علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره ویژه ۹۳

پهنه بندی آسیب پذیری زلزله به کمک GIS (مطالعه موردی شهر تهران)

مهدی هاشمی[۱]
علی اصغر آل شیخ[۲*]
alesheikh@kntu.ac.ir
محمدرضا ملک[۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۱۹ **تاریخ پذیرش:۸۹/۳/۱۸**

چکیده

زمینه و هدف: بحران های طبیعی همچون زلزله، طوفان و سیل قادر به تحمیل خسارات جبران ناپذیری به انسان و محیط زیست هستند. از این رو ارزیابی ریسک به منظور مدیریت مناسب و کاهش خسارات، حیاتی است. ارزیابی ریسک با فرایند برآورد احتمال وقوع یک رویداد و اهمیت یا شدت اثرات زیان آور آن مشخص می شود.

مواد و روش ها: در این تحقیق به منظور ارزیابی شدت آسیب پذیری از زلزله، پارامترهای مؤثر شناسایی و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی[۴] وزن دهی شدند. نقشه آسیب پذیری به روش همپوشانی شاخص[۵] و منطق فازی[۶] برای بلوک های آماری شهر تهران تهیه و به صورت بصری در محیط سیستم اطلاعات مکانی ارایه گردیدند.

نتایج: نتایج به دست آمده حاکی از ارجحیت منطق فازی در تعیین آسیب پذیری مناطق است. مدل همپوشانی شاخص با تعداد مناسب کلاس های وزنی برای هر فاکتور می تواند نتایج مشابه با منطق فازی به بار آورد. علاوه بر آن مدل همپوشانی شاخص از مزایای سادگی، سرعت بیشتر در حل مسئله و انعطاف پذیری در ترکیب ورودی ها و رتبه بندی خروجی ها بهره می برد. روش مناسب برای تهیه نقشه آسیب پذیری به میزان فازی بودن پارامترها، انتخاب مناسب تابع عضویت و ادغام بهینه لایه های اطلاعاتی بستگی دارد.

کلمات کلیدی: ریسک، GIS، منطق فازی (Fuzzy Logic)، همپوشانی شاخص (Index Overlay)، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

۱- دانش آموخته سیستم های اطلاعات مکانی (GIS)، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- دانشیار گروه سیستم های اطلاعات مکانی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی*(مسئول مکاتبات).
۳- استادیار گروه سیستم های اطلاعات مکانی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

4- Analytic Hierarchy Process (AHP)
5- Index Overlay
5- Fuzzy Logic

مقدمه

کشاورزان و مهندسان ریسک را نوعی خسارت می دانند در حالی که اقتصاددانان ریسک را مترادف احتمال وقوع یک حادثه زیان آور می پندارند. اگرچه تفاوت های فراوانی در چگونگی تعریف ریسک وجود دارد، ریسک را می توان به عنوان پیشامدی اتفاقی که احتمال رخداد آن وجود دارد و در صورت وقوع تاثیری منفی بر محیط خواهد داشت بیان نمود (۱). بر این اساس یک ریسک از سه مولفه اساسی تشکیل شده است: سناریو، احتمال وقوع و تبعات آن. این تبعات ممکن است به صورت یک مقدار عددی خاص و یا یک توزیع احتمال بیان شوند (۲).

سرزمین ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی از جمله ده کشور سانحه‌خیز جهان به شمار می‌آید و همواره بر اثر بروز سوانحی چون سیل، زلزله، خشکسالی، توفان و غیره، خسارات جانی و مالی قابل توجهی به کشور وارد آمده است. از همین‌رو، سال‌هاست که راه‌های کاهش اثرات سوانح طبیعی در کشور مورد توجه قرار گرفته است و تلاش می‌شود تا همگام با تجربه‌های جهانی در این حوزه، شاخص ایمنی و آمادگی در برابر سوانح طبیعی ارتقاء یابد. در این میان، برنامه‌ریزی برای پیشگیری و افزایش آمادگی در برابر سوانح در شهر تهران به عنوان مرکز فعالیت‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور از اهمیت زیادی برخوردار است. کلان‌شهر تهران به‌عنوان بزرگ ترین مرکز جمعیتی، اقتصادی، اداری، سیاسی و صنعتی کشور دارای مشکلات و نابسامانی‌های اساسی و جدی است که در میان آنها خطر تهدیدات ناشی از حوادث زلزله بیش از سایر مسایل و مشکلات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد (۳).

زلزله یکی از بلایای طبیعی اجتناب ناپذیر است که در صورت وقوع، خسارات و مشکلات بیشماری برای اقتصاد، محیط زیست و زندگی انسان ها ایجاد می کند. لذا مدیریت بحران زلزله امری ضروری به نظر می رسد. تجربه نشان داده است که پیشگیری از وقوع بحران بهتر از سامان دهی پس از وقوع آن می باشد. لذا فازهای قبل از وقوع بحران در سیکل مدیریت بحران دارای اهمیت خاصی می باشند (۴).

کاهش اثرات زلزله و یا به عبارت دیگر، کاهش آسیب پذیری جوامع بشری در برابر زلزله زمانی به وقوع خواهد پیوست که ایمنی شهر در برابر خطرات زلزله در تمامی سطوح برنامه ریزی مد نظر قرار گیرد (۵و۶). اما هر تصمیم گیری و برنامه ریزی صحیح نیازمند اطلاعات صحیح، دقیق و به روز می باشد. از سوی دیگر چون اکثر اطلاعات مورد نیاز در مقوله شهری و زلزله ماهیت مکانی دارند، لذا علم و فناوری سیستم اطلاعات مکانی می تواند در جهت سامان دهی و تجزیه و تحلیل جامع و سریع اطلاعات و کمک به اخذ تصمیمات مناسب در مدیریت بحران، مورد استفاده قرار گیرد (۷و۸و۹).

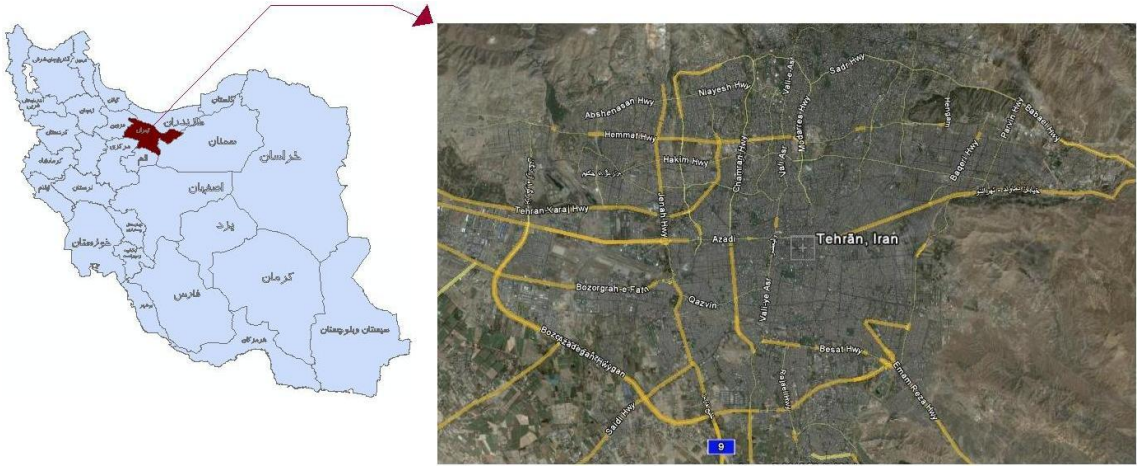
فرایندهای ارزیابی ریسک از دو قسمت زیر تشکیل شده اند:

- ارزیابی بحران: که احتمال وقوع و شدت بحران طبیعی را ارزیابی می کند.
- ارزیابی آسیب پذیری: که رابطه خسارات وارده را با شدت بحران بررسی می نماید.

به دلیل ابهامات زیاد، ارزیابی خسارات ناشی از بحران های طبیعی بسیار پیچیده است (۱۰). این ابهامات ناشی از فقدان دانش کافی و کمبود داده های آماری درباره پیدایش، ویژگی ها و نتایج این قبیل بحران هاست. این ابهامات را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

- ابهامات راجع به احتمال وقوع و شدت بحران در منطقه مورد مطالعه (۱۱)
- ابهامات درباره رابطه بین پارامترهای بحران طبیعی و خسارات ناشی از آن

این تحقیق به بررسی دسته دوم از فرایندهای ارزیابی بحران و ابهامات آن می پردازد. لذا تعیین میزان خسارت ناشی از زلزله و مکان های بحرانی از اهداف اصلی این تحقیق می باشد. محدوده مطالعاتی، شهر تهران است که در شکل ۱ نشان داده شده است.

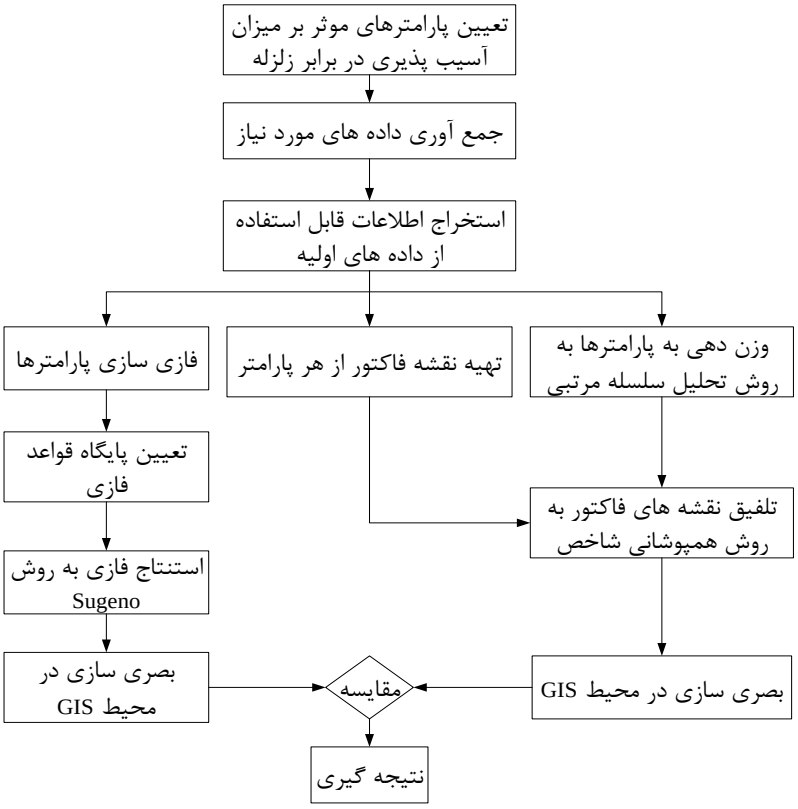


شکل۱- موقعیت محدوده مطالعاتی در سطح کشور

مواد و روش ها

در شکل ۲ ساختار اجرای پژوهش نمایش داده شده است. پارامترهای زیادی می توانند در میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله در شهر تهران تأثیرگذار باشند. از آن جمله می توان به عدم استحکام سازه ها، قطع و خرابی لوله های آب و گاز، قطع شبکه برق، خرابی و مسدود شدن راه ها اشاره داشت. با توجه به محدودیت در دسترسی به منابع داده، فاکتورهای موثر در ارزیابی میزان آسیب پذیری برای هر بلوک آماری در این تحقیق به چهار دسته تقسیم می شوند:

- فاصله تا گسل
- فاصله تا جاده اصلی
- تراکم جمعیت زیر ده سال
- تراکم جمعیت بالای ده سال



شکل۲- ساختار اجرای پژوهش از ورود داده تا تعیین میزان آسیب پذیری به دو روش منطق فازی و همپوشانی شاخص

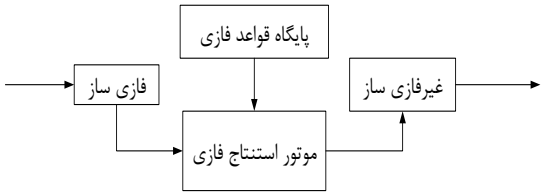
بعد از استخراج لایه های اطلاعاتی فوق و زمین مرجع کردن[1] آن ها، دو روش برای تعیین میزان آسیب پذیری مناطق در پیش گرفته شد. منظور از زمین مرجع کردن، انتقال داده ها به سیستم مختصات یکسان است.

به منظور استفاده از روش همپوشانی شاخص[2]، ابتدا نقشه فاکتور مربوط به هر شاخص تهیه گردید. در نقشه فاکتور به هریک از پیکسل های تصویر عددی بین ۰ و ۱ اختصاص داده می شود که میزان آسیب پذیری آن پیکسل را فقط با در نظر گرفتن یک پارامتر مشخص می کند. پیکسلی با مقدار ۱ آسیب پذیرترین پیکسل است. این لایه ها به صورت رستری در نرم افزار ArcGIS تهیه شدند. از طرف دیگر به روش تحلیل سلسله مراتبی[3] به هریک از پارامترها وزنی اختصاص یافت. در این روش اولویت های تصمیم گیرندگان در قالب ماتریس های مقایسه زوجی وارد محاسبات تولید وزن می گردند. هدف از تولید این ماتریس حذف اثر تفاوت ماهیت معیارهاست، بدین صورت که مقادیر عددی با دامنه مشخص جایگزین مقدار متغیرهای تصمیم گیری به ازای معیارها می شود. دامنه اهمیت های نسبی بین اعداد ۱ تا ۹ است، به طوری که هریک از این اعداد بیانگر میزان اهمیت معینی می باشند (۱۲و۱۳).

در نهایت برای هر پیکسل میانگین وزن دار فاکتورها به دست آمده و به عنوان میزان آسیب پذیری آن پیکسل در نظر گرفته می شود. تلفیق فاکتورها با وزن های به دست آمده در نرم افزار ArcGIS و به صورت رستری صورت گرفت و پیکسل ها به یازده دسته طبقه بندی شدند. نتایج این روش به صورت بصری در محیط GIS نمایش داده شد.

برای تعیین میزان آسیب پذیری هر بلوک به روش فازی، توابع عضویت[4] و پایگاه قواعد فازی[5] در نرم افزار MATLAB تشکیل شد و نتایج استنتاج فازی[6] به روش Sugeno (۱۴) در محیط GIS بصری سازی شد. سیستم های فازی سیستم هایی هستند که پدیده های غیر قطعی و نامشخص را با یک تئوری دقیق توصیف می کنند (۱۵). این سیستم ها مبتنی بر قواعد اگر آنگاه فازی می باشند که در یک پایگاه قواعد ذخیره شده است. یک قاعده اگر آنگاه یک عبارت شرطی است که بعضی کلمات آن به وسیله تابع تعلق پیوسته مشخص شده است (۱۴). در شکل ۳ قسمت های مختلف یک سیستم فازی نشان داده شده است.

1- Georeferencing
2- Index Overlay
3- Analytic Hierarchy Process (AHP)
4- Membership Function
5- Fuzzy Rule Base
6- Fuzzy Inference



شکل۳- قسمت های مختلف یک سیستم فازی

فازی سازی[7] به عنوان نگاشتی از یک نقطه به یک مجموعه فازی تعریف می شود. یافتن روشی مناسب که بتواند اعداد را به همه عناصر مجموعه فازی اختصاص دهد، بسیار دشوار است. البته اختصاص عدد ۱ به یک عنصر به معنای عضویت کامل آن در مجموعه و اختصاص عدد صفر یعنی آن عنصر قطعاً در مجموعه نیست. سایر مقادیر نیز به معنی عضویت نسبی در مجموعه می باشند. موتور استنتاج، منطق و اصول استدلال می باشد و استدلال به معنی به دست آوردن گزاره ها و نتایج جدید از ترکیب گزاره ها و عبارات موجود است. موتور استنتاج[8]، مجموعه ای از قواعد استنتاج فازی است که به ترکیبی از شروط موجود در پایگاه قواعد فازی اعمال شده و به نتایج فازی می رسد. غیرفازی سازی[9] به عنوان نگاشتی از مجموعه فازی به دست آمده از موتور استنتاج به یک نقطه قطعی تعریف می گردد (۸ و۱۶).

در روش Sugeno برای تعیین میزان آسیب پذیری یک منطقه باید مقادیر عددی پارامترهای مؤثر در میزان آسیب پذیری را برای آن منطقه به دست آورد. با توجه به توابع عضویت، درجه عضویت این اعداد به مجموعه های فازی مرتبط محاسبه می شود. با توجه به میزان انطباق درجات عضویت با هریک از قوانین، وزنی به خروجی هر قانون اختصاص داده می شود. بنابراین میانگین وزن دار خروجی ها همان میزان آسیب پذیری منطقه است. خروجی روش Sugeno نیازی به غیرفازی سازی ندارد (۱۴).

نهایتاً مقایسه نتـایج دو روش صـورت پذیــرفت. نتایج نشان می دهد که اگر وزن دهی به فاکتورها در روش همپوشانی شاخص بر اساس تعریف قوانین فازی باشد و تعداد کلاس های وزنی در هر فاکتور، مناسب اختیار شود می توان نتایج تقریباً مشابهی از دو روش به دست آورد. این در حالی است که مدل همپوشانی شاخص بسیار ساده تر از روش فازی پیاده سازی شد.

۱-۲- وزن دهی به فاکتورها به روش تحلیل سلسله مراتبی

وزن هر فاکتور نشان دهنده میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به فاکتورهای دیگر در تعیین مناطق آسیب پذیر است. برای وزن دهی

7- Fuzzification
8- Inference Engine
9- Defuzzification

به فاکتورها ابتدا ماتریس مقایسه وزنی تشکیل می گردد (۱۲). درایه های این ماتریس، اولویت هر فاکتور را نسبت به فاکتورهای دیگر مشخص می کنند. ماتریس مقایسه وزنی برای چهار فاکتور موثر در جدول ۱ آورده شده است. به عنوان مثال در جدول ۱ اولویت نزدیکی به گسل دو برابر اولویت فاصله تا جاده اصلی در نظر گرفته شده است.

جدول۱- ماتریس مقایسه وزنی برای پارامترهای موثر در آسیب پذیری زلزله

	فاصله تا گسل	فاصله تا جاده اصلی	تراکم جمعیت زیر ده سال	تراکم جمعیت بالای ده سال
فاصله تا گسل	۱	۲	۴	۸
فاصله تا جاده اصلی	۲/۱	۱	۲	۴
تراکم جمعیت زیر ده سال	۴/۱	۲/۱	۱	۲
تراکم جمعیت بالای ده سال	۸/۱	۴/۱	۲/۱	۱

ماتریس مقایسه وارد فرایند استاندارد سازی می شود و طی آن وزن فاکتورها محاسبه می گردد. متداول ترین روش استاندارد سازی تکنیک بردار ویژه[1] است (۱۲). در این روش بردار ویژه متناظر با بزرگ ترین مقدار ویژه[2] ماتریس مقایسه به دست آمده و نرمال سازی صورت می گیرد. وزن فاکتورها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۲- وزن های به دست آمده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای پارامترهای موثر

۰/۵۳۳۳	فاصله تا گسل
۰/۲۶۶۷	فاصله تا جاده اصلی
۰/۱۳۳۳	تراکم جمعیت زیر ده سال
۰/۰۶۶۷	تراکم جمعیت بالای ده سال

نرخ نهایی ناسازگاری[3] برای ماتریس مقایسه صفر محاسبه شد. چنانچه این مقدار بیشتر از ۰/۱ باشد باید قضاوت های ناسازگار پیدا شده و امتیازدهی مجدداً صورت گیرد (۱۳).

۲-۲- تهیه نقشه آسیب پذیری با استفاده از مدل همپوشانی شاخص

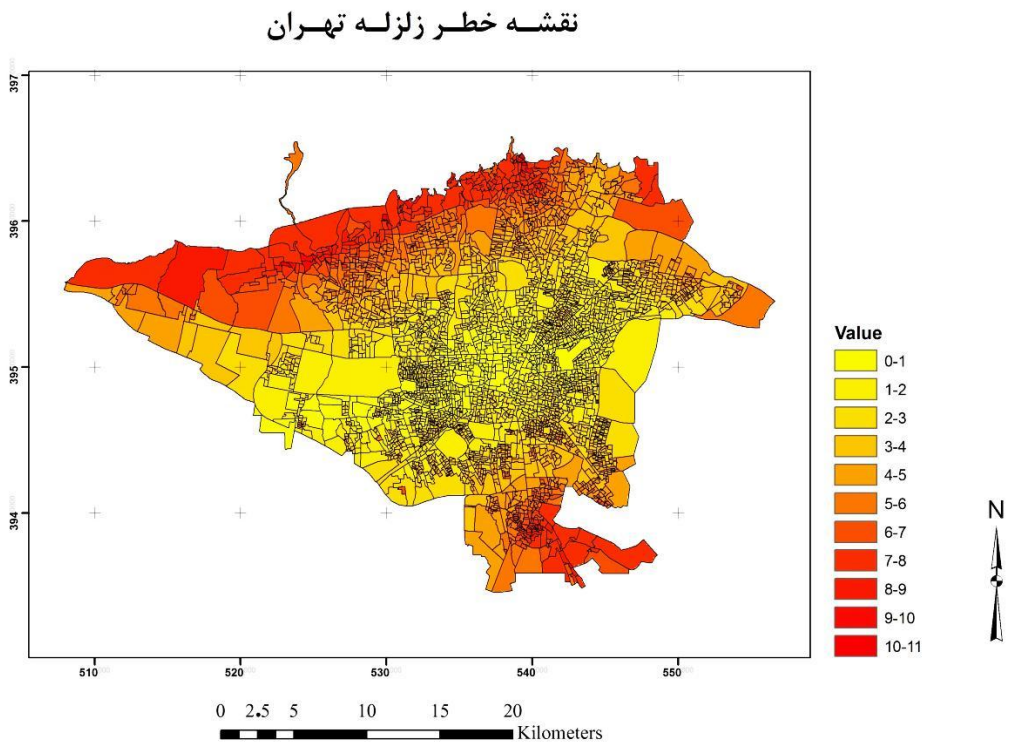
این مدل در ترکیب داده های مکانی کاربردهای بسیاری یافته است، زیرا در عین برخورداری از منطقی ساده به صورت قابل انعطافی ورودی ها را ترکیب می نماید. در این روش با به کارگیری اوزان به دست آمده از مرحله قبل، مسئله به صورت خطی در آمده و مقادیر مربوط به وزن پیکسل ها در نقشه خروجی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می گردد (۱۲).

$$w_{out} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \times s_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

به طوری که w_{out} وزن پیکسل مفروض در نقشه نهایی، w_i وزن پارامتر i ام و s_{ij} وزن نرمالیزه شده پیکسل j ام از نقشه i ام است.

نقشه فاکتور برای هریک از پارامترهای مؤثر به صورت رستری به گونه ای تهیه گردید که میانگین وزنی آن ها معنی دار باشد. باید توجه داشت که فاصله تا گسل بر خلاف سه پارامتر دیگر، روی آسیب پذیری تأثیر معکوس می گذارد. با توجه به این موضوع و استفاده از وزن های مرحله قبل، نقشه های فاکتور در نرم افزار ArcGIS ترکیب شدند و تصویر تولید شده در یازده کلاس طبقه بندی شد. به منظور بصری سازی به هر کلاس یکی از درجات رنگ قرمز اختصاص یافت تا میزان آسیب پذیری آن منطقه را نشان دهد. این نقشه در شکل ۴ نشان داده شده است. نواحی قرمز در بالا و پایین نقشه به خاطر وجود گسل در این مناطق است. از طرف دیگر، نسبت به سایر پارامترها وزن بالایی به گسل ها اختصاص یافته است.

1- Eigen Vector
2- Eigen Value
3- Inconsistency Ratio

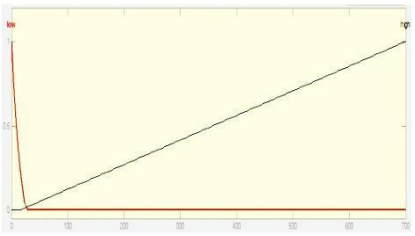


شکل۴- نقشه آسیب پذیری شهر تهران در برابر زلزله حاصل از روش همپوشانی شاخص

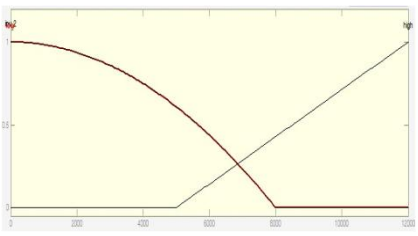
روش همپوشانی شاخص از انعطاف پذیری بسیار بالایی در ترکیب ورودی ها و رتبه بندی خروجی ها برخوردار است و به دلیل ماهیت خطی، اجرای آن نیز زمان کوتاهی نیاز دارد. از سوی دیگر چارچوب خطی حل مسئله باعث می شود که در تعیین اوزان پیکسل های یک کلاس، وزن ها به شکل پله ای و نه پیوسته تغییر کنند. به عبارت دیگر در این مدل به همه پیکسل های یک کلاس وزن یکسانی تعلق می گیرد.

۳-۲- تهیه نقشه آسیب پذیری با استفاده از منطق فازی

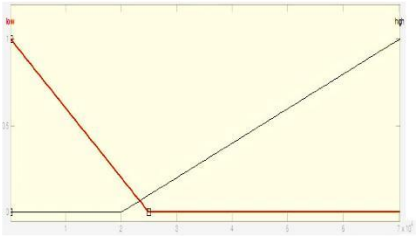
برای فازی سازی پارامترهای ورودی ابتدا توابع عضویت تعریف گردید. میزان تعلق هر عنصر به مجموعه فازی توسط این تابع تعیین شد. در این تحقیق از توابع عضویت زیر استفاده شد (شکل ۵). به عنوان مثال در شکل ۵- الف نمودار قرمز، تابع عضویت مربوط به مجموعه مناطق نزدیک به گسل را نشان می دهد. در این نمودار هرچقدر فاصله یک بلوک تا گسل کمتر باشد، درجه عضویت بیشتر است. سایر توابع عضویت نیز با توجه به نظر کارشناسان و اصول ساخت این توابع به دست آمده اند.



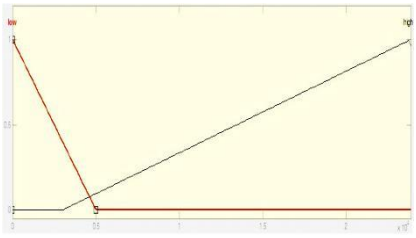
ب) (قرمز) مجموعه فازی مناطق نزدیک به جاده اصلی، (مشکی) مجموعه فازی مناطق دور از جاده اصلی



الف) (قرمز) مجموعه فازی مناطق نزدیک به گسل، (مشکی) مجموعه فازی مناطق دور از گسل



د) (قرمز) مجموعه فازی تراکم جمعیت بالای ۱۰ سال کم، (مشکی) مجموعه فازی تراکم جمعیت بالای ۱۰ سال زیاد



ج) (قرمز) مجموعه فازی تراکم جمعیت زیر ۱۰ سال کم، (مشکی) مجموعه فازی تراکم جمعیت زیر ۱۰ سال زیاد

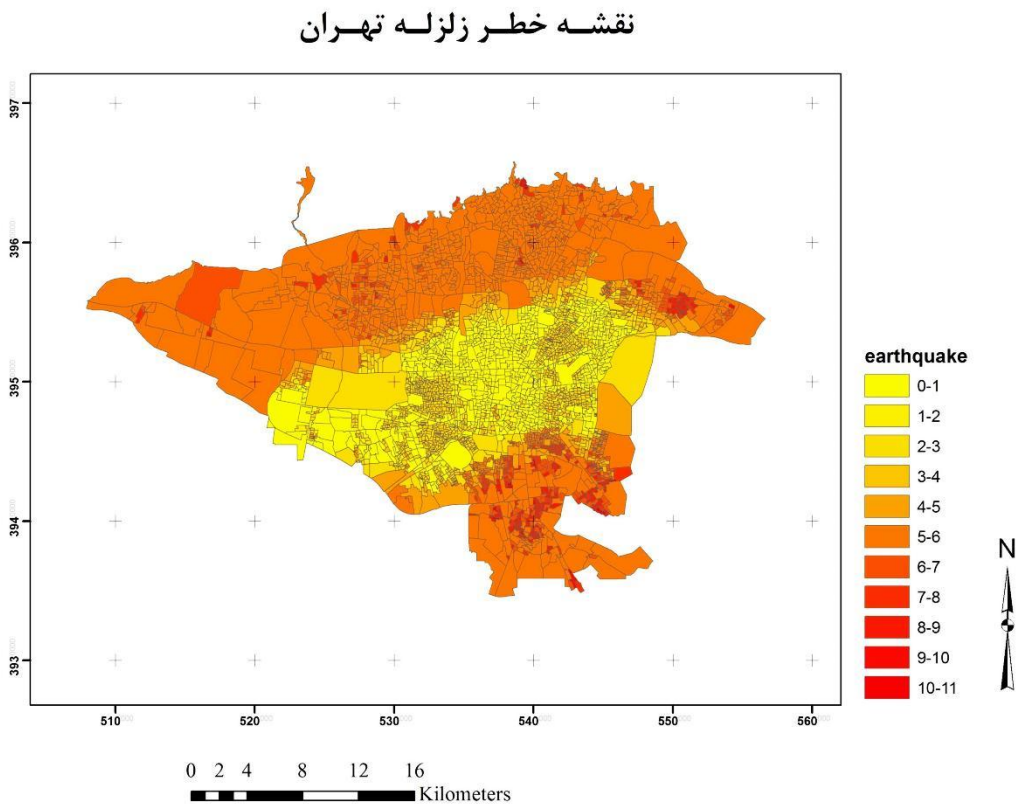
شکل۵- توابع عضویت ورودی های سیستم استنتاج فازی

در مرحله دوم، قوانین فازی به صورت کامل و با بررسی تمام حالات ممکن تعریف شدند. چند نمونه از این قوانین در جدول ۳ آورده شده است.

جدول۳- چند نمونه از قوانین پایگاه قواعد فازی

۱	اگر فاصله تا گسل کم باشد و فاصله تا جاده زیاد باشد و تراکم جمعیت زیر ده سال زیاد باشد و تراکم جمعیت بالای ده سال زیاد باشد آنگاه آسیب پذیری ۱۱ است.
۲	اگر فاصله تا گسل کم باشد و فاصله تا جاده زیاد باشد و تراکم جمعیت زیر ده سال کم باشد و تراکم جمعیت بالای ده سال کم باشد آنگاه آسیب پذیری ۸ است.
۳	اگر فاصله تا گسل زیاد باشد و فاصله تا جاده زیاد باشد و تراکم جمعیت زیر ده سال زیاد باشد و تراکم جمعیت بالای ده سال زیاد باشد آنگاه آسیب پذیری ۵ است.
۴	اگر فاصله تا گسل زیاد باشد و فاصله تا جاده کم باشد و تراکم جمعیت زیر ده سال کم باشد و تراکم جمعیت بالای ده سال کم باشد آنگاه آسیب پذیری ۰ است.

استنتاج فازی به روش Sugeno برای تمام بلوک های آماری با ویژگی های خاص هریک انجام شد و عددی بین صفر تا یازده به عنوان میزان آسیب پذیری در برابر زلزله به هریک اختصاص یافت. در مرحله آخر این نتایج در نرم افزار ArcGIS بصری سازی شد. در شکل ۶ هر بلوک آماری با یکی از درجه های رنگ قرمز نشان داده شده است که میزان آسیب پذیری آن منطقه را بر اساس فاکتورهای مؤثر نشان می دهد.



شکل۶- نقشه آسیب پذیری شهر تهران در برابر زلزله حاصل از روش فازی

۴-۲- مقایسه نتایج مدل همپوشانی شاخص و منطق فازی

شباهت بین دو نقشه ۳ و ۶ بیانگر خروجی تقریباً یکسان دو روش همپوشانی شاخص و فازی در این تحقیق است. اختلاف های کوچک به خاطر نوع توابع عضویت در مجموعه های فازی، محدودیت در تعداد کلاس های وزنی برای هر فاکتور و ثابت بودن وزن فاکتورها در روش همپوشانی شاخص می باشد. در این تحقیق تعداد کلاس های وزنی برای هر فاکتور برابر با پنجاه در نظر گرفته شده است تا بتوان نتایج مناسبی از روش همپوشانی شاخص به دست آورد. با این حال روش همپوشانی شاخص بسیار ساده تر و سریع تر اجرا شد و قابلیت انعطاف بیشتری در ترکیب ورودی ها و رتبه بندی خروجی ها داشت. از طرف دیگر در صورتی که ورودی های مسئله فازی باشند راه حل مناسب مسئله روش فازی است. در رابطه با مسئله این تحقیق مشاهده شد که می توان حتی با روش ساده همپوشانی شاخص نیز نتایج قابل قبولی به دست آورد و نیازی به استفاده از روش های پیچیده تر مثل فازی نیست.

نتایج و پیشنهادات

در این تحقیق، نقشه آسیب پذیری شهر تهران در برابر زلزله به دو روش همپوشانی شاخص و فازی تهیه گردید. پارامترهای موثر شامل نزدیکی به گسل و جاده های اصلی، تراکم جمعیت زیر ده سال و بالای ده سال انتخاب شدند. روش همپوشانی شاخص ساده تر و پیاده سازی آن آسانتر از روش فازی است. این روش همچنین از انعطاف پذیری بالایی در ترکیب ورودی ها و رتبه بندی خروجی ها برخوردار است. از این رو پیشنهاد می شود قبل از استفاده از روش های پیچیده تر مثل فازی، تطابق مسئله و ورودی های آن با ماهیت فازی ارزیابی گردند.

مدل همپوشانی شاخص به دلیل ماهیت خطی و اجرای سریع به طور وسیعی در تلفیق داده های مکانی به کار می رود. این مدل روابط میان فاکتورها را بر اساس روابط خطی و ساده ریاضی مدل سازی نموده و نتایج نهایی را بر این اساس ارایه می دهد.

در صورتی که فاکتورهای موثر در تعیین میزان آسیب پذیری دارای ماهیت فازی باشند، برای حصول نتایج واقعی تر ناگزیر از به کارگیری مدل هایی هستیم که فازی بودن فاکتورها و تغییرات تدریجی اوزان را در تلفیق آن ها دخیل نماید.

در تهیه نقشه آسیب پذیری برای تهران نتایج به دست آمده از دو روش فازی و همپوشانی شاخص تقریباً مشابه بودند. البته در هنگام تشکیل ماتریس مقایسه وزنی، قوانین تعریف شده در روش فازی مد نظر قرار داده شد تا بتوان به نتایج مشابه رسید. روش همپوشانی

شاخص بسیار ساده تر و سریع تر از روش فازی اجرا می شود و در صورتی که برای هر فاکتور، تعداد کلاس های وزنی به تعداد کافی تعریف شود می توان انتظار نتایج بهتری را داشت.

در این تحقیق از تعداد محدودی فاکتور برای تعیین میزان آسیب پذیری استفاده گردید. با افزایش پارامترهای دیگر همچون نوع کاربری یا متغیرهای فازی دیگر همچون مقاومت سازه و افزایش تعداد مجموعه هـــای فازی برای هـر فاکتـور می توان به نتایج بهتری رسید.

در این تحقیق از روش استنتاج Sugeno برای تلفیق فاکتورها بهره برده شد. پیشنهاد می شود از روش Mamdani نیز استفاده شده و نتایج با دو روش فوق مقایسه گردند.

منابع

1. White, D.H., 1994, Climate variability ecologically sustainable development and risk management, Agricultural systems and Information Technology, 6, 7−8
2. Alesheikh, A., Soltani, M., Nouri, N., Khalilzadeh, M., 2008, Land Assessment for Flood Spreading Site Selection Using Geospatial Information System, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol .5, No .4, pp 455-462.

۳. آقابابایی خوزانی، م.، ۱۳۸۸، تدوین الگوی چارچوب سازمانی برنامه مدیریت بحران زلزله احتمالی شهر تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست

۴. ناطق الهی، ف.، ۱۳۷۸، مدیریت بحران زمین لرزه ابر شهرها با رویکرد به برنامه مدیریت بحران زمین لرزه شهر تهران، انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی، ۲۲۷ص

۵. عبداللهی، م.، ۱۳۸۲، مدیریت بحران در نواحی شهری (زلزله و سیل)، انتشارات سازمان شهرداری های کشور، ۱۳۶ص

۶. وفایی نژاد، ع.، آل شیخ، ع. نشاط، م.، شاد، ر.، ۱۳۸۷، مدلسازی و برنامه ریزی مکانی – زمانی گروه های کاری زنده یاب به صورت فعالیت مبنا، مجله دانشکده فنی دانشگاه تبریز، جلد ۳۷، شماره ۳ (مهندسی عمران)، شماره پیاپی ۵۵، صفحات ۵۳-۴۵

۷. آقامحمدی، ح.، ۱۳۷۹، طراحی و پیاده سازی یک سیستم اطلاعات مکانی برای کاهش اثرات بحران زلزله، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گروه سیستم های اطلاعات مکانی

8. Vahidnia, M., Alesheikh, A., Alimohammadi, A., Hosseinali, F., 2009, Landslide Hazard Zonation Using Quantitative Methods in GIS, International Journal of Civil Engineering .Vol .7, No . 3 .pp .176-189.
9. Vose, D., 2000, Risk Analysis :A Quantitative Guide, 2nd edition, John Wiley & Sons Inc, 418 pages.

۱۰. موسوی، ز.، وثوقی، ب.، ۱۳۸۷، تعیین و پهنه بندی نرخ ممان لرزه ای ژئودزی: مطاله خاص شبکه ژئودینامیک سراسری ایران، نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، شماره ۴۲، صفحات ۳۷۰- ۳۶۱

11. Karimi, I., 2007, Risk assessment system of natural hazards :A new approach based on fuzzy probability, Fuzzy sets and systems, 158, 987− 999

۱۲. مهدی پور، ف.، ۱۳۸۴، مطالعه و تحلیل پارامترهای موثر در مکان یابی مجتمع های خدماتی- رفاهی بین راهی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، گروه سیستم های اطلاعات مکانی

۱۳. اصغرپور، م.، ۱۳۸۷، تصمیم گیری های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۰ص

۱۴. وانگ، لی، (ترجمه) تشنه لب، م.، ۱۳۷۸، سیستم های فازی و کنترل فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۵۲۶ص

15. Vahidnia, M., Alesheikh, A., Alimohammadi, A., 2009, Hospital Site Selection Using Fuzzy AHP and Its Derivatives, Journal of Environmental Management, Vol .90, No .10 .pp .3048-3056
16. Zadeh, L., 1965, Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338−353

Zoning earthquake vulnerability using GIS

(Case study: the city of Tehran)

Mahdi Hashemi[1]
Aliasghar Alesheikh[2]
alesheikh@kntu.ac.ir
Mohammadreza Malek[3]

Abstract

Introduction: Natural hazards like earthquakes, tornados and floods can cause considerable losses of lives and environmental properties. In order to develop appropriate risk management and loss mitigation it is crucial to develop reliable methods for risk assessment. Risk assessment is defined by both assessing the likelihood and intensity of the natural disaster.

Methodology: In order to assess earthquake vulnerability in this research, governing factors were identified and weighted using Analytic Hierarchy Process (AHP). Vulnerability map for census tracts of Tehran city has been provided with Index Overlay (IO) and Fuzzy Logic methods. Results are presented visually in GIS environment.

Results: The results indicate the preference of fuzzy logic in determining vulnerability of areas, although index overlay method with sufficient number of weight classes for each factor can bring similar results. In addition, index overlay method benefits from simplicity, faster in problem solving and more flexibility in combining inputs and ranking outputs. A suitable method for the preparation of vulnerability map must observe the fuzziness rate of parameters, the appropriate selection of membership function and the optimized integration of data layers.

Key Words: Risk, GIS, Fuzzy Logic, Index Overlay, Analytic Hierarchy Process (AHP)

1- Graduate student, Department of Geospatial Information Systems, K.N. Toosi University of Technology
2- Associate Professor, Department of Geospatial Information Systems, K.N. Toosi University of Technology
3- Assistant Professor, Department of Geospatial Information System, K.N. Toosi University of Technology