پهنه بندی خطر حرکات توده ای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی حوضه آبریز سد کرج)

مریم ایلانلو*
دانشجوی دکتری تخصصی (P.hd) دانشگاه آزاد واحد علوم وتحقیقات
ابراهیم مقیمی
دانشیار دانشگاه تهران
محمدرضا ثروتی
دانشیار دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

این مقاله با هدف شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد پدیده زمین لغزش، مشخص کردن مناطق دارای پتانسیل و پهنه بندی زمین لغزش در حوضه آبخیز سد کرج به روش سلسله مراتبی صورت گرفته است. ابتدا مهمترین عوامل موثر در وقوع زمین لغزشهای رخ داده در منطقه بررسی، سپس نقشهٔ پراکنش زمین لغزش با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی به مقیاسهای ۱:۵۰۰۰۰ مربوط به سال های ۱۳۳۶ و 1382 به بعد و بررسی تصاویر ماهواره ای و انجام عملیات میدانی با استفاده از GPS انجام گردید. درمرحلهٔ بعد با بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی AHP عوامل مورد بررسی به صورت زوجی مقایسه و وزن هر یک از عوامل که مبین میزان تأثیر آنها است محاسبه و در نهایتا اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با حساسیتهای مختلف تهیه گردید. نتایج نشان داد اکثر زمین لغزشهای وقوع یافته در این حوضه، در پهنه بسیار حساس که توسط مدل پیشنهادی مشخص شده بود، قرار گرفته اند.

واژگان کلیدی: حرکات توده ای، مدل سازی ،پهنه بندی ،مدل تحلیل سلسله مراتبی، حوضه آبخیز سد کرج.

مقدمه

آهنگ رو به رشد توسعه و عمران شهری و روستایی همراه با نتایج ارزنده در بهبود وضعیت ساکنین کرهٔ زمین موجب بروز برخی ناهنجاریهای طبیعی نیزگردیده است.حرکات توده ای و به طور اخص زمین لغزش ها در زمرهٔ پرخسارتترین آنها است که همگام با دستکاری بشر در سیستمهای طبیعی در دههٔ اخیر شتاب فزایندها ی یافته است از آنجا که پیشبینی زمان رخداد زمین لغزشها از توان علم ودانش فعلی بشر خارج می باشد، لذا با شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش و رتبه بند ی کردن آن میتوان تا حدودی از خطرناشی از بروز زمین لغزش جلوگیری نمود .این موضوع در مبحث آبخیزدا ری با توجه به هدف آن در اجرای مدیریت جامع منابع طبیعی موجود در حوضه آبخیز و

* نویسنده مسئول maryamilanloo@gamil.com

استفاده بهینه از آنها مد نظر بوده و مورد بررسی قرار می گیرد. شناسایی عوامل موثر بر زمین لغزش[1] و پهنه بندی خطر آن جهت مشخص نمودن مناطق مستعد و پر خطر ابزار اساسی بررسی و کمک به برنامه ریزان جهت برنامه ریزی واقدامات موردنیاز است.این در حالی است که شناسایی و طبقه بندی نواحی مستعد حرکات توده ای و پهنه بند ی خطر آن گامی مهم در ارزیابی خطرات محیطی جهت برنامه ریزی در کنترل بلایای طبیعی نیز بشمار می رود که نقش غیر قابل انکاری را در مدیریت حوضه های آبخیز ایفا می نماید.

سابقه مطالعات و پژوهش در مورد مدل سازی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای و زمین لغزه ها در کشورهای توسعه یافته به دهه ۶۰ میلادی باز می گردد. علیرغم سابقه طولانی این عرصه از پژوهش در کشورهای توسعه یافته، در کشور ما مطالعات انجام شده در این زمینه جوان بوده و شروع جدی انها عمدتا به اوایل دهه ۸۰-۱۳۷۰ باز می گردد. از جمله آنها کارهای انجام شده در زمینه مدل سازی وپهنه بندی خطر زمین لغزش در کشور می توان مطالعات حافظی مقدس (۱۳۷۲)، حق شناس (۱۳۷۴) مهدوی فر (۱۳۷۶،ایزانلو (۱۳۷۷)، کرم(۱۳۸۰) ،محمد خان (۱۳۸۰) و احمدی (۱۳۸۲)و شادفر (۱۳۸۴) عبادی نژاد (۱۳۸۶) را نام برد.

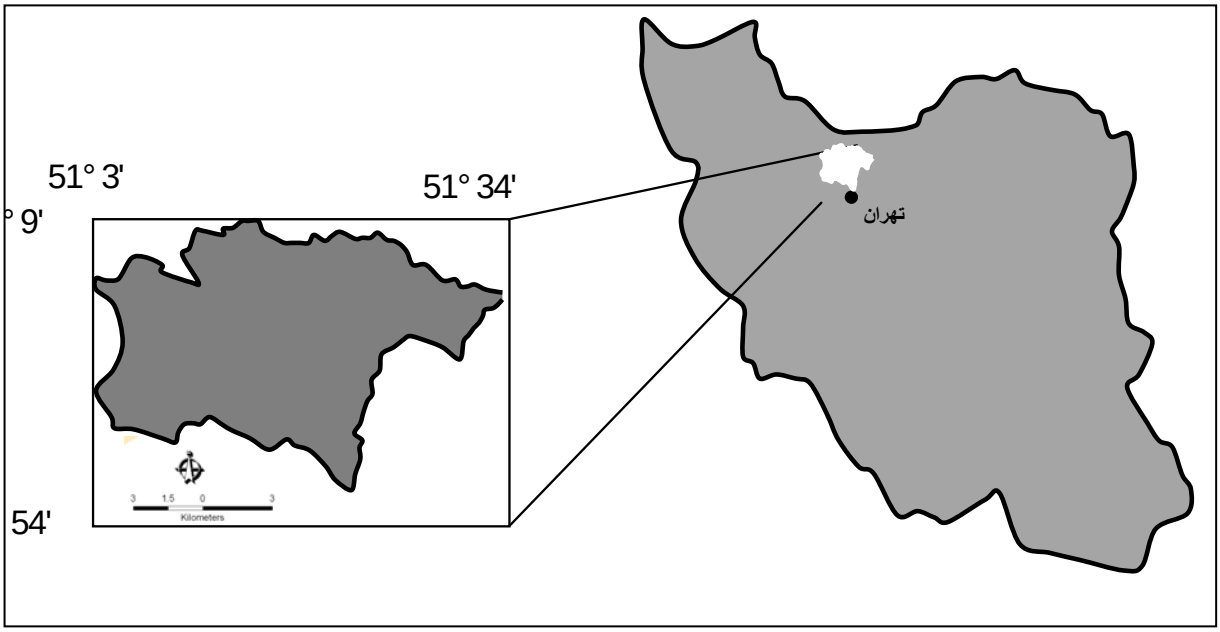
پهنه بندی خطر حرکت های توده ای وزمین لغزش ،سطح زمین را به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل یا بالقوه خطر از هیچ یا بسیار کم تا بسیار زیاد تقسیم می کند .این فرایند که بر مبنای شناخت ویژگی های طبیعی و مدل سازی کمی بر پایه داده های ناحیه مورد مطالعه صورت می گیرد، می تواند مبنایی برای اقدامات بعدی و برنامه ریزی های آتی توسعه وعمران در مقیاس منطقه ای ،ناحیه ای ومحلی محسوب گردد.

با توجه به اهمیت مسایل مرتبط با زمین لغزه ها و پدیده های حرکات توده ای درسطح کشور ومنطقه آبخیز کرج، هدف اصلی این پژوهش تدوین یک مدل کمی برای پیش بینی خطر بالقوه لغزش در ناحیه مورد مطالعه است تابتوان بر اساس آن استعداد بالقوه خطر زمین لغزش را بر مبنای درجات مختلفی چون کم، متوسط و خیلی زیاد پهنه بندی نمود .پهنه بندی مذکور می تواند بنیانی برای سایر برنامه ریزی ها و نحوه استفاده از زمین باشد.

معرفی محدوده مورد مطالعه

برای مدل سازی و پهنه بندی خطر بالقوه زمین لغزش در بخش از ارتفاعات البرز مرکزی حوضه آبخیز سد کرج، بخشی از رودخانه کرج انتخاب شده است. این حوضه در مختصات جغرافیائی ۳۵ درجه و ۵۴ دقیقه تا۳۶ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی، در بخش شمال غرب استان تهران وقرار دارد و از نظر سیاسی بین شهرستانهای چالوس، نوشهر و تهران واقع شده است. مساحت حوضه آبخیز سد کرج ۷۶۴ کیلومتر مربع می باشد. این حوضه یک منطقه کاملا کوهستانی می باشد که حداکثر ارتفاع به۴۷۴۷ وحداقل ارتفاع به ۱۶۷۶ متر می رسد.بخشی از جاده مهم کرج – چالوس که استان تهران را به استان مازندران متصل می کند از میان این حوضه می گذرد. ساختار اقتصادی – اجتماعی حوضه، روستایی است و مراتع ومنابع طبیعی آن در طول سال مورد استفاده روستائیان قرار می گیرد.

[1] landslide



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

ابزار و مواد پژوهش

در این پژوهش از نقشه های مبنایی ودیگر اطلاعات مختلف مربوط به حوضه شامل نقشه های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ حوضه مورد مطالعه، نقشه زمین شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ ناحیه، عکس های هوایی با مقیاس تقریبی ۱:۵۰۰۰۰ سال ۱۳۳۴،۱۳۸۰ منطقه، داده های رقومی تصاویر سنجنده لندست (TM) در هفت باند مربوط به سال ۲۰۰۲ و اطلاعات اقلیمی ایستگاههای موجود در منطقه استفاده شده است.در بررسی حاضر برای ورود و ذخیره سازی اطلاعات، تحلیل ها وپهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] استفاده شده است. در روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم ها ابتدا با وزن دهی به تک تک عوامل موثر در نظر گرفته شده برای پهنه بندی و سپس امتیاز دهی به هر کدام از کلاس های مربوط به هر یک از عوامل،ضرایبی به دست می آورد که بر اساس آنها مدل نهایی را ارائه می نماید.

بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش های حوضه آبخیز سد کرج

معمول ترین روش بررسی عوامل موثر استفاده از پرسشنامه و مرفومتری زمین لغزش های موجود در داخل حوزه با استفاده از کارهای زمینی می باشد که برای حوضه آبریز سد امیرکبیر صورت گرفته است. در کارهای زمینی توجه به مواردی از قبیل موقعیت زمین لغزش ها، ساختار سنگ شناسی ،شیب دامنه و وعواملی مثل جاده سازی، وجود آبراهه ورودخانه، ارتفاع منطقه، جهت دامنه و .... الزامی بوده و کارشناس مربوطه می تواند با بررسی این عوامل تا حدودی و کارشناس مربوطه می تواند با بررسی این عوامل تا حدودی به عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ها پی ببرد.

اولویت بندی عوامل موثر

با توجه به متفاوت بودن درجه اهمیت عوامل موثر در ایجاد زمین لغزش ها ، شناسایی و اولویت بندی درست عوامل الزامی است که بخشی از این کار بوسیله پرسشنامه صورت می گیرد وبخش دیگر با مقایسه تک تک هر کدام از عوامل

[1] - GIS

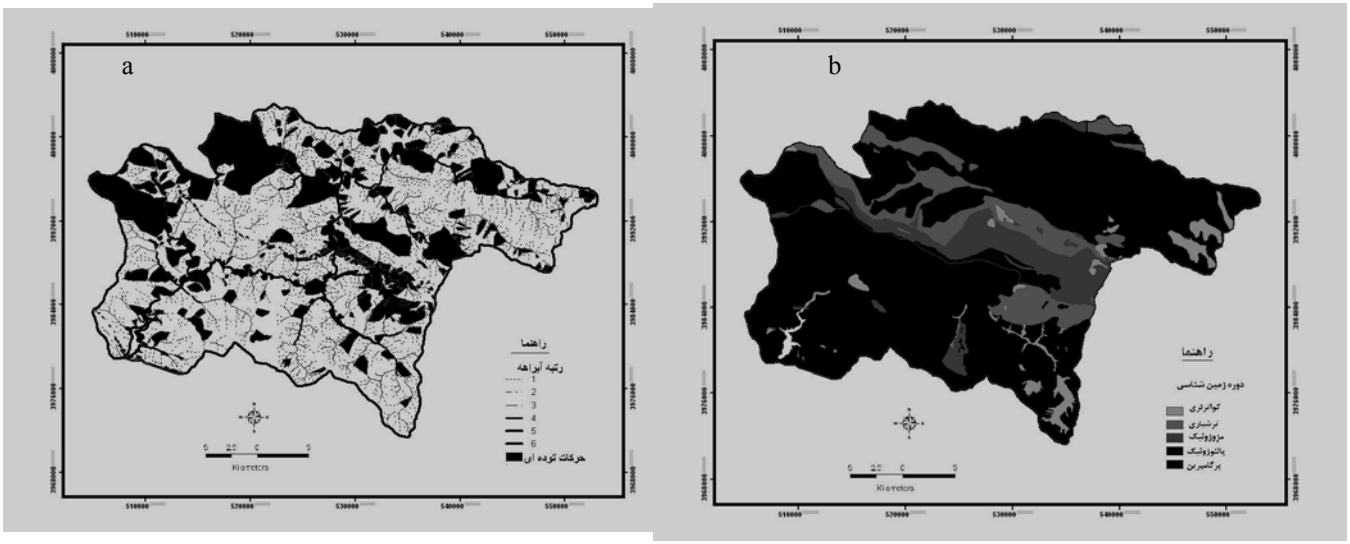
با یکدیگر انجام می گیرد .بنابراین با در نظر گرفتن پارامترهای مانند درصد سطح لغزش یافته مربوط به هر کلاس عوامل و نحوه پراکنش زمین لغزش های هرکلاس (پراکنده یا مجتمع)و با توجه به کارهای صحرایی ، مهم ترین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش های حوضه آبخیزسد کرج به ترتیب اولویت به صورت زیر شناسایی شدند.۱. سنگ شناسی، ۲- رودخانه ، ۳- شیب، ۴- - کاربری اراضی، ۵- جاده ۶- بارش ۷- ارتفاع، ۸– جهت دامنه، ۹- گسل، ۱۰- چشمه ها ۱۱- مناطق مسکونی

جدول ۱- درخت سلسله مراتبی حوضه آبریز سد کرج

عامل	معیار	زیر معیار
زمین شناسی	سنگ شناسی	1- دولومیت، سیلت سنگ، ماسه سنگ ،شیل۲ سنگ آهک، شیل ،مارن، ماسه سنگ ۳- سنگ آهک و دولومیت۴- شیل – کنگلومرا – توف آگلومرا و آذار اواری۵- نهشته های سطحی کواترنر
	گسل	۲۰۰>، ۴۰۰-۲۰۰، ۶۰۰-۴۰۰ ، ۸۰۰-۶۰۰، ۸۰۰<
توپوگرافی	شیب	۰-۱۵ ،۱۵-۳۰ ، ۳۰- ۴۰، ۴۰-۵۰ ، ۵۰-۱۰۰
	ارتفاع	۱۶۷۶-۲۲۰۹ ، ۲۲۰۹- ۲۷۴۲ ، ۲۷۴۲-۳۲۷۵ ، ۳۲۷۵-۴۳۴۷
	جهت دامنه	شمال ، شرق، جنوب ، غرب
هیدرولوژی	رودخانه	۲۰۰>، ۴۰۰-۲۰۰، ۶۰۰-۴۰۰ ، ۸۰۰-۶۰۰، ۸۰۰<
	چشمه	۰-۵۰۰ ، ۵۰۰-۱۰۰۰ ، ۱۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۳۰۰۰، ۳۰۰۰<
کاربری اراضی	پوشش گیاهی	فاقد پوشش گیاهی، مرتع ،جنگل، زراعت ،مجتمع های باغداری
	جاده	۲۰۰>، ۴۰۰-۲۰۰، ۶۰۰-۴۰۰ ، ۸۰۰-۶۰۰، ۸۰۰<
	مناطق مسکونی	۲۰۰>، ۴۰۰-۲۰۰، ۶۰۰-۴۰۰، ۸۰۰-۶۰۰، ۸۰۰<
اقلیم	بارش	۵۳۰>، ۶۲۰-۵۳۰ ، ۷۰۰-۶۲۰ ، ۸۰۰ -۷۰۰، ۸۸۰-۸۰۰
	برف ویخبندان	ارتفاع کمتر از ۲۸۰۰ متر -ارتفاع بیش از ۲۸۰۰ متر

تهیه نقشه پراکنش زمین لغزشها

با تفسیر عکس های هوایی، مناطق مستعد زمین لغزش شناسایی قرار گرفتند و مناطقی را که مرفولژی انها زمین لغزش را نشان می دادد علامت گذاری شدند تا در منطقه مورد بازبینی قرار گیرند.برای تعیین موقعیت دقیق هر کدام از زمین لغز شها وتهیه نقشه پراکنش آنها از دستگاه GPS استفاده شد که در نهایت پس از تهیه نقشه پراکنش زمین لغزشها، این نقشه با استفاده از امکانات GISرقومی شده و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید تا در تعیین عوامل موثر در وقوع زمین لغزشها برای تلفیق با نقشه های دیگر آماده باشد.



شکل ۲- a پراکندگی حرکات توده ای در منطقه مورد مطالعه **b: پراکندگی سازندهای زمین شناسی**

تهیه نقشه های عوامل موثر

نقشه های مربوط به ۱۲ عامل موثر که قبلا به آنها اشاره شد توسط امکانات GIS تهیه شده و به منظور ایجاد واحدهای همگن وکمی کردن عوامل با توجه به قابلیت های مربوط به هر نقشه به چند کلاس طبقه بندی شدند، که در برگیرنده نقشه های زیر می باشند. ۱- سنگ شناسی، ۲-شیب،۳-رودخانه ،۴-جاده ،۵- بارش سالانه،۶- پوشش گیاهی ،۷-ارتفاع، ۸-جهت دامنه ،۹-گسل، ۱۰- اثر ذوب برف ویخبندان،۱۱-چشمه ها ۱۲ .مناطق مسکونی

در این تحلیل سلسله مراتبی[1] یا AHP ابتدا به منظور تعیین ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوتهای شفاهی (نظر کارشناسی) استفاده می شود. به طوری که تصمیم گیرنده ار جحیت یک عامل را نسبت به عامل دیگر به به صورت شکل (۱) در نظر گرفته و این قضاوتها را به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل می نماید و واضح است که محدوده اعداد کمی شده صرفا بر اساس نظر کارشناسی بوده ومتخصص مربوطه می تواند محدوده اعداد کمی را بصورت تجربی وبا بررسی کارهای مشابه تعیین نماید که در اینجا مقادیر کمی ۱ الی ۹ در نظر گرفته شده است.پس از تشکیل جدول فوق به منظور انجام عمل پهنه بندی به ترتیب مراحل زیر انجام می شود :

در ابتدا به مقایسه زوجی عوامل مختلف و تعیین میزان ارجحیت عوامل مختلف نسبت به یکدیگرجدولی به صورت زیر تشکیل گردید:

[1] - anlytical Hierarchy Process

جدول شماره ۲ :(a)ماتریس و مقدار عددی مربوط به هر یک از عوامل۵ گانه(b) ۱۲ معیار مؤثر در زمین لغزشهای حادث شده در حوضهٔ آبخیز سد کرج

a

	زمین شناسی	توپوگرافیکی	هیدرولوژی	کاربری اراضی	اقلیمی
زمین شناسی	۱	۲	۳	۴	۵
توپوگرافیکی	۱,۲	۱	۲	۳	۴
هیدرولوژی	۱,۳	۱,۲	۱	۳	۴
کاربری اراضی	۱,۴	۱,۳	۱,۲	۱	۲
اقلیمی	۱,۵	۱,۴	۱,۴	۱,۲	۱
مجموع	۲,۲۸	۴,۰۸	۶,۷۵	۱۱,۵	۱۶

b

	سنگ شناسی	رودخانه	شیب	پوشش گیاهی	جاده	گسل	بارش	جهت دامنه	ارتفاع	اثر ذوب برف	چشمه	روستاها
سنگ شناسی	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۶	۶	۸	۹
فاصله ازرودخانه	۱,۲	۱	۲	۳	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۷	۹
شیب	۱,۲	۱,۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۵	۵	۶	۸
پوشش گیاهی	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۵	۸
فاصله ازجاده	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱,۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۷
فاصله ازگسل	۱,۴	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱,۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۶
بارش	۱,۴	۱,۴	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱,۲	۱	۲	۲	۳	۴	۵
جهت دامنه	۱,۵	۱,۴	۱,۴	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱,۲	۱	۲	۲	۳	۵
ارتفاع	۱,۶	۱,۵	۱,۵	۱,۴	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱,۲	۱	۲	۳	۴
اثر ذوب برف	۱,۶	۱,۶	۱,۵	۱,۵	۱,۴	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱,۲	۱	۲	۳
فاصله ازچشمه	۱,۸	۱,۷	۱,۶	۱,۵	۱,۴	۱,۴	۱,۴	۱,۳	۱,۳	۱,۲	۱	۳
فاصله ازروستا	۱,۹	۱,۹	۱,۸	۱,۸	۱,۷	۱,۶	۱,۵	۱,۵	۱,۴	۱,۳	۱,۳	۱
جمع	۳,۸۰۵	۵,۶۰۱	۷,۵۹۵	۱۱,۴۳۵	۱۳,۳	۱۷,۰۷	۲۰,۷۸	۲۶,۵۸	۳۲,۰۸	۳۷,۸۳	۴۷,۳۳	۶۸

منبع : احمدی وهمکاران

حال برای محاسبه وزن هر گزینه از ماتریس مقایسه زوجی استفاده می کنیم.این روش به این صورت است که ابتدا مقادیر هر یک از ستونها را با هم جمع می کنیم (که در جدول 2a.b این کار صورت گرفته است) و سپس مقادیر هر عنصر از ماتریس را به جمع کل ستونهای همان عنصر تقسیم کرده و در مرحله آخر متوسط عناصر در هر سطر به دست می آوریم.

بنابراین اولویت هر کدام از عوامل بر اساس مقادیر وزن دریافتی در مورد خطر زمین لغزش ها در منطقه مورد مطالعه بد ست می آید.

بعد از تشکیل جدول ماتریسی به تقسیم بندی عوامل به کلاسه های مختلف با الهام از تغییرات ناگهانی این عوامل در ذات طبیعی خود می باشد. مثلا اگر بخواهیم نقشه ارتفاع را کلاسه بندی کیم بهتر است تغییرات توپوگرافی منطقه را از نظر ارتفاع در نظر گرفت که این تغییرات را می توان از طریق رسم منحنی های تجمعی بین مقادیر این عوامل در مقابل فراوانی پیکسلهای مربوط به آنها مشخص کرد.

به این ترتیب، با توجه به مشخص شدن طبقه یا کلاس های مربوط به هر یک از عوامل، ارزش یا مقدار کمی وزن هر یک از کلاسهای مربوط به هر یک از عوامل، با استفاده از تعیین سطح تحت اشغال زمین لغزشهای رخداده شده در هر کلاس به صورت درصد مساحت دارای لغزش به مساحت کل منطقه مورد مطالعه، بین صفر تا ۱۰۰ مشخص و تعیین شده است .دراین رابطه برای طبقه یا کلاس هر یک از عوامل که دارای بیشترین سطح زمین لغزش است ارزش یا امتیاز ۱۰۰ و برای طبقه یا کلاسهای فاقد زمین لغزش امتیاز صفر داد ه می شود .بدیهی است برای کلاسهای واقع بین دارای حداکثر زمین لغزش و فاقد زمین لغزش با توجه به مقادیر درصد سطح لغزش اقدام به محاسبه و مشخص کردن امتیاز ذیربط می شود .

به این ترتیب چنانچه امتیاز در یک پهنه هر چه به امتیاز ۱۰۰ می کند به مفهوم حساسیت بیشتر، پتانسیل زیادتر، یا منطقه پر خطرتر به رخداد زمین لغزش بوده و بر عکس هر چه به سمت صفر میل کند به مفهوم منطقه فاقد حساسیت، فاقد پتانسیل و یا فاقد خطر رخداد زمین لغزش می باشد. رابطه مورد استفاده که به طور معمول برای تعیین شدت یا پتانسیل و یا خطر رخداد پدید ه مورد نظر در تحلیل سلسله مراتبی مورد استفاده قرار می گیرد مبتنی بر حاصل جمع نتایج و حاصل از حاصلضرب وزن هر یک از عوامل در امتیاز مربوط به هر یک از کلاس های ذیربط هرعامل است که بین صفر تا ۱۰۰ تغییر می کند .به این ترتیب با مشخص شدن امتیاز نهائی اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی خطر رخداد پدیده مورد نظرمی شود که در تحقیق حاضر نیز بر این اساس اقدام شده است.

جدول ۳ :(a)ماتریس و مقادیر میانگین حسابی محاسبه شده ضریب وزن هر یک از عوامل۵ گانه و (b) ۱۲ معیار مؤثر در رخداد زمین لغزش در آبخیز سد کرج

a

عامل	زمین شناسی	توپوگرافیکی	هیدرولوژی	کاربری اراضی	اقلیمی	متوسط
زمین شناسی	۰,۴۳۸	۰,۴۹۰	۰,۴۴۴	۰,۳۴۷	۰,۳۱۲	۰,۴۰۶
توپوگرافیکی	۰,۲۱۹	۰,۲۴۵	۰,۲۹۶	۰,۲۶۰	۰,۲۵۰	۰,۲۵۴
هیدرولوژی	۰,۱۴۴	۰,۱۲۲	۰,۱۴۸	۰,۲۶۰	۰,۲۵۰	۰,۲۳۴
کاربری اراضی	۰,۱۰۹	۰,۰۸۰	۰,۰۷۴	۰,۰۸۶	۰,۱۲۵	۰,۱۱۹
اقلیمی	۰,۰۸۷	۰,۰۶۱	۰,۰۳۷	۰,۰۴۳	۰,۰۶۲	۰,۰۸۲

b

عامل	سنگ شناسی	رودخانه	شیب	پوشش گیاهی	جاده	گسل	بارش	جهت دامنه	ارتفاع	اثر ذوب برف	چشمه	روستاها	متوسط
سنگ شناسی	۰,۲۶۲	۰,۳۵۷	۰,۲۶۳	۰,۲۶۲	۰,۲۲۵	۰,۲۳۴	۰,۱۹۲	۰,۱۸۸	۰,۱۸۷	۰,۱۵۸	۰,۱۶۹	۰,۱۳۲	۰,۲۱۹
رودخانه	۰,۱۳۱	۰,۱۷۸	۰,۲۶۳	۰,۲۶۲	۰,۲۲۵	۰,۱۷۵	۰,۱۹۲	۰,۱۵۰	۰,۱۵۵	۰,۱۳۲	۰,۱۴۷	۰,۱۳۲	۰,۱۷۸
شیب	۰,۱۳۱	۰,۰۸۹	۰,۱۳۱	۰,۱۷۴	۰,۱۵۰	۰,۱۷۵	۰,۱۴۴	۰,۱۵۰	۰,۱۵۵	۰,۱۳۲	۰,۱۲۶	۰,۱۱۷	۰,۱۳۹
پوشش گیاهی	۰,۰۸۶	۰,۰۵۸	۰,۰۶۵	۰,۰۸۷	۰,۱۵۰	۰,۱۱۷	۰,۱۴۴	۰,۱۱۲	۰,۱۲۴	۰,۱۰۵	۰,۱۰۵	۰,۱۱۷	۰,۱۰۵
جاده	۰,۰۸۶	۰,۰۵۸	۰,۰۶۵	۰,۰۴۳	۰,۰۷۵	۰,۱۱۷	۰,۰۹۶	۰,۱۱۲	۰,۰۹۳	۰,۱۰۵	۰,۰۸۴	۰,۱۰۲	۰,۰۸۶
گسل	۰,۰۶۵	۰,۰۵۸	۰,۰۴۳	۰,۰۴۳	۰,۰۳۷	۰,۰۵۸	۰,۰۹۶	۰,۰۷۵	۰,۰۹۳	۰,۰۷۹	۰,۰۸۴	۰,۰۸۸	۰,۰۶۴
بارش	۰,۰۶۵	۰,۰۴۴	۰,۰۴۳	۰,۰۲۸	۰,۰۳۷	۰,۰۲۹	۰,۰۴۸	۰,۰۷۵	۰,۰۶۲	۰,۰۷۹	۰,۰۸۴	۰,۰۷۳	۰,۰۵۵
جهت دامنه	۰,۰۵۲	۰,۰۴۴	۰,۰۳۲	۰,۰۲۸	۰,۰۲۴	۰,۰۲۹	۰,۰۲۴	۰,۰۳۷	۰,۰۶۲	۰,۰۵۲	۰,۰۶۳	۰,۰۷۳	۰,۰۴۳
ارتفاع	۰,۰۴۲	۰,۰۳۵	۰,۰۲۶	۰,۰۲۱	۰,۰۲۴	۰,۰۱۹	۰,۰۲۴	۰,۰۱۸	۰,۰۳۱	۰,۰۵۲	۰,۰۶۳	۰,۰۵۸	۰,۰۳۴
اثر ذوب برف	۰,۰۴۲	۰,۰۳۵	۰,۰۲۶	۰,۰۱۷	۰,۰۱۵	۰,۰۱۹	۰,۰۱۵	۰,۰۱۸	۰,۰۱۵	۰,۰۲۶	۰,۰۴۲	۰,۰۴۸	۰,۰۲۶
چشمه	۰,۰۳۲	۰,۰۲۸	۰,۰۲۱	۰,۰۱۷	۰,۰۱۵	۰,۰۱۴	۰,۰۱۲	۰,۰۱۲	۰,۰۱۰	۰,۰۱۳	۰,۰۲۱	۰,۰۴۸	۰,۰۲۰
روستا	۰,۰۲۹	۰,۰۲۲	۰,۰۱۶	۰,۰۰۱	۰,۰۱۰	۰,۰۰۹	۰,۰۰۹	۰,۰۳۷	۰,۰۰۷	۰,۰۰۸	۰,۰۰۶	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴

منبع : احمدی و همکاران

نتایج :

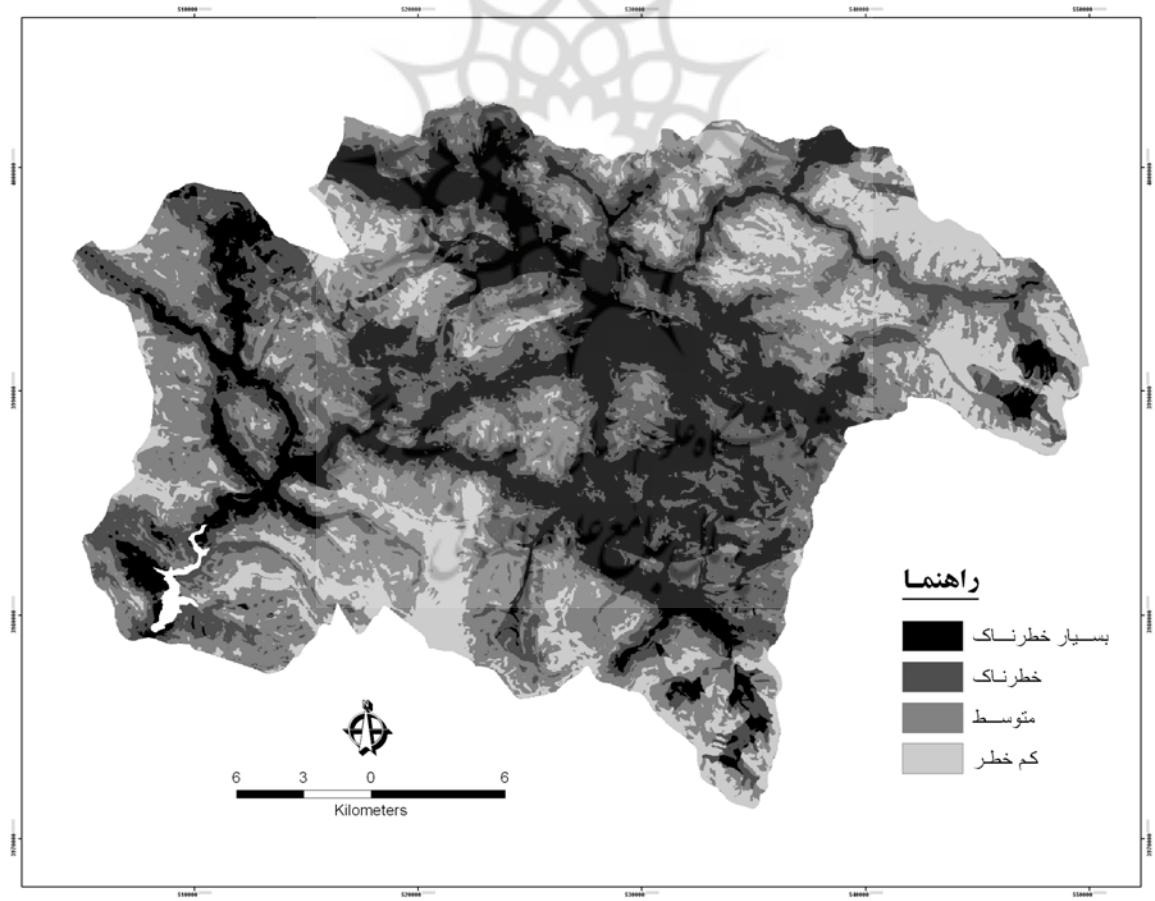
نتایج حاصل از تحقیق به شرح زیر می باشد:

نتیجه حاصل از مقایسه دوبدو یا زوجی عوامل ۵ گانه و معیار های ۱۲ گانه مؤثر در رخداد زمین لغزش در منطقه تحقیق با در نظر گرفتن لایه های اطلاعاتی تهیه شد ه در محیط GIS شامل نقشه های شیب، ارتفاع از سطح دریا، شبکه آبراهه ها، شبکه راههای ارتباطی، گسل ها، سنگ شناسی، کاربری اراضی فاصله از چشمه ها و مناطق روستائی، جهت دامنه ،بارش و اثر ذوب برف و یخبندان در جدول ۲ ارائه شده است .به عنوان مثال عنصر ۱ و ۱ ماتریس مورد نظر نشانگر اولویت معیار سنگ شناسی به معیارسنگ شناسی است که دارای اولویت یا اهمیت یکسانی نسبت به هم می باشند و عددیکه برای این اولویت در جدول 2a ذکر شده است برابر ۱ است و یا خانهٔ ۱ و۲ ماتریس که اولویت یا اهمیت معیارسنگ شناسی به شیب را نشان می دهدکه اکثر کارشناسان با توجه به داده های به دست آمده در منطقه اهمیت عامل سنگ شناسی نسبت به شیب شناسی را کمی مهمتردانسته اند که میتوان برای آن بر اساس شکل ۱ عدد ۲ را د ر نظر گرفت.به همین ترتیب سایر عناصر ماتریس تکمیل گرد یدند.

نتیجه حاصل از رتبه یا اولویت هر یک از عوامل مؤثر در بروز زمین لغزش بر اساس نتایج حاصل از مقایسه زوجی عوامل ۵ گانه و معیار های ۱۲ گانه ذیربط به شرح جداولa.b ۳ می باشد.

با توجه به نتایج حاصل از قطع دادن نقشه های مربوط به هر یک از عوامل مؤثر در رخداد زمین لغزش در منطقه تحقیق(جداول ۲,۳)و محاسبه ارزش یا وزن هر یک از پهنه های دارای مقدار مشخص زمین- لغزش و یا فاقد زمین لغزش امتیاز های مشخص شده برای هر یک از طبقات یا کلاس های ۱۲ گانه عوامل تأثیر گذار بر رخداد زمین لغزش در منطقه تحقیق ارائه شده است.

با شرح فوق و با توجه به اینکه پس از تعیین امتیاز هر یک از کلاسهای مربوط به هر یک از عوامل مختلف در روش سلسله مراتبی، مقدار کمی میزان یا شدت خطر رخداد پدید ه مورد نظر و یا پتانسیل رخداد آن از با شرح فوق و با توجه به اینکه پس از تعیین امتیاز هر یک از کلاسهای مربوط به هر یک از عوامل مختلف در روش سلسله مراتبی، مقدار کمی میزان یا شدت خطر رخداد پدید ه مورد نظر و یا پتانسیل رخداد آن از حاصل جمع نتیجه حاصل از حاصلضرب ضریب وزن هر عامل در امتیاز هر کلاس مربوط به همان عامل بدست می آید .از اینرو و با در نظر گرفتن نتایج حاصل از محاسبات انجام شده که در جداول 3a.b ارائه شده است، از رابطه 1 برای محاسبه میزان یا پتانسیل خطر رخداد زمین لغزش در منطقه برای تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در GIS تحقیق در محیط آبخیز سد کرج استفاده گردیده که نتیجه در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل۳ - پهنه بندی خطر نسبی وقوع حرکات توده ای در حوضه آبخیز سدکرج به روش تحلیل سلسله مراتبی (ahp)

$$M=a1x1 + a2x2+ a3x3+ a4x4+ a5x5+ a6x6+ a7x7+ a8\ x8 + a9\ x9+ a10\ x10+ a11\ x11+ a12\ x12= \quad (1)$$

و با جایگذاری مقادیر(a1 تاa12)که قبلا به دست آمده اند می توان مدل نهایی را به صورت زیر نوشت.

$$M=0.311x1 + 0.213x2+ 0.130x3+ 0.118x4+ 0.58x5+ 0.041x6+ 0.031x7+ 0.019\ x8= \quad (2)$$

نتیجه گیری

با توجه به عوامل مؤثر ایجاد حرکت های توده ای این منطقه روش تحلیل سلسله مراتبی انتخاب شد و روش کار به همان صورتی انجام گرفت که در طی چند سال گذشته به طور پراکنده در برخی از نواحی ایران کار شده است. با دوازده فاکتور سنگ شناسی، شیب، راههای ارتباطی، ابراهه ها، کاربری اراضی، بارش، ارتفاع، جهت دامنه، اثر ذوب برف ویخبندان، فاصله از چشمه ها و مناطق مسکونی کار پهنه بندی صورت گرفت.

بر اساس همپوشانی نقشه پهنه بندی خطر براساس مدل ahp ونقشه پراکندگی حرکات توده ای منطقه مشخص گردید در حدود ۸۵ ٪ حرکات توده ای رخ داده در منطقه، در پهنه بسیار خطرناک قرار کرفته اند. از مزایای روش ahp است که در آن عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزه هادر ابتدای به طرز منطقی تری وزن دهی شده و عوامل مختلف به ترتیب اهمیت شان اولویت بندی می شوند و از طرفی امتیاز دهی کلاسه های مختلف هر عامل ساده تر بوده و مراحل کار را چندین بار می توان تکرار کرد تا به نتایج بهتر دست یافت و در نهایت مدلی که به دست می آید در آن دخالت عوامل زیادی در نظر گرفته شده است که از این طریق نیز دقت بیشتری در کار پهنه بندی وجود خواهد داشت. از مزایای دیگر روش ahp انجام ساده تر آن با استفاده از روش GIS می باشد که اعمال مدل نهایی در واحدهای همگن به طرز ساده تری انجام می گیرد.

منابع

۱- احمدی، حسن و علی طالبی اسفندرانی (۱۳۸۰): بررسی عوامل مؤثر در ایجاد زمین لغزه در منطقه اردل مجله منابع طبیعی ، جلد ۵۴ شماره ۴

۲- کرم،عبدالامیر (۱۳۸۰): مدل سازی وپهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده ,مطالعه موردی حوضه آبریز سرخون-استان چهارمحال بختیاری)پایان نامه دوره دکترای تخصصی ، رشته جغرافیای طبیعی ،گرایش ژئومرفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۳- کمک پناه و فرهنگ فر (۱۳۷۳) :پهنه بندی ناپایداری شیب های سنگی در مناطق زلزله خیز . مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمین لغزه کشور .چاپ اول موسسه بین اللملی زلزله شناسی ومهندسی زلزله ،تهران

۴- میرصانعی ،سیدرضا و رحمت ا.. کاردان (۱۳۷۸) : نگرشی تحلیلی بر ویژگی های زمین لغزش های کشور ،مجموعه مقالات اولین کنفراس زمین شناسی مهندسی ومحیط زیست ایران ،چاپ اول ،تهران

۵- وارنز ،دیوید (۱۳۷۵) :،پهنه بندی خطر زمین لغزش ،بهنام محمودیان ،مجله مسکن انقلاب

6- Alexander .D.(1993) : Natural Disasters .London .UCL Pres.

7- BROOMHEAD . C.N (1992):The stability of slops .LONDON UCL press.

8- Chacon .J&T. Fernandez .(1994): laege to model scale landslide inventory . Analysis & Mapping with modeling in a GIS. 7th international IAEG congress .Balkema. Roterdam.

9- Chorley .R.et al.1984.Geomorphology. London .Methuen.

10- Dallas .E.J (1988): Applied Multivariate Methods for Data Analysis. California .Duxbury Press

11- GONDIE . aet al . (1993): Geomorphological Techniques. LONDON UCL press.

12- LOPES . H . J & J.A ZINCK (1991): GIS – assisted Modelling of mass Movements. ITC Journal 1991-4.

13- Shaw .G & Dennis wheeler (1985): .Statistical Techniques in Geographical Analysis.DUBLIN John wiley & sons Press.

14- Juang, C. H., Lee, D. H. and Sheu, C(1998): Mapping slope failure porential using fuzzy sets, J. of Geotechnical Engineering, ASCE, 118(3): 457-494.

15- Lee, S. (2006): Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environmental Geology 50:847-855.

16- Pistocchi, A., Luzi, L. and Napolitano, P.(2002): The use of predictive modeling techniques for optimal exploitation of spatial databases: a case study in landslide hazard mapping with expert system-like methods. Environmental Geology 41:765–775.

17- Schernthanner. H.(2005): Fuzzy logic approach for landslide susceptibility mapping (Rio Blanco, Nicaragua). Msc Thesis, Institute of Geography, NAWI, Paris Lodron University Salzburg, PP. 94

18- Tangestani, M.H.(2003): Landslide susceptibility mapping using fuzzy gamma operation in GIS, Kakan catchment area, Iran. Proceedings of the Map India 2003 Conference, copyright GIS Development .net. pp. 7

19- Zhu, A. X., Scott Mackay, D., (2001): Effects of spatial detail of soil information on watershed modeling. Journal of Hydrology 284, 57-77.

20- Zhu, A. X., Wang, R. X., Qiao, J. P., Chen, Y. B., Cai, Q.G., and Zhou, C. H. (2003): Mapping landslide susceptibility in the three gorges area, China using GIS, expert knowledge and fuzzy logic. GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (Proceedings of ICGRHWE held at the Three Gorges Dam, China, and September 2003). IAHS Publ. 289, 2004.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی