

## پهنه‌بندی ارزیابی خطر زمین لغزه‌ها در دامنه‌های شمال‌غربی زون بینالود

(مطالعه موردی: حوزه کوهستانی شاندیز در شمال‌غرب شهرستان مشهد)

دکتر ابوالفضل بهنیافر

استادیار گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

E-mail:a.behniafar@yahoo.com

محمد رضا 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 به ویژه طی سه دهه اخیر بسیار گسترده شده است. تشدید کاربری زمین و وجود سازندگان سطحی سست و ضعیف در دامنه‌های شمال‌غربی 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 شبکه‌های دامنه، وجود سازندگان سطحی سست و واریزهای و به ویژه نقش عوامل آنتروپوزنیک، دارای پهنه‌های زمین لغزه‌ای پر خطر، از لحاظ درجه وقوع زمین لغزش‌ها بوده‌اند. تشدید کاربری زمین در سازندگان سست فیلیت مشهد، عمدها به صورت باغات سنتی و پمپاژ آب رودخانه به تراس‌های آبرفتی 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<sup>۱</sup>

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 (آلکانتارا<sup>۱</sup>، 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 طرقه از جمله مناطق ییلاقی و توریستی مشهد به شمار می‌روند و از طرفی احداث خانه‌های دوم<sup>۲</sup> 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 بهنیافر، ۱۳۸۶: ۲۱۰). در زمین لغزه آلبرتای

۱-Alcantera

۲- خانه‌های دوم مساکنی هستند که به طور موقت و در مدتی از سال برای مقاصد تفریحی و فراغتی استفاده می‌شود. (رضوانی و صفائی، 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 سازنده‌های ضعیف از جمله فیلیت و شیل مشهد، تشدید کاربری زمین و تغییر و تحول تراصه‌ای 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 زشك) 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 زمین‌لغزش‌ها محسوب می‌شوند.

## ۲. ادبیات تحقیق:

نقشه برداری و زون بندی خطر اولین مؤلفه ارزیابی خطر<sup>۱</sup> و مدیریت ریسک<sup>۲</sup> تلقی می‌شود (بنت و دویل، 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 زمین‌لغزش مربوطاند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل نیلسن<sup>۳</sup> در ۱۹۷۹ و مدل آنالاگان<sup>۱</sup> در ۱۹۹۱ و

1-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)

1-Nilsen

مدل مورا- وارسون<sup>۳</sup> در ۱۹۹۳ اشاره کرد. البته بسته به موقعیت و شرایط محیطی مختلف حاکم بر نواحی، مدل‌های تجربی قابلیت توسعه و اصلاح دارند. بر همین اساس است که در ایران مدل تجربی حائری- سمیعی مطرح گردیده است. یک سری کارهای پهنه‌بندی نیز به روش‌های آماری و کمی تأکید دارند. اولین نمونه این اقدامات را می‌توان در فعالیت ون وستن<sup>۴</sup> و همکارانش در ۱۹۹۷ و گازتی<sup>۵</sup> و همکارانش در ۱۹۹۹ مشاهده کرد. همچنین در کارهای کسانی مثل لی و همکارانش در سال ۲۰۰۰، آیالیو و همکارانش در سال ۲۰۰۴ و گوئینائو و همکارانش در سال ۲۰۰۵ شاهد استفاده گسترده از روش‌های آماری رگرسیون دو متغیره و چندمتغیره می‌باشیم. (کرمی و خطیبی، ۱۳۸۵).

## ۲-۱. نمونه‌های خارجی

ساده‌ترین و در عین حال مناسب‌ترین روش‌ها در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش مربوط به روش‌ها و تکنیک‌های اولیه می‌باشد که بر تحلیل‌های همپوشانی نقشه‌های عامل، وزن‌دهی و ترکیب آن‌ها استوار می‌باشند. این نمونه‌ها را در کار آنبالاگان در ۱۹۹۱، پاچانوری و پانت<sup>۶</sup> در ۱۹۹۲ و مجیا- ناوارو<sup>۷</sup> در ۱۹۹۴ می‌توان دید (کرمی و خطیبی، ۱۳۸۵).

آنبالاگان در سال ۱۹۹۱ میلادی با در نظر گرفتن فاکتورهای لیتولوژی، ارتباط پیوستگی‌های ساختاری با شبیب، هندسه شبیب با پستی و بلندی نسبی، کاربری و پوشش زمین و شرایط آب زیرزمینی و امتیازدهی به آن‌ها اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش<sup>۸</sup> نمود. این روش در طی مراحل اولیه مطالعات ژئوتکنیکی که به یک فن ارزیابی ارزان و سریع خطر نیاز است مورد استفاده واقع می‌شود (امامی و الهامی، ۱۳۸۴).

ناگاراجان<sup>۹</sup> و همکارانش در سال ۲۰۰۰ میلادی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در نواحی حاره‌ای هند با در نظر گرفتن فراوانی زمین لغزش‌ها در کلاس‌های مختلف عوامل ایجاد زمین

2- Anbalagam

3- Mora & Varson

4- Van wasten

5- Guzetti

5 –Pachauri & Pant

6 –Mejia-Navarro

7 –Landslide Hazard Zonation (LHZ)

8 –Nagarajan

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

سوزن و دویوران<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۴ میلادی برای ارزیابی نواحی مستعد خطر زمین‌لغزش در منطقه اسرسویو در ترکیه، به منظور تحلیل آماری دو متغیره (BSA) به تلفیق نقشه‌های عامل با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها اقدام کردند. در نهایت پس از استخراج تراکم زمین‌لغزش در سطح کلاسه‌های هر کدام از متغیرهای مورد بررسی، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۲</sup> پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را تهیه کردند (سوزن و دویوران، ۲۰۰۴).

نهوپان و پیتناکولچای<sup>۳</sup> در سال ۲۰۰۶ میلادی در کاری که به نام فرآیند تحلیل شبکه مدلی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای حوضه‌ای از هیمالایا در نیال انجام داده‌اند، به معروف متدهای فرآیند تحلیل شبکه<sup>۴</sup> برای استفاده در مطالعات پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش پرداختند. در واقع فرآیند تحلیل شبکه، شامل بررسی روابط ساختاری بین متغیرها اولاً با وجود پدیده زمین‌لغزش 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 زمین‌لغزش آشکار سازد (نهوپان و پیتناکولچای، ۲۰۰۶).

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

1 -Suzen & Doyuran

2 -Geographic Information System (GIS)

3 -Neaupane & Piantanakulchai

4 -Analytic Network Process (ANP)

5 -Thiery

6 -Probabilities Patterns

## ۲-۲. نمونه‌های داخلی

حائزی و سمیعی در سال ۱۳۷۶ برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش اراضی شیبدار در استان مازندران، در مجموع هفت عامل لیتولوژی، زاویه شب، عوامل ساختاری طول گسل، طول راه و طول رودخانه، بارندگی و رطوبت، شدت بارندگی و عامل زمین لرزه را مورد استفاده قرار داده‌اند (حائزی و سمیعی، ۱۳۷۶).

ارومیه‌ای و امین‌زاده در سال ۱۳۷۷ به منظور بررسی و تعیین روش مناسب پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز هلیل رود، روش آنبالاگان را مورد استفاده قرار دادند. نتایج بدست آمده حاکی از تناسب قابل ملاحظه این روش با ویژگی‌های حوضه 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 شب، لیتولوژی، کاربری زمین و بارندگی را در مدل رگرسیون استپواپس<sup>۱</sup> وارد کردند (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۰).

جلالی در سال ۱۳۸۱ به منظور یافتن روش‌های مناسب پهنه‌بندی در حوضه طالقان انواع روش‌های کیفی و آماری را مورد آزمون قرارداد. از جمله روش‌های دو متغیره، قضاؤت کارشناسی، نیلسن و مورا-وارسون را مورد ارزیابی قرار داد. در نتیجه این تحقیق روش آماری دو متغیره (BSA) نسبت به دیگر روش‌ها مناسبتر تشخیص داده شد و در کنار آن روش جدیدی بهنام 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 خطرزمین لغزش در حوضه 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).

---

1 -Stepwise

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<sup>۱</sup> و تکنیک (GIS) پرداخته‌اند. آن‌ها به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل و متغیرهای مؤثر بر اساس (AHP) و مقایسه زوجی این متغیرها پرداخته‌اند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲).

فیض نیا و همکارانش در سال ۱۳۸۳ پهنه‌بندی زمین‌لغزش را در حوزه آبخیز شیرین رود- تجن ساری به آزمونی از مدل‌های مختلف دست زدند. آن‌ها انواع روش (BSA) شامل ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح، روش شاخص همپوشانی<sup>۲</sup> و روش (AHP) را مورد آزمون قرار (فیض نیا و همکاران، ۱۳۸۳).

امامی و الهامی در سال ۱۳۸۴ ارزیابی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش 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 زمین‌لغزش از دقت و حساسیت بالاتری برخوردار است (امامی و الهامی، ۱۳۸۴).

بلادپس در سال ۱۳۸۴ در پژوهشی که برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش 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 لیتوژوئی، اختلاف ارتفاع، مورفومتری شب دامنه، شرایط آب زیرزمینی و کاربری و پوشش گیاهی اراضی، به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش اقدام کرد. (بلادپس، ۱۳۸۴).

کورکی نژاد و همکارانش در سال ۱۳۸۴ درباره مقایسه کارآیی و مدل پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش موسوم به حائری- سمیعی و مورا- وارسون در حوضه آبخیز سیاه رودبار انجام دادند. آن‌ها زمین‌لغزه‌های موجود از طریق مشاهدات زمینی و مورفومتری، به عنوان 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).

1 -Analytic Hierarchy Process (AHP)

2 -Index Overlay

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<sup>۱</sup> 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 چشم 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. ونهایتاً 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 صفتی 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 حائزی-سمیعی را اصلاح کنند (شمس‌الدینی و همکاران، ۱۳۸۵).

شادر 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 (شادر، ۱۳۸۵).

1 –Weighted Ration

شادر و سلطانی در سال ۱۳۸۵ در کاری که برای تحلیل و بررسی پتانسیل زمین‌لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در استان مازندران انجام دادند ابتدا در عملیات میدانی و تصحیح تفسیر عکس‌های هوایی با استفاده از دستگاه سامانه موقعیت یاب جهانی<sup>۱</sup>، به تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها به عنوان متغیر وابسته اقدام کردند. در نهایت با تلفیق لایه پراکنش زمین‌لغزش، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در (GIS) به انجام رسید (شادر و سلطانی، ۱۳۸۵).

بابکان و همکارانش در سال ۱۳۸۵ به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از (GIS) در ناحیه ساحلی دریای خزر، الگوهای احتمال ریاضی وقوع زمین‌لغزش‌ها را در ارزیابی خطر وارد کردند. آن‌ها رابطه آماری تراکم فراوانی وقایع زمین‌لغزه 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<sup>۲</sup> (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° عرض شمالی و در ۵۹°, ۲۱° تا ۲۴° طول شرقی قرار دارد. حداقل ارتفاع محدوده مطالعات در بخش جنوب جغرافیایی آن (بالادست حوضه) در حدود ۲۸۱۰

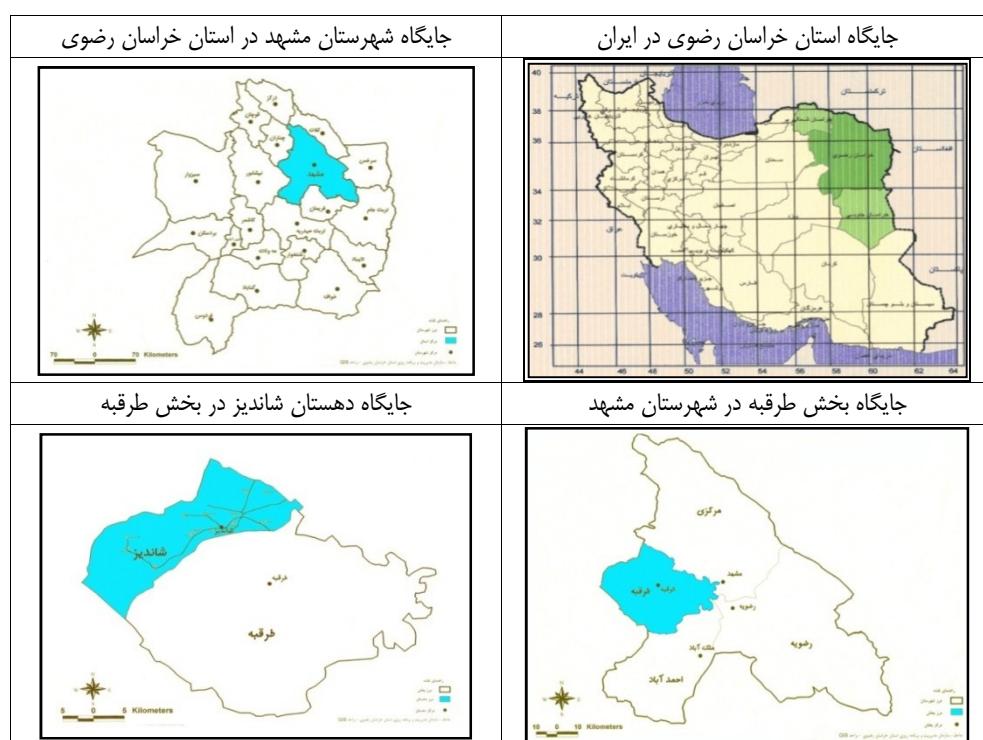
---

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 متشكل از دو دهستان جدید التأسیس به نام‌های شاندیز و ابرده به بخش ارتقا پیدا خواهد کرد. (پایگاه اینترنتی طرقبه آن لاین، بخش اخبار)

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 ۳۳۷/۸ کیلومترمربع است که دارای ۲۲ آبادی و 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 آنالیگان 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 زمین‌لغزش

متغیر	وزن اهمیت نسبی
لیتولوژی (تیپ سنگ)	۱
مورفومتری شب زمین	۲

پدالوژی (تیپ خاک)	۲
کاربری و پوشش زمین	۱
تراز آب زیرزمینی	۱
توبوگرافی (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، شبیب، 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<sup>۱</sup> (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 زیروحدهای 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 شبیب و سازند سطحی، توانستیم رابطه امتیاز هر یک از متغیرها را با شناسایی نوع لیتو‌لوژی، کاربری زمین، درجه شبیب، 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.

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

این نتایج در(جدول ۳) آورده شده است. نهایتاً در مرحله پنجم با استفاده از درجات یا امتیازات خطر وقوع زمین‌لغزه‌ها، نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزه‌ها از نظر خطر وقوع آن تهیه شد.

مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق تصویر ماهواره‌ای لندست (Landsat) از محدوده تصاویر هوایی ۱/۲۰۰۰۰ بلوک شاندیز، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه بوده است. همچنین با استفاده از عملیات میدانی در بخش‌های فوکانی، میانی و تحتانی مورد بررسی، کلیه واحدهای کاری با اطلاعات میدانی تطبیق داده شده و آنالیز نتایج در نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها به کار گرفته شد.

## ۵. ارزیابی وقوع خطر زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه

### ۱- تشکیل بانک نقشه‌های عامل

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

۱-۱- نقشه لیتوژئی: از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر وقوع لغزش در هر منطقه‌ای به شمار می‌رود. مشخص است که تیپ سنگ هر منطقه‌ای رابطه مستقیمی با خطر زمین‌لغزه دارد به طوری که سنگ‌های سخت آتشفسانی از قبیل گرانیت و سنگ‌های اولترا بازیک موجود در محدوده مطالعات هم نسبت به فرسایش و هم نسبت لغزش و خروش مقاومت بالایی خواهد 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 خواهد 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 زمین‌لغزش استدلال می‌شود.

۱-۳- نقشه شیب زمین: که با توجه به ماهیت ثقلی پدیده‌های حرکت توده‌ای دامنه به ویژه زمین‌لغزش، 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 سوت و همچنین زهکشی پلکانی باغات دامنه‌ای و تبدیل اراضی مرتعی به زراعت دیمی از مهم‌ترین عوامل تشدید خطر زمین لغزش در دامنه‌های حوضه بهشمار می‌رود.
- 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.

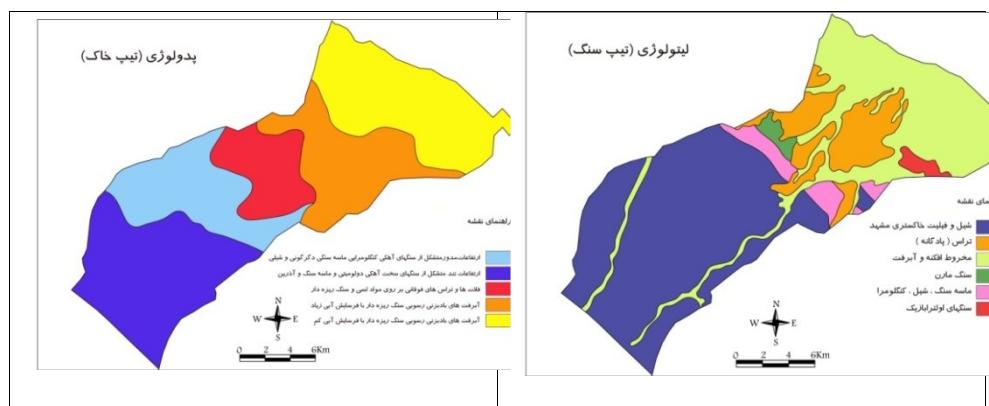
## ۲- تشکیل واحدهای کاری

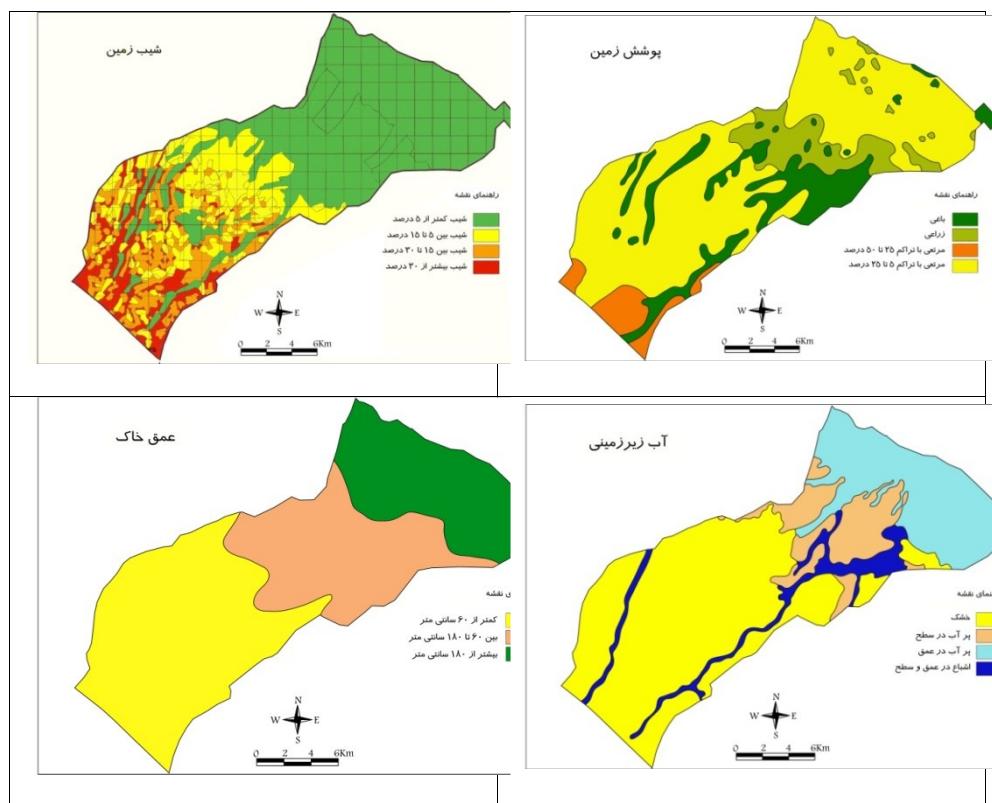
ابتدا بر اساس تحلیل توپوگرافی انجام شده، واحدهای کاری را در منطقه مطالعات تشکیل داده می‌شود. این واحدها بر اساس هر یک از لایه‌های محیطی تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش‌ها تفکیک شدند. فاکتور غالب در این تفکیک، پهنگهای بین منحنی‌های تراز اصلی و نیز زیرواحدهای هیدرولوژیک در منطقه بوده‌اند. بر این اساس، ابتدا 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 زمین‌لغزش‌ها**  
در این مرحله وزن متغیرهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش و کلاسه‌بندی آن‌ها در منطقه را انجام داده می‌شود.

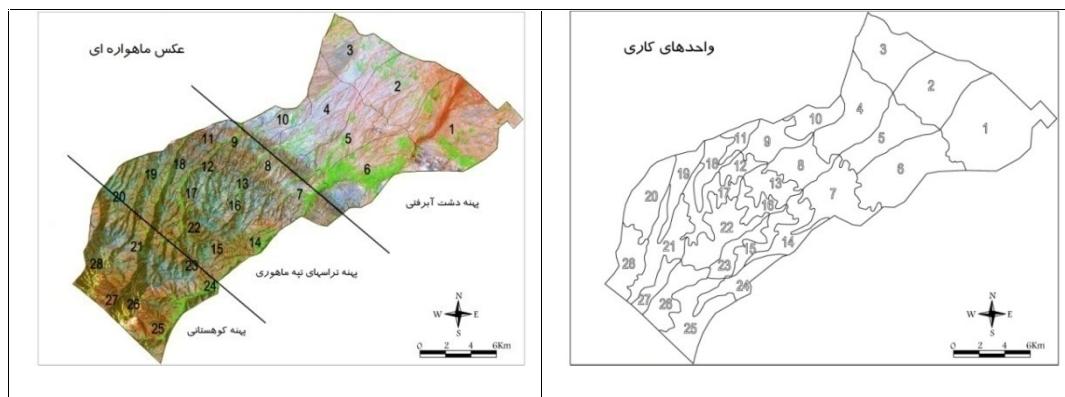
#### ۴- تعیین امتیازات واحدهای کاری

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	1	اشبع در عمق و سطح	1
		پرآب در عمق	0.5
		پرآب در سطح	0.8
		خشک	0
پوشش زمین	1	زراعی	0.65
		باغی	0.8
		مرتع با تراکم ۵۰ تا ۲۵ درصد	1
		مرتع با تراکم ۵ تا ۲۵ درصد	0.5
شیب	2	کمتر از ۵ درصد	0.25
		بین ۵ تا ۱۵ درصد	0.5
		بین ۱۵ تا ۳۰ درصد	1.2
		بیشتر از ۳۰ درصد	1.8
تیپ سنگ	2	شیل و فیلیت خاکستری	1.2
		تراس	1
		مخروط افکنه و آبرفت	0.8
		سنگ مارن	1.2
		ماسه سنگ شیل کنگلومرا	1.6
تیپ خاک	2	آبرفت‌های بادبزنی رسوی سنگ ریزه‌دار با فرسایش آبی کم	0.5
		آبرفت‌های بادبزنی رسوی سنگ ریزه‌دار با فرسایش آبی زیاد	0.8
		فلات‌ها و تراس‌های فوقانی بر روی مواد لسی و سنگ ریزه‌دار	1.4
		ارتفاعات متشکل از سنگ‌های سخت آهکی دولومیتی و ماسه سنگ و آذرین	0.25
		ارتفاعات متشکل از سنگ‌های آهکی کنگلومرا بی ماسه سنگی دگرگونی و شیلی	1.6
عمق خاک	1	بیشتر از ۱۸۰ سانتی‌متر	0.65
		بین ۶۰ تا ۱۸۰ سانتی‌متر	0.5
		کمتر از ۶۰ سانتی‌متر	0.25
اختلاف ارتفاع	1	تا ۲۰۰ متر	0.25
		از ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر	0.8

بیشتر از ۴۰۰ متر

1.2

### جدول ۳- جدول امتیازات نهایی واحدهای کاری

امتیاز نهایی	واحد کاری	امتیاز نهایی	واحد کاری
6.30	15	5.00	1
7.60	16	5.00	2
7.60	17	5.00	3
7.90	18	6.30	4
8.45	19	6.30	5
9.95	20	6.25	6
4.45	21	7.25	7
6.85	22	8.25	8
6.85	23	8.25	9
7.15	24	5.90	10
8.05	25	7.60	11
7.10	26	7.60	12
7.50	27	7.60	13
7.10	28	9.00	14

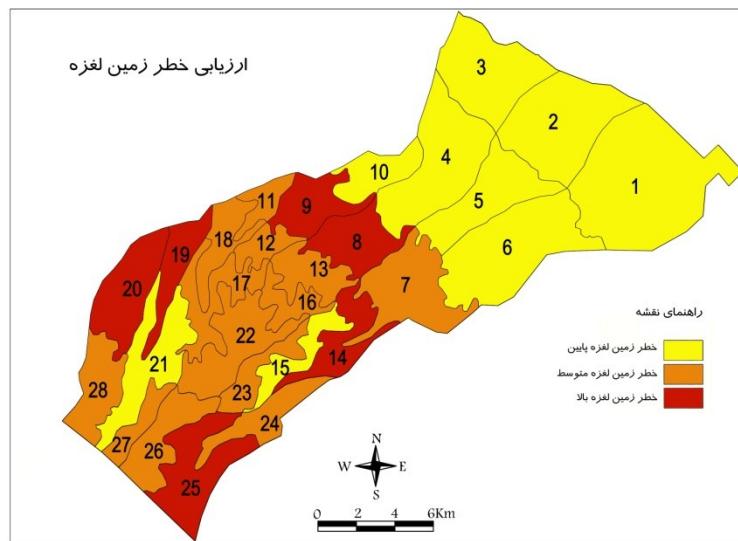
### ۵- تعیین درجه بندی خطر و تهییه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزه

در این مرحله ابتدا درجه بندی خطر وقوع زمین لغزه ها را تعیین نموده و در نهایت بر اساس نتایج ارزش گذاری نهایی هر کدام از واحدهای کاری و با در نظر گرفتن درجه بندی خطر زمین لغزش، نقشه پهنه بندی زمین لغزه از نظر خطر وقوع آن تهییه می شود. (نقشه ۴).

### جدول ۴- جدول تعیین درجه بندی خطر وقوع زمین لغزش

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

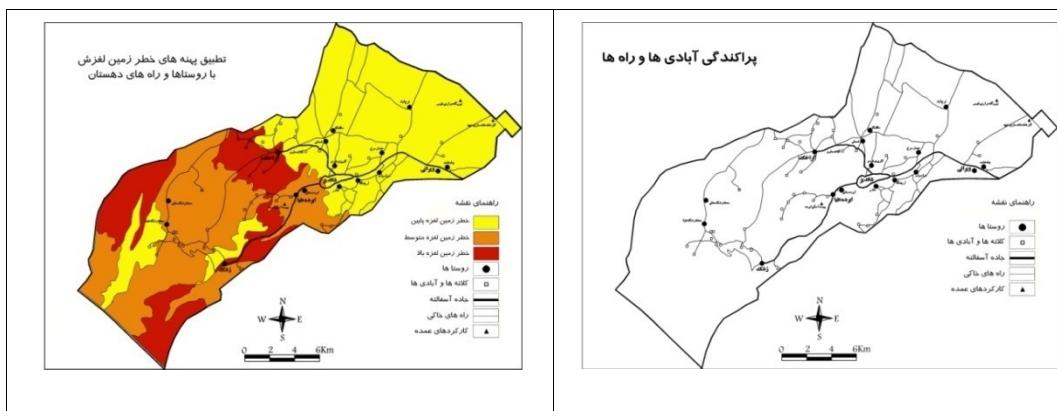
نقشه «۴»: نقشه پهنه‌بندی ارزیابی خطر زمین‌لغزه‌ها به روش آنالالگان



## ۶. نتیجه‌گیری:

بر اساس نقشه پهنه‌های خطر به دست 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 زمین‌لغزش تطابق داده می‌شود تا احیاناً سکونتگاه‌ها و راه‌های در معرض بروز زمین‌لغزش شناسایی گردند. بنابراین نقشه ۶ تحت عنوان تطبیق پهنه‌های خطر زمین‌لغزش با روستاها و راه‌های دهستان تولید می‌گردد.

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



طبق نقشه ۶ مشخص است که پهنه های 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 می شود 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 می شود که شهر شاندیز و روستاهای تابعه مثل ارجنگ و خادر و به طور کلی اراضی شمالی دهستان شامل روستای ویرانی و آبادی های تابعه در اراضی با خطر زمین لغزه پایین قرار دارند. اما از سوی مقابل سه روستای مهم دهستان یعنی روستاهای زشك و گراخک و ابرده علیا با کلاته ها و آبادی های تابعه خود در پهنه خطر زمین لغزش بالا و متوسط واقع شده اند. به همین ترتیب جاده مواصلاتی شاندیز به زشك نیز در پهنه های خطر متوسط و بالا واقع است بنابراین بایستی اقدامات مقتضی برای جلوگیری از حرکات مواد واریزه ای در این محور به دلیل خصوصیت توریستی آن و وجود ترافیک سنگین عبوری در آن، انجام گردد.

#### ۷. منابع:

- ۱- احمدی، حسن؛ اسماعلی، ابازر؛ فیض نیا، سادات و شریعت جعفری، محسن (۱۳۸۲) پهنه بندی خطر حرکت های توهدای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (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 هلیل‌رود، 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 زمین‌لغزش در زاگرس مرکزی (استان چهارمحال و بختیاری) بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۵- ایوبی، شمس ا... و جلالیان، احمد (۱۳۸۵) ارزیابی اراضی (کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی)، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ اول
- ۶- بایکان، سولماز؛ زارع، مهدی و معماریان، حسین (۱۳۸۵) پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در ناحیه ساحلی دریای خزر با روش احتمالی نسبت فراوانی با استفاده از GIS، مجموعه مقالات سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی.
- ۷- بداق جمالی، جواد؛ آسیابی، مهدی؛ صمدی نقاب، سینا؛ جوانمرد، سهیلا (۱۳۸۴) مدیریت ریسک خشکسالی (شناخت و راهکارها) انتشارات سخن گستر، چاپ اول.
- ۸- بلاذیس، علی - پژوهش در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه ماکو (ماکو تا دشت بازرگان) (۱۳۸۴) مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲
- ۹- بنت bennett، متیو. آر و دویل matthew.r. پیتر peter (۱۳۸۰) زمین‌شناسی زیست محیطی، ترجمه احمد هرمزی ، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ اول
- ۱۰- بهنیافر، ابوالفضل و قنبرزاده، هادی (۱۳۸۶) اثرات اقتصادی، اجتماعی خشکسالی‌های دهه ۱۳۷۵-۸۵ 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](http://www.sci.org.ir)) نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ استان خراسان رضوی.
- ۱۲- پایگاه اینترنتی طرقه آن لاین (سایت [www.torghabehonline.com](http://www.torghabehonline.com)) بخش اخبار ۱۱/۳ (۱۳۸۶).
- ۱۳- جلالی، نادر (۱۳۸۱) ارزیابی روش‌های متداول پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز طالقان، مجموعه مقالات اولین گردهمایی مجریان طرحهای تحقیقاتی زمین‌لغزش - مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
- ۱۴- حائری، سید محسن و سمیعی، امیرحسین (۱۳۷۶) روش جدید پهنه‌بندی مناطق شیبدار در برابر خطر زمین‌لغزش با تکیه بر بررسیهای پهنه‌بندی استان مازندران، نشریه علوم زمین، سال ششم، شماره ۲۳.
- ۱۵- رضوانی، محمدرضا و صفائی، جواد (۱۳۸۴) گردشگری خانه‌های دوم و اثرات آن بر نواحی روستایی : فرصت یا تهدید (مورد: نواحی روستایی شمال تهران)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴.
- ۱۶- زمردیان، محمد جعفر (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 زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰ - برگه طرقه.

- 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 سیستم‌های 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- شمس الدینی، 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 غیومیان، جعفر (۱۳۸۴) بررسی و ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در پادناهی 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 بولی سینای همدان.
- ۲۶- فیض نیا، 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- فیض نیا، سادات؛ کلارستاقی، عطا...؛ احمدی، حسن و صفائی، مهرداد (۱۳۸۳) بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین رود-سد تجن) مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱.
- ۲۸- قبرزاده، 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، فربیا 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 کارآیی دو مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (حائری-سمیعی و مورا-وارسون) در آبخیز سیاه روبار گرگان، 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.
- 34- Alcantara, Ayala (2004) Geomorphology, natural hazard vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries.

- 35- Campbell, R. (2006) Soil Slips, Debris flows and Rain storm in the sanata monica mountains and vicinity southern California.
- 36- Nagarajan, R., A. Roy, R. Vindokumar, A. Mukherjee, & M.V. Khire. (2000) Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climate factors for tropchcal monsoon regions. Bull Eng Geol Env
- 37- Neaupane, K.M. , Piantanakulchai, M. (2006) Analytic network process model for landslide hazard zonation. Engineering Geology Magazine, No.85
- 38- Suzen, M.l. and Doyuran, V. (2004) Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information system: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey, Engineering Geology Magazine, No.71
- 39- Thiery, Y. , Malet, J.-P. , Sterlacchini, S. , Puissant, A. , Maquaire, O. (2007) Landslide susceptibility assessment by bivariate methods at large scales: Application to a complex mountainous environment. Geomorphology magazine xx (in the print) .