جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱٤۰۵، دوره۹ شماره۱، صص۱۱۹۰-۱۱۷۱

پهنه بندی خطرزمین لغزش درکوهستان زاگرس شمالی

میراسداله حجازی [*۱]، نادرمرادی [۲]

۱-دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی وعلوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران hejazi@tabrizu.ac.ir

۲-دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی وعلوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت:۱٤۰۵/۰۱/۰۳ تاریخ بازنگری:۱٤۰۵/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۵/۰٤/۰۳

چکیده

زمین لغزش یکی از مخاطرات محیطی وژئومورفولوژی می با شد که وقوع آنها باعث خ سارت وتلفات به ان سان ،اموال ودارایی های آن می‌شود. این مخاطره با دست کاری های انسان دردهه های اخیرشتاب بیشتری داشته است. اهمیت زمین لغزش ها سبب شده است تا در این مقاله به شناسایی وپهنه بندی مناطق زمین لغزش درکوهستان زاگرس شمالی پرداخته شود. روش کار به این صورت ا ست که ابتدا لایه های اطلاعاتی تهیه شده اند که شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، فا صله ازگ سل، فا صله از رودخانه، راههای ارتباطی،لیتولوژی؛ کاربری اراضی می باشد وبراساس نظر کارشناسان وبا استفاده از مدل AHP وزن دهی شده اند وسپس وزن بدست آمده برروی لایه ها ی اطلاعاتی اعمال شـده اند ودرنهایت درمحیط ARC Gis نقشـه ها باهم تلفیق شـده اند و نقشـه نهایی مناطق مسـتعد زمین لغزش بدست آمده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که دامنه‌های با شیب تند، ارتفاع متوسط، سازندهای رسوبی و مارنی، نزدیکی به گسل‌ها و رودخانه‌ها و تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی، بیشترین حساسیت را نسبت به زمین‌لغزش دارند.همین امرباعث شده تا منطقه مورد مطالعه پتانسیل بالایی جهت وقوع حرکات دامنه ای بخصوص زمین لغزش داشته باشد.که نقشه نهایی و تحلیل لایه‌ها می‌تواند به شناسایی مناطق پرخطر، جهت برنامه‌ریزی توسـعه پایدار و کاهش خسـارات جانی و مالی ابزار کارآمدی برای مدیریت مخاطرات زمین‌لغزش درمناطق کوهستانی فراهم آورد.

کلمات کلیدی: مخاطرات، زمین لغزش، زاگرس شمالی، مدلAHP،Gis.

* : نویسنده مسئول hejazi@tabrizu.ac.ir

doi: 10.22034/gahr.2026.582057.2745 شاپا الکترونیکی:2645-3851

مقدمه

زمین لغزش ها به عنوان یکی از فرایندهای دامنه ای محسوب می شوند.که نتیجه فرایندهای مکانی–زمانی به هم پیوسته شامل فرایندهای هیدرولوژیک (بارش، تبخیروآب های زیر زمینی) وزن پوشش گیاهی،مقاومت ریشه،وضعیت سنگ مادر،وضعیت خاک،توپوگرافی وفعالیت های انسانی هستند(ویو،۱۹۵۵). عوامل متعددی مانند شرایط زمین شناسی،شرایط آب شناختی، وضعیت پستی وبلندی، ریخت شناسی، آب وهوا وهوازدگی بر پایداری یک دامنه تاثیر گذاشته ومی تواند باعث ایجاد خطر لغزش شوند(گارفی وبرونو،۲۰۰۷).حرکات لغزشی، از مهم ترین وگسترده ترین مخاطرات مناطق کوهستانی است که حیطه ی فعالیت آن ها از تپه های ملایم تا کوهستان های شیب دار است(گروبروهمکاران۲۰۰۹). این حرکات در زمره ی پر خسارات ترین آن ها هستند که همزمان با دستکاری بشر در سیستم طبیعی در دهه های اخیر شتاب فزاینده ای یافته است(امامی وغیومیان۱۳۸۲). به گونه ای که از آن به عنوان یکی از فرایندهای ژئومورفیک عمده در چشم انداز مناطق کوهستانی یاد می شود(هاتانچی و موریواکی،۲۰۰۹). زمین لغزش ها در ایران از مهم ترین بلایای طبیعی بوده که هر ساله نقش تخریب مراتع، فرسایش وغیره داشته اند وهمچنین خسارات ها ومشکلاتی مانند افزایش هزینه احداث جاده، افزایش هزینه نگهداری وتعمیرات،اختلال در ترابری وبالا بردن خسارت به ماشین های مورد استفاده و...را برای راها به وجود می آورد(شادفر وهمکاران ۱۳۸٦). از آن جایی که پیش بینی زمان دقیق حرکات توده ای کار بسیار مشکلی است از این رو شناسایی این مناطق بسیار حائز اهمیت است(مصفایی وهمکاران،۱۳۸۸). برهمین اساس در تحقیق حاضر سعی بر آن شده است تا مناطق مستعد زمین لغزش درکوهستان زاگرس شمالی شناسایی شود. محدوه مورد مطالعه که یک منطقه کوهستانی است از کانون های زلزله محسوب می شود به همین دلیل می توان گفت که منطقه نا آرام محسوب می شود ودر معرض انواع مخاطرات طبیعی بخصوص زمین لغزش قرار دارد. در تحقیق حاضر به منظور شناسایی وپهنه بندی زمین لغزش در محدوه مطالعاتی با استفاده از مدل منطق فازی وهمچنین از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای وزن دهی به لایه ها استفاده شده است.

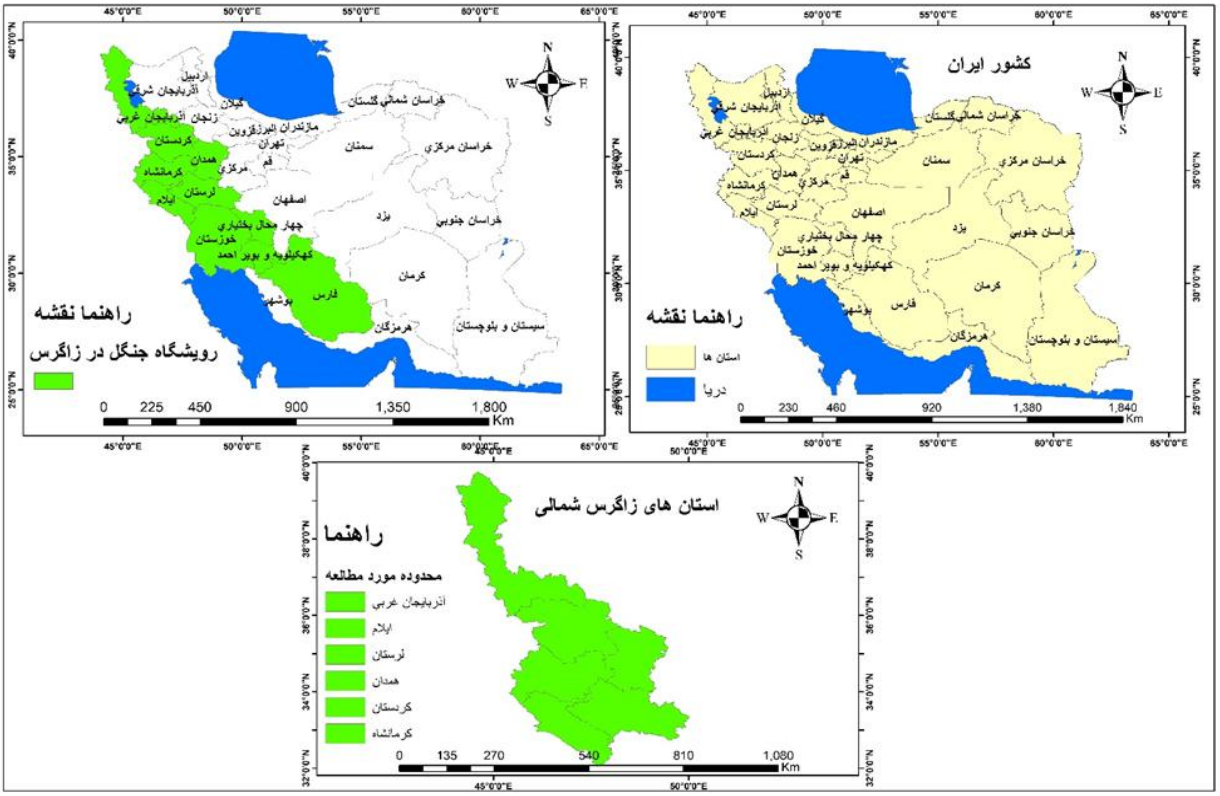
در مورد حرکات دامنه ای بخصوص لغزش ها مطالعات زیادی در سطح ایران وجهان صورت گرفته است.ازجمله تحقیقات داخلی می توان به یمانی وهمکاران(۱۳۹۲) اشاره کرد که به تعیین پهنه بندی خطر زمین لغزش در مسیر آزادراه خرم آباد–پل زال پرداختند.نتایج تحقیق بیانگر این است که ضمن اینکه این مدل کارایی مناسبی جهت تشخیص مناطق مستعد لغزش دارد، در کنار عامل شیب و سنگ شناسی به عنوان عوامل اصلی رخداد لغزش، احداث چاده وقوع لغزش ها را تشدید نموده است. همچنین اصغری کلجاهی وهمکاران(۱۳۹۵) به پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه غرب شهرستان خوی پرداختند. در این تحقیق از روش آنبالاگان استفاده شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که حدود ۵/٦ در صد از منطقه در پهنه خطر بسیار بالا و۲۳در صد از منطقه در پهنه با خطر بالا قرار دارد. عرب عامری وهمکاران(۱۳۹٦) به پهنه بندی استعداد اراضی نسبت به وقوع زمین لغزش در حوضه سرخون کارون پرداختند.دراین تحقیق از روش های دمپستر شیفرنسبت فراوانی استفاده شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که اصلی ترین عوامل در بروز زمین

لغزش های این منطقه بر اساس مشاهدات میدانی ونظرات کارشناسی شامل لیتولوژی، فاصله از جاده وارتفاع به ترتیب با کسب امتیاز(۱۸۱/.،۱٦۳/. و۱٤٥/.) می باشند. حسنی وهمکاران(۱۳۹٦) به پهنه بندی خطر زمین لغزش در جاده ی کن- سولقان پرداختند.دراین تحقیق با ا ستفاده از سی ستم منطق فازی نق شه های پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه ی مورد مطالعه تهیه شده ا ست.نتایج تحقیق بیانگر این است که درمیان عمگرهای اعمال شده در این مشاهده عملگر اشتراک فازی درمیان سایر عمگرهای فازی استفاده شده در این پژوهش مناسب تر بوده است. در زمینه تحقیق خارجی نیز لی (۲۰۰۷) با استفاده از منطق فازی به بررسی مناطق مستعد لغزش در منطقه گانجنانگ کره پرداخته است در این پژوهش ابتدا از روش FR به منظور ارزیابی زمین لغزش در منطقه استفاده وسپس با استفاده ترکیب عملگرهای عضویت فازی وروش نسبت فراوانی، مناطق مستعد زمین لغزش تعیین شده است. پس از تطبیق نقشه ی تولید شده با نقشه پراکنش زمین لغزش ها به همراه بازدید میدانی،عملگر گامای۹/.به عنوان بهترین عملگر با درجه اطمینان ۸٤درصد معرفی شده است. همچنین وانگ وهمکاران (۲۰۱۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی وروش وزن دهی به پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه ساحل جنوبی چین پرداختند ودر نهایت پس از وزن دهی به لایه های اطلاعاتی وتلفیق لایه ها بر مبنای وزن بد ست آمده نق شه ی پهنه بندی خطر زمین لغزش را تهیه کرده اند. دلاسرنا و همکاران (2016) به پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و تکنیک GIS در مناطق کوچک مقیاس معدن سوریگائوری شمالی، فیلیپین پرداختند. در این مطالعه چندلایه ازعوامل لغزش یعنی شیب، تراکم زهکشی، هوازدگی، سنگ شناسی، پایداری زمین، نوع خاک و پوشش گیاهی در نظر گرفته شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که دو معیار شیب و جابجایی عمودی عامل اصلی در لغزش های منطقه است.

مواد وروش: این تحقیق براساس ماهیت توصیفی – تحلیلی و نوع آن کاربردی است. مبتنی بر روش‌های میدانی، ابزاری و کتابخانه‌ای و داده های فضایی است. ابتدا با استفاده ازنقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی(Dem) منطقه مورد مطالعه مشخص شده است.وسپس اطلاعات با مطالعهٔ کتاب ها، پایان نامه ها، مقالات و نشریات و مدارک و اسناد و با استفاده از وضعیت منطقهٔ مورد مطالعه جمع آوری شد. که بعد پارامترهای تأثیرگذارشامل معیارهای(شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله ازگسل، فاصله از رودخانه، راههای ارتباطی، نوع لیتولوژی؛ کاربری اراضی) منطقه تهیه شده اند. پس از بدست آوردن لایه های اطلاعاتی برای وزن دهی به آنها ازمدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. و سپس در نرم افزار Arc GIS نقشه ها متناسب با آن آماده سازی شدند ودرنهایت نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش تهیه شد.

محدوده مورد مطالعه: رشته‌کوه زاگرس شمالی از دیر باز با نام کوهستان زاگرس شناخته شده است که از تعدادی گسل وچین تشکیل یافته که توسط عوامل فرسایشی شدیدا بریده شده وبه طول ۱٦۰۰کیلومتر،ازدریاچه وان واقع در منتهی الیه شرق ترکیه تا بندر عباس در دهانه خلیج فارس، ادامه یافته وبخش های مهمی از دو کشور ایران وعراق را دربرگرفته است. این بخش از رشته‌کوه زاگرس که محدوده

مورد مطالعه می باشـــد از مرزهای شـــمال غربی ایران شـــامل اســـتان های آذربایجان غربی، کردســـتان آغاز می‌شـــود و تا اســـتان‌های همدان،کرمانشاه، لرستان وایلام ادامه دارد.



شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه زاگرس شمالی(نگارنده)

بحث ونتایج

با توجه به اهدافی که درتحقیق نظرمد نظر ا ست، معیارهای مورد نظر تعریف شده ا ست.معیارها مذکور شامل معیارهای زمین شنا سی (لیتولوژی وگسل)، معیارهای ژئومورفولوژی (شیب، جهت شیب، ارتفاع ورودخانه) ومعیارهای انسانی (کاربری اراضی وراه ارتباطی) می باشد.درادامه به تشریح هر کدام از این معیارها پرداخته می شود.

-معیارهای زمین شناسی

معیارهای زمی نشناسی تحقیق حاضر شامل نوع لیتولوژی و فاصله از خطوط گسلی است. نوع لیتولوژی تأثیر مستقیمی در وقوع لغزش دارد، مناطقی که از سنگ های رسوبی تشکیل شده است میزان لغزش بیشتری نسبت به مناطقی که از سنگهای آذرین تشکیل شده است دارد. بنابراین با توجه به میزان لغزش پذیری نوع سازند حوضه ی مورد مطالعه ارزش -گذاری شده است و سازندهایی که لغزش پذیری بیشـــتری دارند ارزش نزدیک به ۱ و همچنین مناطقی که مقاومت بیشـــتری در برابر لغزش دارند ارزش نزدیک به صـــفر دارند.همچنین با

توجه به تأثیرگذاری خطوط گسلی در ناپایداری دامنه ها، خطوط گسلی به عنوان یکی ازعوامل تأثیرگذاردرنظر گرفته شده است. لایه خطوط گسلی نیز با توجه به میزان تأثیرگذاری که بر وقوع لغزش دارد ارزش گذاری شده است به طوری که مناطق نزدیک به خطوط گسلی ارزش نزدیک به ۱ و مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر دارند.

-معیارهای ژئومورفولوژیکی

حوضه ی مورد مطالعه در بین ارتفاع ۱۱۰۰ تا ۳۸۰ متری از سطح دریا قرار دارد. اختلاف ارتفاع زیاد سبب اختلاف دما بین مناطق غربی و شرقی حوضه شده است به طوری که ارتفاعات شرقی دارای میانگین دمای کمتر، بارش و یخبندان بیشتری نسبت به مناطق غربی است که همه این موارد تأثیر مستقیمی بر میزان لغزشپذیری حوضه دارد و با توجه به این تأثیرگذاری، لایه ی وضعیت ارتفاعی حوضه ارزش گذاری شده است که مناطق مرتفع ارزش نزدیک به ۱ و مناطق کم ارتفاع تر ارزش نزدیک به صفر دارند. ازنظر وضعیت شیب نیز، مناطق شرقی شیب بیشتری نسبت به مناطق غربی دارد و بخش عمدهای از مناطق پر شیب در مناطق شرقی واقع شده است. شیب از عوامل بسیار مهم در وقوع زمین لغزش ها بوده است که در صورت مهیا بودن سایر شرایط، توده لغزشی در اثر نیروی ثقل به طرف پایین دامنه حرکت خواهد کرد بنابراین در ارزش گذاری لایه شیب، به مناطق پرشیب ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم شیب ارزش نزدیک به صفر داده شده است. همچنین با توجه به اینکه دامنه های شمالی انرژی کمتری از دامنه های جنوبی دریافت می کنند، میزان رطوبت در این دامنه ها بیشتر از سایر دامنه ها است و با توجه به اینکه وجود رطوبت می تواند تشدیدکننده ی لغزش باشد، جهات شیب نیز به عنوان یکی از عوامل مؤثر در نظر گرفته شده است و مناطق شمالی ارزش بیشتری نسبت به مناطق جنوبی حوضه دارد .آخرین پارامتر ژئومورفولوژیکی رودخانه است. رودخانه ها نقش مهمی در برش پای شیب دارند و مانند جاده های ارتباطی درناپایداری شیب دامنه تأثیرگذارهستند و مناطق نزدیک به آبراهه ها داری پتانسیل بالاتری جهت حرکات دامنه ای هستند و بر این اساس مناطق نزدیک به رودخانه ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر داده شده است.

-معیارهای انسانی

یکی ازعوامل تأثیرگذار برحرکات دامنه ای بخصوص لغزش ها، دخالت عوامل انسانی از جمله راه سازی است. راه های ارتباطی در ایجاد و توسعه ی حرکات دامنه ای نقش مهمی دارند و حرکات دامنه ای یکی از مشکلات و چالش های پیشروی فعالیت های عمرانی در مناطق کوهستانی است(رجایی،۱۳۸۲) تأثیر راه های ارتباطی به خصوص در مناطقی که دارای لیتولوژی سستی هستند بسیارتأثیرگذار است. معیار انسانی دیگرنوع کاربری اراضی است. کاربری اراضی می تواند درتشدید و یا کاهش حرکات دامنه ای مؤثر باشد به طوری که مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم باشند میزان لغزش، کمتر از مناطق بدون پوشش خواهد بود. همچنین ممکن است بعضی از

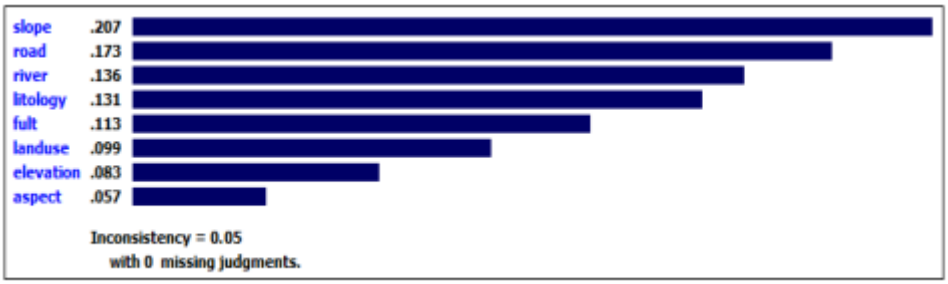
کاربـــری های غیراصولی خـــصوصاً در منـــاطق پرشیب سبب تشدید حرکات دامنه ای شود. مطابق موارد مذکور در ارزش گذاری معیارهای انسانی مناطق نزدیک به راه ارتباطی و مناطق داری پوشش کم ارزش نزدیک به ۱ دارند.

-استاندارسازی لایه های اطلاعاتی

پس از تهیه ی لایه های اطلاعاتی به منظور ارزش گذاری و اسـتفاده از آنها درمدل ها، این لایه ها اسـتانداردسـازی شـده اند. اسـتاندارد سازی برحسب اهداف مورد نظر و ویژگی های منطقه صورت گرفته است و به هرلایه ارزشی بین صفر تا ۱ داده شده است. برای لایه های اطلاعاتی فاصـله از رودخانه، جاده و گسـل با توجه به اینکه با افزایش فاصـله ازآنها احتمال وقوع زمین لغزش کمترخواهد بود، به مناطق نزدیک ارزش ۱ و به مناطق دورتر ارزش نزدیک به صـفر داده شـده اسـت. برای لایه ارتفاع و شـیب، به مناطق پرشـیب و مرتفع ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم شیب و کم ارتفاع ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه جهت شیب، به جهات شمالی ارزش نزدیک به ۱ و به جهات جنوبی ارزش نزدیک به صـفر داده شـده اسـت. همچنین برای لایه های لیتولوژی و کاربری اراضـی از نظرات کارشناسان مربوطه استفاده شده و به طبقاتی که در آنها احتمال وقوع لغزش است ارزش نزدیک به ۱ داده شده است و به طبقاتی که احتمال وقوع لغزش در آنها کمتر است ارزش نزدیک به صفر داده شده است.

- وزن دهی به لایه های اطلاعاتی

پس از بدست آوردن لایه های اطلاعاتی برای وزن دهی به آنها از مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP)استفاده شده است. برای این منظور پس از تشکیل ساختار و ماتریس مقایسه ای شامل ۱ سطر و ۱ ستون، از طریق پرسشنامه و دیدگاه های کارشناسان امر، برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیرمعیارها استفاده شده است. امتیازدهی و مقایسه ی زوجی لایه های اطلاعاتی برحسب اهمیت هر کدام از آنها در وقوع زمین لغزش و با توجه به وضـعیت منطقه صـورت گرفته اسـت. پس مقایسـه ی زوجی معیارها، برای انجام محاسبات از نرم افزار Expert Choose استفاده شده و پس از تشکیل سوپرماتریس ها، وزن ها یا ارزش های هرمعیار نسبت به هدف پژوهش به دست آمده است وزن های نهایی برای هر یک از معیارها درمحیط نرم افزار Expert Choose محاسبه و وارد جداول توصیفی هریک ازلایه های مربوطه درنرم افزار Arc GIS شده است.



شکل(۲) ارزش گذاری لایه های اطلاعاتی براساس مدلAHP

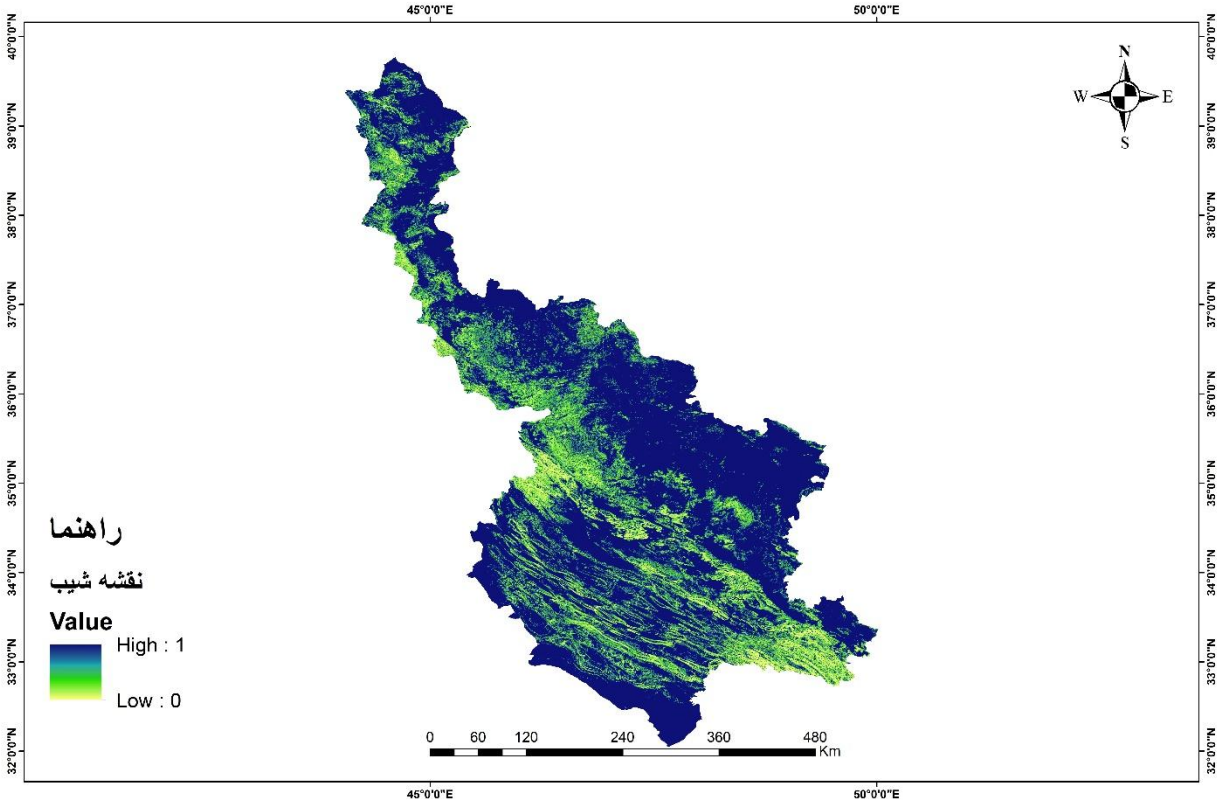
-تلفیق لایه های اطلاعاتی با استفاده ازمنطق فازی

در محیط GIS بر روی شبکه ی مرجع محدوده ی مورد مطالعه تمامی فاکتورها از شکل برداری به رستری تبدیل شدند. سپس وزن به دست آمده در نرم افزار ARC GIS با استفاده از دستور Raster calculator درلایه های رستری ضرب شده و با استفاده از منطق فازی این نقشه های شبکه شده در محدوده ی مورد مطالعه با هم تلفیق شدند. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و همچنین حساسیت خیلی کم فازی جمع، از عملگر فازی گاما استفاده شده است (رابطه۱).

$$\mu = (\mu\ fuzzy\ sum)^{y} \times (\mu\ fuzzy\ product)^{1-y}$$

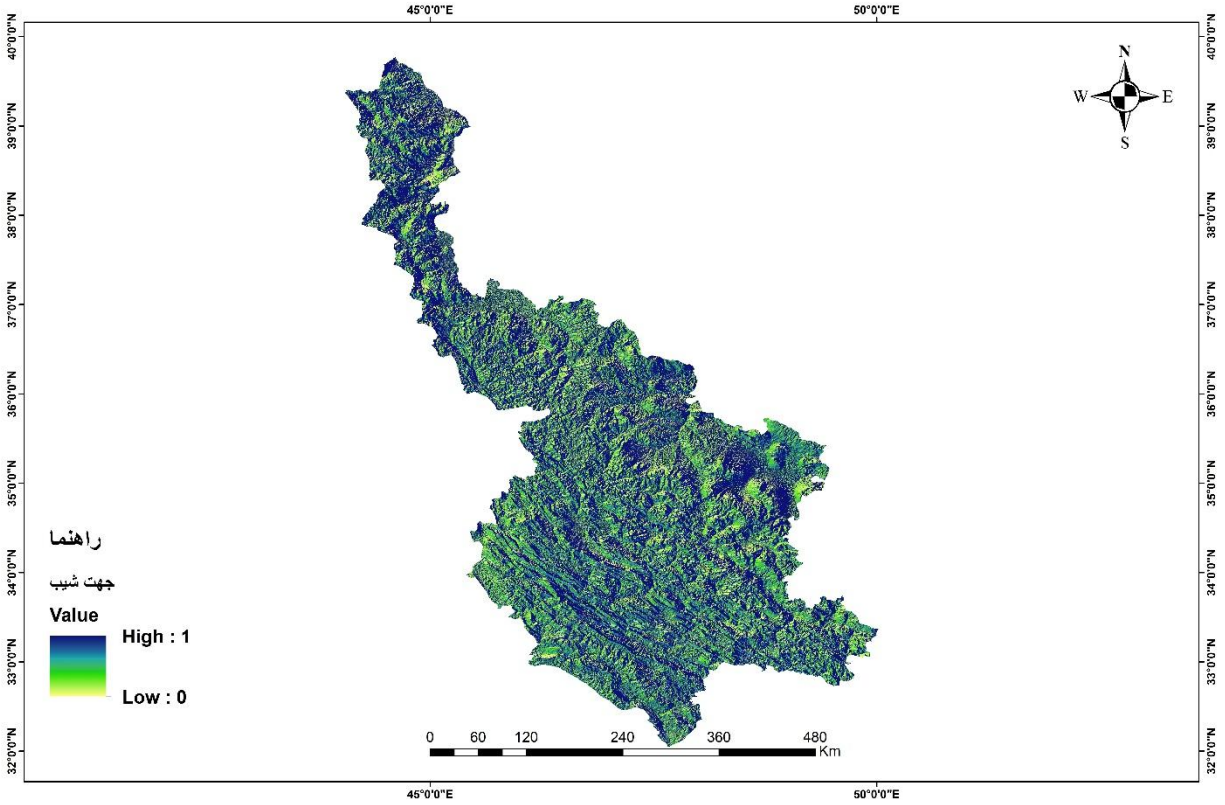
برای عملگر گاما پس از تلفیق و ارزیابی هرکدام در نهایت از گامای 9/. استفاده شد. لذا پس از همپوشانی الیهها مناطق مستعد وقوع لغزش براساس گامای فازی 9/. استخراج شد.

شیب: شیب یکی از عوامل حساس درزاگرس شمالی برای وقوع زمین لغزش است این محدوده به دلیل کوهستانی بودن، شیب زیاد،چین‌خوردگی شدید، لیتولوژی متنوع و بارش نسبتاً زیاد یکی ازحساس‌ترین نواحی ایران از نظرشیب محوراست. با توجه به شیب زیاد ونامتقارن ن شانه تکتونیکی بالا درزاگرس وگ سل های فعال،یال‌ها و دره‌های فعال، سطوح فر سای شی قدیمی،نواحی جوان شدگی تکتونیکی،بارندگی های متمرکز،فرسایش خاک، از نوع شیاری وخندقی،تخریب خاک دردامنه‌های پرشیب فاقد پوشش گیاهی عواملی هستند که باعث تشدید لغزش ووقوع زمین لغزش های زیادی می باشد.



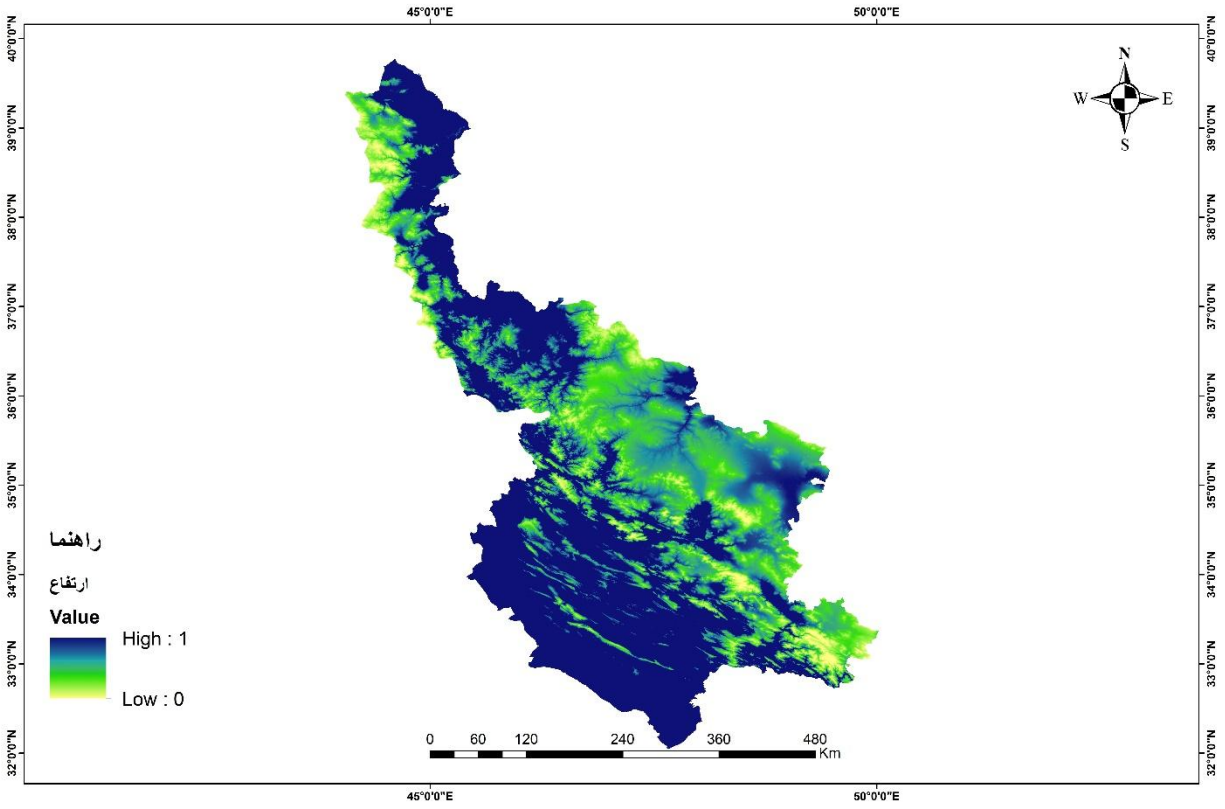
شکل (۲) نقشه شیب زاگرس شمالی

جهت شیب: جهت شیب نشان می‌دهد دامنه‌ها به کدام سمت جغرافیایی رو دارند در زاگرس شمالی، این نقشه به‌شدت تحت تأثیر:ساختار چین خورده (طاقدیس–ناودیس)،راستای غالب شمال غرب– جنوب‌شرق(NW–SE) قرار دارد. دامنه‌های رو به شمال و شمال‌شرق،رطوبت بیشتر،پوشش گیاهی متراکم‌تر،فرسایش کندتر ولی:لغزش‌های عمیق‌تر محتمل می باشد. دامنه‌های رو به جنوب و جنوب‌غرب،تابش خورشید بیشتر،خشکی و هوازدگی فیزیکی قوی‌تر،فرسایش سطحی و ریزش سنگ بیشتراست دامنه‌های جنوبی و جنوب‌غربی:فرسایش شدیدتر،پوشش گیاهی ضعیف تردامنه‌های شمالی:خاک عمیق‌ترولی حساس به زمین لغزش می باشند.در نتیجه جهت‌های غالب شیب زاگرس شمالیNE–SW عدم تقارن دامنه‌ها شاخص فعالیت تکتونیکی، جهت شیب یک عامل تعیین کننده درزمین لغزش می باشد.



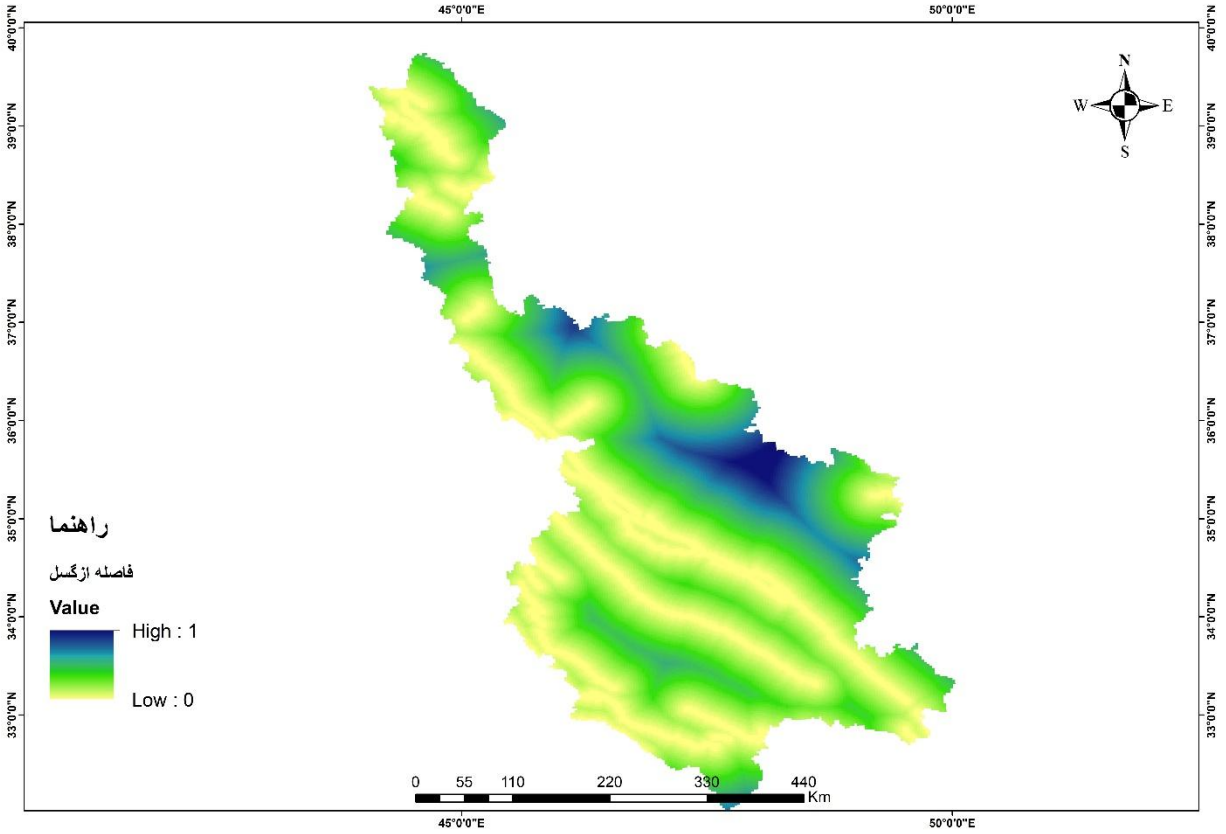
شکل (۳) نقشه جهت شیب زاگرس شمالی

نقشـــه ارتفاع: زاگرس شـــمالی یکی از مرتفع‌ترین وناهموارترین کمربندهای کوهســـتانی ایران اســـت. افزایش ارتفاع ازجنوب‌غرب به شمال‌شرق مشهود است. ارتفاعات بالا،شیب زیاد،سنگ‌های سخت،ریزش سنگ غالب سبب مخاطرات دوچندان شده است. در مقابل، ارتفاعات متوسـط زاگرس که معمولاً در محدوده کوهپایه‌ها و دامنه‌های میانی طاقدیس‌ها قرار دارند، بیشـترین حسـاسـیت را نسـبت به زمین‌لغزش نشان می‌دهند. این نواحی علاوه بر برخورداری از شیب‌های نسبتاً تند، اغلب از سازندهای رسی، مارنی و شیلی تشکیل شده‌اند که در برابر نفوذ آب مقاومت کمی دارند. بارش‌های قابل توجه، به‌ویژه درفصول مرطوب، باعث افزایش فشار آب حفره‌ای در این واحدها شده و مقاومت برشی دامنه‌ها را کاهش می‌دهد. در نتیجه، لغزش‌های چرخشی وانتقالی دراین ترازهای ارتفاعی بیشترین فراوانی را دارند. درارتفاعات بالای زاگرس، اگرچه شیب دامنه‌ها بسیار تند وانرژی ناهمواری زیاد است، اما فراوانی زمین‌لغزش‌های کلا سیک نسبتاً کمتر می‌شود. دلیل اصلی این امرغالب‌بودن سنگ‌های سخت و مقاوم، کاهش ضخامت خاک و تسلط فرایندهایی مانند ریزش سنگ و سقوط بلوک‌هاست. دراین مناطق، ارتفاع زیاد بیشتر با مخاطراتی نظیر سنگ‌افتادگی و بهمن مرتبط است تا لغزش‌های گسترده دامنه‌ای.



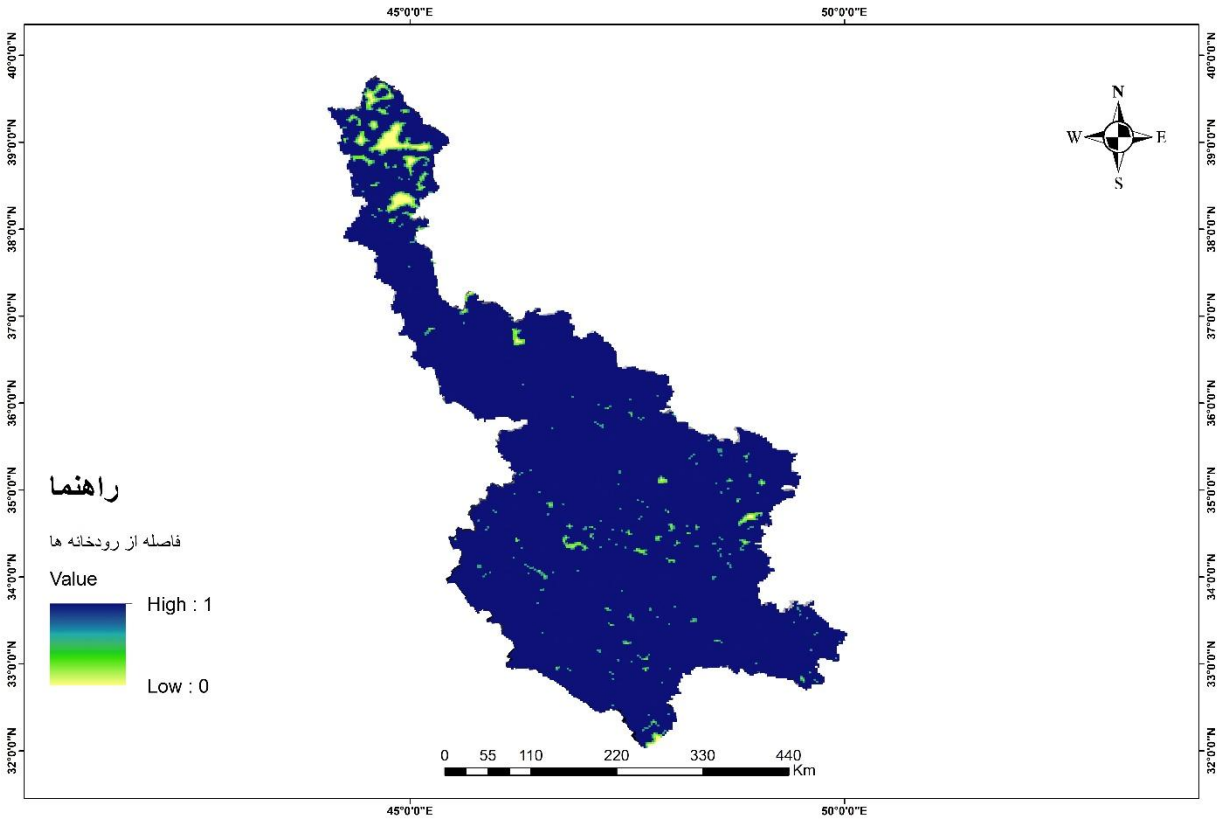
شکل (٤) نقشه ارتفاع زاگرس شمالی

فاصله از گسل: فاصله از گسل یکی از عوامل ساختاری مهم درتحلیل زمین لغزش در زاگرس به‌شمار می‌رود، زیرا گسل‌ها نه‌تنها بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی گذشته و حال هستند، بلکه نقش مستقیمی درتضعیف توده سنگ و ناپایداری دامنه‌ها دارند. بررسی الگوی مکانی زمین‌لغزش‌ها درزاگرس نشان می‌دهد که بیشترین تراکم لغزش‌ها معمولاً درنواحی نزدیک به گسل‌های اصلی و فرعی مشاهده می‌شود و با افزایش فاصله از گسل، فراوانی و شدت لغزش‌ها به‌تدریج کاهش می‌یابد. در نواحی مجاور گسل‌ها، سنگ‌ها تحت تأثیر تنش‌های تکتونیکی دچار خرد شدگی، درزه‌داری شدید و تشکیل زون‌های برشی می شوند. این شرایط باعث کاهش انسجام و مقاومت برشی توده‌سنگ شده و زمینه را برای نفوذ آب و افزایش فشار آب حفره‌ای فراهم می‌کند. درچنین محیطی، حتی شیب‌های متوسط نیز می‌توانند مستعد ناپایداری و وقوع زمین‌لغزش باشند. به‌ویژه درزاگرس که بسیاری از گسل‌ها با سازندهای رسی و مارنی همراه هستند، این تضعیف ساختاری نقش تعیین‌کننده‌ای در فعال شدن لغزش‌ها دارد. در مجموع، تحلیل عامل فاصله از گسل در زاگرس نشان می‌دهد که نواحی نزدیک به گسل‌ها به‌دلیل تضعیف توده‌سنگ، افزایش نفوذ پذیری، وامکان تحریک لرزه‌ای، از بیشترین پتانسیل زمین‌لغزش برخوردارند. به همین دلیل، نقشه فاصله از گسل یکی از لایه‌های کلیدی درمدل‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش محسوب می‌شود و درترکیب با نقشه‌هایی مانند شیب، ارتفاع و زمین‌شناسی، نقش مهمی درشناسایی مناطق پرخطر و مدیریت ریسک درزاگرس ایفا می‌کند.



شکل (۵) نقشه فاصله از گسل زاگرس شمالی

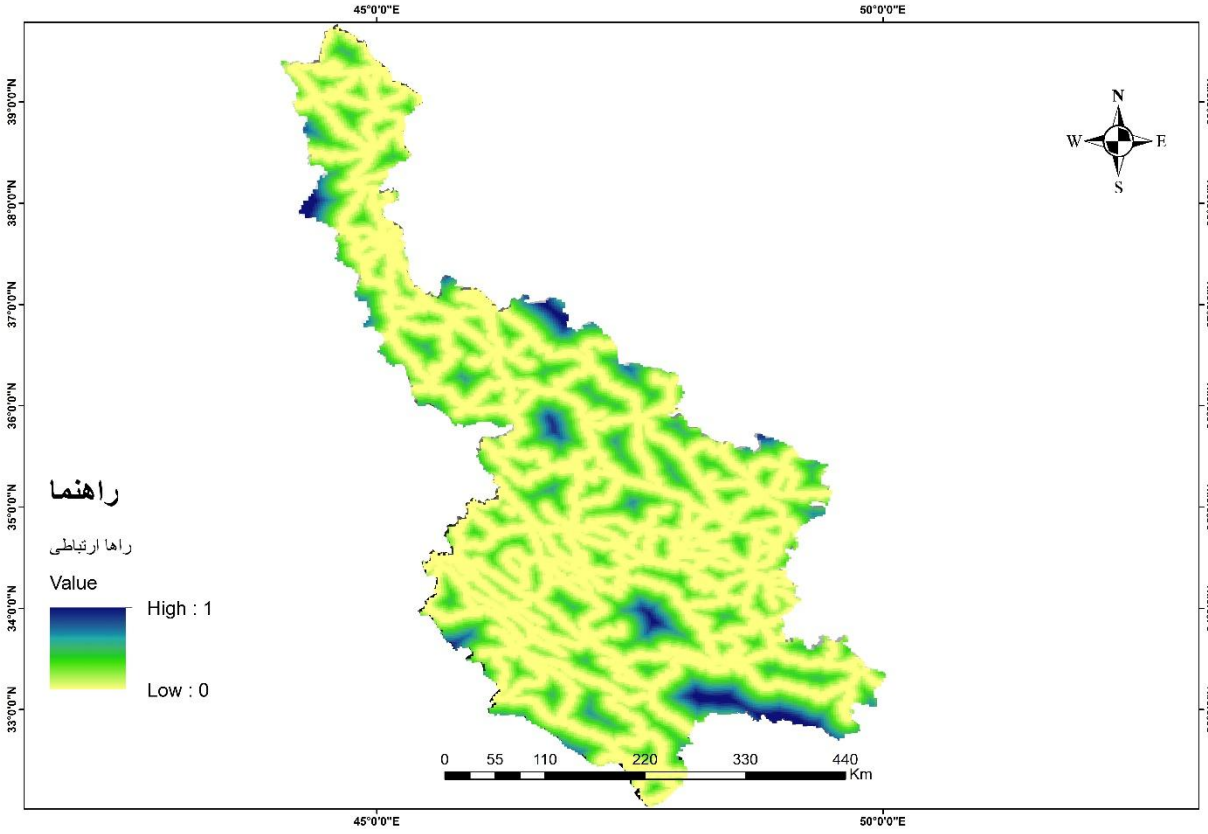
فا صله از رودخانه: فا صله از رودخانه یکی از عوامل هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در زاگرس مح سوب می شود، زیرا رودخانه‌ها با فر سایش ب ستر و کناره‌ها، تعادل دامنه‌های مجاور را به‌طور م ستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهند. برر سی الگوی مکانی زمین‌لغزش‌ها درزاگرس ن شان می‌دهد که بخش قابل توجهی از لغزش‌ها در فوا صل نزدیک به رودخانه‌ها رخ می‌دهد و با افزایش فاصله از شبکه زهکشی، میزان ناپایداری دامنه‌ها به‌تدریج کاهش می‌یابد در نواحی نزدیک به رودخانه‌ها، فرسایش جانبی وعمقی موجب برداشـــت مداوم مواد از پای دامنه‌ها می‌شـــود. این فرایند باعث از بین رفتن تکیه‌گاه طبیعی دامنه و افزایش تنش برشـــی در بخش‌های بالاد ست می‌گردد. در زاگرس، که ب سیاری از رودخانه‌ها در امتداد گ سل‌ها یا در میان سازندهای س ست و مارنی جریان دارند، این نوع فرســـایش نقش مهمی در فعال‌ســـازی زمین‌لغزش‌ها ایفا می‌کند. به‌ویژه در دره‌های باریک و عمیق، بریدگی شـــدید رودخانه‌ها می‌تواند محرک اصـــلی لغزش‌های دامنه‌ای باشـــد. در مجموع، تحلیل عامل فاصـــله از رودخانه در زاگرس نشـــان می‌دهد که نواحی مجاور شـــبکه زهکشی، به‌ویژه در فوا صل نزدیک، از بیشترین حسا سیت ن سبت به زمین‌لغزش برخوردارند. ازاین‌رو، نقشه فا صله از رودخانه به‌عنوان یکی از لایه‌های مهم در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مورد اســـتفاده قرار می‌گیرد و در ترکیب با لایه‌هایی مانند شـــیب، ارتفاع و فاصـــله از گسل، نقش مؤثری در شناسایی مناطق پرخطر و مدیریت مخاطرات دامنه‌ای در زاگرس دارد.



شکل (٦) نقشه فاصله از رودخانه زاگرس شمالی

راهای ارتباطی: راه‌های ارتباطی یکی از لایه‌های انسان‌زاد و بسیار مهم در تحلیل زمین‌لغزش درزاگرس به‌شمار می‌رود، زیرا احداث راه‌ها اغلب با تغییرات ا سا سی در شکل طبیعی دامنه‌ها همراه ا ست. برر سی پراکنش زمین‌لغزش‌ها در زاگرس ن شان می‌دهد که بخش قابل‌توجهی از ناپایداری‌های دامنه‌ای در مجاورت راه‌های ارتباطی رخ می‌دهد؛ موضوعی که بیانگر نقش مستقیم مداخلات انسانی در تشدید مخاطرات طبیعی این منطقه کوهستانی است. احداث راه در زاگرس معمولاً مستلزم عملیات گسترده خاک‌برداری و برش دامنه‌ها ست. این برش‌ها باعث حذف تکیه‌گاه طبیعی دامنه، افزایش شیب م صنوعی و برهم‌خوردن تعادل ژئومکانیکی مواد می شود. در بسیاری از موارد، مسیر راه‌ها از دامنه‌های پر شیب، سازندهای سست یا مناطق گسله عبور می‌کند و همین امر حسا سیت این نواحی را نسبت به زمین‌لغزش افزایش می‌دهد. به‌ویژه در زاگرس، که تنوع لیتولوژیکی بالاست، برش دامنه در واحدهای رسی و مارنی می‌تواند منجر به لغزش‌های مکرر و فعال‌شدن ناپایداری‌های قدیمی شود. علاوه بر تغییرات هندسی دامنه، راه‌های ارتباطی بر شرایط هیدرولوژیکی نیز اثر می‌گذارند. زهکشی نامنا سب، تمرکز رواناب در کناره‌های راه و ن شت آب از آبروها و کانال‌های حا شیه‌ای موجب اشباع موضعی دامنه‌ها می‌شود. این مسئله در دوره‌های بارندگی شدید یا ذوب برف، به‌طور قابل‌توجهی احتمال وقوع زمین‌لغزش را افزایش می‌دهد. در بسیاری از محورهای ارتباطی زاگرس، لغزش‌ها نه‌تنها دامنه بالادست، بلکه بستر و شیب پایین‌دست راه را نیز درگیر می‌کنند. با افزایش فاصله از راه‌های ارتباطی، تأثیر مستقیم فعالیت‌های انسانی کاهش یافته و پایداری دامنه‌ها بیشتر تابع عوامل طبیعی

مانند شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی و فاصله از رودخانه و گسل می‌شود. با این حال، تمرکز لغزش‌ها در حریم راه‌ها نشان می‌دهد که نقش راه‌های ارتباطی در تحریک و تشدید ناپایداری‌های دامنه‌ای بسیار پررنگ است و نمی‌توان آن را در تحلیل‌های خطر نادیده گرفت. در مجموع، تحلیل نقشه راه‌های ارتباطی در زاگرس نشان می‌دهد که این عامل به‌عنوان یک متغیر انسانی، نقش تشدیدکننده زمین‌لغزش را ایفا می‌کند. ازاین‌رو، نقشه فاصله از راه‌های ارتباطی یکی از لایه‌های مهم در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش محسوب می‌شود و ترکیب آن با لایه‌هایی مانند شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه و گسل، می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر مناطق پرخطر و کاهش خسارات جانی و اقتصادی در محورهای ارتباطی زاگرس کمک کند.

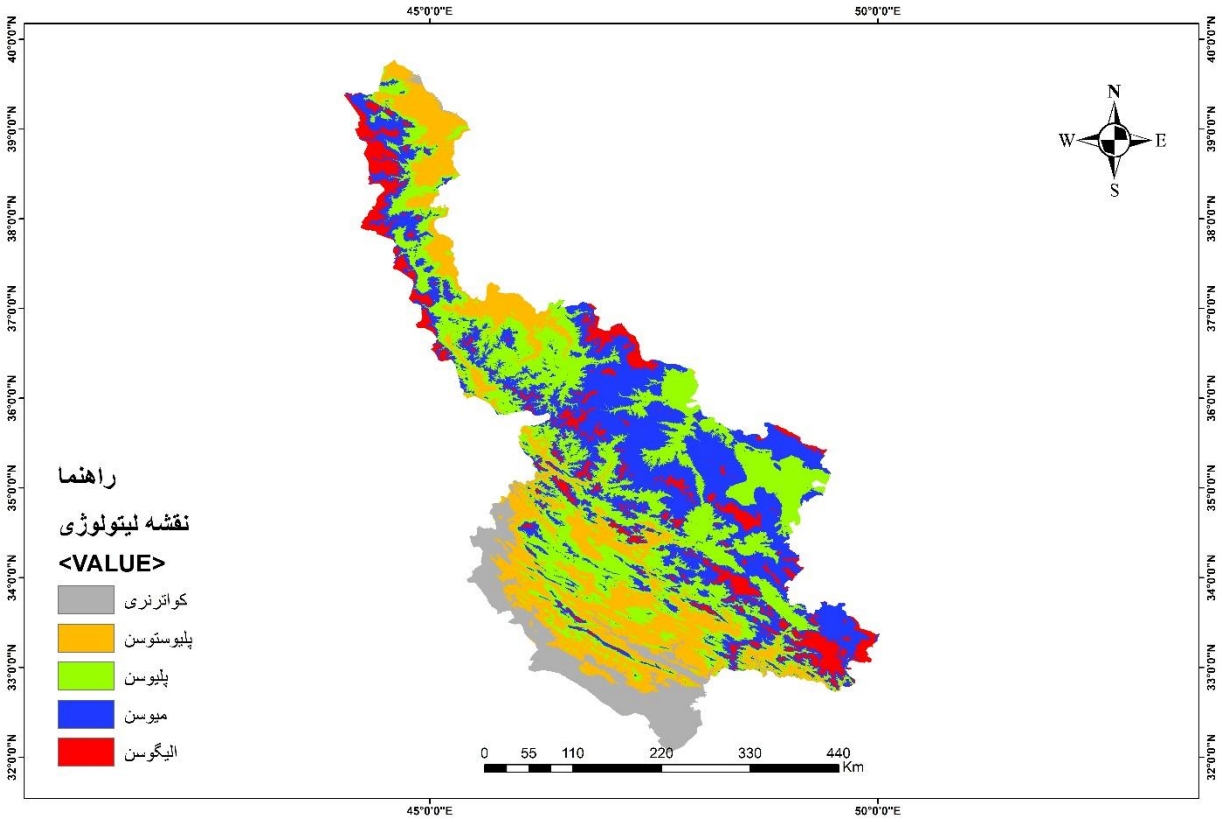


شکل (۷) نقشه فاصله از راههای ارتباطی زاگرس شمالی

لیتولوژی: لیتولوژی یکی از کلیدی‌ترین عوامل کنترل‌کننده زمین‌لغزش در زاگرس به شمار می‌رود، زیرا ویژگی‌های سنگ و خاک هر سازند به‌طور مستقیم بر مقاومت دامنه و رفتار آن در برابر نیروهای گرانشی و هیدرودینامیکی تأثیر می‌گذارد. بررسی نقشه لیتولوژی زاگرس نشان می‌دهد که پراکنش زمین‌لغزش‌ها به شدت با نوع سنگ‌ها و ترکیب رسوبات مرتبط است، به‌طوری‌که در سازندهای رسی، مارنی و شیلی بیشترین تراکم لغزش‌ها مشاهده می شود، در حالی که سازندهای سخت مانند سنگ آهک و دولومیت مقاومت بالاتری داشته و زمین‌لغزش‌های گسترده در آن‌ها کمتر اتفاق می‌افتد. در زاگرس، واحدهای مارنی و رسی که اغلب در دامنه‌های میانی و شیب‌دار قرار دارند، به‌دلیل قابلیت جذب آب و کاهش مقاومت بر شی، مستعد لغزش‌های چرخشی و انتقالی هستند. نفوذ آب بارندگی یا ذوب

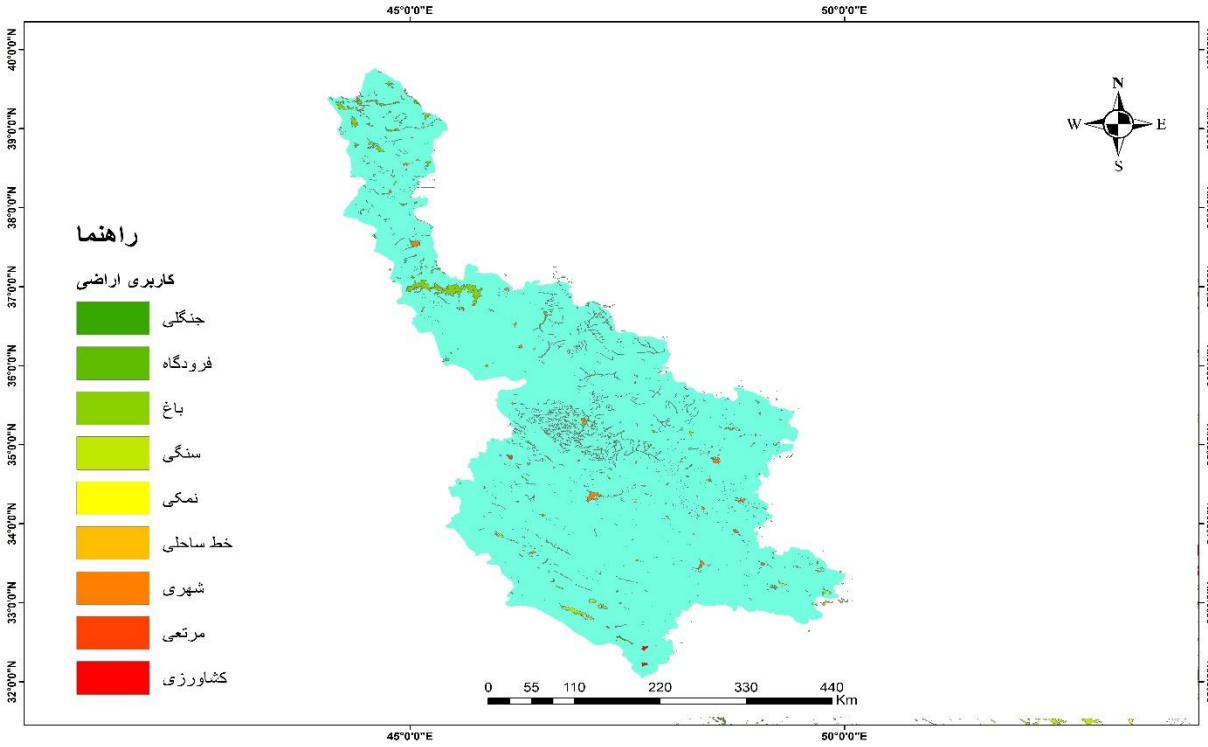
برف باعث افزایش فشار آب حفره‌ای در این واحدها شده و حتی دامنه‌های با شیب متوسط را نیز مستعد ناپایداری می‌کند. همچنین، وجود لایه‌های ناپیوسته یا شکستگی‌های متعدد در این سازندها، مسیرهای نفوذ آب را تسهیل کرده و لغزش‌ها را فعال می‌کند. در مقابل، سازندهای آهکی و سنگ‌های سخت که بیشتر در ارتفاعات بالای زاگرس دیده می‌شوند، مقاومت بیشتری در برابر فرایندهای زمین‌لغزش دارند. این مناطق، گرچه شیب بالایی دارند، اما بیشتر با فرایند ریزش سنگ و سقوط بلوک مواجه هستند تا لغزش‌های دامنه‌ای گسترده. بنابراین، نقش لیتولوژی در تعیین نوع و مکان زمین‌لغزش‌ها بسیار تعیین‌کننده است.

علاوه بر نوع سنگ، توزیع آن‌ها در نقشه و ساختار لایه‌ای نیز اهمیت دارد. ترکیب سازندهای مقاوم و ضعیف در دامنه‌ها می‌تواند منجر به تمرکز تنش در نقاط ضعف و ایجاد لغزش‌های پیچیده و ترکیبی شود. در زاگرس، بسیاری از زمین‌لغزش‌های فعال در مرز واحدهای رسوبی سست و سنگ‌های سخت رخ می‌دهد، جایی که اختلاف مقاومت باعث گسیختگی و حرکت توده‌ها می‌شود. در مجموع، تحلیل نقشه لیتولوژی زاگرس نشان می‌دهد که این عامل، به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین کنترل‌کننده‌های زمین‌لغزش، نقش تعیین‌کننده در مکان‌یابی و نوع لغزش‌ها دارد. ترکیب آن با سایر لایه‌ها مانند شیب، ارتفاع، فاصله از گسل و رودخانه، امکان شناسایی دقیق مناطق پرخطر و مدیریت مؤثر مخاطرات دامنه‌ای را فراهم می‌کند.



شکل (۸) نقشه لیتولوژی زاگرس شمالی

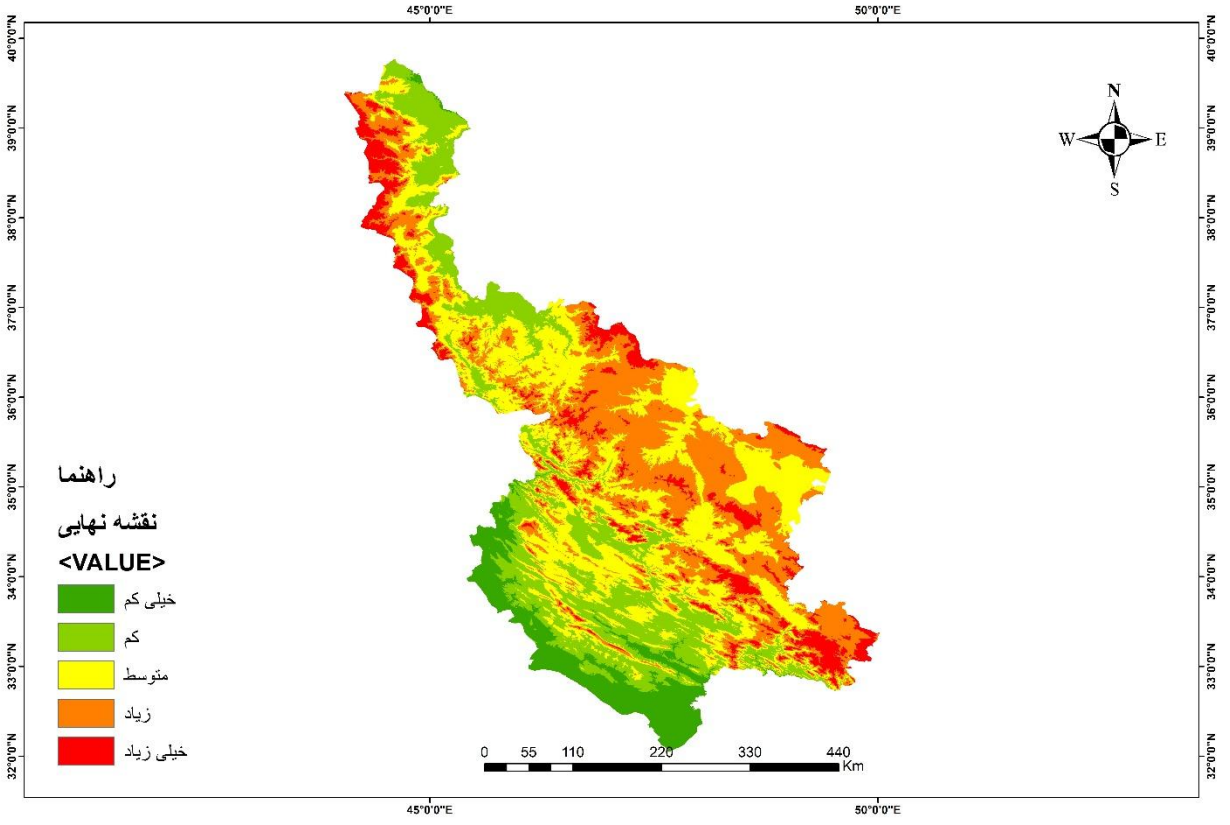
کاربری اراضی: کاربری اراضی یکی از عوامل مهم انسان‌زاد است که تأثیر مستقیمی بر وقوع و شدت زمین‌لغزش در زاگرس دارد. نحوه بهره‌برداری از زمین، پوشش گیاهی، کشاورزی و توسعه شهری می‌تواند پایداری دامنه‌ها را به‌طور قابل‌توجهی تغییر دهد. بررسی الگوی زمین‌لغزش‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تراکم لغزش‌ها در مناطقی رخ می‌دهد که پوشش طبیعی از بین رفته یا تغییر کاربری گسترده‌ای در آن‌ها انجام شده است. در زاگرس، تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی و مسیرهای توسعه شهری باعث کاهش انسجام خاک و ریشه‌های تثبیت‌کننده می شود. نبود پو شش گیاهی منا سب، نفوذ بارش به لایه‌های زیرین را افزایش می‌دهد و فشار آب حفره‌ای را بالا می‌برد. این وضعیت به‌ویژه در دامنه‌های شیب‌دار با سازندهای رسوبی و مارنی که به‌طور طبیعی حساس به لغزش هستند، خطر زمین‌لغزش را به شدت افزایش می‌دهد. علاوه بر تغییر پو شش گیاهی، فعالیت‌های عمرانی نظیر احداث راه‌ها، ایجاد حریم‌های شهری و تراس‌بندی اراضی کشاورزی نیز نقش مهمی در تحریک زمین‌لغزش دارد. تغییرهندسه دامنه، تمرکز رواناب و تخریب تکیه‌گاه طبیعی دامنه، شرایطی ایجاد می‌کند که حتی دامنه‌هایی با شیب متوسط نیزمستعد لغزش می‌شوند. درنتیجه، نقش کاربری اراضی نه‌تنها به‌صورت مستقیم بلکه به‌صورت تسهیل‌کننده سایر عوامل طبیعی عمل می‌کند. در مقابل، مناطق با پوشش طبیعی دست‌نخورده، ازجمله جنگل‌ها و مراتع بکر، دارای پایداری نسبی بیشتری هستند. ریشه‌های گیاهان و ساختار خاک طبیعی، نفوذ رواناب را کنترل کرده و مقاومت بر شی دامنه‌ها را افزایش می‌دهند. بنابراین، نقشه کاربری ارا ضی اطلاعات ارز شمندی برای شنا سایی نقاط حساس و ارزیابی خطر زمین‌لغزش ارائه می‌دهد. در مجموع، تحلیل نقشه کاربری اراضی زاگرس نشان می‌دهد که تغییرات انسان‌زاد می‌توانند عامل تشدیدکننده زمین‌لغزش با شند و مدیریت منا سب کاربری زمین، همراه با تحلیل سایر عوامل طبیعی مانند شیب، ارتفاع، لیتولوژی و فا صله از گ سل و رودخانه، ابزار مؤثری برای کاهش ریسک و برنامه‌ریزی پایدار در مناطق کوهستانی این رشته‌کوه فراهم می‌کند.



شکل (۹) نقشه کاربری اراضی زاگرس شمالی

نقشه نهایی: نقشه نهایی زمین‌لغزش زاگرس، بازتابی از تعامل پیچیده عوامل طبیعی و انسان‌زاد است و هر لایه آن اطلاعاتی حیاتی درباره مکان و شدت ناپایداری دامنه‌ها ارائه می‌دهد. در این نقشه، شیب دامنه به‌عنوان عامل اصلی تعیین‌کننده انرژی گرانشی و حساسیت دامنه‌ها مورد توجه قرار گرفته است؛ دامنه‌های با شیب تند بیشترین احتمال لغزش و دامنه‌های ملایم، حداقل خطر را نشان می‌دهند. جهت شیب نیز در این نقشه اهمیت دارد، زیرا دامنه‌های رو به شمال و شمال شرق به‌علت حفظ رطوبت و اشباع خاک بیشتر، مستعد لغزش‌های عمیق‌تر هستند، در حالی که دامنه‌های جنوبی و جنوب‌غربی بیشتر در معرض فرسایش سطحی و ریزش سنگ قرار دارند. ارتفاع از سطح دریا عامل دیگری است که در نقشه نهایی تأثیرگذار است. بیشترین وقوع زمین‌لغزش‌ها در ارتفاعات متوسط مشاهده می‌شود، جایی که شیب قابل‌توجه است و ترکیب سازندهای حساس به آب و فعالیت هیدرولوژیکی موجب کاهش مقاومت دامنه‌ها می شود. ارتفاعات پایین عمدتاً تحت تاثیر فرسایش آبی و رسوب‌گذاری هستند و ارتفاعات بالاتر، گرچه شیب زیادی دارند، بیشتر با ریزش سنگ و سقوط بلوک مواجه‌اند. فاصله از گسل در نقشه نهایی نشان می‌دهد که مناطق نزدیک به گسل‌های فعال، به دلیل خرد شدگی سنگ و تحریک لرزه‌ای، حساسیت بیشتری به زمین‌لغزش دارند. همچنین، فاصله از رودخانه‌ها عامل هیدرولوژیکی مهمی است؛ نزدیکی به بستر رودخانه با فرسایش کناری و افزایش فشار آب حفره‌ای، احتمال لغزش دامنه‌ها را افزایش می‌دهد. در حالی که با افزایش فاصله از رودخانه، تأثیر مستقیم این عامل کاهش می‌یابد. نقشه لیتولوژی یکی از لایه‌های کلیدی در تعیین نوع و مکان لغزش‌ها

است. سازندهای رسی و مارنی که توان مقاومت کمی دارند، بیشترین تراکم زمین‌لغزش‌ها را نشان می‌دهند، در حالی که سنگ‌های آهکی و دولومیتی، بیشتر با ریزش سنگ و سقوط بلوک همراه هستند. علاوه بر آن، نقشه راه‌های ارتباطی و کاربری اراضی نقش انسان‌زاد را در تحریک و تشـــدید ناپایداری‌ها نشـــان می‌دهند. احداث راه‌ها، برش دامنه‌ها و تغییر پوشـــش طبیعی زمین، امکان وقوع لغزش را حتی در دامنه‌های با شیب متو سط افزایش می‌دهد. ترکیب تمام این لایه‌ها در نقشه نهایی، تصویری جامع از پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش زاگرس ارائه می‌دهد. مناطق با شیب تند، ارتفاع متو سط، سازندهای ر سی یا مارنی، نزدیک گ سل‌ها و رودخانه‌ها و تحت تأثیر فعالیت ان سانی، بیشـــترین حســـاســـیت را دارند و به‌عنوان نقاط پرخطر شـــناســـایی می‌شـــوند. این نقشـــه می‌تواند به مدیران منابع طبیعی، مهندســـان راه و شهر سازی و پژوهشگران کمک کند تا با شناسایی مناطق بحرانی، برنامه‌ریزی مناسب، کاهش ریسک و مدیریت پایدار زمین‌لغزش‌ها را در زاگرس انجام دهند.



شکل (۱۰) نقشه نهایی زمین لغزش زاگرس شمالی براساس مدلAHP

نتیجه گیری: تحلیل نقشـــه نهایی زمین‌لغزش در زاگرس نشـــان داد که وقوع و شـــدت زمین‌لغزش‌ها نتیجه تعامل پیچیده عوامل طبیعی و انســـانی اســـت. شـــیب دامنه، ارتفاع، جهت شـــیب و لیتولوژی، به‌عنوان عوامل طبیعی اصـــلی، بیشـــترین تأثیر را بر پایداری دامنه‌ها دارند.

شیب‌های تند و دامنه‌های با ارتفاع متوسط، همراه با سازندهای رسوبی و مارنی، حساس‌ترین نواحی را به وقوع لغزش نشان می‌دهند، در حالی که سازندهای سخت و سنگی بیشتر با ریزش سنگ و سقوط بلوک مواجه هستند. فاصله از گسل و رودخانه نیز نقش مهمی در تحریک و فعال‌سازی زمین‌لغزش‌ها دارند. نزدیکی به گسل‌های فعال باعث کاهش مقاومت توده‌سنگ و افزایش حساسیت دامنه‌ها می‌شود، در حالی که مجاورت رودخانه‌ها به‌دلیل فرسایش جانبی و افزایش فشار آب حفره‌ای، پتانسیل لغزش را تشدید می‌کند. از سوی دیگر، نقش عوامل انسانی، از جمله راه‌های ارتباطی و تغییر کاربری اراضی، در افزایش ریسک زمین‌لغزش غیرقابل انکار است. احداث راه‌ها و برش دامنه‌ها، حذف پوشش گیاهی و تغییر کاربری زمین، حتی دامنه‌های با شیب متوسط را مستعد لغزش می‌کند و تأثیر عوامل طبیعی را تقویت می‌نماید. به‌طور کلی، مناطق پرخطر زمین‌لغزش در زاگرس شامل دامنه‌های با شیب تند، ارتفاع متوسط، سازندهای رسوبی و مارنی، نزدیکی به گسل و رودخانه و تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی هستند. شناسایی و مدیریت این مناطق از طریق نقشه‌بندی دقیق و پهنه‌بندی خطر، می‌تواند به کاهش خسارات جانی و مالی، حفاظت از زیرساخت‌ها و برنامه‌ریزی پایدار در این منطقه کوهستانی کمک کند. در نهایت، استفاده از نقشه نهایی زمین‌لغزش به همراه تحلیل همه عوامل مرتبط، ابزاری حیاتی برای تصمیم‌گیری در مدیریت ریسک و توسعه مناطق کوهستانی زاگرس محسوب می‌شود.

پیشنهادات

۱-پهنه‌بندی ومدیریت مناطق پرخطر:

استفاده از نقشه نهایی زمین‌لغزش برای شناسایی مناطق با ریسک بالا و تعیین اولویت در مدیریت و کنترل مخاطرات.

محدود کردن توسعه شهری و کشاورزی در دامنه‌های با شیب تند و ارتفاع متوسط که حساسیت بالایی دارند.

۲-کنترل فعالیت‌های انسانی:

طراحی واجرای پروژه‌های راه سازی و زیرساخت‌ها با رعایت اصول مهندسی دامنه، کاهش برش دامنه و استفاده ازسازه‌های تثبیت‌کننده.

جلوگیری ازتغییرکاربری غیرمجاز در جنگل‌ها و مراتع بکر و تشویق به حفظ پوشش گیاهی طبیعی برای افزایش پایداری خاک.

۳-مهندسی وتثبیت دامنه‌ها:

استفاده از دیوارهای حائل، سنگ‌چینی و سیستم‌های زهکشی برای کنترل رواناب و کاهش فشار آب حفره‌ای.

اجرای عملیات بیولوژیکی مانند کاشت گونه‌های گیاهی با ریشه‌های عمیق و مقاوم برای تثبیت خاک در دامنه‌های حساس.

٤-پایش وهشدار سریع:

نصب ایستگاه‌های سنجش بارش، تغییرات شیب وحرکت خاک در مناطق پرخطر برای پیش‌بینی زمین‌لغزش.

طراحی سیستم هشدار سریع برای جوامع محلی و کاربران راه‌ها در مناطق مستعد لغزش.

٥-آموزش و فرهنگ‌سازی:

آموزش جوامع محلی در زمینه شناخت علائم اولیه زمین‌لغزش و رفتار ایمن در زمان وقوع حادثه.

اطلاع رسانی به مهندسان و برنامه‌ریزان شهری درباره اهمیت عوامل طبیعی و انسانی درپایداری دامنه‌ها.

٦-تحقیقات تکمیلی:

انجام مطالعات دقیق هیدرولوژیکی و ژئوتکنیکی برای تعیین مقاومت واقعی دامنه‌ها ونقش تغییرات اقلیمی در وقوع زمین لغزش.

به‌روزرسانی نقشه‌های زمین‌لغزش به‌صورت دوره‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS برای پایش تحولات بلندمدت.

منابع

1) Salehi, M., & Eghbali, M. (2023). GIS-based landslide susceptibility mapping using statistical models in the Kermanshah area, Iran. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(2), 125–138.
2) Bahrami, S., Rahimzadeh, B., & Khaleghi, S. (2020). Analyzing the effects of tectonic and lithology on the occurrence of landslide along Zagros ophiolitic suture: a case study of Sarv-Abad, Kurdistan. *Iranian Bulletin of Engineering Geology*, 12(4), 411–426. https://oiccpress.com/ijes/article/view/17555
3) Esmaeili, M., & Sharifi, M. (2018). Impact of land use and human activities on landslide susceptibility in the Zagros Mountains. *Environmental Earth Sciences*, *77*, 220. https://doi.org/xxxx
4) Arab Ameri, A., Shirani, K., Rezaei, K. (2017). Landslide zoning of landslide occurrence by Dempestersiffer techniques and frequency ratio in Karun watershed. Water and Soil Conservation Research Journal, 24, 3.
5) Azizi, M., et al. (2017). Landslide susceptibility mapping in the Zagros Mountains using GIS and AHP method. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *8*(2), 1234–1255. https://doi.org/xxxx
6) Hosni, S., Urmiaei, A., Maleki, Z. (2017). Landslide hazard zonation of Kang Sulaghan road using fuzzy logic method, Journal of Geology and Environment, 11, 38.
7) AsghariKaljohi, E., Nemchi, F., Vaezi Hair, A. (2016), Zoning of Land Risk in the West Region of Khoy country Using the Anthology Method. Geography and Planning Journal, 56, 10-20.

8) DelaCerna, M.A. and Maravillas, E.A. (2016). An Application of Partitive Clustering Algorithm for Landslide Hazard Zonation. In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (Vol. 1).
9) Pourghasemi, H. R., & Pradhan, B. (2014). Application of GIS-based statistical models for landslide susceptibility mapping in the Zagros region, Iran. *Catena, 113*, 211–223. https://doi.org/xxxx
10) Moosavi, V., et al. (2015). Effects of lithology and slope on landslide occurrence in the northern Zagros Mountains. *Natural Hazards, 77*(3), 1423–1442. https://doi.org/xxxx
11) Rezaei, M., et al. (2016). Evaluation of landslide hazard zonation using multi-criteria decision-making and GIS in the Zagros Mountains. *Arabian Journal of Geosciences, 9*, 679. https://doi.org/xxxx
12) TalieJankanloo, A., Talei, M., Karimi, M. (2014). Estimating the suitability of residential land by FUZZY, OWA and TOPSIS. Journal of Geotechnical Sciences and Technology. 4(4), 45-29.
13) Tazik, E., Jahantab, Z., Bakhtiari, M., Rezaei, A. &Alavipanah, S.K. (2014). Landslide susceptibility mapping by combining the three methods Fuzzy Logic, Frequency Ratio and Analytical HierarchyProcess in Dozain basin. The International Archives of Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 40(2), 267
14) Yamani, M., Shamsipour, A., Gurbi, A., Rahmati, M. (2013). Determination of the boundaries of landslide hazard zones along the Khorram Abad-Paul Zal motorway route with Analytical Hierarchical-Fuzzy Analytical Method. Journal of Applied Geosciences Research Year Fourteenth, No. 3.
15) Bui, D. T., et al. (2012). Landslide susceptibility assessment on a geomorphologically complex terrain using GIS-based methods. *Geomorphology*, *151–152*, 58–70. https://doi.org/xxxx
16) Pourghasemi, H. R., et al. (2012). GIS-based landslide susceptibility mapping using the analytical hierarchy process in the northern Zagros, Iran. Arabian Journal of Geosciences, 5, 823–843. https://doi.org/xxxx
17) Wang W., Zhang W., Xia Q. (2012). Landslide Risk Zoning Based on Contribution Rate Weight Stack Method, International Conference on Future Energy, Environment, and Materials.
18) Iranian Geological Survey. (2010). *Geological map of the Zagros Mountains* (Scale 1:250,000). Tehran, Iran.
19) Shadfar, S., Yamani, M., Ghodousi, J., Ghiomani, J. (2005). Landslide hazard zonation using a hierarchical analytical method (Case study: Chalkarroud Tonekabon Basin), 75, 118-109.
20) Crosta, G. B., & Frattini, P. (2001). Landslide hazard assessment: The role of geomorphology and slope processes. *Engineering Geology*, *59*(3–4), 225–243. https://doi.org/xxxx
21) Guzzetti, F., et al. (1999). Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and future perspectives. *Engineering Geology, 58*, 1–21. https://doi.org/xxxx
22) Wu, W., and Sidle, R.C. (1995). A distributed slope stability model for steep forested basins, Water Research, 31, 2097-2110.