فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال یازدهم، شماره ۳۸،بهار ۹۶

# پهنه بندی خطر زمین لغزش جاده کن- سولقان به روش منطق فازی

سحر حسنی[۱]، علی ارومیه ای[۲] و زهرا ملکی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. sahar.hasani@srbiau.ac.ir
۲-استادگروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
۳-استادیارگروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

**چکیده**

**ناپایداری دامنه‌ها از جمله معضلات جهانی است که هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را بر زندگی بشر و محیط پیرامون آن وارد می‌کند. دخالت هر چه بیشتر بشر در طبیعت با ساخت سازه‌ها و برهم زدن چرخه‌های طبیعی از جمله عوامل اساسی در افزایش تعداد لغزش‌ها و بالا رفتن میزان خسارات و آسیب‌ها می‌باشد.در این مقاله خطر ناپایداری دامنه‌ها در نقشه‌ی راه کن – سولقان مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش با استفاده از سیستم منطق فازی در محیط نرم افزار ArcGIS و IDRISI، نقشه های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. سپس به منظور ارزیابی میزان دقت و کارایی از اپراتورهای مختلف روش فازی برای نتیجه‌ی بهتر استفاده شد. براساس بررسی‌های انجام گرفته، تاثیر عوامل تکتونیکی نظیر گسل‌ها به عنوان موثرترین پارامتر در حرکات دامنه‌ای شناخته شده است. در نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با عملگر اشتراک فازی، محدوده‌ی زمین لغزش‌های موجود در منطقه نسبت به میزان مناطق با احتمال وقوع لغزش در نقشه مطابقت خوبی نشان می‌دهد. به همین منظور پیشنهاد می‌شود در این بخش ها جهت جلوگیری و یا کاهش خطرات دامنه ای در منطقه مورد مطالعه از گسترش فعالیت‌های عمرانی در مناطق با حساسیت بالای زمین لغزش جلوگیری گردد.**

**واژگان کلیدی: جاده کن- سولقان، رشته کوه البرز، پهنه بندی خطرزمین لغزش، سیستم منطق فازی، نرم افزار ArcGIS.**

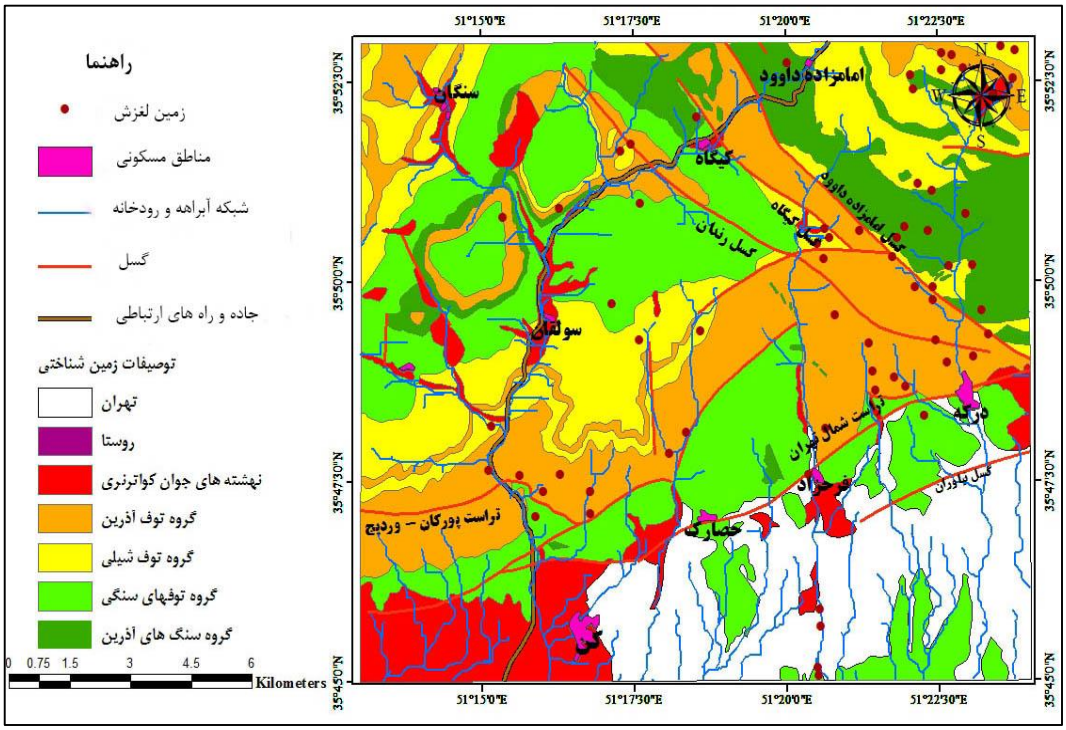
**مقدمه**

ناپایداری دامنه‌ها از جمله معضلات جهانی است که هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را بر زندگی بشر و محیط پیرامون آن وارد می‌کند. یکی از عرصه‌های قابل توجه در مطالعات و پژوهش‌های مربوط به حرکات دامنه‌ای، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع آن در محدوده‌های محلی تا جهانی می‌باشد. واژه پهنه‌بندی در معنای لغوی خویش به مفهوم تقسیم‌بندی زمین به واحدهای همگن می‌باشد. هدف از تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی به دست آوردن الگوئی مناسب برای برنامه‌ریزی بهینه جهت استفاده‌ی مناسب از زمین می‌باشد. قطعاً تعیین کاربری مناسب اراضی ارتباط تنگاتنگی با تعیین نقاط حادثه خیز طبیعی به ویژه دامنه‌های ناپایدار خواهد داشت(جلالی، ۱۳۷۶). شناخت نواحی مستعد وقوع حرکتهای توده‌ای و ناپایداری‌ها یکی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی است. حرکت‌های توده‌ای و زمین لغزش‌ها تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی متعددی رخ می‌دهند که ارزیابی تاثیر هریک از این عوامل، نقش به سزایی در پیش بینی احتمال وقوع حرکت‌های توده‌ای و پهنه‌بندی خطر آن‌ها دارد. عامل اصلی در حرکات دامنه‌ای و ناپایداری دامنه‌ها نیروی ثقل است و عوامل دیگر مانند بارش، زمین لرزه، خصوصیات ساختاری دامنه و جنس سنگ یا خاک می‌توانند به عنوان عوامل تحریک کننده تأثیر گذار باشند (کرم و محمودی، ۱۳۸۴). منطقه مورد مطالعه برروی محدوده‌ی کرج – سولقان و دامنه‌ی جنوبی بخش مرکزی رشته کوه‌های البرز و در بین راندگی شمال تهران و گسله معکوس امامزاده داوود قرار دارد و بخش عمده‌ی ناحیه‌ی البرز را در محدوده حوضه‌ی تهران شامل می‌شود.

جاده‌های منطقه همواره در معرض خطرات ناشی از ریزش و لغزش دامنه‌های اطراف در مسیر راه هستند. و از طرفی اصلاح، توسعه و تعویض جاده امامزاده داوود که از نقاط صعب العبور و دامنه‌های پرشیب کوهستانی عبور میکند مساله آفرین می‌باشد، زیرا در اکثر نقاط از یک سمت مشرف به دره‌ی عمیق و از طرف دیگر به دیواره تند و پر شیب متصل می‌باشد و هرگونه تغییری باید با مطالعات دقیق و بررسی دامنه‌ها انجام پذیرد تا منجر به ناپایداری دامنه‌ها نشود، زیرا حرکات دامنه‌ای معمولا حاصل بهم خوردن شرایط تعادل دامنه‌ها به علت دخالت نیروهای طبیعی و انسانی می‌باشد. در این پژوهش میزان مستعد بودن مناطق از لحاظ وقوع حرکات دامنه‌ای مورد مطالعه و پهنه‌بندی قرار گرفته است، از این رو امتداد جاده کن – سولقان در شمال غرب استان تهران به عنوان محدوده‌ی مورد مطالعه انتخاب شده است. از آنجایی که سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی یا GIS ابزاری قوی و مفید برای مدیریت داده‌های مکانی و تصمیم‌گیری در مورد چالش‌های محیطی می‌باشد، لذا به این منظور با جمع‌آوری و پردازش لایه‌های مختلف اطلاعاتی(جهت شیب، زاویه شیب، زمین‌شناسی منطقه، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده) و تلفیق آن‌ها با استفاده از سیستم منطق فازی در محیط نرم افزار ArcGIS و IDRISI، نقشه‌ای با عنوان پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، تهیه می‌گردد. سپس به منظور ارزیابی میزان دقت و کارایی اپراتورهای مختلف روش مذکوردر پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، به طور جداگانه اقدام به مقایسه تجربی هر یک از نقشه‌های پهنه‌بندی با نقشه پراکنش زمین لغزش‌های رخ داده در امتداد جاده کن – سولقان شده است. در نهایت نقشه پهنه‌بندی که بهترین مطابقت را با نقشه پراکنش زمین لغزش‌های محدوده مورد مطالعه داشته باشد، به عنوان نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در امتداد جاده کن – سولقان معرفی خواهد شد.

**منطقه مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه در محدوده جاده کن– سولقان در بخش جنوبی پهنه البرزمرکزی و سازند کرج (متعلق به دوران ائوسن میانی با ۳۰۰۰ متر ضخامت) قرار دارد. از نظر سنگ‌شناسی، منطقه در برگیرنده سنگ‌های توفی و توده‌های نفوذی دوره ائوسن از ترشیاری می‌باشد که همگی در سازند کرج تعریف می‌شوند. به خاطر فعالیت‌های تکتونیکی زیاد، منطقه مورفولوژی جوان دارد و در برگیرنده تعداد بی شماری آبراهه، مخروط افکنه و نهشته‌های آبرفتی در مسیل رودخانه‌ها و آبراهه‌ها می‌باشد. در شکل ذیل نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود (شکل۱). این پهنه از نظر تکتونیکی جز مناطق فعال به شمار می‌رود و در بردارنده‌ی تعدادی گسل با روند شرقی – غربی و از نوع تراستی می‌باشد. همچنین ساختارهای چین خورده و شکستگی و درزه‌های متعدد در منطقه دیده می‌شود. فعالیت‌های تکتونیکی منطقه همچنین باعث ناپایداری دامنه‌ها به صورت زمین لغزش واریزه‌های سنگی و سنگ‌های افتان می‌باشد. عملکرد این ناپایداری‌ها در مسیر جاده کن– سولقان موجب به خطر افتادن مسیر راه که از جمله راه‌های سیاحتی– زیارتی و پرتردد منطقه می‌باشد. از دیدگاه جغرافیایی جاده کن – سولقان از شمال روستای کن و انتهای بلوار کوهسار در شهران آغاز شده و پس از گذشتن از روستای سولقان وسپری کردن مسافتی به طول ۲۵ کیلومتر به امام زاده داوود می‌رسد. این جاده در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۴ دقیقه قرار گرفته است. در واقع این جاده در شمال غربی تهران واقع شده است، که شمال این جاده به ارتفاعات ۲۰۰۰ متر از سطح دریا ختم می‌شود. از نظر چینه شناسی، سنگ بستر این منطقه از سازندهای دوران ترشیاری تشکیل شده که در مناطق کوهستانی شمالی تهران رخنمون یافته‌اند و عمدتاً از گدازه‌های آتش فشانی ائوسن محسوب می‌شوند. رسوبات جوان تر روی این سنگ بستر قرار گرفته‌اند. سنگ‌های این منطقه عمدتا شامل توده‌های نفوذی، توف آذرین، توف سنگی، توف شیلی، توف‌های سبز که توسط نهشته‌های جوان کواترنری پوشیده شده است.




**شکل۱- نقشه زمین شناسی در جاده کن – سولقان، (تهیه شده بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران**

**شکل۲- الف، لایه بندی‌های سنگ‌های آذر آواری در سازند کرج (ترانشه‌های مسیر جاده منطقه مورد مطالعه – دید به سمت شمال). ب، نمونه‌ای از لغزش توده‌ای در منطقه مورد مطالعه، جاده کشار (دید به سمت جنوب).**

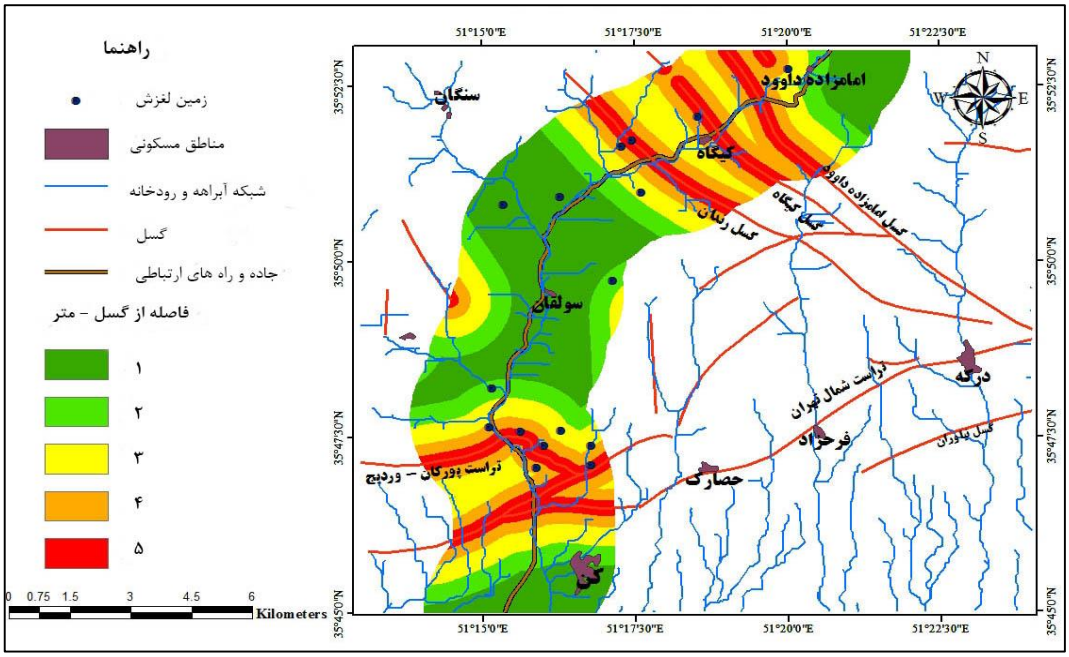
قدیمی ترین واحد چینه شناسی در منطقه واحد E1r و جوان ترین واحد چینه شناسی در منطقه مورد مطالعه واحد Qt1 می‌باشد. از نظر چینه شناسی، به غیر از سازند کرج که تقریباً تمامی سطح منطقه را پوشانده است، نهشته‌های منفصل و جوان کواترنری که شامل مواد حاصل از لغزش‌ها، ریزش‌ها، پادگانه‌های های درشت دانه قدیمی و آبرفت‌های درشت دانه بستر رودخانه‌ی اصلی منطقه به صورت دگرشیب برروی سازند کرج وجود دارد (شکل،۲). منطقه

مورد مطالعه برروی محدوده‌ی کرج – سولقان و دامنه‌ی جنوبی بخش مرکزی رشته کوه‌های البرز و در بین راندگی

شمال تهران و گسله معکوس امامزاده داوود قرار داردو بخش عمده‌ی ناحیه‌ی البرز را در محدوده حوضه‌ی تهران شامل می‌شود.کوه‌های البرز با روند عمومی خاوری–باختری، بخشی از کمربند کوهزایی بسیار فعال و جوان آلپ_ هیمالیا به شمار می‌آیند که طی حرکت‌های کوهزایی آلپی پایانی به صورت کنونی در آمده‌اند. فعالیت‌های آتشفشانی در این پهنه از گستردگی خاص و وسیعی برخوردار است. سازندهای ائوسن زیرین در این ناحیه بر خلاف ناحیه‌ی کوچکتر توچال از ضخامت کمتری برخوردار است. توده‌های نفوذی با ترکیب مونزودیوریت – مونزوگابرو، بیشتر در این قسمت دیده می‌شود. نیروهایی که باعث چین خوردگی‌های واحدهای مختلف این منطقه شده است، سنگ‌های توده‌ی نفوذی را نیز مورد تاثیر قرار داده است.در این ناحیه ناودیس بزرگی با راستای محوری NWW-SEE به نام ناودیس ازنگه تشکیل یافته و در کنار آن تاقدیس‌های فشرده از جمله تاقدیس سد کرج و واریش – سنگان به وجود آمده است. پژوهش‌های انجام شده دو جهت متفاوت تنش را به ویژه در سازندهای ائوسن نشان داده است. در اثراین تنش‌ها برخی از گسله‌های با راستای جنوب خاوری –شمال باختری که سن پس از ائوسن دارند، پس از پلیوسن دوباره فعال شده‌اند. محدوده کوهستانی ناحیه البرز مرکزی در شمال تهران در قسمت کن – سولقان، توسط یک سری از چین‌های باروند جنوب خاوری – شمال باختری تا خاوری باختری و راندگی‌هایی که به سوی شمال شیب دارندو اغلب در سنگ‌های سازند ائوسن کرج توسعه یافته‌اند شکل گرفته است. راندگی‌ها دارای راستای خاوری – باختری هستند که از محور مرکزی البرز برروی هم و به سوی جنوب و شمال رانده شده است. در این بخش به بررسی گسل و درزه های منطقه خواهیم پرداخت.

## گسل‌های منطقه

گسل‌ها از مهمترین عناصر ساختاری در منطقه مورد مطالعه می‌باشند که در به وجود آوردن تغییرات در سطح و مورفولوژی منطقه سهم به سزایی دارند. مهمترین گسله‌های منطقه عبارتند از: گسل تراستی شمال تهران، گسل معکوس امامزاده داوود، گسل کیگاه، گسل رندان، گسل کشار، گسل تراستی پورکان– وردیج و گسل نیاوران (شکل ۳ ).




**شکل۳– نقشه گسل های منطقه و فاصله از گسل در جاده کن– سولقان (تهیه شده بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران**

**گسل تراستی شمال تهران**

گسل شمال تهران بین شاخه غربی گسل مشا و شهر قرار دارد اگر گسل شمال تهران فعال شود میزان خسارت به مراتب خیلی حادتر از زلزله‌ای است که در سال ۱۹۶۸ رخ داده است گسل شمال تهران از این لحاظ می‌تواند یک چشمه لرزه زا، باشد گسل شمال تهران در فاصله بین کوه‌های شمال تهران و شهر و در روی پهنه‌های جنوبی کوه‌های شمال تهران به طول ۷۵ کیلومتر قرار گرفته است. راندگی شمال تهران با درازای بیش از ۷۵ کیلومتر نزدیک‌ترین گسل زلزله زا به شهر تهران است، به نظر می‌رسد که این گسل شاخه‌ای از گسل فشاری مشا است در شمال تهران و در کوهپایه‌ها، در اکثر مناطق این گسل سبب راندگی سازند دوران ترشیاری کرج بر روی آبرفت‌های هزار دره و آبرفت‌های ناهمگن شمال تهران بخش کوهپایه ایران مرکزی در شمال تهران شده است در برخی نقاط مانند باغ اناری در غرب کن و شمال چیتگر راندگی شمال تهران، در داخل سازند کرج دیده می‌شود (شکل۳).

**گسل معکوس امامزاده داوود**

راستای شمال غرب ـ جنوب شرق دارد و از حوالی امامزاده داوود عبور می‌کند این گسل معکوس دارای شیبی معادل ۸۰ درجه به سمت شمال شرق است که در حوالی ولنجک این گسل به گسل شمال تهران می‌پیوند.طول گسل ۲۱ کیلومتر از شمال غرب روستای طالون تا شمال ولنجک امتداد داردو پس از برخورد با گسله شمال تهران ادامه‌ی آن زیر آبرفت‌های تهران پنهان می‌شود (شکل۳).

**گسل های کیگاه و رندان**

گسل کیگاه از شمال روستای کیگاه در مسیر جاده امامزاده داوود عبور کرده و ما بین گسل‌های امامزاده داوود و رندان قرار می‌گیرد، طول گسل ۶ کیلومتر و شیب صحفه گسل به سوی شمال است. گسل رندان به طول ۷ کیلومتر تقریبا موازی با گسل امامزاده داوود قرار داشته که تراستی و راستالغز راستگرد می‌باشد و جابجایی راستگرد آن از روی آبراهه‌های متقاطع با گسل مشخص می‌باشد (شکل۳).

**گسل کشار، گسل های راندگی پورکان ـ وردیج و نیاوران**

این گسل از میان منطقه مورد مطالعه می‌گذرد و از سمت غرب روستای کشار اولیا شروع شده و در امتداد شمال شرق می‌باشد که طول آن ۶ کیلومتر و موازی با ناودیس سولقان می‌باشد که موجب بریدگی پهلوی شرقی آن و جابجایی بخش‌هایی از آن گردیده، سازوکار گسل؛ تراستی و راستالغز چپگرد با شیب ۲۴ درجه به سمت شمال غرب می‌باشد. گسل راندگی پورکان ـ وردیج از حوالی پورکان در مسیر جاده کرج چالوس تا وردیج و سپس شمال کن و فرحزاد ادامه می‌یابد ودارای راستای شمال غرب جنوب شرق است.گسل راندگی نیاوران با راستای شمال شرقی ـ جنوب غربی وبا طولی حدود ۱۳ کیلومتر از سعادت آباد تا نیاوران و شمال اقدسیه امتداد می‌یابد (شکل۳).

**درزه‌های منطقه**

درزه‌ها از عناصر ساختاری مهم هستند که در تخریب و هوازدگی سنگ‌ها و ناپایداری دامنه‌ها نقش به سزایی دارد. به دلیل سختی سنگ‌های آذر آواری و آتشفشانی تراکم درزه‌ها و نقش و اثر آنها در مقایسه با شیل‌ها بیشتر می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه انواع درزه‌های طولی، عرضی و برشی دیده می‌شود. درزهای برشی در تمام محدوده و درزهای طولی و عرضی در محل محورهای چین‌های موجود در منطقه بیشتر قابل مشاهده هستند. درزهای برشی بیشترین گسترش را در محدوده دارند، زیرا مقاومت کششی سنگ‌ها به مراتب از مقاومت فشارشی آنها کمتر است.به طور کلی وجود درز و شکاف در سنگ، پایداری و استحکام آن را به شدت کاهش می‌دهد. علاوه بر آن هوازدگی و فرسایش نیز در سنگ‌های درز و شکافدار سریعتر اثر کرده و این مساله باعث می‌شود سنگ مشخصات اولیه خودش را با سرعت بیشتری از دست

بدهد. آگاهی از وضعیت درزه‌ها کمک بسیاری در شناسایی مناطق لغزشی و ریزشی و تشخیص راه‌های جلوگیری از ناپایداری دامنه‌ها می‌نماید. خرد شدگی و تراکم درزه‌ها بیشتر در نواحی گسل امامزاده داوود، تراست پورکان – وردیج و گسل‌های رندان و کیگاه دیده می‌شود و بیشترین ریزش‌ها هم در حواشی زون‌های خرد شده‌ی این گسل‌ها دیده می‌شود. تثبیت این نواحی بوسیله پوشش گیاهی یکی از راهکارهای کاهش زمین لغزش می‌باشد. شیب درزه‌ها در اطراف گسل‌ها بیشتر است، در حالیکه شیب درزه‌ها در اطراف محور چین‌ها بطور نسبی کمتر می‌باشد. آنچه در مورد درزه‌ها مهم است تراکم آنها در مناطق متعدد می‌باشد.

از آن جایی که ویژگی‌های مهندسی نقش بسیار مهمی در ناپایداری دامنه‌ای دارند، برای تهیه نقشه ناپایداری دامنه‌ای بررسی خصوصیات مهندسی از جمله چسبندگی (c) و زاویه اصطحکاک داخلی (φ) ضروری است، به طور مثال هر چه میزان چسبندگی بیشتر باشد احتمال خطر ناپایداری دامنه‌ای کاهش می‌یابد. همچنین سازه‌های مهندسی هم در تشدید ایجاد زمین لغزش‌ها بسیار تاثیر گذارند، به گونه‌ای که هر چه میزان این سازه‌ها بیشتر باشد احتمال خطر زمین لغزش هم افزایش می‌یابد. عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش ها به دو دسته مستعد کننده و محرک تقسیم می‌شوند.

۱- عوامل مستعد: لیتولوژی، شیب، جهت شیب، تاقدیس، گسل. مثلا آبرفت ها و شیل ها جز لیتولوژی های حساس برای لغزش می‌باشد.

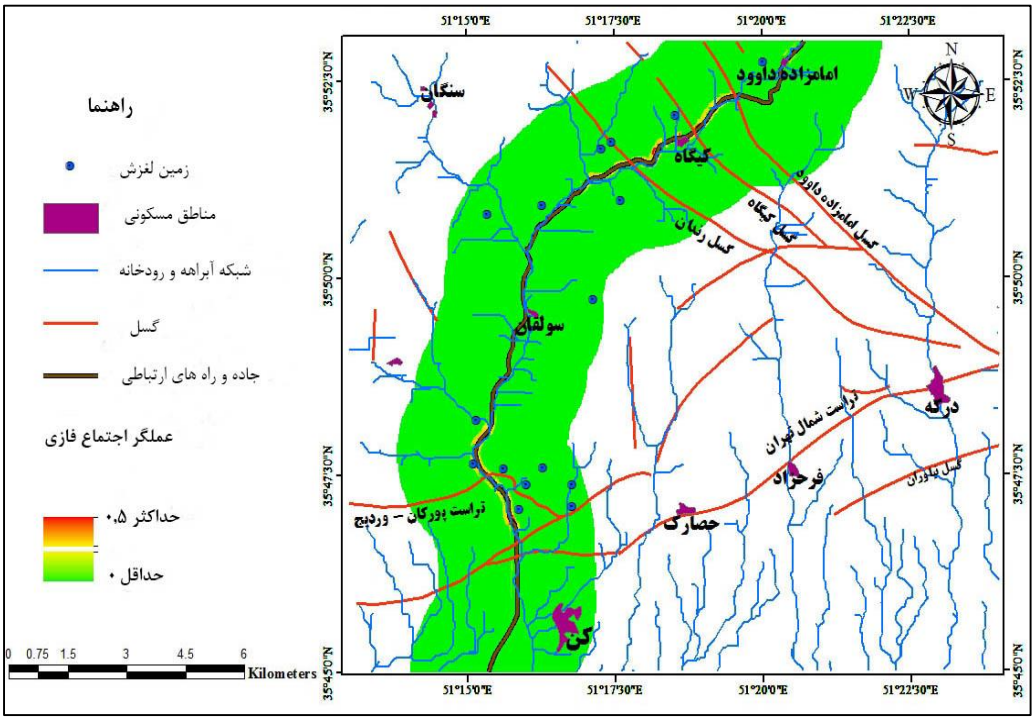
۲- عوامل محرک: خطرزلزله، راه و رودخانه. با گسترش مناطق مسکونی، ساخت راه ها مثل احداث پل برای عبور آزادراه تهران- شمال و عبور گسل های مهم و فعالی مانند گسل شمال تهران و امامزاده داوود که باعث برهم خوردن تعادل دامنه ها شده اند از عوامل بالقوه برای ایجاد زمین لغزش در این محدوده است.

**پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه**

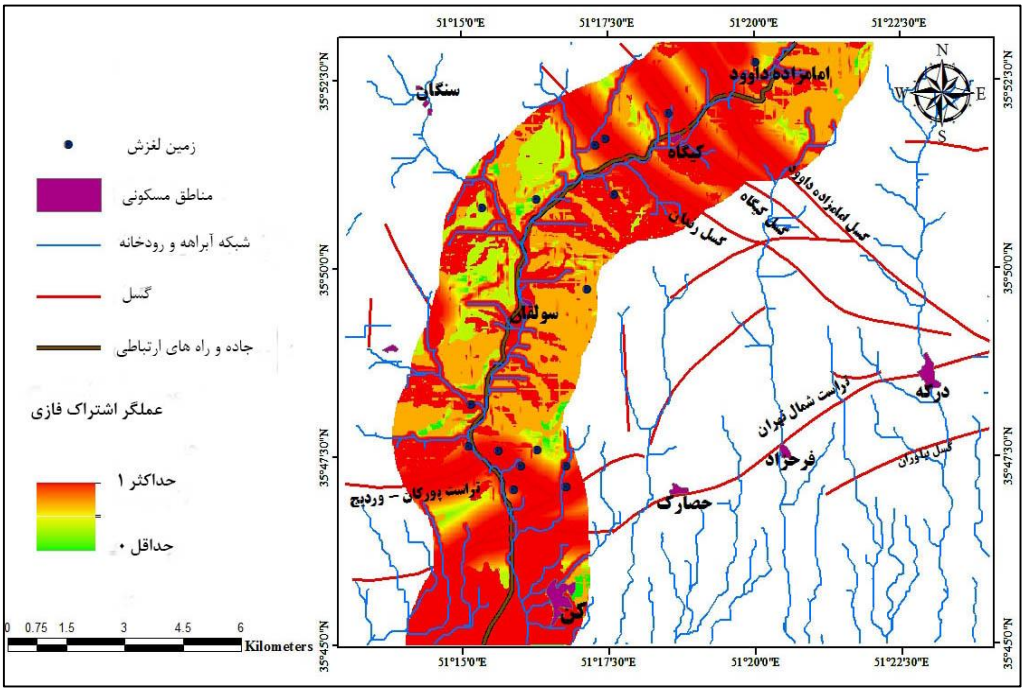
در این پژوهش به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش عملگرهای گوناگون فازی پرداخته شده است. تئوری مجموعه‌های فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور لطفی عسکرزاده در مقاله‌ای با عنوان " مجموعه‌های فازی" در مجله‌ی اطلاعات و کنترل ارائه گردید. در مجموعه فازی صفر بدین معنی است که هیچ عضویتی در آن مجموعه ندارد و یک، یعنی به گونه‌ای کامل عضو آن مجموعه است. (Zadeh, 1965; Gooijer, 2006). تئوری مجموعه‌های فازی یک روش خاص و مستقل برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش محسوب نمی‌گردد، بلکه ابزاری است که به واسطه‌ی آن امکان ارتقاء دقت روش‌های گوناگون فراهم می‌گردد (Ayalew et al, 2005; Jung et al, 1992). ملاک امتیازدهی فازی برای هریک از عوامل مرتبط، از تقسیم نسبت مناطق لغزش (درصد پیکسل‌هایی که در آن لغزش رخداده) به مناطق فاقد لغزش (درصد پیکسل‌های فاقد لغزش) به دست می‌آید( پور قاسمی و همکاران، ۱۳۸۶؛ مهدوی فر و همکاران، ۱۳۷۶). سپس هریک از وزن‌های به دست آمده از روش نسبت فراوانی، نرمال‌سازی گردیده ( بین ۰ و ۱ ) و وارد نرم افزار IDRISI شد. با انتخاب نوع و شکل تابع عضویت هریک از نقشه‌های مذکور فازی گردید و از عملگرهای فازی برای نتیجه‌ی بهتر به کار برده شده است. در این پژوهش، سیستم منطق فازی براساس لایه های تولید شده‌ی اکتشافی در GIS در بخش تئوری فازی، در نقش مجموعه های فازی ظاهر شده و توسط عملگرهای فازی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. با داشتن دو یا چند نقشه با توابع عضویت گنگ، می‌توان عملگرهای متنوعی را برای ترکیب مقادیر عضویت به کار گرفت. شبکه استنتاج فازی با استفاده از عملگرهایی مانند"و" ، "یا" ، ضرب و جمع جبری، اجتماع فازی و عملگر منطقی گامای فازی ایجاد می‌شوند ( Fallah-Ghalhary et al. 2009). در ادامه نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش منطقه مورد مطالعه را با عملگرهای فازی تشریح می‌گردد.

**اجتماع فازی (Fuzzy Overlay AND)**

استفاده از این عملگر منجر به تولید نقشه خروجی با کوچکترین مقدار عضویت گنگ در هر موقعیت می‌گردد. استفاده از این عملگر با تمایل به ایجاد مقادیر کوچک، به




**شکل۴- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر اجتماع فازی**




**شکل۵- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر اشتراک فازی.**

پدید آمدن تخمینی و محافظه کارانه کمک خواهد نمود. عملگر گنگ اجتماع فازی در شرایطی که دو یا چند قسمت از مدارک یا شواهد برای اثبات فرضیه ای باید با هم وجود داشته باشند، کارایی داشته و مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل۴).

### اشتراک فازی (Fuzzy Overlay OR)

با استفاده از این عملگر، مقادیر عضویت خروجی توسط مقدارهای حداکثر عضویت گنگ نقشه ها در هر موقعیت کنترل می‌شوند. با به کار گیری این عملگر، مقدار عضویت ترکیب شده در هر محل تنها توسط مناسب ترین نقشه های نشانگر محدود می‌شود (شکل۵)

### ضرب فازی (Fuzzy Overlay PRODUCT)

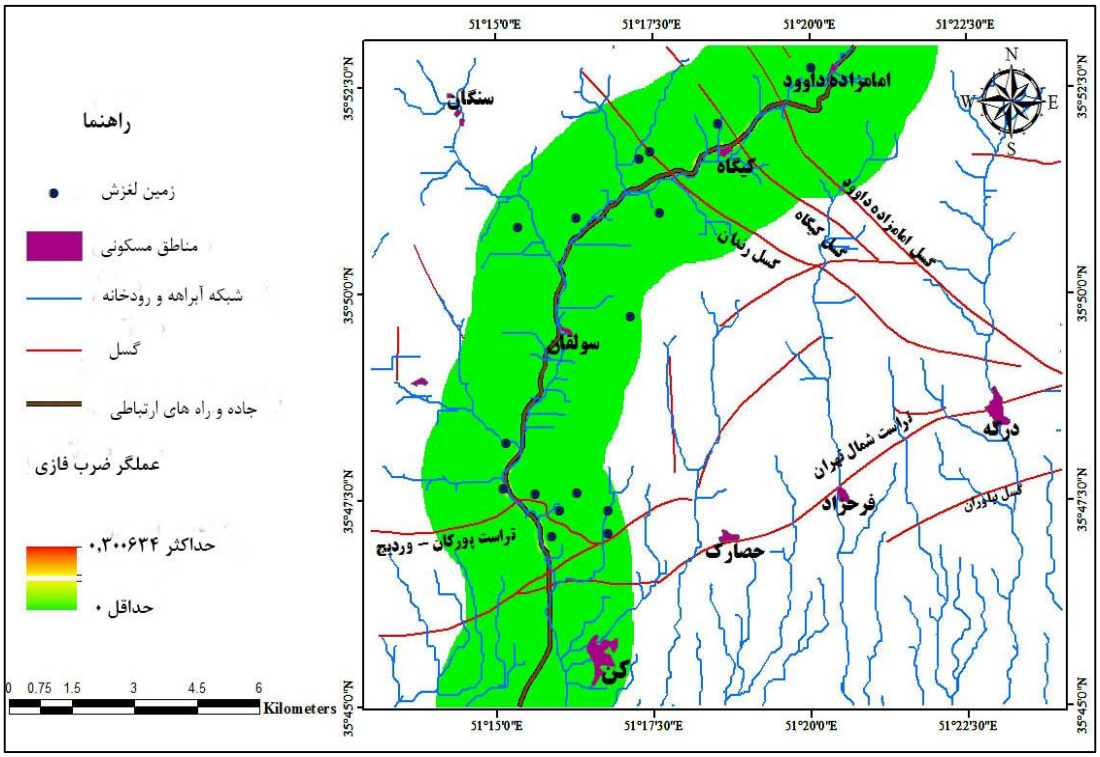
نتیجه‌ی عمل تلفیق توسط دو عملگر گنگ اجتماع و اشتراک فازی، فقط متأثر از یکی از نقشه های مورد استفاده برای انجام عمل تلفیق می‌باشد. در حالی که عملگرهایی که در ادامه معرفی خواهند شد، اثرات کلیه‌ی شواهد بکار گرفته و نقشه‌ی خروجی مختلط تولید می‌نمایند. مقادیر عضویت گنگ ترکیب شده با این عملگر، به مقادیر بسیار کوچک میل نموده و خرجی همواره کوچکتر یا مساوی کوچکترین مقدار عضویت خواهد بود. بنابراین می‌توان گفت که این عملگر دارای اثر کاهشی است (شکل۶).

### جمع فازی (Fuzzy Overlay SUM)

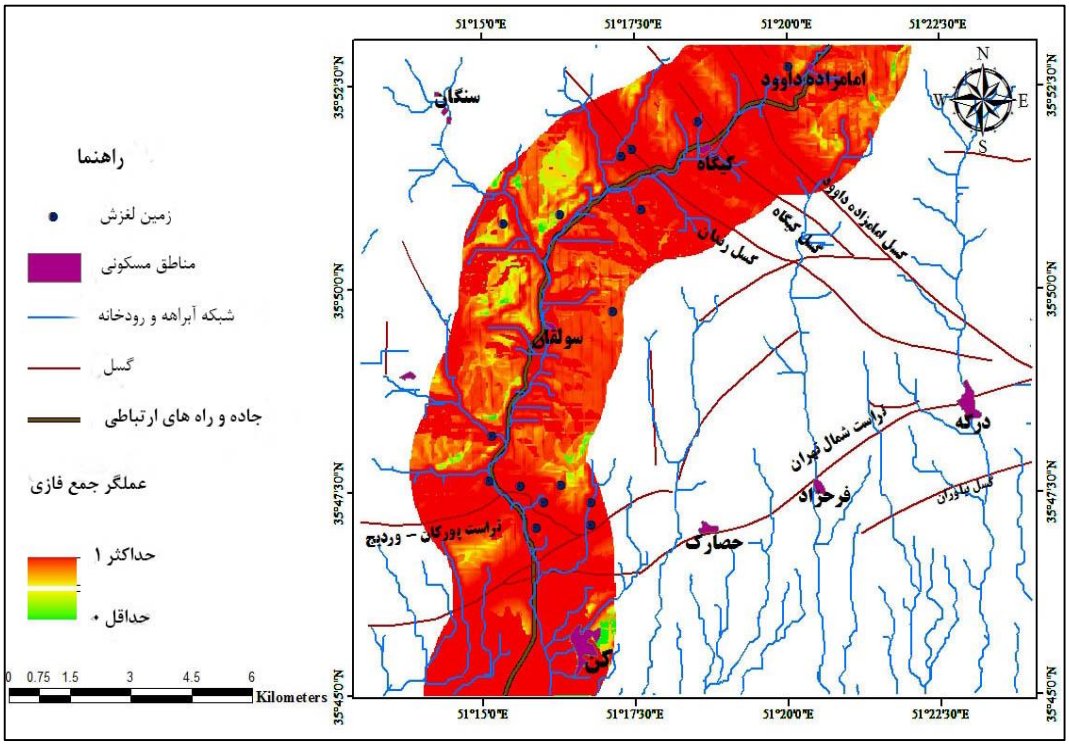
برخلاف ضرب فازی، این عملگر دارای اثر افزایشی است و نتیجه‌ی آن همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت گنگ خواهد بود. بدین ترتیب که دو قسمت از شواهد که هر دو تایید کننده‌ی فرضیه واحدی می‌باشند، یکدیگر را تقویت می‌نمایند. باید توجه داشت که اگر چه حاصلضرب فازی واقعا عمل ضرب جبری است، ولی در مقابل جمع جبری گنگ یک جمع جبری واقعی نخواهد بود (شکل۷).

### فازی گاما (Fuzzy Overlay GAMMA)

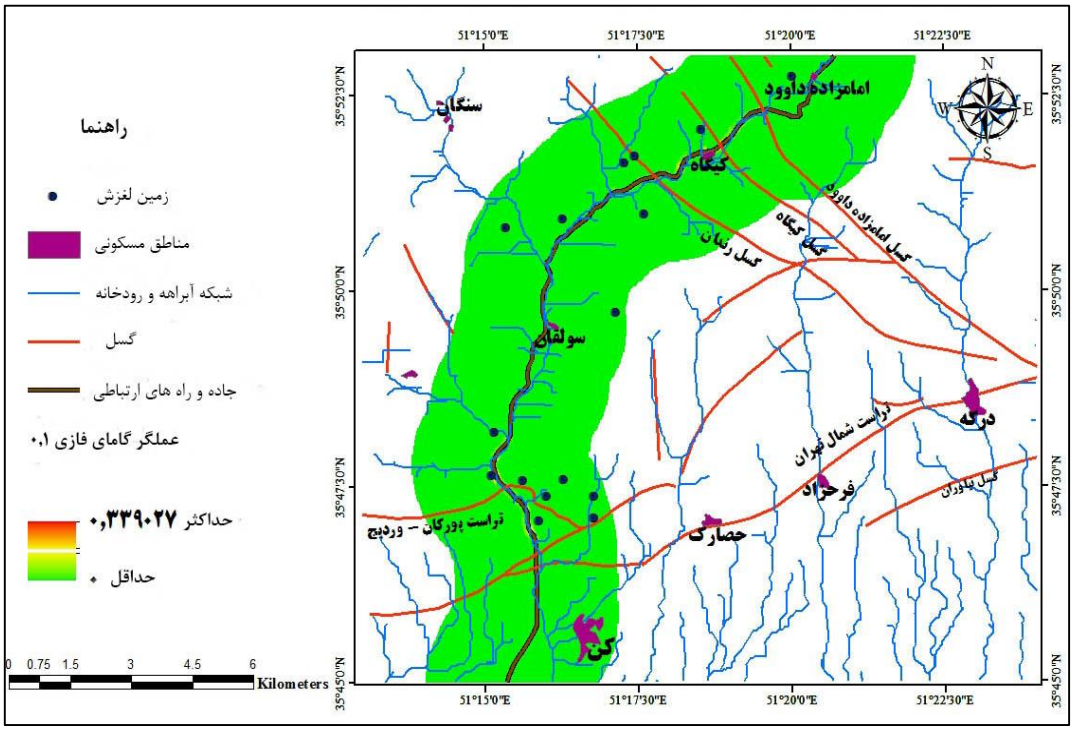
این عملگر برحسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی می‌باشد. در این پژوهش چون بازه ارزیابی در منطق فازی بین ۰ و ۱ می‌باشد برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه بندی از ضرایب ۰,۱ ، ۰,۳ ، ۰,۵ ، ۰,۷ ، ۰,۹ و ۰,۹۵ استفاده شد. اشکال ۸ تا ۱۳ نقشه های پهنه بندی است که با این ضرایب تهیه شده اند.



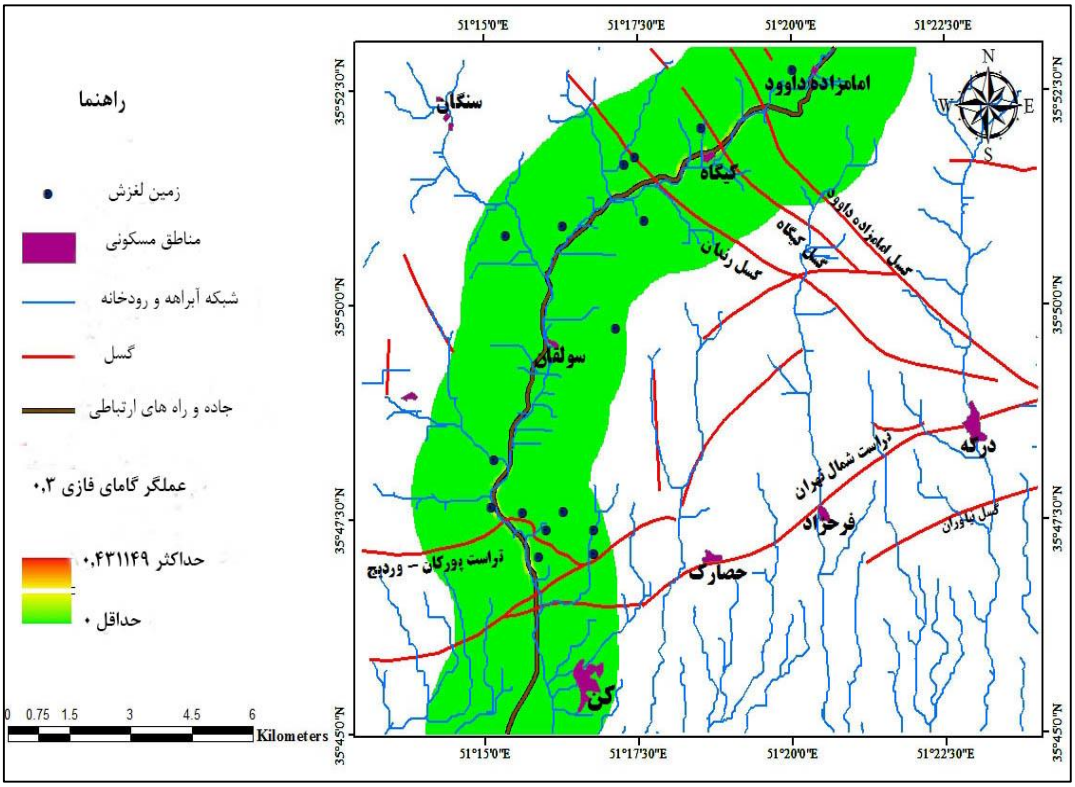

شکل۶- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر ضرب



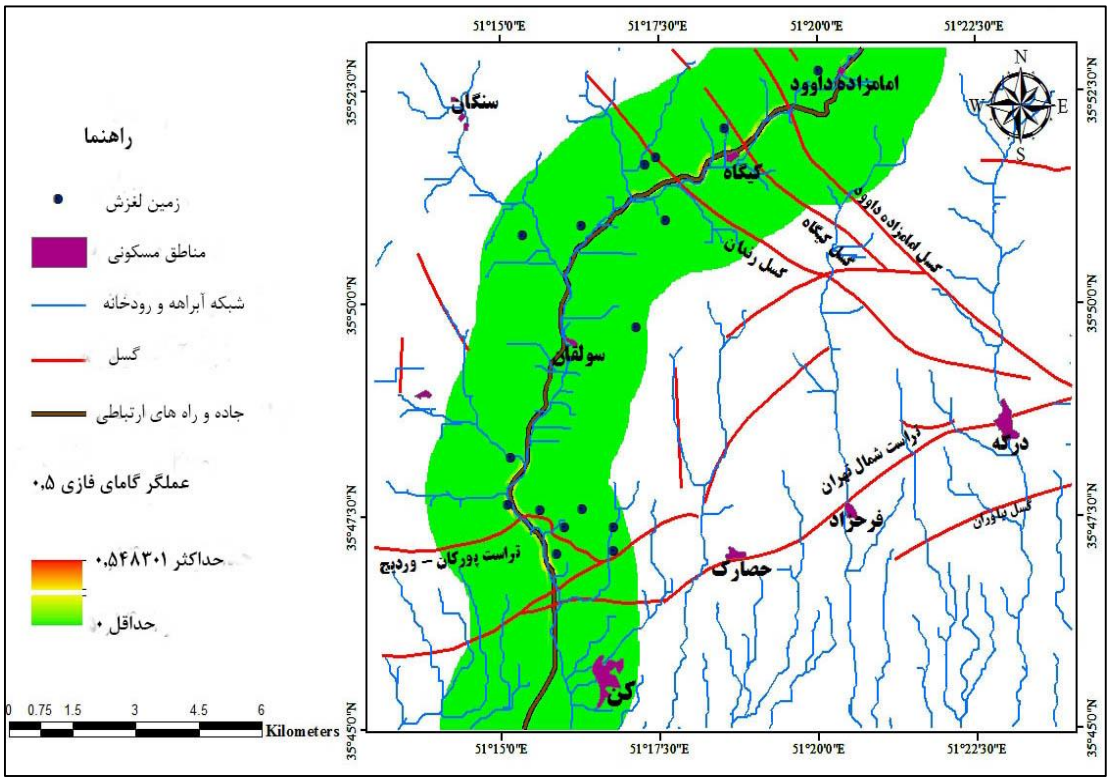

شکل۷- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر جمع فازی.



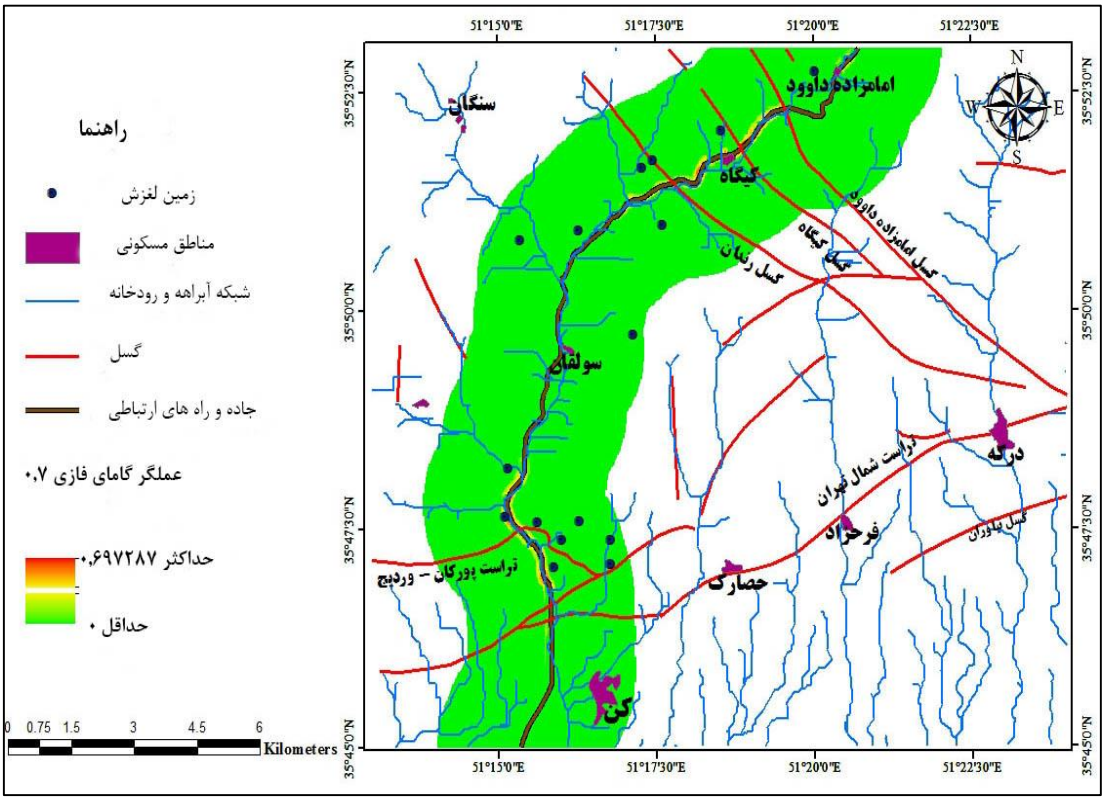

شکل۸- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰,۱



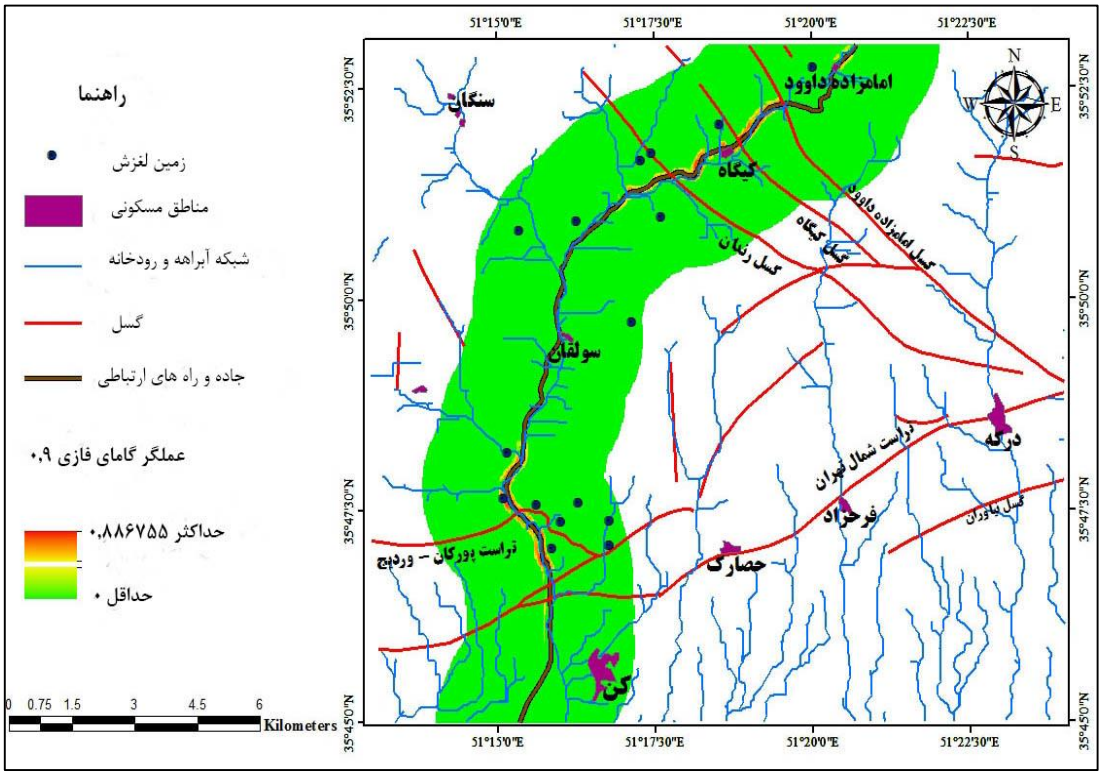

شکل ۹- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰,۳



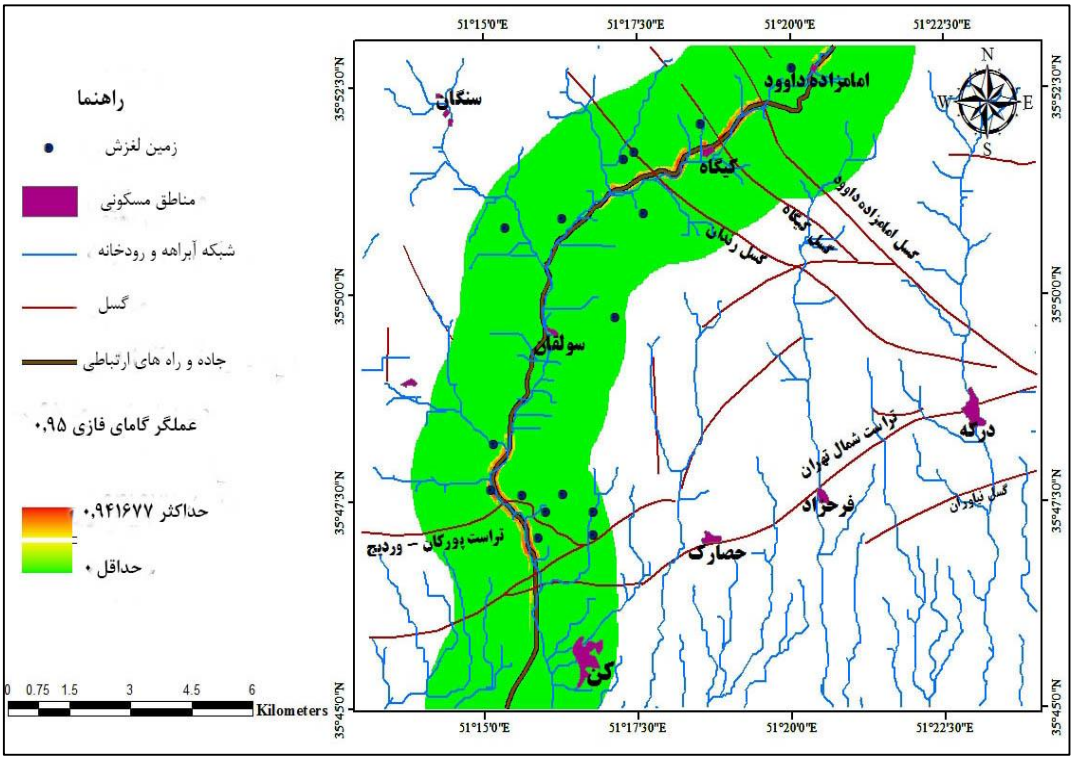

شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰,۵




شکل۱۱- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰,۷




شکل۱۲- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰,۹




**شکل۱۳- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگر فازی گامای ۰,۹۵**

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از نقشه پراکنش زمین لغزش های رخ داده و الگوریتم های منطق فازی صورت گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که به کارگیری مجموعه های فازی در کمی کردن و بالابردن دقت بسیار موثر و مناسب است. همچنین در میان عملگرهای اعمال شده در این پژوهش مشاهده می‌گردد که نقشه های حاصل از عملگرهای اجتماع، ضرب و گاماهای استفاده شده به جز گامای ۰,۹۵ بسیار مثبت اندیشانه و دور از واقعیت بوده و مناطق زمین لغزش در محیط امن و بی خطر قرار می‌گرفتند. عملگر گامای ۰,۹۵؛ اندکی در حواشی جاده کن را در درجه‌ی متوسط خطر قرار داده که باز هم از واقعیت فاصله دارد و همچنین عملگر جمع فازی تمام منطقه را در محدوده‌ی پرخطر قرار داده که بسیار اغراق آمیز می‌باشد. اما نقشه حاصل از عملگر اشتراک فازی تقریبا تمامی زمین لغزش های رخ داده در محدوده مورد مطالعه را در برگرفته و جز مناطق پرخطر قرار داده است. در نتیجه عملگر اشتراک فازی در میان سایر عملگرهای فازی استفاده شده در این پژوهش مناسب تر بوده است. به طور کلی براساس بررسی‌های انجام گرفته بر روی عوامل موثر بر ایجاد حرکات دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه می‌توان به تاثیر عوامل تکتونیکی نظیر گسل‌ها به عنوان مهمترین پارامتر در حرکات دامنه‌ای اشاره نمود. در نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با عملگر اشتراک فازی، محدوده‌ی زمین لغزش‌های موجود در منطقه نسبت به میزان مناطق با احتمال وقوع لغزش در نقشه مطابقت خوبی نشان می‌دهد. به همین منظور پیشنهاد می‌شود در این بخش ها جهت جلوگیری و یا کاهش خطرات دامنه ای در منطقه مورد مطالعه از گسترش فعالیت‌های عمرانی در مناطق با حساسیت بالای زمین لغزش جلوگیری گردد.

## منابع

- **آقانباتی، ع، (۱۳۸۹)،** "زمین شناسی ایران". چاپ سوم، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.۶۴۰ص.

- **پورقاسمی، ح؛ محمدی، م؛ مرادی، ح؛ فاطمی عقدا ، م؛(۱۳۸۶)،**" کاربرد روابط فازی در تحلیل خطر زمین لغزش"،

مجموعه مقالات دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، دانشگاه فنی تهران، ۸۱۰ص.

- **جلالی، ن؛ (۱۳۷۶)، "روشی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش های متأثر از سیستم اطلاعات جغرافیایی** (GIS)" ، مجموعه مقالات دومین سمینار زمین لغزه و کاهش خسارت های آن، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، صفحات ۱۵۹-۱۷۲.

- **سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور، (۱۳۸۹)،** "گزارش چهار صفحه ای زمین لغزش های جاده کن سولقان"، گروه مطالعات مهندسی، سازمان – جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

- **سازمان زمین شناسی و اکتشافات ایران؛** " نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران".

- **کرم، ع ؛ محمودی، ف؛،۱۳۸۴ ، "**مدل سازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی : حوضه آبریز سرخون در استان چهارمحال و بختیاری)"، پژوهش های جغرافیایی،شماره ۵۱ ،ص ۱-۱۴. – **مهدوی فر، م؛. ۱۳۷۶، "**پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه خورش رستم(جنوب غربی شهرستان خلخال)". پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه.

- **Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., & Kanno, T. (2005).** Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. Engineering Geology, 81(4),p 432-445.

- **De Gooijer, J. G., & Hyndman, R. J. (2006).** 25 yearsf time series forecasting. International journal of forecasting, 22(3),p 443-473. **Fallah-Ghalhary, Gholam Abbas, Mousavi_Baygi, Mohammed, Majid, Habibi Nokhanadan, 2009.** Annual rainfall forecasting by using Mamdani fuzzy inference system. Res. J. of Environmental Science 3 (4),p 400–413.

- **Juang, C. H., Lee, D. H., Sheu, C., 1992** . Mapping slope failure potential using fuzzysets.Journal of Geotechnical Engineering.

- **Zadeh, L. A., 1965.** Fuzzy sets. Information and Control.