



مقدمه

ناپایداری دامنه‌های طبیعی یکی از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش موثری دارد و زمانی که فعالیتهای انسانی را تحت تاثیر قرار دهد می‌تواند به پدیده‌ای خطرناک تبدیل شود. یکی از راهکارهای کاهش خسارت‌های ناشی از حرکات دامنه‌ای، شناسایی مناطق دارای توانمندی ناپایداری است [۶].

غیومیان و همکاران [۵]، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند مشخصه‌ی فازی، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را در منطقه‌ی رودبار گیلان انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که به کارگیری ریاضیات و منطق فازی در ارزیابی خطر زمین‌لغزش به دلیل طبیعت و ماهیت این پدیده و داده‌های مورد استفاده در ارزیابی آن که همواره با نوعی ابهام و عدم قطعیت همراه است و به دلیل قابلیت در فرموله نمودن دانش بشری در قالب ریاضی، ابزاری سودمند برای ارزیابی خطر زمین‌لغزش به شمار می‌رود.

شادفر [۴]، حوزه چالکرو در استان مازندران را با استفاده از عملگرهای منطق فازی پهنه‌بندی نمود. صحت نقشه‌ها با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS) مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج نشان داد که عملگر فازی گامای ۰/۸ مناسب‌ترین عملگر جهت پهنه‌بندی زمین‌لغزش در حوزه مورد مطالعه می‌باشد.

مورات و کاندن [۹]، در پژوهشی تحت عنوان استفاده از روابط فازی جهت تولید نقشه‌های توانمندی زمین‌لغزش در غرب دریای سیاه (ترکیه) به این نتیجه رسیده‌اند که به دلیل پیچیده بودن ماهیت پدیده‌ی زمین‌لغزش و دخالت عوامل متعدد در رخداد آن، به کاربرد روابط فازی در تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از سایر روشها بهتر و به واقعیت نزدیکتر است.

سابویا و همکاران [۱۳]، برای ارزیابی ناپایداری دامنه‌ها در ریودوژانیروی برزیل از مدل منطق فازی استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که چون در این مدل کارشناس می‌تواند بین صفر تا یک طبقات عوامل مختلف را وزن دهی نماید بنابراین نتایج بهتری نسبت به سایر مدلها بدست می‌آید.

لی و جانگ [۱۲] جانگ و همکاران [۱۱] نوعی روش ارزیابی کمی را با استفاده از منطق فازی برای نواحی دارای استعداد زمین‌لغزش در هنگ کنگ ارائه نمودند و با استفاده از این مدل منطقه مورد مطالعه را به پنج پهنه خطر از خیلی ناپایدار تا خیلی پایدار تقسیم بندی نمودند.

ارزیابی کارایی عملگرهای منطق فازی در تعیین توانمندی زمین لغزش

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیروود)

سیدعلی عبادی نژاد^۱، مجتبی یمانی^۲، مهران مقصودی^۳ و صمد شادفر^۴

چکیده

یکی از انواع فرآیندهای دامنه‌ای که هر ساله در برخی نقاط جهان و ایران رخ داده و خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را باعث می‌گردد، پدیده‌ی زمین‌لغزش می‌باشد. در این پژوهش، حوزه‌ی آبخیز شیروود به دلیل وقوع مکرر این پدیده و لزوم ارائه مدل مناسب برای پژوهش‌های آینده در نظر گرفته شده است. در ابتدا، با بررسی منابع پژوهشی مرتبط با موضوع، برخی از مهمترین عوامل موثر در رخداد این پدیده مانند شیب، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، جهت شیب و فاصله از گسل به عنوان متغیرهای مستقل در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی تهیه و رقومی شدند. لایه پراکنش زمین‌لغزش‌ها نیز با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی و عملیات میدانی با استفاده از GPS تهیه گردید. طبقه‌بندی متغیرها با توجه به روند تغییرات هیستوگرام منحنی و طبقه‌بندی‌های موجود صورت گرفت. وزن دهی طبقات متغیرها، بر اساس درصد لغزش رخ داده در هر طبقه بین ۰ و ۱ تعیین گردید. سپس نقشه‌های مختلف وزنی در قالب عملگرهای فازی با یکدیگر تلفیق و طبقه‌بندی گردیدند. صحت نقشه‌های حاصل با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که عملگر فازی گامای ۰/۸ به عنوان مناسبترین عملگر در تعیین توانمندی زمین‌لغزش در حوزه آبخیز شیروود می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی، عملگر فازی، پهنه‌بندی زمین لغزش، نمایه جمع کیفی، حوزه آبخیز شیروود

۱ - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران

۲ - دانشیار دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

۳ - استادیار دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

۴ - عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

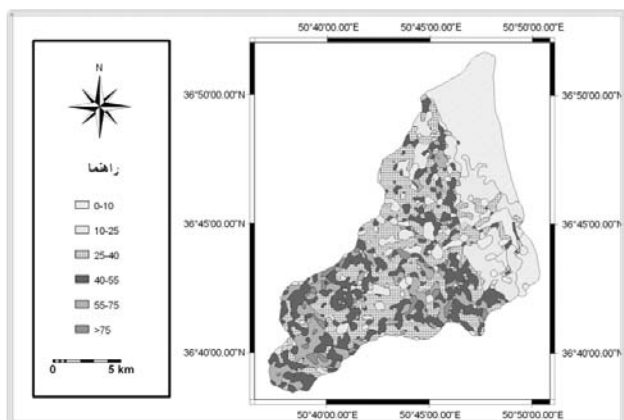
مواد و روش‌ها

ویژگیهای منطقه پژوهش

پس از این که متغیرهای مستقل تاثیرگذار در رخداد زمین لغزش مورد شناسایی قرار گرفتند با بررسی های میدانی ژئومورفولوژی و زمین شناسی اقدام به پرکردن فرم مشخصات زمین لغزش ها و در نهایت تهیه لایه اطلاعاتی پراکنش زمین لغزش ها گردید. در گام بعدی، متغیرهای مستقل طبقه بندی و با لایه ی اطلاعاتی زمین لغزش تلفیق گردیدند. وزن دهی طبقات عوامل، بر اساس روابط حاکم بر عملگرهای مختلف فازی و با توجه به مدل اسکالوگرام که به میانگین و انحراف معیار توجه دارد صورت پذیرفت و نقشه های مختلف وزنی ساخته شدند. در نهایت پیش بینی و پهنه بندی خطر بالقوه ی زمین لغزش و تطبیق آن با شرایط موجود انجام و اقدام به نتیجه گیری و پیشنهادات گردید.

نتایج

شیب: لایه اطلاعاتی شیب پس از ساختن مدل رقومی ارتفاعی (شکل ۱) تهیه و با استفاده از روند تغییرات هیستوگرام که به فراوانی داده های مختلف و ارزش پیکسلهای آن توجه دارد، طبقه بندی گردید. از تلفیق متغیر وابسته (پراکنش زمین لغزشها) با لایه شیب این نتیجه حاصل شد که حدود ۶۲ درصد از حوزه، شیب بالای ۲۵ درصد دارد و همچنین حدود ۵۴ درصد از زمین لغزش ها در طبقه شیب ۵۵-۲۵ درصد رخ داده اند.



شکل ۱ - نقشه شیب حوزه شیرو

سنگ شناسی: نقشه سنگ شناسی حوزه (شکل ۲) با استفاده از نقشه ی زمین شناسی تهیه شد. از تلفیق لایه ی سنگ شناسی با لایه پراکنش زمین لغزش، این نتیجه حاصل شد که حدود ۹۰ درصد از زمین لغزشها در واحدهای سنگ شناسی متشکل از رس، سیلت و مارن رخ داده اند.

جهت شیب: نقشه جهت شیب حوزه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و امکانات نرم افزار الویس تهیه گردید (شکل ۳). پس از تلفیق لایه ی اطلاعاتی جهت شیب با نقشه پراکنش زمین لغزش ها، این نتیجه حاصل شد که حدود ۸۴ درصد از زمین لغزش ها در

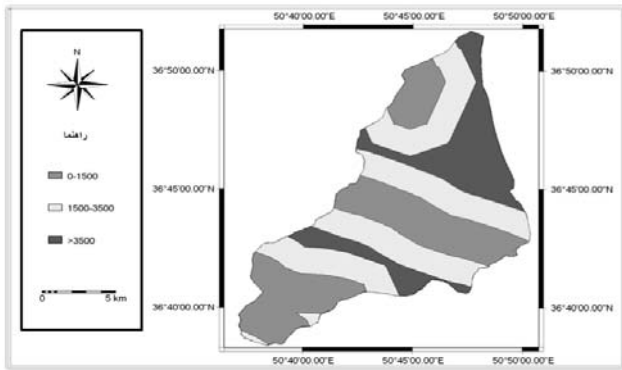
حوزه مورد مطالعه در حد فاصل طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه واقع شده است. وسعت حوزه حدود ۲۲۳۱۳ هکتار می باشد و در غرب شهرستان تنکابن در استان مازندران قرار دارد و حداکثر و حداقل ارتفاع حوزه از سطح دریا به ترتیب ۳۵۷۳ متر در ارتفاعات کوههای اسپید کوه و سرگل و ۲۴- متر در محل خروجی حوزه در روستای شیرو در قرار دارد. میانگین دوره ی بارش طی دوره ی ۲۰ ساله ۱۱۵۸ میلیمتر است. نوع اقلیم منطقه به روش دومارتون با ضریب خشکی $I=45/5$ ، بسیار مرطوب است. از نظر زمین شناسی بیشتر حوزه از سازندهای شمشک و روته (آهکی) و دارای سنگ شناسی رس، سیلت و مارن می باشد که خیلی حساس به زمین لغزش می باشند. حوزه مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژیکی دارای واحدهای مورفولوژی کوهستانی مرتعی، کوهستانی جنگلی و واحد جلگه ای می باشد. از مهمترین مراکز جمعیتی در حوزه مورد مطالعه می توان به روستاهای شیرو، سلیمان آباد، کوده، پلتان، چالکش، بالابند، نسیه گاه، سیب کلايه و دمرون اشاره کرد.

مواد

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه های توپوگرافی تنکابن، لیره سر و لاگترشان با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین شناسی قزوین- رشت با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، عکسهای هوایی با مقیاس های ۱:۲۰۰۰۰ سال ۷۳ و ۱:۴۰۰۰۰ سال ۸۰، تصاویر ماهواره ای ETM+ سال ۲۰۰۲ و GPS بود.

روش پژوهش

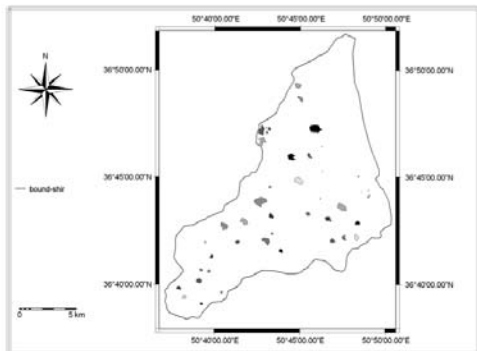
ابتدا اقدام به بررسی مبانی نظری مربوط به موضوع گردید. سپس با استناد به مرور منابع و سوابق پژوهشی مرتبط با موضوع [۱ و ۴] و مشورت با کارشناسان خبره جهت بررسی پدیده زمین لغزش، متغیرهای شیب، سنگ شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی و جهت دامنه ها انتخاب شدند. هر کدام از لایه های فوق در محیط سامانه های اطلاعات جغرافیایی رقومی گردیدند. متغیرهای شیب و جهت شیب با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه با خطوط تراز ۱۰۰ متری تهیه شده است. برای این منظور ابتدا خطوط میزان رسم شده رقومی و DEM یا مدل رقومی ارتفاعی ساخته شد. لایه اطلاعاتی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۲، لایه های سنگ شناسی و فاصله از گسل نیز با استفاده از نقشه زمین شناسی تهیه گردیدند و در پایان در قالب عملگرهای مختلف فازی مانند اشتراک فازی، ضرب جبری فازی، جمع جبری فازی، فازی گامای ۰/۳ و فازی گامای ۰/۸ تجزیه و تحلیل گردیدند.



شکل ۴- نقشه فاصله از گسل حوزه شیروود

۹۰ درصد از زمین لغزش‌ها در تشکیلات متشکل از رس، سیلت و مارن رخ داده‌اند) باشد.

پراکنش زمین لغزشها: جهت تهیه متغیر وابسته (پراکنش زمین لغزش‌ها) از عکسهای هوایی ۱۳۷۳ به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ و ۱۳۸۰ به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰۰ استفاده گردید. با توجه به این که حوزه مورد مطالعه دارای پوشش جنگلی انبوه می‌باشد، لذا، ثبت موقعیت زمین لغزشها طی چندین نوبت عملیات میدانی گسترده با استفاده از دستگاه تعیین موقعیت جهانی (GPS) انجام شد. شکل (۵)



شکل ۵- نقشه پراکنش زمین لغزشها

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوزه شیروود با استفاده از عملگرهای منطق فازی:

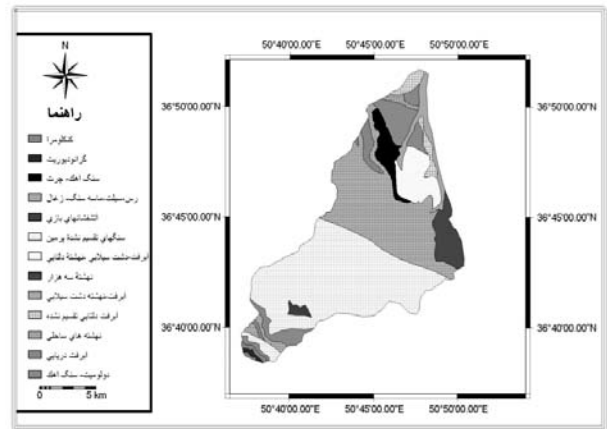
در هر مجموعه فازی مانند A وابستگی یک عضو (X) از مجموعه مرجع به آن، از طریق تابع عضویت آن بصورت رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$A = \{\mu_X A(x)\} \quad (1)$$

در این رابطه، X عضوی از مجموعه مرجع و $\mu_A(x)$ درجه وابستگی به مجموعه فازی A می‌باشد [۸].

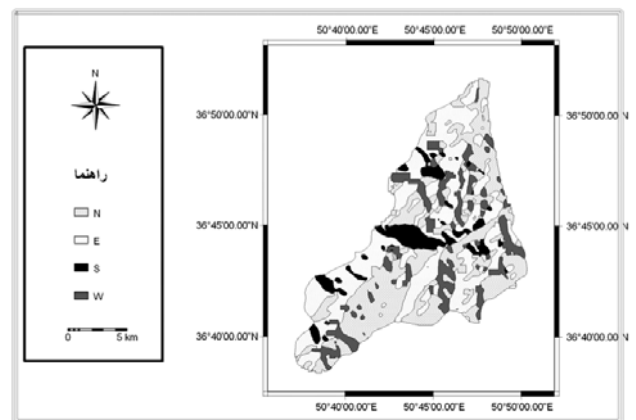
اشتراک فازی:

با توجه به اینکه در عملگر اشتراک فازی، اشتراک بین عوامل در



شکل ۲- نقشه سنگ شناسی حوزه آبخیز شیروود

جهت‌های شیب غربی و شمالی رخ داده‌اند. فاصله از گسل: جهت بررسی ارتباط زمین لغزش‌ها با عامل گسل، نقشه فاصله از گسل در فواصل مختلف تهیه (شکل ۴) و با نقشه‌ی پراکنش زمین لغزش‌ها انطباق داده شد. نتایج نشان داد که آستانه تاثیر گسلها اغلب تا شعاع ۳ کیلومتر (حدود ۷۸ درصد از زمین لغزش‌ها) می‌باشد.



شکل ۳- نقشه جهت شیب حوزه آبخیز شیروود

کاربری: جهت تهیه نقشه‌ی کاربری حوزه از داده‌های رقومی ماهواره‌ی لندست ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۲ استفاده گردیده است. بدین گونه که پس از زمین مرجع نمودن تصویر، از ترکیب باندهای ۱، ۴، ۷ اقدام به ساختن تصاویر رنگی مرکب گردید و باروش طبقه‌بندی حداکثر احتمال، لایه اطلاعاتی کاربری تهیه شد. توزیع انواع مختلف کاربری و ارتباط آنها با زمین لغزش‌ها نشان می‌دهد که حدود ۹۳ درصد از زمین لغزش‌ها در کاربریهای کشاورزی و جنگل رخ داده‌اند که درصد بالای لغزش در این کاربری‌ها می‌تواند ناشی از وسعت زیاد این کاربری‌ها (۸۸ درصد حوزه) و قرار گرفتن آنها بر روی تشکیلات شمشک و روته (حدود

جدول ۲- درصد و مساحت طبقات نقشه ی پهنه بندی زمین لغزش به روش ضرب جبری فازی

| لغزش (درصد) | مساحت لغزش (هکتار) | درصد طبقات | مساحت طبقه (هکتار) | طبقات پهنه بندی |
|-------------|--------------------|------------|--------------------|-----------------|
| ۶۶/۶۳ | ۳۲۳/۵۴ | ۸۷/۰۶ | ۱۹۴۲۵/۹۲ | خیلی کم |
| ۹/۶۳ | ۴۶/۷۵ | ۷/۹۳ | ۱۷۶۹/۵۹ | کم |
| ۱۱/۳۸ | ۵۵/۲۵ | ۲/۷۰ | ۶۰۲/۲۴ | متوسط |
| ۵/۷۲ | ۲۷/۷۵ | ۱/۲۷ | ۲۸۲/۴۶ | زیاد |
| ۶/۵۴ | ۳۱/۷۵ | ۱/۰۴ | ۲۳۲/۷۹ | خیلی زیاد |
| ۱۰۰ | ۴۸۵/۵۴ | ۱۰۰ | ۲۲۳۱۳ | جمع |

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 [۳].

جدول (۳): درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش عملگر جمع جبری فازی

| لغزش (درصد) | مساحت لغزش (هکتار) | درصد طبقات | مساحت طبقه (هکتار) | طبقات پهنه بندی |
|-------------|--------------------|------------|--------------------|-----------------|
| ۰ | ۰ | ۰/۰۸ | ۱۶/۸۵ | خیلی کم |
| ۰ | ۰ | ۰/۰۴ | ۷/۹۳ | کم |
| ۰ | ۰ | ۴/۸۳ | ۱۰۷۶/۷۲ | متوسط |
| ۰ | ۰ | ۶/۵۰ | ۱۴۴۹/۳۰ | زیاد |
| ۱۰۰ | ۴۸۵/۵۴ | ۸۸/۵۷ | ۱۹۷۶۲/۲۹ | خیلی زیاد |
| ۱۰۰ | ۴۸۵/۵۴ | ۱۰۰ | ۲۲۳۱۳ | جمع |

فازی گاما:

جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم فازی جمع، عملگر دیگری به نام فازی گاما معرفی شده است که حد فاصل بین این دو عملگر عمل می کند [۳] که بر پایه رابطه زیر استوار است [۷]:
رابطه ی (۳)

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

مدل وارد می گردد، در ابتدا، عاملهای موثر با استفاده از روند تغییرات هیستوگرام منحنی، طبقه بندی شده و طبقات عوامل بر اساس درصد لغزش رخ داده در هر طبقه، بین صفر و یک وزن دهی شدند. در مرحله بعد، نقشه های وزنی هر عامل را ساخته و از اشتراک آنها، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حاصل شده است. در نهایت از تلفیق نقشه حاصله با نقشه پراکنش زمین لغزشها، درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش اشتراک فازی بدست آمده است (جدول ۱).

جدول ۱- درصد و مساحت طبقات نقشه ی پهنه بندی زمین لغزش به روش اشتراک فازی

| لغزش (درصد) | مساحت لغزش (هکتار) | درصد طبقات | مساحت طبقه (هکتار) | طبقات پهنه بندی |
|-------------|--------------------|------------|--------------------|-----------------|
| ۸۳/۶۲ | ۴۰۶/۰۴ | ۹۷/۴۹ | ۲۱۷۵۳/۱۰ | کم |
| ۴/۹۴ | ۲۴ | ۰/۶۴ | ۱۴۳/۴۷ | متوسط |
| ۵/۴۵ | ۲۶/۵۰ | ۰/۸۳ | ۱۸۵/۵۲ | زیاد |
| ۵/۹۷ | ۲۹ | ۱/۰۳ | ۲۳۰/۸۷ | خیلی زیاد |

ضرب جبری فازی:

در ضرب جبری فازی تمامی عوامل وزنی مؤثر در وقوع زمین لغزش در هم ضرب شده و چون تمام وزن های داده شده به کلاسه های مختلف عوامل مؤثر بین اعداد ۰ و ۱ می باشند در نقشه ی حاصله اعداد کوچک شده و به سمت صفر میل می کنند. در حوزه ی آبخیز شیروود، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روابط حاکم بر این عملگر و طبقه بندی آن به پهنه های مختلف خطر با توجه به تغییرات منحنی هیستوگرام صورت گرفته است که نتایج حاصله در جدول ۲ آورده شده است.

جمع جبری فازی:

در جمع جبری فازی متمم ضرب متمم مجموعه ها محاسبه می شود (رابطه ۲). به همین دلیل در نقشه ی خروجی بر خلاف ضرب جبری فازی ارزش پیکسل ها به سمت یک میل می کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس دارای خطر قرار می گیرد [۲]. در حوزه مورد مطالعه، پس از تلفیق نقشه ی طبقه بندی شده بر اساس روابط حاکم بر عملگر جمع جبری فازی با نقشه پراکنش زمین لغزشها، درصد و مساحت طبقات مختلف نقشه پهنه بندی زمین لغزش (جدول ۳) بدست آمد.

(۲)

Fuzzy Algebraic Sum = 1 - ((1 - WS

Fuzzy) × (1 - WL Fuzzy) × (1 - WU

Fuzzy) × (1 - WF Fuzzy) × (1 - WAS Fuzzy))

جدول ۵- درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش فازی گامای ۰/۸

| لغزش (درصد) | مساحت لغزش (هکتار) | درصد طبقات | مساحت طبقه (هکتار) | طبقات پهنه بندی |
|-------------|--------------------|------------|--------------------|-----------------|
| ۰ | ۰ | ۸/۳۶ | ۱۸۶۵/۱۰ | خیلی کم |
| ۸/۱۸ | ۳۹/۷۱ | ۳۳/۱۹ | ۷۴۰۶/۳۴ | کم |
| ۱۸/۹۴ | ۹۱/۹۷ | ۲۲/۹۲ | ۵۱۱۴/۰۳ | متوسط |
| ۳۳/۴۹ | ۱۶۲/۶۲ | ۲۱/۲۴ | ۴۷۳۹/۵۲ | زیاد |
| ۳۹/۳۹ | ۱۹۱/۲۶ | ۱۴/۲۹ | ۳۱۸۸/۰۲ | خیلی زیاد |
| ۱۰۰ | ۴۸۵/۵۴ | ۱۰۰ | ۲۲۳۱۳ | جمع |

S: نسبت مساحت هر پهنه خطر به مساحت کل منطقه.

n: تعداد رده های خطر.

نتایج حاصل از اجرای این روش ارزیابی در حوزه شیروود به شرح جدول ۶ می باشد.

جدول ۶- نتایج حاصل از ارزیابی عملگرهای مختلف فازی در تعیین توانمندی زمین لغزش در حوزه آبخیز شیروود

| جمع جبری فازی | | گامای ۰/۳ | | گامای ۰/۸ | |
|---------------|--------|-----------|------|-----------|-------|
| لغزش | QS | لغزش | QS | لغزش | QS |
| ۰ | ۰/۰۰۰۷ | ۲۳۲/۵۴ | ۰/۰۹ | ۰ | ۰/۰۸۳ |
| ۰ | ۰/۰۰۰۳ | ۹۴/۵۰ | ۰/۰۲ | ۳۹/۷۱ | ۰/۱۹ |
| ۰ | ۰/۰۴ | ۹۸/۵۰ | ۰/۲۰ | ۹۱/۹۷ | ۰/۰۰۵ |
| ۰ | ۰/۰۶ | ۲۷/۷۵ | ۰/۱۳ | ۱۶۲/۶۲ | ۰/۰۸ |
| ۴۸۵/۵۴ | ۰/۰۲ | ۳۱/۷۵ | ۰/۳۰ | ۱۹۱/۲۶ | ۰/۴۹ |

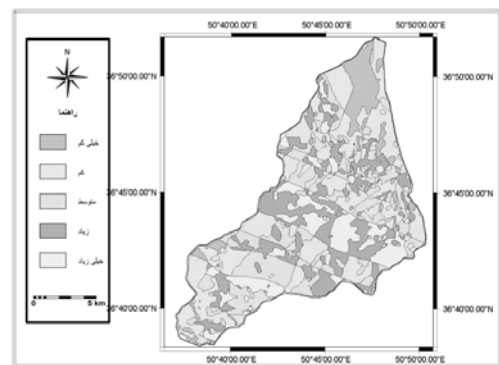
جدول ۶- نتایج حاصل از ارزیابی عملگرهای مختلف فازی در تعیین توانمندی زمین لغزش در حوزه آبخیز شیروود

| اشتراک فازی | | | ضرب جبری فازی | |
|-------------|--------|------|---------------|-------|
| طبقات | لغزش | QS | لغزش | QS |
| خیلی کم | - | - | ۳۲۳/۵۴ | ۰/۰۳ |
| کم | ۴۰۶/۰۴ | ۰/۰۳ | ۴۶/۷۵ | ۰/۰۰۴ |
| متوسط | ۲۴ | ۰/۲۸ | ۵۵/۲۵ | ۰/۲۲ |
| زیاد | ۲۶/۵۰ | ۰/۲۶ | ۲۷/۷۵ | ۰/۱۳ |
| خیلی زیاد | ۲۹ | ۰/۲۴ | ۳۱/۷۵ | ۰/۳۰ |

اگر $Y = 1$ باشد، نقشه ی خروجی همان نقشه حاصل از Sum Fuzzy خواهد بود و اگر $Y = 0$ باشد نقشه ی خروجی همان نقشه ی حاصل از Fuzzy Product خواهد بود. بنابراین محدوده ی تغییرات بین صفر و یک می باشد [۱۰]. در این پژوهش از فازی گامای ۰/۳ و ۰/۸ جهت پهنه بندی زمین لغزش در حوزه ی آبخیز شیروود استفاده گردیده است (شکل ۶) که نتایج حاصل از این دو عملگر در جداول ۴ و ۵ ارائه گردیده است.

ارزیابی عملگرها با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS):
ارزیابی عملگرهای مختلف فازی با استفاده از نمایه جمع کیفی (QS) بر اساس رابطه (۴) انجام گرفت [۴].

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



شکل ۶- نقشه ی پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰/۸

جدول ۴- درصد و مساحت طبقات نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش فازی گامای ۰/۳

| لغزش (درصد) | مساحت لغزش (هکتار) | درصد طبقات | مساحت طبقه (هکتار) | طبقات پهنه بندی |
|-------------|--------------------|------------|--------------------|-----------------|
| ۴۷/۸۹ | ۲۳۲/۵۴ | ۷۶/۱۰ | ۱۶۹۸۰/۳۶ | خیلی کم |
| ۱۹/۴۶ | ۹۴/۵۰ | ۱۳/۹۱ | ۳۱۰۴/۲۹ | کم |
| ۲۰/۲۸ | ۹۸/۵۰ | ۷/۶۸ | ۱۷۱۲/۸۰ | متوسط |
| ۵/۷۱ | ۲۷/۷۵ | ۱/۲۷ | ۲۸۲/۶۲ | زیاد |
| ۶/۵۳ | ۳۱/۷۵ | ۱/۰۴ | ۲۳۲/۹۲ | خیلی زیاد |
| ۱۰۰ | ۴۸۵/۵۴ | ۱۰۰ | ۲۲۳۱۳ | جمع |

که عامل های این رابطه به شرح ذیل می باشد:

D_i : نسبت مساحت لغزش در هر رده خطر به مساحت هر یک از پهنه های خطر به نسبت مساحت کل زمین لغزش به سطح کل حوزه مورد مطالعه.

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز شیروود با استفاده از عملگرهای منطق فازی و ارزیابی آنها با استفاده از نمایه جمع کیفی صورت گرفت. نتایج نشان می دهد که دقت پهنه بندی با بکارگیری عملگر اشتراک فازی به دلیل لحاظ شدن حداقل ارزش عضویت هر عامل در هر نقطه، همواره، کم و غیر قابل اعتماد است. به طوری که حدود ۹۷/۵ درصد از حوزه مورد مطالعه را در طبقه ی پهنه بندی دارای استعداد کم لغزش قرار داده است. در عملگر ضرب جبری فازی نیز به دلیل ضرب عوامل وزنی با یکدیگر اعداد به سمت صفر میل کرده و حدود ۷۶ درصد از زمین لغزش ها در طبقات خیلی کم و کم قرار می گیرد. در جمع جبری فازی، ارزش پیکسل ها به سمت یک میل نموده و دقت خیلی کمی در تعیین توانمندی مناطق لغزشی دارد و عرصه وسیعی به عنوان مکانهای دارای استعداد لغزش انتخاب می شود. (قرار گرفتن حدود ۹۵ درصد از حوزه در طبقات خطر زیاد و خیلی زیاد).

با در نظر گرفتن اختلاف فاحش بین نتیجه استفاده از عملگرهای جمع جبری فازی با ضرب فازی و به منظور دستیابی به نتیجه ی مناسب تر و جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم جمع جبری فازی، از فازی گاما که حد فاصل بین این دو عملگر می باشد استفاده شده است. این تحقیق نشان می دهد که در عملگر فازی گامای ۰/۸، در طبقه خیلی کم پهنه بندی هیچگونه لغزشی مشاهده نمی شود و حدود ۷۳ درصد از زمین لغزشها نیز در طبقات دارای زیاد و خیلی زیاد قرار می گیرند. ارزیابی عملگرهای مختلف مدل فازی با استفاده از نمایه جمع کیفی نیز نشان داد که مدل فازی گامای ۰/۸ مناسب ترین مدل در تعیین توانمندی زمین لغزش در حوزه ی آبخیز شیروود به شمار می رود. نتیجه بدست آمده با نتایج غیومیان و همکاران [۵] در منطقه رودبار گیلان و شادفر [۴] در حوزه چالکروود در استان مازندران مطابقت دارد.

منابع

- ۱- احمدی، ح. و محمدخان، ش. ۱۳۸۱. بررسی برخی از عوامل حرکتی توده ای، مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره ۴، صفحه ۴۴۴-۴۴۵.
- ۲- حامدپناه، ر. ۱۳۷۹. بررسی مکان مناسب پخش سیلاب با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوزه طغرود قم. پایان نامه کارشناسی ارشد، مرکز پژوهش های کویری و بیابانی، دانشگاه تهران، ۱۲۶ صفحه.
- ۳- سلطانی، م. ۱۳۸۱. ارزیابی اراضی به منظور مکان یابی مناطق مستعد اجرای عملیات پخش سیلاب در محیط GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیر، ۹۷ صفحه.
- ۴- شادفر، ص. ۱۳۸۴. ارزیابی تحلیلی مدل های کمی

زمین لغزش به منظور دستیابی به مدلی مناسب برای حوزه آبخیز چالکروود. پایان نامه دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ۲۲۵ صفحه.

۵- غیومیان، ج. فاطمی عقدا، م. اشقلی فراهانی، ع. و تشنه لب، م. ۱۳۸۱. پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از روش تصمیم گیری چند مشخصه فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار گیلان). پژوهش و سازندگی، شماره ۵۶ و ۵۷، صفحه ۸۰-۶۷.

۶- فاطمی عقدا، م. غیومیان، ج. و اشقلی فراهانی، ع. ۱۳۸۲. ارزیابی کارایی روش های آماری در تعیین توانمندی خطر زمین لغزش. فصلنامه ی علمی-پژوهشی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سال یازدهم، شماره ی ۴۸-۴۷، صفحه ۴۷-۲۸.

۷- قدوسی، ج. ۱۳۸۲. مدل سازی مورفولوژی فرسایش خندقی و پهنه بندی خطر آن (مطالعه ی موردی در آبخیز زنجان رود). پایان نامه ی دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۳۲۶ صفحه.

۸- مهدویفر، م. و فاطمی عقدا، م. ۱۳۷۶. کاربرد تحلیل مجموعه های فازی در پهنه بندی خطر زمین لغزش و شرح سامانه کامپیوتری تهیه شده. مجموعه مقالات دومین سمینار زمین لغزه و کاهش خسارتهای آن، انتشارات موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، جلد اول.

9- Murat, E. and Candan, G. 2003. Use of fuzzy relation to produce landslide susceptibility map of a landslide pron area (west black sea region, turkey), engineering geology, vol 75, pp 24.

10- Graeme, F. and Bonham, C. 1996. Geographic information system for Geoscientists (mode ling for GIS), Pergamon publication, USA, Chate

11- Juang, C.H, X.H, Huang, R.D, Holtz, and Chen,J.W. 1996. Determining of relative density of sands from CPT using fuzzy sets. Journal of Geotechnical Engineering 122(1), 1- 16.

12- Lee, D.H. and Juang, C.H. 1992. Evaluation of failure potential in mudstone slopes using fuzzy sets. ASCE Geotechnical Special Publication 31, Stability and Performance of Slopes and Embankment-II, vol.2, pp.1137-1151.

13- Sabuya, F, M. G. Alves and Pinto, W. D. 2006. Assessment of failure susceptibility of soil slopes sing fuzzy logic, Engineering Geology, pp14.