

پهنه‌بندی ارزیابی خطر زمین لغزه‌ها در دامنه‌های شمال غربی زون بینالود

(مطالعه موردی: حوزه کوهستانی شاندیز در شمال غرب شهرستان مشهد)

دکتر ابوالفضل بهنیافر

استادیار گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

E-mail: a.behniafar@yahoo.com

محمدرضا منصوری دانشور

دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

چکیده

لغزش‌های زمین در نواحی کوهستانی کشور سالانه بیش از ۵۰۰ میلیارد ریال خسارات اقتصادی به دنبال می‌آورند (افشار، ۱۳۸۵: ۸۴). نقش مطالعات ژئومورفولوژیک در ارزیابی وقوع زمین لغزش‌های کشور به‌ویژه طی سه دهه اخیر بسیار گسترده شده است. تشدید کاربری زمین و وجود سازندهای سطحی سست و ضعیف در دامنه‌های شمال غربی زون بینالود موجب وقوع زمین لغزه‌های متوسط و کوچک مقیاس گردیده و با توجه به زمینه‌های زیاد جاذبه‌های گردشگری در حوضه، این حرکات توده‌ای دامنه ممکن است منجر به مخاطرات محیطی و کاتاستروفیسم گردد. در این مقاله با استفاده از مدل آنبالاگان، خطر وقوع زمین لغزه‌ها در محدوده مورد مطالعه از طریق ۶ متغیر ارزیابی گردیده است. نتایج آشکار نمود که بخش‌های جنوبی دهستان به دلیل تراکم زیاد ارتفاعات، افزایش شیب‌های دامنه، وجود سازندهای سطحی سست و واریزه‌ای و به‌ویژه نقش عوامل آنتروپوژنیک، دارای پهنه‌های زمین لغزه‌ای پر خطر، از لحاظ درجه وقوع زمین لغزش‌ها بوده‌اند. تشدید کاربری زمین در سازندهای سست فیلیت مشهد، عمدتاً به صورت باغات سنتی و پمپاژ آب رودخانه به تراس‌های ابرفتی و دامنه‌ها (بهنیافر و قنبرزاده، ۱۳۸۶: ۱۴۷) از جمله مهم‌ترین علل تشدید کننده وقوع زمین لغزه‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی، زمین لغزه، کوهستانی، شمال شرق ایران

۱. مقدمه

لغزش‌های دامنه‌ای و انواع ناپایداری‌های دامنه در نواحی کوهستانی زون بینالود از دهه ۱۳۷۰ به این طرف تشدید شده‌اند (زمردیان، ۱۳۸۴: ۱۴۲). در سطح جهانی نیز تحقیقات نسبتاً وسیعی پیرامون لغزش‌های نواحی کوهستانی از دهه ۱۹۶۰ به دلیل مخاطرات ژئومورفیک آن‌ها آغاز شد (آلکانترارا^۱، ۲۰۰۴: ۶۷). خساراتی که حرکات توده‌ای تخریبی در سطح حوضه‌های آبریز مناطق کوهستانی بینالود به وجود می‌آورند هر ساله در حال گسترش می‌باشد. اغلب این حوضه‌ها مانند اسجیل، فریزی، جاغرق، شاندیز و طرقله از جمله مناطق بیلاقی و توریستی مشهد به شمار می‌روند و از طرفی احداث خانه‌های دوم^۲ در این مناطق کوهستانی در حال افزایش است (عارف‌زاده، ۱۳۸۵: ۱۴۵).



از این نظر گسترش وقوع زمین لغزش‌ها می‌تواند موجب خسارات اقتصادی و حتی تلفات جانی گردد. در زمین لغزش و گسل سیلاب حوضه بوژان واقع در بینالود جنوبی که در سال ۱۳۶۷ به وقوع پیوست بیش از ۶۷ نفر جان خود را از دست دادند و خسارات زیادی به سکونتگاه‌های روستایی و باغات حاشیه رودخانه وارد آمد (قنبرزاده و بهنیاfer، ۱۳۸۶: ۲۱۰). در زمین لغزه آلبرتای

۱-Alcantera

۲- خانه‌های دوم مسکن هستند که به طور موقت در مدت‌های سال‌برای مقاصد تفریحی و فراغت استفاده می‌شود. (رضوانی‌صفا، ۱۳۸۴: ۱۱۰)

کانادا بخشی از شهر آسیب دیده و ۷۰ نفر تلفات دربرداشت (کمپ بل، ۲۰۰۶: ۱۸۹). به طور کلی عواملی همچون بارشهای رگباری، وجود سازندهای ضعیف از جمله فیلیت و شیل مشهود، تشدید کاربری زمین و تغییر و تحول تراسهای آبرفتی حاشیه رودخانه‌ها از جمله عوامل مهم ایجاد لغزش‌ها در بینالود شمالی محسوب می‌شوند.



میزان متوسط بارش سالانه در بخش شمالی دهستان (ایستگاه شاندیز) برابر ۲۸۵/۵ میلی متر و در بخش جنوبی دهستان (ایستگاه زشک) به ۳۸۲ میلی متر می‌رسد. علاوه بر آن وقوع بارش‌های ۲۴ ساعته در بخش کوهستانی منطقه تحت مطالعه، بسیار بیشتر از بخش شمالی این محدوده است. این نوع بارش‌ها یکی از مکانیسم‌های مهم در وقوع زمین لغزش‌ها محسوب می‌شوند.

۲. ادبیات تحقیق:

نقشه برداری و زون بندی خطر اولین مؤلفه ارزیابی خطر^۱ و مدیریت ریسک^۲ تلقی می‌شود (بنت و دوپل، ۱۳۸۰). در کل می‌توان دو سری از فعالیت‌های پهنه‌بندی خطر را مشاهده کرد. یک سری از فعالیت‌ها به روش‌های کیفی و تجربی در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش مربوطاند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل نیلسن^۳ در ۱۹۷۹ و مدل آنبالاگان^۱ در ۱۹۹۱ و

۱ - Hazard Assessment

۲- مدیریت ریسک (Risk Management) در حقیقت تشخیص، تحلیل و کنترل اقتصادی ریسک‌هایی است که می‌توانند تهدیدی برای سرمایه‌ها یا درآمدها باشند (بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۱۶)

۳-Nilsen

مدل مورا- وارسون^۲ در ۱۹۹۳ اشاره کرد. البته بسته به موقعیت و شرایط محیطی مختلف حاکم بر نواحی، مدل های تجربی قابلیت توسعه و اصلاح دارند. بر همین اساس است که در ایران مدل تجربی حائری- سمیعی مطرح گردیده است. یک سری کارهای پهنه بندی نیز به روش های آماری و کمی تأکید دارند. اولین نمونه این اقدامات را می توان در فعالیت ون وستن^۳ و همکارانش در ۱۹۹۷ و گزتی^۴ و همکارانش در ۱۹۹۹ مشاهده کرد. همچنین در کارهای کسانی مثل لی و همکارانش در سال ۲۰۰۰، آیالیو و همکارانش در سال ۲۰۰۴ و گوئینائوو همکارانش در سال ۲۰۰۵ شاهد استفاده گسترده از روش های آماری رگرسیون دو متغیر و چندمتغیر همی باشیم. (کرمی و خطیبی، ۱۳۸۵).

۱-۲. نمونه های خارجی

ساده ترین و در عین حال مناسب ترین روش ها در پهنه بندی خطر زمین لغزش مربوط به روش ها و تکنیک های اولیه می باشد که بر تحلیل های همپوشانی نقشه های عامل، وزن دهی و ترکیب آن ها استوار می باشند. این نمونه ها را در کار آنبالاگان در ۱۹۹۱، پاچائوری و پانت^۵ در ۱۹۹۲ و مجیا- ناوارو^۶ در ۱۹۹۴ می توان دید (کرمی و خطیبی، ۱۳۸۵).

آنبالاگان در سال ۱۹۹۱ میلادی با در نظر گرفتن فاکتورهای لیتولوژی، ارتباط پیوستگی های ساختاری با شیب، هندسه شیب با پستی و بلندی نسبی، کاربری و پوشش زمین و شرایط آب زیرزمینی و امتیازدهی به آن ها اقدام به تهیه نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش نمود. این روش در طی مراحل اولیه مطالعات ژئوتکنیکی که به یک فن ارزیابی ارزان و سریع خطر نیاز است مورد استفاده واقع می شود (امامی و الهامی، ۱۳۸۴).

ناگاراگان^۸ و همکارانش در سال ۲۰۰۰ میلادی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در نواحی حاره ای هند با در نظر گرفتن فراوانی زمین لغزش ها در کلاس های مختلف عوامل ایجاد زمین

۲- Anbalagam

۳- Mora & Varson

۴- Van wasten

۵- Guzetti

۶ - Pachauri & Pant

۷ - Mejia-Navarro

۸ - Landslide Hazard Zonation (LHZ)

۸ - Nagarajan

لغزش‌ها، کلاس‌های نهایی را پس از وزن‌دهی کارشناسانه برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش انتخاب کردند (ناگاراچان و همکاران، ۲۰۰۰).

سوزن و دویوران^۱ در سال ۲۰۰۴ میلادی برای ارزیابی نواحی مستعد خطر زمین لغزش در منطقه ارسویو در ترکیه، به منظور تحلیل آماری دو متغیره (BSA) به تلفیق نقشه‌های عامل با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها اقدام کردند. در نهایت پس از استخراج تراکم زمین لغزش در سطح کلاس‌های هر کدام از متغیرهای مورد بررسی، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی^۲ پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را تهیه کردند (سوزن و دویوران، ۲۰۰۴).

نئوپان و پینتاناکولچای^۳ در سال ۲۰۰۶ میلادی در کاری که به نام فرآیند تحلیل شبکه مدلی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش برای حوضه‌ای از هیمالایا در نپال انجام داده‌اند، به معرفی متد فرآیند تحلیل شبکه^۴ برای استفاده در مطالعات پهنه‌بندی خطر زمین لغزش پرداختند. در واقع فرآیند تحلیل شبکه، شامل بررسی روابط ساختاری بین متغیرها اولاً با وقوع پدیده زمین لغزش و ثانیاً با همدیگر می‌باشد. در واقع این موضوع با یک تحلیل منطقی می‌تواند ضریب تشدید متغیرها و نیز رفتار دینامیک آن‌ها را در ارتباط با خود و با پدیده زمین لغزش آشکار سازد (نئوپان و پینتاناکولچای، ۲۰۰۶).

تیه ری^۵ و همکارانش در سال ۲۰۰۷ میلادی نیز برای فعالیتی که در زمینه ارزیابی نواحی مستعد مستعد زمین لغزش در محیط‌های پیچیده کوهستانی جنوب شرقی فرانسه انجام داده‌اند از تلفیق الگوهای احتمال^۶ با روش آماری (BSA) و تکنیک (GIS) برای ارزیابی خطر زمین لغزش استفاده کردند (تیه ری و همکاران، ۲۰۰۷).

۱ - Suzen & Doyuran

۲ - Geographic Information System (GIS)

۳ - Neaupane & Piantanakulchai

۴ - Analytic Network Process (ANP)

۵ - Thiery

۶ - Probabilities Patterns

۲-۲. نمونه‌های داخلی

حائری و سمیعی در سال ۱۳۷۶ برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش‌رأسی شییدار در استان‌مازندران، در مجموع هفت عامل لیتولوژی، زاویه شیب، عوامل ساختاری طول گسل، طول راه و طول رودخانه، بارندگی و رطوبت، شدت بارندگی و عامل زمین لرزه را مورد استفاده قرار داده‌اند (حائری و سمیعی، ۱۳۷۶).

ارومیه‌ای و امین‌زاده در سال ۱۳۷۷ به منظور بررسی و تعیین روش مناسب پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضهٔ آبخیز هلیل رود، روش آنبالاگان را مورد استفاده قرار دادند. نتایج بدست آمده حاکی از تناسب قابل ملاحظه این روش با ویژگی‌های حوضهٔ آبخیز هلیل رود می‌باشد (ارومیه‌ای و امین‌زاده، ۱۳۷۷).

فیض‌نیا و همکارانش در سال ۱۳۸۰ در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز شلمانرود در استان گیلان از روش‌های رگرسیونی استفاده کرده و به تلفیق آن با تکنیک (GIS) پرداختند. بر این اساس ۴ فاکتور اساسی شیب، لیتولوژی، کاربری زمین و بارندگی را در مدل رگرسیون استپ‌وایس^۱ وارد کردند (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۰).

جلالی در سال ۱۳۸۱ به منظور یافتن روش‌های مناسب پهنه‌بندی در حوضهٔ طالقان انواع روش‌های کیفی و آماری را مورد آزمون قرار داد. از جمله روش‌های دو متغیره، قضاوت کارشناسی، نیلسن و مورا- وارسون را مورد ارزیابی قرار داد. در نتیجه این تحقیق روش‌آماریدو متغیره (BSA) نسبت به دیگر روش‌ها مناسب‌تر تشخیص داده شد و در کنار آن روش جدیدی به نام روش ترکیبی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش که در آن استفاده توأم از روش‌ها معرفی و توصیه شد (جلالی، ۱۳۸۱).

فرهادی نژاد و غیومیان در سال ۱۳۸۲ در ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضهٔ سرخاب در جنوب شرقی خرم‌آباد به آزمون روش‌های مختلف کیفی و آماری پرداختند. آن‌ها به آزمون روش‌های مورا- وارسون اصلاح شده، نیلسن اصلاح شده، آماری دو متغیره، ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح پرداختند (فرهادی نژاد، ۱۳۸۲).

احمدی و همکارانش در سال ۱۳۸۲ در مطالعات پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در حوزه آبخیز گرمی چای استان اردبیل، به تلفیق روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۱ و تکنیک (GIS) پرداخته‌اند. آن‌ها به شناسایی و اولویت بندی عوامل و متغیرهای مؤثر بر اساس (AHP) و مقایسه زوجی این متغیرها پرداخته‌اند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲).

فیضیا و همکارانش در سال ۱۳۸۳ پهنه‌بندیزمین‌لغزش‌رادرحوزه آبخیز شیرینرود - تجنسابیه آزمونی از مدل‌های مختلف دست زدند. آن‌ها انواع روش (BSA) شامل ارزش‌اطلاعاتی و تراکم سطح، روش شاخص همپوشانی^۲ و روش (AHP) را مورد آزمون قرار (فیض نیا و همکاران، ۱۳۸۳).

امامی و الهامی در سال ۱۳۸۴ ارزیابی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را توسط سه روش کیفی و تجربی آنبالاگان، نیلسن و مورا - وارسون در حوضه دوآب صمصامی در استان چهارمحال و بختیاری مورد آزمون قرار دادند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که روش آنبالاگان به دلیل عوامل بیشتری در بررسی خطر زمین لغزش از دقت و حساسیت بالاتری برخوردار است (امامی و الهامی، ۱۳۸۴).

بلادپس در سال ۱۳۸۴ در پژوهشی که برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه ماکو در آذربایجان غربی انجام داد روش کار آنبالاگان را مورد استفاده قرار داد. وی بر پایه نقشه توپوگرافی و استفاده از نقشه‌های عامل لیتولوژی، اختلاف ارتفاع، مورفومتری شیب دامنه، شرایط آب زیرزمینی و کاربری و پوشش گیاهی اراضی، به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش اقدام کرد. (بلادپس، ۱۳۸۴).

کورکی نژاد و همکارانش در سال ۱۳۸۴ درباره مقایسه کارایی و مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش موسوم به حائری - سمیعی و مورا - وارسون در حوضه آبخیز سیاه رودبار انجام دادند. آن‌ها زمین لغزه‌های موجود از طریق مشاهدات زمینی و مورفومتری، به‌عنوان شاهد زمینی (مرجع خطر) تبدیل به نقشه کردند. در نهایت برتری مدل منطقه‌ای حائری - سمیعی برای آبخیز سیاه رود به تأیید رسید (کورکی نژاد و همکاران، ۱۳۸۴).

۱ - Analytic Hierarchy Process (AHP)

۲ - Index Overlay

شادفر و سلطانی در سال ۱۳۸۵ در کاری که برای تحلیل و بررسی پتانسیل زمین لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در استان مازندران انجام دادند ابتدا در عملیات میدانی و تصحیح تفسیر عکس های هوایی با استفاده از دستگاه سامانه موقعیت یاب جهانی^۱، به تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها به عنوان متغیر وابسته اقدام کردند. در نهایت با تلفیق لایه پراکنش زمین لغزش، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در (GIS) به انجام رسید (شادفر و سلطانی، ۱۳۸۵).

بابکان و همکارانش در سال ۱۳۸۵ به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از (GIS) در ناحیه ساحلی دریای خزر، الگوهای احتمال ریاضی وقوع زمین لغزش‌ها را در ارزیابی خطر وارد کردند. آن‌ها رابطه آماری تراکم فراوانی وقایع زمین لغزه در لایه‌های اطلاعاتی با فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی تلفیق کردند (بابکان و همکاران، ۱۳۸۵).

۳. موقعیت قلمرو مورد تحقیق:

محدوده مورد مطالعه تحقیق حاضر را دهستان شان‌دیز که بخش اعظم آن منطبق بر حوضه آبریز شان‌دیز می‌باشد، تشکیل می‌دهد. این دهستان جزء استان خراسان رضوی بوده و از لحاظ آخرین تقسیمات سیاسی^۲ (تا بهمن ۱۳۸۶) واقع در بخش طر‌قبه از شهرستان مشهد می‌باشد (نقشه ۱). این محدوده در دامنه‌های شمالی ارتفاعات بینالود واقع شده و به لحاظ موقعیت ریاضی در ۱۹'، ۳۶° تا ۳۰'، ۳۶° عرض شمالی و در ۲۱'، ۵۹° تا ۲۴'، ۵۹° طول شرقی قرار دارد. حداکثر ارتفاع محدوده مطالعات در بخش جنوب جغرافیایی آن (بالادست حوضه) در حدود ۲۸۱۰

۱ - Global Position System (GPS)

۲- البته طبق آخرین مصوبات هیات دولت در تاریخ ۴ دی ۱۳۸۶، شهرستان بینالود از ترکیب بخش شان‌دیز و بخش طر‌قبه در آینده نزدیک ابلاغ خواهد شد. بر این اساس محدوده کنونی دهستان متشکل از دو دهستان جدید التاسیس به نام‌های شان‌دیز و ابرده به بخش ارتقا پیدا خواهد کرد. (پایگاه اینترنتی طر‌قبه آن لاین، بخش اخبار)

کرد و عزیزپور در سال ۱۳۸۴ در فعالیتی که به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از GIS) در استان چهارمحال و بختیاری انجام دادند تلاش کردند تا روش پاچواری و پانت را با متد وزن دهی^۱ تلفیق کرده و در قالب تکنیک (GIS) مورد استفاده قرار دهند (کرد و عزیزپور، ۱۳۸۴).

شریفی و دریاباری در سال ۱۳۸۴ به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش که در حوضه آبخیز چاشم خطیرکوه استان سمنان، از روش نیلسن استفاده کردند. آن‌ها با تغییر محدوده و مقیاس کلاس بندی متغیرها، تلاش کردند تا این روش را با توجه به شرایط محیطی حاکم بر منطقه مورد مطالعه خود متناسب و بهینه‌سازی کنند. لایه‌های اطلاعاتی معیار شامل ۳ لایه اصلی شیب زمین، زمین‌شناسی کواترنر و نهشته‌های لغزشی بودند (شریفی و دریاباری، ۱۳۸۴).

شیرانی و همکاران در سال ۱۳۸۴ به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در پادنای علیای سمیرم، به آزمون مناسبت مدل آماری دومتغیره (BSA) شامل تراکم سطح و ارزش اطلاعاتی و مدل آماری چند متغیره (MRA) شامل رگرسیون خطی و آنالیز ممیزی جهت تلفیق با تکنیک (GIS) پرداختند. و نهایتاً مدل آماری (MRA) در مقایسه با مدل آماری (BSA) در شناسایی مناطق مستعد زمین لغزش نتایج بهتری را نشان داد (شیرانی و همکاران، ۱۳۸۴).

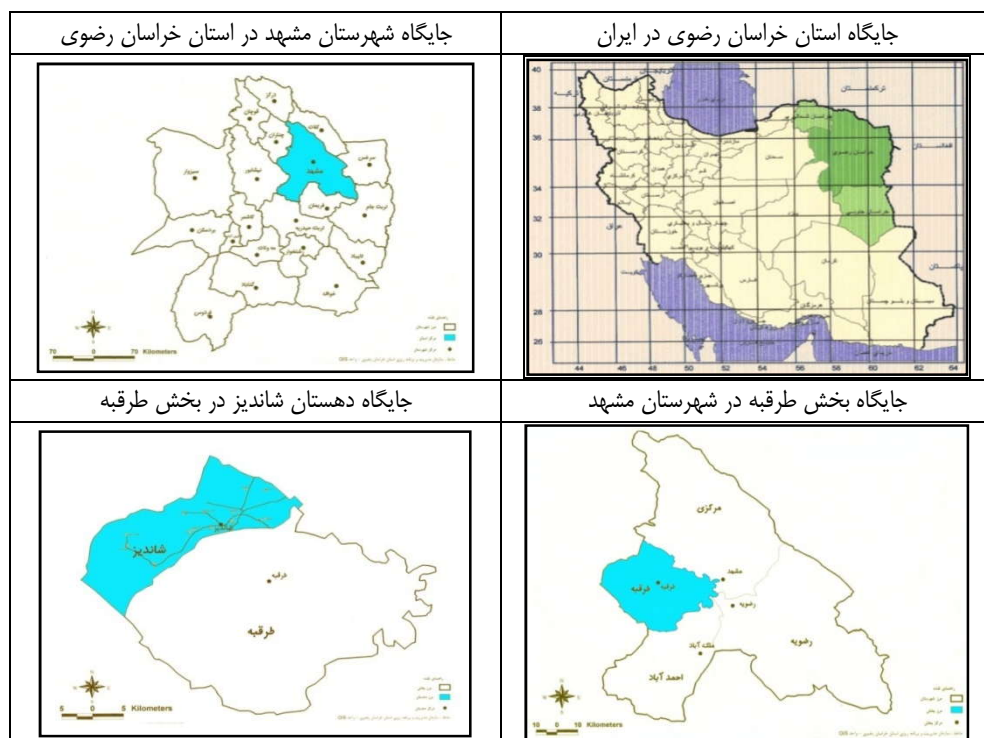
شمس‌الدینی و همکارانش در سال ۱۳۸۵ در مدل اصلاحی خود برای پیاده‌سازی در منطقه صفی آباد استان گلستان، تلاش کردند تا اولاً با وارد کردن عامل مهم کاربری اراضی و ثانیاً استفاده از عامل فاصله از عوارض خطی (گسل، راه، رودخانه) به جای طول این عوارض، مدل حائری-سمیعی را اصلاح کنند (شمس‌الدینی و همکاران، ۱۳۸۵).

شادفر در سال ۱۳۸۵ در بررسی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از GIS) که در حوضه آبخیز پل‌تیان استان مازندران، به انجام رسانید، با تعیین اوزان و ارزش لایه اطلاعاتی هر کدام از متغیرها، نقشه‌های معیار را با نقشه پراکنش زمین لغزش در GIS) تلفیق کرد تا پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به دست آید (شادفر، ۱۳۸۵).

۱ - Weighted Ration

متر و ارتفاع شهر شاندیز در شمال جغرافیایی آن (پایین دست حوضه) در حدود ۱۴۲۰ متر می‌باشد. وسعت دهستان شاندیز که بخش اعظم آن منطبق بر حوضه آبریز شاندیز است، برابر با ۳۳۷/۸ کیلومترمربع است که دارای ۲۲ آبادیو یک نقطه شهری می‌باشد. جمعیت دهستان نیز با احتساب شهر شاندیز بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۸۵ چیزی در حدود ۲۱۸۳۳ نفر بوده که در ۵۸۳۸ خانوار اسکان یافته‌اند. (پایگاه اینترنتی مرکز ملی آمار ایران).

نقشه ۱: موقعیت قلمرو مورد تحقیق در تقسیمات کشوری



۴. متدولوژی و روش تحقیق:

به منظور ارزیابی از خطر وقوع زمین‌لغزه‌ها در منطقه مورد مطالعه از روش آنبالگان که یک مدل تجربی است استفاده شده است. این مدل برای ارزیابی خطر وقوع زمین‌لغزه‌ها در نواحی کوهستانی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و از طریق ۷ گروه متغیر یا شاخص طبق (جدول ۱) ارزیابی خطر وقوع لغزش‌ها انجام می‌گیرد.

جدول ۱- جدول تعیین اهمیت نسبی متغیرهای مؤثر در وقوع زمین لغزش

متغیر	وزن اهمیت نسبی
لیتولوژی (تیپ سنگ)	۱
مورفومتری شیب زمین	۲
پدولوژی (تیپ خاک)	۲
کاربری و پوشش زمین	۱

تراز آب زیرزمینی	۱
توپوگرافی (طبقات ارتفاعی)	۱
عمق خاک	۱

قابل ذکر است که استفاده از مدل در منطقه مورد مطالعه طی ۵ مرحله کاری انجام شده است. در مرحله اول کلیه نقشه‌های پایه مانند توپوگرافی، سطوح ارتفاعی، شیب، سازند سطحی، کاربری اراضی و خاک بر اساس آخرین اطلاعات به دست آمده در محیط (Arcview) تهیه و ترسیم گردید. این نقشه‌ها را اصطلاحاً نقشه‌های عامل (Factor Maps) می‌نامند. در مرحله دوم بر اساس نقشه‌های عامل، واحد های کاری یا واحدهای زمین^۱ (Land Units) در محدوده مورد مطالعه تعیین شدند. این واحدها بر اساس هر یک از لایه‌های محیطی تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش‌ها تفکیک شدند. فاکتور غالب در این تفکیک، پهنه‌های بین منحنی های تراز اصلی و نیز زیرواحدهای هیدرولوژیک در منطقه بوده‌اند. در طی مرحله سوم بر اساس (جدول ۲) وزن متغیرهای مؤثر در وقوع زمین لغزش و کلاسه‌بندی آن‌ها، در منطقه انجام شد. با استفاده از تصویر ماهواره‌ای منطقه و تطبیق دهی آن با لایه‌های توپوگرافی و شیب و سازند سطحی، توانستیم رابطه امتیاز هر یک از متغیرها را با شناسایی نوع لیتولوژی، کاربری زمین، درجه شیب، نوع خاک و وجود یا عدم وجود گسله‌ها تعیین و سپس آن‌ها را محاسبه می‌کنیم. در مرحله چهارم با محاسبه وزن هر یک از متغیرهای هفت گانه و امتیازگذاری کلاسه‌های هر کدام از این متغیرها در منطقه تحت مطالعه، جدول امتیازات نهایی هر یک از واحدهای کاری محاسبه و تعیین شد. این نتایج در (جدول ۳) آورده شده است. نهایتاً در مرحله پنجم با استفاده از درجات یا امتیازات خطر وقوع زمین لغزه‌ها، نقشه پهنه‌بندی زمین لغزه‌ها از نظر خطر وقوع آن تهیه شد.

^۱ - واحدهای ارضی (Land units) جزء کوچکتری از سیستم های ارضی (Land systems) می باشند که بر اساس تیپ های فیزیوگرافیک هر منطقه انتخاب می‌شوند و از نظر ژئومورفولوژی همسان تلقی می‌شوند (مخدوم ، ۱۳۸۵، ص ۵۹). در تعریفی دیگر واحد ارضی شامل بخشی از اراضی است که دارای خصوصیات و ویژگی‌های نسبتاً یکسانی بوده و به عنوان واحدهای مدیریتی و تصمیم‌گیری شناخته شوند (ایوبی و جلالیان، ۱۳۸۵، ص ۱۱).

مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق تصویر ماهواره‌ای لندست (Landsat) از محدوده، تصاویر هوایی ۱/۲۰۰۰۰ بلوک شاندریز، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه بوده است. همچنین با استفاده از عملیات میدانی در بخش‌های فوقانی، میانی و تحتانی مورد بررسی، کلیه واحدهای کاری با اطلاعات میدانی تطبیق داده شده و آنالیز نتایج در نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش‌ها به کار گرفته شد.

۵. ارزیابی وقوع خطر زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه

۱- تشکیل بانک نقشه‌های عامل

در این مرحله به معرفی متغیرهای هفت گانه تأثیرگذار بر وقوع زمین لغزش‌های منطقه پرداخته می‌شود:

۱-۱- نقشه لیتولوژی: از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر وقوع لغزش در هر منطقه‌ای به شمار می‌رود. مشخص است که تیپ سنگ هر منطقه‌ای رابطه مستقیمی با خطر زمین لغزه دارد به طوری که سنگ‌های سخت آتشفشانی از قبیل گرانیت و سنگ‌های اولترابازیک موجود در محدوده مطالعات هم نسبت به فرسایش و هم نسبت لغزش و خزش مقاومت بالایی خواهند داشت، در مقابل سازندهای سست و فرسایش پذیر و هوازده از قبیل شیل، کنگلومرا، سنگ مارن و به ویژه فیلیت خاکستری منطقه موسوم به فیلیت مشهد، خطر لغزش بالایی خواهند داشت.

۱-۲- نقشه تیپ خاک: که از یک سو نمایانگر بافت قشر سطحی زمین و از سوی دیگر بازگوکننده مورفولوژی طبیعی منطقه است. طبق بررسی‌های انجام شده و مطالعه تیپ واریزه‌های سنگی در منطقه، رابطه تنگاتنگ این متغیر با وقوع پدیده زمین لغزش استدلال می‌شود.

۱-۳- نقشه شیب زمین: که با توجه به ماهیت ثقلی پدیده‌های حرکت توده‌ای دامنه به ویژه زمین لغزش، از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به مورفومتری شیب دامنه‌های منطقه، شیب‌های پرتگاهی (تا ۶۰ درصد) نیز در جنوب حوضه به ثبت رسیده است.

۱-۴- نقشه کاربری و پوشش زمین: که به نحوی اثرات الگوهای فعالیت و معیشت انسانی (عوامل آنتروپوژنیک) را بر شکل‌گیری لغزش‌های دامنه‌ای منطقه آشکار می‌کند و از این نظر حائز اهمیت است. تخریب درخت‌زارهای اُرس کوهی و بوته‌کنی گیاهان دامنه‌ای به منظور

مصارف غذایی و سوخت و همچنین زهکشی پلکانی باغات دامنه‌ای و تبدیل اراضی مرتعی به زراعت دیمی از مهم‌ترین عوامل تشدید خطر زمین لغزش در دامنه‌های حوضه به‌شمار می‌روند. ۱-۵- نقشه آب زیرزمینی: که در صورت اشباع‌سازی خاک از آب، خاصیت روانگرایی آن را افزوده و منجر به لغزش خواهد شد. این متغیر در واقع خود متأثر از شرایط لیتولوژیک و اقلیمی منطقه و میزان فشار بهره‌برداری از آن می‌باشد.

۱-۶- نقشه عمق خاک: به نظر می‌رسد از متغیرهای نسبتاً مؤثر در وقوع لغزش در منطقه باشد به‌طوری که عمق بیشتر خاک در سطوح سازندهای سست خطر وقوع زمین لغزش را تشدید می‌کند.

۱-۷- نقشه طبقات ارتفاعی: که حاصل تحلیل توپوگرافی محدوده مطالعات است. این متغیر نیز در کنار دیگر عوامل خطر زمین لغزش را افزایش دهد به‌طوری که بررسی دیرینه لغزش‌های منطقه نیز تاحدی مؤید این امر است با این حال ارتباط دادن صرف این متغیر با خطر وقوع زمین لغزش، در قضاوت‌های کارشناسی می‌تواند گمراه‌کننده باشد.

۲- تشکیل واحدهای کاری

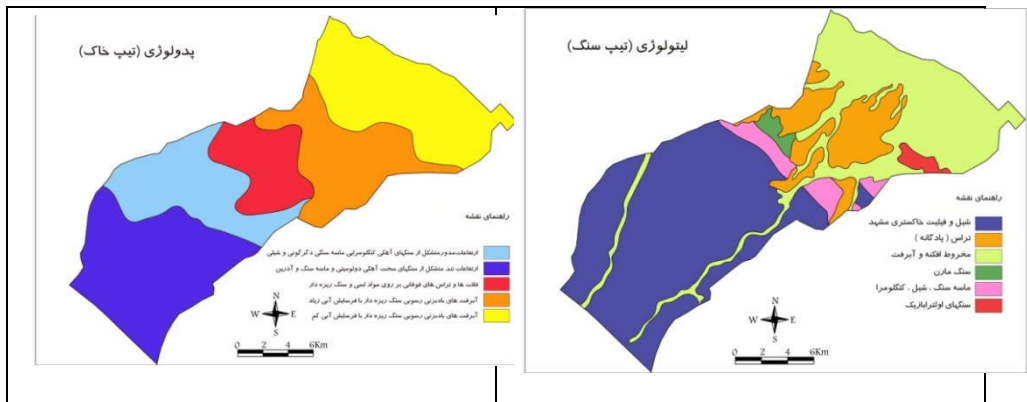
ابتدا بر اساس تحلیل توپوگرافی انجام شده، واحدهای کاری را در منطقه مطالعات تشکیل داده می‌شود. این واحدها بر اساس هر یک از لایه‌های محیطی تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش‌ها تفکیک شدند. فاکتور غالب در این تفکیک، پهنه‌های بین منحنی‌های تراز اصلی و نیز زیرواحدهای هیدرولوژیک در منطقه بوده‌اند. بر این اساس، ابتدا خطوط تراز با اختلاف ۲۰۰ متر را از ارتفاع کمتر از ۱۲۰۰ تا بیشتر از ۲۴۰۰ متر مشخص کرده آنگاه با استفاده از عکس ماهواره‌ای محدوده مطالعات، به شناسایی خط الرأس‌های طبیعی و اصلی سایت پرداخته شده است.

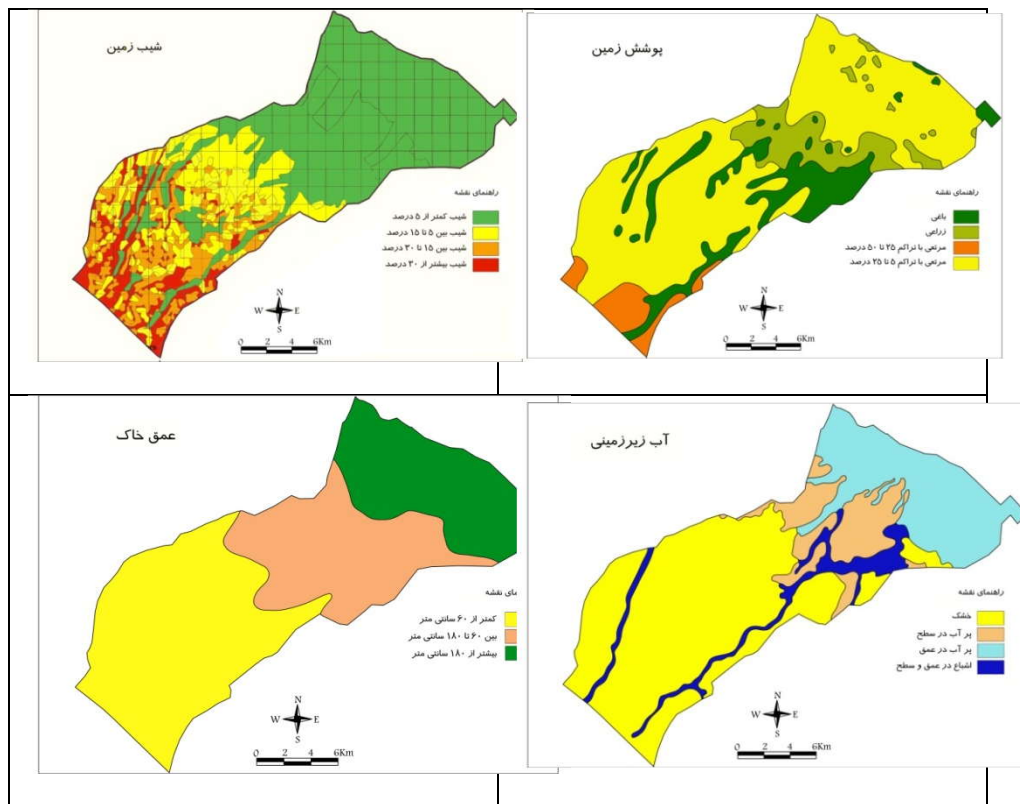
۳- کلاسه‌بندی و امتیازگذاری متغیرهای تأثیرگذار بر وقوع زمین لغزش‌ها

در این مرحله وزن متغیرهای مؤثر در وقوع زمین لغزش و کلاسه‌بندی آن‌ها در منطقه را انجام داده می‌شود.

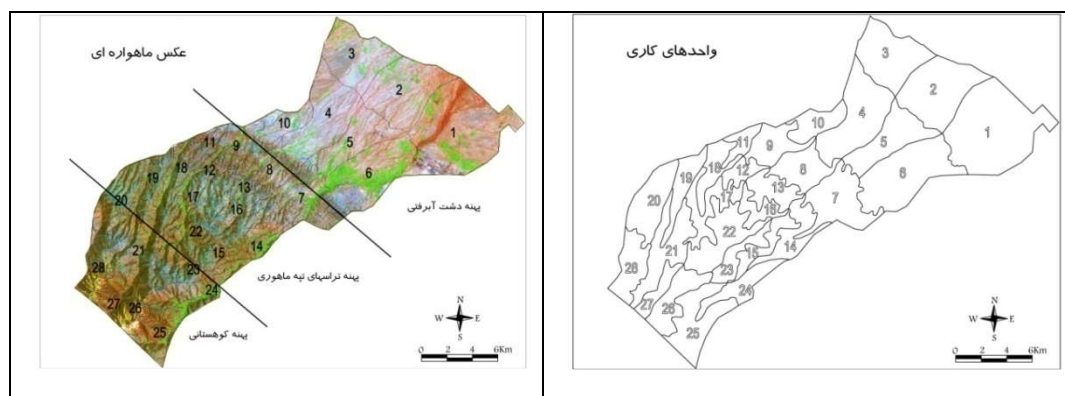
۴- تعیین امتیازات واحدهای کاری

در این مرحله امتیازات نهایی هر یک از واحدهای کاری محاسبه و تعیین می‌شود.





نقشه ۳: نقشه واحدهای کاری منطقه و مقابله آن با عکس ماهواره‌ای Landsat



جدول ۲: جدول کلاسه‌بندی و امتیازگذاری متغیرهای مؤثر بر زمین لغزش‌های منطقه مطالعات

فاکتور	وزن	پارامتر	امتیاز
آب زیرزمینی	۱	اشباع در عمق و سطح	۱
		پرآب در عمق	۰.۵
		پرآب در سطح	۰.۸
		خشک	۰
پوشش زمین	۱	زراعی	۰.۶۵
		باغی	۰.۸
		مرتج با تراکم ۲۵ تا ۵۰ درصد	۱
		مرتج با تراکم ۵ تا ۲۵ درصد	۰.۵
شیب	۲	کم‌تر از ۵ درصد	۰.۲۵
		بین ۵ تا ۱۵ درصد	۰.۵
		بین ۱۵ تا ۳۰ درصد	۱.۲
		بیشتر از ۳۰ درصد	۱.۸
تیپ سنگ	۲	شیل و فیلیت خاکستری	۱.۲
		تراس	۱
		مخروط افکنه و آبرفت	۰.۸
		سنگ مارن	۱.۲
		ماسه سنگ شیل کنگلومرا	۱.۶
تیپ خاک	۲	آبرفت‌های بادبزی رسوبی سنگ ریزه‌دار با فرسایش آبی کم	۰.۵
		آبرفت‌های بادبزی رسوبی سنگ ریزه‌دار با فرسایش آبی زیاد	۰.۸
		فلات‌ها و تراس‌های فوقانی بر روی مواد لسی و سنگ ریزه‌دار	۱.۴
		ارتفاعات متشکل از سنگ‌های سخت آهکی دولومیتی و ماسه سنگ و آذرین	۰.۲۵
		ارتفاعات متشکل از سنگ‌های آهکی کنگلومرای ماسه سنگی دگرگونی و شیلی	۱.۶
عمق خاک	۱	بیشتر از ۱۸۰ سانتی‌متر	۰.۶۵
		بین ۶۰ تا ۱۸۰ سانتی‌متر	۰.۵
		کم‌تر از ۶۰ سانتی‌متر	۰.۲۵
اختلاف ارتفاع	۱	تا ۲۰۰ متر	۰.۲۵
		از ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر	۰.۸

		بیشتر از ۴۰۰ متر	۱.۲
--	--	------------------	-----

جدول ۳- جدول امتیازات نهایی واحدهای کاری

امتیاز نهایی	واحد کاری	امتیاز نهایی	واحد کاری
۶.۳۰	۱۵	۵.۰۰	۱
۷.۶۰	۱۶	۵.۰۰	۲
۷.۶۰	۱۷	۵.۰۰	۳
۷.۹۰	۱۸	۶.۳۰	۴
۸.۴۵	۱۹	۶.۳۰	۵
۹.۹۵	۲۰	۶.۲۵	۶
۴.۴۵	۲۱	۷.۲۵	۷
۶.۸۵	۲۲	۸.۲۵	۸
۶.۸۵	۲۳	۸.۲۵	۹
۷.۱۵	۲۴	۵.۹۰	۱۰
۸.۰۵	۲۵	۷.۶۰	۱۱
۷.۱۰	۲۶	۷.۶۰	۱۲
۷.۵۰	۲۷	۷.۶۰	۱۳
۷.۱۰	۲۸	۹.۰۰	۱۴

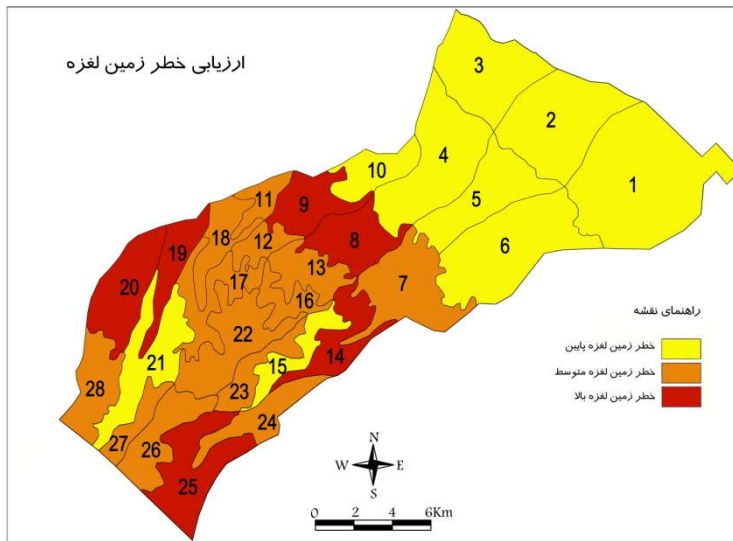
۵- تعیین درجه‌بندی خطر و تهیه نقشه پهله‌بندی خطر زمین لغزه

در این مرحله ابتدا درجه‌بندی خطر وقوع زمین لغزه‌ها را تعیین نموده‌و در نهایت بر اساس نتایج ارزش‌گذاری نهایی هر کدام از واحدهای کاری و با در نظر گرفتن درجه‌بندی خطر زمین لغزش، نقشه پهله‌بندی زمین لغزه‌ها از نظر خطر وقوع آن تهیه می‌شود. (نقشه ۴).

جدول ۴- جدول تعیین درجه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش

میزان خطر	درجه امتیاز
کم	$X \leq 6.5$
متوسط	$6.5 < X < 8$
زیاد	$X \geq 8$

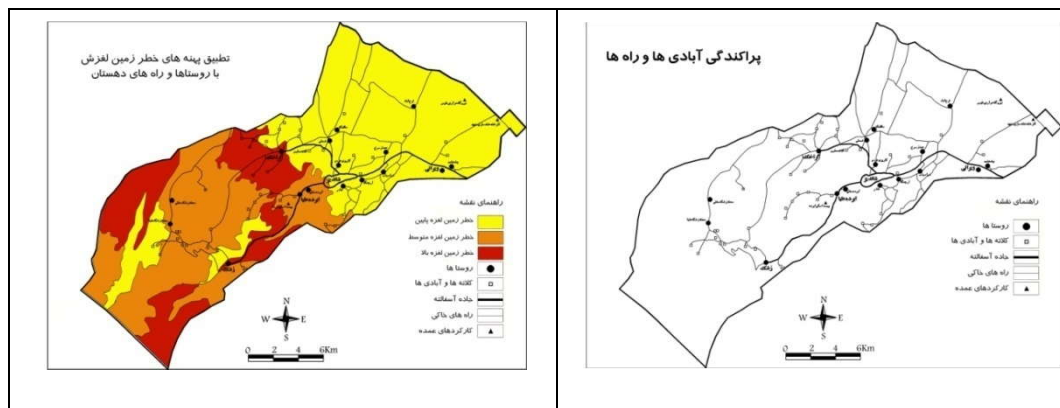
نقشه «۴»: نقشه پهنه‌بندی ارزیابی خطر زمین‌لغزه‌ها به روش آنبالگان



۶. نتیجه‌گیری:

بر اساس نقشه پهنه‌های خطر به‌دست آمده در نقشه ۴ و تشریح آن ابتدا نقشه پراکندگی آبادی‌ها و راه‌های دهستان در قالب نقشه ۵ ارائه می‌شود. سپس این نقشه با نقشه پهنه‌بندی ارزیابی خطر زمین لغزش تطابق داده می‌شود تا احیاناً سکونتگاه‌ها و راه‌های در معرض بروز زمین لغزش شناسایی گردند. بنابراین نقشه ۶ تحت عنوان تطبیق پهنه‌های خطر زمین لغزش با روستاها و راه‌های دهستان تولید می‌گردد.

(نقشه ۶)	(نقشه ۵)
----------	----------



طبق نقشه ۶ مشخص است که پهنه‌های خطر متوسط و بالای زمین لغزه غالباً در اراضی جنوبی دهستان و در اراضی با شیب زیاد و پرتگاهی واقع شده است از سوی دیگر مشاهده می‌شود که اراضی با خطر پایین زمین لغزه در اراضی با سطوح خاکی کم عمق و لیتولوژی مقاوم تر واقع شده است. طبق این نقشه ملاحظه می‌شود که شهر شاندیز و روستاهای تابعه مثل ارچنگ و خادر و به‌طور کلی اراضی شمالی دهستان شامل روستای ویرانی و آبادی‌های تابعه در اراضی با خطر زمین لغزه پایین قرار دارند. اما از سوی مقابل سه روستای مهم دهستان یعنی روستاهای زشک و گراخک و ابرده علیا با کلاته‌ها و آبادی‌های تابعه خود در پهنه خطر زمین لغزش بالا و متوسط واقع شده‌اند. به‌همین ترتیب جاده موصلاتی شاندیز به زشک نیز در پهنه‌های خطر متوسط و بالا واقع است بنابراین بایستی اقدامات مقتضی برای جلوگیری از حرکات مواد واریزه‌ای در این محور به دلیل خصوصیت توریستی آن و وجود ترافیک سنگین عبوری در آن، انجام گردد.

۷. منابع:

- ۱- احمدی، حسن؛ اسمعیلی، اباذر؛ فیض نیا، سادات و شریعت جعفری، محسن (۱۳۸۲) پهنه‌بندی خطر حرکت های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چندمتغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)؛ مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرمی چای، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴.
- ۲- ارومیه‌ای، علی و امین زاده، محمد رضا (۱۳۷۷) ارزیابی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز هلیل رود، مجموعه مقالات دومین همایش ملی رانش زمین و راههای مقابله با خطرات آن.
- ۳- افشار، مژگان (۱۳۸۵) بررسی و شناخت پدیده زمین لغزش با تکیه بر برخی از لغزش‌های مهم در استان تهران، مجله سپهر، شماره ۵۹، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.

- ۴- امامی، سید نعیم و الهامی، رحمت ا... (۱۳۸۴)، ارزیابی و اولویت بندی چند روش پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در زاگرس مرکزی (استان چهارمحال و بختیاری) بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور.
- ۵- ایوبی، شمس ا... و جلالیان، احمد (۱۳۸۵) ارزیابی اراضی (کاربری های کشاورزی و منابع طبیعی)، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ اول
- ۶- بابکان، سولماز؛ زارع، مهدی و معماریان، حسین (۱۳۸۵) پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش در ناحیه ساحلی دریای خزر با روش احتمالی نسبت فراوانی با استفاده از GIS. مجموعه مقالات سومین همایش سیستم های اطلاعات مکانی.
- ۷- بذاق جمالی، جواد؛ آسیایی، مهدی؛ صمدی نقاب، سینا؛ جوانمرد، سهیلا (۱۳۸۴) مدیریت ریسک خشکسالی (شناخت و راهکارها) انتشارات سخن گستر، چاپ اول.
- ۸- بلادپس، علی - پژوهش در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه ماکو (ماکو تا دشت بازرگان) (۱۳۸۴) مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۲.
- ۹- بنت Bennett، متیو. آر. Matthew.R. و دوئل Doyle، پیتتر Peter (۱۳۸۰) زمین شناسی زیست محیطی، ترجمه احمد هرمزی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ اول
- ۱۰- بهنیا فر، ابوالفضل و قنبرزاده، هادی (۱۳۸۶) اثرات اقتصادی، اجتماعی خشکسالی های دهه ۸۵-۱۳۷۵ مناطق روستایی شاندیز در شمال غرب مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، معاونت پژوهشی.
- ۱۱- پایگاه اینترنتی مرکز ملی آمار ایران (سایت www.sci.org.ir) نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ استان خراسان رضوی.
- ۱۲- پایگاه اینترنتی طریقه آن لاین (سایت www.torghabehonline.com) بخش اخبار ۱۳۸۶/۱۱/۳.
- ۱۳- جلالی، نادر (۱۳۸۱) ارزیابی روش‌های متداول پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز طالقان، مجموعه مقالات اولین گردهمایی مجریان طرح‌های تحقیقاتی زمین لغزش - مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۱۴- حائری، سیدمحسنوسمیعی، امیرحسین (۱۳۷۶) روش جدید پهنه‌بندی مناطق شیب‌دار در برابر خطر زمین‌لغزش باتکیه بر بررسی‌های پهنه‌بندی استان‌مازندران، نشر پهلومزمین، سال ششم، شماره ۲۳.
- ۱۵- رضوانی، محمدرضا و صفایی، جواد (۱۳۸۴) گردشگریخانه‌های دمو اثرات آن بر نواحی روستایی: فرصت‌آپتهدید (مورد: نواحی روستایی شمال‌تهران)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴.
- ۱۶- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۴) ژئومورفولوژی ایران؛ جلد دوم؛ دینامیک بیرونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۷- سازمان جغرافیایی وزارت دفاع، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ چهارگوشه مشهد- نیشابور.
- ۱۸- سازمان نقشه برداری کشور، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ بلوک مشهد.
- ۱۹- سازمان زمین شناسی کشور، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ برگه طریقه.

- ۲۰- شادفر، صمد و سلطانی، محمدجعفر (۱۳۸۵) تحلیل و بررسی پتانسیل زمین لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک.
- ۲۱- شادفر، صمد (۱۳۸۵) بررسی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از GIS در حوزه پلتیان، مجموعه مقالات سومین همایش سیستم های اطلاعات مکانی.
- ۲۲- شریفی، رحمان و دریاباری، سیدجمال (۱۳۸۴) روش نیلسن و بهینه سازی آن در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۷۶.
- ۲۳- شمس‌الدینی، علی؛ محمدیان بهبهانی، علی و عربی، امیر مسعود (۱۳۸۵) اصلاح پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در روش حائری- سمیعی با استفاده از عامل کاربری اراضی، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک.
- ۲۴- شیرانی، کورش؛ چاوشی، ستار و گیومیان، جعفر (۱۳۸۴) بررسی و ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در پادانای علیای سمیرم، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۲۵- فرهادی نژاد، طاهر (۱۳۸۲) ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه سرخاب، مجموعه مقالات سومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران؛ دانشگاه بوعلی سینای همدان.
- ۲۶- فیض‌نیا، سادات؛ احمدی، حسن و حسن زاده نفوتی، محمد (۱۳۸۰) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز شلمانرود در استان گیلان، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۴، شماره ۳.
- ۲۷- فیض‌نیا، سادات؛ کلازستاقی، عطا...؛ احمدی، حسن و صفایی، مهرداد (۱۳۸۳) بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرینرود- سد تجن) مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱.
- ۲۸- قنبرزاده، هادی و بهنیافر، ابوالفضل (۱۳۸۶) مخاطرات ژئومورفیک در دامنه‌های جنوبی بینالود با تأکید بر زمین لغزش و سیلاب؛ جلد اول، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.
- ۲۹- کرد، فاطمه و عزیزپور، فرهاد (۱۳۸۴) کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مورد: استان چهارمحال و بختیاری)، مجموعه مقالات همایش سیستم اطلاعات مکانی.
- ۳۰- کرمی، فریبا و بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵) شناسایی و پهنه‌بندی نواحی مستعد زمین لغزش در حوضه آبریز اوجان چای (با استفاده از روش‌های آماری و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی)، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت جامع بحران.
- ۳۱- کورکی نژاد، مسعود؛ اونق، مجید و سپهری، عادل (۱۳۸۴) مقایسه کارایی دو مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (حائری- سمیعی و مورا- وارسون) در آبخیز سیاه رودبارگرگان، فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره ۳ (شماره پیاپی ۴۷).
- ۳۲- عارف زاده، محمدامین (۱۳۸۵) مدل تطبیق سازی نخست شهر و شاخص چهارشهر در تقسیمات استان خراسان، مجله علوم جغرافیایی، شماره ۱، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.
- ۳۳- مخدوم، مجید (۱۳۸۵) شالوده آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هفتم.
- ۳۴- Alcantera, Ayala (۲۰۰۴) Geomorphology, natural hazard vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries.

- ۳۵- Campbell, R. (۲۰۰۶) Soil Slips, Debris flows and Rain storm in the sanata monica mountains and vicinity southern California.
- ۳۶- Nagarajan, R., A. Roy, R. Vindokumar, A. Mukherjee, & M.V. Khire. (۲۰۰۰) Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climate factors for tropical monsoon regions. Bull Eng Geol Env
- ۳۷- Neaupane, K.M. , Piantanakulchai, M. (۲۰۰۶) Analytic network process model for landslide hazard zonation. Engineering Geology Magazine, No. ۸۰
- ۳۸- Suzen, M.I. and Doyuran, V. (۲۰۰۴) Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information system: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey, Engineering Geology Magazine, No. ۷۱
- ۳۹- Thiery, Y. , Malet, J.-P. , Sterlacchini, S. , Puissant, A. , Maquaire, O. (۲۰۰۷) Landslide susceptibility assessment by bivariate methods at large scales: Application to a complex mountainous environment. Geomorphology magazine xx (in the print).