ارزیابی و پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش استان کرمان با مدل های فازی و AHP

فهیمه ابراهیمی مقدم[1]، احمدعباس نژاد[2]

۱-کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان f.eebrahime68@gmail.com

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

با توجه به کوهستانی بودن بخش های از استان کرمان، وقوع زمین لغزش‌های زیاد در سه دهه اخیر به ویژه هنگام زلزله تهیه این نقشه برای استان ضرور ی است.هدف از این پژوهش، پهنه بندی خطر زمین لغزش استان کرمان با مدل های فازی، AHP وتکنیک GIS می باشد. در این مطالعه به منظور تهیه نقشه ی پهنه بندی خطر، هفت عامل مورد بررسی قرار گرفت. این عوامل در محیط نرم افزار GIS به صورت نقشه تهیه وسپس طبقه بندی و وزن دهی شدند. این نقشه‌ها با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها ی استان همپوشانی گردید تا نقشه طبقات در پراکنش زمین لغزش‌ها مشخص شود. در نهایت، هفت عامل شیب، لرزه خیزی، لیتولوژی، تراکم آبراهه، مورفولوژی، بارش و کاربری اراضی به عنوان عوامل مؤثر در زمین لغزش‌های استان شناسایی شدند. نقشه ی پهنه بندی خطر زمین لغزش براساس این هفت عامل و با روش های AHP و عملگر گامای فازی با لانداهای ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ در محیطGIS تهیه شد. از شاخص جمع کیفی Qs نیز برای ارزیابی صحت نقشه های پهنه بندی استفاده شد. نتایج ارزیابی نقشه ها نشان داد که مقدار شاخص Qs برای مدل AHP برابر۲/۳۱ وبرای عملگر گامای فازی با لانداهای ۰/۷، ۰/۸ و۰/۹ در محیط به ترتیب ٤/۰۵، ۱/۸۵ و ۳/۲۷ می باشد؛ بنابراین نتیجه می گیریم که عملگر گامای فازی با لانداى۰/۷ نسبت به سایر روش های ارائه شده دارای مطلوبیت بهتری در پهنه بندی لغزش استان کرمان می باشد و منطقی است که هر گونه برنامه ریزی محیطی با توجه به آن صورت گیرد.

وازگان کلیدی: پهنه بندی، زمین لغزش، استان کرمان، مدل فازی، مدلAHP، Qs، .GIS

مقدمه

ایران با داشتن توپوگرافی کوهستانی ، فعالیت های زمین ساختی و لرزه خیزی زیاد ، شرایط بسیار متنوع اقلیمی و زمین ساختی شرایط مستعدی برای بروز پدیده زمین لغزش دارد. اهمیت آن در مناطق نزدیک به سکونتگاه ها و تأسیسات انسانی بیشتر احساس می شود (عامری ١٣٩٤). بر اساس یک برآورد سالانه ۵۰۰ میلیارد ریال آسیب های مالی از طریق لغزش ها بر کشور تحمیل می گردد و آمار ثبت شده توسط وزارت جهاد کشاورزی نشان می دهد که تا اوایل سال ۱۳۷۸ وقوع حدود ۲۵۹۰ حرکت توده ای و لغزش در کشور باعث مرگ ١٦٢ نفر، تخریب ١٧٦ خانه، و ایجاد رسوب دانه ای به حجم ۹٦۳۸۰۷ متر مکعب شده است و آسیب های مالی آن به ١٨٦٦ میلیارد ریال، تخریب ٦٧٦ هکتار جنگل و تخریب ۱۷۰ کیلومتر راه ارتباطی شد. زمین لغزش یکی از مهمترین حرکات دامنه ای می باشد. براساس مطالعات انجام شده توسط شبکه موضوعی ژئوتکنیک اروپا ، زمین لغزش به تنهایی ۱۷درصد از بلایای طبیعی (خسارات و تلفات) جهان را به خود اختصاص داده است . با بروز زمین لغزش ها خسارات و هزینه های زیادی به بار می آید به طوریکه در ایالات متحده آمریکا سالیانه به طور متوسط ۱/۵میلیارد دلار، در ژاپن ۲میلیارد دلار و در ایتالیا ۲/٦میلیارد دلار برای این پدیده هزینه می شود. براساس آمار اولیه بانک اطلاعاتی زمین لغزش های کشور خسارت ناشی

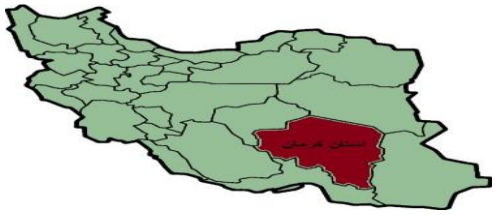
از ۲۵٤۸ زمین لغزش بالغ بـر ۱۰۷کشـته و ۳۸٦ میلیارد ریال بوده است (شیروانی،۱۳۹٤). در نواحی مختلف کشور ایـران تـا سـال ۱۳۸۰ تعداد ۳۲۵۰ مورد زمین لغزش به ثبت رسیده و تخمین زده می شود که تعداد آنهـا بـالغ بـر دو برابر این رقم باشد (کرمی،۱۳۸٦).

طی دو دهه گذشته که امکانات ارتباطی و اطلاع رسانی به شدت افزایش یافته اند مشخص شده که علی رغم اینکه زمین لغزه ها قبلاً کم گزارش می شدند و تصور می شد نسبت به زلزله، سیل و طوفان اهمیت چندانی ندارند اشتبا ه بوده است. امروزه از رسانه‌های جمعی اخبار رانش زمین، رانش کوه و امثال آن از گوشه و کنار جهان که باعث تلفات جانی و آسیب‌های مالی می شوند گزارش می گردد. لذا جا دارد که این خطر مثل خطر های طبیعی مورد توجه قرار گیرد. در استان کرمان در طی سی سال گذشته موارد متعددی از ناپایداری دامنه‌ای در کوه‌های داوران (نعمت،۱۳٦۲)، کوه-های شرق زرند (مردانی،۱۳۸۵)، در جاده دهبکری به جیرفت (عباس نژاد ۱۳۸۳)، اطراف سد جیرفت (عباس نژاد،۱۳۹۱) و در کوه‌های جنوب سیرچ (مقیمی، ۱۳۹۲) گزارش شده است. بعلاوه، مشاهدات صحرائی، مطالعه عکس‌های هوایی، تصاویر گوگل(Googel earth) حاکی از وفور اشکال ناپایداری به ویژه در کوهستان‌های این استان است. یک ویژگی مهم آن این است که با توجه به نسبتاً کم باران بودن استان، آنها کمتر با دوره‌های بارندگی ارتباط داشته و بیشتر با وقوع زلزله‌هایی با شدت بیش از حدود ٦ ریشتر مرتبط می باشند، لذا این نگرانی وجود دارد که در اثر زلزله‌های آتی در اثر زمینلغزه جاده‌ها مسدود شوند و یا ناپایداری دامنه‌ای خود عامل خسارت و تلفات باشند. چنین واقعیتی در زلزله سال ۱۳٦۹ رودبار حادث شد و در افزایش خسارات و تلفات نقش مهمی داشت (حافظی مقدس،۱۳۸۸). در این پژوهش به منظور تهیه نقشه پهنه بندی از روش های فازی و فرایندسلسله مراتبی(AHP) استفاده شده است. در زمینه پهنه بندی خطر زمین لغزش تحقیقات زیادی در سطح جهان و ایران انجام شده است. برای مثال (دلاسرنا و همکاران،۲۰۱٦) به پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی وتکنیک GIS در مناطق کوچک مقیاس معدن سوریگائوری شمالی، فیلیپین پرداختند. در این مطالعه چند لایه از عوامل لغزش یعنی شیب، تراکم زهکشی ، هوازدگی، سنگ شناسی، پایداری زمین، نوع خاک و پوشش گیاهی در نظر گرفته شد.(گورسیوسکی ،۲۰۰٦) با استفاده از روش ترکیبی منطق فازی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در منطقه دامنه غربی کوه راکی در شمال مرکزی آیداهو پرداخته اند. (تازیک و همکاران ،۲۰۱٤) ، به ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی، نسبت فرکانس و تحلیل سلسله مراتبی در حوضه دوزین ایران پرداختند . نتایج نشان داد که ترکیب سه مدل ذکرشده در حساسیت زمین لغزش منطقه مورد مطالعه یک روش نسبتاً خوب می باشد. و با توجه به نقشه پهنه بندی حدود ۵۱ درصد از زمین لغزش مربوط به مناطق حساسیت بالا و بسیار بالا می باشد. (کریمی وهمکاران،۱۳۹۱) با استفاده از مدل ترکیبی Fuzzy-AHP در راستای توسعه و امنیت شهری در منطقه یک کلان شهر تهران به ارزیابی خطر زمین لغزش پرداخته اند. (شهابی و همکاران،۱۳۹۳) ، به ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدلAHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سر پل ذهاب واقع در شهرستان کرمانشاه پرداختند. ارزیابی مدل ها نشان داد که مدل فازی گامای۰/۷ از دقت بیشتری نسبت به مدلAHP در تهیه نقشه خطر زمین لغزش در حوزه آبریز مورد مطالعه برخوردار است.

منطقه مورد مطالعه

استان کرمان در جنوب شرقی فلات ایران بین ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی با مساحت ۱۸۳۲۸۵ کیلومتر مربع واقع شده است (شکل۱) . استان کرمان

سرزمینی مرتفع و کوهستانی است به طوری که در محدوده کویر لوت و چاله جازموریان با کمتر از ۲۰۰متر از سطح دریا و ارتفاعات کوهبنان، هزار، چوپار و لاله زار با ارتفاع بیش از ۴۴۶۵ متر از سطح دریا، اختلاف ارتفاع ۴۲۶۵ متری را شاهد هستیم. استان کرمان از لحاظ ژئو مور فولوژی به علت واقع شدن در محل تلاقی رشته کو ها ی مرتفع زاگرس و مرکزی و مناطق پست کویری در جنوب شرقی کویر مرکزی بزرگ ایران به طول تقریباً ۱۶۰ کیلومتر، از تنوع پیکر شناسی زیادی برخوردار است.استان کرمان در محدودهٔ عرض جغرافیایی ۲۶ تا ۳۶ درجه واقع شده است، لذا در کمربند خشک جهان قرار دارد. (عباس نژاد، ۱۳۸۵).



شکل۱- موقعیت جغرافیایی استان کرمان

روش تحقیق

در این پژوهش با توجه به اهمیت لغزش در استان، به تهیه و تدوین مدل کمی – کیفی برای پهنه بندی خطر بالقوه لغزش با استفاده از الگوریتم های فازی ومدل AHP پرداخته شده است. با توجه به تجربیات بدست آمده از مطالعات عکس های هوایی ومنابع موجود، ۷ عامل به عنوان عوامل اصلی مؤثر بر رخداد زمین لغزش در منطقه شناخته شده است (جدول۱). با استفاده از نقشه های حاصل تابع فازی مربوط رسم شد. این توابع در محیط(Spatial Analysis) مدل سازی شده و نقشه های فازی برای هر معیار تهیه و سپس درمدل فازی نقشه های فازی با استفاده از عملگرهای گامای فازی همپوشانی و بهترین عملگر برای تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش معرفی شد.

مدل فازی

نظریه مجموعه های فازی و منطق فازی را اولین بار پرفسور لطفی زاده (۱۹۶۵) در رساله ای به نام الگوریتم های فازی معرفی کرد. براساس این نظریه، یک مجموعه فازی زیر مجموعه ای است که مقدار عضویت عناصر آن در مجموعه اصلی بین صفر و یک باشد. مقدار درجه عضویت براساس نظرات کارشناسی و استفاده از دانش داده ای تعیین می گردد. به عبارت دیگر یک مجموعه فازی، مجموعه ای از عناصر با ویژگی های مشابه است که یک درجه مشخص از صفر تا یک دارد. صفر بدین معنی است که هیچ عضویتی در آن مجموعه ندارد و یک، یعنی به طورکامل عضو آن مجموعه است(Zhu and et al ,2001) . هدف از ارائه تئوری فازی، ایجاد روشی نوین در بیان عدم قطعیت ها و ابهامات روز مره است . در سال های اخیر، تئوری مجموعه های فازی کارایی زیادی در تشخیص الگو پیدا نموده است و این از آن جهت است که به کمک مجموعه های فازی، می توان عدم قطعیت موجود در تشخیص الگو ها را مدل سازی نمود و تا حد ممکن به شیوه تشخیص انسانی نزدیک شد. فازی بودن مربوط به پدیده هایی است که تبیین آنها به طور قطعی ممکن نیست. عدم قطعیت در این حالت به وسیله تابع عضویت اعضاء به مجموعه ای که ویژگی مورد نظر از طریق آن تعریف شده است، بیان می گردد (ایلانلو،۱۳۸۹). از مزیت های مدل فازی این است که در این حالت به طور قطع و یقین وزن آن عامل تعیین نمی گردد بلکه فقط احتمال صحیح بودن وزن ارائه شده بیش از احتمال صحیح بودن سایر اعداد نزدیک به آن خواهد بود. مزایای دیگر آن این است که از آنجا که وزن دهی و بررسی تأثیر عوامل کیفی در بروز حرکات توده ای در عمل با مشکلاتی روبروست از مجموعه های فازی برای کمی کردن تأثیر عوامل مختلف کیفی می

توان استفاده کرد. البته این روش با مشکلاتی ازقبیل افزایش بی دلیل وزن ها، طولانی بودن محاسبات و انتخاب درست ساختمان مدل روبرو می‌باشد، با پیشرفت تحقیقات وفن آوری رایانه ای و استفاده از الگوریتم‌های مناسب، امکان‌حل مشکلات مذکور وجود دارد (کرم،۱۳۸۰). یکی از قابلیت‌های نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) توانایی تحلیل فضایی عرصه‌های پژوهش برای اهداف گوناگون با توجه به فراوانی بالای اطلاعات ورودی است. در این پژوهش که با هدف پهنه‌بندی خطر زمین لغزش انجام شده از متغیرهای مهمی که بر رخداد زمین لغزش مؤثر هستند، استفاده شده است. پس از وزندهی به هرکدام از این عوامل، این وزنها وارد محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌شود و در تحلیل-های فضایی و مکانی مورد استفاده قرار می گیرد و این تحلیل‌ها را کارشناسانه و علمی‌تر می‌کند. برای ساخت مدل منطق فازی می توان از روشها و عملگرهای زیادی استفاده کرد، که در این پژوهش تنها ازعملگرگامای فازی برای‌پهنه-بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شده است.

مدل AHP

در مدل AHP تهیه نقشه پهنه بندی با نظر کارشناسان زیربط فهرستی از معیار های مؤثر در این منطقه تهیه گردید و نقشه مربوط به هریک در مقیاس استان تهیه شد. سپس با بکارگیری مدلAHP ، نرم افزارExpert choice و ArcGIS ابتدا با نظر خواهی از ۱۰ نفر کارشناس متخصص در ناپایداری‌های دامنه‌ای و آشنا با استان کرمان ضریب معیارها بدست آمدند. در روش AHP هدف به عنوان اصلی ترین شاخه تحلیل سلسله مراتبی است و معیار ها به عنوان زیر شاخه هدف هستند. پس از تشکیل درخت سلسله مراتبی نوبت به وزن دهی بین معیار ها و گزینه ها می رسد که این کار را به صورت مقایسه زوجی با نرم افزار اکسپورت چویز انجام می شود (جدول۲). در این پژوهش مقایسه زوجی نرخ سازگاری این ماتریس ها باید از ۰/۱ کمتر باشد تا مقایسات زوجی قابل قبول باشند . باتوجه به اینکه پهنه‌بندی ازطریق روش‌های مذکور، بر مبنای تطبیق نقشه زمین‌لغزش-ها ی حادث شده در منطقه با نقشه معیار های زمین لغزش صورت می گیرد، لایه پراکنش نقاط زمین لغزش یافته با مطالعه عکس های هوایی و از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری استان تهیه وسپس این لایه با استفاده از عکس-های هوایی و نرم‌افزار Googel Earth به نقشه نقاط زمین-لغزشی تبدیل شد.

جدول۱- معیار های بکار رفته در این تحقیق

شماره	نام معیار	نوع معیار	چگونگی تولید
۱	شیب	کمی	DEM ۳۰ متری تولید شده از نقشه توپوگرافی
۲	لرزه خیزی	کیفی	اخلاص‌پور(۱۳۹۲)
۳	لیتولوژی	کیفی	سازمان زمین شناسی
٤	تراکم آبراهه	کمی	DEM منطقه

۵	مورفولوژی	کیفی	تهیه شده
٦	بارش	کمی	براساس‌داده‌های ایستگاه هواشناسی استان
۷	کاربری اراضی	کیفی	اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان

جدول۲- مقادیر ترجیحات یا قضاوت شفاهی برای مقایسه زوجی(قدسی پور ،۱۳۸۱).

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسهi نسبت به j	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهمتر	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	مهمتر	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی مهمتر	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص مطلقاً i از j مهمتر و قابل مقایسه با j نیست.
۲و٤و٦و۸		ارزشهای میانی بین ارزشهای ترجیحی

تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر برزمین لغزش

در این قسمت به بررسی و تشریح برخی از عوامل اصلی در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی آن در محدوده ی مورد مطالعه با استفاده از مدل هایAHP و منطق فازی پرداخته شده است، هر یک از لایه های اطلاعاتی و نقشه های دخیل در زمین لغزش در منطقه ی مورد مطالعه به شرح زیر می باشند (ابراهیمی مقدم،۱۳۹۵):

لایه زمین لغزش

جهت به نقشه در آوردن انواع زمین لغزش های به وقوع پیوسته در استان، عکس های هوایی منطقه مربوط به سال ۱۳۵۰ و با مقیاس۱:٤۰۰۰۰، به روش استریوسکوپی و با دقت بسیار زیادی تفسیر گردیدند. لایه حرکات توده ای به عنوان متغیر وابسته در مدل، مهمترین لایه مورد استفاده در این تحقیق می باشد. این لایه ابتدا با کمک عکس های هوایی و سپس با پیاده کردن آنها برروی نرم افزار گوگل ارث[1]، مختصات طول و عرض جغرافیایی آنها شناسایی و بعد به صورت نقطه ای تهیه گردیده است. و سپس پهنه های لغزشی استخراج گردیده است. در (شکل۲) پراکندگی حرکات توده ای در منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است.

لایه شیب

1- Googel Earth

نقشه شیب در محیط Arc map ، از روی مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ساخته شده است. این لایه که یکی از عوامل مستقل زمین لغزش در این پژوهش می باشد دارای وزن ۰/۲۷۵ درصد است. سپس این لایه با دستور Reclassify در٤ رده طبقه بندی گردید. نقشه شیب برای منطقه مورد مطالعه در ٤ کلاس ۰-۱۰،۱۱-۲۵، ۲٦-۵۰، >۵۰ درجه تهیه گردید. نتایج به دست آمده نشان می دهد که بیشترین در صد لغزش در کلاس خطر ۲۵-۵۰ در جه قرار دارد (شکل۳و٤). برای فاز ی‌سازی لایه‌شیب، با توجه به اینکه با افزایش میزان شیب، میزان خطر زمین لغزش بیشتر می شود، نوع تابع برای فازی سازی آن خطی افزاینده می باشد، و لی باید گفت که ارتباط بین افزایش شیب و زمین لغزش تا شیب مناسب و نه چندان زیاد است.

لایه لرزه خیزی

براساس پرسش نامه ای که توسط متخصصان در زمینه ناپایداری دامنه پرشده بیشترین وزن داده شده مربوط به کلاس لرزه خیزی خیلی زیاد با وزن۰/۳٥٤ و کمترین وزن را به کلاس لرزه‌خیزی خیلی کم با وزن۰/۰۳۱ می باشد و خود لایه لرزه خیزی که یکی از معیار های پهنه بندی زمین لغزش می باشد وزن ۰/۱۹۹ درصد را گرفته است (شکل۵ و٦). برای فازی سازی لایه لرزه خیزی، بر اساس اینکه با افزایش شدت لرزه خیزی، زمین لغزش بیشتر می شود، نوع تابع برای فازی سازی آن خطی افزایشی می باشد.

لایه لیتولوژی

براساس پرسش نامه ای که توسط متخصصین پر شده وبا نرم افزار Expert choice مقایسه زوجی و وزن دهی انجام شداین لایه توسط سازمان محیط زیست استان تهیه شده و از این سازمان اخذ گردید. این لایه به ۳ کلاس سنگهای سخت، سنگ‌های نرم و رسوب سست کلاس بندی شده است‌که در این کلاس بندی سنگهای سخت شامل توده های نفوذی، سنگ های آتش فشانی، سنگ های دگرگونی، آهک، ماسه سنگ، دولومیت، کنگلومرای قدیمتر از میوسن می باشد و سنگ های نرم شامل شیل، مارن، تناوب آنها با ماسه سنگ و آهک می باشد و درکلاس بندی آخر یعنی رسوب سست کل رسوباتی که سن آنها از میوسن و جوانتر است می باشد.این لایه پس از رقومی سازی و کلاس بندی، در مدل مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از نرم افزار Expert choice وزن داده شده به سنگهای نرم، رسوب سست و سنگهای سخت به ترتیب ۰/۵۹٤ ، ۰/۲٤۹ ،۰/۱۵۷ می باشد، که بیشترین وزن داده شده مربوط به سنگهای نرم و کمترین وزن داده شده مربوط به سنگ‌های سخت می باشد (شکل ۷و۸) ودر این مقایسه زوجی برای گزینه های لیتولوژی درصد ناسازگاری ۰/۰۵ درصدبدست آمده و خود این لایه لیتولوژی که یکی از لایه های مستقل عوامل مؤثر بر لغزش می باشد دارای وزن۰/۱٦٤ درصد می باشد. درنتیجه تحلیل شرایط لیتولوژیکی محدوده مورد مطالعه نشان دادکه سنگهای نرم (شیل ، مارن، آهک های مارنی , سیلتستون) بیشترین زمین لغزش ها را به خود اختصاص داده اند.

لایه تراکم آبراهه

برای اندازه گیری میزان تراکم آبراهه از تابع تراکم (Density) در نرم افزارArc GIS استفاده گردیده است. این تابع براساس شعاع مشخص در هر نقطه، مجموع طول آبراهه ها را بر مساحت تقسیم می کند. این لایه به ٤ کلاس تقسیم بندی شده است که براساس پرسش نامه ای که توسط متخصصین پر شده و با نرم افزار Expert choice مقایسه زوجی و وزن دهی انجام شده بود، بیشترین وزن رابه کلاس ۱۵-۱۰با وزن۰/٤٦۹ درصد و کمترین وزن را به کلاس ۰-۳ کیلومتر بر کیلومتر مربع با وزن ۰/۰۹۵ داده شده است (شکل ۹و۱۰) . خود لایه تراکم آبراهه که یکی از معیار های پهنه بندی زمین لغزش می باشد وزن ۰/۱۱۰ درصد را گرفته است.

لایه مورفولوژی

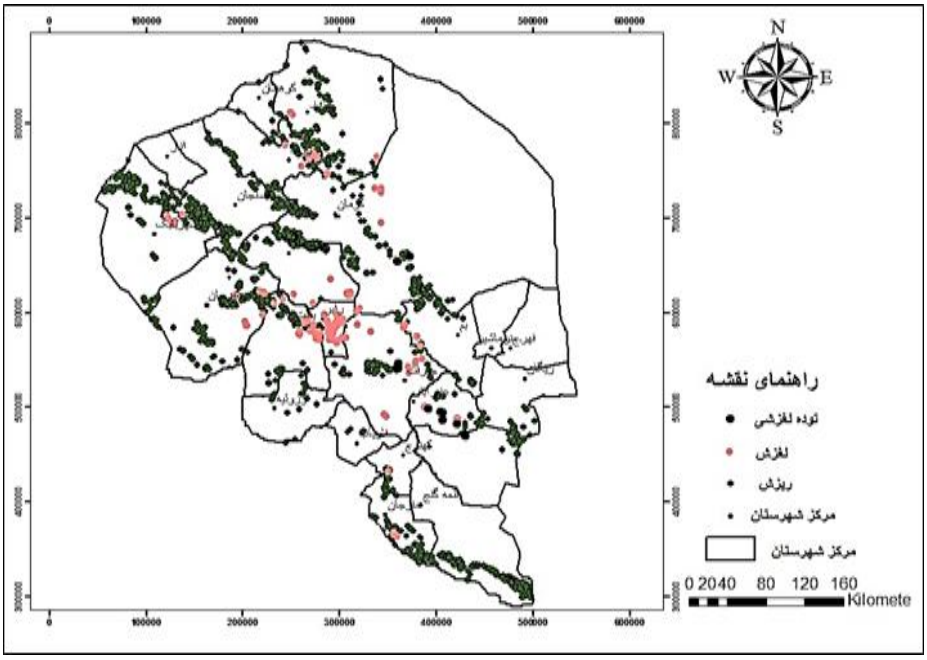
لایه مورفولوژی یکی دیکر از عوامل مؤثر بر زمین لغزش‌می باشد که براساس مقایسه‌زوجی معیارها و قضاوت کارشناسی دارای وزن۰/۰۹٦ درصد است. نقشه ی مواد سطحی به ۷ کلاس متفاوت تقسیم شده که در این کلاس بیشترین وزن داده شده مربوط به کلاس‌کوهستان (شیب متوسط تا زیاد معمولاً بیش از ۱۵ تا عمود از جنس سنگ) با وزن۰/۲۹۷درصد و کمترین وزن داده شده مربوط به کلاس سطوح کفه ای (نمکزار های مسطح) با وزن ۰/۰۳۹ درصد می باشد (شکل۱۱ و۱۲). براین اساس بیشترین پراکنش زمین لغزش های منطقه در کلاس های کوهستان و بعد سطوح واریزه ای و کمترین زمین لغزش در سطوح کفه ای می باشد. کلاس کوهستان به دلیل خاک های کم عمق همراه با رخنمون سنگی، بیشترین فراوانی نسبی زمین لغزش را دارند. علت آن نفوذ آب و رطوبت از لایه های نه چندان ضخیم خاک های سست ناپیوسته فوقانی و وجود شیب زیاد دامنه های این نوع خاک است که شرایط زمین لغزش را تشدید می کند.

لایه بارش

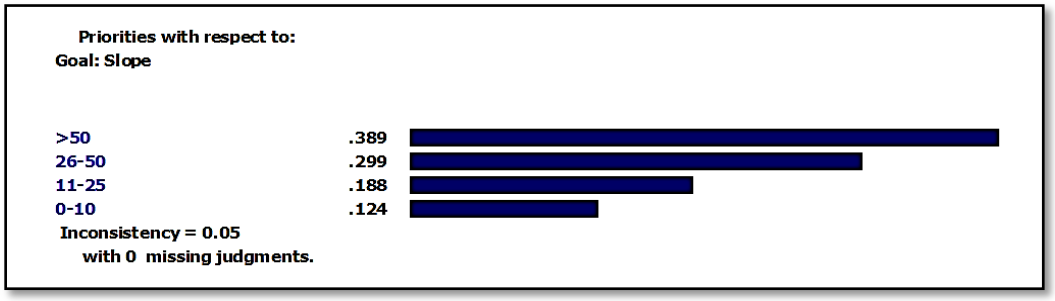
شدت بارش و دوام آن در وقوع زمین لغزش نقش دارد .بارش و ذوب برف با تامین آب در خاک، یکی از عوامل مهم وقوع زمین لغزش می باشد. در این پژوهش این لایه از داده‌های ایستگاه هواشناسی استان مربوط به سالهای (۱۳۹۱-۱۳٦۰) تهیه شده است. لایه بارش در منطقه مورد مطالعه به ٤ کلاس شامل کمتر از ۱۰۰میلیمتر، ۱۰۱-۲۰۰، ۲۰۱-۳۰۰ و بیشتر از ۳۰۰ میلیمتر در سال تقسیم شده است. وبراساس مقایسه زوجی و وزن دهی که با تکنیک AHP انجام شده بیشترین وزن به کلاس بیشتر از ۳۰۰ میلیمتر با وزن۰/٤۱۷ درصد و کمترین وزن به کلاس کمتر از ۱۰۰ میلیمتر با وزن ۰/۰۹۰ داده شده است (شکل۱۳و۱٤). لایه بارش که یکی از معیارهای پهنه بندی زمین لغزش می باشد وزن۰/۹۸ درصد را گرفته است. برای فاز ی‌سازی لایه بارش، با توجه به اینکه با افزایش میزان بارش، میزان خطر زمین لغزش بیشتر می شود، نوع تابع برای فازی سازی آن خطی افزایشی می باشد.

لایه کاربری اراضی

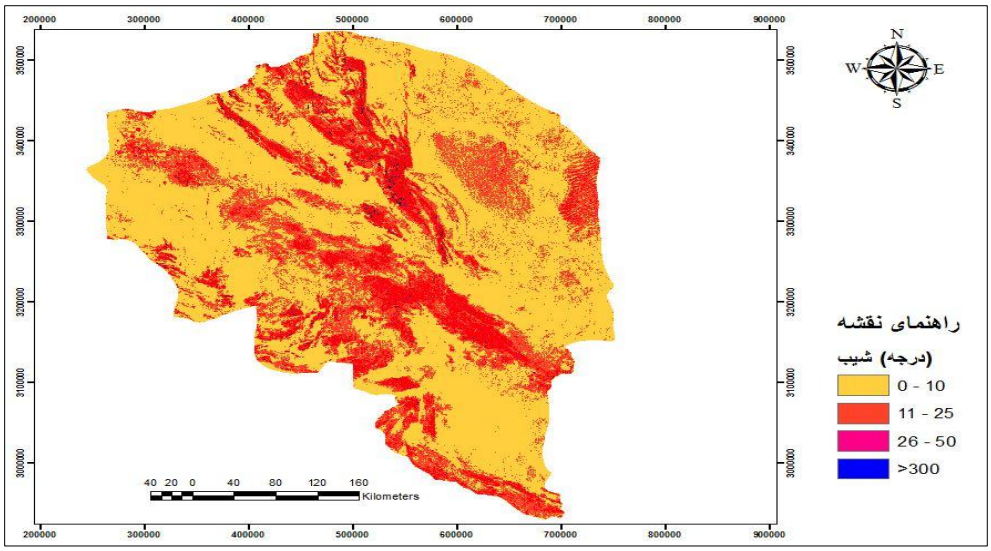
در این پژوهش لایه کاربری اراضی از اداره آبخیزداری استان اخذ گردید.که این لایه به ٤کلاس شامل:۱-فاقد کاربری، ۲-کشاورزی، ۳- مرتع، ٤- مناطق مسکونی و صنعتی تقسیم شده است. در این لایه بیشترین وزن داده شده به کلاس کشاورزی با وزن ۰/۳٥٦ درصد وکمترین وزن داده شده به کلاس فاقد کاربری با وزن ۰/۱۰۷ درصد می باشد (شکل۱٥ و۱٦). بیشترین مساحت این کلاس ها به ترتیب اولویت مربوط به کلاس های مرتع، فاقد کاربری، کشاورزی و مناطق مسکونی و صنعتی می باشد خود این لایه کاربری اراضی که یکی از معیارهای پهنه بندی زمین لغزش می باشد وزن۰/۰٥۹ درصد را گرفته است. بررسی کاربری اراضی منطقه نیز نشان داد بیشترین زمین لغزش ها (لغزش وریزش) در دو کاربری کشاورزی و مرتع اتفاق افتاده است که به ترتیب دارای مساحت ۹۷٦۳/٤٦ و ۱۳۳۱٤٥/۸٥ کیلومترمربع (که معادل۵/۳۵ و۷۳ درصد) سطح منطقه را به خود اختصاص داده است که دلیل آن را می توان به نقش انسان در اکوسیستم منطقه و تخریب هایی که به واسطه تغییر این کاربری ها اعمال کرده، نسبت داد.



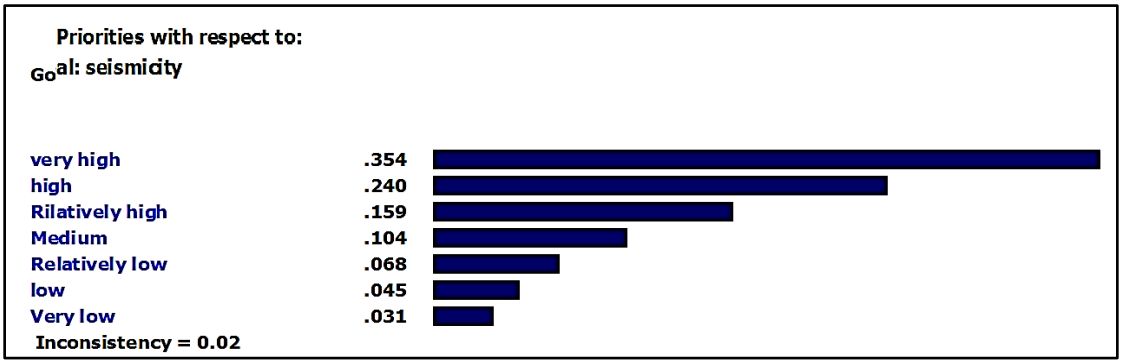
شکل۲- نقشه پراکنش زمین لغزش های استان کرمان (ابراهیمی مقدم، ۱۳۹۵)



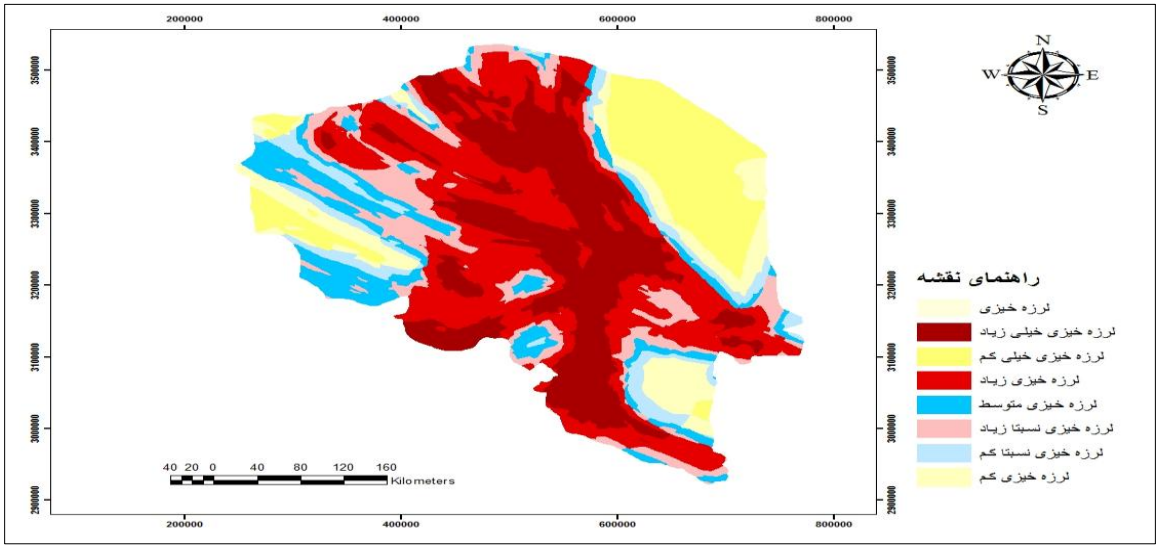
شکل۳- اولویت‌بندی زیرمعیارهای لایه شیب



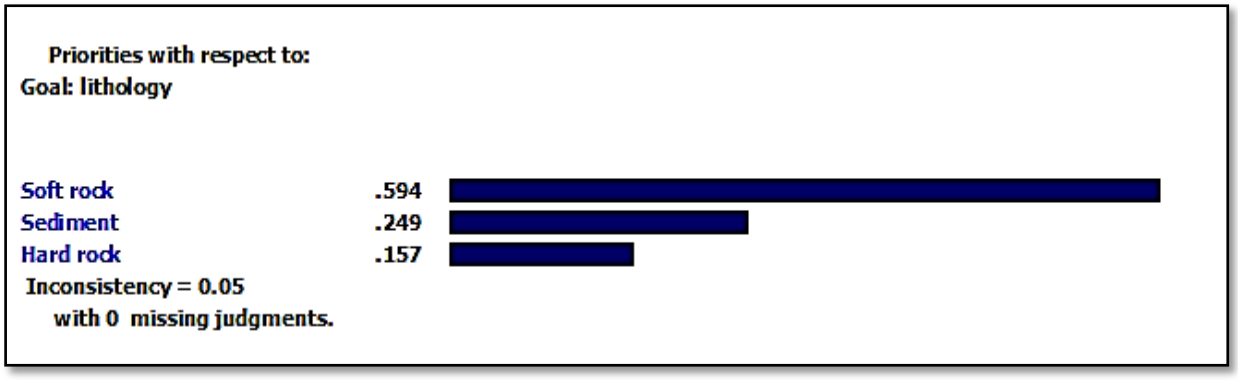
شکل٤- نقشه شیب استان



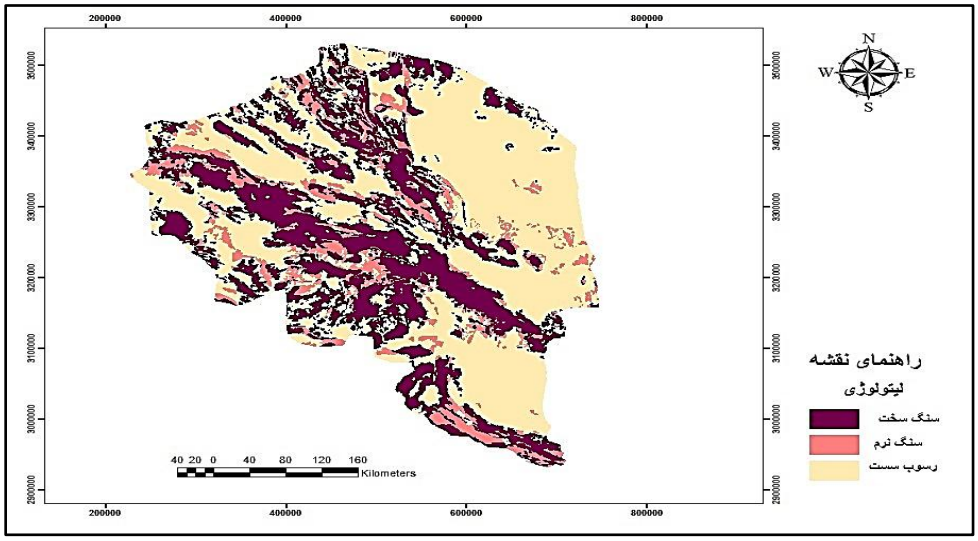
شکل٥- اولویت بندی زیر معیارهای لایه لرزه خیزی



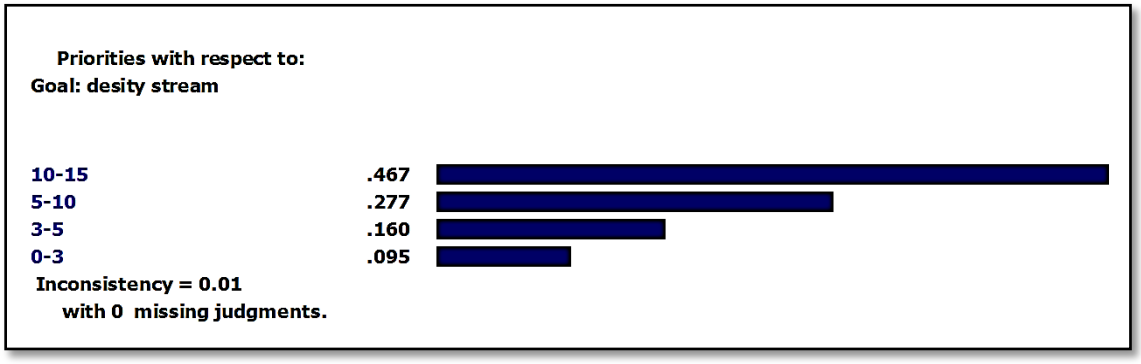
شکل٦- نقشه لایه لرزه خیزی استان



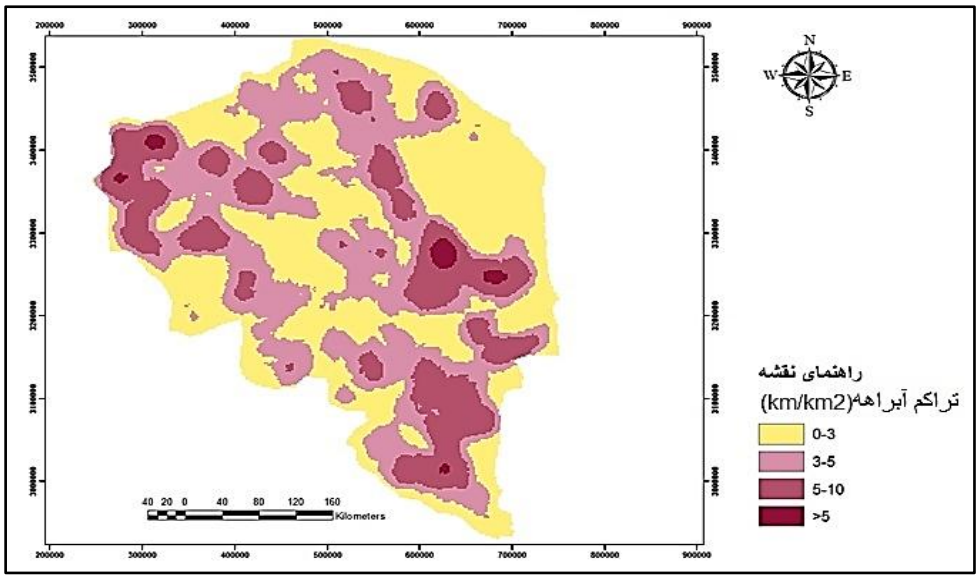
شکل۷- اولویت بندی زیر معیارهای لایه لیتولوژی



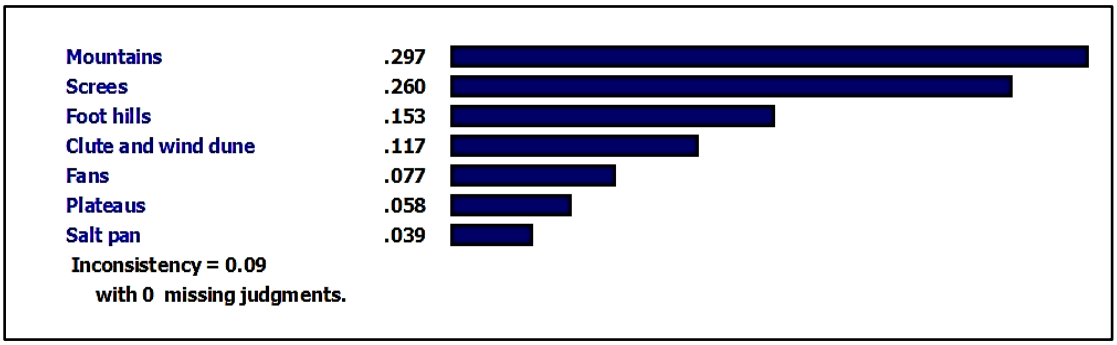
شکل۸ – نقشه‌لیتولوژی استان



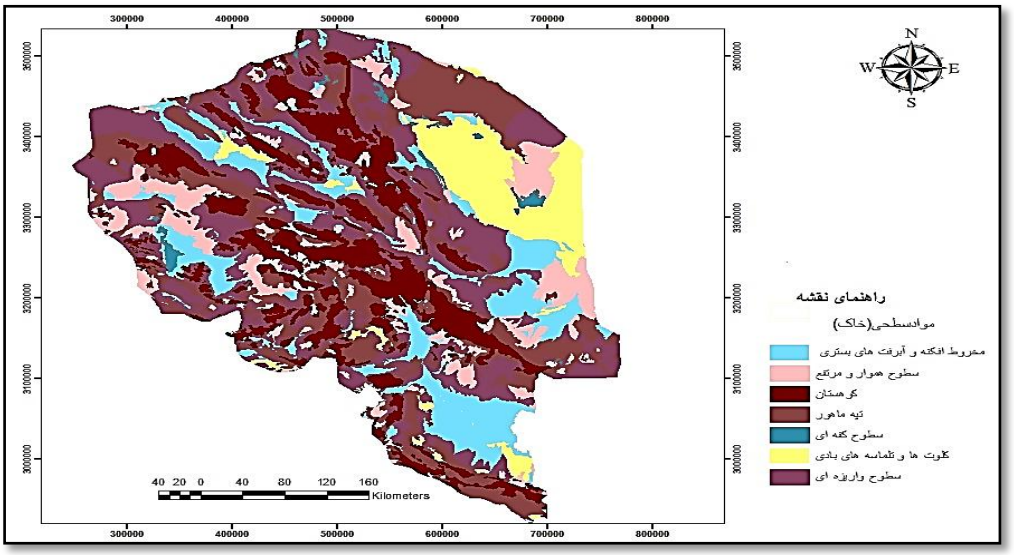
شکل۹- اولویت بندی زیر معیار های لایه تراکم آبراهه



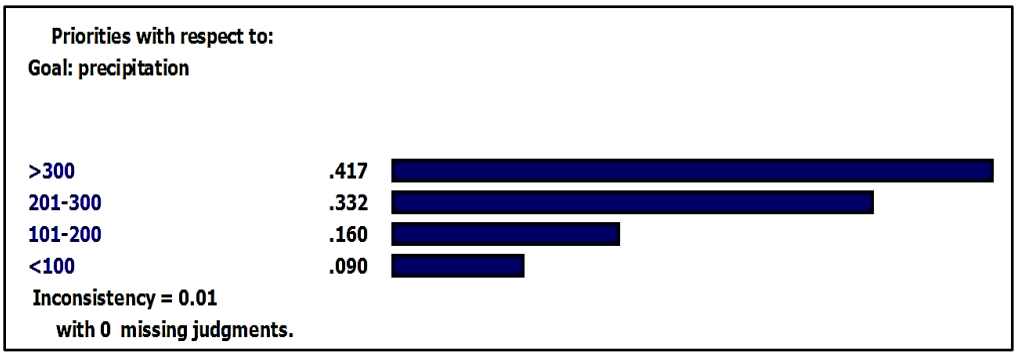
شکل۱۰- نقشه تراکم آبراهه استان



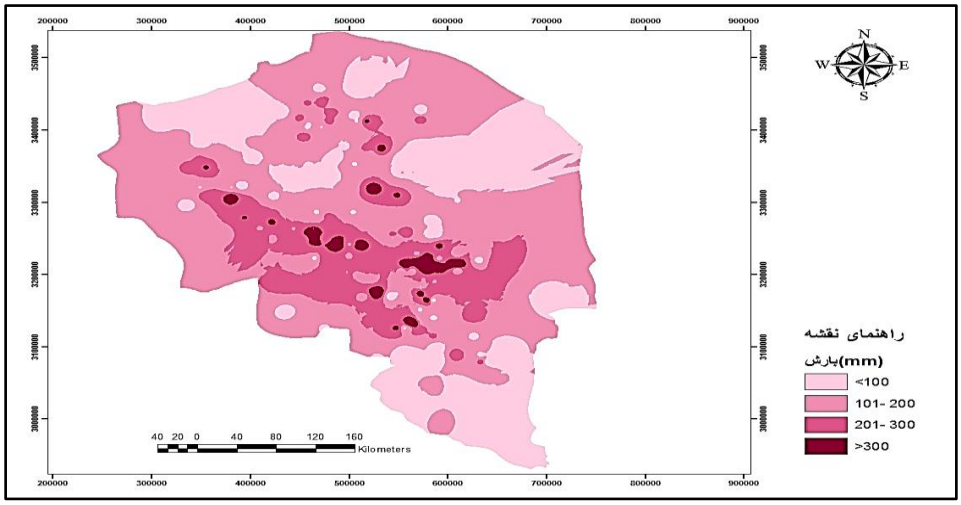
شکل۱۱-اولویت بندی زیر معیارهای لایه مورفولوژی



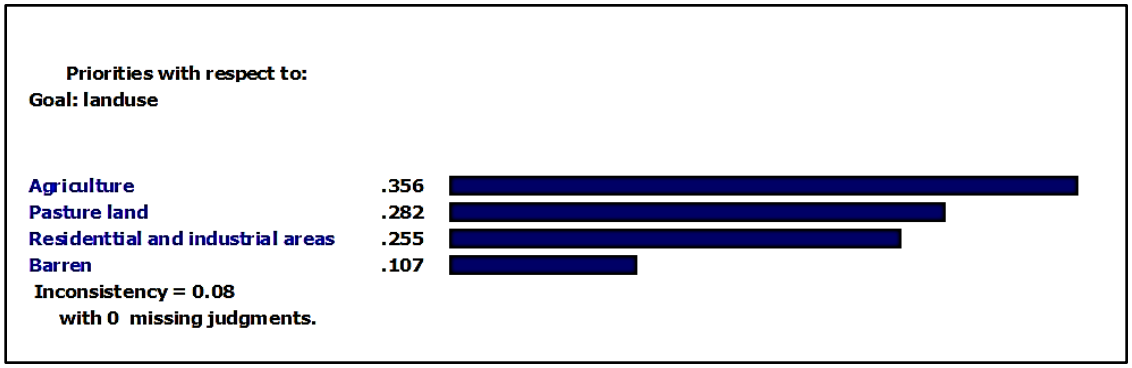
شکل ۱۲- نقشه لایه مورفولوژی استان



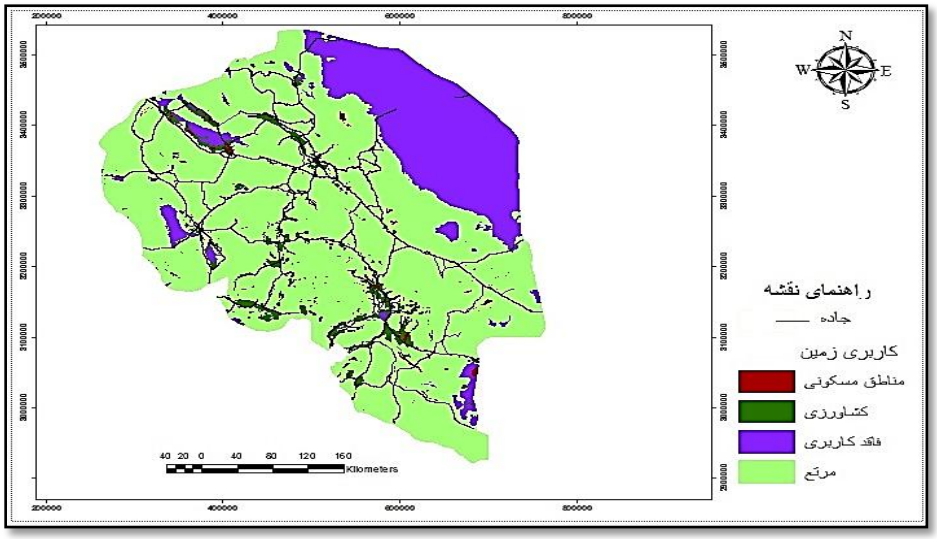
شکل۱۳- اولویت بندی زیر معیارهای لایه بارش



شکل۱٤- نقشه بارش استان

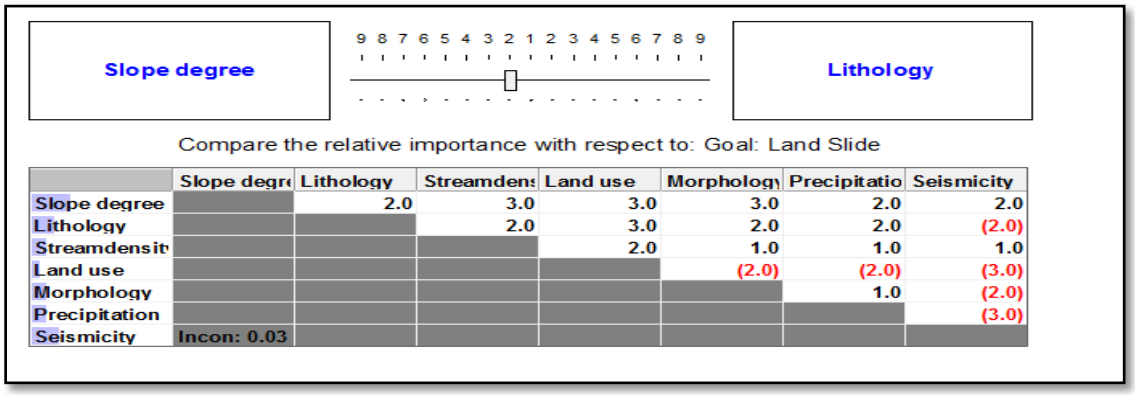


شکل۱۵- اولویت بندی زیر معیارهای لایه کاربری اراضی



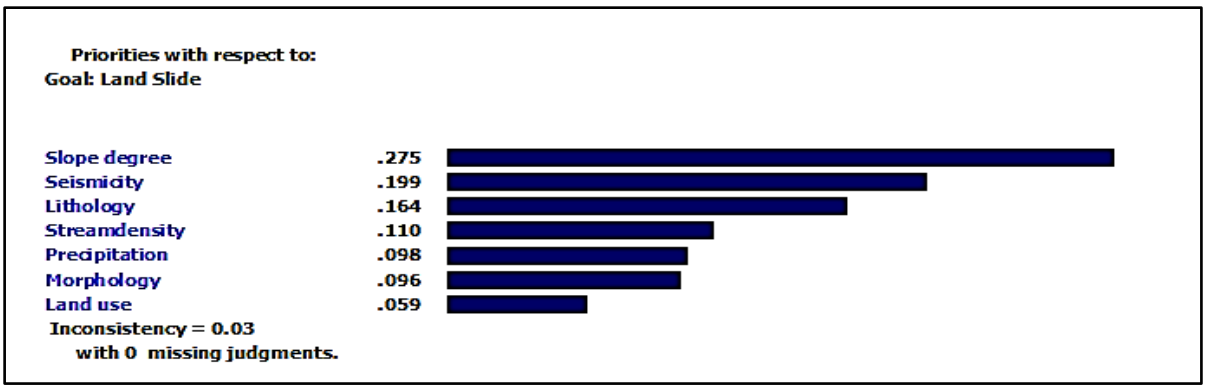
شکل۱۶- لایه کاربری اراضی

در این پژوش از فرایند تحلیل سلسله مراتبی که جزو مدل های چند معیاره ی تصمیم گیری است، برای اولویت بندی عوامل مؤثر استفاده شد. نتایج این مقایسه به صورت یک ماتریس به نرم افزارExpert choice وارد شد. در این نرم افزار وزن هریک از عوامل محاسبه و براساس این وزن، عوامل اولویت بندی شدند. همچنین این نرم افزار ضریب ناسازگاری را محاسبه می کند که اگر کمتر از۰/۱ باشد قابل قبول بوده و در غیر این صورت دوباره در وزن دهی تجدید نظر می شود (قدسی پور، ۱۳۸۱). ضریب ناسازگاری در این تحقیق ۰/۰۳ به دست آمد که قابل قبول است (شکل۱۷و۱۸).



	Slope degr	Lithology	Streamdens	Land use	Morphology	Precipitatio	Seismicity
Slope degree		2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0
Lithology			2.0	3.0	2.0	2.0	(2.0)
Streamdensit				2.0	1.0	1.0	1.0
Land use					(2.0)	(2.0)	(3.0)
Morphology						1.0	(2.0)
Precipitation							(3.0)
Seismicity	Incon: 0.03						

شکل۱۷- مقایسه زوجی عوامل مؤثر برخطر زمین لغزش در استان کرمان براساس قضاوت کارشناسی



شکل۱۸- اولویت بندی عوامل مؤثر برخطر زمین لغزش در استان کرمان

ارزیابی دقت و روش پهنه بندی

بعد از مرحله فازی سازی معیارهای مؤثر با استفاده از توابع فازی نرم افزار Arc GIS10.3 ، نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش (شکل های ۱۹ تا۲۲) از طریق مدل فازی با عملگرهای ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ و مدل AHP تهیه شد. مساحت و درصد هریک از طبقات خطر نیز برای مدل مذکور در (جدول۳) محاسبه شده است . در این پژوهش با توجه به رابطه (۱) ، انحراف مقدارنسبت تراکمی لغزش ها (Dr) در پهنه های مختلف خطر اگر به هم نزدیک باشند، نشان دهنده آن است که تراکم زمین لغزش‌ها در رده های مختلف به یکدیگر نزدیک بوده و مقدار Qs نیز پایین می باشد. و لی اگر انحراف مقادیرDr از میانگین در پهنه‌های مختلف زیاد باشد، نشان دهنده آن است که تراکم زمین لغزش‌ها در رده های مختلف خطر با یکدیگر تفاوت داشته و در نتیجه مقدار عددی Qs بزرگتر می گردد (Gee,1992) . طبق رابطه

رابطه(۱)

$$QS = \sum_{Dr1}^{n}((Dr-1)^2 \times S)$$

رابطه(۲)

$$Dri = (\frac{Si}{Ai})/(\sum_{i}^{n} Si/inAi)$$

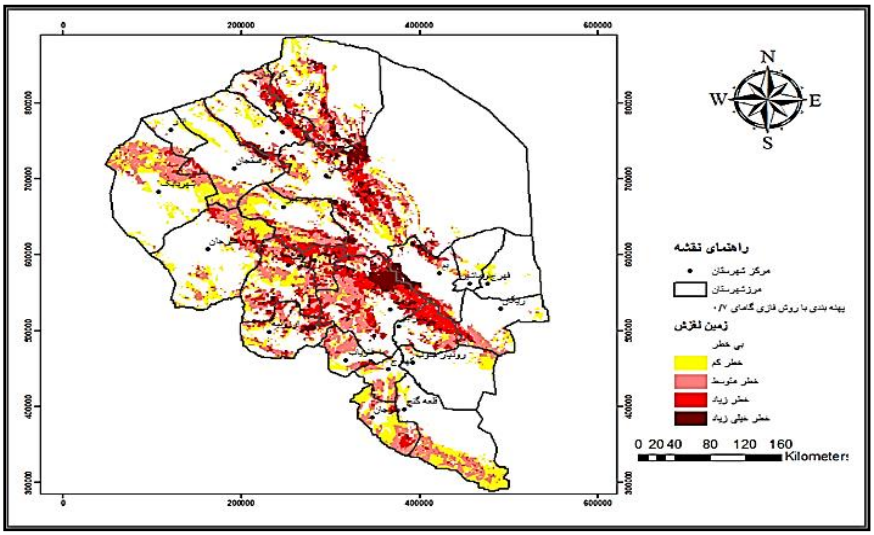
رابطه(۳)

$$P=Ks/S$$

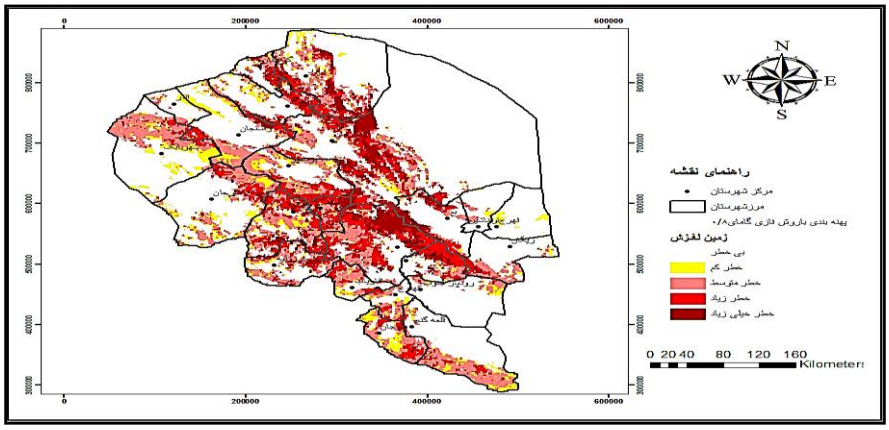
های(۲و۳) مجموع کیفیت و دقت نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش با سه عملگر ۰/۷، ۰/۸ ، ۰/۹ و مدل AHP به ترتیب ، مجموع کیفیت: ٤/۰۵ ، ۱/۸۵، ۳/۲۷ و۲/۳۱ و دقت روش: ۰/۰۰٦، ۰/۰۰۵ ، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۵ بدست آمده است. بنابراین بهترین نقشه پهنه‌بندی بین این دو روش گامای فازی و تحلیل سلسه مراتبی که در آن تراکم زمین لغزش در نقشه خطر به طور صحیح تهیه شده یعنی از رده های پایین به سمت رده های بالا صعودی و انحراف میانگین مقادیر تراکمی لغزش ها زیاد ی از تفکیک پذیری بالایی بین پهنه ها برخور دار می باشد و دارای مجموع کیفیت و دقت بالاتری می باشد مدل گامای فازی۰/۷ است.

جدول۳ - مساحت پهنه‌های خطر زمین لغزش براساس عملگرهای فازی و AHP

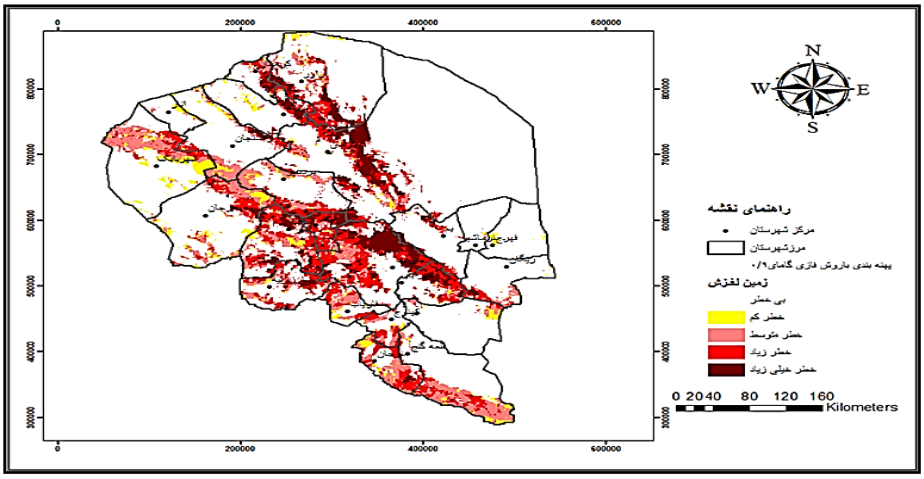
مدل‌پهنه بندی	رده خطر لغزش	مساحت پهنه درصد	مساحت لغزش پهنه درصد	نسبت تراکمی (Dr)	نسبت درصد مساحت (S)	در Qs هرروده	مجموع کیفیت (Qs)	دقت روش (P)
	۱	٦٤/٤٠	۱/٤	۰/۰۲۲	۰/٦٤۳	۰/٦۱٤		
	۲	۱۰/۷۷	۰/٤۳	۰/۰٤۰	۰/۱۰۷	۰/۰۹۹		
گاما۰/۷	۳	۱۳/۱۰	۲۸/۵۱	۲/۱۷	۰/۱۳۰	۰/۱۸۱	٤/۰۵	۰/۰۰٦
	٤	۸/٤٤	٤۱/۷۸	٤/۹٤	۰/۰۸٤	۰/۳۱٦		
	۵	۳/۲۷	۲۷/۷۹	۸/٤۹	۰/۰۳۲	۱/۸۳۷		
	Sum	۱۰۰	۱۰۰					
	۱	٦۲/٦٦	۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/٦۲٦	۰/٦۲٤		
	۲	٦/۹۵	۰/۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰٦۹	۰/۰٦۷		
گاما۰/۸	۳	۱۲/٤۱	٤۲/۳۸	۳/٤۱	۰/۰۰۵	۰/۰۳۱	۱/۸۵	۰/۰۰۵
	٤	۱۰/۹۸	۲۸/۲۸	۲/۵۷	۰/۱۰۹	۰/۲۷۲		
	۵	۵/٦۷	۲۷/۷۷	٤/۸۹	۰/۰۵٦	۰/۸٦۰		
	Sum	۱۰۰	۱۰۰					
	۱	٦٤	۱/۵	۰/۰۲۳	۰/٦۳۹	۰/٦۰۹		
	۲	٤/۳۳	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰٤۳	۰/۰٤۳		
گاما۰/۹	۳	۱۱/۷۰	۷/٤	۰/٦۲۹	۰/۱۱۷	۰/۰۱٦	۳/۲۷	۰/۰۰۵
	٤	۱۲/٦۰	٦۳/۲	۵/۰۱۹	۰/۱۲۵	۲/۰۳۵		
	۵	۷/۳٤	۲۷/۷	۳/۷۸	۰/۰۷۳	۰/۵٦۹		
	Sum	۱۰۰						
	۱	۵۹/۸٦	۱/٤٦	۰/۰۲٤	۰/۰۵٤	۰/۵٦		
	۲	۵/۵۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۵٤	۰/۰۵		
	۳	۲۰/۱۲	۵۸/۲	۲/۸۹	۰/۲۰۱	۰/۷۲	۲/۳۱	۰/۰۰۵
AHP	٤	۹/۰۱	۱۲/۱۱	۱/۳۲	۰/۰۵۵	۰/۰۰۵		
	۵	۵/٤۱	۲۸/۱۸	۵/۲۰	۰/۵۹۸	۰/۹۵		
	Sum	۱۰۰	۱۰۰					



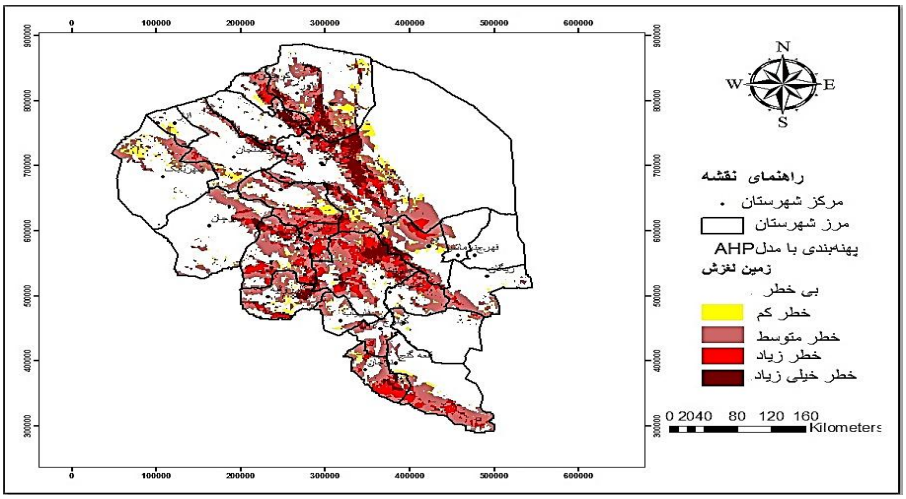
شکل۱۹- نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در استان کرمان با روش گامای فازی۰/۷



شکل۲۰- نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در استان کرمان با روش گامای فازی۰/۸



شکل۲۱- نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در استان کرمان با روش گامای فازی۰/۹



شکل۲۲- نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در استان کرمان با روشAHP

بحث

در منطقه مورد مطالعه، در درجه اول عوامل شیب، لرزه خیزی، لیتولوژی، تراکم آبراهه، مورفولوژی، بارش و کاربری اراضی به ترتیب اولویت به عنوان عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش های منطقه استان کرمان شناسایی شدند. در مدل AHP براساس وزن نسبی ، عامل شیب با وزن نسبی ۰/۲۷۵ به عنوان مؤثرترین عامل و عامل کاربری اراضی با وزن نسبی ۰/۰۵۹ درصد به عنوان کم تأثیر ترین عامل شناخته شده است. میزان نرخ ناسازگاری نیز۰/۰۳ درصد به دست آمد که این بیانگر مقایسه‌ی زوجی صحیح عوامل مؤثر می باشد. در این پژوهش برای کلاس‌های هریک از عوامل که دارای احتمال بیشترین سطح زمین لغزش است، بیشترین ارزش و برای طبقه های فاقد زمین لغزش یا احتمال لغزش درآنها کم می باشد کمترین ارزش داده شده است.بنابراین بیشترین امتیاز به مفهوم حساسیت بیشتر یا پتانسیل بیشتر از نظر وقوع زمین لغزش خواهد بود و برعکس کمترین امتیاز به معنی آن است که پهنه مورد نظر حساسیت کم و یا منطقه کم خطر یا بدون خطر از نظر وقوع لغزش می باشد برای محاسبه میزان یا پتانسیل خطر وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه در محیط GIS از (رابطه٤) استفاده شده است:

رابطه(٤)

$$Y=0.275*1+0.199*2+0.164*3+0.110*4+0.098*5+0.096+6+0.059*7$$

که در آن Y میزان خطر زمین لغزش، و فاکتور های۱*تا۲* به ترتیب اولویت مربوط به وزن نسبی شاخص های شیب، لرزه خیزی، لیتولوژی، تراکم‌آبراهه، مورفولوژی، بارش و کاربری زمین می باشند

در مدل فازی عملگر گامای فازی در مقایسه با دو عملگر جمع و ضرب فازی نقش تعدیلی در نتیجه دارد و حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقیعت نزدیکتر می کند. این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی براساس رابطه (۵) تعریف می شود که این عملگر به نقشه های نهایی حاصل از اعمال وزن دهی سلسله مراتبی اعمال و نقشه های نهایی جهت مشخص شدن پهنه های حساس خطر وقوع ناپایداری دامنه در محدوده پژوهش استخراج گردید .

رابطه(۵)

$$u_{combination} = ((\text{Fuzzy Algebraic Sum}) (\text{Fuzzy Algebraic Product}))^{1-y}$$

که در آن $u_{combination}$ لایه حاصل از گامای فازی و Y پارامتر تعیین شده در محدوده صفر و یک است. زمانی که Y را برابر ۱ قرار دهیم ترکیبی که اعمال می شود همان جمع جبری فازی و زمانی که Y برابر صفر باشد ترکیب، برابر با ضرب جبری فازی است. مقدار در نظر گرفته شده برایY مقادیری در خروجی ایجاد می کند، که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهشی ضرب جبری فازی سازگار است.

در نهایت برای تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در محیطArcGIS ابتدا تمامی لایه هایی راکه بوسیله مدل AHP و FUZZY وزن دهی شده‌اند درمحیط Arc GIS رقومی گردیدند وسپس از طریق Spatial Analyst با استفاده از دستورConvert لایه های لرزخیزی، لیتولوژی، مورفولوژی وکاربری اراضی تبدیل به Raster شدند، همچنین لایه بارش با استفاده از روش درون یابی(IDW) و تراکم آبراهه با استفاده از Linedensity در محیط GIS به لایه رستری تبدیل شدند. سرانجام برای تلفیق لایه ها در مدل AHP با دستور Weighted Sum از طریق Spatial Analyst و در مدل فازی با عملگر Times همگی لایه ها با هم جمع شدند.

در نهایت جهت محاسبه طبقه بندی و مشخص شدن مساحت هر یک از کلاس های زمین لغزش اقدام به طبقه بندی نهایی ناپایداری دامنه در ۵ کلاس با خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، و بدون خطر نمودیم. یافته‌های حاصل از محاسبه در هر٤مدل به کار گرفته شده، ضمن تفکیک پذیری خوب، متناسب با افزایش خطر پهنه‌ها رو به فزونی نهاده است. مقدار شاخص مجموع کیفیت(Qs) که مقایسه و ارزیابی روش‌ها را در قیاس با یکدیگر نشان می دهد در گامای فازی۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ ومدلAHP به ترتیب ٤/۰۵، ۱/۸۵، ۳/۲۷ و ۲/۳۱ بدست آمده است. مقادیر دقت روش(P) هم برای سه اپراتور فازی به کار گرفته شده، به ترتیب عبارت است از:۰/۰۰٦، ۰۰۵/ ۰ ، ۰۰۵/۰و۰/۰۰۵ .

براساس این یافته‌ها، اپراتور گامای۰/۷ به عنوان مناسب‌ترین گامای فازی در پهنه بندی خطر لغزش استان کرمان انتخاب شده و از صحت و مطلوبیت بیشتری در مقایسه با دو اپراتور۰/۸ ، ۰/۹ و مدل AHP جهت پهنه‌بندی خطر لغزش در محدوده مطالعاتی برخوردار می باشد. همسو با این پژوهش (شهابی و همکاران ،۱۳۹۱)، به پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدلAHP وعملگر های منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سر پل ذهاب واقع در استان کرمانشاه پرداخته اند و (عابدینی و طولابی ، ۱۳۹۵) به پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه نوژیان با مدل AHP و فازی پرداخته اند درنتیجه آنها به این نتیجه رسیدند که مدل گامای ۰/۷ به دلیل شاخص کیفیت بالا و تفکیکی پذیری مناسب پهنه ها از دقت بالایی برخوردار می باشد.

نتیجه گیری

در تهیه ی نقشه پهنه بندی خطر، هفت عامل شیب، لرزه خیزی، لیتولوژِی، تراکم آبراهه، مورفولوژی، بارش و کاربری اراضی به عنوان عوامل مؤثر بر زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفتند. در این پژوهش از روش هایAHP ومدل فازی (عملگر گاما با عملگرهای ۰/۷، ۰/۸ و۰/۹) برای پهنه بندی خطر زمین لغزش واز روشQs نیز برای ارزیابی صحت نقشه استفاده شد. نتایج ارزیابی نقشه های پهنه بندی نشان داد که روش گامای با عملگر ۰/۷ با Qs: ٤/۰۵ از مطلوبیت بهتری نسبت به سایر روش ها ی استفاده شده برخوردار است. لازم به ذکر است که روش AHP و گامای فازی با لاندای ۰/۹ به ترتیب (با QS:۳/۲۷ و ۲/۳۱) در اولویت های دوم وسوم قرار می گیرند. مقدار نسبت تراکمی (Dr) به دست آمده برای هریک از پهنه های خطر در مدل فازی گامای ۰/۷ بیانگر این است، که تفکیک پذیری پهنه‌های

خطر با دقت صورت گرفته است، زیـرا متناسـب بـا افـزایش خطر، مقدار نسبت تراکمی در پهنه هـای خطـر نیـز افـزایش یافته است.

منابع

ابراهیمی مقدم،ف.، (۱۳۹۵)، "پایانامه پهنه بندی خطر زمین لغزش استان کرمان با دو روش فازی (Fuzzy) و تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در محیط GIS "، پایانامه کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم ، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

اخلاص‌پور،پ.، (۱۳۹۲)، پهنه بندی خطر زلزله در استان کرمان با کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) واستفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (فازی وAHP). پایانامه تحصیلی کارشناسی ارشد .دانشکده علوم. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

ایلانلو، م.، مقیمی، ا.، ثروتی، م.، و قهرودی تالی،م.، (۱۳۸۹)،" پهنه بندی خطر حرکات تودهای با استفاده از روش منطق فازی حوضه آبریز سیرا"، مجله چشم انداز جغرافیایی (علمی-پژوهشی) سال پنجم، شماره ۱ ، ص۲۵-۱۳.

حافظی‌مقدس، ن.، غفوری،م.، (۱۳۸۸)، " زمین شناسی زیست محیطی"، شماره۱، ص۱٤۲-۱۳۷.

سوری، س.، (۱۳۹۰)، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی، حوضه کشوری (نوژیان)"، پایانامه کارشناسی ارشد ، دانشکده علوم ، دانشگاه فردوسی مشهد.

شـریعت جعفـری، م.، (۱۳۷۵)،" زمـین لغـزش مبـانی و اصـول پایداری شیبهای طبیعی"، انتشارات سازه،دانشگاه تهران

شهابی، ه.، میر نظری، ج.، و خضری ، س.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل AHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سر پل ذهاب (استان کرمانشاه)" جغرافیا و توسعه، شماره ۳۷صص ۷۰-۵۳.

شیرانی،ک.، عرب عامری، ع.، (۱۳۹٤)، "پهنه بندی خطر وقوع زمینلغزش با استفاده از روش رگرسیون لجستیک حوضه دز علیا"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک سال نوزدهم ، شماره ۷۲.

طولابی ،س.، عابدینی،م.،(۱۳۹۵)،" پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه نوژیان با مدل های هم پوشانی فازی و AHP "، نشریه علمی-پژوهشی، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، چاپ دهم، شماره ۳٤ص ۹۳-۱۰۳.

عامری،ع.، حلبیان،ا.، (۱۳۹٤)، " پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل آماری دو متغیره وزنیAHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی" ، حوضه زرند، فصل نامه جغرافیایی طبیعی، شماره ۲۸ص ٦۵-۸٦.

عباس نژاد ا.، (۱۳۹۱)، "زمین لغزه عظیم جیرفت"، علوم زمین، سال بیست ویکم، شماره ۸۳، ص٤۱-٤۸.

عباس نژاد، ا.، (۱۳۸۳)، " گزارش مطالعه توده رانشی مقابل نیروگاه سد جیرفت"، شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان، (۱۳۸۳) ص۱۲۰.

عباس نژاد، ا.، (۱۳۸۵)، " بررسی جاذبه‌های طبیعی واکوتوریسم مناطق تحت مدیریت سازمان محیط زیست در استان کرمان"، اداره کل محیط زیست استان کرمان.

قدسی پور، س. ح.، (۱۳۸۱)، مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ سوم.

قدسی پور، س. ح.، (۱۳۹۱)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ویرایش اول، چاپ دهم، ۲۳۲ص.

کرم، ع.، (۱۳۸۰) ، مدل سازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده حوزه آبخیز سرخون- استان چهار محال بختیاری، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

کرمی، ف. بیاتی خطیبی، م.، (۱۳۸٦)، "ارزیابی و پهنه بندی حرکات توده ای مواد در حوضه آبریز اوجان چای"، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۹، ص۱۰۷-۱۲٤.

کرنژادی، آ.، اونق، م.، سعدالدین، ا. (۱۳۹٤)، پهنه بندی خطر و خسات زمین لغزش در حوضه آبخیز زیارت استان گلستان. دو فصل نامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۷ ص۵۱-٦۲.

کریمی، م.، نجفی ، ا.، (۱۳۹۲)، "ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل ترکیبیFUZZY-AHP در راستای توسعه و امنیت شهری منطقه یک کلان شهر تهران"، فصلنامه علمی-پژوهشی، پژوهش های فرسایش محیطی، سال دوم، ۸ ص۹۵-۷۷ .

مردان، م.، مافی، م .، (۱۳۸۵) ،"بررسی پراکندگی زمین لغزش های شهرستان زرند"، گرروه بلایای طبیعی و مدیریت بحران پایگاه داده های علوم زمین.

مقیمی، ا.، یمانی، م.، رحیمی هرآبادی، س.، (۱۳۹۲) ،"ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه، پژوهش‌های ژئو مورفولوژی کمی، شماره ٤ص ۱۱۸-۱۰۳.

نعمت، ل.، سبزه ئی، م.، (۱۳٦۲)، "گزارش مقدماتی سیلان خرده سنگهای دامنه شرقی کوه داوران در دهکده جرجافک"، سازمان زمین شناسی مرکز جنوب شرقی، کرمان.

dela Cerna, M. A. and Maravillas, E. A.(2016), "An Application of Partitive Clustering Algorithm for Landslide Hazard Zonation", In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* (Vol. 1).

Gee, M.D., (1992)," Classification of Landslides Hazard Zonation Methods and a Test of PredictiveCapability" ,In: Bell, Davi, H. (eds.), Proceedings 6th International Symposium on Landslide,pp 48-56.

Gorsevski, P. V., Jankowski, P. & Gessler, P. E. ,(**2006**)," Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process", *Control and Cybernetics*, *35*(1) pp 121.

Tazik, E., Jahantab, Z., Bakhtiari, M., Rezaei, A. & Alavipanah, S. K. (**2014)**, Landslide susceptibility mapping by combining the three methods Fuzzy Logic, Frequency Ratio and Analytical HierarchyProcess in Dozain basin. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *40*(2) pp 267.

Zhu,A.X. & Scott, Mackay,D. ,(**2001**),"Effects of spatial detail of soil information on watershed modeling",Journal of hydrology 284pp 57-7.

Moradi, M., Bazyar, M. H. & Mohammadi, Z .,(2012)," GIS-based landslide susceptibility mapping by AHP method, a case study, Dena City, Iran"*Journal of Basic and Applied Scientific Research*, *2*(7) pp 6715-6723.

Landslide Hazard Zonation in Kerman province with the Models

F.Ebrahimi and A. Abbasnejad

The purpose of this study is zonation of landslide in Kerman province with Fuzzy and AHP models. In this study in order to obtain hazard zonation map, 7 factors were studied. This factors in GIS software were mapped and then classified and weighted. These maps were overlapped with the landslide distribution map,until the role of landslides distribution to be determined. Finally, the 7 factors including slope, Seismicity, lithology, Drainage density, Morphology, Precipitation, Land use were identified as factors influencing in landslides the basin. The maps the landslide hazard zonation was prepared based on these 7 factors and the methods of AHP and Fuzzy Gamma operator 0.7, 0.8 and 0.9 in GIS. Also the index of Quality sum (Qs) were used for evaluation of the accuracy of zonation maps. The results of the evaluation of the maps showed that the amount the indices Qs for AHP model is equal to 2.31 and for Fuzzy Gamma operator, it would be 0.7, 0.8 and 0.9 respectively 4.05,1.85,3.27. Therefore, it is concluded that the operator the Fuzzy gamma would be 0.7 compared to other methods. So it is better for utilization in the landslide hazard zonation in in Kerman province

Keywords: Landslide zonation, Kerman province, Fuzzy model, AHP model, Qs, GIS