بررسی کارایی مدل پهنه بندی خطر زمین لغزش فاکتور اطمینان(CF)[1] مطالعه موردی حوزه آبخیز معلم کلایه

مسعود بهشتی راد*
دانش آموخته دکتری واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
سادات فیض نیا
استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
علی سلاجقه
دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
حسن احمدی
استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

زمین لغزش ها از خطرات طبیعی به شما می روند که خسارات جانی و مالی فراوانی را به همراه دارند. شناسایی مناطق حساس به خطر زمین لغزش یکی از اقدامات اساسی در مدیریت منابع طبیعی و کاهش این خطرات است. مدل های مختلفی جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش بر اساس شرایط محیطی و اهداف ارائه شده است. حوزه آبخیز معلم کلایه با مساحت ۷۲۳/۴ کیلومتر مربع یکی از مناطق لغزه خیز ایران است. با تفسیر عکسهای هوایی و بازدیدهای صحرایی نقشه پراکنش زمین‌لغزشها در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ در این آبخیز تهیه گردید. ۴۴۸ مورد ناپایداری با ۲۳۲/۴۴ کیلومتر مربع مساحت که معادل ۳۱/۸۱ درصد سطح حوضه شناسایی گردید. ۵۰ مورد حرکت توده‌ای بصورت تصادفی انتخاب و با بررسی آنها عوامل ۹ گانه، زمین‌شناسی، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، فاصله از راه، فاصله از رودخانه و آبراهه، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی و طبقات بارش بعنوان عوامل موثر شناسایی و لایه‌های اطلاعاتی آنها تهیه گردید. بخشی از حوضه با خصوصیات مشابه کل حوزه آبخیز معلم کلایه بعنوان شاهد جدا گردید. لایه‌های اطلاعاتی عوامل ۹گانه حوضه اصلی با نقشه پراکنش زمین‌لغزشهای حوضه اصلی در محیط نرم افزار Arc-GIS قطع داده شد و پس از محاسبه CF عوامل ۹گانه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای حوضه اصلی و شاهد تهیه شد. ارزیابی مدل با دو روش ضریب همبستگی و روند توزیع کلاسهای خطر انجام گرفت. نتایج تحقیق نشان داد مدل فاکتور اطمینان برای حوزه آبخیز معلم کلایه مناسب می‌باشد.

واژگان کلیدی: زمین‌لغزش، پهنه‌بندی، GIS، خطر، CF

[1]-Certainty Factor

* نویسنده مسئول
Masood_kn@yahoo.com

مقدمه

زمین لغزش ها از پدیده های طبیعی به شمار می روند که پس از زلزله و سیل بیشترین خسارت را به انسان وارد می کند. بطوریکه سالانه میلیاردها تن خاک و سنگ بر اثر این پدیده جابجا می شوند. رشد سریع جمعیت و گسترش شهرها در نواحی کوهستانی ضرورت پهنه بندی خطر زمین لغزش را آشکار می سازند (کورکی نژاد، ۱۳۸۴). زمین لغزشهایی که طی یک سری زلزله در سال ۱۹۲۰ در ایالت کانسو چین رخ داد، موجب مرگ بیش از ۱۰۰,۰۰۰ نفرگردیده است (توماس، ۱۹۹۱). زمین لغزش ها هر ساله موجب خسارت های سنگینی می گردند که بعضاً جبران این خسارت ها ممکن نیست و یا نیاز به صرف وقت و هزینه بسیار زیاد دارد. لذا برنامه ریزی برای جلوگیری از این خسارت ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است و موجب جلوگیری از هدر رفتن بسیاری از منابع ملی می گردد(شریعت جعفری،۱۳۷۵). با پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش ها می توان مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر را شناسایی نمود و با ارائه راه‌حلها، شیوه های کنترل و مدیریت مناسب تا حدی از وقوع زمین لغزش‌ها جلوگیری و یا خسارت ناشی از وقوع آنها کاست (احمدی، ۱۳۸۲ وکورکی نژاد، ۲۰۰۶).

لان و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از مدل فاکتور اطمینان و براساس ارزیابی عوامل لیتولوژی، شیب، جهت شیب، ارتفاع و فاصله از گسل نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش را در آبخیز ژیائو جنگ چین را تهیه و تاکید و بر کارایی مدل نموده اند. پژم (۱۳۷۵) حوزه آبخیز الموت را با در نظر گرفتن عوامل زمین شناسی، شیب، جهت شیب، شتاب گرفتن زمین و ارتفاع در قالب مدل رگرسیون چند متغیره خطر زمین لغزش را پهنه بندی نموده است. کورکی نژاد (۲۰۰۷) با استفاده از دو مدل تجربی حائری ـ سمیعی و مورا ـ وارسون اقدام به پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز سیاه رودبار نموده و با مقایسه این نقشه ها با نقشه ی پراکنش زمین لغزش های منطقه نتیجه گرفته است که مدل حائری ـ سمیعی کارایی مناسبی دارد.

حوزه آبخیز معلم کلایه در استان قزوین یکی از مناطق مستعد خطر زمین لغزش در ایران می باشد. دارا بودن شرایط محیطی مساعد از جمله دامنه های پر شیب ارتفاع زیاد وجود سازندهای حساس، حضور گسل های عمیق و بارندگی بالا منطقه سبب عدم تعادل محیطی این منطقه در نتیجه تشدید کننده زمین لغزش ها می باشد بطوریکه حدود ۳۲ درصد منطقه در حال حاضر لغزش می باشد.

هدف اصلی این تحقیق پهنه بندی خطر وقوع حرکتهای توده ای با مدل فاکتور اطمینان (CF) برای اولین بار در کشور می باشد که می تواند به پیش بینی و مدیریت خطر زمین لغزشها در متن برنامه های آمایش سرزمین کاربرد گسترده ای داشته باشد.

مواد روش ها

خصوصیات کلی منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز معلم کلایه در شمال شرقی شهرستان قزوین و بین ´۲۲، °۵۰ تا ´۵۳، °۵۰ درجه طول شرقی و ´۱۷، °۳۶ تا ´۳۳، °۳۶ درجه شمالی واقع گردیده است. مساحت این حوزه آبخیز ۷۲۳/۴ کیلومتر مربع حداقل ارتفاع ۱۰۸۰، حداکثر ارتفاع ۴۱۲۳ و ارتفاع متوسط وزنی ۲۵۰۴ متر است. شیب متوسط حوزه ۱۱/۳۵ درصد، متوسط بارندگی سالانه ۳۹۹/۸ میلی متر، متوسط دبی سالانه ۹/۵۴ متر مکعب در ثانیه و تیپ اقلیم آن در روش آمبرژه نیم مرطوب سرد است(شرکت مهندسین مشاور شرق آیند،۱۳۸۲). عمده ترین تشکیلات سنگ شناسی شامل

سنگهای آندزیت، داسیت، سنگهای آتشفشانی، سنگهای با تناوب آهک و دولومیت، ماسه سنگ، شیل، سیلتسنگ و گلسنگ، ریولیت، لاوای بازالتی و آندزیتی، رسوبات یخچالی و تراس های آبرفتی می باشد(درویش زاده، ۱۳۷۱). کاربری اراضی اصل حوزه آبخیز معلم کلایه مراتع می باشد(شرکت مهندسین مشاور شرق آیند،۱۳۸۲).

در این تحقیق پهنه بندی خطر زمین لغزش ها با مدل فاکتور اطمینان در سطح تفصیلی و مقیاس ۵۰۰۰۰: ۱ در حوزه آبخیز معلم کلایه واقع در استان قزوین انجام گرفته است. مدل CF از بین مدل های آنالیز GIS جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. ولی با این وجود این مدل تا بحال در کشور ایران مورد استفاده قرار نگرفته است و اولین باری است که در این تحقیق بکار گرفته می شود. مدل CF یکی از توابع مناسب جهت حل مسئله تلفیق لایه های مختلف می باشد (لان، ۲۰۰۴ و لی،۲۰۰۷). در این مدل بعد از در نظر گرفتن عوامل موثر در وقوع زمین لغزش لایه های مربوط به این عوامل در محیط Arc-GIS با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها قطع داده می شود و مقادیر CF برای هر لایه براساس مدل محاسبه و نقشه آن تهیه می‌گردد. لایه های تهیه شده دو به دو براساس معادله های تلفیق استاندارد مدل با یکدیگر تلفیق تا CF نهایی تعیین و کلاسهای خطر مشخص گردند(هکرمن، ۱۹۸۶).

$$CF = \begin{cases} \dfrac{ppa - pps}{ppa.(1 - pps)} & if \quad ppa > pps \\ \dfrac{ppa - pps}{pps.(1 - ppa)} & if \quad ppa < pps \end{cases}$$

ppa: مساحت لغزش های وقوع یافته در کلاس a

pps: مساحت کل لغزش های در منطقه مورد مطالعه

دامنه تغییرات CF ۱- و ۱ می باشد که مقادیر مثبت باعث افزایش در وقوع زمین لغزش می گردد و مقادیر منفی باعث کاهش وقوع زمین لغزش می گردد.

جهت مطالعه، شناسایی و ارزیابی خطر زمین لغزش ها در حوزه آبخیز معلم کلایه با تفسیر استریوسکوپی ۵۴ قطعه عکس هوایی (سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰) محدوده تمامی زمین لغزش های موجود مشخص گردید. سپس طی عملیات میدانی لغزش های تشخیصی از روی عکس های هوایی بازدیده شده و از زمین لغزش های مهم منطقه عکس تهیه شد در مرحله بعد عکس های هوایی در محیط نرم افزار Arc-GIS زمین مرجع شدند و نقشه پراکنش زمین لغزش حوزه تهیه گردید.

در مدلهای آماری برای ارزیابی نقشه های پهنه بندی خطر، این نقشه ها با نقشه پراکنش لغزش های منطقه مقایسه می گردند. این در حالی است که جهت نقشه پهنه بندی خطر وزن دهی لایه های اطلاعاتی براساس نقشه پراکنش زمین لغزش ها صورت می گیرد. بر این اساس در تمامی مدل های آماری صحت نقشه های پهنه بندی شده تایید می گردد. برای رفع این معضل یک زیر حوزه معرف از کل حوزه اصلی جدا گردید(حوضه شاهد) و پهنه بندی خطر با مدل CF در مساحت باقی مانده از حوزه انجام گرفت(حوضه اصلی). چنانچه نقشه پهنه بندی خطر برای زیر حوزه معرف براساس وزن لایه های قسمت اصلی آبخیز بدون در نظر گرفتن نقشه پراکنش زمین لغزش های زیر حوزه معرف تهیه گردد، این نقشه (نقشه پهنه بندی خطر زیر حوزه معرف) درصورتیکه با نقشه پراکنش زمین لغزش های زیر حوزه معرف تقاطع یابد و نمودار درصد سطحی لغزش ها از کلاس های بی خطر به سمت کلاسهای خطر زیاد دارای یک روند صعودی باشد

صحت نقشه پهنه بندی خطر تهیه شده برای کل آبخیز را تائید می کند (فیض نیا و همکاران ۱۳۸۳، میرصانعی ۱۳۸۲ و گی، ۱۹۹۲). همچنین اگر همبستگی معنی داری بین امتیازهای مدل CF و مساحت لغزش در هر واحد کاری در حوزه معلم کلایه وجود داشته باشد صحت نقشه خطر پهنه بندی شده تائید می گردد (گرایی ۱۳۸۶ و کورکی نژاد، ۲۰۰۷).

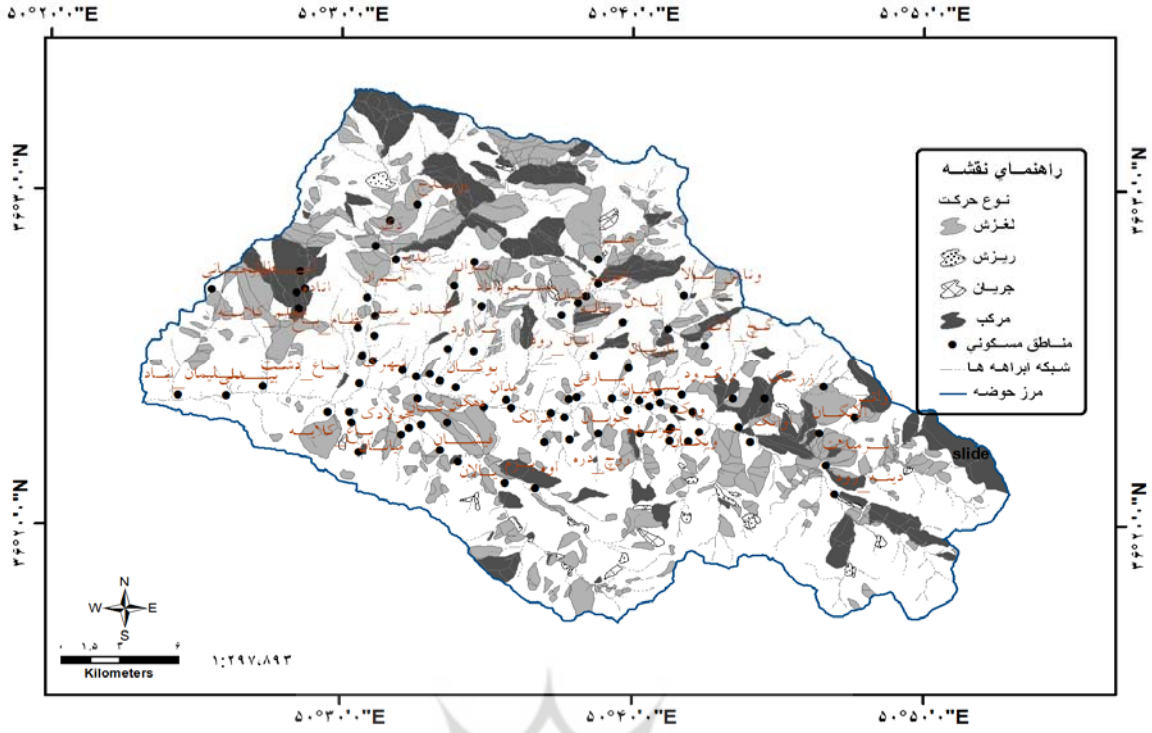
تفاوت اصلی مدل فاکتور اطمینان با مدل های دو متغیره در نحوه ی تلفیق نقشه ها است. بدین ترتیب ابتدا نقشه ها کلاسه بندی شده، سپس با استفاده معادله کلی مدل مقدار CF هر واحد کاری محاسبه می گردد. نقشه‌ها دو به دو براساس معادلات استاندارد تلفیق مدل، تلفیق می گردند. برای تلفیق دو نقشه یکی X و دیگری Y در نظر گرفته می شود. نقشه تلفیقی این دو دوباره بعنوان X در نظر گرفته شده و نقشه سوم Y است. دوباره دو نقشه X و Y جدید براساس معادلات استاندارد مدل، تلفیق می گردند. به این ترتیب، تا آخرین نقشه این تلفیق انجام می گیرد و CF نهایی محاسبه می شود که مقدار آن بین ۱- و ۱ می باشد. چنانچه دو لایه ای که می خواهیم با هم تلفیق شوند X و Y باشند از معادلات استاندارد تلفیق زیر استفاده می شود (بینفی و همکاران ۱۹۸۸ و لان و همکاران ۲۰۰۴).

$$Z=\begin{cases} x+y-xy & x,y\geq 0 \\ \dfrac{x+y}{1-\min(|x|,|y|)} & x, \text{ مختلف العلامه} \\ x+y+xy & x,y<0 \end{cases}$$

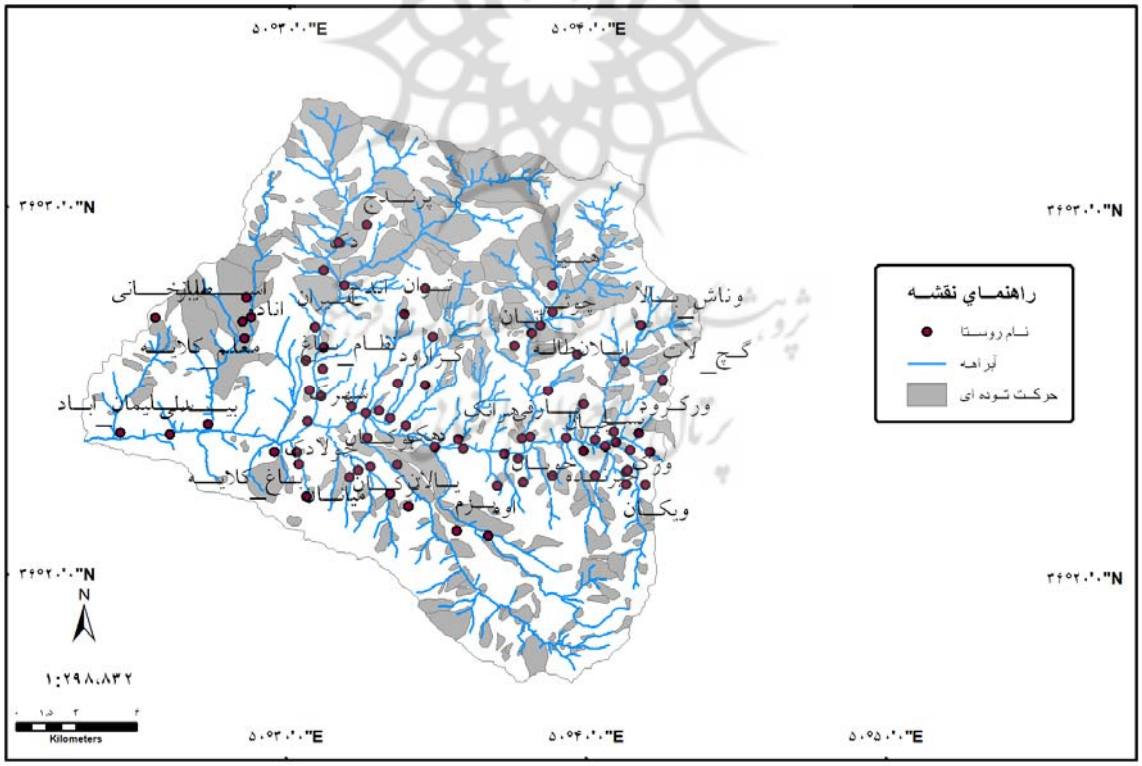
جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل CF در حوزه آبخیز معلم کلایه ۵۰ مورد لغزش بصورت تصادفی انتخاب و با بررسی آنها نه عامل زمین شناسی، میزان شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی، میزان بارش و فاصله از گسل، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده بعنوان عوامل موثر انتخاب گردیدند. سپس نقشه هر یک از این عوامل با نقشه پراکنش زمین لغزش ها در محیط Arc-GIS قطع داده شد. مساحت، درصد سطحی زمین لغزش و مقدار CF در هر واحد محاسبه و نقشه ها دو به دو با یکدیگر تلفیق و نقشه پهنه بندی خطر برای حوزه اصلی تهیه شد. وزنهای بدست آمده حوزه اصلی در حوزه شاهد لحاظ شدند و نقشه پهنه بندی خطر حوزه شاهد بدون در نظر گرفتن نقشه پراکنش لغزشهای شاهد تهیه شد.

نتایج

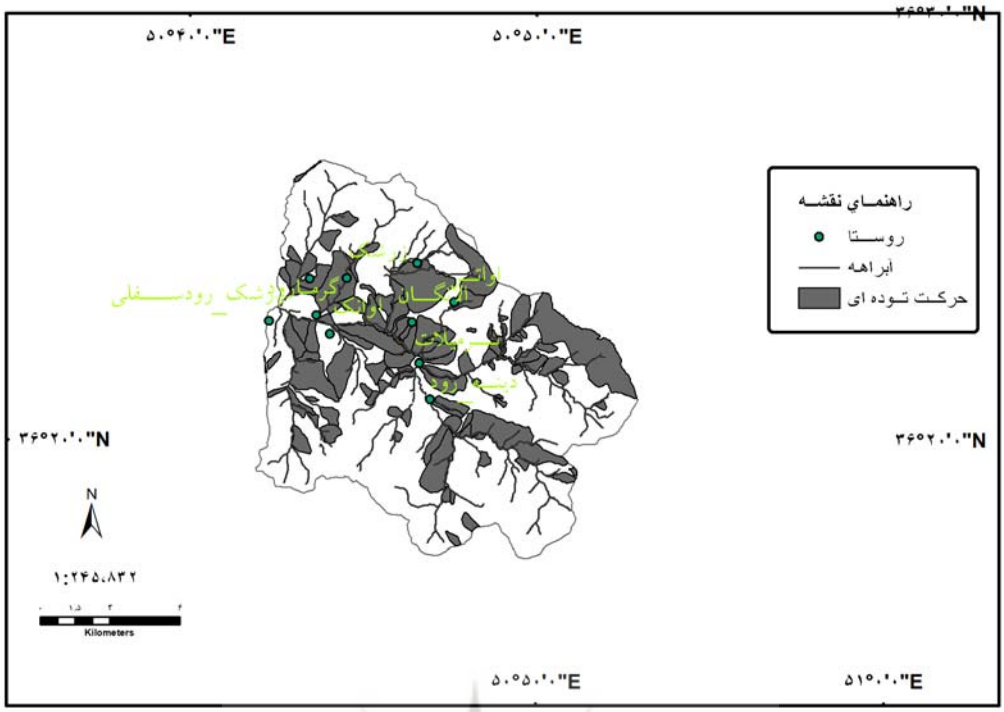
نقشه پراکنش زمین لغزشها: براساس مشاهدات زمینی و تفسیر استریوسکپی ۴۴۸ مورد حرکت توده ای در حوزه شناسایی و نقشه بندی گردید. ۳۲۹ مورد آن لغزش با ۱۳۶۵۴/۶۲ هکتار مساحت، ۲۱ مورد ریزش با ۴۳۲/۱۹ هکتار مساحت، ۱۳ مورد جریان با ۳۰۴/۹۴ هکتار مساحت و ۸۵ مورد مرکب با ۸۸۵۲/۲۶ هکتار مساحت می باشد. کل سطح لغزش حوزه ۳۱/۸۱ درصد می باشد (شکل ۱). همچنین نقشه پراکنش حرکتهای توده ای برای حوزه اصلی و حوزه شاهد تهیه شد (شکل ۲ و ۳).



شکل ۱- نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوزه آبخیز معلم کلایه

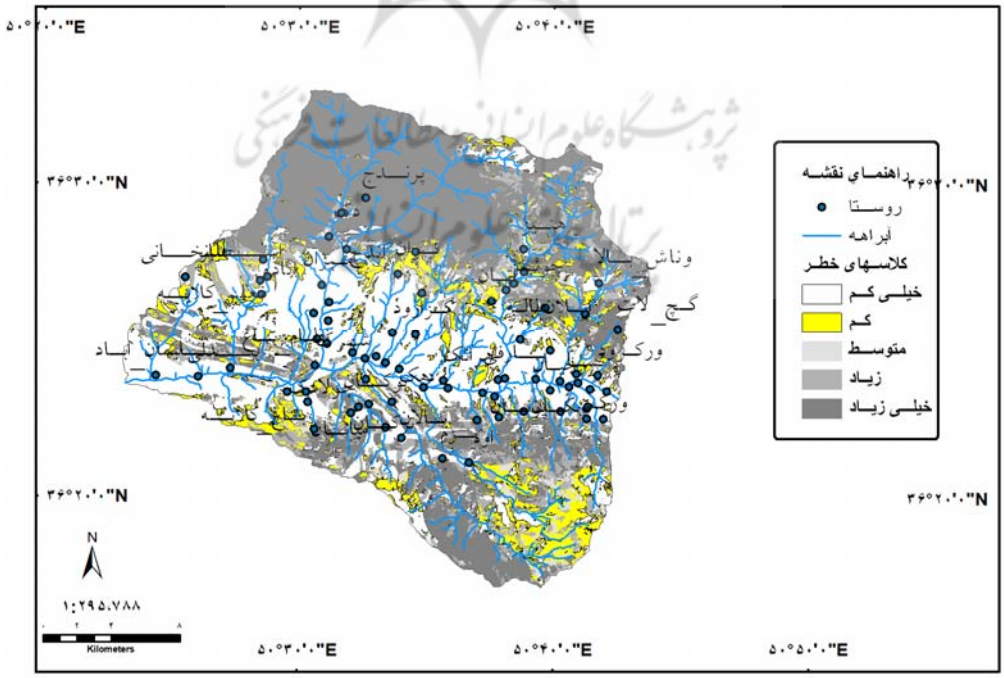


شکل ۲- نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوضه اصلی



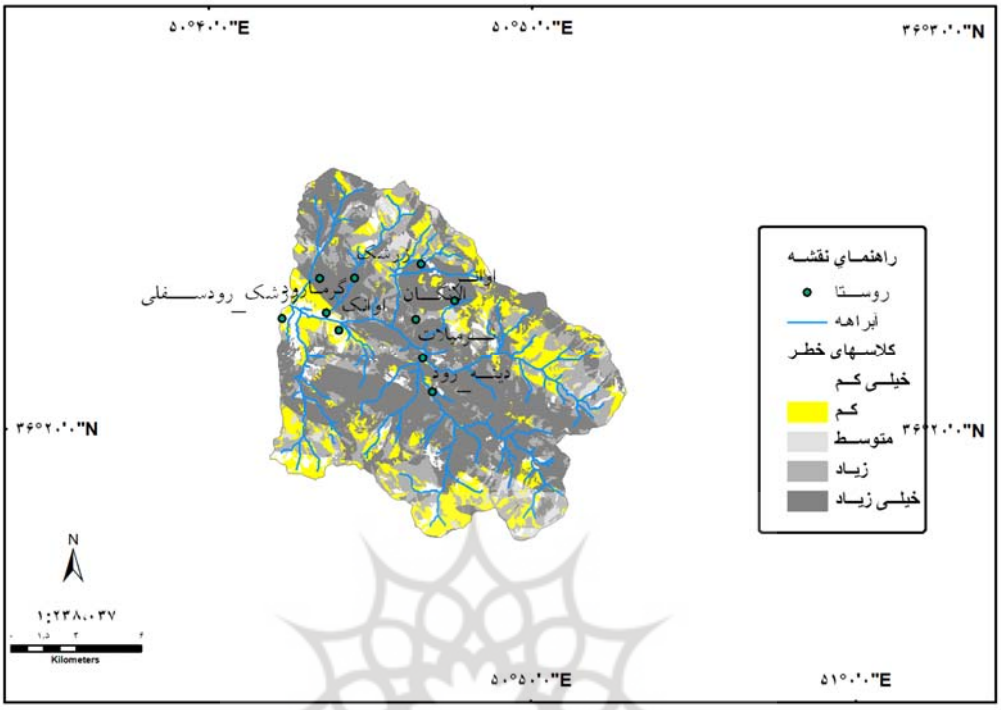
شکل ۳- نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوضه شاهد

پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل فاکتور اطمینان برای حوزه اصلی: مقادیر CF برای لایه های عوامل زمین شناسی، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، طبقات ارتفاعی، واحدهای کاربری اراضی، طبقات بارش، فاصله از آبراهه و فاصله از راه محاسبه گردید و نقشه پهنه بندی خطر مدل CF حاصل از تلفیق دو به دو لایه ها با یکدیگر براساس معادله های استاندارد مدل ارائه گردید (شکل ۴).



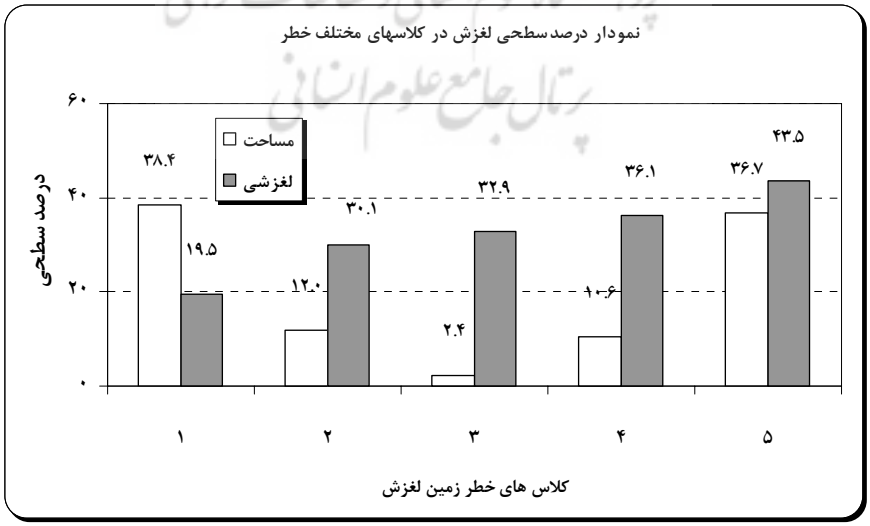
شکل ۴- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل CF برای حوضه اصلی

پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل فاکتور اطمینان برای حوزه شاهد: مقادیر CF محاسبه شده در حوزه اصلی برای حوزه شاهد بدون در نظر گرفتن نقشه پراکنش زمین لغزش های حوزه شاهد لحاظ شد و لایه ها دو به دو با هم تلفیق شدند و نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل CF حوزه شاهد تهیه شد (شکل ۵).

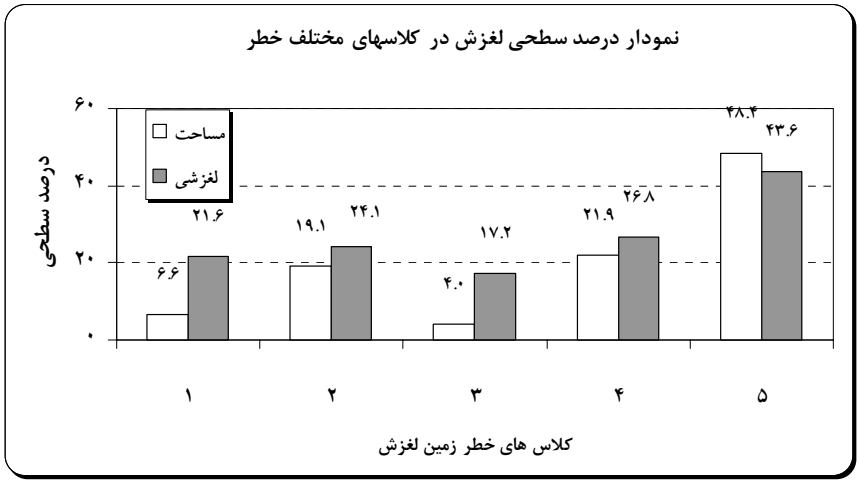


شکل ۵- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل CF برای حوضه شاهد

ارزیابی مدل CF با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی مدل براساس نمودار توزیع فراوانی کلاسهای خطر که روند صعودی دارد در اشکال ۶ و ۷ ارائه شده است. همچنین جهت کارایی مدل از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید. نتایج حاصله نشان داد که بین اعداد خطر مدل CF با مقادیر آماری زمین لغزشهای موجود (مساحت زمین لغزش) در حوزه اصلی و شاهد ارتباط همبستگی معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. (جداول ۱و۲).



شکل ۶- نمودار توزیع کلاسهای خطر مدل CF برای حوضه اصلی



شکل ۷- نمودار توزیع کلاسهای خطر مدل CF برای حوضه شاهد

جدول ۱: همبستگی پیرسون بین امتیازهای مدل CF و مساحت لغزش در هر واحد کاری در حوضه اصلی

مساحت لغزش	مدل
۰/۲۸۵**	**CF**
۶۸۷۸۴	تعداد داده

**: در سطح یک درصد معنی دار است.

جدول ۱: همبستگی پیرسون بین امتیازهای مدل CF و مساحت لغزش در هر واحد کاری در حوضه شاهد

مساحت لغزش	مدل
/۲۸۰**	**CF**
۱۵۵۵۱	تعداد داده

**: در سطح یک درصد معنی دار است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق مشخص گردید که نقشه کلاسهای خطر مدل CF هم در حوزه اصلی و هم در حوزه شاهد دارای روند صعودی می باشد همچنین بین اعداد خطر مدل CF مساحت زمین لغزشها ارتباط و همبستگی معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد که مبین کارایی مناسب این مدل در حوزه آبخیز معلم کلایه می‌باشد که با نتایج بینقی و همکاران (۱۹۹۸) و لان و همکاران (۲۰۰۴) همسویی دارد.

از محاسن مدل CF این است که در تعیین امتیاز عوامل از نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها استفاده می‌گردد و عوامل موثر برای همه مناطق ثابت نیستند و از منطقه ای به منطقه دیگر می تواند تغییر کنند و امتیاز آنها نیز می‌تواند تغییر کند. همچنین در مدل CF لایه ها براساس جمع جبری ساده با یکدیگر تلفیق نمی گردند.با توجه به کارایی مناسب این مدل توصیه می شود در سایر مناطق ایران کارایی این مدل آزمون گردد.

با توجه به منطقه مورد مطالعه در مجموع دارای پتانسیل زیادی برای وقوع زمین لغزش است و این لغزش ها هر ساله خسارات زیادی به جاده، مناطق مسکونی، زمینهای کشاورزی و دیگر منابع موجود در منطقه وارد می کند (برای مثال

زمین لغزش توان که در سال ۱۳۸۶ خسارات زیادی به روستای توان وارد نمود). عوامل زمین شناسی، خصوصیات ژئومورفولوژیکی، شبکه آبراهه ها غیرقابل تغییر بوده و تنها راه جلوگیری از خسارات آنها دوری از این مناطق و عدم تحریک این مناطق است. عوامل جاده و کاربری اراضی قابلیت بیشتری برای مدیریت داشته و با احداث جاده براساس شرایط منطقه و جلوگیری از احداث جاده های غیراصولی و کاربری مناسب در این مناطق، می‌توان از تحریک و افزایش حرکات در این گونه مناطق جلوگیری نمود.

منابع:

۱. احمدی، حسن، اباذر، اسماعیلی، سادات، فیض نیا و محسن شریعت جعفری (۱۳۸۲): پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده ای استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴. ص ۳۳۶ـ۳۲۳.

۲. پژم، محمودرضا (۱۳۷۵): بررسی و ارائه مدل جهت پهنه بندی خطر حرکتهای توده ای در حوزه آبخیز معلم کلایه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۳. درویش زاده، علی، (۱۳۷۱): زمین شناسی ایران، نشر دانش امروز.

۴. شریعت جعفری، محسن (۱۳۷۵): زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیب های طبیعی)، انتشارات سازه.

۵. شرکت مهندسی مشاور شرق آیند (۱۳۸۲): طرح مطالعات جامع استان قزوین.

۶. فیض نیا، سادات، عطاالله، کلارستاقی و حسن احمدی (۱۳۸۳): بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزشها و پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین رود ـ سد تجن)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱، ص: ۲۰-۳.

۷. کورکی نژاد، مسعود، مجید، اونق و عادل سپهری (۱۳۸۴): پهنه بندی خطر زمین لغزش در آبخیز سیاه رودبار ـ گرگان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره سوم مرداد و شهریور، ص:۹۹-۹۱.

۸. گرایی، پرویز (۱۳۸۶): بررسی حرکتهای توده ای به منظور ارائه مدل منطقه‌ای پهنه بندی خطر در حوزه آبخیز لاجیم رود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

۹. میر صانعی، رضا (۱۳۸۲): ارزیابی و کاربرد نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ با استفاده از GIS (مطالعه موردی تهران)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم، ۱۲۰ صفحه.

10. Binaghi, E., and et al., (1998): Slope instability zonation: a comparison between certainty factor and fuzzy dempster- shafer approaches, Natural Hazards, 17. 77-97.
11. Gee, M. D., (1992): Classification of landslide hazard zonation methods and a test of predictive capability, Landslides, Bell(ed.), Balkema, Rotterdam, Pp. 947-952.
12. Heckerman, D., (1986): Probabilistic interpretation on MYCINs Certainty factors, In: Kanal, L. N., Lemmer, J. F. (Eds), uncertainty in Artificial Intelligence, Elsevier, New. York, PP. 298-311.
13. Koorkinejad, M., (2006): Investigating effective factors in occurrence of landslides, proceeding of the International symposium 4-7 september 2006, Ghent, Belgium, pp 79-86.
14. Koorkinejad, M., (2007): The applicability of mora-vahrson landslides hazard zonation model in the Ciaroodbar watershed, Iran, Proceeding of the EGU General Assembly, (2007): Vienna, 15-20 April, Austria, pp 602-603.
15. Lan, H. X., Zhou, C.H., Wang. L.J., Zhang, H. Y., and Li, R. H., (2004): Landslide Hazard Spatial Analysis and Prediction Using GIS in the Xiaojing Watershed, Yunnan, China, Engineering Geology,76, 109-128.

16. Lee, S., (2007): Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology, 52. 615-623.
17. Thomas, T., (1991): Slop stabilization by new ground anchorage systems in rocks and soils, Slope Stability Engineering, 335-340.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی