دارند. واحدهای سنگی موجود پیرامون حسین آباد کالپوش شامل سنگ آهک، مارن، ماسه سنگ و کنگلومراست. لازم به ذکر است که میان سازندهای ژوراسیک کپه‌داغ و البرز مشابهت رخساره‌ای و زمانی میان سازند مزدوران (کپه‌داغ) و سازند لار (البرز) و هم ارزی زمانی بین سازندهای چمن بید و کشف رود از پهنه کپه‌داغ با سازند دلپچای در البرز برقرار است (شیخ الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

براساس نقشه زمین شناسی تهیه شده در گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا، محدوده روستای کالپوش شامل آبرفت‌های عهد حاضر، پادگانه‌های آبرفتی، تناوب کنلومرا، ماسه سنگ و گل‌سنگ، سنگ آهک، سنگ آهک

ضخیم لایه، خاک های رسی با سیمان آهکی بوده و بیشتر قسمت های محدوده بر روی خاک های بادرفتی - رسی واقع شده است که در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل شماره ۳: نقشه واحدهای زمین‌شناسی سطحی محدوده روستا، برگرفته از گزارش پایداریسازی زمین لغزش روستا

### گسل‌های محدوده پیرامون روستا

روند عمومی ساختارهای زمین‌شناسی در محدوده روستا شمال شرقی - جنوب غربی بوده که شامل چین‌ها و امتداد گسل‌های طولی و است. رخنمون ارتفاعات در منطقه کالپوش در امتداد روند گسل‌های اصلی (شمال شرق - جنوب غرب) می‌باشد. محدوده روستای کالپوش در حدفاصل گسل چشمه نی و گسل دوزین واقع شده است. گسل دوزین به طول ۳۷/۵ کیلومتر از منطقه دوجوز شروع شده و به محدوده روستای حسین آباد ختم می‌گردد که از بین رسوبات آهکی خوش بیلاق عبور می‌نماید. این گسل، راندگی با مولفه راستالغز چپگرد می‌باشد (سلامتی و شافعی، ۱۳۸۰). در بخش‌های شرقی، گسل از میان مارن‌ها و سنگ فورس نئوژن عبور کرده است اما به سوی غرب در میان ماسه سنگ و گلسنگ‌های سازند زرد به سن کرتاسه و سنگ آهک و مارن سازند چمن بید اثر کرده است. رخداد دو زمینلرزه ۳۰ اوت ۱۹۷۰ با بزرگای ۵، و دوم ماه می ۱۹۷۷ با بزرگای ۵/۱ به فعالیت این گسل نسبت داده شده است. گسل دوزین در فاصله ۱/۵ کیلومتری شمال روستای حسین آباد قرار دارد و در این منطقه سنگ‌های سازند چمن بید را بر روی سنگ‌های سازند مزدوران رانده است. گسل چشمه نی دارای طول حدود ۱۰۰ کیلومتر و روند شمال شرقی - جنوب غربی است. بخشی از مرز بین دو حوضه البرز و کپه داغ بر این گسل منطبق شده و در بخش‌های جنوبی آن سازندهای حوضه البرز و در بخش‌های شمالی آن، سازندهای کپه داغ نهشته شده اند (Salamati & Shafiei, 2001). از این رو پهنه گسلی چشمه نی، یک پهنه گسلی مهم به شمار می‌آید. این

پهنه گسلی از شمال شرق به گسل سفیدالی و از جنوب غرب به سامانه گسل راندگی خوش بیلاق می پیوندد. این پهنه گسلی آشکارا دارای شواهد جنبش چپ بر بوده و در بخش های مختلف مرز بین جبهه کوهستان و دشت را تشکیل داده و دارای فعالیت جوان است. به موازات گسل اصلی چشمه نی، شاخه های فرعی بسیاری با سازوکار امتدادلغز چپ بر تشکیل شده اند که پهنه ای به عرض متوسط ۱/۵ کیلومتر را دربرمی گیرد. از این رو به نظر می رسد که این گسل با جنبش خود یک پهنه گسلی را تشکیل داده است. گسل های تشکیل دهنده این پهنه نهشته های مختلفی مانند سازند باروت، آهک های ژوراسیک و کرتاسه، کنگلومرای پالتوسن، مارن های تئوژن و غیره را در کنار هم قرار داده اند. گسل چشمه نی در فاصله تقریبی ۱۵ کیلومتری جنوب روستای حسین آباد قرار دارد.

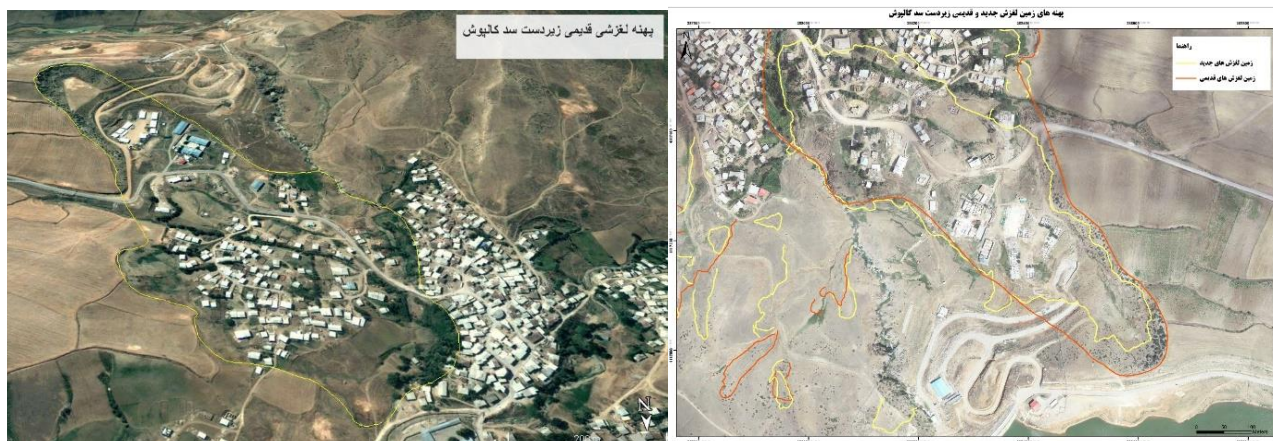
### یافته های پژوهش:

#### - زمین لغزش های محدوده روستا

زمین لغزش های جدید رخ داده در محدوده روستا و زمین لغزش های قدیمی موجود در محدوده روستا و پیرامون آن در شکل شماره (۲) نشان داده شده است. زمین لغزش های جدید رخ داده با خطوط قرمز پررنگ و زمین لغزش های قدیمی با خطوط آبی رنگ نشان داده شده است. در ادامه به تشریح زمین لغزش های جدید پرداخته می شود.

#### ۳-۱-۱- پهنه لغزشی پایین دست سد کالپوش

بزرگترین زمین لغزش رخ داده در روستا زمین لغزشی است که از حدود ۱۷۰ متری مخزن سد مخزنی کالپوش شروع شده و با طولی نزدیک به ۸۰۰ متر در جهت شمال غرب تا نزدیکی پل شهید نوروزی (بر روی رودخانه آبشارها) امتداد یافته است.



شکل شماره ۴: نقشه پهنه لغزشی پایین دست سد کالپوش، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

این لغزش با مساحت حدود یک و نیم هکتار و عمق متوسط ۱۱ مترمربع خود در دل یک پهنه لغزشی قدیمی بزرگ روی داده است. به نظر می رسد این زمین لغزش قدیمی در بخش پایین دست سد کالپوش دارای عمق زیاد بیش از ۳۰ متر بوده است و در مرز نهشته های بادرفتی و مارنی ضعیف با سنگ بستر آهکی قوی زیرین روی داده است و در نقاطی قطعاتی از سنگ بستر زیرین را نیز در خود دارد. زمین لغزش اخیر در بیست و نهم اسفندماه سال ۱۳۹۷، با

حرکتی مرکب از نوع چرخشی - انتقالی، پس از بارش سنگین برف در بهمن ماه و بارندگی های شدید اسفند روی داده است. اگرچه وجود زمین لغزش قدیمی و بارندگی های شدید ذکر شده نقش مهمی در وقوع این زمین لغزش داشته اند اما قرائن موجود حاکی از نقش موثرتر بالآمدن تراز آب در مخزن سد کالپوش و تراوش آب از درون سنگ های خردشده دیواره مخزن و اشباع توده خاک از بخش تحتانی، است. این قرائن بروز چشمه ها و نشتاب های متعدد در این دامنه است که تا ماه های متمادی پس از وقوع لغزش نیز ادامه یافته اند و تنها با پایین آمدن تراز آب در مخزن این نشتاب ها رو به کاهش گذاشته است.

زمین لغزش اخیر در بیست و نهم اسفندماه سال ۱۳۹۷، با حرکتی مرکب از نوع چرخشی-انتقالی، پس از بارش سنگین برف در بهمن ماه و بارندگی های شدید اسفند روی داده است. اگرچه وجود زمین لغزش قدیمی و بارندگی های شدید ذکر شده نقش مهمی در وقوع این زمین لغزش داشته اند اما قرائن موجود حاکی از نقش موثرتر بالآمدن تراز آب در مخزن سد کالپوش و تراوش آب از درون سنگ های خردشده دیواره مخزن و اشباع توده خاک از بخش تحتانی، است. این قرائن بروز چشمه ها و نشتاب های متعدد در این دامنه است که تا ماه های متمادی پس از وقوع لغزش نیز ادامه یافته اند و تنها با پایین آمدن تراز آب در مخزن این نشتاب ها رو به کاهش گذاشته است. در شکل ۶ مقایسه دو تصویر ماهواره ای مربوط به سال های میلادی ۲۰۱۰ که مراحل ساخت سد در دست اجرا بوده است و تصویر کنونی این دامنه را نشان می دهد. همانگونه که تصویر ماهواره ای قدیمی نشان می دهد در آن سال هیچگونه چشمه یا تراوشی در این دامنه وجود نداشته است و زمین های مستقر بر روی توده لغزشی قدیمی به کاربری های مختلف مانند کارگاه های ساخت سد و زمین های ورزشی و تفرجگاهی روستا اختصاص داده شده بوده است. در حالیکه در تصویر جدید منطقه همانگونه که مشاهده می شود علاوه بر ظهور دو چشمه پرآب در بسیاری قسمت های توده لغزش یافته مانداب های بزرگ ایجاد شده است و بسیاری از سازه های مستقر بر روی دامنه وضعیت مستغرق در آب پیدا کرده اند. شکل ۷ تصاویری از چشمه ها و مانداب های ایجاد شده که گویای بالآمدن غیرمنتظره سطح آب زیرزمینی است را نشان می دهد.



شکل شماره ۵: تصاویر آثار تخریبی زمین لغزش پایین دست سد کالپوش، برگرفته از گزارش پایداریسازی زمین لغزش و گزارش بازدید اولیه روستا



شکل شماره ۶: مقایسه تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۳۹۸ (راست) و سال ۱۳۸۸ (چپ) از دامنه پایین دست مخزن سد کالپوش در روستای حسین‌آباد کالپوش. ستاره‌ها چشمه‌ها و پیکان‌های آبی رنگ مانداب‌های ایجاد شده پس از بالآمدن تراز مخزن در اثر بارندگی‌های شدید اواخر سال ۱۳۹۷ را نشان می‌دهند، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

پنجه این زمین لغزش در بخش شرقی با یک بالآمدگی در جنوب محله سعادت آباد و در محل پاسگاه انتظامی روستا قرار دارد و با یک پیچش در حرکت توده به سمت رودخانه آبشارها کشیده شده است. بخشی از پنجه که در کنار رودخانه قرار گرفته بصورت دائم توسط رودخانه در حال زیرشویی است و تداوم این فرآیند به همراه نقش آبهای تراوش یافته به درون توده که در بالا مورد اشاره قرار گرفت منجر به تداوم فعالیت حرکت توده لغزشی گردیده است.



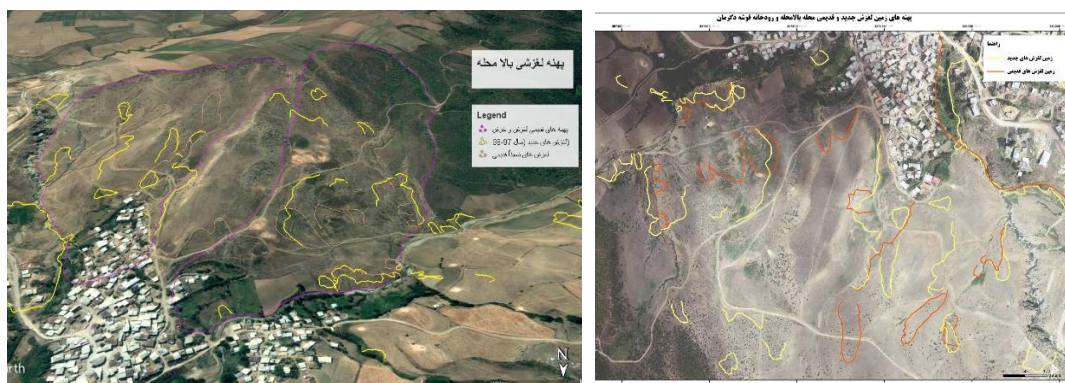
شکل شماره ۷: تصاویری از چشمه‌ها و مانداب‌های ظاهر شده پس از بارندگی‌های شدید اواخر سال ۱۳۹۷ و بالآمدن تراز آب زیرزمینی که با وقوع زمین لغزش در سطح زمین بروز یافته‌اند، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

#### - پهنه لغزشی بالا محله و دامنه‌های جنوبی رودخانه قوشه-دگرمان

این پهنه لغزشی نیز پس از زمین لغزش پایین دست مخزن سد کالپوش مهمترین پهنه لغزشی در روستای حسین آباد کالپوش است که منجر به آسیب‌های شدید به منازل مسکونی بالامحله شده است. زمین لغزش‌های متعددی در این پهنه در دامنه‌های مشرف به مناطق مسکونی و نیز بستر منطقه مسکونی محله اتفاق افتاده است (شکل ۸) که مرز آن در منطقه مسکونی نامشخص بوده و تنها عوارض تخریبی آن در ساختمان‌ها مشخص است.

اغلب لغزش‌های روی داده در این پهنه از نوع انتقالی هستند که در درون نهشته‌های ریزدانه رسی اتفاق افتاده‌اند. شیب تند دامنه، وجود خاک‌های حساس، تراوش آب از لایه‌های آهکی زیرین و اشباع شدگی سطحی خاک‌ها در اثر برقاب و باران عامل این لغزش‌ها بوده‌اند. از عوامل دیگر در کوتاه مدت، بارگذاری بیش از حد خاک‌های حساس منطقه با ساخت واحدهای مسکونی سنگین و نیز احداث جاده دسترسی، و در دراز مدت تغییر کاربری جنگلی و درختچه‌ای این دامنه‌ها به کاربری مرتعی و کشاورزی را حائز اهمیت هستند.

بررسی تصاویر ماهواره‌ای در این پهنه حاکی از وجود دو پهنه بزرگ لغزش-خزشی قدیمی در این بخش از منطقه مورد مطالعه است. در دل این دو پهنه نیز لغزش‌های کوچک و بزرگ دهه اخیر به خوبی نمایان هستند که حاکی از رویدادهای لغزشی مکرر در این منطقه است. نکته جالب در این منطقه باقی مانده باریکه‌ای غیرلغزشی در بین این دو پهنه است. بررسی‌های میدانی نشان داد در این باریکه خاک‌های رسی دارای سیمانی آهکی هستند و به نظر می‌رسد این سیمانی شدن باعث افزایش مقاومت خاک‌ها در این باریکه و برجای ماندن آن علیرغم شیب تند دو سوی آن شده است. خسارات زمین لغزش‌های جدید در این محله شامل تخریب منازل مسکونی و نیز آسیب دیدگی دیوار حائل احداث شده در بالادست جاده دسترسی به محله است. شکل ۹ تصاویری از زمین لغزش‌های روی داده در این پهنه و خسارات حاصل از آنها را نشان می‌دهد. بر اساس مشاهدات حاصل از حفاری‌های ژئوتکنیکی انجام شده و نیز بریدگی‌های حاشیه رودخانه قوشه به نظر می‌رسد وجود یک لایه ماری با نفوذپذیری بسیار کم در زیر نهشته‌های بادرفتی یکی از عوامل اصلی مستعد کننده دامنه‌های این پهنه برای وقوع زمین لغزش است.



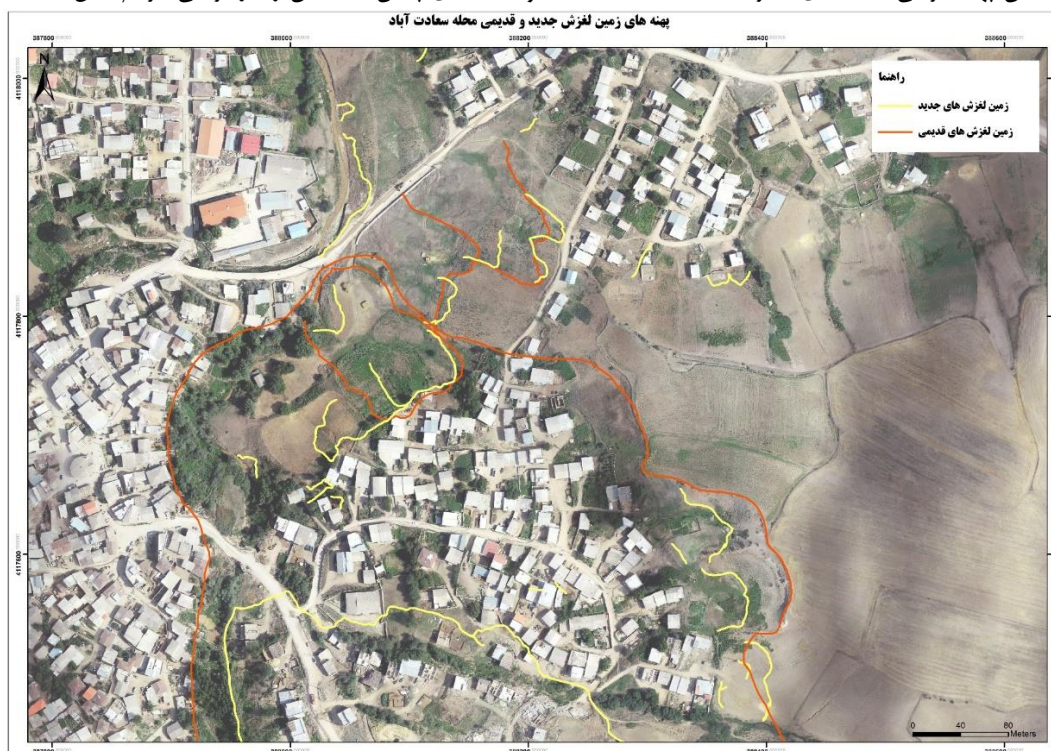
شکل ۸: راست) وقوع زمین لغزش‌های متعدد جدید و نسبتاً قدیمی در دامنه‌های مشرف به بالا محله و دامنه جنوبی رودخانه قوشه-دگرمان که حاکی از پتانسیل بالای این منطقه است. چپ) تصویر ماهواره‌ای حاکی از دو پهنه لغزشی-خزشی قدیمی بسیار قدیمی بزرگ در این ناحیه است، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا



شکل ۹: تصاویری از زمین لغزش‌های پهنه لغزشی بالا محله و دامنه‌های جنوبی رودخانه قوشه-دگرمان و خسارات وارد شده در این پهنه، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

## - پهنه لغزشی بالا محله سعادت آباد

این پهنه لغزشی دامنه‌های مشرف به محله سعادت آباد و دامنه‌های پایین دست آن را در بر می‌گیرد (شکل ۱۰)

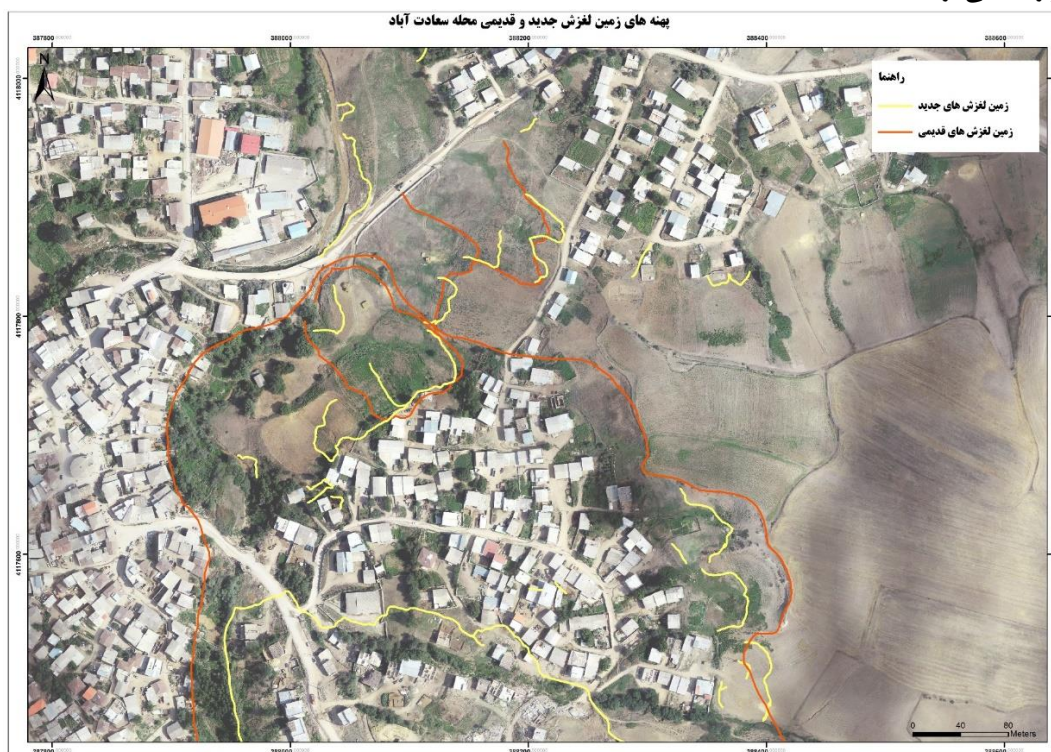


شکل شماره ۱۰). وقوع لغزش‌های کوچک و بزرگ در این محله در زمستان ۱۳۹۷ و بهار ۱۳۹۸ باعث آسیب به بعضی واحدهای مسکونی شده است. میزان آسیب‌ها از جزئی تا بسیار شدید بسته به موقعیت آنها متفاوت است که در شکل ۱۱ نمونه‌هایی از این آسیب‌ها نشان داده شده است.

همانگونه که در شکل ۱۰ نشان داده شد این محله بطور کامل بر روی بخشی از یک زمین لغزش بسیار بزرگ قدیمی بنا شده است. این موضوع و نیز بالابودن سطح آب زیرزمینی در این محله باعث شده است تا بجز بخش‌های مسطح محله بقیه قسمت‌ها، حتی اگر شیب چندان تندی نیز نداشته باشند، مستعد لغزش گردند و در هر شیب کوچکی در منطقه لغزشی اتفاق افتاده باشد. شکل ۱۲ تصاویری از زمین‌لغزش‌های این محله را نشان می‌دهد.

در شرق این محله دامنه‌ای با پروفیل عرضی مقعر و شیب بسیار تند حاصل از وقوع یک زمین لغزش چرخشی به چشم می‌خورد که در قسمت تاج کاملاً پرتگاهی شده است (شکل ۱۲). این قسمت پرتگاهی که افزایش لغزش قدیمی است از خاک‌های رسی با سیمان آهکی تشکیل شده است و به همین دلیل در بارندگی‌های شدید اواخر سال ۹۸ نیز پایدار مانده است، اگر چه در نیمه پایینی دامنه چند لغزش جدید با عمق کم در این بارندگی‌های رخ داده که منجر به آسیب به واحدهای مسکونی مستقر در بخش قاعده دامنه شده پایین دست شده‌اند. وجود دو چشمه دائمی در این بخش نشانگر سطح بالای آب زیرزمینی و از دلایل وقوع این لغزش‌ها است. بخشی از این محله در پنجه زمین لغزش اصلی پایین دست سد درگیر شده است و دچار آسیب‌های شدید گردیده است. با توجه به اینکه این محله در زیر دست دامنه‌ای که محل جدید روستا در آن جانمایی شده است، به منظور حفاظت از دامنه بالادست و جلوگیری از لغزش‌های آتی در شیب تند بالادست این محله طرح‌های پایدارسازی ارائه شده است. همچنین برای پایدارسازی

لغزش‌های پراکنده و کوچک این پهنه که عمدتاً به خاطر اشباع شدگی سطحی لایه‌های خاک روی‌داده‌اند در هر کجا که امکان آن وجود داشته است استفاده از زهکش‌های زیرسطحی و نیز در مجاورت رودخانه در قسمت‌های مورد نیاز دیوار ساحلی ارائه شده است.



شکل شماره ۱۰: موقعیت زمین لغزش‌های جدید و قدیمی در محله سعادت آباد بر روی عکس-نقشه هوایی منطقه تهیه شده از تصویربرداری پهپادی، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا



شکل شماره ۱۱: تصاویری از خسارات ناشی از زمین لغزش‌های روی داده در دامنه‌های محله سعادت‌آباد، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا



شکل شماره ۱۲: تصاویری از زمین لغزش‌های روی داده در اواخر سال ۱۳۹۸ در دامنه‌های محله سعادت‌آباد، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

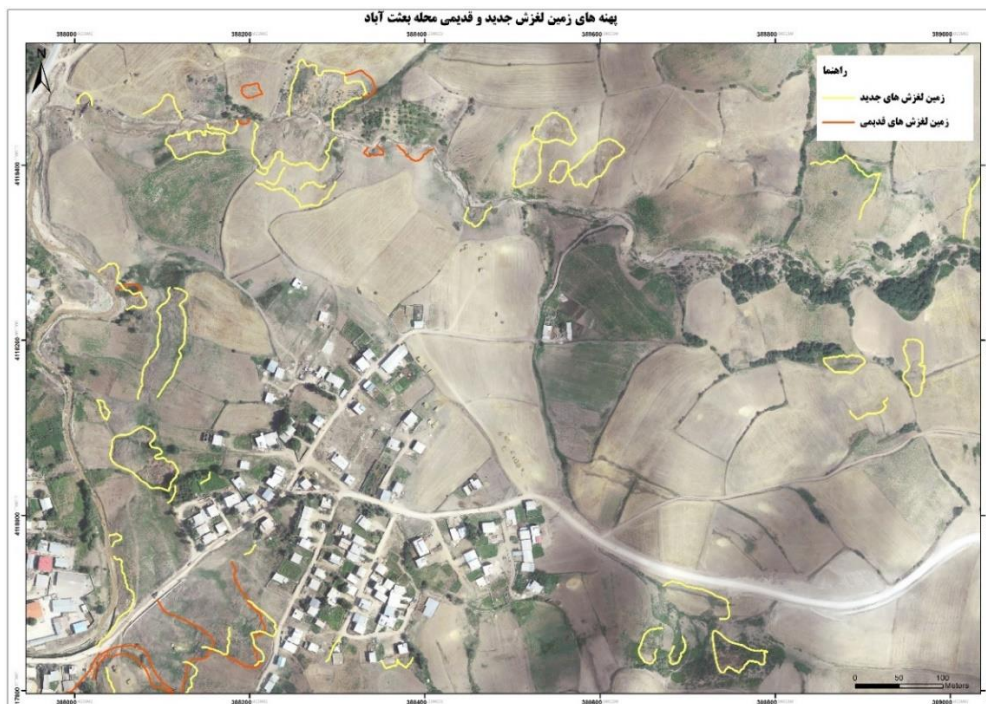
نکته قابل توجه در این محله که منجر به تشدید خطر زمین لغزش شده است دفع نامناسب فاضلاب است به نحویکه دفع فاضلاب از نوع جذبی و رهاسازی در جوی‌های خاکی بدون هیچگونه پوشش و ساماندهی صورت می‌گیرد. در بسیاری موارد فاضلاب ناشی از روشویی‌های واحدهای مسکونی بالادست‌تر در کنار پی ساختمان‌های مستقر در بخش‌های پایین دست جریان دارند. به نظر می‌رسد بعضی از آسیب‌های وارده به ساختمان‌ها در بخش‌های مسطح این محله بیشتر متأثر از شسته شدن خاک‌های حساس زیر پی‌ها و در نتیجه نشست آنها در اثر این شیوه غلط دفع فاضلاب ایجاد شده است. شکل ۱۳ تصاویری از رواناب‌های سرگردان در این محله را نشان می‌دهد. از اینرو لازم است در صورتیکه قرار باشد ساکنین این محله جابجا نشوند، ساماندهی این رواناب‌ها در طرح هادی روستا مدنظر قرار گیرد.



شکل شماره ۱۳: تصاویری از رواناب‌های کنترل نشده حاصل از چشمه‌ها و فاضلاب‌های خانگی در محله سعادت آباد، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

#### - پهنه لغزشی بعثت‌آباد

این پهنه لغزشی دامنه‌های مشرف و پایین دست محله بعثت‌آباد و نیز دامنه‌های مشرف به رودخانه عبوری از شمال روستا را در برمی‌گیرد (شکل ۱۴). عمده لغزش‌های این پهنه از نوع لغزش‌های کوچک و پراکنده ناشی از اشباع شدن سطحی لایه‌های خاک است و در دامنه‌های پایین دست محله دیده می‌شوند و خوشبختانه آسیب‌های وارده از ناحیه وقوع زمین لغزش در این محله محدود است. مهمترین ناحیه لغزشی در این پهنه، در جنوب غرب آن و مشرف به جاده دسترسی، که در حال حاضر به جاده اصلی حسین‌آباد-میامی تبدیل شده است می‌باشد که به خاطر وقوع زمین لغزش‌های سطحی مکرر در گذشته دیوار حائل برای آن ساخته شده است. همچنین ناحیه‌ای در غرب منطقه مشرف به رودخانه به دلیل عبور کانال بدون پوشش آبی که آب چشمه‌های بالادست را به رودخانه منتقل می‌کند نیز لغزش‌های متعددی اتفاق افتاده است. ساماندهی کانال‌های آب، زهکشی زیرسطحی، تکمیل دیوار حائل موجود در حاشیه جاده و چند دیوار ساحلی از طرح‌های ارائه شده برای ایمن‌سازی این محله است که در فصل مربوط به خود ارائه شده‌اند. شکل ۱۵ تصاویری از زمین لغزش‌های این پهنه را نشان می‌دهد.



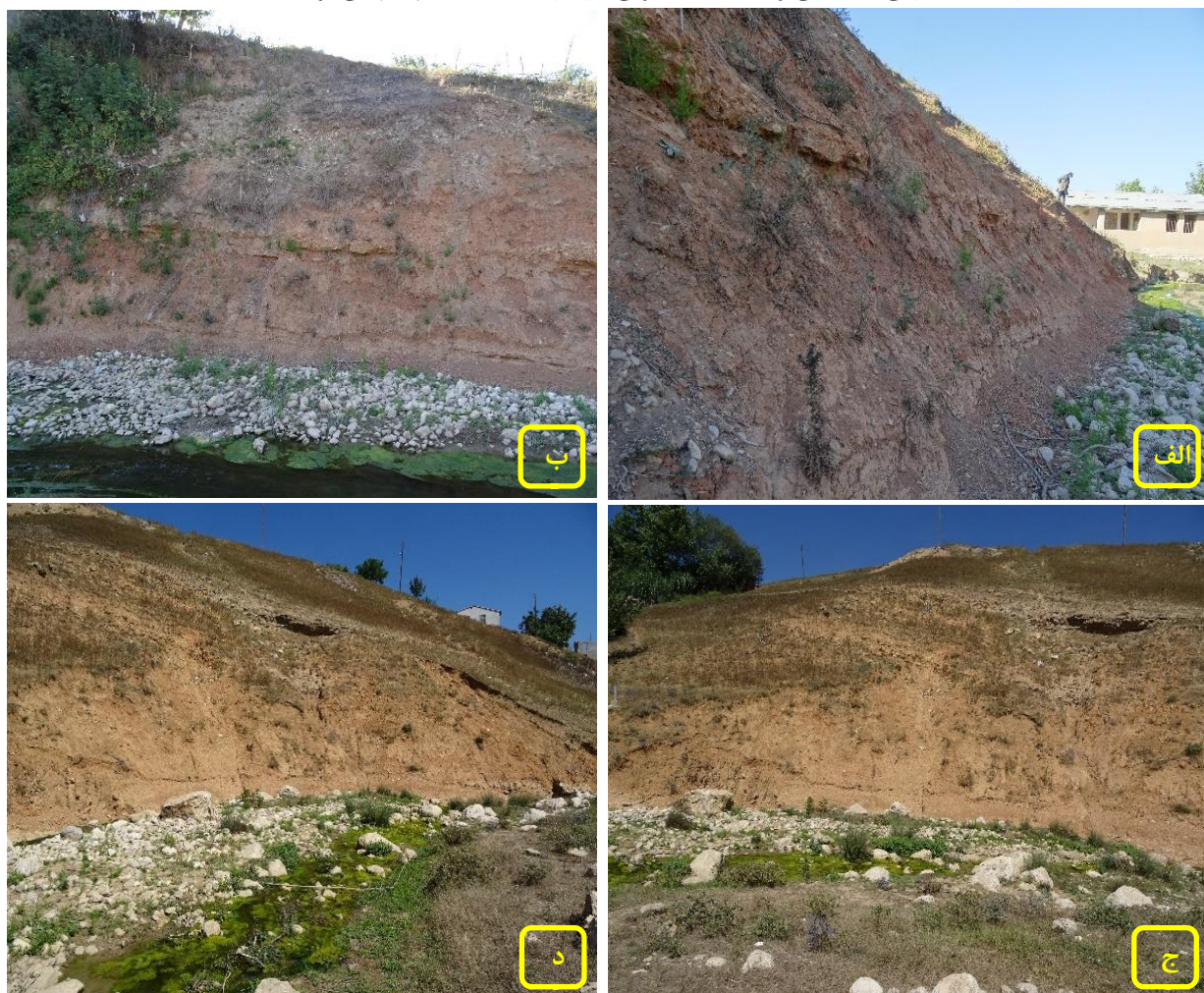
شکل شماره ۱۴: موقعیت زمین لغزش های جدید و قدیمی در محله بعثت آباد بر روی عکس-نقشه هوایی منطقه تهیه شده از تصویربرداری پهپادی، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا



شکل شماره ۱۵: تصاویری از زمین لغزش های محله بعثت آباد و دامنه های پیرامون آن، برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

- پهنه لغزشی محله حسن‌آباد و دامنه‌های بالادست آن

در مقایسه با سایر محله‌های و دامنه‌های پیرامون آنها محله حسن‌آباد و دامنه‌های اطراف آن نسبتاً از وقوع زمین‌لغزش‌های جدید در امان بوده است. بازدیدهای میدانی و نیز گمانه‌های ژئوتکنیکی نشان داد که یکی از دلایل این مسئله ضخامت کمتر خاک‌های ضعیف بادرفتی و رسی در این منطقه و عمق کم سنگ بستر است بطوریکه در بعضی نقاط حاشیه رودخانه سنگ بستر کنگلومرای-ماسه‌سنگی متعلق با سازند سرخ بالایی قابل مشاهده است (شکل ۱۶). همچنین در مقایسه با سایر پهنه‌ها در این منطقه کمتر تراوشات آبی وجود دارد و نیز سیستم هدایت رواناب‌های سطحی نیز بیشتر توسعه یافته است. در همین پهنه نیز در نقاط در حال توسعه جدید آن در بالادست دامنه، جایی که ضخامت خاک افزایش می‌یابد و نیز چشمه‌های آبی دائمی وجود دارد، آثار خزش در دامنه که منجر به ترک‌های جزئی در بعضی واحدهای مسکونی نیز گردیده است به چشم می‌خورد.



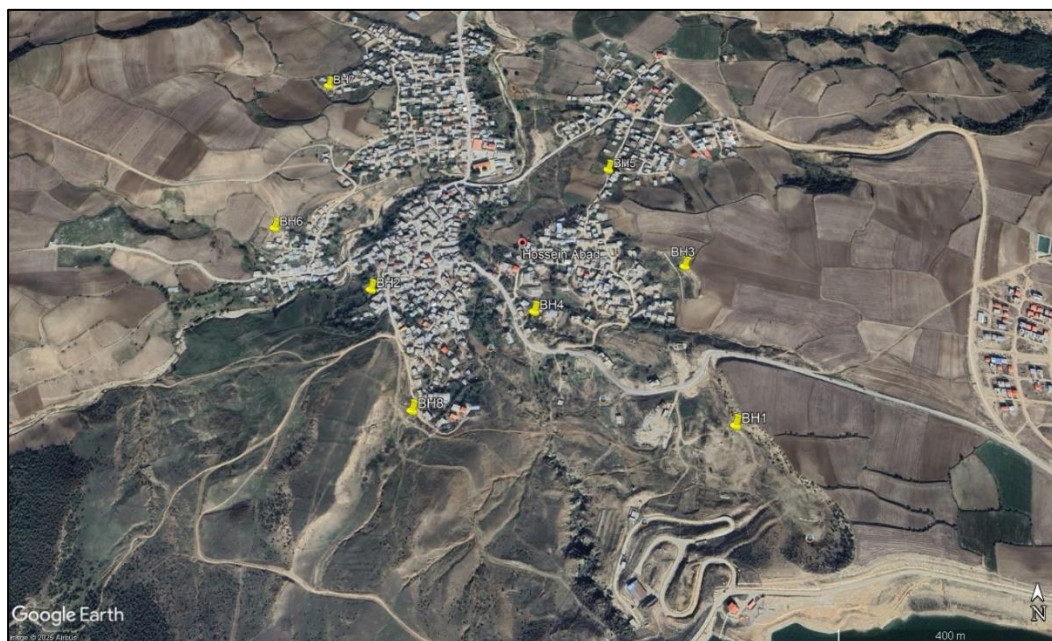
شکل شماره ۱۶: تصاویری از بریدگی رودخانه در دامنه‌های پایین دست محله حسن‌آباد، نشان دهنده رخنمون‌های سنگ بستر منطقه از جنس لایه‌های کنگلومرای و ماسه‌سنگی سازند سرخ بالایی، در تصویر (الف) دید به سمت شمال شرق، در (ب) به سمت شمال و در (ج) و (د) به سمت شمال غرب است. برگرفته از گزارش پایدارسازی زمین لغزش روستا

### - تثبیت و پایدارسازی زمین لغزش ها

جهت تثبیت و پایدارسازی زمین لغزش ها برداشت های ژئوفیزیکی شامل ۶ پروفیل ژئوالکتریک با آرایه دوقطبی - دوقطبی، سه پروفیل لرزه نگاری شکست مرزی امواج S و P، برداشت های تک ایستگاهی و آرایه ای خردلرزه سنجی (میکروترمر) شامل یک برداشت آرایه ای در محل و ۱۷ برداشت تک ایستگاهی انجام گردیده است. همچنین ۸ گمانه ماشینی به منظور نمونه برداری های لازم و مطالعات ژئوتکنیکی حفر گردید که موقعیت گمانه ها در شکل شماره (۱۷) نشان داده شده است. در حین حفاری گمانه های اکتشافی، علاوه بر برداشت نمونه های حفاری، آزمون نفوذ استاندارد (SPT) در فواصل مشخص گمانه ها و تعیین ضریب تراوایی رسوبات ناپیوسته در صحرا (آزمایش لفران)، آزمایش های آزمایشگاهی همچون آزمایش های دانه بندی مکانیکی و هیدرومتری، حدود اتربرگ و درصد رطوبت طبیعی، آزمایش برش مستقیم، آزمایش سه محوری و تحکیم خاک، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی، مقاومتی و تغییر شکل پذیری لایه های زیر سطحی با توجه به شرایط لایه بندی زمین انجام گردیده است. در لاگ های حفاری شده در خاک مربوط به محدوده روستا، تا عمق حدود ۸ متر، بیشتر از نوع ریزدانه رسی با پلاستیسیته پایین (CL)، تا عمق حدود ۲۵ متری تا انتهای حفاری، از نوع مارن با میان لایه هایی از جنس خاک های ML و CL مشاهده شده است.

اندازه گیری و مشاهدات سطح آب زیرزمینی در محل روستا منتج از گمانه های حفر شده و بازدید میدانی انجام شده در فواصل مختلف از بلافاصله پس از رخداد زمین لغزش تا چند ماه بعد از رخداد می باشد. بدون شک بالآمدن سطح آب های زیرزمینی در اثر نفوذ برف آب ها و همچنین بارندگی های طولانی مدت و نفوذ آب از سد کالپوش یکی از عوامل کلیدی در وقوع زمین لغزش های روی داده در اواخر سال ۹۷ و اولی سال ۹۸ در روستای حسین آباد کالپوش بوده است. تراز آب زیرزمینی در حفاری های انجام شده به منظور شناسایی های ژئوتکنیکی به جز یک گمانه در محله فرهنگیان (گمانه bh6) روستای قدیم بقیه گمانه ها به آب رسیده اند. در گمانه های bh1 و bh2 که به ترتیب در درون توده لغزشی پایین دست سد و بالامحلله حفر شده اند سطح آب زیرزمین بسیار نزدیک به سطح زمین است و این خود یکی از دلایل اصلی وقوع لغزش های بزرگ و عمیق در این دو منطقه بوده و موجب شده است. محله فرهنگیان که در ادامه محله حسن آباد می باشد، محله هایی هستند که وقوع زمین لغزش در آنها ناچیز بوده است که عدم برخورد به سطح آب زیرزمینی هم گویای این مسئله است. از نشانه های بالآمدن تراز آب زیرزمینی در اثر بارندگی های زیاد سال قبل از رخداد زمین لغزش در محل جدید روستا بالآمدن سطح آب در گمانه شماره ۸ حفر شده در مطالعات اولیه ژئوتکنیکی سایت جدید روستا است. این گمانه که از نظر موقعیت در نزدیکی گمانه bh1 حفر شده در طرح تثبیت سایت قدیم روستا قرار دارد و دارای عمق ۱۲ متری در زمان حفاری خشک گزارش شده است اما در طی بازدیدهای میدانی طرح تثبیت (حدود ۵ ماه بعد از حفاری) سطح آب در آن در عمق ۷/۵ متری مشاهده گردیده است. علاوه بر سطح آب مشاهده شده در گمانه های حفاری شده وجود چشمه های متعدد قدیمی در دامنه های مشرف و داخل روستا و نیز دامنه های اطراف محل جدید روستا خاکی از این موضوع می باشد که سطح آب در منطقه همیشه بالا بوده است. از هم اینرو در سطح روستا در کنار پی ساختمان ها در برخی محله های مانند سعادت آباد جوی های کوچکی در زیر منازل کنده شده تا از این طریق بتواند آب را از زیر ساختمان ها خارج نمایند. سطح آب زیرزمینی در کل منطقه بالا بوده و در بعضی موارد بالاتر از تراز آب دریاچه سد قرار دارند. این امر از نظر بررسی ارتباط منابع آب زیرزمینی منطقه با تراز مخزن سد کالپوش حائز اهمیت است به این معنی که اگرچه به نظر می رسد آبیگری مخزن سد تا ترازهای حداکثر در بالا آمدن سطح آب زیرزمینی بی تاثیر نبوده است اما تمام علت آن

نیست و منطقه مورد مطالعه بطور کلی از نظر منابع آب زیر زمینی از قبل از احداث سد نیز غنی بوده است و پتانسیل بالآمدن سطح آب در منطقه در سال‌های پربارش وجود دارد.



شکل شماره ۱۶: موقعیت گمانه‌های حفرشده در محدوده روستای حسین آباد کالبوش

پس از انجام تحلیل پایداری، جهت پایدارسازی در روستا گزینه‌هایی شامل: خاکبرداری و خاکریزی (کاهش شیب)، دیوار با ارتفاع و هندسه‌های متفاوت (وزنی، طره‌ای، دوخت با انکر یا میخ کوبی و ...)، شامل خاکریزی پشت دیوار و خاکبرداری خاک بالای شیب، عمق نفوذ مناسب دیوار و انتخاب مصالح متناسب، در صورت نیاز شمع (به تنهایی یا با ترکیب دیوار) یا ریز شمع‌ها، بهسازی خاک، انواع سیستم‌های زهکشی و ... مورد بررسی قرار گرفته و مطابق با شرایط هر دامنه و زمین لغزش طرح‌های متناسب اجرایی پایدارسازی طراحی و ارائه و اجرا گردیده است که منجر به تثبیت زمین لغزش‌های روستا گردید (شکل ۱۸).



شکل شماره ۱۸: تصاویری از اجرای طرح‌های پایدارسازی زمین لغزش‌های روستا

### بحث و نتیجه گیری

رخداده زمین لغزش در روزهای پایانی سال ۱۳۹۷ و اوایل سال ۱۳۹۸ پس از وقوع سیلاب در بسیاری از استان‌های کشور از جمله خراسان شمالی، گلستان، سمنان، مازندران، گیلان، همدان، لرستان، کردستان، کرمانشاه، آذربایجان شرقی و غربی، زنجان صورت گرفت. باتوجه به تعداد زیاد رخداده زمین لغزش در مناطق روستایی کشور، دیدگاه جابجایی به مکان دیگر و فرار از زمین لغزش تغییر کرده و رویکرد پایدارسازی زمین لغزش‌های رخ داده و درجاسازی جایگزین گردید. لذا تثبیت و پایدارسازی تعداد زیادی از زمین لغزش‌های رخ داده در اواخر سال ۱۳۹۷ و اوایل سال ۱۳۹۸ و از جمله زمین لغزش‌های روستای حسین آباد کالپوش در شهرستان میامی استان سمنان در دستور کار دستگاه‌های اجرایی مسئول قرار گرفت. طی بازدیدهای میدانی مشخصات زمین لغزش‌های رخ داده در محل روستا و محدوده‌های آسیب دیده شناسایی گردید، که زمین لغزش‌های رخ داده در روستا به ۵ پهنه مختلف شامل ۱- پهنه لغزشی پایین دست سد کالپوش، ۲- پهنه لغزشی بالا محله و دامنه‌های جنوبی رودخانه قوشه-دگرمان، ۳- پهنه لغزشی بالا محله سعادت‌آباد، ۴- پهنه لغزشی بعثت‌آباد و ۵- پهنه لغزشی محله حسن‌آباد و دامنه‌های بالادست آن دسته بندی گردید. بزرگترین پهنه لغزشی مربوط به پهنه پایین دست سد کالپوش می باشد

که باعث تخریب منازل بسیاری گردیده است. احتمالاً رخداد زمین لغزش در این پهنه با افزایش تراز آب در پشت سد مرتبط بوده است. زمین لغزش های رخ داده به تعداد زیادی از منازل روستایی، تاسیسات و زیرساخت ها آسیب رساند که نیاز به بازسازی و تعمیر داشته اند. جهت تثبیت و پایداری زمین لغزش های رخ داده در روستا تعداد ۸ گمانه ماشینی و ۶ پروفیل ژئوالکتریک با آرایه دوقطبی - دوقطبی، سه پروفیل لرزه نگاری شکست مرزی امواج S و P، برداشت های تک ایستگاهی و آرایه ای خردلرزه سنجی (میکروترمور) شامل یک برداشت آرایه ای در محل و ۱۷ برداشت تک ایستگاهی انجام گردیده است. در ادامه تحلیل های پایداری و گزینه های پایداری زمین لغزش انجام شده و در نهایت طرح ها و نقشه های اجرایی جهت تثبیت زمین لغزش های روستا و ایمن سازی منازل روستایی ارائه گردید و اجرای طرح های مذکور نیز انجام شده است که برخی تصاویر طرح های اجرا شده در شکل شماره (۱۷) نمایش داده شده است. با انجام تثبیت، پایداری و ایمن سازی روستای حسین آباد کالپوش، از مهاجرت و جابجایی حدود ۱۰۰۰ خانوار با جمعیتی بالغ بر ۳۵۰۰ نفر جلوگیری گردید و از تبعات زینبار جابجایی های ناموفق پیشگیری شده است. مطابق اطلاعات موجود تا سال ۱۳۹۴ تعداد ۸۸۱ روستا در سطح کشور جابجا شده اند که اکثر آنها به دلیل خطرات ناشی از سوانح طبیعی مختلف جابجا گردیده اند که مهمترین مخاطره باعث جابجایی شامل سیل، زلزله و زمین لغزش بوده است، بطوری که بیش از ۷۴ درصد جابجایی های انجام شده در کشور ناشی از عوامل فوق می باشد (گرکانی و همکاران، ۱۳۹۷). صبوری و گرکانی (۱۴۰۳) به بررسی میدانی ۹ سایت جدید روستاهای جابجا شده پرداخته اند که جابجایی همه آنها ناموفق بوده و روستا در سایت جدید شکل نگرفته است. لذا باتمهیدات اتخاذ شده و انجام مطالعات و اجرای طرح های پایداری در روستای حسین آباد کالپوش از تکرار تجربه های ناموفق و پرهزینه جابجایی روستایی جلوگیری بعمل آمده است.

### سپاسگذاری

بدینوسیله از پژوهشکده سوانح طبیعی، اداره کل بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان سمنان که در انجام این پژوهش مساعدت و همکاری نمودند، صمیمانه تقدیر و تشکر می گردد.

## منابع:

- افشاری، ا.، قهرودی تالی، م.، صدوق، س. ح. و احتشامی معین آبادی، م.، (۱۳۹۸). ارزیابی ناپایداری دامنه ها در ناحیه راه آهن لرستان با استفاده از روش تداخل سنجی تفاضلی راداری (DInSAR). پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی. ۸(۳)، ۱۸۳-۲۰۲.
- بهاروند، س.، سوری، س.، رهنماد، ج. و جودکی، م.، (۱۳۹۷). تحلیل فعالیت زمین‌ساختی و ارتباط خطواره‌ها با خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه وارک، لرستان). نشریه زمین‌شناسی مهندسی. ۱۲ (۲)، ۲۳۷-۲۵۸.
- شریعت جعفری، محسن. (۱۳۷۶). زمین لغزش، انتشارات سازه. تهران.
- صبری، س. م.، (۱۴۰۲). بررسی ارتباط بین رخداد زمین لغزش با پهنه های گسلی در ایران. *دوفصلنامه کوآترنری ایران* ۹ (۱ و ۲)، ۸۰-۱۰۷.
- صبری س. م.، گرکانی س. ا. ح.، (۱۴۰۳). آسیب‌شناسی جابه‌جایی سکونتگاه‌های روستایی با رویکرد کاهش آثار مخاطرات طبیعی در سایت‌های جدید روستاها مسکن و محیط روستا، ۴۳ (۱۸۵)، ۹۲-۷۵.
- غیور بلورفروشان، م.، حسین زاده، س. ر.، لشکری پور، غ.، مینائی، م. و مرئی هروی، ح.، (۱۴۰۲). ارزیابی عملکرد بارش سنگین در فعال شدن مجدد پالتولنداسلاید روستای حسین آباد کالپوش. *پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی* ۱۱ (۱)، ۲۲-۳۸.
- گرکانی، س. ا. ح. و بشیری، م.، (۱۳۹۷). ملاحظاتی بر جابجایی سکونتگاه‌های روستایی، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
- کیانی، ط.، هیراد، ن. و غفورپور عنبران، پ.، (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های زمین ساخت فعال در گستره رودبار با نگرش ویژه بر زمین لغزش‌های منطقه. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۷ (۱)، ۶۵-۸۸.
- پژوهشکده سوانح طبیعی، (۱۳۹۸). گزارش بازدید از زمین لغزش روستای حسین آباد کالپوش شهرستان میامی، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان سمنان.
- نقشه زمین شناسی دوزین، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی کشور، سلامتی و شفیعی ۱۳۸۰.

- Donny, R.W., Hidayati, S., Muslim, D., and Sulaksana, N., (2015). Control morphology to the landslide Induced Earthquake: Case Study Padang Pariaman, Sumatra. 10th Asian Regional Conference of IAEG. doi: 10.13140/RG.2.1.4268.8487.
- Ehteshami-Moinabadi, M., (2022). Properties of fault zones and their influences on rainfall-induced landslides, examples from Alborz and Zagros ranges. *Environ Earth Sci* 81, 168. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10283-2>
- Haque, U., Blum, P., Da Silva, P.F., Andersen, P., Pilz, J., Chalov, S.R., Malet, J.P., Auflič, M.J., Andres, N., Poyiadji, E., Lamas, P.C., (2016). Fatal landslides in Europe. *Landslides* 13(6):1545–1554. <https://doi.org/10.1007/s10346-016-0689-3>
- Lin, Q., Wang, Y., (2018). Spatial and temporal analysis of a fatal landslide inventory in China from 1950 to 2016. *Landslides* 15(12):2357–2372. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1037-6>
- Petley, D., (2012). Global patterns of loss of life from landslides. *Geology* 40(10):927–930. <https://doi.org/10.1130/G33217.1>
- Soeters, R., Van Westen, C.J., (1996). Slope instability recognition, analysis and zonation. *Landslides* 247:129–177
- Vassileva, M., Motagh, M., Roessner, S., and Akbari, B., (2022). Evolution analysis of the April 2019 Hoseynabad-e Kalpush landslide in Iran inferred from multi-sensor satellite remote sensing and in-situ measurements, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-10402, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-10402>.
- Vassileva, M., Motagh, M., Roessner, S., Xia, Z., (2023). Reactivation of an Old Landslide in North–Central Iran Following Reservoir Impoundment: Results from Multisensor Satellite Time-Series Analysis. *Eng. Geol.* 327, 107337.
- Zhang, F., Huang, X., (2018). Trend and spatiotemporal distribution of fatal landslides triggered by non-seismic effects in China. *Landslides* 15(8):1663–1674. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1007-z>.