Archive of SID

کاربرد منطق فازی در ارزیابی و پهنه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله
(مطالعه موردی : سکونتگاه‌های روستایی شهرستان طارم)

الهه عراقیان[1]، محمدحسن شکری[2] و نصرالله فلاح‌تبار[3]

تاریخ وصول:۱۳۹۵/۱۱/۳۰، تاریخ تایید: ۱۳۹۶/۲/۱۵

چکیده

کشور ایران به‌علت موقعیت لرزه‌خیزی و قرارگیری بر روی کمربند زلزله، در برابر این پدیده بسیار آسیب‌پذیر می‌باشد، بسیاری از شهرهای کشور، بر روی گسل‌های فعال قرار گرفته‌اند. عدم توجه و برنامه‌ریزی صحیح در این خصوص، تراکم جمعیت بالا و نحوه نامناسب پراکنش جمعیت در هنگام وقوع زلزله باعث افزایش خسارات جانی و مالی می‌گردد. نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله، ابزار کارآمدی برای مدیران جهت کاهش خطرات و تلفات ناشی از حوادث و به‌ویژه زلزله می‌باشند. با آگاهی از میزان آسیب‌پذیری و پتانسیل تخریب مناطق، به‌خصوص سکونتگاه‌ها می‌توان پیش‌بینی‌های لازم جهت کاهش اثرات تخریب را مدنظر قرار دارد. شهرستان طارم از شهرستان‌های استان زنجان و از مناطق زلزله‌خیز کشور می‌باشد. هیچ تردیدی وجود ندارد که بخش‌هایی از پهنه محدوده مورد مطالعه از نظر زمین‌ساختی فعال و پویا ست. هدف مقاله پهنه‌بندی مناطق با آسیب‌پذیری بالا در راستای مدیریت بحران و برنامه‌ریزی کاربری اراضی و کاهش اثرات زلزله در نواحی با آسیب‌پذیری بالاست. در این تحقیق با استفاده از داده‌های حاصل از مطالعات میدانی و اسناد و مدارک کتابخانه‌ای اطلاعات موردنیاز جمع‌آوری و به‌منظور پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله از نقشه‌های معیار از جمله: نقشه‌های فاصله از گسله‌ها، فاصله از زمین لغزش‌ها، زمین‌شناسی، شیب و کاربری زمین استفاده شد و پس از ساخت و تجزیه تحلیل لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار Arc GIS از توابع عضویت فازی برای ارزیابی استفاده شد. لایه‌های فازی استاندارد شده در محیط GIS با عملگر گامای فازی تلفیق شدند و نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری تولید شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد حدود ۴۵ درصد محدوده در بخش‌های شمالی و شرقی در پهنه‌ای با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد، و حدود۴۰ درصد مساحت محدوده در پهنه با آسیب‌پذیری بسیار کم و کم قرار دارد.

کلیدواژگان: پهنه‌بندی، آسیب‌پذیری از زلزله، منطق فازی، سکونتگاههای روستایی، شهرستان طارم، سیستم اطلاعات جغرافیایی

---

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت معلم، elahearaghiyan@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، کارشناس امور برنامه‌ریزی، آمایش سرزمین و محیط زیست سازمان برنامه و بودجه کشور shokri635@yahoo.com

۳. دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام(ره) (شهری)

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

زلزله یکی از خطرناک‌ترین بلایای طبیعی عصر حاضر می‌باشد که همواره اهمیت خود را به‌طور عینی نمایان کرده است. زلزله پدیده‌ای است طبیعی، که براساس میزان بزرگی خود می‌تواند در مدت کوتاهی فجایع عظیمی بیافریند. علی‌رغم پیشرفت‌های شگرف در تکنولوژی، هنوز انسان در برابر حوادث غیرمترقبه طبیعی، از قبیل: زلزله و سیل و... پیشرفت چندانی نداشته و گاه و بیگاه در معرض تلفات و خسارت‌های مالی قرار می‌گیرد. قرارگیری کشور ایران در مناطق با خطرپذیری بالای زلزله جهانی و وجود نقاط جمعیتی متراکم، ایران را به کشوری شدیداً آسیب‌پذیر در برابر زلزله تبدیل نموده است. طبق گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۰۳ میلادی، کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتری داشته و دارای یکی از بالاترین رتبه‌ها در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد افراد کشته شده در اثر این سانحه است. با این وجود هنوز هم شاهد گسترش شهرها بر روی گسل‌ها هستیم که این مسئله، یکی از دلایل بالا بودن خسارت‌های زلزله در کشورمان است (احدنژاد،۱۳۸۹، ۷۲). به‌عنوان مثال می‌توان به زلزله شهرستان بم در سال ۱۳۸۲ اشاره کرد، این زلزله با مقیاس ۶/۵ ریشتر در ۳۰ دی به‌وقوع پیوست و بیش از ۳۵۰۰۰ نفر کشته و ۵ هزارنفر بی‌خانمان شدند (نگارش[1] و خسروی،۲۰۰۸ :۵۳). همچنین زلزله ۳۱ خرداد منجیل ـ رودبار در سال ۱۳۶۹ که در شهرستان رودبار و شمال‌غرب استان زنجان در ناحیه طارم‌علیا در ساعت ۳۰ بامداد به‌وقت ایران به‌وقوع پیوست و تا شعاع ۱۰۰کیلومتری باعث خسارات جانی و مالی فراوان گردید که از نظر شدت و وسعت تخریب جزء موارد استثنایی در جهان می‌باشد. این زلزله یکی از مخرب‌ترین زلزله‌های قرن اخیر بود که نتیجه وقوع این زمین‌لرزه حدود۳۷۰۰۰ نفر کشته، تخریب کامل صدهزار واحد ساختمانی اعم از ساختمان‌های روستایی، تجاری و غیره و ۴۰۰۰۰۰ نفر بی‌خانمان بوده است (سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۹: ۲). در کنار عوامل طبیعی، عوامل انسانی نیز در تشدید تلفات (جانی ومالی) موثرند. از جمله اقدامات مدیریتی که می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش خسارات ناشی از خطر سوانح طبیعی داشته باشد، پهنه‌بندی مخاطرات طبیعی است. در جهت کاهش مخاطرات زلزله، ضروری است تا مطالعات و تحقیقات جامعی در ارتباط با شناخت اثرات زلزله در مناطق شهری و روستایی و تشخیص مناطق با آسیب‌پذیری بالا انجام شود. برنامه‌ریزی کاهش خسارات ناشی از زلزله در مناطق با آسیب‌پذیری بالا می‌تواند با تقلیل آسیب‌پذیری شهرها و روستاها، خسارات و مخاطرات ناشی از وقوع زلزله را کاهش دهد. از آنجا که با استفاده از اطلاعات میدانی و سایر آمار و اطلاعات می‌توان تا حدودی به‌میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف از این سوانح طبیعی پی برد، در این پژوهش سعی شده با شناخت منطقه از نظر زمین‌شناسی، گسل‌های فعال، زلزله‌های رخداده قدیمی و...، پهنه‌های آسیب‌پذیر زمین‌لرزه استخراج و محدوده‌های پرخطرتر مشخص گردد.

کینگ[2] (۱۹۹۵) در پژوهش خود، خطر زمین‌لرزه و تخمین خسارات ناشی از آن در منطقه کالیفرنیا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را بررسی کرده است. در این پژوهش لایه‌های مختلف از قبیل:گسل‌های اصلی، شتاب

1. Negaresh(2008)
2. King(1995)

www.SID.ir

Archive of SID

افقی زمین، میانگین سن ساختمان‌ها استفاده شده است و در نهایت، نقشه‌های پهنه‌بندی استخراج گردیده است. همچنین ماتسواوکا[1](۱۹۹۵) در تحقیقی دیگر در ژاپن، تهیه نقشه خطر لرزه‌ای برای یک کلانشهر با نواحی اطرافش با استفاده از پایگاه‌های داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی را انجام داده است. در این پژوهش خطر لرزه‌ای شامل بررسی حرکت زمین لغزش و رانش شیب‌ها برای شهر توکیو بوده که براساس جداولی به هر کدام از این عوامل وزن داده شده و نقشه‌های پتانسیل تهیه شده از آنها به‌صورت یک نقشه نهایی نمایش داده شده است. سابویا[2] و همکاران (۲۰۰۶)، برای ارزیابی ناپایداری دامنه‌ها در ریودوژانیروی برزیل از مدل منطق فازی استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که چون در این مدل کارشناس می‌تواند طبقات عوامل مختلف را بین صفر تا یک وزن‌دهی کند، بنابراین نتایج بهتری نسبت به سایر مدل‌ها به‌دست می‌آید. مورات و کاندن[3](۲۰۰۳)، در پژوهشی تحت‌عنوان استفاده از روابط فازی جهت تولیدات نقشه‌های توانمندی زمین لغزش در غرب دریای سیاه (ترکیه) به این نتیجه رسیدند که به‌دلیل پیچیده بودن ماهیت پدیده زمین لغزش و دخالت عوامل متعدد در رخداد آن، به کاربردن روابط فازی در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش از سایر روش‌ها بهتر و به واقعیت نزدیکتر است. تییری[4] و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از روش منطق فازی اقدام به ارزیابی مناطق مستعد زمین لغزش در دامنه‌های شمالی آلپ در فرانسه نمودند و استفاده از روش منطق فازی به‌علت دقت بالا را به‌عنوان بهترین ترکیب معرفی می‌کنند. راشد[5] و همکاران (۲۰۰۳)، در پژوهش خود به تلفیق سیستم اطلاعات جغرایایی و سنجش از دور در مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله و پیش‌بینی آسیب‌پذیری شهرها پرداخته‌اند. در مورد مطالعات و کارهای داخلی نیز می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

عسگری و دیگران (۱۳۸۰) در منطقه ۱۷ تهران به بررسی رابطه بین کاربری زمین و آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله پرداختند و به‌منظور تحلیل آسیب‌پذیری در برابر زلزله مدلی تهیه نمودند و راه‌های کاهش آسیب‌پذیری محدوده مورد بررسی را پیشنهاد دادند. در مقاله بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی در منطقه رودبار فاطمی و همکاران (۱۳۸۴) در سیستم اطلاعات جغرافیایی، خطر زمین‌لغزش را برای این منطقه محاسبه کرده‌اند و استفاده از روش فازی را به دلیل دقت بالای آن توصیه می‌کنند. بهنیانفر و همکاران (۱۳۸۷)در مقاله خود تحت‌عنوان کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در منطقه‌بندی خطرات زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی در حوضه آبریز فریزی در دامنه شمالی بینالود به منطقه‌بندی خطر زمین لغزش اقدام نموده‌اند.

هدف این پژوهش، پهنه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از رخداد زلزله یعنی مشخص نمودن مناطق با آسیب‌پذیری بالا در جهت شناسایی نواحی روستایی آسیب‌پذیر است. با توجه به اینکه سکونتگاه‌های روستایی منطقه در معرض رخداد زلزله قرار دارند، چنین مطالعات و پهنه‌بندی‌هایی می‌تواند راهکارهای مناسبی را جهت جلوگیری از استقرار کاربری‌های حساس در مناطق با خطر پذیری بالا، در اختیار برنامه‌ریزان قرار دهد.

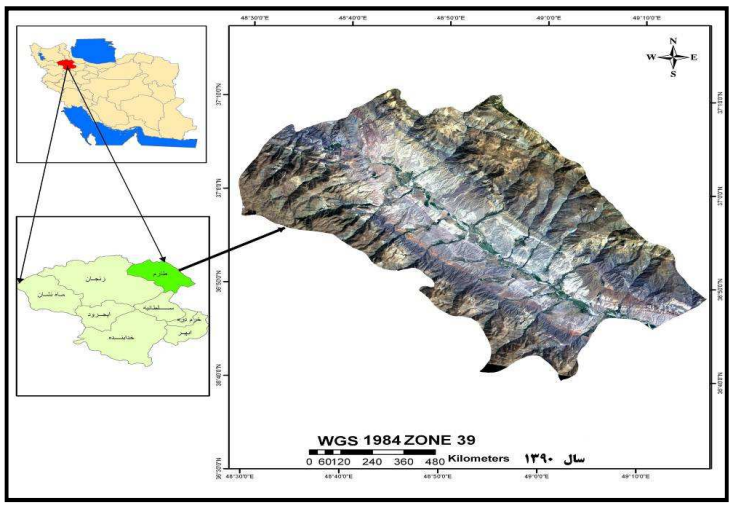
1. Matsuoka(1995)
2. Sabuya et al(2006)
3. Murat and Candan(2003)
4. Thiery et al (2006)
5. Rashed et al (2003)

www.SID.ir

Archive of SID

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان طارم در شمال استان زنجان واقع شده و مرکز آن شهر آب‌بر است. این شهرستان با مساحتی بالغ بر۲۲۳۵ کیلومترمربع در ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و۴۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). در سال ۱۳۸۵ بر اساس آخرین تقسیمات اداری و سیاسی کل کشور، این شهرستان دارای ۲ بخش، ۲ شهر، ۵ دهستان و ۱۴۵ آبادی است (مرکز آمار ایران). ناحیه مورد بررسی در رشته کوههای البرز در شمال‌غرب ایران قرار دارد. کوههای شمالی بخش طارم علیا از مهمترین عوارض طبیعی موجود در منطقه می‌باشد که در راستای شمال‌غربی- جنوب‌غربی شکل گرفته و حدفاصل شهرستان طارم‌علیا و به‌طورکلی استان زنجان با استان گیلان می‌باشد. رودخانه قزل‌اوزن از شمال‌غرب به طرف جنوب‌شرق و به موازات ارتفاعات شمالی در جریان است و بخش طارم‌علیا را به دو قسمت شمالی- جنوبی تقسیم نموده است. حداقل ارتفاع منطقه ۲۶۴ متر و حداکثر آن ۲۹۴۴ متر می‌باشد (شکری،۱۳۸۸: ۵۶).



شکل۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران و استان زنجان

مواد و روش‌شناسی

داده‌ها

جهت انجام این پژوهش علاوه بر بررسی‌های میدانی، نقشه‌های پایه منطقه مورد مطالعه شامل: نقشه‌های زمین‌شناسی، خطوط گسل‌ها، توپوگرافی و... از منابع مختلف گردآوری شد و پایگاه اطلاعاتی در محیط GIS تشکیل شد. لایه خطوط گسل و زمین‌شناسی با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه تهیه و وارد پایگاه اطلاعات گردید. نقشه‌های ارتفاع و شیب زمین از مدل رقومی ارتفاعی(DEM) منطقه به‌دست آمدند. نقشه راههای منطقه، سکونتگاه‌های روستایی و شهری و شبکه زهکشی نیز از نقشه‌های توپوگرافی استخراج شدند. نقشه کاربری زمین و لغزش‌های موجود نیز از اداره کل منابع طبیعی استان دریافت گردید. سیستم مختصات UTM به‌عنوان سیستم مبنای نقشه‌ای قرار گرفت. پنج نقشه معیار شامل: نقشه‌های فاصله از گسله‌ها، فاصله از زمین لغزش‌های موجود،

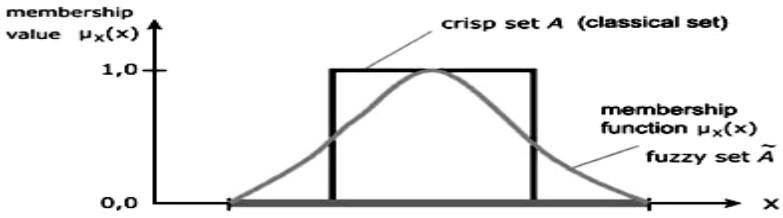
www.SID.ir

Archive of SID

زمین‌شناسی، شیب و کاربری زمین به‌عنوان معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در نظر گرفته شدند.

روش‌شناسی: منطق فازی

واژه (فازی) در فرهنگ لغت اکسفورد به صورت (مبهم، گنگ و نامشخص) تعریف شده است. تئوری مجموعه‌های فازی و منطق فازی را اولین بار پروفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ معرفی نمود. نظریه مدل فازی از زمان ابداع تا به امروز به‌طور روزافزونی در حال گسترش بوده و کاربردهای گوناگونی پیدا کرده است. کاربرد این تئوری در علوم زمین در دهه‌های اخیر رشد روزافزونی یافته است. در تئوری مذکور، به‌جای اختصاص یک عدد قطعی، از مجموعه احتمالات برای بیان عضویت و وزن‌دهی به عوامل استفاده می‌شود (یمانی،۱۳۸۴،۴۳). این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرهای نامشخص و مبهم را صورت‌بندی ریاضی بخشد و زمینه را برای استدلال و تصمیم‌گیری در شرایط نامطمئن فراهم آورد (پتری[1] و دیگران،۲۰۰۰). نظریه مجموعه‌های فازی بر منطق فازی (چند ارزشی) استوار بوده و اساساً به منظور اقدام در شرایط ابهام ارائه گردیده است. هر عضو هم زمان در مجموعه‌های (کلاس‌های) مختلف ولی به درجات متفاوت عضویت دارد (شکل۲). به دیگر سخن، کلاس‌ها هم‌پوشانی داشته و بنابراین پیوسته هستند. درجات عضویت، مقادیر بین صفر و یک را می‌پذیرند (جانگ[2] و دیگران، ۱۹۹۲).



شکل۲: تابع عضویت فازی(جانگ و دیگران،۱۹۹۲)

در منطق فازی برای انجام محاسبات و تلفیق داده‌ها از عملگرهای مختلفی استفاده می‌شود. در عملگر جمع جبری فازی (Sum)، ابتدا هر کدام از لایه‌های فازی شده منهای یک می‌گردند و سپس نتایج با همدیگر ضرب می‌گردند و درنهایتt نتیجه حاصله دوباره منهای یک می‌گردد. در این رابطه، نتیجه همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت مجموعه فازی است و لذا، به‌دلیل اثر افزایشی جمع جبری فازی، حداکثر مقادیر عضویت را در مجموعه‌ها نشان می‌دهد.

$$\mu c(x) = 1\prod_{4-1}^{n}(1-\mu i) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

1.Peteri et al(2000)
2.Juang et al (1992)

www.SID.ir

Archive of SID

در عملگر ضرب (Product)، تابع عضویت فازی به صورت رابطه (۲)تعریف می‌شود:

$$\mu c(x) = \prod_{4-1}^{n} \mu i(x)$$ رابطه (۲)

در رابطه فوق، μi فازی برای تابع عضوی i امین نقشه و N،.....،۲،۱=i تعداد نقشه‌های ترکیب‌شونده را نشان می‌دهد. مقادیر عضویت فازی ترکیب شده با این عملگر به سمت مقادیر بسیار کوچک میل می‌کند. در این عملگر نقشه‌های معیار در هم ضرب می‌شوند.

عملگر گامای فازی (Gamma) بر اساس حاصلضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر اساس روابط زیر تعریف می‌شود:

$$\mu c = (\prod_{4-1}^{n} \mu(x))^{\gamma} \times (1 - \prod_{4-1}^{n} (1 - \mu(x)))^{1-\gamma}$$ رابطه (۳)

$$\mu c = (sum\, fuzzy)^{\gamma} \times (PF)^{1-\gamma}$$ رابطه (۴)

در این روابط، المانγ پارامتر تعیین شده در محدودهٔ صفر و یک (مثلا۰/۸) است. وقتیγ برابر یک باشد ترکیب، همان جمع جبری فازی و زمانی که γ برابر صفر باشد ترکیب، برابر ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح پارامترγ مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و کاهشی ضرب جبری فازی، سازگاری دارد. به نحوی که γ انتخاب شده نشان‌دهنده کارایی آن برای تهیه نقشه پهنه‌بندی است. این عملگر در واقع حساسیت‌های جمع و ضرب گاما را تعدیل می‌کند.

در محدوده مورد تحقیق برای پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر از رخداد زلزله از مدل منطقی فازی استفاده شد. برای اجرای این مدل از ۵ متغیر مؤثر در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کمک گرفته شد (شکل ۳). سپس برای هر یک از معیارهای تحقیق، تابع فازی مربوطه طراحی و نقشه‌های فازی برای هر معیار ترسیم شد.

نقشه‌های فازی نهایتاً در سیستم اطلاعات جعرافیایی به وسیله عملگرهای جمع، ضرب و گامای فاری با هم ترکیب شدند.

ویژگی‌های طبیعی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، ناحیه‌ای است کوهستانی و صعب‌العبور و مورفولوژی آن به‌طور عمده از دره‌های عمیق و ژرف با شیب‌های تند تبعیت می‌کند، زمین‌های جلگه‌ای پهناور و پست کمتر وجود دارد. به‌طورکلی کوههای طارم یک ساختمان ناودیسی دارد (صفری،۱۳۷۶: ۳۱). بررسی شکل عمومی ناهمواری‌ها نشان می‌دهد که حدود ۶۰ درصد از مساحت منطقه به اراضی کوهستانی و۲۲ درصد به اراضی کوهپایه‌ای و ۱۸ درصد به دشت‌های میانکوهی اختصاص دارد. بعد از وقوع زلزله خرداد ۱۳۶۹،۹۰ درصد از آبادی‌های کوهستانی و ۶۰ درصد از آبادی‌های کوهپایه‌ای خسارت دیده‌اند و برخی از آنها تخلیه شده و بازماندگان اهالی آنها در دشت میانکوهی مستقر شدند (صفری،۱۳۷۶: ۳۱). لایه اطلاعاتی شیب نیز از مدل ارتفاعی رقومی تهیه شد. ارتفاعات شمالی و جنوبی ناحیه دارای شیب تند و بیش از ۵۰ درصد و بخش‌های مرکزی و دشت‌های میانکوهی شیب‌های ملایم‌تری دارند (شکل۳). شیب عمومی منطقه به

www.SID.ir

Archive of SID

سمت رودخانه قزل‌اوزن و جنوب شرق است. اگر چه مناسب‌ترین اراضی برای استقرار کاربری‌های مسکونی در اراضی کم شیب و نسبتاً هموار است اما به علت کوهستانی بودن واختلاف ارتفاع زیاد منطقه، بسیاری از سکونتگاهها در سطوح دامنه‌ای و بر روی سطوح شیب دار استقرار یافته‌اند.

از نظر زمین‌شناسی سن سنگ‌های منطقه مورد مطالعه از پرکامبرین پسین تا عهد حاضر می‌باشد. سنگ‌های دوران اول یا پالئوزوئیک به‌طور عمده شامل سنگ‌های آهکی همراه با سنگ‌های آتشفشانی و ماسه سنگ است. سنگ‌های دوران سوم تنها در غرب منطقه اصلی کوه‌های طالش نمایان بوده، سن این سنگ‌ها ائوسن و شامل تشکیلات فجن، زیارت و کرج است. تشکیلات جوان دوران سوم (نئوژن) بر روی تشکیلات کرج قرار می‌گیرد که رسوبات آن به فرورفتگی‌های تکتونیکی و بین کوهها محدود شده است. نهشته‌های کواترنر با تراس‌های رودخانه‌ای مسطح در طول رودخانه قزل اوزن مشاهده می‌شود. بنابراین تراس‌های رودخانه‌ای، مخروط‌افکنه‌ها و رسوبات آبرفتی عهد حاضر جوانترین سنگ‌های ناحیه را تشکیل می‌دهند. منطقه مورد بررسی جزئی از البرز غربی می‌باشد و در یکی از مناطق مهم و عمده زلزله‌خیز در ایران قرار گرفته و گسل‌های فعال متعددی در آن باعث زلزله‌هایی با بزرگی متوسط تا بالا شده است، پهنه‌هایی که در اطراف گسل‌های بزرگ و فعال قرار دارند، از لحاظ لرزه‌خیزی بیشتر و شدیدتر از مناطق دیگر تحت تاثیر اثرات مخرب زمین لرزه قرار دارند.

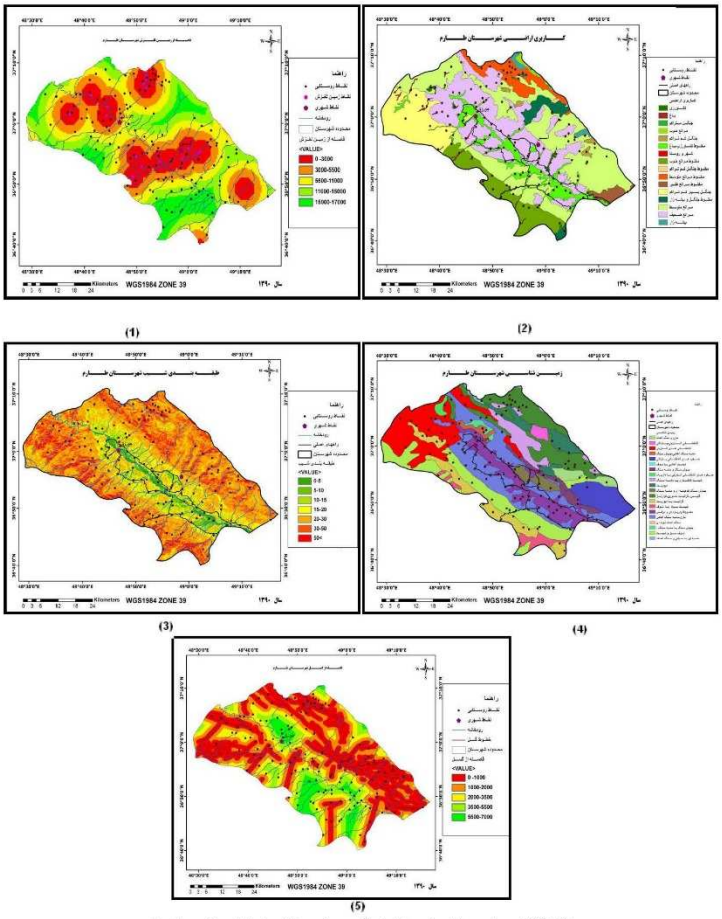
در ایالت لرزه زمین‌ساختی البرز به‌ویژه در منطقه زلزله‌زده گیلان گسل‌های مهم، عموماً روند خاوری ـ باختری با اندکی تمایل به‌سوی شمال باختری دارند و اکثراً از نوع گسل‌های فشاری می‌باشند. زلزله رودبار ـ منجیل همراه با گسلی است که روند کلی گسلش آن از روند کلی گسل‌های منطقه پیروی می‌کند. در این منطقه روند اکثر گسل‌های موجود یک روند شمال غرب ـ جنوب شرق است. این ایالت از نظر لرزه‌خیزی یکی از جنبانترین ایالت‌های ایران زمین بوده و در گذشته زمین‌لرزه‌های بزرگی در آن روی داده که استان‌های گیلان و مازندران را متأثر ساخته است (صفری،۱۳۷۶: ۳۳). زلزله ۳۱ خرداد ۶۹ منجیل ـ رودبار در شهرستان رودبار و شمال غرب استان زنجان در ناحیه طارم علیا در ساعت ۳۰ بامداد به وقت ایران به وقوع پیوست و تا شعاع ۱۰۰کیلومتری باعث خسارات جانی و مالی فراوان گردید. آنچه که از آمار و اطلاعات پس از وقوع زمین‌لرزه به‌دست آمده، نشان می‌دهد که نتیجه وقوع این زمین لرزه حدود ۳۷۰۰۰ نفر کشته، تخریب کامل صدهزار واحد ساختمانی اعم از ساختمان‌های روستایی، تجاری و غیره و ۴۰۰۰۰۰ نفر بی‌خانمان بوده است (سازمان آب منطقه‌ای استان گیلان،۱۳۸۷: ۳۱).

یافته‌های تحقیق

یکی از قابلیت‌های نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) توانایی تحلیل فضایی عرصه‌های پژوهش برای اهداف متنوع با توجه به تعداد زیاد اطلاعات ورودی است. پس از تهیه نقشه‌های معیار از جمله: نقشه‌های فاصله از گسله‌ها، فاصله از زمین لغزش، زمین‌شناسی، شیب، کاربری زمین، با توجه به هدف پژوهش حاضر نقشه‌های معیار ابتدا با توابع ویژه عضویت فازی، به نقشه‌های فازی شده تبدیل شدند (شکل ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

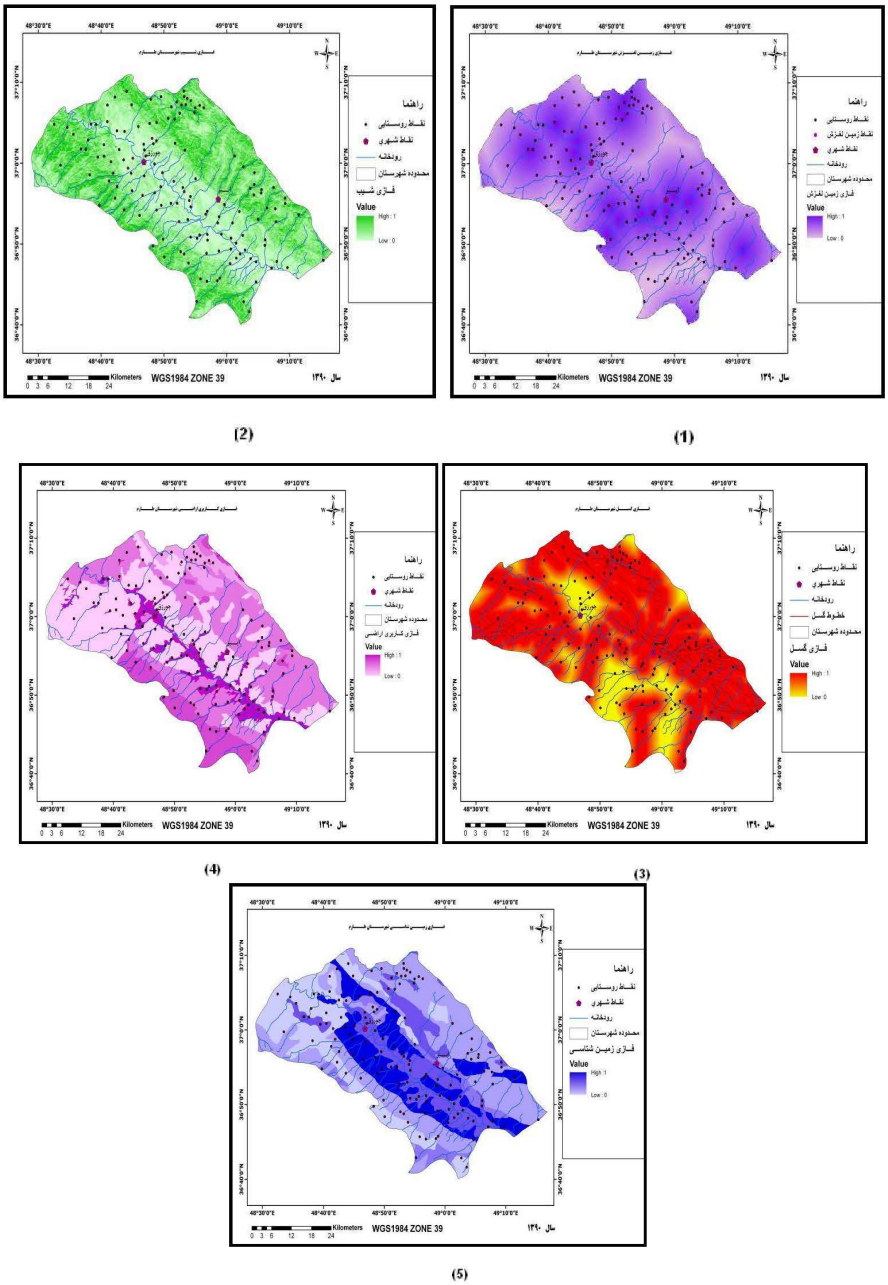


شکل۳: لایه‌های معیار ارزیابی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهرستان طارم؛ ۱. فاصله از زمین لغزش؛۲. کاربری اراضی؛۳. میزان شیب؛٤. زمین‌شناسی و۵. فاصله از گسله‌ها

سپس از عملگرهای ضرب فازی، جمع فازی وگامای فازی برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله استفاده شد. با استفاده از روابط (۱) تا (۳) نقشه‌های فازی شده با هم تلفیق شدند و با عملگرگامای ۰/۸ نقشه نهایی پتانسیل آسیب‌پذیری تهیه شد (شکل ۵). این شکل نشان می‌دهد که آسیب‌پذیرترین نواحی در بخش‌های کوهستانی شمال و شرق و بخش‌های کمتری در جنوب قرار دارند. بخشی از نواحی شمال شرق و حواشی رودخانه قزل اوزن دارای کمترین آسیب‌پذیری هستند. نواحی آسیب‌پذیر عمدتاً در بخش‌های کوهستانی پرشیب و در نزدیکی و حاشیه گسل‌های اصلی قرار دارند.

www.SID.ir

Archive of SID



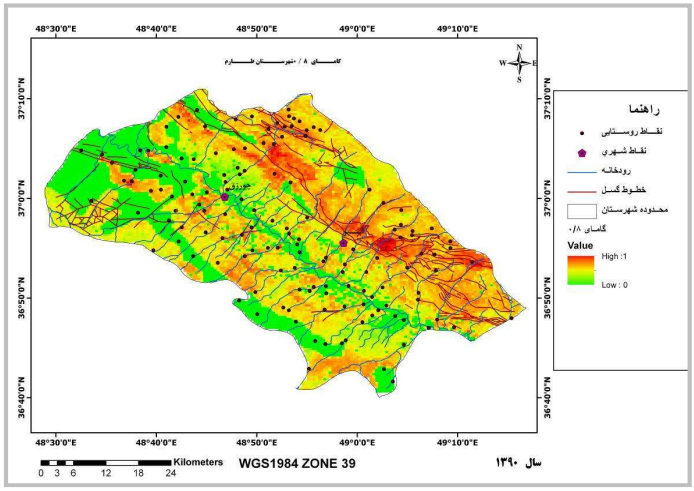
شکل٤: نقشه‌های معیار فازی شده برای ارزیابی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهرستان طارم

۱. فاصله از زمین لغزش؛۲. شیب؛ ۳. فاصله از گسله‌ها؛٤. کاربری زمین؛۵. زمین‌شناسی

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به این نقشه بسیاری از روستاهای محدوده مورد مطالعه از جمله مجموعه‌های روستایی شمال و شرق در دهستان‌های درام و گیلوان در پهنه آسیب‌پذیر قرار دارند. همچنین دو نقطه شهری آب‌بر و چورزق نیز در محدوده آسیب‌پذیر واقعند. از سوی دیگر، بخش‌های مرکزی و حاشیه رودخانه قزل‌اوزن و نواحی پست و کم‌شیب‌تر ناحیه اگر چه از رسوبات آبرفتی پوشیده شده‌اند به خاطر دوری از گسله‌های اصلی و فعال و شیب کمتر آسیب‌پذیری کمتری دارند. در مجموع حدود ۵۰ سکونتگاه روستایی و دو نقطه شهری موجود در محدوده آسیب‌پذیری بالا ناشی از زلزله قرار دارند.



شکل۵: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهرستان طارم

بحث و نتیجه‌گیری

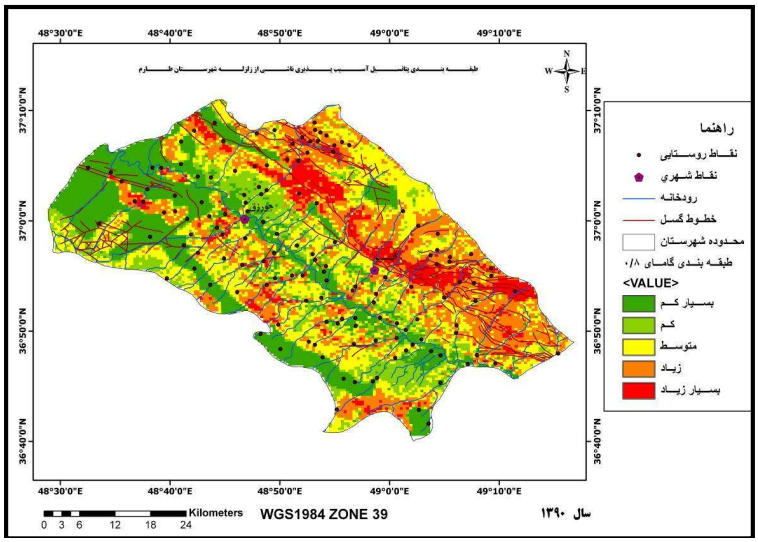
در این پژوهش پهنه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از خطر زلزله با استفاده از معیارهای موثر و الگوریتم‌های منطق فازی صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری مجموعه‌های فازی در کمی کردن و بالابردن دقت بسیار موثر و مناسب‌تر نسبت به سایر روش‌های کیفی و سلسله مراتبی می‌باشد. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم جمع فازی برای دستیابی به نتیجه بهتر از عملگر فازی گاما که حدفاصل بین این دو عملگر عمل می‌کند، استفاده شد. پس از اجرای روش فازی شکل(۵) حاصل شد که نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله را نشان می‌دهد. نواحی تیره‌تر در شکل(۵) زمین‌های با آسیب‌پذیری بیشتر و نواحی روشن، زمین‌های با آسیب‌پذیری کمتر را نشان می‌دهد. شکل (۶) طبقه‌بندی آسیب‌پذیری به پنج رده از بسیار زیاد تا بسیار کم را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مساحت و درصد مساحت هریک از طبقات آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد. از کل مساحت محدوده، حدود ۱۴/۴درصد آن در طبقه با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۳۰/۵ درصد نیز در طبقه با آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. به‌عبارت دیگر حدود ۴۵ درصد مساحت محدوده ارزیابی شده، به‌لحاظ فاکتورهای مورد بررسی از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردارند. پراکنش فضایی این مناطق نشان می‌دهد بخش اعظم آنها در شرق و در نیمه شمالی محدوده قرار دارد و

www.SID.ir

Archive of SID

در محدوده‌های حاشیه خطوط اصلی گسل و در مناطق کوهستانی و با شیب زیاد قرار گرفته‌اند. حدود ۱۶/۱درصد مساحت محدوده از آسیب‌پذیری متوسطی برخوردار می‌باشد که عمدتاً در حواشی رودخانه قزل‌اوزن قرار دارند. بخش‌هایی ازنواحی جنوبی از نظر آسیب‌پذیری در طبقه بسیار کم و کم قرار داشته و این نواحی حدود ۴۰ درصد مساحت محدوده را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل۶: طبقه‌بندی پهنه‌های آسیب‌پذیری ناشی از زلزله

جدول۱: طبقه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شهرستان طارم

ردیف	پهنه‌های آسیب‌پذیر	مساحت (کیلومترمربع)	درصد مساحت
۱	بسیار کم	۵۵۶/۲۹	۲۴/۸۹
۲	کم	۳۱۳/۶۷	۱۳/۹۹
۳	متوسط	۳۶۰/۵۲	۱۶/۱۳
۴	زیاد	۶۸۲/۷۹	۳۰/۵۵
۵	بسیار زیاد	۳۲۲/۷۳	۱۴/۴۴
–	**مجموع**	**۲۲۳۵**	**۱۰۰**

ماخذ: نگارندگان

در راستای کاهش خسارات ناشی از وقوع زلزله، نقشه نهایی طبقه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله شکل (۶) می‌تواند نواحی مناسب برای استقرار سکونتگاههای روستایی و مدیریت بحران در محدوده شهرستان طارم را نشان دهد و مورد استفاده برنامه‌ریزان روستایی قرار گیرد. آنچه که مسلم است علم و تکنولوژی انسان در شرایط حاضر نمی‌تواند با وقوع زمین‌لرزه مقابله نماید و مانع از رخداد آن گردد، بنابراین شایسته است انسان با استفاده از علم و تکنولوژی خود بیشتر نسبت به مخاطرات محیطی سازگاری پیدا کند.

www.SID.ir

Archive of SID

کتابشناسی

۱. احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۸۹)، ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله نمونه موردی: شهر زنجان، مطالعات و پژوهش شهری و منطقه‌ای؛

۲. بهنیانفر، ابوالفضل؛ محمدرضا منصوری و پروین کهربائیان (۱۳۸۷)، کاربرد مدل **AHP** و منطق فازی در منطقه‌بندی خطرات زمین لغزش (نمونه موردی: حوضه آبریز فریزی، دامنه شمالی کوههای بینالود)، فصلنامه جغرافیای طبیعی سال دوم، شماره٦، زمستان ۸۸؛

۳. سازمان آب منطقه‌ای گیلان (۱۳۸۷)، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سد مخزنی دیورش؛

٤. سازمان برنامه و بودجه استان زنجان (۱۳۷۸)، طرح توسعه و عمران شهرستان طارم؛

٥. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، معاونت پیشگیری و کاهش خطرپذیری (۱۳۸۹)، سامانه تخمین سریع خسارات و تلفات زلزله شهر تهران؛

٦. سایت مرکز آمار ایران.**www\\sci.org.ir** ؛

۷. شکری، محمدحسن (۱۳۸۸)، «نقش مدیریت منابع آب کشاورزی در راستای توسعه پایدار روستایی(مورد:شهرستان طارم)» پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم،تهران؛

۸. صفری، عباس (۱۳۷٦)، «برنامه‌ریزی مواجهه با سوانح طبیعی (مورد: زلزله طارم علیا)»، پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران؛

۹. عسگری، علی؛ اکبر پرهیزکار و محمود علی‌قدیری (۱۳۸۰)، کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری (کاربری زمین) در کاهش آسیب‌پذیری خطرات زلزله (با **GIS**)؛ مطالعه موردی: منطقه ۱۷ تهران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی؛

۱۰. فاطمی عقدا، سیدمحمود؛ غیومیان جعفر، محمد؛ تشنه‌لب فراهانی، عقیل (۱۳۸٤) بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار)مجله علوم دانشگاه تهران، جلد۳۲ شماره۱ صفحه ٤۳-٦٤؛

۱۱. یمانی، مجتبی؛ دادرسی، ابوالقاسم و داورزنی زهرا (۱۳۸٤)، پهنه‌بندی فرسایش در حوضه آبخیز داورزن با استفاده از الگوی منطقی فازی، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ٥؛

12. **Juang, C. H., L ee, D. H. & S heu, C., (1992), "Mapping slope failure potential using fuzzy sets", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 118(3):494 -475;**
13. **King Stephanie A. :Kiremidndjian Anne:(1995), Law Lincho H.:Basoz Nersin I: Earthquake Damage and loss Estimation through GIS :Proceeding of earthquake engineering: Spain;**
14. **Matsuoka Masashi: Midorikawa Saburoh:b(1995), GIS Based Intergrated Seismic hazard mapping for a large Metropolitan Area: Proceeding of earthquake engineering: Spain;**
15. **Murat, E. and Candan, G. (2003), Use of fuzzy relation to produce landslide susceptibility map of a landslide pron area , (west black sea region turkey), engineering geology, vol 75, pp 24;**
16. **Negaresh and M. Khosravi (2008), the Bam Earthquake Analysis and its Geomorphologic Manifestations and Evidences H. Geography Journal of Humanities The University of Isfahan Vol. 30, No.2, P.P. 1-20;**
17. **Peteri, M, Tapio, F, 2000, "Fuzzy classifier for Star-galaxy separation", The American Astronomical Society, 541, p-p 261-263;**
18. **Rashed T, weeks John (2003), Assessing Vulnerability to Earthquake Hazards through Spatial Multi Criteria Analysis of Urban Areas, Geographical information Science,Vol17,no.6:547-576;**
19. **Sabuya.F.M.G.Alves and Pinto,W.D.2006, Assessment of failure susceptibility of soil slopes sing fuzzy logic, Engineering Geology,pp14;**
20. **Thiery Yannick , -Philippe Malet Jean, Maquaire Olivier - Test of Fuzzy Logic Rules for Landslide Susceptibility Assessment SAGEO'2006.**

www.SID.ir