

مسکن و محیط زیست

شماره ۱۵۳ ♦ بهار ۹۵

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

سید اسدالله حجازی *

۱۳۹۲/۱۱/۲۷

۱۳۹۴/۰۲/۱۳

تاریخ دریافت مقاله:

تاریخ پذیرش مقاله:

چکیده

زمین لغزش‌ها به عنوان بر جسته‌ترین 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 موقع 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 (GIS) و عملگرهای فازی می‌باشد. این حوضه در ۱۳/۲۱ درجه عرض شمالی و ۳۸ ۳۹ ۲۲/۴۵ تا ۳۸ ۵۸ ۱۳ 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، برآسانس 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 دارد. در نهایت صحت نقشه‌های حاصل با استفاده از نمایه جمع‌کیفی (QS) مورد ارزیابی قرار گرفت و نقشه نهایی پهنه‌بندی استطاعات زمین‌لغزش با استفاده از عملگر فازی گام‌ای ۰/۸ که به عنوان مناسب ترین 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 (کاویانی راد، ۱۳۸۹). اصطلاح مخاطرات طبیعی بر رخداد حادثه تهدیدآمیز طبیعی که در زمان و مکان مشخصی به صورت مخاطره‌آمیزی عمل می‌نماید به کار می‌رود (آلکانترا آیالا، ۱۹۸۴؛ وارنس، ۲۰۰۲). در این مفهوم، مخاطرات طبیعی به عنوان یک عامل اصلی مضر در محیط طبیعی بشر (بارتون و کتس، ۱۹۶۴)، برهم‌کنش متقابل خسارت بین طبیعت و انسان (وایت، ۱۹۷۳)، امکان وقوع یک حادثه آسیب‌رسان به صورت بالقوه (آندره، ۱۹۸۲)، یا به عنوان یک رخداد طبیعی که تأثیری مخرب بر موجودیت انسان و محیط پیرامونش دارد (الکساندر، ۱۹۹۳)، مصطلح شده است.

در سیستم‌های طبیعی، زمین‌لغزش‌ها به عنوان یکی از برجسته‌ترین مخاطرات طبیعی سازماندهی می‌شوند (کروزیر و گلد، 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 (سویترز و وان وست، 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 در حالی است که ۹۵ درصد از زمین‌لغزش‌ها در کشورهای در حال توسعه ثبت شده‌اند (چانگ، 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 ۱۷۸، بنگلادش ۱۵۰، و ویتنام ۱۳۰ تعداد تلفات جانی ناشی از زمین‌لغزش داشته است (پتلی، ۲۰۰۸).

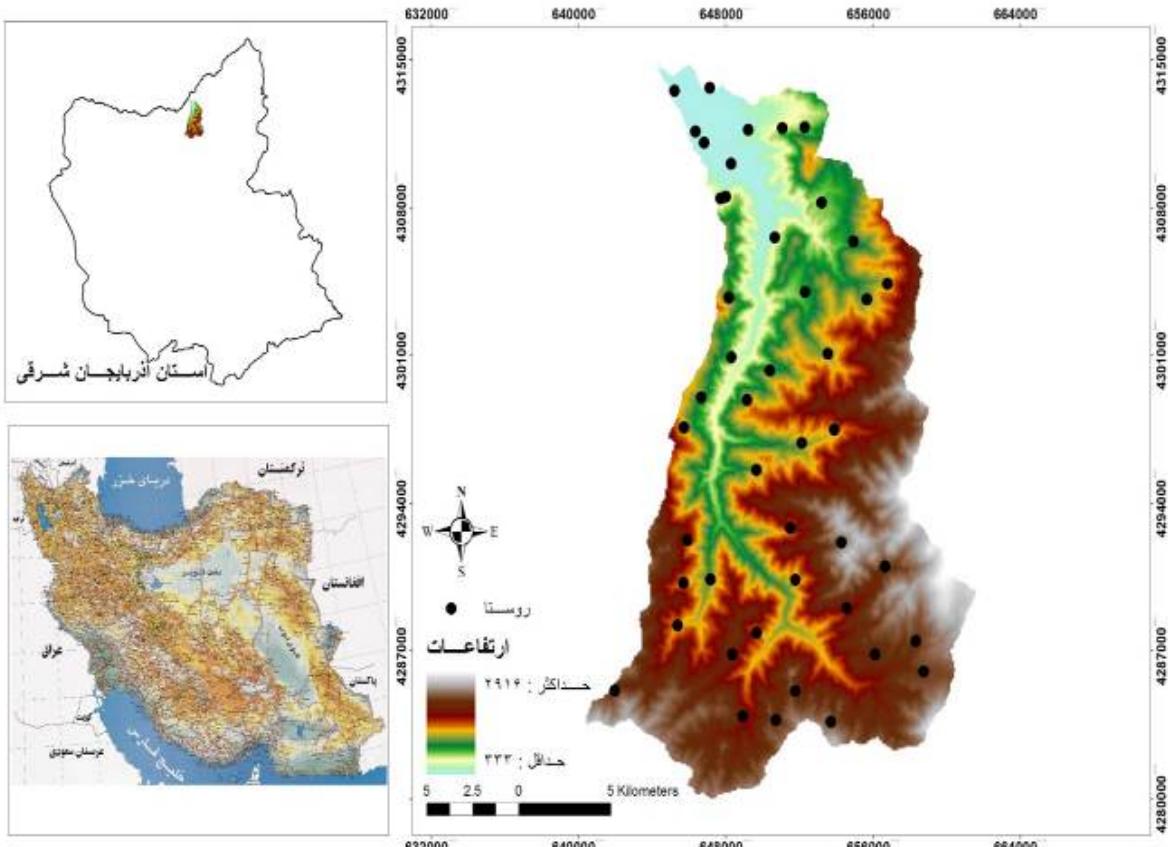
زمین‌لغزش‌ها پدیده پیچیده‌ای در نتیجه توزیع زمانی - فضایی از برهم‌کنش تعداد زیادی از فاکتورها شامل: زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، طبیعی و انسانی هستند (کروزیر، ۱۹۸۶، ورنز، ۱۹۷۸؛ کرادن و وارنز، ۱۹۹۶). و بنا به تعریف حرکت توده‌ای از سنگ، واریزه‌ها یا خاک به طرف پایین شیب در نتیجه کشش جاذبه است کرادن و وارنز (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 (دادی، ۲۰۰۲؛ بلوقل و برون، 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 دایرسن، ۱۹۷۵؛ لایندس و بسچتا، ۱۹۸۳؛ جاکوب، ۱۹۷۷؛ گاتری، ۱۹۹۰؛ دی‌هاکال و سایدل، ۲۰۰۳).

حوضه آبریز ایلگینه چای نیز از این امر مستثنی نبوده و تحت تأثیر فعالیت‌های بشر، همچنین عوامل محركه 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 آبریز ایلگینه چای برای پژوهش توسط پژوهشگر انتخاب و تحت تکنیک‌های نوین (GIS، RS،) و با استفاده از عملگرهای فازی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

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 ۴۰۷۸۳/۱۵ هکتار که ۴۵ نقطه روستایی را در می‌گیرد (تصویر ۱).

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 متر از عرض شمالی و ۴۵°۵۲'۴۶ تا ۴۶°۳۶'۳۸ درجه



ت ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز ایلگینه چای.

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 ۱/۵۰۰۰۰ محدوده مورد مطالعه؛ نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ ورزقان که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شده است؛

مواد و روش

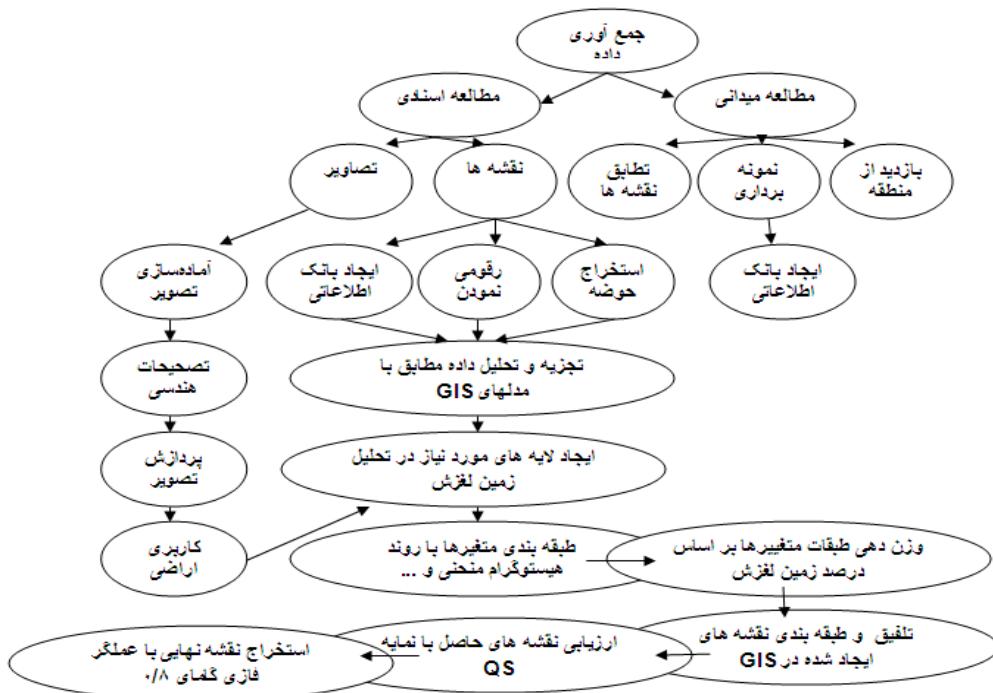
محدوده تحت بررسی پژوهش حاضر حوضه آبریز ایلگینه چای می‌باشد. به منظور جمع‌آوری اطلاعات در این تحقیق از روش‌های اسنادی و میدانی بهره گرفته شده است. در قسمت اسنادی از کتب، مقالات معتبر، منابع موجود بر روی شبکه جهانی اینترنت، نقشه‌های پایه، داده‌های اقلیمی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده و

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

و در راستای انجام پژوهش از نرم‌افزارهای Autodesk map 2010, Arc GIS 9.3, ENVI همچون ۴.7, 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. به‌طوری‌که بعد از تطبیق و



ن ۱. فلوچارت مسیر و مراحل انجام پژوهش.

فرایند هوازدگی، حیات گیاهی و توسعه ریشه، مخصوصاً در محیط‌های خشکی دارد (سایدل و اچای^{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 (لاہنر و هندی^{۲۸}، ۱۹۶۸؛ اسوانتن^{۲۹}، ۱۹۷۳؛ بالارد و ویلینلتون^{۳۰}، ۱۹۷۵). شیب حوضه آبخیز ایلگینه چای در محیط GIS و تحت نرم افزار آنالیز فضایی^{۳۱} 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 مگاهان^{۳۲}، ۱۹۸۱؛ الافلین 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

بحث و بررسی

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی‌زاده، 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 (کوسانداری^{۲۳}، ۲۰۰۴).

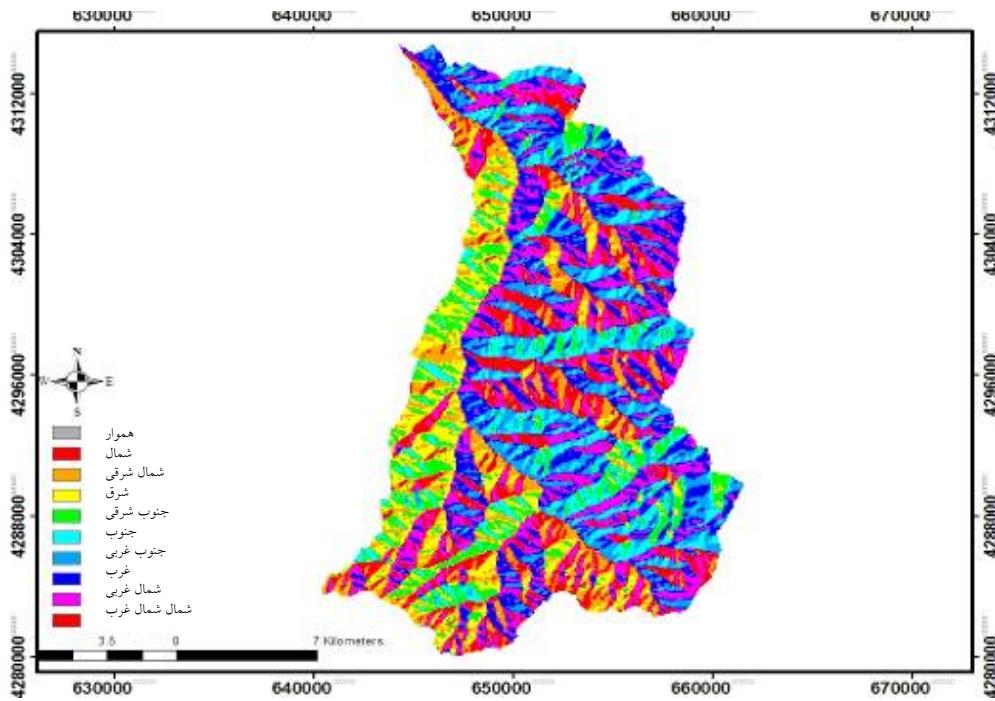
برای تهیه نقشه وقوع زمین‌لغزش با استفاده از اپراتورهای فازی در ابتدا هر یک از عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه شناسایی و نقشه‌های مربوط در محیط GIS رقومی می‌شوند. آنگاه به وسیله یکی از مدل‌های موجود سطح همبستگی بین نقاط لغزشی موجود و هر یک از عوامل مؤثر تعیین می‌گردد. سپس شاخص حساسیت به خطر زمین‌لغزش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

$$LSI = \sum Fr$$

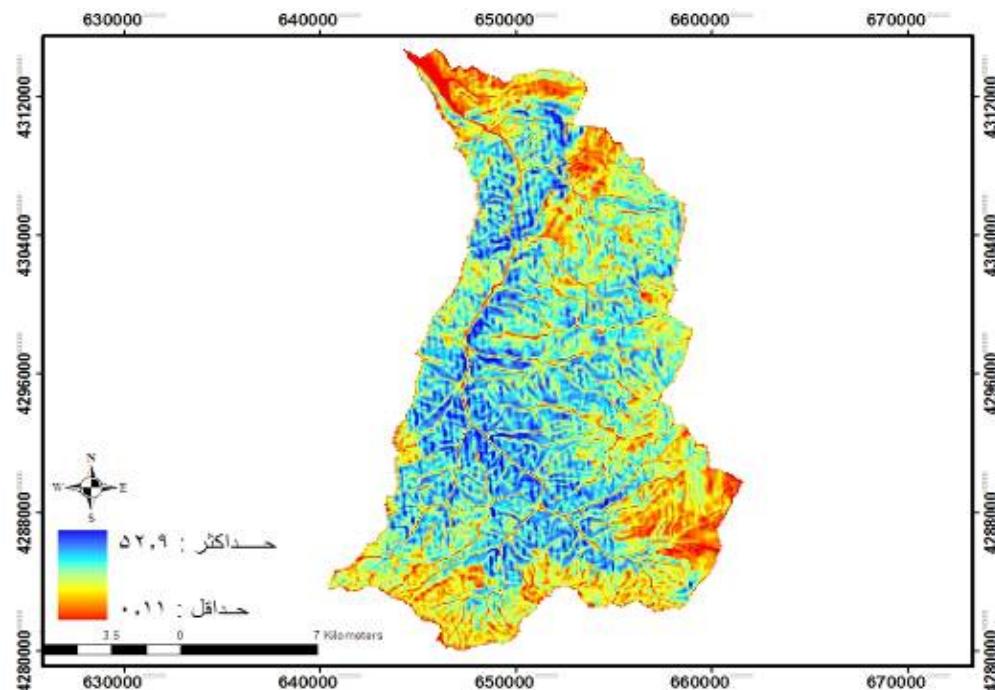
در ادامه به تحلیل هر یک از عوامل‌های مورد بررسی در ارزیابی فرایندهای دامنه‌ای در حوضه آبریز ایلگینه چای تحت GIS و مدل فازی جهت پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها مورد بررسی قرار گرفت که به شرح ذیل می‌باشد.

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

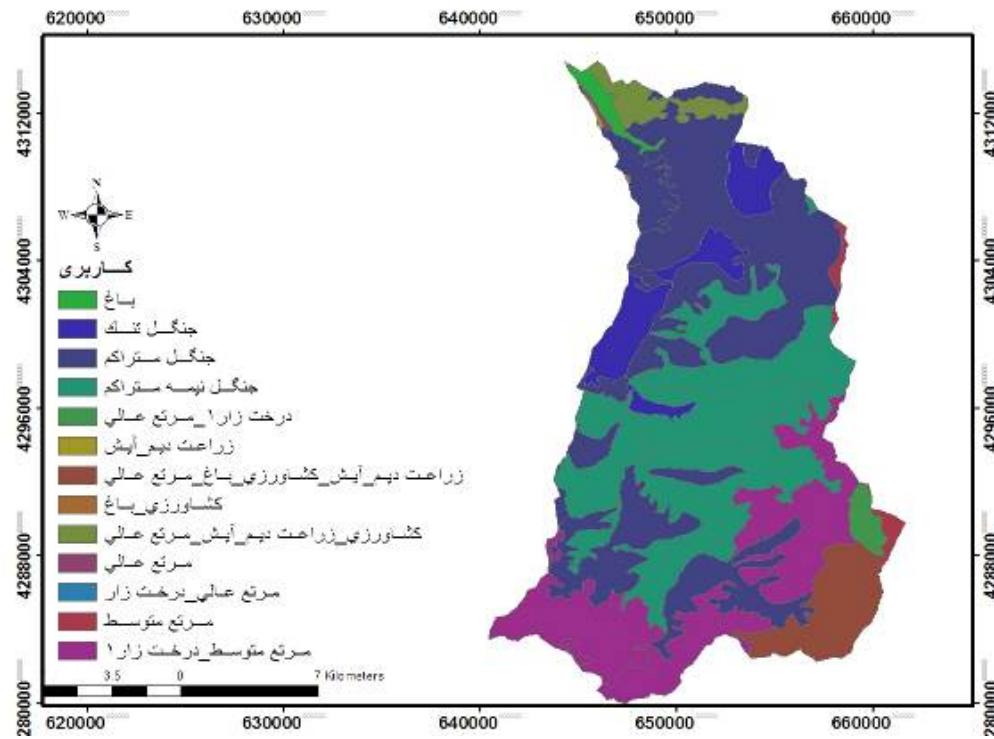
در موقع زمین‌لغزش مورد بررسی و تحت GIS خروجی گرفته شد (تصویر ۵).



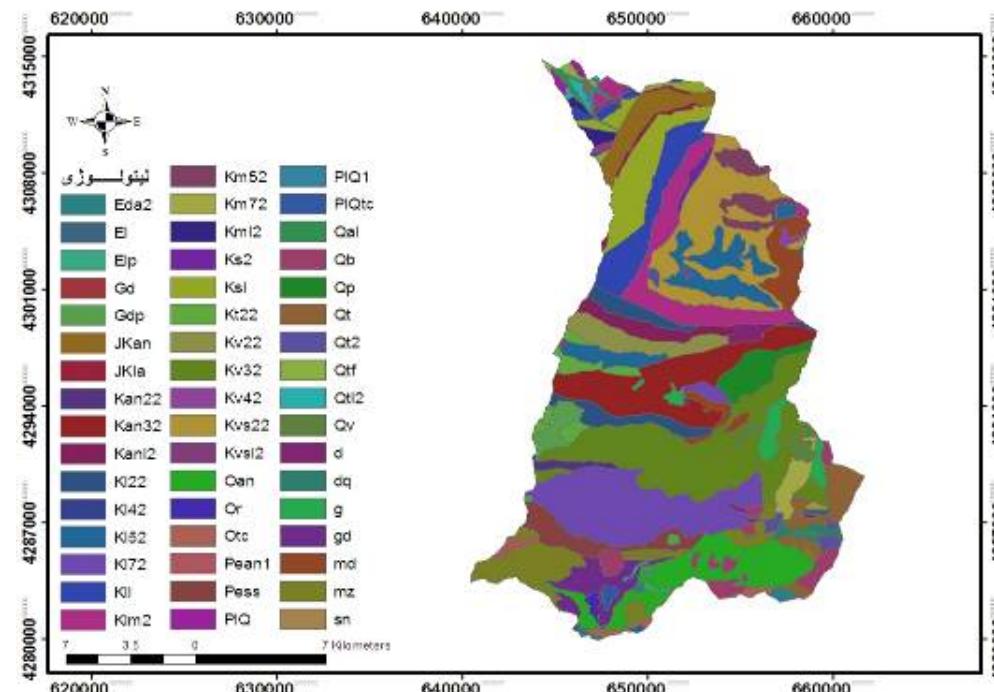
ت ۲. نقشه جهات جغرافیایی حوضه آبریز ایلگینه چای.



ت ۳. نقشه شیب حوضه آبریز ایلگینه چای.

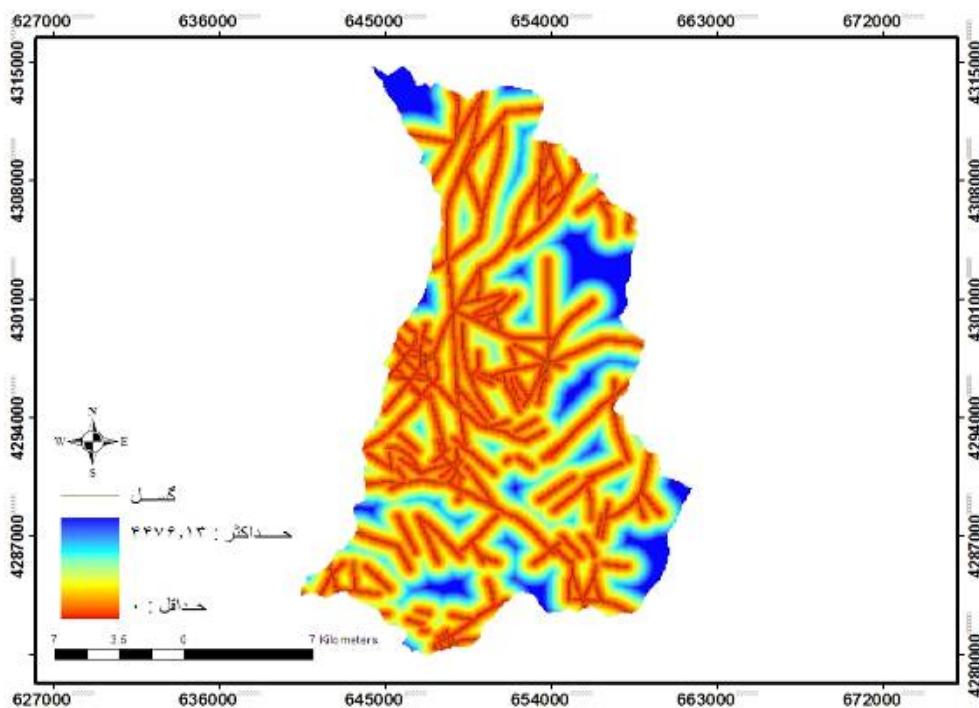


ت.۴. نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز ایلگینه چای.



ت.۵. نقشه سنگ‌شناسی حوضه آبریز ایلگینه چای.

خطوط گسل: خطوط گسل در حوضه آبخیز ایلگینه چای از روی نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ استخراج، رقومی و در محیط GIS برای آن پایگاه اطلاعاتی تشکیل شد و با توجه به ارتباط مستقیم و

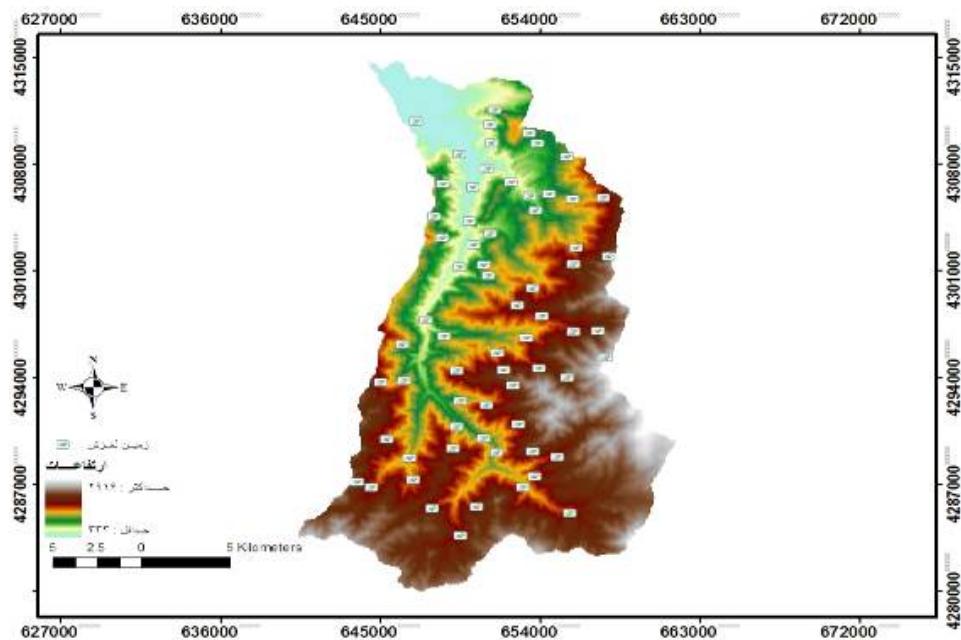


ت.۶. نقشه حريم گسل حوضه آبريز ايلگينه چاي.

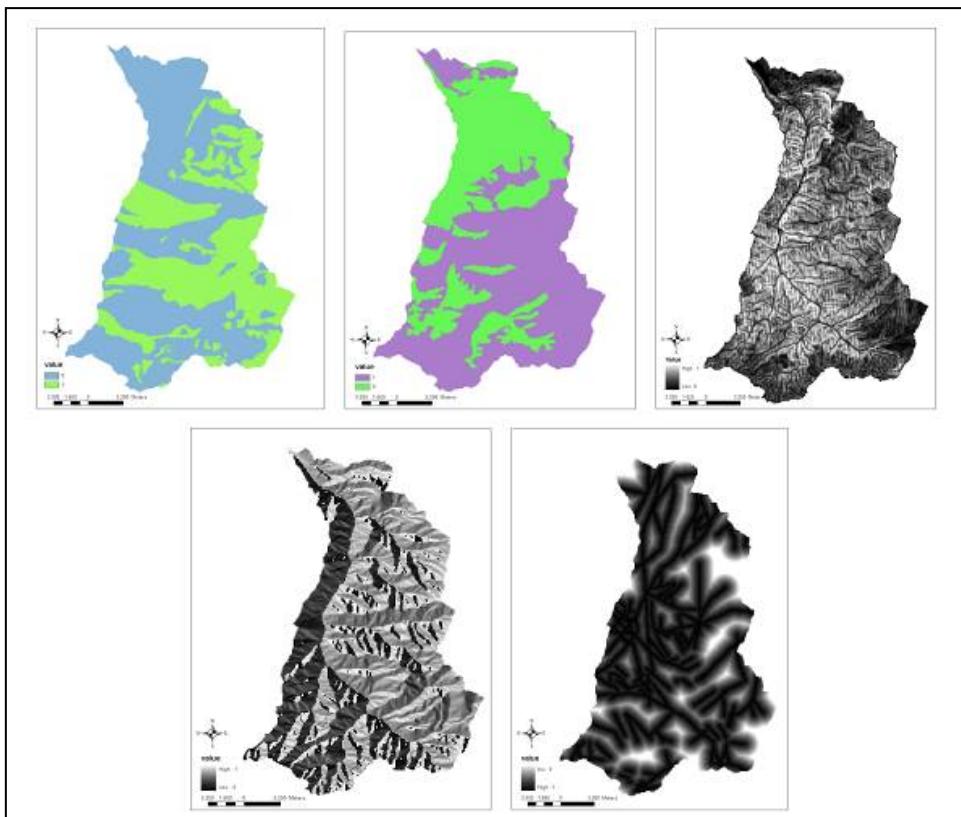
عضویت، فازی سازی می‌نماییم. به این نحو که با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی لایه‌ها را به صورت لایه‌های استاندارد شده در بازه ارزشی صفر تا ۱ قرار می‌دهیم. لایه‌های وکטורی پلی‌گونی نیز بدون نیاز به تابع با دادن کدهای بین ۰ تا ۱ و تبدیل به لایه رستری به حالت فازی تبدیل می‌کنیم. هر کدام از این لایه‌ها به تنهاً 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 عمدهاً 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 زمین‌لغزش‌های موجود حوضه آبریز ایلگینه چای.



ت ۸ مراحل اجرای فازی نمودن لایه‌ها.

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه ایلگینه چای 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 (1) 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 (مهدوی فر و عقدا، ۱۳۷۶).

اشتراك فازی

با توجه به اینکه در عملگر اشتراك فازی، اشتراك 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 اشتراك آن‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حاصل شده است. در نهایت از تلافیق نقشه حاصله با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها، درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش به روش اشتراك فازی به دست آمده است (جدول ۱).

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	مساحت لغزش (هکتار)	لغزش (درصد)
خیلی کم	۲۴۷۲۰/۵۲	۶۵/۷۴	۳۲۷/۲۶	۵۶/۶
کم	۵۷۴۰/۳	۸/۵	۴۲/۳۶	۱۲/۳
متوسط	۴۶۷۸/۲۱	۱۱/۰۲	۵۷/۳۶	۱۵/۲۱
زیاد	۳۹۷۸/۹	۶/۴۳	۳۲/۰۳	۷/۶
خیلی زیاد	۱۵۶۵/۰۷	۷/۷۸	۳۸/۷۷	۸/۲۹

ج ۲. درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش 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 زمین‌لغزش‌ها، درصد و مساحت طبقات مختلف نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش (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، نقشه وزنی شب، WL Fuzzy سنگ شناسی، WU Fuzzy کاربری، WF Fuzzy فاصله از گسل و WAS Fuzzy جهت دامنه است (سلطانی، ۱۳۸۱).

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	مساحت لغزش (هکتار)	لغزش (درصد)
کم	۲۵۵۷۰/۶۴	۸۱/۲۲	۴۰۴/۳	۷۴/۰۲
متوسط	۳۷۴۴/۵	۵/۰۳	۲۷/۵۴	۶۵۶
زیاد	۴۶۵۲/۵	۵/۸۹	۲۹/۳۴	۷/۵
خیلی زیاد	۶۷۱۵/۳۶	۷/۲۵	۳۷/۶	۱۱/۹۲

ج ۱. مراحل اجرای فازی نمودن لایه‌ها.

ضرب جبری

در ضرب جبری فازی تمامی عوامل وزنی مؤثر در قوع زمین‌لغزش در هم ضرب شده و چون تمام وزن‌های داده شده به کلاسه‌های مختلف عوامل مؤثر بین

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).

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

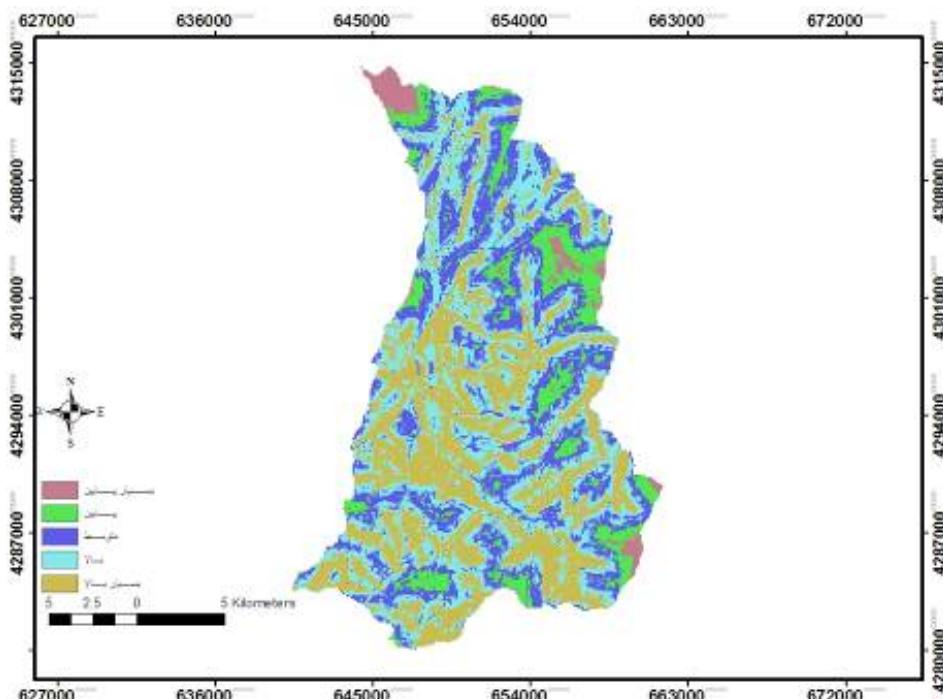
اگر $Y = 1$ باشد، نقشه خروجی همان نقشه حاصل از Sum Fuzzy خواهد و اگر $Y = 0$ باشد نقشه خروجی همان نقشه حاصل از Fuzzy Product خواهد بود. بنابراین محدوده تغییرات بین صفر و یک می‌باشد (گرمی و بونهام، ۱۹۹۶). در این پژوهش از فازی گامای ۰/۳ و ۰/۸ جهت پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوضه آبخیز ایلگینه چای استفاده گردیده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

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	مساحت لغزش (هکتار)	لغزش (درصد)
خیلی کم	۱۰۷۰/۰۱	۰/۰۹	۰	۰
کم	۲۲۵۸/۰۳	۰/۰۳	۰	۰
متوسط	۷۵۸۶/۱۲	۶/۳۷	۰	۰
زیاد	۴۴۹۷/۳۲	۸/۰۹	۰	۰
خیلی زیاد	۲۵۲۷۲/۰۲	۸۴/۹۲	۱۰۰	۱۰۰

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

فازی گاما

جهت تعديل 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.

جمع جبری فازی		گامای ۰/۳		گامای ۰/۸	
لغزش	QS	لغزش	QS	لغزش	QS
۰	۰/۰۰۰۵	۲۳۷/۲۷	۰/۰۷	۰	۰/۰۷۴
۰	۰/۰۰۰۴	۸۷/۵۶	۰/۰۳	۴۲/۲۵	۰/۰۲۳
۰	۰/۰۵	۱۰۲/۲۳	۰/۲۳	۹۱/۰۸۹	۰/۰۰۹
۰	۰/۰۷	۳۰/۱۲	۰/۱۶	۱۵۸/۳۲	۰/۰۶
۴۹۷/۷۸	۰/۰۲۵	۴۱/۵	۰/۳۶	۲۰۷/۱۲۱	۰/۰۱
ضرب جبری فازی		اشتراک فازی		ضرب جبری فازی	
طبقات		لغزش	QS	لغزش	QS
خیلی کم	-	-	-	۳۴۱/۶۲	۰/۰۴
کم	۳۹۵/۴۲	۰/۰۳۳	-	۳۱/۷۶	۰/۰۰۶
متوسط	۳۹/۴۱	۰/۲۵	-	۰۹/۳۲	۰/۰۲۳
زیاد	۲۶/۳	۰/۲۹	-	۲۹/۱۲	۰/۰۱۵
بسیار زیاد	۳۶/۶۵	۰/۲۶	-	۳۵/۹۶	۰/۰۴

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

نتیجه

زمین‌لغزش جزو آن دسته از پدیده‌های ژئومورفولوژی است که اکثراً به عنوان یکی از بزرگترین عوامل مزاحم برنامه‌های عمرانی در کلیه زمینه‌ها به شمار 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 وارنر^۳، ۱۹۹۶). این مسئله تحت تأثیر عواملی مانند زلزله تشدید می‌شود و در مورد حوضه آبریز ایلگینه چای طی زلزله سال ۱۳۹۱ تشدید گردیده و موجات افزایش رخداد زمین‌لغزش را فراهم نموده است در این راستا و طی زمین‌لغزش‌های رخداده در محدوده مورد مطالعه عوامل تأثیرگذار در ایجاد زمین‌لغزش انتخاب و موقعیت و پراکنش زمین‌لغزش‌ها با استفاده از مطالعات میدانی و سیستم موقعیت‌یاب جغرافیایی برداشت و به عنوان متغیر وابسته تحت سیستم اطلاعات جغرافیایی و عملگرهای فازی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. معیارهایی که جهت تحلیل حساسیت زمین‌لغزش‌ها در حوضه مورد بررسی انتخاب گردید شامل ۵ پارامتر (شیب،

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	مساحت لغزش (هکتار)	لغزش (درصد)
خیلی کم	۱۹۶۷۵/۵۲	۶۹/۲۱	۲۲۷/۶۳	۴۵/۷۴
کم	۷۱۵۵/۲۴	۱۶/۳	۹۰/۶	۱۹/۴۴
متوسط	۶۲۴۶/۳۸	۹/۲۶	۱۰۱/۴۳	۲۱/۳۲
زیاد	۴۳۵۴/۰۹	۲/۹۳	۲۹/۵۹	۵/۳۱
خیلی زیاد	۳۲۵۱/۷۷	۲/۳	۴۳/۳۳	۸/۱۹

ج ۴ . درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش به روشن فازی گامای ۰/۳.

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	مساحت لغزش (هکتار)	لغزش (درصد)
خیلی کم	۳۳۴۳/۶۲	۷/۶۶	۰	۰
کم	۸۷۱۸/۵۳	۲۶/۲۵	۴۱/۳۶	۸/۹۳
متوسط	۱۴۹۸۶/۷۵	۳۵/۶۷	۱۰۲/۳۶	۱۷/۲۵
زیاد	۶۵۶۵/۲۵	۱۴/۲۵	۱۶۲/۵۴	۳۱/۷۶
خیلی زیاد	۷۰۶۷/۸۵	۱۶/۱۷	۱۹۰/۵۲	۴۲/۰۶

ج ۵ . درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش به روشن فازی گامای ۰/۸.

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

$$Q_S = \sum_{i=1}^n (D_i - 1)^2 S$$

که عامل‌های این رابطه به شرح ذیل می‌باشد:

D_i =نسبت مساحت لغزش در هر رده خطر به مساحت کل زمین‌لغزش 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 طغورد 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، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیر.
- شادفر، ص (۱۳۸۴) ارزیابی تحلیلی مدل‌های کمی زمین‌لغزش به منظور دستیابی به مدلی مناسب برای حوضه آبخیز چالکرود، پایان نامه دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- قدوسی، ج (۱۳۸۲)؛ مدل‌سازی مورفولوژی فرسایش خندقی و پهنه‌بنای خطر آن (مطالعه موردی در آبخیز زنجان روود، پایان نامه 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 زمین‌لغزش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. طبقه بندي متغيرها با توجه به روند تغييرات هيستوگرام منحنی و طبقه‌بندي‌های موجود انجام و وزن‌دهی طبقات متغیرها، براساس درصد زمین‌لغزش رخ داده در هر طبقه بين ۰ و ۱ تعين گردید. سپس نقشه‌های ايجاد شده تحت GIS در قالب عملگرهای فازی با يكديگر تلفيق و طبقه‌بندي گردیدند. در نهايىت صحت نقشه‌های حاصل با استفاده از نمایه جمع كيفي (QS) مورد ارزیابی قرار گرفت. و نقشه نهایی پهنه‌بندي استطاعات زمین‌لغزش با استفاده از عملگر فازی گاماي ۰/۸ که به عنوان مناسب ترين عملگر در تعیین توانمندی زمین‌لغزش در حوضه تحت مطالعه می باشد استفاده گردید و نقشه مذکور در ۵ طبقه از بسيار پايان تا بسيار بالا طبقه‌بندي شد.

پی نوشت

- 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 . lootsma
- 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.
- Riestenberg, 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 conductive 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., Wieczorek, G.F., Alger, C.S., and Zatkin, 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.