



شپږه شکاره علوم انسانی و مطالعات فرهنجی  
پرتال جامع علوم انسانی

## ارزیابی مخاطرات طبیعی ناشی از فرایندهای دامنه‌ای در سکونتگاه‌های روستای حوضه آبریز ایلگینه چای با استفاده از عملگرهای فازی و GIS

سید اسدالله حجازی \*

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۲/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۹۴/۰۲/۱۳

### چکیده

زمین لغزش‌ها به‌عنوان برجسته‌ترین مخاطرات طبیعی محصولی از ژئومورفیک محل، شرایط زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی، تغییر و تبدیل موارد ذکر شده توسط فرایندهای ژئودینامیکی، حیات گیاهی، کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی، نوسانات و شدت بارش و زلزله می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی حساسیت اراضی حوضه آبریز ایلگینه چای در وقوع زمین‌لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و عملگرهای فازی می‌باشد. این حوضه یکی از زیر حوضه‌های ارس چای به وسعت ۴۰۶۸۳ هکتار با موقعیت جغرافیایی ۳۸ ۵۸ ۱۳/۲۱ تا ۳۸ ۳۹ ۲۲/۴۵ درجه عرض شمالی و ۴۵ ۵۱ ۳۵-۴۶ ۳۶ ۵۲ درجه طول شرقی می‌باشد. معیارهایی که جهت تحلیل حساسیت زمین‌لغزش‌ها در حوضه مورد بررسی انتخاب گردید شامل ۵ پارامتر (شیب، جهت، سنگ‌شناسی، گسل، کاربری اراضی) است که از نقشه‌های پایه و مطالعات میدانی و تصویر ماهواره‌ای اسپات استخراج و با استفاده از عملگرهای فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تحلیل اولیه نسبت به متغیرهای موجود و پراکنش زمین‌لغزش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. طبقه‌بندی متغیرها با توجه به روند تغییرات هیستوگرام منحنی و طبقه‌بندی‌های موجود انجام و وزن‌دهی طبقات متغیرها، براساس درصد زمین‌لغزش رخ داده در هر طبقه بین ۰ و ۱ تعیین گردید. سپس نقشه‌های ایجاد شده تحت GIS در قالب عملگرهای فازی با یکدیگر تلفیق و طبقه‌بندی گردیدند. مقایسه نتایج بدست آمده از مدل با زمین‌لغزش صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که گامای ۰/۸ بیشترین قابلیت را برای پهنه‌بندی داراست. در نهایت صحت نقشه‌های حاصل با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS) مورد ارزیابی قرار گرفت و نقشه نهایی پهنه‌بندی استطاعات زمین‌لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰/۸ که به‌عنوان مناسب‌ترین عملگر در تعیین توانمندی زمین‌لغزش در حوضه تحت مطالعه می‌باشد استفاده گردید و نقشه مذکور در ۵ طبقه از بسیار پایین تا بسیار بالا طبقه‌بندی شد.

واژگان کلیدی: حوضه ایلگینه چای، عملگرهای فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، گامای ۰/۸.

## مقدمه

مخاطرات محیطی، پیشامدهای ناگهانی یا تدریجی با خاستگاه طبیعی یا انسانی به شمار می‌روند که متأثر از آن، سلامت و امنیت گستره زیست و اسکان بشر با خطر مواجه می‌شود (کاوایانی راد، ۱۳۸۹). اصطلاح مخاطرات طبیعی بر رخداد حادثه تهدیدآمیز طبیعی که در زمان و مکان مشخصی به صورت مخاطره‌آمیزی عمل می‌نماید به کار می‌رود (آلکاترا آیالا<sup>۱</sup>، ۱۹۸۴؛ وارنس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲). در این مفهوم، مخاطرات طبیعی به عنوان یک عامل اصلی مضر در محیط طبیعی بشر (بارتون و کتس<sup>۳</sup>، ۱۹۶۴)، برهم‌کنش متقابل خسارت بین طبیعت و انسان (وایت<sup>۴</sup>، ۱۹۷۳)، امکان وقوع یک حادثه آسیب‌رسان به صورت بالقوه (آندرو<sup>۵</sup>، ۱۹۸۲)، یا به عنوان یک رخداد طبیعی که تأثیری مخرب بر موجودیت انسان و محیط پیرامونش دارد (الکساندر<sup>۶</sup>، ۱۹۹۳)، مصطلح شده است.

در سیستم‌های طبیعی، زمین‌لغزش‌ها به عنوان یکی از برجسته‌ترین مخاطرات طبیعی سازماندهی می‌شوند (کروزر و گلد<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵). این نوع از حرکات دامنه‌ای محصولی از ژئومورفیک محل، شرایط زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی، تغییر و تبدیل موارد ذکر شده به وسیله فرایندهای ژئودینامیکی، حیات گیاهی، کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی، نوسانات و شدت بارش و زلزله) می‌باشد (سویتزر و وان وست<sup>۸</sup>، ۱۹۹۶). در مقیاس جهانی، زمین‌لغزش‌ها سبب میلیاردها دلار خسارت و هزاران مرگ و میر و جراحت در هر سال می‌شوند. کشورهای در حال توسعه بیشتر آسیب می‌پذیرند، به طوری که ۰/۵ درصد از تولید ناخالص ملی هر ساله به خاطر زمین‌لغزش‌ها از بین می‌رود، و این درحالی است که ۹۵ درصد از زمین‌لغزش‌ها در کشورهای در حال توسعه ثبت شده‌اند (چانگ<sup>۹</sup>، ۱۹۹۵). مرکز بین‌المللی زمین‌لغزش در دانشگاه دورهام در سال ۲۰۰۷ ثبت کرده است که

کشورهای متأثر از وخیم‌ترین زمین‌لغزش‌ها در کشورهای چین با ۶۹۵ تلفات جانی، اندونزی ۴۶۵، هندوستان ۳۵۲، نپال ۱۶۸، بنگلادش ۱۵۰، و ویتنام ۱۳۰ تعداد تلفات جانی ناشی از زمین‌لغزش داشته است (پتلی<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۸).

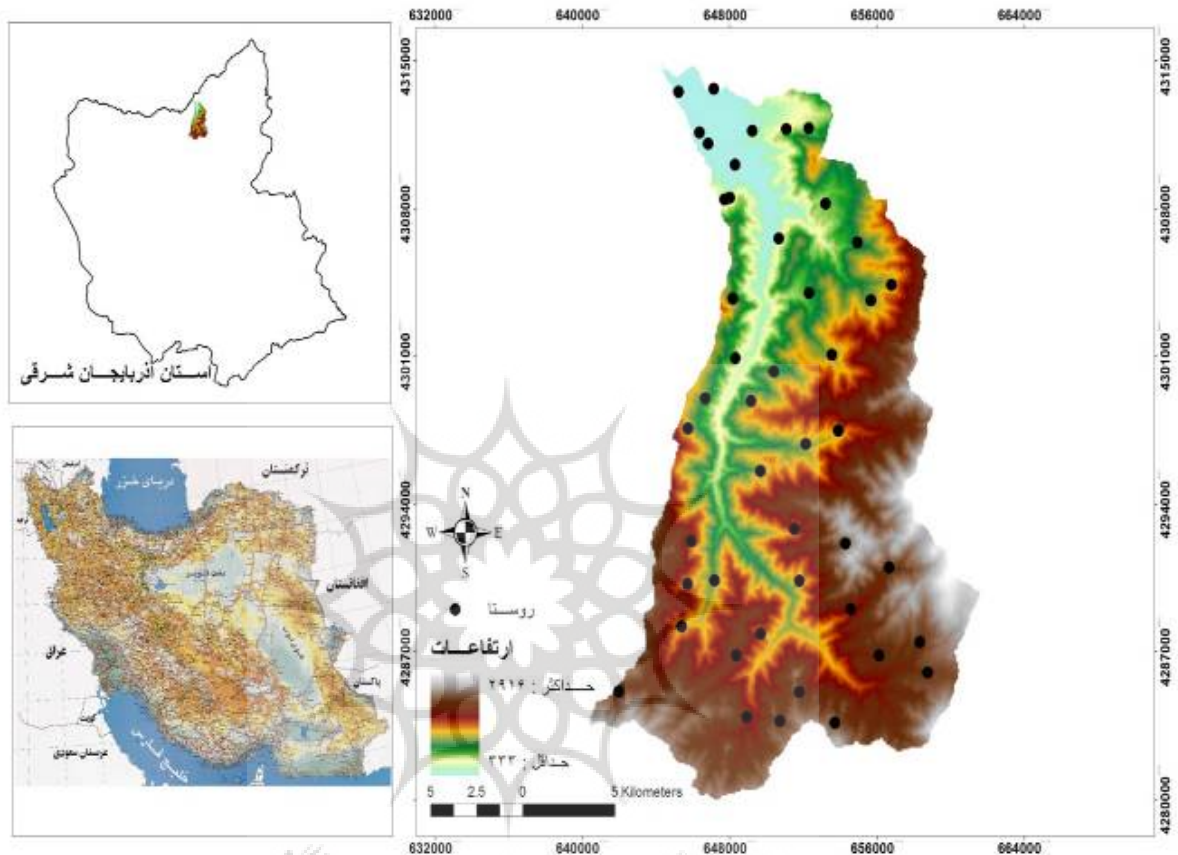
زمین‌لغزش‌ها پدیده پیچیده‌ای در نتیجه توزیع زمانی - فضایی از برهم‌کنش تعداد زیادی از فاکتورها شامل: زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، طبیعی و انسانی هستند (کروزر<sup>۱۱</sup>، ۱۹۷۸، ورنز<sup>۱۲</sup>، ۱۹۸۶؛ کرادن و وارنز<sup>۱۳</sup>، ۱۹۹۶). و بنا به تعریف حرکت توده‌ای از سنگ، واریزه‌ها یا خاک به طرف پایین شیب در نتیجه کشش جاذبه است کرادن و وارنز (۱۹۹۶) این پدیده ژئومورفولوژیکی تحت تأثیر باران شدید، فعالیت آتشفشانی و زلزله می‌باشد و عوامل ذکر شده به عنوان اهرم تشدید کننده برای لغزش عمل می‌نمایند (دای<sup>۱۴</sup>، ۲۰۰۲؛ بلوچل و برون<sup>۱۵</sup>، ۲۰۰۵) از این گذشته فعالیت بشر از زمان ارتباط با طبیعت همچون قطع درختان و چرای بیش از حد، از طریق ایجاد عدم تعادل میان رطوبت خاک و تبخیر و تعرق از سطح گیاهان موجبات ناپایداری دامنه‌ها را فراهم ساخته و نسبت به مناطق بکر چندین بار افزایش داده است (اسوانسن و دایرنس<sup>۱۶</sup>، ۱۹۷۵؛ لاینس و بسچتا<sup>۱۷</sup>، ۱۹۸۳؛ جاکوب<sup>۱۸</sup>، ۲۰۰۰؛ گاتری<sup>۱۹</sup>، ۲۰۰۲؛ دی هاگال و سایدل<sup>۲۰</sup>، ۲۰۰۳).

حوضه آبریز ایلگینه چای نیز از این امر مستثنی نبوده و تحت تأثیر فعالیت‌های بشر، همچنین عوامل محرکه زلزله و بارش شدید بوده است. به طوری که در مشاهدات اولیه از منطقه مورد مطالعه توسط پژوهشگر زمین‌لغزش‌های بسیاری در منطقه مشاهده شده است که به گزارش اهالی بومی در نتیجه زلزله اخیر (زلزله ورزقان در سال ۱۳۹۱) بوده است. لذا حوضه آبخیز ایلگینه چای برای پژوهش توسط پژوهشگر انتخاب و تحت تکنیک‌های نوین (GIS, RS) و با استفاده از عملگرهای فازی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## موقعیت حوضه آبریز حاجیلر چای

حوضه آبریز ایلگینه چای یکی از زیر حوضه‌های ارس واقع در موقعیت جغرافیایی ۳۸ ۵۸ ۱۳/۲۱ تا ۳۹ ۲۲/۴۵ ۳۸ درجه عرض شمالی و ۴۵ ۵۱ ۳۵-۴۶ ۳۶ ۵۲ درجه

طول شرقی در شمال شرقی استان آذربایجان شرقی قرار دارد. حوضه ایلگینه چای در ارتفاع بین ۳۳۳ تا ۲۹۱۶ متر از سطح دریا با مساحتی بالغ بر ۴۰۶۸۳/۱۵ هکتار که ۴۵ نقطه روستایی را در می‌گیرد (تصویر ۱).



ت ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز ایلگینه چای.

## مواد و روش

محدوده تحت بررسی پژوهش حاضر حوضه آبریز ایلگینه چای می‌باشد. به منظور جمع‌آوری اطلاعات در این تحقیق از روش‌های اسنادی و میدانی بهره گرفته شده است. در قسمت اسنادی از کتب، مقالات معتبر، منابع موجود بر روی شبکه جهانی اینترنت، نقشه‌های پایه، داده‌های اقلیمی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده و

در قسمت میدانی اطلاعات مربوط به متغیرهای مختلف از طریق پیمایش حوضه و نمونه‌برداری از سطح حوضه می‌باشد که قسمت اسنادی و کار بر روی نرم‌افزارهای کامپیوتری در آماده‌سازی لایه‌ها به شرح زیر می‌باشد: نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱/۵۰۰۰۰۰ محدود مورد مطالعه؛ نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰۰ و رزقان که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شده است؛

تصویر ۲۰۱۰ سنجنده ETM ماهواره Land sat؛ اطلاعات حاصل از مطالعات میدانی؛

و در راستای انجام پژوهش از نرم‌افزارهایی همچون: Autodesk map 2010, Arc GIS 9.3, ENVI 4.7, Microsoft Excel & Word استفاده شده است.

این تحقیق از روش‌های کمی و کیفی برای تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده نموده است. در دسته کمی از توابع ریاضی مربوط به تولید و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی در GIS، محاسبه معیارهای تأثیرگذار در زمین لغزش و تحلیل رخداد زمین لغزش استفاده شده و در دسته کیفی از منطق، استدلال و مقایسه استفاده کرده است.

در این مرحله با استفاده از نرم‌افزارهای معرفی شده در ارزیابی فرایندهای دامنه‌ای، تجزیه و تحلیل داده‌ها صورت گرفته است. به طوری که بعد از تطبیق و

استخراج حوضه مورد بررسی در ارزیابی فرسایش از نقشه‌های پایه در دسترس و تصاویر ماهواره‌ای؛ نقشه‌های استخراج شده در محیط AUTO CAD رقومی و وارد محیط GIS گردید. و در پایان برای هر یک از عوامل مؤثر در زمین لغزش، یک لایه اطلاعاتی تهیه شده و با توجه به فرمول‌های تعیین امتیاز در روش فازی به هر یک از واحدهای موجود در لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شده است. به طوری که ابتدا حوضه آبریز مورد مطالعه استخراج، سپس نقش ۵ عامل (فرایندهای دامنه‌ای) در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در مرحله دوم از این پژوهش پهنه‌های مستعد رخداد زمین لغزش با توجه به روابط ارائه شده مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. در کل می‌توان روش پژوهش حاضر را در فلوچارت مشاهده نمود (نمودار ۱).



ن ۱. فلوچارت مسیر و مراحل انجام پژوهش.

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده، استاد ایرانی الاصل دپارتمان مهندسی برق دانشگاه برکلی کالیفرنیا تحت مقاله‌ای با عنوان سیستم‌های فازی به صورت رسمی معرفی شد (زاده، ۲۱، ۱۹۶۵). فازی و منطق فازی به عنوان نظریه‌ای ریاضی برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ریاضی ابهام و عدم دقت موجود در فرایندهای شناختی انسانی ابزارهای بسیار کارآمد و مفیدی برای این منظور به شمار می‌رود (لوستما، ۲۲، ۲۰۰۵). در ارتباط با به کارگیری منطق فازی باید اشاره کرد که در تحلیل تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، تئوری فازی معمول‌ترین روش برای بحث و بررسی عدم قطعیت‌ها شناخته شده است. در واقع روشی است که امکان برگردان طیف متنوع و گسترده‌ای از اطلاعات - داده‌های عینی، اطلاعات کمی، نظرات و قضاوت‌های ذهنی به یک زبان طبیعی برای توصیف اثرات محیط را فراهم می‌آورد (کوسونداری، ۲۳، ۲۰۰۴).

برای تهیه نقشه وقوع زمین‌لغزش با استفاده از اپراتورهای فازی در ابتدا هر یک از عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه شناسایی و نقشه‌های مربوط در محیط GIS رقومی می‌شوند. آنگاه به وسیله یکی از مدل‌های موجود سطح همبستگی بین نقاط لغزشی موجود و هر یک از عوامل مؤثر تعیین می‌گردد. سپس شاخص حساسیت به خطر زمین‌لغزش براساس رابطه ۱ محاسبه می‌شوند (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۸۶؛ لی، ۲۰۰۷).

$$LSI = \sum Fr$$

در ادامه به تحلیل هر یک از معیارهای مورد بررسی در ارزیابی فرایندهای دامنه‌ای در حوضه آبریز ایلگینه چای تحت GIS و مدل فازی جهت پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها مورد بررسی قرار گرفت که به شرح ذیل می‌باشد.

**جهات جغرافیایی:** جهات شیب تأثیر بسیار زیادی در فرایندهای هیدرولوژی از طریق تبخیر و تعرق، تأثیر بر

فرایند هوازدگی، حیات گیاهی و توسعه ریشه، مخصوصاً در محیط‌های خشکی دارد (سایدل و اُچای، ۲۴، ۲۰۰۶). خصوصیات جهات جغرافیایی که وقوع زمین‌لغزش‌ها را افزایش می‌دهد در مطالعات پیشین تعریف شده است (لن، ۲۵، ۲۰۰۴؛ هایلند و لاو، ۲۶، ۱۹۹۳؛ چارچیل، ۲۷، ۱۹۸۲). جهات جغرافیایی در حوضه آبریز ایلگینه چای تحت GIS و نرم افزار Spatial Analyses از DEM منطقه استخراج و نسبت به پتانسیل وقوع زمین‌لغزش‌ها مجدداً طبقه‌بندی گردید (تصویر ۲).

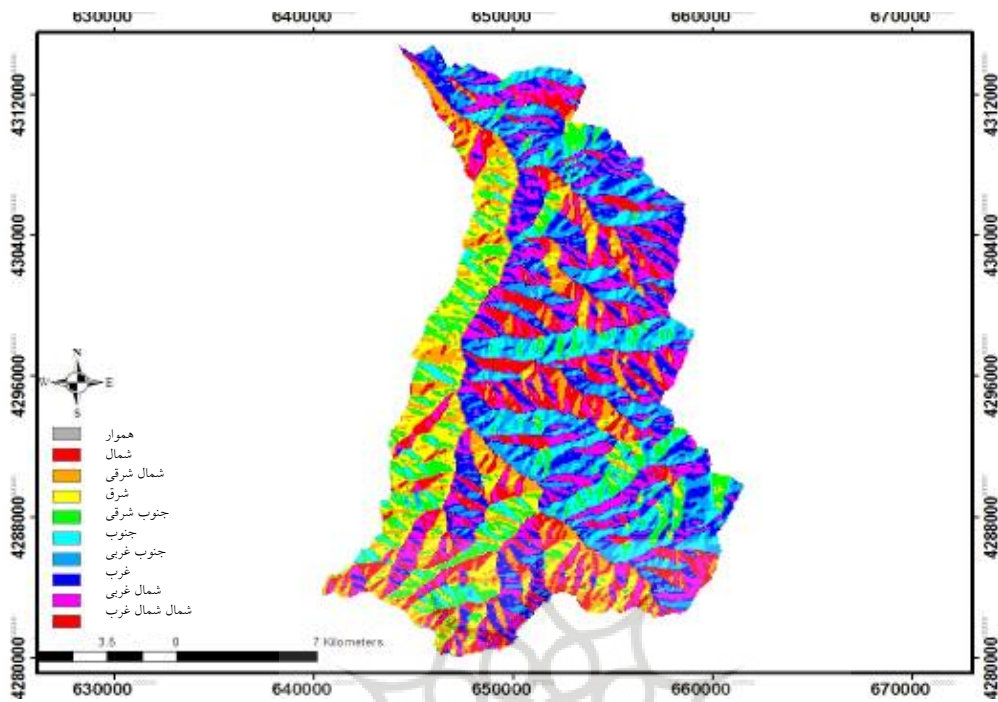
**شیب:** درجات شیب یکی از عوامل مهم در رخداد زمین‌لغزش است و در اکثر مطالعات مربوط به زمین‌لغزش‌ها درجات شیب به عنوان فاکتور تحریک کننده و عمده در ایجاد زمین‌لغزش در نظر می‌گیرند (لاهنز و هندی، ۲۸، ۱۹۶۸؛ اسواتن، ۲۹، ۱۹۷۳؛ بالارد و ویلنلتن، ۳۰، ۱۹۷۵). شیب حوضه آبخیز ایلگینه چای در محیط GIS و تحت نرم افزار آنالیز فضایی<sup>۳۱</sup> استخراج و نسبت به پتانسیل وقوع زمین‌لغزش‌ها مجدداً طبقه‌بندی گردید (تصویر ۳).

**کاربری اراضی:** پوشش گیاهی از دو روش عمده باعث افزایش تعادل شیب می‌شود؛ (۱) به وسیله برداشت رطوبت از طریق تبخیر و تعرق؛ (۲) به وسیله ریشه‌های بهم پیوسته به صورت عامل پوششی برای خاک عمل می‌کند (گری و مگهان، ۳۲، ۱۹۸۱؛ اُلافلین و زیمر، ۳۳، ۱۹۸۲؛ ریستنبرگ و ساورنیک دانفورد، ۳۴، ۱۹۸۳؛ گرینوی، ۳۵، ۱۹۸۷). بنابراین پوشش گیاهی با مکانیسم هیدرولوژیکی و مکانیکی تأثیر بسیار بزرگی بر روی تعادل دامنه‌ها دارد و به این لحاظ طبقه‌بندی انواع کاربری در رخداد زمین‌لغزش صورت گرفته است (تصویر ۴).

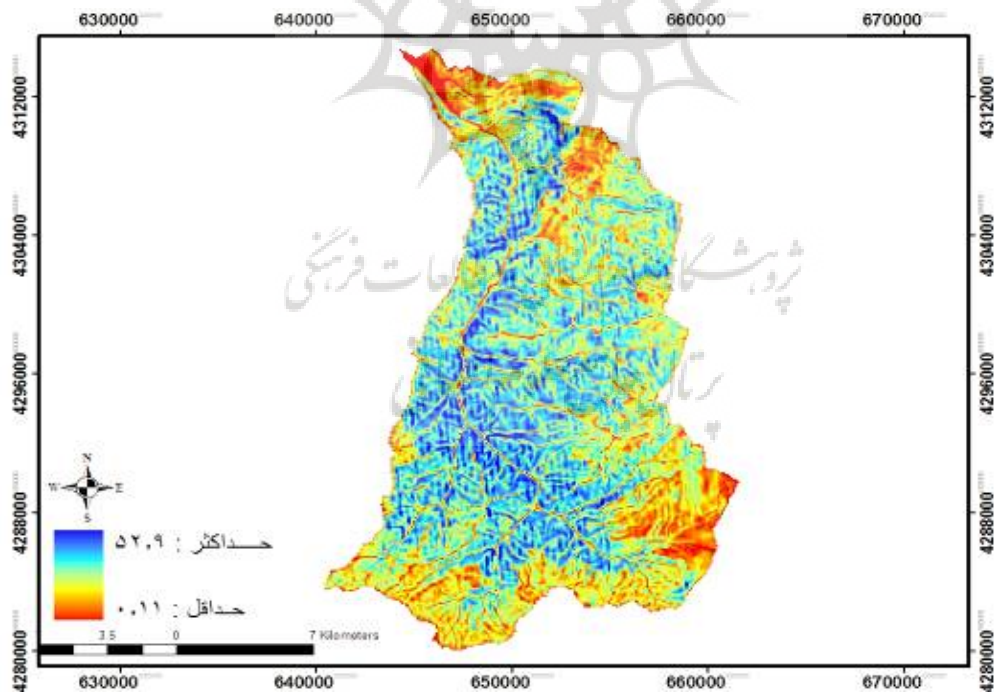
**سنگ‌شناسی:** واحدهای لیتولوژی حوضه آبریز ایلگینه چای از نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه استخراج و با توجه به حساسیت هر یک از واحدهای زمین‌شناسی



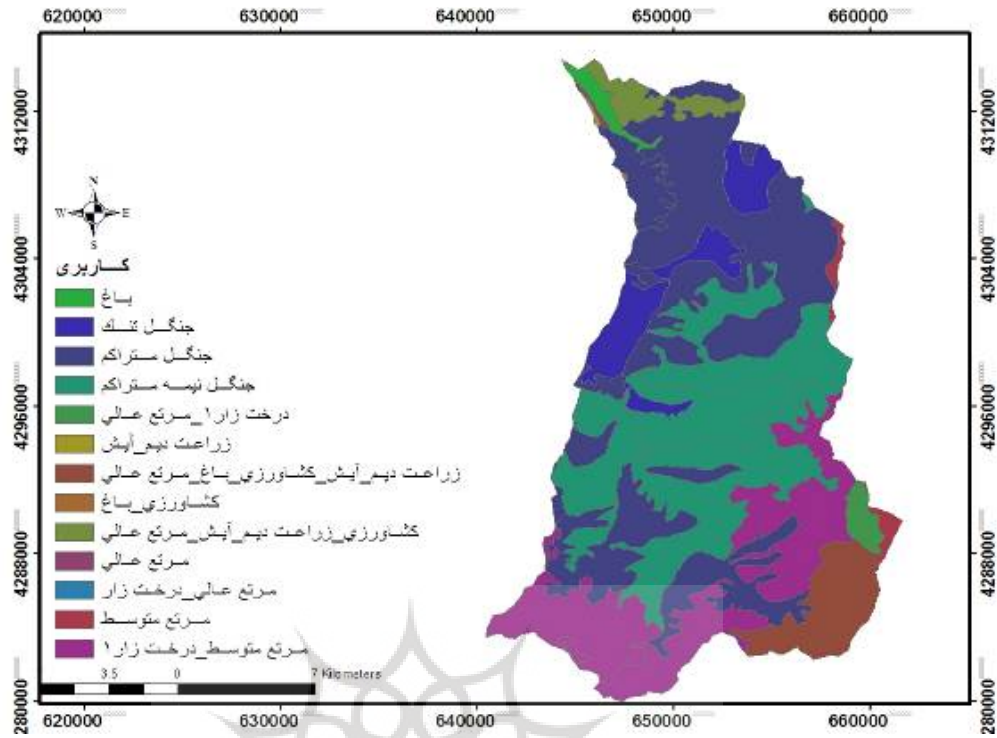
در وقوع زمین لغزش مورد بررسی و تحت GIS خروجی گرفته شد (تصویر ۵).



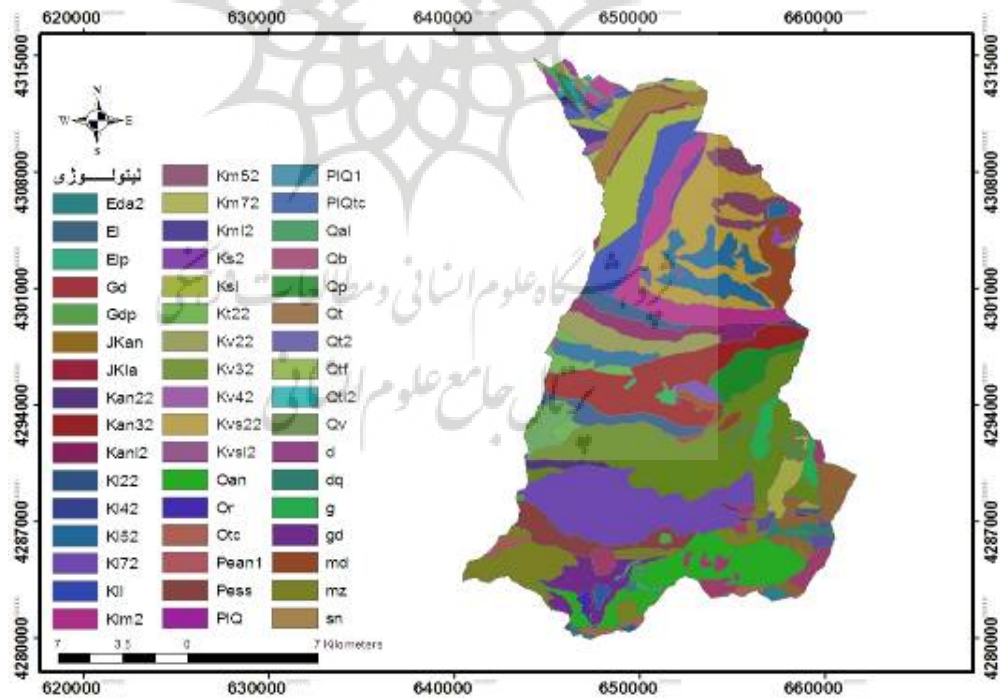
ت ۲. نقشه جهات جغرافیایی حوضه آبریز ایلگینه چای.



ت ۳. نقشه شیب حوضه آبریز ایلگینه چای.



ت.۴. نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز ایلگینه چای.

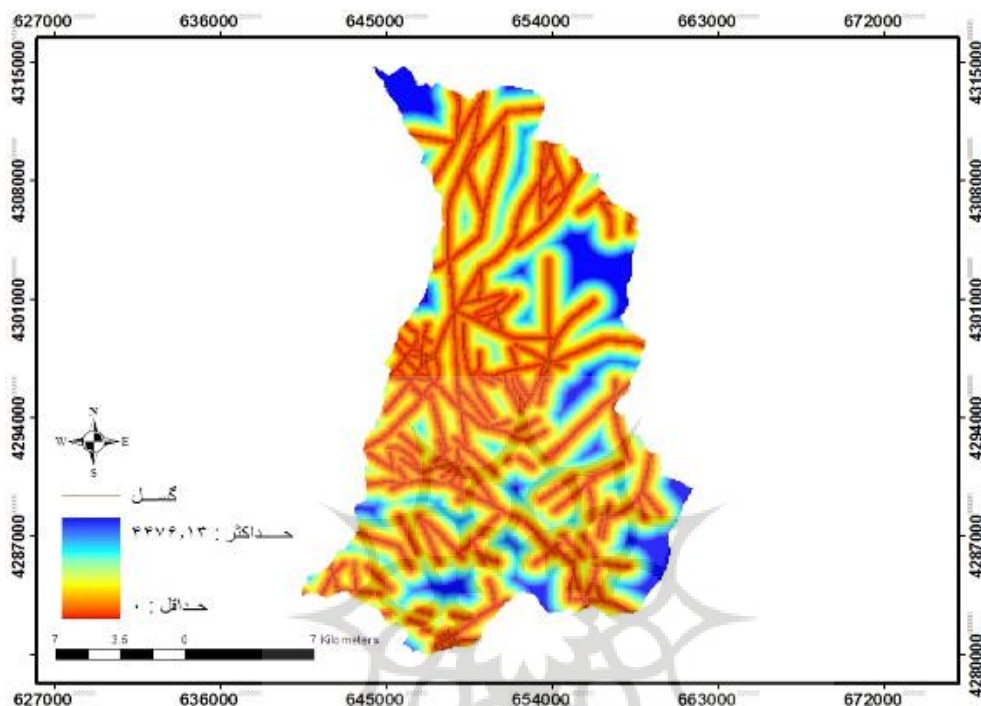


ت.۵. نقشه سنگ‌شناسی حوضه آبریز ایلگینه چای.



غیرمستقیم خطوط گسل در ایجاد فرایندهای دامنه‌ای، با استفاده از زیرنرم افزار Spatial Analyses تحت GIS حریم گسل برای حوضه استخراج و مجدداً طبقه‌بندی گردید (تصویر ۶).

**خطوط گسل:** خطوط گسل در حوضه آبخیز ایلگینه چای از روی نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج، رقومی و در محیط GIS برای آن پایگاه اطلاعاتی تشکیل شد و با توجه به ارتباط مستقیم و



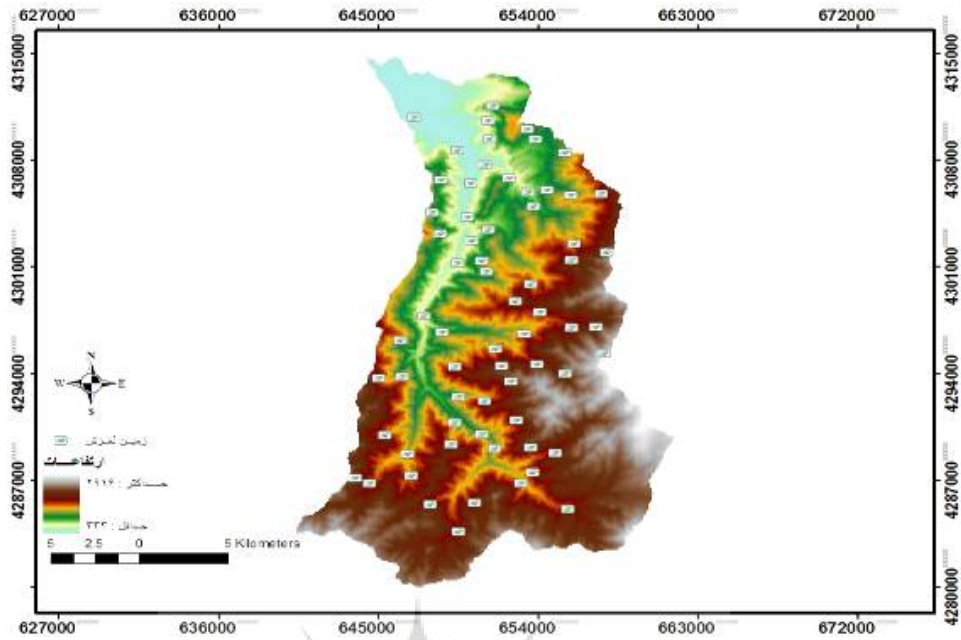
ت.۶. نقشه حریم گسل حوضه آبریز ایلگینه چای.

عضویت، فازی سازی می‌نماییم. به این نحو که با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی لایه‌ها را به صورت لایه‌های استاندارد شده در بازه ارزشی صفر تا ۱ قرار می‌دهیم. لایه‌های وکتوری پلی‌گونی نیز بدون نیاز به تابع با دادن کدهای بین ۰ تا ۱ و تبدیل به لایه رستری به حالت فازی تبدیل می‌کنیم. هر کدام از این لایه‌ها به تنهایی با توجه به ضابطه و نوع تابعی که برای آن در نظر گرفته شده است محدودیت و استطاعت زمین‌لغزش در محدوده مطالعاتی را تعیین می‌کنند. تصویر ۸ لایه‌های فازی شده را برای مدل و اجرای آن نشان می‌دهد.

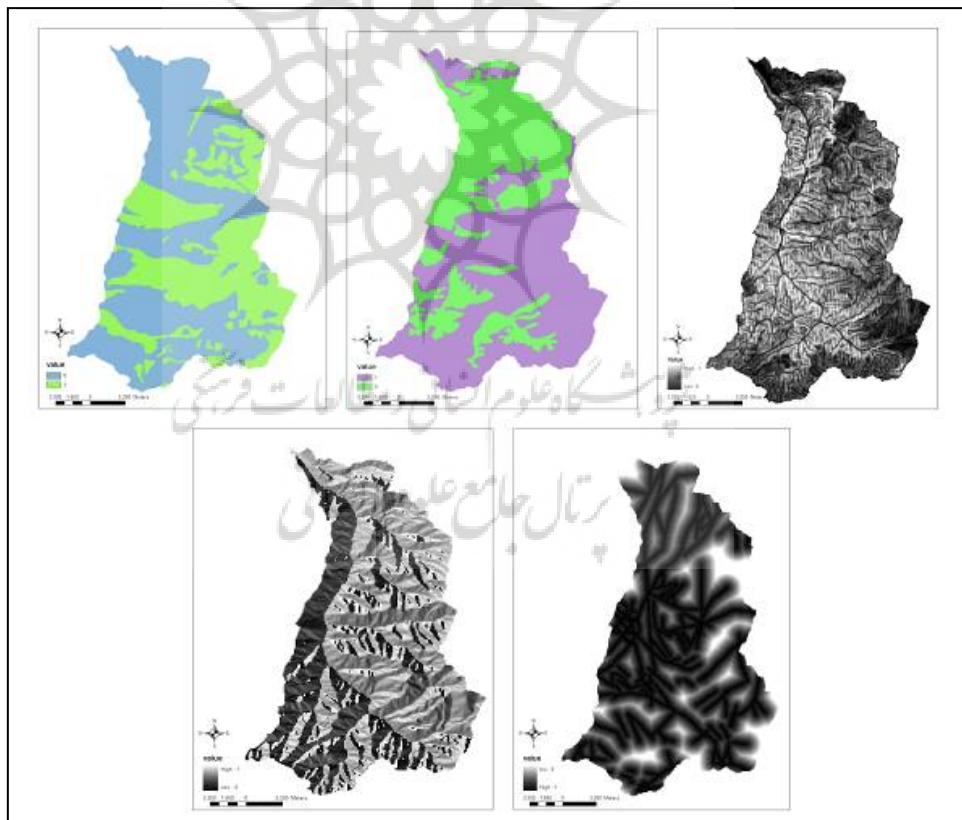
**پراکنش زمین‌لغزش‌ها:** زمین‌لغزش‌های موجود در محدوده مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عمدتاً مطالعات میدانی و برداشت با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و ورود در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و استفاده به عنوان متغیر وابسته آماده‌سازی گردید (تصویر ۷).

#### آماده سازی لایه‌ها

در راستای استفاده از لایه‌ها در مدل فاز ابتدا تمامی لایه‌ها را با توجه به هدف مورد نظر براساس توابع



ت ۷. نقشه پراکنش زمین لغزش های موجود حوضه آبریز ابلگینه چای.



ت ۸. مراحل اجرای فازی نمودن لایه ها.

## پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه ایلگینه جای با استفاده از عملگرهای منطق فازی

در هر مجموعه فازی مانند A وابستگی یک عضو (X) از مجموعه مرجع به آن، از طریق تابع عضویت آن به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$A = [\mu X A(x)]$$

در این رابطه، X عضوی از مجموعه مرجع و  $\mu A(x)$  درجه وابستگی به مجموعه فازی A می‌باشد (مهدوی‌فر و عقدا، ۱۳۷۶).

### اشتراک فازی

با توجه به اینکه در عملگر اشتراک فازی، اشتراک بین عوامل در مدل وارد می‌گردد، در ابتدا عامل‌های مؤثر با استفاده از روند تغییرات هیستوگرام منحنی، طبقه‌بندی شده و طبقات عوامل براساس درصد لغزش رخ داده در هر طبقه، بین صفر و یک وزن‌دهی شدند. در مرحله بعد، نقشه‌های وزنی هر عامل را ساخته و از اشتراک آن‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حاصل شده است. در نهایت از تلفیق نقشه حاصله با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش به روش اشتراک فازی به دست آمده است (جدول ۱).

لغزش (درصد)	مساحت لغزش (هکتار)	درصد طبقات	مساحت طبقه (هکتار)	طبقات پهنه‌بندی
۷۴/۰۲	۴۰۴/۳	۸۱/۲۲	۲۵۵۷۰/۶۴	کم
۶/۵۶	۲۷/۵۴	۵/۵۳	۳۷۴۴/۵	متوسط
۷/۵	۲۹/۳۴	۵/۸۹	۴۶۵۲/۵	زیاد
۱۱/۹۲	۳۶/۶	۷/۳۵	۶۷۱۵/۳۶	خیلی زیاد

ج ۱. مراحل اجرای فازی نمودن لایه‌ها.

### ضرب جبری

در ضرب جبری فازی تمامی عوامل وزنی مؤثر در وقوع زمین لغزش در هم ضرب شده و چون تمام وزن‌های داده شده به کلاسه‌های مختلف عوامل مؤثر بین

اعداد ۰ و ۱ می‌باشند در نقشه حاصله اعداد کوچک شده و به سمت صفر میل می‌کنند. در حوضه آبریز ایلگینه جای، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روابط حاکم بر این عملگر و طبقه‌بندی آن به پهنه‌های مختلف خطر با توجه به تغییرات منحنی هیستوگرام صورت گرفته است که نتایج حاصله در جدول ۲ آورده شده است.

لغزش (درصد)	مساحت لغزش (هکتار)	درصد طبقات	مساحت طبقه (هکتار)	طبقات پهنه‌بندی
۵۶/۶	۳۲۷/۲۶	۶۵/۷۴	۲۴۷۲۰/۵۲	خیلی کم
۱۲/۳	۴۲/۳۶	۸/۵	۵۷۴۰/۳	کم
۱۵/۲۱	۵۷/۳۶	۱۱/۵۲	۴۶۷۸/۲۱	متوسط
۷/۶	۳۲/۰۳	۶/۴۳	۳۹۷۸/۹	زیاد
۸/۲۹	۳۸/۷۷	۷/۷۸	۱۵۶۵/۰۷	خیلی زیاد

ج ۲. درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش به روش ضرب جبری فازی.

### جمع جبری فازی

در جمع جبری فازی متمم ضرب مجموعه‌ها محاسبه می‌شود (رابطه ۲). به همین دلیل در نقشه خروجی بر خلاف ضرب جبری فازی ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس دارای خطر قرار می‌گیرد (حامد پناه، ۱۳۷۹). در حوضه مورد مطالعه، پس از تلفیق نقشه طبقه‌بندی شده براساس روابط حاکم بر عملگر جمع جبری فازی با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، درصد و مساحت طبقات مختلف نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش (جدول ۳) به دست آمد.

$$\text{Fuzzy Algebraic Sum} = 1 - ((1 - \text{WS Fuzzy}) * (1 - \text{WL Fuzzy}) * (1 - \text{WU Fuzzy}) * (1 - \text{WF Fuzzy}) * (1 - \text{WAS Fuzzy}))$$

در این رابطه، WS Fuzzy نقشه وزنی شیب، WL Fuzzy سنگ شناسی، WU Fuzzy کاربری، WF Fuzzy فاصله از گسل و WAS Fuzzy جهت دامنه است (سلطانی، ۱۳۸۱).

دیگری به نام فازی گاما معرفی شده است که حد فاصل بین این دو عملگر عمل می‌کند (سلطانی؛ ۱۳۸۱) که بر پایه رابطه زیر استوار است (قدوسی، ۱۳۸۲).

$$\mu_{\text{Combination}} = \left[ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right]^y \times \left[ \prod_{i=1}^n \mu_i \right]^{1-y}$$

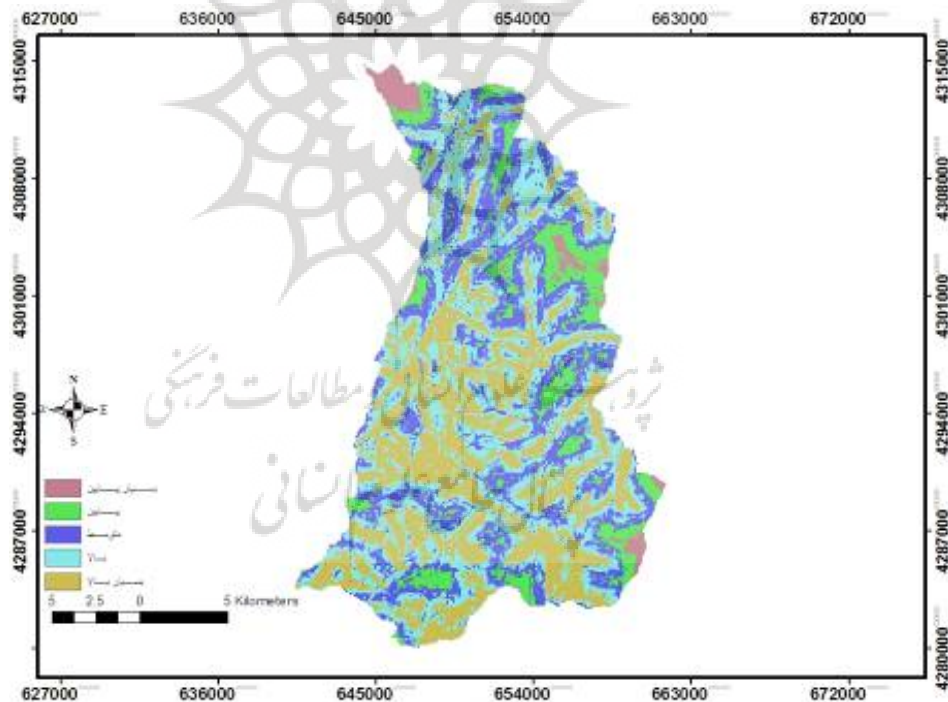
اگر  $Y=1$  باشد، نقشه خروجی همان نقشه حاصل از Sum Fuzzy خواهد و اگر  $Y=0$  باشد نقشه خروجی همان نقشه حاصل از Fuzzy Product خواهد بود. بنابراین محدوده تغییرات بین صفر و یک می‌باشد (گرمی و بونهام<sup>۳۶</sup>، ۱۹۹۶). در این پژوهش از فازی گامای ۰/۳ و ۰/۸ جهت پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضه آبخیز ایلگینه چای استفاده گردیده است (تصویر ۹) که نتایج حاصل از این دو عملگر در جداول ۴ الی ۵ ارائه گردیده است.

لغزش (درصد)	مساحت لغزش (هکتار)	درصد طبقات	مساحت طبقه (هکتار)	طبقات پهنه‌بندی
۰	۰	۰/۰۹	۱۰۷۰/۰۱	خیلی کم
۰	۰	۰/۰۳	۲۲۵۸/۵۳	کم
۰	۰	۶/۳۷	۷۵۸۶/۱۲	متوسط
۰	۰	۸/۵۹	۴۴۹۶/۳۲	زیاد
۱۰۰	۱۰۰	۸۴/۹۲	۲۵۲۷۲/۰۲	خیلی زیاد

ج ۳. درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش به روش عملگر جمع جبری فازی.

### فازی گاما

جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم فازی جمع، عملگر



ت ۹. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰/۸.

گامای ۰/۸		گامای ۰/۳		جمع جبری فازی	
لغزش	QS	لغزش	QS	لغزش	QS
۰	۰/۰۷۴	۰/۰۷	۲۳۶/۲۷	۰/۰۰۰۵	۰
۰	۰/۲۳	۰/۰۳	۸۷/۵۶	۰/۰۰۰۴	۰
۰	۰/۰۰۹	۰/۲۳	۱۰۲/۳۳	۰/۰۵	۰
۰	۰/۰۶	۰/۱۶	۳۰/۱۲	۰/۰۷	۰
۰/۵۱	۲۰۶/۱۲۱	۰/۳۶	۴۱/۵	۰/۰۲۵	۴۹۷/۷۸
ضرب جبری فازی		اشتراک فازی			
لغزش	QS	لغزش	QS	طبقات	
۰/۰۴	۳۴۱/۶۲	-	-	خیلی کم	
۰/۰۰۶	۳۱/۷۶	۰/۰۳۳	۳۹۵/۴۲	کم	
۰/۲۳	۵۹/۳۲	۰/۲۵	۳۹/۴۱	متوسط	
۰/۱۵	۲۹/۱۲	۰/۲۹	۲۶/۳	زیاد	
۰/۴	۳۵/۹۶	۰/۲۶	۳۶/۶۵	بسیار زیاد	

لغزش (درصد)	مساحت لغزش (هکتار)	درصد طبقات	مساحت طبقه (هکتار)	طبقات پهنه‌بندی
۴۵/۷۴	۲۲۷/۶۳	۶۹/۲۱	۱۹۶۷۵/۵۲	خیلی کم
۱۹/۴۴	۹۵/۶	۱۶/۳	۷۱۵۵/۲۴	کم
۲۱/۳۲	۱۰۱/۴۳	۹/۲۶	۶۲۴۶/۳۸	متوسط
۵/۳۱	۲۹/۵۹	۲/۹۳	۴۳۵۴/۰۹	زیاد
۸/۱۹	۴۳/۳۳	۲/۳	۳۲۵۱/۷۷	خیلی زیاد

ج ۴. درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش به روش فازی گامای ۰/۳.

لغزش (درصد)	مساحت لغزش (هکتار)	درصد طبقات	مساحت طبقه (هکتار)	طبقات پهنه‌بندی
۰	۰	۷/۶۶	۳۳۴۳/۶۲	خیلی کم
۸/۹۳	۴۱/۳۶	۲۶/۲۵	۸۷۱۸/۵۳	کم
۱۷/۲۵	۱۰۳/۳۶	۳۵/۶۷	۱۴۹۸۶/۷۵	متوسط
۳۱/۷۶	۱۶۲/۵۴	۱۴/۲۵	۶۵۶۵/۲۵	زیاد
۴۲/۰۶	۱۹۰/۵۲	۱۶/۱۷	۷۰۶۷/۸۵	خیلی زیاد

ج ۵. درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش به روش فازی گامای ۰/۸.

ج ۶. نتایج حاصل از ارزیابی عملگرهای مختلف فازی در تعیین توانمندی زمین لغزش در حوضه آبریز ایلگینه چای.

### نتیجه

زمین لغزش جزو آن دسته از پدیده‌های ژئومورفولوژی است که اکثراً به‌عنوان یکی از بزرگترین عوامل مزاحم برنامه‌های عمرانی در کلیه زمین‌ها به‌شمار می‌آید (رجایی، ۱۳۸۷) و بنا به تعریف حرکت توده‌ای از سنگ، واریزه‌ها یا خاک به طرف پایین شیب در نتیجه کشش جاذبه است (کردون و وارنز، ۱۹۹۶). این مسئله تحت تأثیر عواملی مانند زلزله تشدید می‌شود و در مورد حوضه آبریز ایلگینه چای طی زلزله سال ۱۳۹۱ تشدید گردیده و موجبات افزایش رخداد زمین لغزش را فراهم نموده است در این راستا و طی زمین لغزش‌های رخ داده در محدوده مورد مطالعه عوامل تأثیرگذار در ایجاد زمین لغزش انتخاب و موقعیت و پراکنش زمین لغزش‌ها با استفاده از مطالعات میدانی و سیستم موقعیت‌یاب جغرافیایی برداشت و به‌عنوان متغیر وابسته تحت سیستم اطلاعات جغرافیایی و عملگرهای فازی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. معیارهایی که جهت تحلیل حساسیت زمین لغزش‌ها در حوضه مورد بررسی انتخاب گردید شامل ۵ پارامتر (شیب،

ارزیابی عملگرها با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS) ارزیابی عملگرهای مختلف فازی با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS) براساس رابطه (۴) انجام گرفت (شادفر، ۱۳۸۴).

$$Q_s = \sum_{i=1}^n (D_i - 1)^2 s_i$$

که عامل‌های این رابطه به شرح ذیل می‌باشد:  
 $D_r$  = نسبت مساحت لغزش در هر رده خطر به مساحت هر یک از پهنه‌های خطر نسبت مساحت کل زمین لغزش به سطح کل حوضه مورد مطالعه؛  
 $S$ : نسبت مساحت هر پهنه خطر به مساحت کل منطقه؛  
 $N$ : تعداد رده‌های خطر؛  
 نتایج حاصل از اجرای این روش ارزیابی در حوضه ایلگینه چای به شرح جدول ۶ می‌باشد.



27. Churchill
28. Lohnes and Handy
29. Swanton
30. Ballard and Willington
31. Spatial Analyses
32. Gray and Megahan
33. O'Loughlin and Ziemer
34. Riestenberg and Sovornick-Dunford
35. Greenway
36. Graeme and Bonham
37. cruden and varnes

### فهرست منابع

- حامدپناه، ر (۱۳۷۹)؛ بررسی مکان مناسب پخش سیلاب با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوضه طغروود قم، پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز پژوهش‌های کویری و بیابانی، دانشگاه تهران.
- رجائی، ع (۱۳۸۷)؛ "کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و محیط" چاپ سوم، انتشارات قومس.
- سلطانی، م (۱۳۸۱)؛ ارزیابی اراضی به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد اجرای عملیات پخش سیلاب در محیط GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیر.
- شادفر، ص (۱۳۸۴) ارزیابی تحلیلی مدل‌های کمی زمین لغزش به منظور دستیابی به مدلی مناسب برای حوضه آبخیز چالکروود، پایان‌نامه دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- قدوسی، ج (۱۳۸۲)؛ مدل‌سازی مورفولوژی فرسایش خندقی و پهنه‌بندی خطر آن (مطالعه موردی در آبخیز زنجان رود، پایان‌نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- Alexander, D., 1993. Natural Disasters. UCL Press and Chapman & Hall, New York. 632 pp.
- Ballard, T.M., and Willington, R.P., 1975. Slope instability in relation to timber harvesting in the Chilliwack Provincial Forest. The Forestry Chronicle, 51: 59-62.
- Burton, I., Kates, R.W., 1964. The perception of natural hazards in resource management. Natural Resources, 3: 412-441.
- Campbell, A.P., 1966. Measurement of movement of an earthflow. Soil Water, 2(3): 23-24.
- Chung, C.F., Fabbri, A.G., and Van Westen, C.J., 1995. Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation. In: Carrera, A., and Guzzetti, F. (eds), Geographical information systems in assessing natural hazards, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands: 107-133.
- Churchill, R.R., 1982. Aspect-induced differences in hillslope processes. Earth Surface Processes and Landforms, 7(2): 171-182.

جهت، سنگ‌شناسی، گسل، کاربری اراضی) است که از نقشه‌های پایه و مطالعات میدانی و تصویر ماهواره‌ای لندست استخراج و با استفاده از عملگرهای فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تحلیل اولیه نسبت به متغیرهای موجود و پراکنش زمین لغزش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. طبقه‌بندی متغیرها با توجه به روند تغییرات هیستوگرام منحنی و طبقه‌بندی‌های موجود انجام و وزن‌دهی طبقات متغیرها، براساس درصد زمین لغزش رخ داده در هر طبقه بین ۰ و ۱ تعیین گردید. سپس نقشه‌های ایجاد شده تحت GIS در قالب عملگرهای فازی با یکدیگر تلفیق و طبقه‌بندی گردیدند. در نهایت صحت نقشه‌های حاصل با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS) مورد ارزیابی قرار گرفت. و نقشه نهایی پهنه‌بندی استطاعات زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰/۸ که به عنوان مناسب‌ترین عملگر در تعیین توانمندی زمین لغزش در حوضه تحت مطالعه می‌باشد استفاده گردید و نقشه مذکور در ۵ طبقه از بسیار پایین تا بسیار بالا طبقه‌بندی شد.

### پی‌نوشت

1. Alcantara – Ayala
2. Varnes
3. Burton and Kates
4. White
5. Undro
6. Alexander
7. Crozier and Glade
8. Soeters and Van Westen
9. Chung
10. Petlay
11. Crozier
12. Vernes
13. Cruden and Varnes
14. Dai
15. Blochl and Braun
16. Swanson & Dyrness
17. Lyons & Beschta
18. Jakob
19. Guthrie
20. Dhakal & Sidle
21. zadeh
22. Iootsma
23. Kuswandari
24. Sidle and Ochiai
25. Lan
26. Hylland and lowe



- Lohnes, R.A., and Handy, R.L., 1968. Slope angles in friable loess. *Geology*
- O'Loughlin, E.M., 1986. Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. *Water Resources Research*, 22(5): 794-804.
- Petley, D.N., 2008. The global occurrence of fatal landslides in 2007. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU General Assembly 2008. 3 pp.
- Riesterberg, M.M., and Sovonick-Dunford, S., 1983. The role of woody vegetation in stabilizing slopes in the Cincinnati area, Ohio. *Bulletin of Geological Society of America*, New York, 94: 506-518.
- Sidle, R.C., 1984. Shallow groundwater fluctuations in unstable hillslopes of coastal Alaska. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 20: 79-95.
- Sidle, R.C., and Ochiai, H., 2006. Landslides: processes, prediction, and land use American Geophysical Union, Washington, D.C. *Water Resources Monograph No.18*: 312 pp.
- Sidle, R.C., and Swanston, D.N., 1982. Analysis of a small debris slide in coastal Alaska. *Canadian geotechnical journal*, 19: 167-174.
- Soeters, R., and Van Westen, C.J., 1996. Slope instability recognition analysis and zonation. In: Turner, K.T., Schuster, R.L. (eds), *Landslide: investigation and mitigation*. Spec Rep 47. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 129-177.
- Starkel, L., 1976. The role of extreme (catastrophic) meteorological events
- Starkel, L., 1976. The role of extreme (catastrophic) meteorological events
- Tsukamoto, Y., and Ohta, T., 1988. Runoff processes on a steep forested slope. *Journal of Hydrology*, 102: 165-178.
- UNDRO, 1982. Natural disasters and vulnerability analysis. Office of the United Nations disaster relief coordinator. Geneva, Switzerland.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movements, types and processes. In: Schuster, R.L., Krizek, R.J. (eds), *Landslide analysis and control*, National Academy Sciences, Washington DC: 11-33.
- Varnes, D.J., 1984. International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes: Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, UNESCO, Paris. 63 pp.
- Wakatsuki, T., Tanaka, Y., and Matsukura, Y., 2005. Soil slips on weathering-limited slopes underlain by coarse-grained granite or finegrained gneiss near Seoul, Republic of Korea. *Catena*, 60(2): 181-203.
- White, G.F., 1973. Natural hazards research. In: Chorley, R.J. (ed), *Directions in geography*, Methuen, London: 193- 216.
- Crozier, M.J., 1986. *Landslides: causes, consequences and environment*. Croom Helm, London. 252 pp.
- Crozier, M.J., and Glade, T., 2005. Landslide Hazard and risk: Issues, concepts, and approach. In: Glade, T., Anderson, M., and Crozier, M. (eds): *Landslide hazard and risk*. Wiley, Chichester: 1-40.
- Cruden, D.M., and Varnes, D.J., 1996. Landslide types and processes. In: Turner, A.K., and Schuster, R.L. (eds), *Landslides investigation and mitigation*, special report 247, Transportation Research Board, National Academy Press, Washington D.C: 36-75.
- Dai, F.C., and Lee C.F., 2002. Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, 42: 213-228.
- Dai, F.C., Lee, C.F., and Zhang, X.H., 2001b. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology* 61(4): 257-271.
- Endo, T., 1969. Probable distribution of the amount of rainfall causing landslides. Annual Report 1968. Hokkaido Branch, For. Exp. Stn., Sapporo, Japan. 122-136.
- Gao, J., 1993. Identification of topographic settings conducive to landsliding from DEM in Nelson County. *Earth Surface Process and Landforms*, 18: 579-591.
- Glade, T., 1998. Establishing the frequency and magnitude of landslidetriggering rainstorm events in New Zealand. *Environmental Geology*, 35(2-3): 160-174.
- Gray, D.H., and Megahan, W.F., 1981. Forest vegetation removal and slope stability in the Idaho Batholith. USDA Forest Service. Paper INT-127: 23.
- Greenway, D.R., 1987. Vegetation and slope stability. In: Anderson, M.G., and Richards K.S. (eds), *Slope stability, geotechnical engineering and geomorphology*, John Wiley & Sons, Chichester, UK. 187-230 pp.
- Hylland, M.D., and Lowe, M., 1997. Regional landslide-hazard evaluation using landslide slopes, western Wasatch Country, Utah. *Environment and engineering geoscience*, 3(1): 31-43.
- Iverson, R.M., and Major, J.J., 1987. Rainfall, ground-water flow, and seasonal movement at Minor Creek landslide, northwestern California: physical interpretation of empirical relation. *Geological survey. America bulletin*, 99: 579-594.
- Keefer, D.K., Wilson, R.C., Mark, R.K., Brabb, E.E., Brown, W.M., Ellen, S.D., Harp, E.L., Wiczorek, G.F., Alger, C.S., and Zarkin, R.S., 1987. Real-time landslide warning during heavy rainfall. *Science*, 238: 921-925.
- Lan, H.X., Zhou, C.H., Wang, L.J., Zhang, H.Y., Li, R.H., 2004. Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. *Engineering geology*, 76: 109-128.