

## بررسی مورفومتری و پایش زمین لغزش به کمک سنجش از دور (مطالعه موردی زمین لغزش هاردنگ، غرب استان اصفهان)

محمد رضا نوجوان \*

استادیار گروه جغرافیا (ژئومرفولوژی) واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۲۶

### چکیده

زمین لغزش از جمله مخاطرات طبیعی است که موجب آسیب‌های مالی، جانی و تخریب منابع طبیعی می‌شود. ترکیب عامل‌های طبیعی و انسانی، شرایط رویداد این پدیده ناپایدار دامنه‌ای را در فرآیندهای انتقال ژئومورفیکی در پی دارد. هدف از این پژوهش، مورفومتری و تعیین میزان حرکت و ارزیابی تغییرات یکی از لغزش‌های قدیمی و فعال منطقه هاردنگ در ۷۵ کیلومتری جنوب غرب اصفهان است. در این منطقه انواع مختلفی از انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای دیده می‌شود و یکی از عمده‌ترین این حرکت‌ها، کوه رفت عظیمی است که حرکت‌های آن روستای هاردنگ را که در نزدیکی این ناپایداری قرار گرفته را به شدت تهدید می‌کند. بررسی مورفومتری این پدیده و تعیین میزان جابه‌جایی و مکانیزم این گونه حرکت‌ها، مارا در کنترل و پیش‌گیری از بروز خطرهای احتمالی یاری خواهد کرد. به منظور این ارزیابی لغزش ابعاد آن با استفاده از عکس‌های هوایی در ۲ مقطع زمانی ۱۳۳۴ و ۱۳۷۰ تعیین شد. در ادامه با استفاده از عملیات میدانی و با استفاده از Google Earth و نرم‌افزار GIS ابعاد لغزش در زمان حال مشخص گردید. با بررسی معادلات مختلف در برآورد حجم با استفاده از مساحت با توجه به شرایط توپوگرافی و نوع لغزش مشابه از فرمول  $A^{3/2}$  استفاده شد و حجم لغزش در مهر و موم‌های مختلف بررسی شد. با مقایسه ابعاد و حجم لغزش می‌توان میزان جابه‌جایی و تغییرات لغزش را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که میانگین سرعت حرکت این لغزش در طی ۵۶ سال در حدود ۳۲/۸۳۷ سانتی‌متر در سال بوده و اختلاف طول، عرض، محیط، مساحت و حجم این لغزش از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۰ به صورت صعودی افزایش یافته است (به ترتیب از ۱۸/۳۸۹ تا ۸۸۵۲۳۵/۳۱۶ متر مکعب) که مبین حرکت چرخشی انتقالی زمین لغزش در طی این سال‌ها است.

واژگان کلیدی: زمین لغزش، مورفومتری، هاردنگ.

### مقدمه

لغزش‌ها از جمله پدیده‌های بسیار پیچیده و در عین حال زیان‌بار به شمار می‌آیند که در اثر وقوع آن‌ها مواد دامنه‌ای از سطوح شیب‌دار جابه‌جا شده و زخم‌های نسبتاً عمیقی در سطح دامنه‌ها بر جای می‌ماند، وقوع چنین پدیده‌هایی در نزدیکی عوارض فرهنگی مانند مناطق مسکونی، جاده‌ها و ... موجب آسیب‌های مالی و تلفات جانی فراوان می‌شود.

آثار ناپایداری دامنه‌ها به صورت حرکت‌های توده‌ای در مقیاس کوچک تا وسیع می‌باشد. حرکت‌های دامنه‌ای ممکن است جزئی و منحصر به ریزش یک قطعه سنگ منفرد بوده یا این که بسیار بزرگ و فاجعه آفرین است. آسیب‌های ناشی از این نوع حرکت‌ها در کشورهای توسعه یافته بیشتر است اما ۹۵ درصد مرگ و میرهای ناشی از آن در کشورهای در حال توسعه اتفاق می‌افتد.

زمین لغزش‌ها از جمله ویرانگرترین حوادث طبیعی در مناطق شیب‌دار به حساب می‌آیند (کانانگو، ۲۰۰۶) آسیب‌های وارد به مناطق مسکونی و زیربنای اقتصادی و همچنین تلفات انسانی ناشی از زمین لغزش‌ها در سراسر جهان در حال افزایش است (سینگروی، ۲۰۰۴). عوامل متعددی مانند شرایط زمین‌شناسی، شرایط هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، وضعیت توپوگرافی و مورفولوژی، آب‌وهوا و هوازدگی بر پایداری یک شیب تأثیر گذاشته و می‌توانند باعث ایجاد لغزش شوند (سوترز، ۱۹۹۶؛ چائو، ۲۰۰۴؛ پیرت، ۲۰۰۵؛ گارفی، ۲۰۰۷). گرچه میزان آسیب‌های اقتصادی ناشی از زمین لغزش در کشورهای پیشرفته بیشتر است، ولی طبق مطالعات انجام شده توسط مرکز مطالعات بلایای طبیعی سازمان ملل متحد برای بسیاری از کشورهای در حال توسعه این آسیب‌ها یک و دو درصد تولید ناخالص ملی آن‌ها است (مهدوی فر، ۱۳۷۶).

امروزه استفاده از دانش سنجش از دور یکی از راه‌های بسیار مطمئن و کارآمد جهت فعالیت‌های مربوط به زمین اعم از ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، کشاورزی، منابع طبیعی و ... مورد توجه قرار گرفته است. عکس‌های هوایی دیدی وسیع و فرامرزی را از محیط برای انسان فراهم می‌کنند (شیرانی، ۱۳۹۲).

با بررسی مورفومتری زمین لغزش‌ها می‌توان میزان حرکت، جهت و نوع حرکت را تعیین کرد که با در نظر گرفتن میزان، سرعت و جهت جابه‌جایی می‌توان تعیین ریسک کرد و پیش‌بینی لازم جهت جلوگیری از وقایع جبران‌ناپذیر جانی و تا حدی مالی نمود و در نتیجه از میزان خطر چه مالی و چه جانی کاست.

استفاده از فن‌آوری ماهواره‌ای و تشخیص و تهیه نقشه زمین لغزش‌ها به تاریخ دهه ۱۹۷۰ زمانی که تصاویر اپتیکی قابل دسترس شدند، بر می‌گردد. پژوهشگران اولیه از تصاویر Landsat و SPOT برای تشخیص زمین لغزش‌ها استفاده کردند (Gagnon, 1975; Mc Donald and Grubbs, 1975; Sauchyn and Trench, 1978; Stephens, 1988; Huang and Chen, 1991).

شیرانی، ۱۳۹۲، به شناسایی، پایش و سنجش خطرپذیری لغزش در ارتفاعات دناي زاگرس با استفاده تکنیک سنجش از دوری تصاویر ماهواره‌ای پرداخت.

همچنین برخی پژوهشگران به تحلیل ویژگی‌های مورفومتری زمین لغزش‌ها پرداختند، برای مثال اثبات شده است که زمین لغزش‌های کم عمق بیشتر توسط بارندگی‌های شدید کوتاه مدت و به دلیل وقوع سیلاب‌های ناگهانی ایجاد می‌شوند (براند، ۱۹۸۴؛ پولونی، ۱۹۹۲؛ کانسلی، ۱۹۸۵؛ کانن، ۱۹۸۵؛ ویک زورک، ۱۹۸۷؛ مورگان، ۱۹۹۷؛ پارنوز، ۲۰۰۲). درحالی که بیشتر زمین لغزش‌های عمیق تحت تأثیر بارندگی‌های سالانه بلند مدت می‌باشند که آمار بلند مدت این بارندگی‌ها مورد نیاز می‌باشد (بونارد، ۲۰۰۱؛ آیالیو، ۲۰۰۵).

دستیابی به اطلاعات مربوط به مساحت و تعداد زمین لغزش‌ها از روی عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین بازدیدهای میدانی به راحتی امکان پذیر می‌باشد، درحالی که حجم را نمی‌توان از روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص کرد. از آنجایی که اطلاعات مربوط به حجم در ارتباط با میزان فرسایش و تولید رسوب است، بنابراین مورد توجه ویژه - به خصوص برای متخصصین آبخیزداری - قرار می‌گیرد (Malamud et al., 2004)، برآورد حجم زمین لغزش امری مشکل است و نیازمند داده‌هایی از هندسه سطحی و زیرسطحی دامنه گسیخته شده است. (امیدوار و کاویان، ۱۳۸۹:۴۳۹). جمع‌آوری این اطلاعات که طی عملیات میدانی صورت می‌گیرد، مشکل و پرهزینه است. به همین خاطر در حال حاضر برآورد حجم زمین لغزش‌ها را به اندازه گیری‌های هندسی گسیختگی‌ها به ویژه مساحت مرتبط می‌نمایند، محاسبه می‌شود (Simonett, 1967; Rice et al., 1969; Innes, 1983; Hovius et al., 1997; Guthrie and Evans, 2004a; Korup, 2005b; ten Brink et al., 2006; Imaizumi and Sidle, 2007; Guzzetti et al., 2008; Imaizumi et al., 2008).

اشخاص مختلفی در مناطق مختلف جهان بر روی حجم لغزش‌ها با استفاده از مساحت لغزش مطالعاتی انجام داده‌اند که می‌توان به پژوهش‌های (Rice, Foggin, 1971; Abele, 1974; Innes, 1983; Simonett, 1967; Martin, 2002; Guthrie, Evans, 2004; Korup, 2005; Imaizumi, Sidle, 2008; Imaizumi, 2008; Guzzetti, 2009، اشاره کرد.

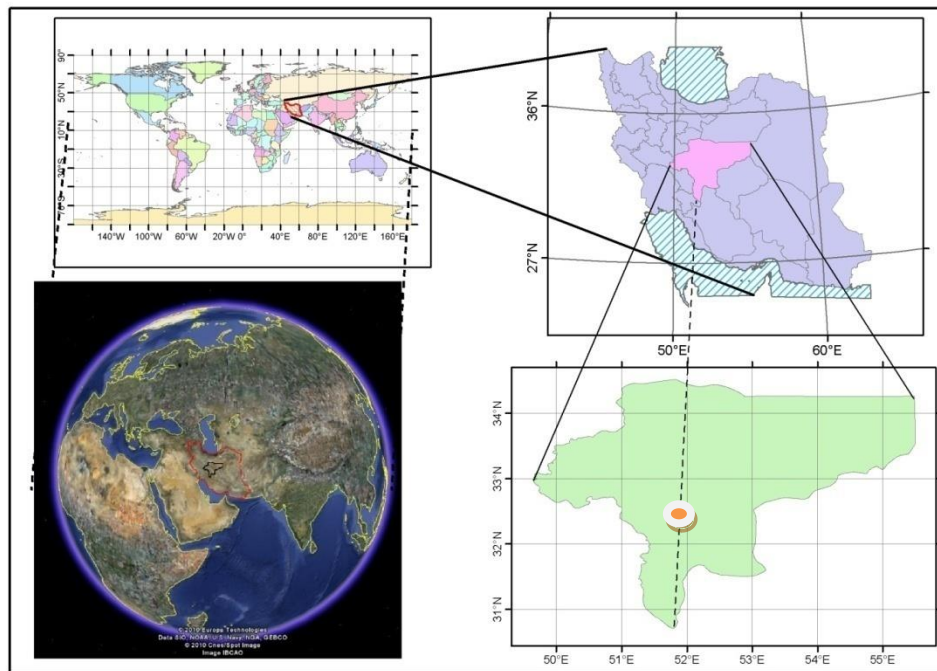
با بررسی منابع فوق مشخص شد که برآورد حجم زمین لغزش‌ها با استفاده از داده‌های مساحت در نقاط مختلف دنیا مورد بررسی قرار گرفته و مدل‌هایی که همگی به صورت توانی می‌باشند ارائه شده است. (امیدوار و کاویان ۱۳۸۹) و همچنین مرور منابع هم هدف با این پژوهش نشان می‌دهد که روش‌های مختلفی جهت محاسبه میزان حرکت توده وجود دارد که میزان دقت آن‌ها متفاوت است. روش‌هایی از قبیل روش‌های راداری و تفسیر عکس‌های هوایی و غیره که با توجه به شرایط منطقه و توده مورد مطالعه مناسب‌ترین روش انتخاب و معرفی می‌شود همچنین در بعضی از پژوهش‌های پژوهشگران به روش تجربی و بعضی با بهره‌گیری از کامپیوتر و نرم‌افزارهای مربوطه، این کارها را انجام داده‌اند.

تحلیل مورفومتری توده‌های جابه‌جا شده در اثر انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای می‌تواند تعیین کننده میزان، جهت و حتی سرعت این حرکت‌ها باشد. محاسبه شاخص جابه‌جایی توسط روش‌های متفاوتی از جمله مطالعات میدانی، بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای رادار امکان پذیر است.

با توجه به شرایط لیتولوژی، هیدرولوژی، توپوگرافی، جهت‌گیری دامنه‌ها، ویژگی سازندها و فرایندهای هوازدگی، منطقه هاردنگ از مستعدترین مناطق برای وقوع لغزش‌ها محسوب می‌شود، به همین دلیل می‌توان لغزش‌های متعددی در سرتاسر دامنه‌های اطراف هاردنگ مشاهده کرد.

## داده‌ها و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز لنجان‌ات یکی از زیر حوضه‌های حوضه آبریز باتلاق گاوخونی در بخش میانی فلات مرکزی ایران است و در مختصات جغرافیایی  $(2^{\circ} 51)$  تا  $(52^{\circ} 51)$  طول خاوری و  $(31^{\circ} 32)$  تا  $(45^{\circ} 31)$  عرض شمالی واقع شده است. این حوضه در تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران جزء حوضه آبریز فلات مرکزی، زیر حوضه باتلاق گاوخونی است. وسعت محدوده مطالعاتی لنجان‌ات در حدود  $3433$  کیلومتر مربع است که  $1726$  کیلومتر مربع آن را ارتفاع‌ها و  $1707$  کیلومتر مربع آن را دشت تشکیل می‌دهد. شیب کلی حوضه از جنوب و جنوب خاوری به شمال و شمال باختری رودخانه زاینده‌رود است. بارندگی متوسط سالانه منطقه  $171/2$  میلی‌متری باشد. منطقه مورد بررسی با نام هاردنگ، منطقه‌ای بین سه ده لنجان - پارک ملی تنگه صیاد و فرخ‌شهر است، منطقه‌ای است که در حوزه آبریز لنجان‌ات و  $75$  کیلومتری جنوب غرب اصفهان قرار گرفته است.

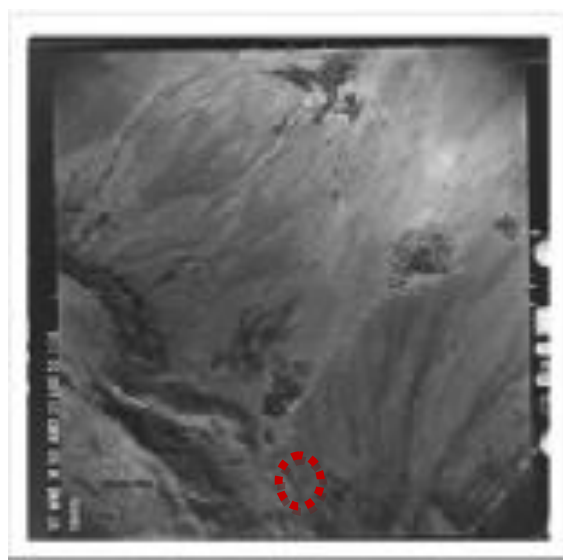


شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مختصات جغرافیایی زمین لغزش برابر  $30^{\circ} 11' 51''$  و  $32^{\circ} 16' 03''$  است. مساحت تقریبی منطقه  $10$  هکتار است و شیب تقریبی آن  $17\%$  است در این منطقه انواع مختلفی از انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای دیده می‌شود، یکی از عمده‌ترین این حرکت‌ها کوه رفت عظیمی است که تحرکات آن روستای هاردنگ را که در نزدیکی این ناپایداری قرار گرفته را به شدت تحدید می‌کند. در این روستا حدود  $1900$  نفر زندگی می‌کنند، که این زمین لغزش می‌تواند خطرهای جدی و فاجعه‌آمیزی را برای سکنه این روستا به وجود آورد، جاده اصلی از پایین این زمین لغزش می‌گذرد که دسترسی روستا را با شهرستان‌های اطراف امکان‌پذیر می‌کند. جنس زمین با توجه به بررسی نقشه زمین‌شناسی  $1:100000$  و همچنین

مطالعات صحرایی از سنگ‌های آتش‌فشان‌های اندزیتی و تراس‌های قدیمی و آبرفت‌های دانه‌درشت ماسه‌سنگ و قلوه سنگ تشکیل شده است. اسکارپ منطقه را سنگ‌های آهکی کرتاسه دوران دوم و سنگ‌های آتش‌فشانی دوران دوم و همچنین دشت‌های گراولی (سنگ‌ریزه‌ای، دانه‌های ماسه‌سنگی و قلوه سنگی) پوشانده است. جنس زمین محدوده لغزش کرتاسه k3 است و همچنین قسمتهایی از منطقه در دشت‌های گراولی قرار گرفته است.

در این پژوهش ابتدا عکس‌های هوایی مهر و موم‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۷۰ از اداره آبخیزداری استان و همچنین تصویر ۱۳۹۰ از Google Earth گرفته شد و سپس این تصاویر با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS روقومی شد (شکل ۲، ۳ و ۴).



شکل ۲: عکس هوایی منطقه هاردنگ سال ۱۳۳۴

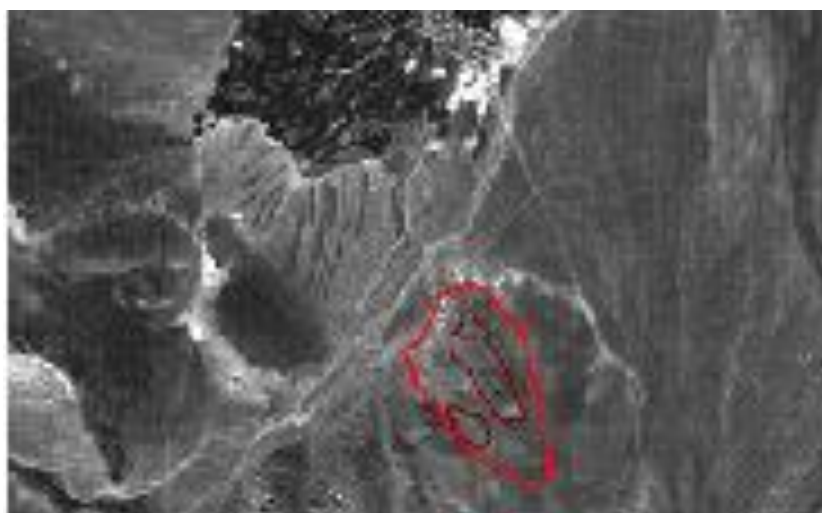


شکل ۳: عکس هوایی منطقه هاردنگ سال ۱۳۷۰



شکل ۴: عکس هوایی منطقه هاردنگ سال ۱۳۹۰

در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و همچنین مطالعات میدانی به بررسی محدوده لغزش پرداخته شد (شکل ۵، ۶، ۷) و با استفاده از عکس‌های هوایی در دسترس مورفومتری لغزش مورد مطالعه قرار گرفت و طول، عرض، محیط و مساحت لغزش در مهر و موم‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. و سپس با استفاده از فرمول  $\text{Volume} \sim A^{3/2}$  (Cruden, 1996) (که A در اینجا مساحت است) حجم لغزش به دست آمد، البته باید در نظر داشت که این رابطه برای لغزش‌های انتقالی مانند لغزش مورد بررسی ما صدق می‌کند. (جداول ۱، ۲، ۳).



شکل ۵: محدوده مشخص شده لغزش سال ۱۳۳۴



شکل ۶: محدوده مشخص شده لغزش سال ۱۳۷۰



شکل ۷: محدوده مشخص شده لغزش سال ۱۳۹۰

جدول ۱: مشخصات زمین لغزش سال ۱۳۳۴

لغزش سال ۱۳۳۴	طول	عرض	محیط	مساحت	حجم
مرز لغزش اصلی	۳۴۵/۶۳۹	۱۱۹/۳۴۶	۸۰۷/۲۶۴	۲۸۱۶۷/۵۷۵	۴۷۲۷۴۲۰/۰۰۹
مرز لغزش کوچک، چپ	۱۴۸/۸۵۸	۸۳/۷۵۱	۳۷۵/۳۵۸	۸۱۷۲/۴۵۷	۷۳۸۸۰۳/۵۲۷
مرز لغزش بزرگ	۶۲۷/۸۷۵	۳۳۱/۲۲۲	۱۵۵۷/۰۸۴	۱۴۰۳۸۸/۲۸۰	۵۲۶۰۱۲۷۶/۰۵

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲: مشخصات زمین لغزش سال ۱۳۷۰

لغزش سال ۱۳۷۰	طول	عرض	محیط	مساحت	حجم
مرز لغزش اصلی	۳۵۲/۸۰۸	۱۲۱/۳۲۲	۸۴۲/۷۷۸	۲۸۸۵۵/۴۲۶	۴۹۰۱۶۳۸/۰۱۴
مرز لغزش کوچک، چپ	۱۴۹/۲۰۶	۹۱/۲۵۵	۴۱۷/۱۸۶	۱۰۱۱۹/۴۶۹	۱۰۱۷۹۷۳/۷۶۷
مرز لغزش کوچک، راست	۵۷/۳۴۲	۵۶/۱۶۷	۱۷۸/۲۸۶	۲۲۰۳/۸۵۲	۱۰۳۴۶۰/۳۷۷
مرز لغزش بزرگ	۶۸۱/۹۹۶	۳۶۳/۶۹۹	۱۷۱۲/۵۴۶	۱۴۹۵۵۹/۹۷۲	۵۷۸۳۹۳۰۴/۵۹

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳: مشخصات زمین لغزش سال ۱۳۹۰

لغزش سال ۱۳۹۰	طول	عرض	محیط	مساحت	حجم
مرز لغزش اصلی	۳۶۴/۰۲۸	۱۲۳/۱۱۶	۸۷۳/۵۰۱	۳۱۵۸۲/۴۳۴	۵۶۱۲۶۵۵/۶۲۲
مرز لغزش کوچک، چپ	۱۵۲/۴۷۶	۹۵/۴۶۴	۵۰۲/۹۵۱	۱۰۵۰۳/۳۱۳	۱۰۷۶۴۳۹/۰۹۳
مرز لغزش کوچک، راست	۶۲/۰۹۲	۶۲/۵۹۹	۱۸۳/۸۱۹	۲۳۴۴/۷۲۵	۱۱۳۵۳۷/۱۱۹۳
مرز لغزش بزرگ	۷۲۵/۲۱۹	۳۶۹/۱۱۶	۱۸۳۷/۲۴۱	۱۹۱۳۸۸/۹۲۱	۸۳۷۲۸۸۶۲/۴۷

منبع: یافته‌های پژوهش

## نتایج و بحث

با توجه به اهمیت میزان حجم لغزش در زمین لغزش‌های به وجود آمده برای برآورد رسوب ناشی از این جابجایی و با به دست آوردن مساحت لغزش در دوره‌های مختلف با توجه به منابع مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از فرمول  $\text{Volume} \sim A^{3/2}$  (cruden, 1996) که بنا به شرایط اقلیمی، لیتولوژی و نوع لغزش موجود مشابه می‌باشند به بررسی میزان حجم لغزش پرداخته شد. با استفاده و بررسی جداول به دست آمده، تفاوت و میزان جابه‌جایی را در طول این ۵۶ سال به دست آوردیم که در جداول (۴، ۵، ۶ و ۷) آورده شده است.

جدول ۴: اختلاف طول لغزش‌ها در مهر و موم‌های مورد بررسی

سال	۱۳۷۰-۱۳۳۴	۱۳۹۰-۱۳۷۰	۱۳۹۰-۱۳۳۴
میزان اختلاف طول لغزش اصلی	۷/۱۶۹	۱۱/۲۲	۱۸/۳۸۹
میزان اختلاف طول لغزش سمت چپ	۰/۳۴۸	۳/۲۷	۳/۶۱۸
میزان اختلاف طول لغزش سمت راست	۰	۴/۷۵	۰
میزان اختلاف طول لغزش بزرگ	۵۴/۱۲۱	۴۳/۲۲۳	۹۷/۳۴۴

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۵: اختلاف عرض لغزش‌ها در مهر و موم‌های مورد بررسی

سال	۱۳۷۰-۱۳۳۴	۱۳۹۰-۱۳۷۰	۱۳۹۰-۱۳۳۴
میزان اختلاف عرض لغزش اصلی	۱/۹۷۶	۱/۷۹۴	۳/۷۷
میزان اختلاف عرض لغزش سمت چپ	۷/۵۰۴	۴/۲۰۹	۱۱/۷۱۳
میزان اختلاف عرض لغزش سمت راست	۰	۴/۷۵	۰
میزان اختلاف عرض لغزش بزرگ	۳۲/۴۷۷	۵/۴۱۷	۳۷/۸۹۴

منبع: یافته‌های پژوهش



**جدول ۶: اختلاف محیط لغزش‌ها در مهر و موم‌های مورد بررسی**

سال	۱۳۷۰-۱۳۳۴	۱۳۹۰-۱۳۷۰	۱۳۹۰-۱۳۳۴
میزان اختلاف محیط لغزش اصلی	۳۵/۵۱۴	۳۰/۷۲۳	۶۶/۲۳۷
میزان اختلاف محیط لغزش سمت چپ	۴۱/۸۲۸	۴/۰۹۶	۴۵/۹۲۴
میزان اختلاف محیط لغزش سمت راست	۰	۵/۵۳۳	۰
میزان اختلاف محیط لغزش بزرگ	۱۵۵/۴۶۲	۱۲۴/۶۹۵	۲۸۰/۱۵۷

منبع: یافته‌های پژوهش

**جدول ۷: اختلاف مساحت لغزش‌ها در مهر و موم‌های مورد بررسی**

سال	۱۳۷۰-۱۳۳۴	۱۳۹۰-۱۳۷۰	۱۳۹۰-۱۳۳۴
میزان اختلاف مساحت لغزش اصلی	۶۸۷/۸۵۱	۲۷۳۷/۰۰۸	۳۴۱۴/۸۵۹
میزان اختلاف مساحت لغزش سمت چپ	۱۹۱۹/۷۲۹	۴۱۱/۱۲۷	۲۳۳۰/۸۵۶
میزان اختلاف مساحت لغزش سمت راست	۰	۱۴۰/۸۷۳	۰
میزان اختلاف مساحت لغزش بزرگ	۹۱۷۱/۶۹۲	۴۱۸۲۸/۹۴۹	۵۱۰۰۰/۶۴۱

منبع: یافته‌های پژوهش

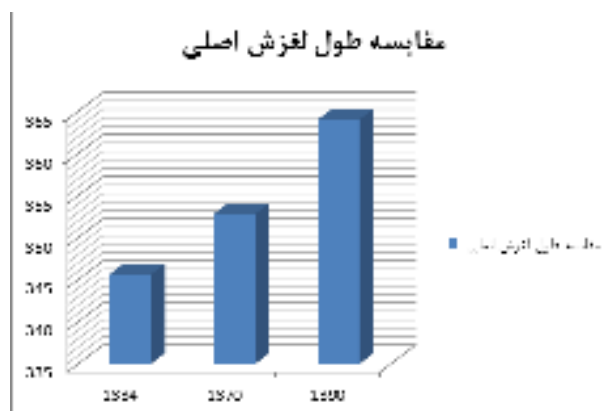
**جدول ۸: اختلاف حجم لغزش‌ها در مهر و موم‌های مورد بررسی**

سال	۱۳۷۰-۱۳۳۴	۱۳۹۰-۱۳۷۰	۱۳۹۰-۱۳۳۴
میزان اختلاف حجم لغزش اصلی	۱۷۴۲۱۸/۰۰۵	۷۱۱۰۱۷/۶۰۸	۸۸۵۲۳۵/۶۱۳
میزان اختلاف حجم لغزش سمت چپ	۲۷۹۱۷۰/۲۳	۵۸۴۶۵/۳۲۶	۳۳۷۶۳۵/۵۵۶
میزان اختلاف حجم لغزش سمت راست	۰	۱۴۰/۸۷۳	۰
میزان اختلاف حجم لغزش بزرگ	۹۱۷۱/۶۹۲	۴۱۸۲۸/۹۴۹	۵۱۰۰۰/۶۴۱

منبع: یافته‌های پژوهش

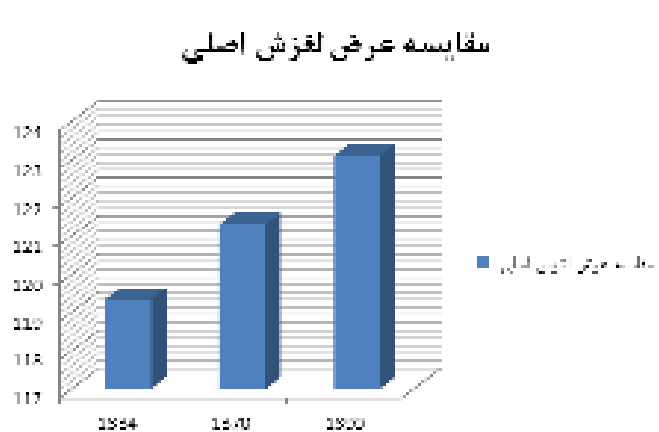
با توجه به بررسی مقادیر آورده شده در جداول فوق به این نتیجه می‌رسیم که طول، عرض، محیط، مساحت و حجم این لغزش‌ها در فاصله زمانی مهر و موم‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۰ به صورت صعودی افزایش یافته است که مبین حرکت چرخشی انتقالی زمین لغزش در طی این سال‌ها است و همچنین از نرم‌افزار Excel جهت ترسیم نمودارها برای مقایسه میزان جابه‌جایی لغزش‌ها در طی مهر و موم‌های مختلف استفاده شد. با مطالعه نمودارهای مربوطه می‌توان روند صعودی تغییرات را مشاهده کرد.

با استفاده از مقادیر به دست آمده از میزان جابجایی طولی لغزش و استفاده از برنامه Excel این میزان جابه‌جایی با نمودارها به تصویر کشیده شد و می‌توان میزان تغییرات و همچنین صعودی بودن روند تغییرات را مشاهده کرد. همچنین این مراحل برای بررسی عرض و حجم این لغزش نیز انجام شد که در ادامه آورده شده است.



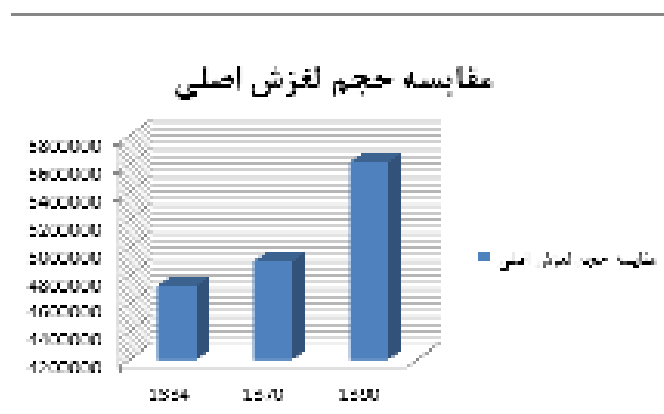
منبع: نگارنده

شکل ۸: مقایسه طول لغزش اصلی (مرکزی)



منبع: نگارنده

شکل ۹: مقایسه عرض لغزش اصلی (مرکزی)



منبع: نگارنده

شکل ۱۰: مقایسه حجم لغزش اصلی (مرکزی)

متوسط سرعت این حرکت را با توجه به آمار به دست آمده از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۷۰ حدود ۱۹ سانتی متر در سال برآورد شده و از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۹۰ متوسط سرعت سالانه حدود ۵۶ سانتی متر در سال برآورد شد و در کل

میانگین سرعت به دست آمده در طی ۵۶ سال در حدود ۳۲/۸۳۷ سانتیمتر در سال به دست آمده است که با توجه به مشاهدات صحرایی و بررسی تصاویر به این واقف شدیم که این لغزش فعال است. هدف از این پژوهش تحلیل آماری پارامترهای فیزیکی، مورفولوژیکی و نیز برخی عوامل انسانی و طبیعی مؤثر بر وقوع زمین لغزش، به نظر شناسایی بیشتر وضعیت شکل گیری توده لغزشی منطقه اعم از میزان کشیدگی و گسترش، وضعیت تغییر شکل طولی و عرضی و نیز حجم خاک فرسایشی ناشی از لغزش است. ما در این پژوهش مکانیزم این حرکت را بررسی کردیم و همچنین میزان جابه جایی توده را برآورد کردیم و به محاسبه مورفومتری توده های جابه جا شده پرداختیم، و همچنین از روی پارامترهای مورفومتری به طبقه بندی و شناسایی رسیدیم.

### نتیجه گیری

لغزش مورد مطالعه یک لغزش قدیمی وسیعی است که در چند سال اخیر فعال تر شده و ساکنین روستای هاردنگ و همین طور ساختمان ها، مزارع و جاده اصلی که در مسیر آن قرار دارد را تهدید می کند. مورفومتری این لغزش با استفاده از عکس های هوایی و مطالعات میدانی و کار با نرم افزار GIS محاسبه شده است. متوسط سرعت حرکت این لغزش در طی ۵۶ سال در حدود ۳۲/۸۳۷ سانتیمتر در سال به دست آمد. با توجه به مقادیر به دست آمده از میزان و نوع و جهت جابه جایی از روی عکس های هوایی و مطالعات صحرایی نوع حرکت را چرخشی انتقالی بیان کرده است. پیشنهادهایی که می توان مورد توجه قرار داد:

- ۱- می توان با استفاده از تصاویر رادار در پریودهای کوتاه تر این روند جابه جایی را مورد بررسی قرار داده و به پایش و تأیید این جابه جایی پرداخت؛
- ۲- از تغییر کاربری در زمین های این منطقه جلوگیری شود تا از سرعت بیشتر این لغزش ها جلوگیری کرد؛
- ۳- با استفاده از اقدام های بیولوژیکی و سازه ای جهت تثبیت دامنه های این منطقه اقدام نمود؛
- ۴- از گسترش مناطق مسکونی و یا مراکز عمومی در نزدیکی این لغزش ممانعت شود؛
- ۵- آموزش همگانی به ویژه ساکنان اطراف منطقه به منظور توجه بیشتر به صدمات ناشی از آن و کاهش سرمایه گذاری در آینده در زمینه ای نزدیک به زمین لغزش.

### منابع

- ۱- امیدوار، ابراهیم و عطا... کاویان، (۱۳۸۹)، برآورد حجم زمین لغزش بر پایه مساحت در مقیاس منطقه ای (بررسی موردی: استان مازندران)، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، شماره ۴، زمستان ۸۹، ۴۳۹-۴۵۵.
- ۲- شاد فر، ص و همکاران، (۱۳۸۴): پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز لاکتراشان، نشریه علمی ترویجی حفاظت آب و خاک، شماره ۱.

۳- مهدوی فر، محمدرضا، (۱۳۷۶): پهنه‌بندی خطر زمین لغزش منطقه خورش رستم (جنوب غربی شهرستان خلخال)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

- 4- Abele, G., (1974): Bergsturze in Den Alpen – Ihre Verbreitung, Morphologie and Folgeerscheinungen, Wiss. Alpenvereinshefte, 25, P 247.
- 5- Avanzi, G.D., Giannecchini, R., and Pucchnelli, A. (2004): The Influence of The Geological and Geomorphological Settings on Shallow Landslides. An Example of a Temperate Climate Environment: The June 19, (1996): Event in Northwestern Tuscany (Italy). Engineering Geology, 73:215-228.
- 6- Ayalw, L., Ymagishi, H., and Kanno, T. (2005): Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS- Based Susceptibility Mapping With Comparisons of Results From Two Methods and Verifications. Engineering Geology, 81:432-445.
- 7- Bonnard, Ch., and Noverraz, F. (2001): Influence of Climate Change on Large Landslides: Assessment of Long Term Movements and Trends. P 121-138, Proceeding of The International Conference on Landslides: Causes Impact and Countermeasures, Gluckauf, Essen, Davos.
- 8- Brand, E.W., Pritchett, J., and Phillip Son, H. B. (1984): Relationship Between Rainfall and Landslides in Hong Kong. P 377-384, Proceeding of The IV International Symposium on Landslides, Toronto.
- 9- Cancelling, A., and Nova, R. (1985): Landslides in Soil Debris Cover Triggered By Rainstorm in Valtellina (Central Alps, Italy). P 267-272, Proceeding of The IV International Conference on Landslides, Tokyo. Rotterdam.
- 10- Cannon, S. H., and Ellen, S. D. (1985): Rainfall Conditions For Abundant Debris Avalanches, San Francisco Bay Region, California Geology. 38:12. 267-272.
- 11- Chau, K. T., Sze, Y.L., Fung, M.K., W.Y., Fong, E.L., and Chan, L.C. (2004): Landslide Hazard Analysis For Hong Kong Using Landslide Inventory and GIS. Computers and Geosciences, 30: 429-443.
- 12- Garfi, G., and Bruno, D.E. (2007). Fan Morfodynamics and Slop Instability in The Mucone River Basin (Sila Massif, Southern Italy): Significant of Weathering and Role of Land Use Changes. Catena, 50:181-196.
- 13- Guthrie, R. H., Evans, S. G., (2004a): Analysis of Landslide Frequencies and Characteristics in A Natural System, Coastal British Columbia. Earth Surface Processes and Landforms 29, 1321-1339.
- 14- Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Reichenbach, P., Rossi, M., (2008): Distribution of landslides in The Upper Tiber River Basin, Central Italy. Geomorphology 96, 105-122.
- 15- Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Rossi, M., Valigi, D., (2009): Landslide Volumes and Landslide Mobilization Rates in Umbria, Central Italy, Earth and Planetary Science Letters, Vol. 279, Pp. 222–229.
- 16- Hovius, N., Stark, C.P., Allen, P.A., (1997): Sediment Flux From a Mountain Belt Derived By Landslide Mapping. Geology 25, 231-234.
- 17- Imaizumi, F., Sidle, R.C., (2007): Linkage of Sediment Supply and Transport Processes in Miyagawa Dam Catchment, Japan. Journal Geophysical Research 112 (F03012). Doi: 10.1029.2006JF000495.
- 18- Imaizumi, F., Sidle, R.C., Kamei, R., (2008): Effects of Forest Harvesting on The Occurrence of Landslide and Debris Flows in Steep Terrain of Central Japan. Earth Surface Processes and Landforms 33, 827-840. doi:10.1002/esp.1574.
- 19- Innes, J.N., (1983): Lichen Metric Dating of Debris-Flow Deposits in The Scottish Highlands. Earth Surface Processes and Landforms 8,579-588.
- 20- Kanungo, D.P., Arora, M.K., Sarcar, S., and Gupta, R.P. (2006): A Comparative Study of Conventional, ANN Black Box, Fuzzy and Combined Neural and Fuzzy Weighting

- Procedures For Landslide Susceptibility Zonation In Darjeeling Himalayas. *Engineering Geology*, 85:347-366.
- 21- Korup, O., (2005b): Distribution of Landslides in Southwest New Zealand. *Landslides* 2, 43-51.
  - 22- Malamud, B. D., Turcotte, D. L., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2004a): Landslide Inventories and Their Statistical Properties. *Earth Surface Processes and Landforms* 29, 687-711.
  - 23- Martin, Y., Rood, K., Schwab, J.W., Church, M., (2002): Sediment Transfer By Shallow Land Sliding in The Queen Charlotte Islands, British Columbia. *Canadian Journal of Earth Sciences* 39 (2), 189-205.
  - 24- Morgan, B.A., Wieczorek, G. f., Campbell, R.H., and Gori, P. L. (1997): Debris Flow Hazards in Areas Affected By The June 27, 1995 Storm in Madison County, Virginia. USGS Open File Report, 97-438.
  - 25- Paronuzzi, P., Del Fabbro, M., and Maddaleni, P. (2002): Frane Superficialità Slide Debris Flow Caudate Dal Nubifragio Del 21/22 Giugno 1996 Nella Val Chiarso (Alpi Carniche, Friuli). *Memorie Della Societa Geological Italian a*, 57: 443-452.
  - 26- Peart, M.R., Ng, K. Y., and Zhang, D. D. (2005): Landslides and Sediment Delivery to A Drainage System: Some Observations from Hong Kong. *Asian Earth Sciences*, 25:821-836.
  - 27- Polloni, G., Ceriani, M., Lauzi, S., Padovan, N., and Crosta, G. (1992): Rainfall and Soil Slipping Events in Valtellina. P183-188, In Proc. Of the VI International Symposium on Landslides. Christchurch.
  - 28- Remondo, J., Bonachea, J., Cendrero. A/2 (2007): Quantitative Landslide Risk Assessment and Mapping on The Basis of Resent Occurrences, *Geomorphology*, Vol. 8.
  - 29- Rice, R. M., Corbett, E.S., Bailey, R. G., (1969): Soil Slips Related to Vegetation, Topography, and Soil in Southern California. *Water Resources Research* 5 (3), 647-659.
  - 30- Rice, R. M., Fogging III, G.T., (1971): Effects of High Intensity Storms on Soil Slippage On Mountainous Watersheds in Southern California. *Water Resources Research* 7(6), 1485-1496.
  - 31- Simonett, D.S., (1967): Landslide Distribution and Earthquakes in The Bewani and Torricelli Mountains, New Guinea. In: Jennings, J. N., Mabbutt, J. A. (Eds.), *Landform Studies From Austral A and New Guinea*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 64-84.
  - 32- Singh Rory, V., Glenn, N., and OH Kura, H. (2004): Landslide Hazard Team Report of The CEOS Disaster Management Support Group. CEOS Disaster Information Server. National Academy Press, Washington, D.C. Pp: 130-132
  - 33- Soeters, R., and Van Westen, CJ. (1996): Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation. In: Keith, T.A, Schuster, R.L. (Eds.), *Landslide Investigation and Mitigation*. Special Report, 247p.
  - 34- Ten Brink, U.S., Geist, E. L., Andrews, B.D., (2006): Size Distribution of Submarine Landslides and Its Implication to Tsunami Hazard in Puerto Rico. *Geophysical Research Letters* 33, L. 11307.
  - 35- Wieczorek, G. F. (1987): Effect of Rainfall Intensity and Duration on Debris Flows in Central Santa Cruz Mountains, California. In: Costa, Wieczorek. (Ed.), *Debris Flows/ Avalanches: Processes, Recognition and Mitigation*. Reviews in Engineering Geology, Geological Society of America, 7:23-104.
  - 36- Zolfagari. (2007): 6+A HEATH. A. C. A G I S Application for Assessing Land Slide Over Alarg Area Computer and Geomorphology.