



## Geographic Notion

Vol.3. Spring 2008

Zanjan University

No.19

## اندیشه جغرافیایی

سال دوم، شماره سوم، بهار ۱۳۸۷

دانشگاه زنجان

مقاله شماره ۱۹

### بررسی سالانه زاویه ارتفاع خورشیدی در سطوح شیب‌دار ایران

دکتر غلام حسن جعفری<sup>۱</sup>

#### چکیده

زاویه ارتفاع خورشیدی یکی از عواملی است که بر میزان انرژی دریافتی زمین از خورشید اثر می‌گذارد که در درجه اول به عرض جغرافیایی، زمان روز و ماه و فصل سال در درجه بعد به مقدار و جهت شیب زمین بستگی دارد. برای برآورد زاویه ارتفاع خورشید در سطوح شیب‌دار فرمول‌های متعددی ارائه شده است. در این جا با استفاده از یکی از فرمول‌های تجربی که فاکتورهای فوق (فاکتورهای مؤثر در زاویه ارتفاع خورشیدی) را مد نظر قرار داده و برنامه نویسی در محیط ++C، متوسط سالانه زاویه ارتفاع خورشید را در سطوح شیب‌دار مختلف (از صفر تا ۹۰ درجه) در ۱۶ جهت اصلی و فرعی و در تک‌تک عرض‌های جغرافیایی ایران (از ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی) برآورد شده است. سپس با استفاده از ارقام برآوردی، روابط بین زاویه شیب زمین بر حسب درجه را با زاویه ارتفاع خورشیدی، در عرض‌های جغرافیایی مختلف ایران در جهت‌های مختلف، محاسبه شده است. از این گونه روابط می‌توان تحلیل‌های متعددی نمود. از جمله می‌توان شیب سطوحی از زمین را که زاویه ارتفاع خورشیدی در آن‌ها کم‌ترین و یا بیشترین تمایل را دارد، مشخص کرد و زاویه ارتفاع خورشیدی را در هر شیب و جهتی برآورد نمود.

**واژگان کلیدی:** ارتفاع خورشیدی، سطح شیب‌دار، جهت، عرض جغرافیایی، زمان، روابط فیزیکی.

<sup>۱</sup> - استادیار دانشگاه زنجان jafarihas@yahoo.com

## مقدمه

یکی از انواع ناپایداری دامنه‌ای که هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را بر زندگی انسان‌ها وارد می‌کند پدیده زمین لغزش است. وجود عوامل مستعد کننده ناپایداری دامنه‌ها شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی از جمله عوامل ایجاد خسارت فراوان به منابع طبیعی و مسکونی، از قبیل هدر رفت سریع خاک، تخریب اراضی کشاورزی، مسکونی، جنگل، جاده‌ها می‌باشد (رمضانی و ابراهیمی، ۱۳۸۸: ۱۲۹). در پدیده لغزش، ممکن است مواد به صورت توده عظیمی از قسمت بالایی دامنه به پایین کشیده شده، سانحه‌ای ایجاد نماید، خطر اینگونه سوانح وقتی زیاد خواهد بود که در محلات یا مراکز تجمع انسانی روی زمین‌هایی که در حال لغزش هستند روی دهد (ماکس دریو، ۱۳۸۳: ۲۶). طبق مطالعات انجام شده توسط مرکز مطالعات بلایای طبیعی سازمان ملل متحد برای بسیاری از کشورهای در حال توسعه، این خسارات یک و دو درصد تولید ناخالص ملی آنها است (مهدوی فر، ۱۳۷۶، ۱۵). بر اساس آمار اولیه بانک اطلاعات زمین لغزش‌های کشور در سال ۱۳۸۳ خسارات ناشی از ۲۵۴۸ زمین لغزش بالغ بر ۱۰۷ کشته و ۳۸۶ میلیارد ریال بوده است (گرایسی، ۱۳۸۵: ۱۲۱). از اینرو استراتژی روبرو شدن با زمین لغزش شامل شناخت فرآیند و تحلیل خطوط پیش‌بینی زمین لغزش برای کاهش پیشرفت و خسارات ناشی از آن می‌باشد (Lan & Et: 105, 2004).

در مورد زمین لغزش تعاریف زیادی وجود دارد. در فرهنگ لغت آکسفورد ذکر شده است که واژه (landslide) لغت آمریکایی و معادل واژه (landslip) لغت انگلیسی می‌باشد و به این صورت تعریف شده است: لغزش رو به پایین یک توده بر یک کوه یا یک دامنه پرشیب. تعریف جامع‌تر را می‌توان اینگونه گفت که، لغزش عبارت است از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه‌ها

(محمودی ، ۱۳۸۶ : ۳۸). حرکت توده ای از مواد عبارت از جابجایی مواد هوا زده و سنگ های روی دامنه تحت تاثیر نیروی ثقل است، شناخت و تشخیص انواع حرکات توده ای به سال های ۱۸۶ میلادی در چین باز می گردد (Barbb , 1991: 52). در مورد حرکات توده ای مواد روی دامنه ها طبقه بندی متعددی ارائه شده است. وارنز حرکات توده ای مواد را بر اساس نوع حرکت از جمله سقوط آزاد، فرو ریختن، لغزش، پخش، جریان، و نیز نوع مواد موجود تقسیم بندی می کند، که یکی از این حرکات توده ای، زمین لغزش است (varnes , 1978: 13). علل حرکات توده ای می تواند برش داخلی و خارجی می باشد. علل داخلی معمولا شرایط ذاتی و بنیادین نظیر جنس مواد لایه هایی مانند رس ها که با افزایش آب مقاومت برشی آن کاهش می یابد و نیروی خارجی که موجب افزایش تنش برشی دامنه می شود، عوامل زمین لرزه ها می تواند طبیعی و یا حاصل کار انسان باشد مانند افزایش بار دامنه عبور دایم وسایل نقلیه سنگین (مقیم و همکاران ، ۱۳۸۷ : ۵۵). از چند دهه گذشته تاکنون در مورد موضوع زمین لغزش، مطالعات گسترده ای در جهان و ایران صورت گرفته است که جهت اختصار در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۱: خلاصه پیشینه مطالعاتی علل زمین لغزش

مؤلف	سال	عنوان اثر یا مقاله	علل زمین لغزش و نتایج
زئیر	۱۹۹۹	زمین لغزش در شمال منطقه لیسون: تهویه و تحریک عوامل	ساختار زمین شناسی، سنگ شناسی، کاربری اراضی و فعالیتهای انسانی
ونو و همکاران	۲۰۰۱	پهنه بندی زمین لغزش منطقه foreservior	بافت سنگین خاک و شیب بالای دامنه ها
اوداک اغلو و همکاران	۲۰۰۲	دینامیک حرکات توده ای مجتمع موجب شده توسط باران های شدید: مطالعه موردی NW ترکیه	بارش سنگین باران
اسیزاو و بنگوچه	۲۰۰۲	پهنه بندی و نقش برداری خطر زمین لغزش در حوضه ریو گرانده	سنگ شناسی، جهت شیب غالب، ذوب برفها و بارش رنگباری
گابت و همکاران	۲۰۰۴	آستانه بارش زمین لغزش در هیمالیا ی نیال	بارش های موسمی و شیب دامنه ها
کوماک و جرال	۲۰۰۶	مدل استعداد زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و فرایند چند متغیره perialpine statisticism	شیب، سنگ شناسی و نوع پوشش
آدابی و موسوی حرمی	۱۳۷۳	نقش لیتولوژی در زمین لغزش شمال شرق ایران	سنگ های غیر قابل نفوذ و تشکیل مواد رسوبی هوازده
طلایی و غیومیان	۱۳۸۰	شناخت و بررسی عوامل مؤثر در لغزش خیزی جنوب غربی خلخال	حضور رس در سازندهای حساس و جذب آب
کلارسانی	۱۳۸۱	بررسی عوامل مؤثر در زمین لغزشها و پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز	تأثیر کم دامنه ، فاصله از گسل و فاصله از شبکه هیدروگرافی در زمین لغزش

	شیرین رود ساری		
دومهری	۱۳۸۲	بررسی مناطق زمین لغزش در حوضه آبخیز لاکتراشان	شرایط زمین شناسی، وضعیت توپوگرافی، آب و هوا و جهت دامنه
الماس پور و همکاران	۱۳۸۴	پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه قزلچه اهرچای	شیب، جهت شیب کاربری، پوشش اراضی، فاصله از جاده و بارندگی
گرایبی	۱۳۸۵	بررسی حرکت توده ای زمین به منظور ارائه مدل منطقه ای پهنه بندی خطر در حوضه آبخیز لاجیم رود	شیب، جهت دامنه، فاصله از گسل، کاربری اراضی و بارندگی
مقیبی و همکاران	۱۳۸۷	ارزیابی و پهنه بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش در دامنه های شمالی آلاداغ	ساختار سازند زمین شناسی، لایه های آبدار، وزن درختان تنومند، و به صورت غیر مستقیم، ارتفاع، شیب و مانگاری برف
احمدی و همکاران	۱۳۸۹	پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش AHP حوضه آبخیز چلاو آمل	زمین شناسی، خاک شناسی، عناصر خطی، شیب، بارش، کاربری اراضی و ارتفاع

مآخذ: بررسی های محققان در ۱۳۹۰

با عنایت بر مروری که بر ادبیات مربوطه قرار گرفت می توان گفت که تحقیقات انجام شده به علل وقوع زمین لغزش پرداخته و مجموع مطالعات فوق نشان می دهد که علل طبیعی از مهمترین عوامل وقوع زمین لغزش به شمار می رود.

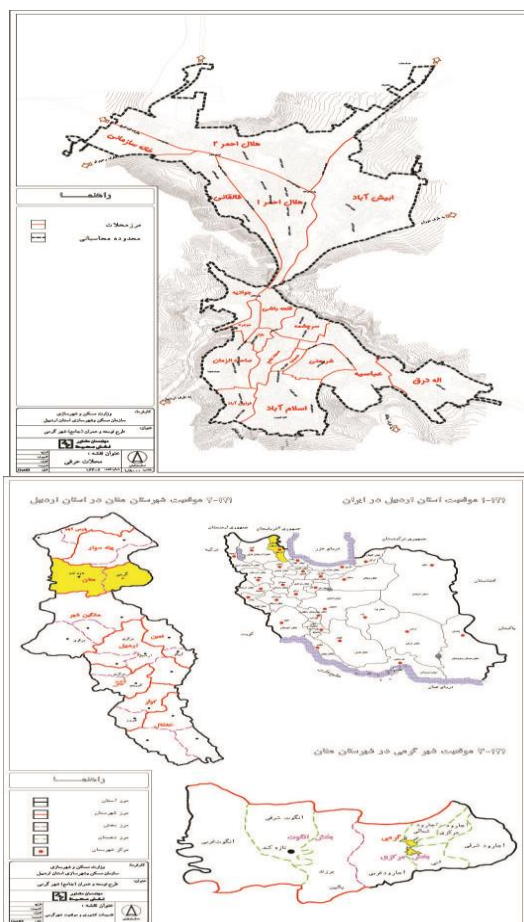
هدف از این تحقیق نیز شناخت عوامل مهم و موثر در ایجاد و تشدید زمین لغزش محله طالفانی شهر گرمی و استفاده از مطالعات و تجربیات سایر محققین در این زمینه به منظور یافتن راهکار های مدیریتی مناسب برای کاهش آسیب پذیری ناشی از زمین لغزش در شهر گرمی می باشد. در این راستا سوال تحقیق این است که، کدام عوامل در وقوع زمین لغزش گرمی موثر هستند؟ و چه راهکارهایی در جهت تثبیت و کنترل این پدیده در محدوده مورد مطالعه وجود دارد؟ چنین به نظر می رسد که در ابتدا نقش عوامل طبیعی (اقلیم، ژئومورفولوژی و توپوگرافی) در وقوع و شدت زمین لغزش شهر گرمی موثر است. اما از نقش عوامل انسانی یا آنتروپیک (کاربری اراضی، ساخت و ساز) در وقوع و شدت زمین لغزش نمی توان گذشت. بنابراین این مساله نیز مطرح است که روشهای انسانی برای کنترل و تثبیت زمین لغزش شهر گرمی موثر است یا روش های غیر فیزیکی؟ روش تحقیق این مقاله، به صورت روش توصیفی- تحلیلی است، به طوری که در مرحله ی توصیف، داده ها و اطلاعات مورد نیاز با روشهای اسنادی و کتابخانه ای بدست آمده. در این راستا، منابع داخلی و خارجی و مطالعه موقعیت زمین لغزش، ساختار سنگ شناسی، زمین شناسی، نوع کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه،

شیب، جهت دامنه، عناصر خطی (جاده، شبکه آبراهه، گسل ها)، ارتفاع محدوده، شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی محدوده مورد مطالعه پرداخته شده است که در بخش کتابخانه ای تهیه شده اند و بخش میدانی مبتنی بر تهیه و تکمیل پرسشنامه از سوی کارشناسان و افراد صاحب نظر (از: شورای اسلامی شهر، شهرداری، اداره بنیاد مسکن شهرستان گرمی، اداره نظام مهندسی شهرستان، فرمانداری شهرستان گرمی، اساتید و دانشجویان رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه پیام نور گرمی، و اساتید و دانشجویان رشته معماری دانشگاه آزاد واحد گرمی) که اطلاعات لازم را در خصوص زمین لغزش شهر گرمی در اختیار داشتند، می باشد. جامعه آماری تحقیق را ۱۵۰ نفر از کارشناسان و صاحب نظران موضوع پژوهش در شهرستان گرمی تشکیل می دهند و در این راستا ۳۲ نفر به عنوان نمونه به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. در روش تحلیلی (تجزیه و تحلیل آماری) به استنباط نتایج و تحلیل اطلاعات پرداخته شده است. در این تحقیق، از طیف لیکرت برای تهیه پرسشنامه و سنجش نظرات پاسخگویان استفاده شده و از نرم افزار spss برای تحلیل داده های پرسشنامه استفاده شده که در چهار مرحله تعریف فرضیه های آماری، آماره آزمون، مقدار بحرانی و تصمیم گیری ارائه شده است.

#### محدوده مورد مطالعه:

شهرستان گرمی یکی از شهرستان های شمالی استان اردبیل است و دارای موقعیت جغرافیایی ۴۸،۵' طول شرقی و ۳۹،۱' عرض شمالی، ارتفاع متوسط ۸۵۰ متر از سطح دریای آزاد می باشد. مساحت محدوده شهر ۵۵۴/۲ هکتار و جمعیت آن ۳۳۲۰۰ نفر شامل دو ناحیه و ۷ محله می باشد که یکی از آنها محله طالقانی است این محله در شمال غرب شهر گرمی با مساحتی معادل ۱۲۸ هکتار و جمعیتی در حدود ۳۵۱۰ نفر قرار گرفته است (مهندسان مشاور نقش محیط، ۱۳۸۹: ۱). به دلیل شرایط خاص طبیعی و انسانی در شهر و فراهم شدن شرایط برای وقوع زمین لغزش خسارات فراوانی بر پیکر شهر وارد شده است. بروز چنین خساراتی در محله طالقانی از ناحیه یک (معروف به زمین لغزش پشت بیمارستان طالقانی) احتمالاً به دلیل ساختار محیطی بوده و در پس

بارندگی های شدید سال ۸۴ در منطقه، فعالیت بخش جدیدی از زمین لغزش آغاز شده است. تخریب بیمارستان طالقانی و دبیرستان بحر العلوم در این محدوده و نیز سایر ساختمان های مسکونی بیان کننده خسارات حاصل از آن می باشد. بنابر گزارش مسولین شهرداری، محدوده تحت تاثیر در حالت بالقوه به ۱۲۰ هکتار می رسد و حدود ۶۰ درصد از وسعت آن را ساخت و سازهای شهری اشغال کرده است. ولی با در نظر گرفتن اینکه پهنه لغزش به رودخانه ی گرمی چای می رسد، سطح لغزش فعال نیز بایستی تا محل رودخانه ادامه داشته باشد بنابراین وسعت سطح فعال ۶۰ هکتار تخمین زده می شود.



شکل شماره ۱: موقعیت شهر گرمی و محله طالقانی

### عوامل زمین لغزش در محله طالقانی:

بررسی عوامل موثر بر وقوع یک زمین لغزش از موارد اساسی در ارائه راهکارهای تثبیت آن بشمار می رود. در این تحقیق عوامل به گروههای طبیعی (و توپوگرافی، اقلیمی) و انسانی تقسیم می شوند.

### عوامل طبیعی:

شهر گرمی به دلیل شرایط خاص زمین شناسی، مورفولوژی و آب و هوایی استعداد زیادی برای وقوع زمین لغزش و دیگر ناپایداری های دامنه دارد، عوامل طبیعی خود به عوامل زیر تقسیم می شود. عوامل ژئومورفولوژی: حوزه رسوبی دشت مغان در شمال باختری ایران، باقی مانده ی حوزه بزرگ رسوبی اقیانوس تیتس می باشد و پیدایش حوزه را پژوهشگران شوروی سابق به آغاز الیگوسن نسبت داده اند. در قسمت غربی حوزه، محدوده گرمی یخخ جنوبی فرورفتگی است که بنام کورا - ارس نامیده می شود و بین بلندی های تالش در شرق و قفقاز در شمال و قره داغ در جنوب قرار دارد (اسمعلی، ۱۳۸۳: ۷۲).

الف - سازند زمین شناسی: به طور کلی شهر گرمی در محل برخورد روند های ساختاری مهم، گسل ها و خطواره های آستارا و نور با جهت شمالی - جنوبی، گسل دشت مغان با روند شرقی - غربی و خطواره ارس که آخرین و شمالی ترین ارتفاعات نسبتاً بلند مشرف بر جلگه مغان را بوجود آورده، شکل گرفته است (مهندسان مشاور دریا خاک پی، ۱۳۸۸: ۷).

ب - ساختار زمین شناسی: رسوبات منطقه عمدتاً مربوط به دوره الیگومیوسن (سازنده زیوه) بوده و جنس و ماهیت رسوبات اغلب از مواد نرم و فرسایش پذیر و دارای بافت نفوذ پذیر (رس و شیل) می باشد. وجود درزها و شکستگی های فراوان با سطوح صاف و مستقیم از ویژگی های مهم ساختاری منطقه می باشد. (مهندسان مشاور دریا خاک پی، ۱۳۸۸: ۹). خصوصیات فیزیکی خاک تأثیر زیادی در نفوذ پذیری خاک دارد و منجر به جدا شدن دانه های خاک و حمل و نقل آن می گردد. معمولاً

توان جداسازی خاک با افزایش دانه های خاک افزایش می یابد و قابلیت حمل خاک با کاهش اندازه دانه ها، افزایش می یابد، که در این خصوص، رس در مقایسه با ماسه به سختی قابلیت انفصال دارد، ولی به راحتی قابل حمل است (Schwab, 1993: 92). به این ترتیب و با توجه به وجود شیل ها ، رس ها ، خاصیت آماس کردن بافت رس و حساسیت شیل ها به آب ، پدیده لغزش و سولیفوکسیون در دامنه های با شیب بالا بسیار محتمل به نظر می رسد . ناوریس گرمی نیز به همراه چین خوردگی های لایه های عموماً ماسه سنگی که به طور گسترده ای در محدوده گرمی رخنمون دارند ، مرفولوژی منطقه را شدیداً تحت تاثیر قرار داده و در برخی از دامنه ها امکان وقوع زمین لغزش را فراهم آورده است .

ج- زمین لرزه: بدیهی است تکان های ناشی از زلزله بیش از هر عامل دیگری در تسهیل این پدیده نقش دارد . شهر گرمی در نقشه پهنه بندی خطر سنجی نسبی زمین لرزه ی ارائه شده در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران (نقشه شماره ۳) در پهنه با خطر نسبی زیاد قرار گرفته است .

### عوامل توپوگرافی:

الف- ارتفاع محدوده: شهر گرمی در منطقه کوهستانی و کوهپایه ای قرار گرفته و ارتفاع زمین از جنوب به سمت شمال کاسته می شود. ارتفاعات جنوبی شهر موسوم به گورگن داغ، مرتفعترین (حدود ۱۸۰۰ متر) قسمت شهر را تشکیل می دهد که کلیه مسیل ها و شبکه های آبراهه که بسمت شهر روان هستند از این ارتفاعات سرچشمه می گیرند بطور کلی سیمای توپوگرافی در محدوده شهر گرمی شامل دو قسمت است. ناحیه هموار و مرتفع کوهستانی (ناحیه دو شهری ) در جنوب تنگ گرمی و ناحیه ی نسبتاً هموار و کم ارتفاع کوهپایه ای و دره ای (ناحیه یک شهری) در شمال تنگ گرمی. در شمال تنگ گرمی که محله طالقانی را در خود جای داده است همراه با کاهش ارتفاع، زمین وسیع تر شده و دره ی وسیع گرمی چای از گوشه شمال شرقی آن عبور می کند،



ارتفاع محدوده لغزشی بطور متوسط ۸۵۰ متر می باشد (مهندسین مشاور در یا خاک پی، ۱۳۸۸، ۱۴).

ب- شیب دامنه: هر قدر دامنه پر شیب تر باشد، بیشتر مساعد ناپایداری است. دامنه های پر شیب در نواحی دره های عمیق با سنگ بستر صخره ای بیشتر مستعد وقوع لغزش هستند (کوک و دورکمپ، ۱۳۷۷: ۲۲۹). منطقه ای که در آن زمین لغزش به وقوع پیوسته، بیشتر از ۲۳/۵ درجه شیب دارد (مهندسین مشاور در یا خاک پی، ۱۳۸۸: ۱۴) و این شیب زیاد به نوبه خود باعث می شود که مقاومت برشی دامنه از بین رفته و در نتیجه نیروی برشی کمتر شده، به وقوع زمین لغزش منجر گردد.

ج- جهت شیب دامنه: جهت شیب دامنه محدوده، شرقی متمایل به شمال است به این خاطر که ساعات آفتابی کمی را به خود می بیند، میتواند زمینه را برای وقوع زمین لغزش در محدوده شهر گرمی فراهم نماید.

### عوامل اقلیمی

الف- بارش: بر اساس آمار ارائه شده از اداره آب و هوا شناسی شهرستان گرمی میانگین دما ۱۴ درجه و بارش متوسط از سال تأسیس ایستگاه هوا شناسی (۱۳۸۳) تا ۱۳۹۰، ۳۳۳ میلی متر بوده که از این حیث می توان گفت که محدوده مستعد لغزش با درجه نسبتاً بالا و زیاد می باشد، آب حاصل از بارش باران یا ذوب برف از طریق درز و شکاف لایه های روی نفوذ کرده و به لایه های غیر قابل نفوذ مارن و شیل در زیر می رسند. لایه های سست مارن یا شیل با جذب آب به حالت خمیری و لغزنده در می آیند و این امر موجب ناپایداری لایه های رویی می شوند.

ب- یخ زدگی: آب و هوا همچنین می تواند بر لیتولوژی منطقه نیز موثر باشد با توجه به اینکه تعداد روزهای یخبندان گرمی ۱۲۰ روز در سال می رسد باعث یخ زدن سنگ ها و در نتیجه خرد شدگی سنگ های منطقه می باشد به عبارت دیگر نفوذپذیری آن ها زیاد شده و در نتیجه مقاومت برشی کاهش می یابد. این عامل نیز به نوبه خود می تواند وضعیت رخداد یک لغزش را از درجه کم تا زیاد تغییر دهد. با توجه به

خصوصیات ذکر شده می‌توان دریافت که به علت وجود بارش نسبتاً بالا در منطقه و همچنین نوع لیتولوژی، قابلیت لغزش در منطقه بسیار بالا می‌باشد.

### عوامل آتروپیک (انسانی):

الف- تراشه خیابان: از بین رفتن تعادل طبیعی دامنه کوهها بر اثر حفر تونل و ساختن جاده از جمله عواملی هستند که موجب تشدید زمین لغزه ها می‌شوند (معتمد، ۱۳۷۴، ۲۱۱). چورلی، شوم و سودن عنوان نموده اند که افزایش شیب، برشه های تحت الارضی و یا از بین بردن لایه های محافظت کننده دامنه، باعث افزایش نیروی برشی و در نتیجه، سبب لغزش در دامنه می‌شوند (چورلی و همکاران، ۱۳۷۹: ۹۵). در روی دامنه لغزشی دو خیابان وجود دارد که یکی از این خیابانها، خیابان شهید بهشتی است که تنها خیابان اصلی شهر برای تردد وسایل نقلیه می‌باشد و خیابان دیگر، خیابان طالقانی است که از ساخت آن چند سالی نمیگذرد. بنابراین، تغییر کاربری زمین از مرتع به ساخت و ساز مسکونی و سپس خیابان در دامنه با شیب تند و بدون توجه به عوارض و پدیده های که به عنوان تنگنا و تهدید کننده به شمار می‌روند، یکی از مهمترین عوامل زمین لغزش محله طالقانی محسوب می‌گردد.

ب- تنشهای انتقالی ناشی از عبور و مرور وسایل نقلیه: از آنجایی که خیابان بهشتی اصلی ترین و حتی می‌شود گفت که تنهاترین خیابان شهر (با توجه به مورفولوژی شهر) است که جنوب شهر را به شمال شهر متصل می‌کند بنابراین عبور و مرور های مکرر می‌تواند بر دامنه فشار آورده و مقاومت آن را کاهش دهد و باعث وقوع زمین لغزش گردد.

ج- ساخت و ساز شهری: هر نوع ساخت و ساز در یک منطقه باعث بر هم خوردن تعادل زهکشی آن شده و نظم هیدرولوژیکی را به هم می‌زدند، یعنی موجب تجمع هزارآبها و نفوذ اجباری آنها به داخل توده لغزشی شده و سپس باعث تشدید فرسایش و ناپایداری توده می‌شود. تأثیر دیگر ساخت و سازها، تخریب پوشش گیاهی منطقه است که سازگاری لازم را در منطقه داشتند و از نفوذ آب به داخل توده جلوگیری می‌کرده

اند، یا استفاده از چاه دفع آب فاضلاب ها است که باعث تزریق رطوبت به داخل توده لغزشی و افزایش سرعت تحرک آن بر اثر فشار آب منفذی خاک شده که در این منطقه به دلیل وسیع بودن ساخت و سازها تأثیر بسزایی دارد. اثر دیگر ساخت و سازها در تغییر مورفولوژی منطقه به لحاظ تغییر دادن شیب و خاکبرداری های شیب می باشد که این نیز باعث ناپایداری بیشتر توده می شود.

د- فعالیت های معدنی: از جمله عوامل ایجاد زمین لغزش گرمی می تواند فعالیت معدن سنگ موجود در پشت دامنه لغزشی باشد، برای استخراج سنگ از مواد منفجره (دینامیت) استفاده می کنند به نظر می رسد که این امر در لغزش گرمی تأثیر داشته باشد.

#### ۴) یافته های تحقیق:

همانطور که در جدول شماره ۲ اشاره شده است سوالات در سطح معنی داری ۰/۹۵ یا (a=۰/۰۵)، درجه آزادی ۳۱ d.f= (۱-۳۲) و مقدار t=۱,۶۴۵ از جدول توزیع t می باشد. با مقایسه مقدار t محاسبه شده هر سوال (متغیر) با t بدست آمده از جدول توزیع t، چنانچه بزرگتر از ۱,۶۴۵ باشد و یا میانگین سوال بالاتر از ۳ باشد، نتیجه گرفته می شود که متغیر مربوطه مورد تأیید نمونه مورد مطالعه قرار گرفته است.

جدول شماره ۲: علل زمین لغزش شهر گرمی از نظر کارشناسان به ترتیب اولویت

sig	t	فرضیه	رتبه	میانگین نظرات	علل زمین لغزش شهر گرمی
.000	16.627	*	1	4.50	سازند زمین شناسی (گسل، طاقدیس و ناودیس)
.000	9.680	*	2	4.43	ساختار زمین (رسوبات، رس و شیل)
.000	11.787	*	3	4.37	زمین لرزه با خطر نسبی بالا
.000	10.063	*	4	4.32	بارش و رطوبت نسبتا بالای منطقه (۳۵۰ میلی متر)
.000	6.506	**	5	3.68	عدم پوشش گیاهی محدوده لغزشی
.000	5.463	*	6	5.59	یخبندان با تعداد متوسط ۱۲۰ روز در سال
.000	4.443	**	6	3.59	فاصله های شهری و چاه های مربوطه
.000	4.013	*	6	3.59	شیب زیاد (۲۳,۵ درجه) دامنه لغزشی
.000	4.190	**	9	3.56	عناصر خطی روی دامنه (خیابان)
.027	2.329	**	10	3.28	انفجار دینامیت در استخراج سنگ معدن پشت دامنه لغزشی
.083	1.179	**	11	3.18	تغییر شیب بر اثر ساخت و ساز در محدوده
.000	-4.209	*	12	2.50	جهت شیب دامنه لغزشی (شمال شرقی)
.000	-5.282	*	13	2.25	ارتفاع نسبتا بالای محدوده (حدود ۱۰۰۰ متر)

۰۵ مآخذ: یافته های میدانی محقق / a=۳۱-۱=۳۲ d.f= t = ۱,۶۴۵ \*\* = عوامل انسانی \* = عوامل محیطی

جدول ۲ نشان می‌دهد که غیر از متغیرهای رتبه ۱۲ و ۱۳ به دلیل پایین بودن  $t$  از ۱,۶۴۵ و همچنین پایین بودن میانگین از ۳ و متغیر رتبه ۱۱ به دلیل پایین بودن  $t$  از ۱,۶۴۵ و بزرگ بودن sig از سطح خطا ( $0.05 > 0.083$ )، مابقی متغیرها در سطح ۹۵٪ مورد تأیید نمونه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

یکی از فرضیه‌های مطرح شده در خصوص علل وقوع زمین لغزش شهر گرمی، مربوط به عوامل محیطی است. در ادعای مفروضات دو فرض مطرح است. فرض اول تأیید تأثیر عوامل محیطی بر وقوع زمین لغزش ( $H_1$ ) است و فرض دوم عدم تأیید، یا رد ادعا ( $H_0$ ) خواهد بود. در مورد اثرات عوامل انسانی نیز اثبات تأثیر عوامل انسانی بر زمین لغزش ( $H_1$ ) و در صورتی که مؤثر نباشد ( $H_0$ ) پذیرفته خواهد شد.

جدول شماره ۳: مرور سوالات تحقیق در خصوص علل زمین لغزش

نتیجه	Sig	t	D.F	رتبه	میانگین	متغیرها	عوامل	فرضیه
$H_1$	.0	7.028	255	1	3.69	بارش - یخبندان (اقلیم) - شیو جهت آن، ارتفاع (توپوگرافی) - زمین شناسی، زمینلرزه (ژئومورفولوژی)	محیطی	۱
$H_1$	.0	8.364	159	2	3.54	فاضلاب شهری - تغییر شیب - کاهش پوشش گیاهی - انفجار معدن	انسانی	۲

مآخذ: یافته‌های میدانی محقق  $a = 0.05$   $t = 1.645$

بنا بر جدول شماره ۳ عوامل محیطی در قالب سه گروه اقلیم، توپوگرافی و ژئومورفولوژی پرسش شده است و پاسخ‌ها نشان می‌دهد عوامل ژئومورفولوژیکی (با میانگین ۴,۴۳، مقدار  $t$  محاسبه شده ۱۹,۴۸۷،  $d.f = 95$ ) در رتبه نخست و عوامل اقلیمی (با میانگین ۳,۹۸، مقدار  $t$  محاسبه شده برابر با ۱۰,۵۶۸،  $d.f = 63$ ) در سطح ۹۵٪ در مرتبه دوم مورد تأیید قرار گرفته‌اند ولی زیر مجموعه سوم یا عوامل توپوگرافی

(با میانگین ۲,۷۸، مقدار  $t$  محاسبه شده  $-۲,۲۲۲$ ،  $d.f = ۹۵$ ) به دلیل آنکه  $-۲,۲۲۲ > ۱,۶۴۵$  و  $۲,۷۸ > ۳$  است مورد تأیید قرار نگرفته است. اما در کل عوامل محیطی با میانگین (۳,۶۹) بزرگتر از سه و  $t$  محاسبه شده (۷,۰۲۸) بزرگتر از  $t$  جدول توزیع (۱,۶۴۵) و  $d.f = ۲۵۵$  ( $۲۵۵ - ۱ = ۲۵۶$ ) در سطح معنی داری  $H_1$ ،  $۱/۹۵$  مورد قبول و تأیید نمونه مورد بررسی قرار گرفته است.

در باره عوامل انسانی موثر در زمین لغزش پنج سوال (متغیر) در پرسشنامه مطرح شد. با توجه به اینکه میانگین نظرات ۳,۵۴ است این عوامل بعد از عوامل محیطی در رتبه بعدی (رتبه دوم) قرار می گیرد و این بدین معنا است که عوامل انسانی نیز در وقوع زمین لغزش موثر بوده است. این فرضیه به دلیل اینکه میانگین بزرگتر از ۳ است ( $۳ < ۳,۵۴$ ) و  $t$  محاسبه شده بزرگتر از  $t$  جدول توزیع است ( $۸,۳۶۴ < ۱,۶۴۵$ ) در سطح درجه آزادی ۱۵۹ ( $۱۵۹ - ۱ = ۱۶۰$ ) و در سطح معنی داری  $H_1$ ،  $۱/۹۵$  مورد قبول و تأیید نمونه مورد بررسی قرار گرفته است.

### روش های تثبیت و کنترل زمین لغزش

روش های تثبیت زمین لغزش معمولاً منجر به کاهش نیروهای محرک، افزایش نیروهای مقاومت و یا هر دو می شود. این روش ها متعدد است و از ناحیه ای به ناحیه ای دیگر متفاوت است (رمضانی و ابراهیمی ۱۴۸۸: ۱۳۵). اهداف اصلی از تثبیت زمین لغزش، حفظ جان انسان ها، اموال و سرمایه ها و همچنین پیشگیری از اختلال در خدمات حیاتی جامعه شهری و روستایی و اقتصاد آنان می باشد. بنا بر تجربیات و مطالعات، دو روش کلی که برای نیل به این اهداف به کار برده می شوند، عبارتند از روش های غیر فیزیکی و فیزیکی که نظر می رسد می توانند در شهر گرمی کارایی داشته باشند (رجوع شود به جدول شماره ۴ و ۵).

جدول ۴: خلاصه روش‌های فیزیکی کاهش آسیب‌پذیری در برابر زمین لغزش

روش اصلی	زیرمجموعه
زهکشی	راه آب (ditch)
	زهکشی سطحی (regarding)
	حفاظت سطحی (surface sealing)
	زهکشی‌های افقی (horizontal drains)
	زهکشی عمودی (vertical drain/well)
	زهکشی ترانشه‌ای (trench drain)
	گالری‌های زهکشی یا تونل‌ها (drainage galleries/tunnels)
خاکبرداری یا اصلاح شیب	(total removal of slide mass) برداشت کل توده لغزیده
	(regarding of the slopes) اصلاح شیب
	خاکبرداری به منظور باربرداری از بخش بالای لغزش (excavation to unload the upper part of the slide)
	خاکبرداری و جایگزینی جنس پاشنه (excavation and replacement of the toe)
سازه‌های نگهدارنده	(retaining wall) دیوار نگهدارنده
	(pile) شمع
تثبيت پوشش گیاهی	

مآخذ: مطالعات کتابخانه‌ای محقق

جدول ۵: خلاصه روش‌های غیر فیزیکی کاهش آسیب‌پذیری در برابر زمین لغزش

روش اصلی	زیرمجموعه
قانون‌گذاری	معرفی نقاط حادثه‌خیز
	جانمایی سامانه‌های آبرسانی و دفع فاضلاب و تعیین استاندارد آنها
	تغییر کاربری نواحی مستعد لغزش
	مقررات توسعه شهر در پای دامنه‌ها
کاربری اراضی	کم کردن نواحی مسکونی در مناطق خطرناک
	الزام تهیه گزارش‌های زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک
	پهنه‌بندی خطرات زمین‌شناسی جهت محدود کردن کاربری اراضی
	تعیین پوشش گیاهی دامنه‌ها (با توجه به فرسایش خاک و آبیاری آن‌ها)
	محدود کردن کاربری‌های ناسازگار
سایر روش‌ها	تعیین محدوده توسعه شهری
	اطلاع‌رسانی عمومی در مورد زمین لغزش
	تهیه نقشه‌های حاوی نواحی مستعد، نوع لغزش، وسعت آن و...
	ثبت مخاطرات و اعلان آن
	سیاست‌های مالی
	تعریف جرم مدنی برای فعالیت‌های خطرناک

مآخذ: یافته های کتابخانه ای محقق

علاوه بر روشهای مطرح شده در جدول ۴ و ۵، برای تثبیت و پایدار سازی زمین لغزش روش های گوناگونی وجود دارد که هر یک به فراخور شرایط استفاده می شوند. در استفاده از این روشها عواملی و شرایطی وجود دارد که عبارتند از:

۱- زمان و هزینه که از عوامل مهم تعیین کننده در انتخاب روش های تثبیت می باشد ۲- محدودیت های فنی مربوط به نوع لغزش ، سازگاری روش ها ، درجه شیب ، فرسایش خاک ، تداوم و امکان سازه و موقعیت آبهای زیرزمینی. ۳- محدودیت های محلی در تثبیت زمین لغزش مربوط به قوانین موجود و مالکیت اراضی می باشد در مناطق با محدودیت شدید فضا، میخ کوبی خاک و استفاده از سازه های مهار شده، شاید مناسبترین روش ها باشد چرا که فضای کمتری نیاز دارند و لازم است در کنار این روش به عواملی همچون امکانات و هزینه توجه شود. ۴- محدودیت های زیست محیطی ، که باید در انتخاب روش تثبیت باید اثرات بالقوه زیست محیطی آنرا در طی و بعد از احداث سازه مد نظر قرار داد. ۵- محدودیت های برنامه ریزی که باید نسبت به تغییراتی از قبیل نحوه عمل امکانات موجود ، زمان انجام کارها و تجهیزات خاص ، برنامه ریزی داشت، مثل: برنامه ریزی عملیات تثبیتی که باید مطابق با شرایط هوا انجام گیرد. ۶- وجود مواد مناسب، امکان دسترسی به منطقه لغزشی، وجود تجهیزات لازم و ملاحظات مربوط به نیروی انسانی و ایمنی کار. در شهر گرمی این روشها با کارشناسان و پاسخ دهندگان پرسش نامه مطرح شد که در جدول شماره ۶ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۶: روشها و راهکارهای تثبیت زمین و کنترل زمین لغزش

Sig	T	روش	رتبه	میانگین	روشها و راهکارهای تثبیت زمین و کنترل زمین لغزش
.000	11.811	*	1	4.50	برداشت از راس دامنه لغزش
.000	12.938	*	2	4.40	زهکشی کانال یا تونل
.000	12.771	**	3	4.37	ایجاد پوشش گیاهی
.000	12.636	*	4	4.34	زهکشی

.000	11.428	**	5	4.28	وضع قوانین ساخت و ساز در محدوده لغزشی
.000	9.043	**	6	4.15	تغییر کاربری محدوده لغزشی
.000	8.127	**	7	3.87	ایجاد سیستم فاضلاب شهری استاندارد
.000	4.981	*	8	3.65	زهکشی سطحی
.000	5.805	**	9	3.63	عدم استفاده از مواد منفجره در استخراج از معدن
.000	4.756	*	10	3.56	اصلاح و تعدیل شیب محدوده لغزشی
.000	4.187	*	11	3.53	دیواره های نگهدارنده
.000	4.187	*	11	3.53	حفاظت خاک در محدوده لغزشی
.007	2.881	**	13	3.40	تعریف جرم مدنی برای فعالتهای خطر آفرین در محدوده
.083	1.791	**	14	3.28	اسکان مجدد ساکنین محدوده
.839	0.205	**	15	3.03	میخ کوبی محدوده
.000	-5.28	*	16	2.25	حذف کامل محدوده
.000	-5.910	*	17	2.15	برداشت کامل خاک محدوده
.000	-13.94	*	18	1.46	برداشت کامل و جایگزینی خاک سبک

مآخذ: یافته های میدانی  $\alpha=0.05$   $d.f=32-1=31$   $t=1.645$  \*\* = روش غیر فیزیکی \* = روش فیزیکی

جدول شماره ۶ نشان می دهد که غیر از متغیرهای با رتبه ۱۶، ۱۷ و ۱۸ به دلیل پایین بودن  $t$  از ۱,۶۴۵ و همچنین پایین بودن میانگین از ۳ و متغیرهای با رتبه ۱۴ و ۱۵ به دلیل پایین بودن  $t$  از ۱,۶۴۵ و بزرگ بودن sig از سطح خطا (۰.۰۵) و (۰.۰۸۳) و (۰.۸۳۹)  $>$  ۰.۰۵، مابقی متغیرها در سطح ۰/۹۵ مورد تأیید نمونه مورد بررسی قرار گرفته اند. فرضیه مطرح شده در خصوص راهکارهای تثبیت زمین لغزش شهر گرمی این است که، روشهای غیر فیزیکی مناسبتر از روشهای فیزیکی در کنترل و تثبیت زمین لغزش شهر گرمی می باشند. که ادعای فرض ( $H_1$ ) ما را شکل می دهد، در صورت عدم تأیید، رد ادعا ( $H_0$ ) پذیرفته خواهد شد.



جدول ۷: مرور فرضیه در خصوص راهکارهای زمین لغزش شهر گرمی

نتیجه	Sig	T	d.f	رتبه	میانگین	متغیرها	راهکار
$H_1$	.0	4.997	319	2	3.41	زهکشی افقی - زهکشی گالری - زهکشی سطحی - برداشت از راس - اصلاح شیب - برداشت کامل خاک - جایگزینی خاک - میخ کوبی - دیواره های نگهدارنده - حفاظت خاک	فیزیکی
$H_1$	.0	7.829	255	1	3.56	وضع قوانین - پوشش گیاهی - سیستم فاضلاب شهری - عدم استفاده از مواد منفجره در معدن - تعریف جرم مدنی - اسکان مجدد - حذف کامل - تغییر کاربری	غیر فیزیکی

$t=1,645$

$\alpha=0,05$

مآخذ: یافته های میدانی محقق

یکی از راهکارها در کنترل و تثبیت زمین لغزش شهر گرمی روشهای فیزیکی می باشد. درباره این روش ده متغیر به عنوان سوال مطرح شد و مطابق با جدول شماره ۷ می توان گفت که روشهای فیزیکی برای کاهش آثار مخرب زمین لغزش موثر است. اما درباره تاثیر روشهای غیر فیزیکی و سنجش آن نسبت به روشهای فیزیکی نیز ۸ سوال یا متغیر مطرح گردیده است. این فرض (اهمیت روشهای غیر فیزیکی نسبت به روشهای فیزیکی در کنترل زمین لغزش) به دلیل اینکه میانگین بزرگتر از ۳ است ( $3,56 < 3$ ) و  $t$  محاسبه شده بزرگتر از  $t$  جدول توزیع  $t$  است ( $1,645 < 8,364$ ) در سطح درجه آزادی ۱۵۹ ( $159 = 160 - 1$ ) و در سطح معنا داری ۹۵/۱ ( $H_1$ ) مورد قبول و تأیید نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. و چون میانگین این روش از میانگین روش فیزیکی بزرگتر است ( $3,41 > 3,56$ ) لذا، در اولویت قرار می گیرد و مناسبتر از روش فیزیکی می باشد.

#### ۵) بحث و نتیجه گیری:

در ابتدا وجود آب در توده خاک زیر سطحی یا رطوبت حاصل از بارندگی شدید و رطوبت حاصل از فاضلاب های خانگی دو منبع اصلی تغذیه توده لغزش گرمی می باشد. بدیهی است برنامه ریزی برای جلوگیری از ورود آب به مناطق حساس و یا خارج

نمودن آب اضافی توده در معرض لغزش می‌تواند اثر این عامل کنترل‌کننده را کاهش داده و موجب تثبیت حرکات توده ای گردد. از بین روش‌های زهکشی که به طور عمده به دو روش زهکشی سطحی و زیرزمینی تقسیم می‌شود، کاربرد روش زهکشی زیرزمینی در این منطقه قابل قبول است. زیرا با در نظر گرفتن انواع زهکش‌ها، زهکش افقی و تونل‌های زهکشی (گالری‌ها) برای زمین لغزش گرمی مناسب بنظر می‌رسد. در کاهش میزان رطوبت‌گیری توده یکی از گونه‌های که نقش موثری در جذب رطوبت خاک و خشک‌نگه داشتن آن دارد درخت بید می‌باشد. این درخت به مقدار زیادی در باغات اطراف منطقه و نیز در حاشیه رودخانه‌ها دیده می‌شود و این بیانگر سازگاری آن با محیط است. بنابراین کشت اینگونه درخت در قسمت‌های نزدیک به راس و پنجه لغزش مورد نظر مناسب می‌باشد.

در روش‌های می‌توان با در نظر گرفتن شرایط، کاربری زمین را تغییر داده و از آن برای مستحذات کم اهمیت‌تر استفاده کرد. وضع قوانین و مقررات ساخت و ساز با توجه ویژه به خطر احتمالی باشد، تعیین مرز ساخت و سازها نیز می‌تواند بعنوان راهکاری مناسب منظور شود. توقف فعالیت معدن سنگ یا استفاده از دیگر روشها برای استخراج از معدن، نیز می‌تواند در پایداری توده مفید واقع شود. بطور کلی مباحث مذکور، عمدتاً مدیریتی بوده و به نحوی به مدیریت و برنامه‌های توسعه شهری بستگی دارد.

مطالعه ای که بر روی عوامل محیطی و انسانی مؤثر وقوع زمین لغزش در شهر گرمی صورت گرفت، نشان دهنده این است که عوامل محیطی از اصلی‌ترین علل وقوع این پدیده در شهر گرمی می‌باشد و عامل ژئومورفولوژی اصلی‌ترین عامل وقوع این پدیده است. علاوه بر عوامل محیطی، عوامل انسانی (آنتروپیک) با میانگین ۳,۵۴ در رابطه با عوامل محیطی، در اولویت بعدی قرار دارد، عوامل انسانی از قبیل ساخت و ساز بیش از حد در روی توده باعث کاهش پوشش گیاهی گشته و مقدمات گسترش فرسایش در منطقه می‌شود که در نهایت به ناپایداری دامنه‌ها در منطقه می‌انجامد. تراشه جاده و تنشهای انتقالی ناشی از عبور و مرور وسایل نقلیه در خیابان اصلی شهر در مجموع سبب

تغییر در شیب و فشار بر توده و کاهش مقاومت برشی دامنه شده و در نتیجه نیروی برشی افزایش یافته و زمین لغزش را موجب می شود. در خصوص راهکارهای تثبیت و یا کنترل زمین لغزش شهر گرمی که می تواند از طریق روشهای فیزیکی و غیر فیزیکی تعریف شود، مسایلی مطرح است. روشهای غیر فیزیکی با میانگین ۳,۵۶ و روشهای فیزیکی در رتبه بعدی با میانگین ۳,۴۱، هر دو روش مورد تأیید نمونه تحقیق قرار گرفتند ولی با توجه به میانگین نظرات، اولویت در روشهای غیر فیزیکی است. بنا بر مجموعه این مباحث پیشنهادات زیر در جهت کاهش خسارات زمین لغزش یا تثبیت خاک در محدوده مورد بررسی به نظر می رسد:

زهکشی آبهای زیر زمینی که می توان بنا به صلاحدید، یا به درون رودخانه حمل شوند یا اینکه با مشخص کردن محل خاصی برای آنها، از آب در اموری همچون آبیاری فضای سبز شهر، شست و شو، مصرف آتش نشانی و نیز غیره استفاده نمود. پوشش گیاهی با توجه به مسکونی بودن منطقه باید گونه هایی انتخاب شوند که از نظر چشم اندازی و منظره ای مناسب باشند و همچنین هرچه طول دوره رشد آن ها بیشتر باشد. اطلاع رسانی درباره پدیده زمین لغزش در سطح شهر که با توجه به شناخت و آگاهی اندک مردم منطقه از پدیده زمین لغزش می بایست اقداماتی توسط شهرداری، فرمانداری، بنیاد مسکن و یا سازمان مسکن و شهرسازی در زمینه معرفی این پدیده، علل و پیامدها و چگونگی تثبیت آن، صورت بگیرد. تنظیم و تصویب مفاد قانونی در مناطقی که مستعد لغزش هستند برای ایجاد موانع قانونی ساخت و ساز.

### منابع و ماخذ

- ۱- آدابی، محمد حسین و موسوی حرمی، سید رضا، نقش لیتولوژی در رانش زمین در شمال شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره مقاله ۴۴۴
- ۲- احمدی، حسن، (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی کاربردی: فرسایش آبی، جلد ۱، انتشارات دانشگاه

- ۳- الماس پور ، فرهاد و همکاران،(۱۳۸۴)، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از GIS داده های ماهواره ای (منطقه مورد مطالعه : حوضه قزلچه اهر چای) مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین ، بلایای طبیعی و راهکار های مقابله با آنها ، صص ۱۴۹-۱۵۴
- ۴- اسمعیلی، اباذر،(۱۳۸۳)، روشهای کنترل زمین لغزش در منطقه گرمی، سمینار دکتری آبخیزداری، دانشگاه تهران
- ۵- امیر احمدی، ابوالقاسم، کامرانی دلیر، حمید و صادقی، محسن،(۱۳۸۹)، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل ساساه مراتبی AHP مطالعه موردی چالو و آمل، فصل نامه انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۷، صص ۱۸۰-۲۰۳
- ۶- چورلی، ریچارد جی و همکاران، ترجمه احمد معتمد،(۱۳۷۹)، ژئومورفولوژی، (فرآیندهای دامنه ای، آبراهه ای، ساحلی و بادی)، جلد سوم، انتشارات سمت
- ۷- رمضانی، بهمن و ابراهیمی، هدی،(۱۳۸۸)، زمین لغزش و راهکارهای تثبیت آن، فصلنامه جغرافیای آمایش، شماره ۷، صص ۱۲۹-۱۳۹.
- ۸- دومهری، رضا، بررسی مناطق زمین لغزش در حوزه آبخیز لاکتراشان، نشریه علمی ترویجی حفاظت آب و خاک ، سال اول ، شماره ۱ ، صص ۲۱-۱۳
- ۹- طلایی دولق، رضا و غیومیان، جعفر،(۱۳۸۰)، شناخت و بررسی عوامل موثر در لغزش خیزی جنوب غرب خلخال، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۱۲۹-۱۴۰
- ۱۰- کلارستاقی ، علی،(۱۳۸۱) ، بررسی عوامل موثر بر زمین لغزش ها و پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز شیرین رود ساری ، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری ، دانشکده منابع طبیعی ، دانشگاه تهران
- ۱۱- گرابی ، پرویز ،(۱۳۸۵)، بررسی حرکت توده ای زمین (زمین لغزش) به منظور ارائه مدل منطقه ای پهنه بندی خطر در حوضه آبخیز لاجیم رود ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی ساری، دانشگاه مازندران
- ۱۲- ماکس دریو ،(۱۳۸۳)، ترجمه مسعود خیام، مبانی ژئومورفولوژی(اشکال ناهمواریهای زمین)، انتشارات مینا
- ۱۳- محمودی ، فرج اله،(۱۳۸۶)، ژئومورفولوژی دینامیک ، انتشارات دانشگاه پیام نور ، تهران
- ۱۴- معتمد، احمد،(۱۳۷۴)، زمین شناسی عمومی، انتشارات دانشگاه تهران

- ۱۵- مقیمی، ابراهیم، علوی پناه، کاظم و جعفری، تیمور، ارزیابی و پهنه بندی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش دامنه های شمالی آلاداغ، پژوهش های جغرافیای، شماره ۶۴، صص ۵۳-۷۵
- ۱۶- مهندسان مشاور دریا خاک پی، (۱۳۸۸)، خلاصه گزارش مطالعات ژئوتکنیک و خدمات مهندسی جهت پهنه بندی پتانسیل وقوع حرکات دامنه ای، سازمان مسکن و شهر سازی استان اردبیل
- ۱۷- مهندسان مشاور نقش محیط، (۱۳۸۹)، خلاصه گزارش طرح تفظیلی شهرستان گرمی، سازمان مسکن و شهر سازی استان اردبیل
- ۱۸- مهدوی فر، محمد رضا، (۱۳۷۶)، پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه خورش رستم (جنوب غربی شهرستان خلخال)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس
- 19- Brabb, E. E.(1991), The Word landslide Problem: Episodes, V.14. No.1, PP.52-61
- 20- E. J. Gabet, Douglas W. Burbank, and Jaakko K. Putkonen, (2004), Rainfall Thresholds for Landsliding in the Himmalayas of Nepal, Geomorphology, Vol.63, PP.131-143
- 21- Faruk . Ocakoglu, Candan. Gokeeoglu, and Murat . Ercanoglu, (2002), Dynamics of a Complex Massmovement Triggered by Heavy Rainfall: a case study from NW Turkey, Geomorphology ,Vol.42 , PP.329-341.
- 22- Komac , M . & F. Gerald.( 2006), A Landslide suscepility model using the an Analyticalhierarchy process method & multivariate statisticsim perialpine, Slovenia Geomorphology , Vo. 174, PP.17-28.
- 23- lan ,h.x, zhou, c.h,wang,l.j.,zhang, h.j,Li,r.h. (2004), Landslide wastershed , Yunnan , china. Engineering geology, Vol.76 , PP.101-128
- 24- L. E. Espizua, J. D. Bengochea. (2002), Landslide Hazard and Rish Zonation Mapping in the Rio Grande Basin, central Andes of Mendoza, Argentina, Muountain Research and Development, Vol.22, No.2, PP.177-185
- 25- Schwab. Glenn .O, Fangmeier. Delmar. D, Elliot . William. J & Frevert . Richard .K. (1993), Soil and water conservation engineering, New York: publisher: John Wily & sons, inc.
- 26- Varnes , D. J .(1987), Slop Movement Types and Processes: InSchuster , R . L . andKrizek , R . J . (eds) , Landslide, Analysis and Control, Trandportation Research Board Special Report 176 , PP.11-33.
- 27- Wu,s.,L.shi,R wang & R.xu. (2001), zonation of the Landslide the foreservior vegion engineering Geology, Vol.174, PP.17-28.
- 28- Zezere , J.L. (1999), Landslide in the north of Lisbon region (portugl) : conditioning & triggering factors, phys, chem., Erth(A) ,Vol .24 , PP.920-932.