نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ششم، شماره ۴، اردیبهشت ماه ۱۳۹۶

ارزیابی توان شبکه معابر شهری و طراحی مناسب ترین شبکه هندسی معابر با رویکرد مدیریت بحران با استفاده از GIS

عبدالرضا کاظمی نیا[1]، صدیقه میمندی پاریزی*[1]

[1]مربی دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی سیرجان
kazeminiya14@yahoo.com
*sm_parizi20@yahoo.com

(تاریخ دریافت آذر ۱۳۹۵، تاریخ تصویب اسفند ۱۳۹۵)

چکیده

شبکه معابر شهری یکی از ارکان عمده شهرها هستند که می توانند در مدیریت بحران‌های شهری، قبل و بعد از بحران‌ها، عملیات امداد و نجات، جابجایی و تخلیه آسیب دیدگان نقش بسزایی داشته باشند. بنابراین ارزیابی توان شبکه معابر شهری و برنامه ریزی برای کاهش آسیب های احتمالی امری ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق با هدف ارزیابی شبکه معابر شهری در برابر بحران‌ها، در منطقه ۱ شهرکرمان با رویکرد زلزله انجام گرفته است. شهرکرمان بدلیل موقعیت جغرافیایی خود و دارا بودن بافت قدیمی در برابر زلزله آسیب پذیر می‌باشد. بنابراین این پژوهش سعی دارد با بررسی میدانی، فرایند توانمند سازی شبکه معابر شهری را جهت مدیریت بحران با استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی ارزیابی نماید. برای این منظور ابتدا آسیب پذیری شبکه معابر بررسی گردید. پارامترهایی که برای ارزیابی شبکه معابر منطقه۱ شهر کرمان در نظر گرفته شدند پارامترهایی بودند که هنگام بحران در آسیب پذیری و تخریب معابر می توانند نقش داشته باشند. این پارامترها عبارتند از شاخص‌های همجواری معابر با تأسیسات زیربنایی آسیب پذیر، ویژگی های ساختمانی (قدمت ساختمان ها، تعداد طبقات یا ارتفاع ساختمان و نوع کاربری ساختمان ها) و شاخص های مربوط به معابر (شیب، طول، عرض، تعداد تقاطع ها، وجود پل و غیره). هر کدام از این شاخص ها بر اساس روش AHP وزندهی و سپس در محیط GIS مدلسازی و در نهایت با بکاربردن توابع تحلیلی، نقشه آسیب پذیری معابر منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. پس از تعیین آسیب پذیری شبکه معابر، برای خدمات رسانی و تخلیه سریعتر آسیب دیدگان در زمان و یا بعد از بحران، یک پایگاه داده زمین مرجع برای راههای شهری طراحی گردید. در نهایت شبکه هندسی معابرمنطقه ۱ شهر کرمان ایجاد گردید. نتایج نهایی حاکی از این است که، آسیب پذیری شبکه معابر محدوده‌ی مورد مطالعه (جز در نواحی نوساز)، بیشتر از حد متوسط، و عمدتاً زیاد است. آسیب پذیری شبکه معابر در ناحیه ۵ و ۱ منطقه مورد مطالعه بیشتر به چشم می خورد که در برنامه ریزی ها باید در اولویت قرارگیرند.

واژگان کلیدی: شبکه معابر شهری، آسیب پذیری، شبکه هندسی، پایگاه داده زمین مرجع، مدیریت بحران

* نویسنده رابط

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

مدیریت شهری با هدف کاهش آسیب پذیری، ناگزیر از شناخت نحوه و علل آسیب‌پذیری هر یک از عناصرکالبدی شهراست. بیشتر تلاش‌های صورت گرفته تاکنون در راستای کاهش آسیب‌های ناشی از وقوع زمین‌لرزه، محدود به برنامه های مقاوم‌سازی ساختمان‌ها بوده است در حالی‌که، ایمن سازی جوامع شهری، در ارتباط با شناخت کامل و دقیق از عناصر تشکیل دهنده کالبد شهر و تشخیص علل و میزان آسیب‌پذیری هر یک از عناصر شهری و داشتن راهکارهایی با هدف کاهش آسیب پذیری عناصرشهری است [۱]. تعیین نقاط آسیب پذیر و پهنه بندی مناطق مخاطره آمیز در شهرها و تقویت سازمان های دخیل در مدیریت بحران و امنیت، در پایداری شهرها در برابر بحران ها بسیار موثر است [۲]. ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در هنگام بحران‌ها و تدوین راهکارهای مناسب برای کاهش خسارت ها ضروری است [۳]. جهت ارزیابی شدت و درجه مخاطرات، تهیه نقشه پهنه بندی نقاط آسیب پذیر و داده های مکانی در ارتباط با کاربری زمین، جمعیت، راههای ارتباطی، تاسیسات حیاتی و حساس شهری لازم است [۴]. در این میان، عناصر و مولفه‌های شهرسازی موثر بر میزان آسیب‌پذیری شهرها مانند طراحی ابنیه و شبکه معابر، نقشی مهم در بروز شدت و میزان آسیب ها دارد. مسیرهای معابر (منظور از معبر راهی ساخته شده بین دو رشته ساختمان در کنار آن است که بیشتر در شهرها رایج است و در بیابان ها، راه ساخته شده بین دو قطعه از بیابان را مسیر گویند) از جمله فضاهای عمومی، خدماتی و راهبردی در شهر و منطقه اند که باید بطور صحیح طراحی و برنامه ریزی گردند [۵]. در واقع مناطق شهری نقش سرویس دهی به نیازهای اقتصادی و اجتماعی ساکنان شهر را بر عهده دارند و برای انجام این مهم، معابر ضروری ترین عامل است [۶]. در این راستا، آسیب شناسی شبکه معابر شهری با رویکرد زلزله، به عنوان یکی از عناصر کلیدی شهر، از اهمیت بسیار مهمی برخوردار است. نقش شبکه ارتباطی در آسیب پذیری شهرها در برابر زمین لرزه را می‌توان با رجوع به مراحل مدیریت بحران در دو مرحله، زمان وقوع و بلافاصله بعد از آن و زمان بازگرداندن شهر به حالت عادی مد نظر قرار داد. بر این اساس، شبکه ارتباطی باید نقش هایی مانند: تأمین دسترسی به فضاهای باز مناسب برای فرار از عوامل خطرزا و دسترسی به نقاط امن، امکان فرار و پناه گیری سریع و ایمن، تسهیل عملیات امداد و نجات پس از زمین لرزه، تسریع عملیات آوار برداری و پاکسازی را با کیفیت مطلوب ایفا کند. علاوه بر موارد ذکر شده، در ساعات شلوغ روز و به ویژه در نواحی مرکزی شهر، بسیاری از مردم در خیابان ها، پل ها و زیرگذرها و خارج از ساختمان‌ها، صدمه دیده و یا کشته می‌شوند و بدین ترتیب، آسیب پذیری معابر، در بالابردن میزان آسیب پذیری نقش موثری بر عهده دارد. در مرحله بازگرداندن شهر به حالت عادی، شبکه ارتباطی نقش کلیدی در سفرهای بین محل کار و سکونت و حمل نقل کالا و تسریع عملیات عادی سازی بر دوش دارد [۷]. زلزله و زمین لرزه های ناشی از آن یکی از مخاطرات طبیعی و بحران هایی است که اکثر شهر های کشور ما با آن مواجه می باشند، بنابراین روی آوردن به مدیریت بحران برای کاهش مخاطرات و تلفات در کشور ایران از ضروریات است. یکی از راهکارهای مدیریت بحران برای مواجهه با آسیب‌های ناشی از بلایای طبیعی در شهرها توجه به شبکه حمل ونقل است. مدیران بحران یکی از دلایل گسترده شدن ابعاد زلزله را عدم امدادرسانی به موقع ناشی از آسیب دیدگی معابر بیان نموده-اند[۸]. در این بین نقش مسیرهای ارتباطی مانند خیابا ن‌ها و معابر به عنوان نقاط اتصالی و گریز در شهرها در مواقع بحران-های طبیعی بسیار اساسی و مهم است. این چالش در مواقعی که کاربری‌های حاشیه این مسیرها دارای مقاومت نامناسب و فرسوده می‌باشند بسیار جدی‌تر است، زیرا با آسیب‌های احتمالی موجب ریزش و بسته شدن این نقاط مواصلاتی شده و در فرایند امداد رسانی و گریز از نقاط بحران اختلال ایجاد می-کند؛ و مشکلات و خطرات جانی و مالی را در مواقع بحران دوچندان می‌نماید[۹]. از این رو این تحقیق در نظر دارد ابتدا آسیب پذیری شبکه معابر در برابر بحران زلزله در منطقه ی یک شهر کرمان را ارزیابی نموده و سپس با طراحی شبکه هندسی معابر و با در نظر گرفتن آسیب پذیر بودن هر مسیر، بهترین مسیرهای نجات مصدومین از بحران را با تحلیل‌های شبکه هندسی معابر در محیط سیستم اطلاعات مکانی یا GIS تعیین نماید. شهر کرمان در دشتی نسبتاً وسیع قرار گرفته که از نظر جمعیتی در رده شهرهای بالای پانصد هزار نفرکشور و از نظر ناحیه ای، به عنوان مهمترین و بزرگترین شهر جنوب شرق کشور است که عملکردی فرا منطقه ای دارد. کارشناسان متعددی زلزله خیزی شهر کرمان را بررسی نموده اند که بسیاری حتی احتمال زلزله ۷ ریشتری را نیز تخمین زده اند [۱۰]. با توجه به رابطه نزدیک نوع سازندهای زمین شناسی و شکستگی های پوسته زمین (گسل ها) با وقوع زمین لرزه‌ها ، گسل های متعددی شهر کرمان را در بر گرفته اند که دو گسل شمال کرمان و گسل باغین تهدید کننده‌های اصلی شهر

Archive of SID

www.SID.ir

هستند [۱۱]. همچنین قرار گیری این شهر بر روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا و فاصله ۱۳ کیلومتری شهر تا گسل اصلی و واقع شدن به عنوان مرکز استان، لزوم برنامه‌ریزی شهری با در نظر گرفتن اهمیت شبکه معابر در برابر آسیب های ناشی از بلایای طبیعی غیرمنتظره مانند زلزله را آشکار می سازد. براین اساس توجه به ارزیابی توان شبکه معابر شهری و آسیب پذیری آن در جهت کاهش آسیب های ممکن، از ضروریات مدیریت شهری کرمان می باشد. پژوهش های متعددی در زمینه ارزیابی شبکه معابر و آسیب پذیری آنها در شهرها انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

تانگ[۱] (۲۰۰۴) با مدل‌های RADIUS ،HAZUS، JICA آسیب پذیری راه‌ها و پل‌ها را در کشور نپال در برابر زلزله ارزیابی نمود. این ارزیابی بر اساس موقعیت، پوشش سطحی و روانگرایی مکان واقع در آن بوده و در نهایت مدلی برای تخمین احتمال انسداد معابر، ارایه داد و به این نتیجه رسید که مدل RADIUS نسبت به بقیه مدل ها برای تخمین انسداد معابر مناسب‌تر است [۱۲]. تیلور[۲] و همکاران (۲۰۰۶) در کشور استرالیا، آسیب پذیری شبکه معابر را برای تشخیص نقاط بحرانی در زیر ساخت‌های معابر، ارزیابی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که با گسترش روش ارائه شده می‌توان نقاط ضعف مکان‌هایی که یک انسداد در معبرو تأثیرات جدّی در دسترسی به نقاطی خاص و عملکرد کلی شبکه دارند را شناسایی نمود [۱۳]. بونو[۳] و گوتیرز (۲۰۱۱) آسیب پذیری شبکه معابر شهری را براساس چشم انداز دسترسی شهری در محیط GIS انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که می‌توان با ارائه روش‌های متناوب، چشم انداز دسترسی شهری پس از آسیب زلزله را تعریف کرده و با ترکیب ساده مفاهیم تئوری گرافیکی (شبکه) و تجزیه و تحلیل فضایی مبتنی بر GIS چگونگی درجه جدایی (ایزوله شدن) بلوک‌های شهری به عنوان نتیجه اختلالات اصلی شبکه معابر شهری، با توجه به ساختمان‌های فروریخته و آوار و کاهش دسترسی به فضای شهری زمانی که شبکه جاده‌ای صدمه دیده است، را ارزیابی نمود [۱۴]. دالین و لاپینگ[۴] (۲۰۱۲) در تجزیه و تحلیل آسیب پذیری شبکه معابر، روشی برای ارزیابی آسیب‌پذیری، بر اساس مدل تجزیه و تحلیل و ادراک آسیب پذیری شبکه معابر معرفی کردند. آن‌ها به بررسی آسیب پذیری شبکه، از طریق کاهش زمان نهایی سفر کاربران جاده و توجه کافی به ساختار شبکه، جریان ترافیک و استقرار مراکز نجات پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه آنها این بود که با برخی پیشنهادات مانند قوانین و مقررات می توان برای اضافه کردن یا بازسازی معابر و مکانیابی دوباره سایت‌های مراکز نجات، از آن‌ها استفاده کرد [۱۵]. ناگایه[۵] و همکاران (۲۰۱۲) در کشور ژاپن برای تقویت ضد لرزه‌ای شبکه معابر شهری و استفاده از امکانات شبکه معابر شهری روشی را ارائه دادند. نتایج بدست آمده از بررسی آنها نشان داد که برای دقت بیشتر می توان از روش‌های آماری استفاده نمود. ساعد و عشق آبادی(۱۳۸۹) شهر تهران را از بعد آسیب پذیری زلزله مورد تحلیل قرار دادند و به ارزیابی سطح آسیب پذیری بافت شهری به تناسب سلسله مراتب شبکه معابر در ارتباط با زلزله پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تعدد مسیرهای دسترسی شهر بر کاهش میزان آسیب پذیری و کاهش تلفات تأثیر بسزایی دارد [۱۶]. شیعه و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل IHWP و GIS آسیب پذیری شبکه ارتباطی منطقه شش شهر تهران را در برابر زلزله مطالعه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که بدنه خیابان‌هایی با تراکم ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین، فاصله زیاد تا مراکز امدادی نسبت به سایر قطعه ها و درجه محصوریت بیشتر، از میزان آسیب پذیری بالایی برخوردار بوده تا حدی که به عنوان بخش های آسیب پذیر شناخته می شود [۱۷] .بالایی لنگرودی و همکاران (۱۳۸۹) در ارزیابی معابر شهر تهران با استفاده ازروش RISK-UE بیان نمودند و به این نتیجه رسیدندکه ساختمان‌های فرسوده بیشترین نقش را علاوه بر گسترش آوار، در مسدود کردن معابر دارند[۱۸]. نورایی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی کارایی شبکه ارتباطی محله خاک سفید تهران در موقع بحران پرداختند و بر اساس روش AHP نقاط آسیب پذیر را تعیین نمودند. نتایج بدست آمده از تحقیق آنها نشان داد که برخی از مسیرها به لحاظ آسیب پذیری بالا و در مواقع بروز سانحه و پس از آن از کارایی بسیار پایینی برخوردار خواهند بود که لازم است اصلاحاتی در شبکه معابر و عوامل موثر بر آن صورت گیرد و تا تکمیل این فرآیند، از مسیرهای جایگزین برای امداد رسانی استفاده کرد[۱۹]. عزیزی و همافر (۱۳۹۱) ، آسیب شناسی محله کارمندان شهر کرج را با استفاده از روش های آماری نوین در محیط GIS مطالعه نمودند و توانستند مدلی بسط پذیر را برای تعیین آسیب پذیری لرزهای معابرِ شهری ارائه کنند. نتیجه حاصل از مطالعه آنها این بود که برای تعیین آسیب پذیری

۱ Tung
۲ Taylor
۳ Bono
۴ Dalin & Luping
۵ Nagae

Archive of SID

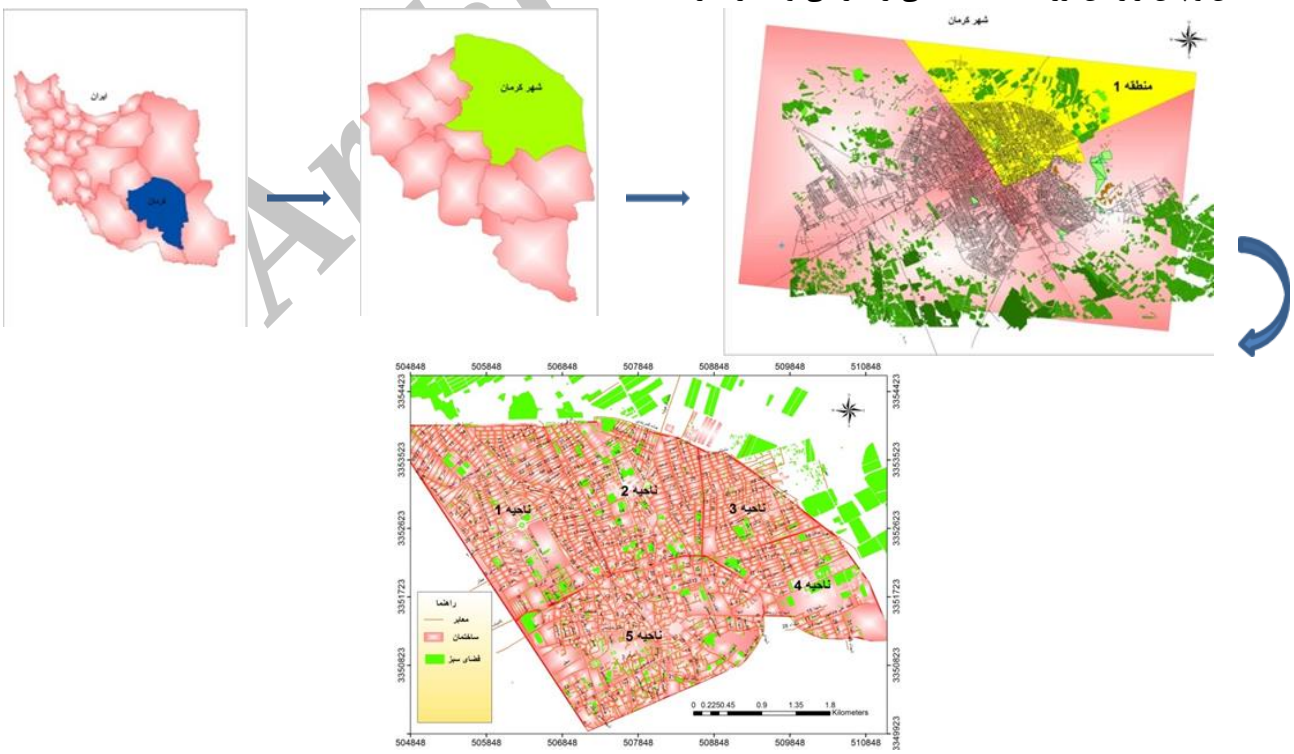
www.SID.ir

لرزه‌ای، ضروری است از روش‌هایِ تحلیلیِ مبتنی بر تحلیل توامان معیارها سود جست که این امر نشان دهندۀ مطلوبیت و کارآیی مدل ارزیابی پیشنهادی است [۱]. احدنژاد و همکاران (۱۳۹۴) به روش توصیفی تحلیلی با استفاده از ارزیابی چند معیاره شبکه معابر شهر تبریز را ارزیابی نموده و به این نتیجه رسیدند که آسیب پذیری شبکه معابر محدوده ی مورد مطالعه جز در محلات نوساز، در محلات اسکان غیررسمی بیشتر به چشم می خورد و بیشتر از حد متوسط، و عمدتاً زیاد و خیلی زیاد است [۹]. نژاد اکبری راوری و مجرد کاهانی (۱۳۹۴) با استفاده از GIS میزان انسداد طولی و عرضی مسیرهای اصلی بر اساس موقعیت مراکز انتظامی شهر کرمان و میزان کارایی آن‌ها پس از وقوع زلزله را مشخص کردند. نتایج حاصل از تحقیق آنها این بود که میزان انسداد طولی و عرضی هر کلانتری در هر منطقه متفاوت می‌باشد. بعضی از مراکز در انسداد بالا قراردارند به همین منظور می‌توانند در امدادرسانی اختلالاتی را به وجود آورند.

با بررسی پژوهش های مذکور می توان پی برد که در همه آنها آسیب پذیری شهری بر اساس معیارهایی ارزیابی شده است و تنها معابر بر اساس آسیب پذیری پهنه بندی شده اند. تحقیق پیش رو علاوه بر تهیه نقشه نهایی آسیب پذیری شبکه ارتباطی شهری، برای تعیین مطلوبیت و سطح عملکرد معابر برای امداد رسانی و تأمین دسترسی به مکان های امن در حین و پس از زمین لرزه، شبکه هندسی را طراحی و با در نظر گرفتن آسیب پذیر بودن آن‌ها بعنوان یک محدودیت، تحلیل های مربوط به شبکه معابر شهری مانند مشخص نمودن نزدیکترین و امن ترین مسیر برای تخلیه و نجات مصدومین را نیز، مد نظر قرار داده است. طراحی شبکه هندسی معابر به کمک سیستم های اطلاعات مکانی، با در اختیار گذاشتن ابزارهای دقیق و تحلیل های بهینه، یکی از موثرترین راهکارهای موجود جهت مدیریت شبکه معابر می باشد.

۲- منطقه مورد مطالعه

شهر کرمان در جنوب شرقی ایران، در محدوده ای با عرض جغرافیایی '۱۴ °۳۰ تا '۱۹ °۳۰ شرقی و طول جغرافیایی °۵۷ تا ' ۷ °۵۷ شمالی واقع شده است. جمعیت آن بیش از ۵۰۰ هزار نفر بر آورد شده و بزرگترین شهر در جنوب شرقی کشور است. این شهر با ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا در حاشیه شمال شرقی دشت کرمان قرار گرفته است. شهر کرمان دارای قدمت طولانی بوده و از نظر تقسیمات شهرداری دارای چهار منطقه شهری است. در این تحقیق منطقه ۱ شهر کرمان که دارای ۵ ناحیه است، بدلیل اهمیت و وجود بافت قدیمی شهر که دارای تراکم جمعیتی بالا بوده و عملکردهای مختلفی را در خود جای داده، انتخاب گردیده است(شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه واقع در شهر کرمان

Archive of SID

www.SID.ir

۳- مبانی نظری

۳-۱- مدل آسیب پذیری معابر شهری

مدل ارزیابی آسیب‌پذیری در این تحقیق از نوع مدل‌های چندشاخصه است. با توجه به اینکه بسیاری از شاخص های مؤثر درآسیب پذیری کالبدی ماهیت مکانی دارند، مدل مورد نظر دراین تحقیق مبتنی بر GIS و به عبارتی یک مدل GIS-MADM می باشد. تصمیم‌گیری یک فرآیند است که شامل مراحل مختلفی است و مراحل آن با توجه به نوع تصمیم‌گیری که چند هدفه یا چند شاخصه باشد متفاوت می‌باشند. مراحل کلی تصمیم‌گیری چند شاخصه شامل سه مرحله اصلی آگاهی، طراحی و انتخاب است [۲۰]. مرحله آگاهی مرحله شناخت، نیاز سنجی و ساختاردهی مسئله می باشد. در پایان این مرحله معیارهای تصمیم‌گیری استخراج می‌شود و به عبارتی ساده ساختار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری مشخص می‌گردد. هدف نهایی مرحله طراحی تولید گزینه‌ها است. این گزینه‌ها با توجه به هدف مسئله و قیود تعریف شده در مسئله از روی داده‌های موجود تولید می‌گردند. در مرحله انتخاب گزینه‌های تولید شده در مرحله طراحی با توجه به مقادیر شاخص‌ها برای هر گزینه و وزن شاخص‌ها با یکدیگر مقایسه شده و در پایان بهترین گزینه انتخاب شده یا گزینه‌های موجود ارزیابی و مرتب می شوند[۲۱] .

در بین عوامل و شاخص های مختلف معابرشهری برخی از شاخص ها از اهمیت و حساسیت بیشتری در رابطه با ارزیابی معابر در برابر آسیب پذیری هنگام بحران برخوردارند.(جدول۱)

جدول۱- معیارهای موثر در آسیب پذیر بودن شبکه ارتباطی شهری

معیار های اصلی	معیارهای فرعی					
همجواری شبکه ارتباطی با شبکه های زیرساختی شهری	همجواری با تاسیسات آب	همجواری با تاسیسات برقی	همجواری با تاسیسات گازی	همجواری با تاسیسات مشتعل زا(بنزین)		
معیار ساختمان های مشرف به شبکه ارتباطی	قدمت	ارتفاع	تراکم	کاربری		
ویژگی های مربوط به شبکه ارتباطی	شیب	طول معابر	عرض معابر	تعداد تقاطع ها	وجودقوس	وجود پل ها و زیرگذرها

۳-۲- روش دلفی

روش دلفی در دهه ۵۰ میلادی توسط شرکت رند در سانتامونیکا در ایالت کالیفرنیا توسعه یافت [۲۳]. روش دلفی که اولین بار در زمینه پیش بینی بکار رفت، وسیله ای برای نگاه به آینده بود[۱۲]. این روش مخصوصاً مواقعی خوب کار می کند که هدف، بهبود درک ما از مشکلات، پتانسیل ها، راه حل ها و نیز توسعه پیش بینی ها می باشد. دلفی ممکن است به عنوان روشی برای روند برقراری ارتباط در ساختار یک گروه توصیف شود به طوری که گروهی از افراد به عنوان یک کل در حال مقابله با یک مشکل پیچیده است. به طور خلاصه می توان گفت، روش دلفی به عنوان جایگزینی برای مصاحبه چهره به چهره مورد استفاده قرار می گیرد [۸]. این روش شامل چند مرحله اساسی است:

۱. تعریف مسئله پژوهش و بر این اساس ویژگیهای لازم برای شرکت کنندگان در پانل دلفی تعیین می شود.

۲. تشکیل پانل دلفی. اولین نکته در تشکیل این پانل چگونگی انتخاب اعضاء آن است. در این حالت اعضاء به منظور کاربرد دانش آن‌ها در مسئله مورد پژوهش و بر مبنای معیارهایی برگزیده می شوند که از ماهیت موضوع و مسئله پژوهش نشأت گرفته اند.

۳. در این مرحله اعضاء پانل ایده های خود را درباره عوامل مرتبط با مسئله پژوهش ارائه می کنند. پژوهشگر با تحلیل و پالایش این ایده ها، حذف موارد تکراری و کاربرد واژگان یکسان، لیست نهایی عوامل مرتبط با مسئله پژوهش را استخراج می کند.

۴. اعضاء پانل میزان اهمیت عوامل را تعیین یا تعدادی از مهم ترین آن ها را انتخاب می کنند. بر این اساس، تعداد

Archive of SID

www.SID.ir

عوامل به میزانی کاهش می باید که کار با آن ها قابل انجام باشد. در حقیقت این مرحله برای کاهش تعداد عوامل به تعداد قابل قبول برای ادامه کار انجام می شود.

۵. مرحله آخر به بازنگری در میزان اهمیت عوامل براساس نتایج پیشین تا تعیین ترتیب اهمیت عوامل اختصاص دارد. در این مرحله هر یک از اعضاء در جریان نظر گروه قرار می گیرد و مجدداً در میزان یا ترتیب اهمیت عوامل تجدید نظر می کند. تجدید نظر اعضاء تا جایی ادامه می‌یابد که میان آنها اتفاق نظر حاصل شود [۲۳].

روش اجرای دلفی شامل یک پیمایش دو یا چند تکراری است که در تکرار اول نظرات کارشناسان خبره و اهل فن در زمینه مورد تحقیق دریافت می شود. این کارشناسان با توجه به ماهیت، عملکرد و اهمیت متغیرها، آنها را زوجی مقایسه نموده ارزش دهی می نمایند. در تکرار دوم، نتایج تکرار اول در دسترس مشارکت کنندگان قرار می گیرد. به طوریکه آنها بتوانند در صورت تمایل ارزیابی‌های اولیه خود را تعدیل کنند تا به نظرات قبلی خود مطالبی اضافه نمایند. هیچ کس در این پیمایش بی اعتبار نمی‌شود، چون که پیمایش با استفاده از یک پرسشنامه و به صورت بی نام انجام می پذیرد و در تکرار، شاخص‌ها تعیین و مقایسه زوجی آنها برای محاسبه وزن نهایی انجام می گیرد [۱۲].

۳-۳- روش وزن‌دهی تحلیل سلسله مراتبی یا AHP

روش‌های وزن‌دهی متنوعی وجود دارد از آن جمله می‌توان به روش های بولین، نسبتی، رتبه بندی و تحلیل سلسله مراتبی اشاره کرد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع ترین مدل های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چند گانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به شکل سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد [۲]. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده است که قضاوت و محاسبات را تسهیل می نماید و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چند معیاره است [۱۴]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر سه اصل تجزیه، قضاوت مقایسه ای و ترکیب اولویت ها می باشد. در اصل تجزیه، هدف تعیین و ساختار درختی برای معیارها ایجاد می شود. قضاوت مقایسه ای عناصر هر سطح نسبت به عناصر همان سطح به صورت دو تایی و براساس جدول مقایسه شده و اهمیت نسبی آنها محاسبه می شود. در مرحله ترکیب اولویت ها وزن های به دست آمده اولویت ها ترکیب می شود. این مدل احتمال تصادفی بودن نتایج را بسیار پایین می آورد، زیرا نتایج این روش با شاخص سازگاری[۱] یا CR سنجیده می شود. نتایج، زمانی قابل قبول است که شاخص زیر ۰/۱ باشد [۱۸]. در علم تصمیم‌گیری که در آن انتخاب یک معیار از بین معیارهای موجود و یا اولویت‌بندی پارامترها مطرح است، چند سالی است که روشهای "تصمیم گیری با شاخص‌های چند گانه" «MADM»[۲] جای خود را باز کرده‌اند. از این میان روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بیش از سایر روش ها در علوم مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منعکس کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده به حل آن می‌پردازد.

۳-۴- طراحی شبکه هندسی Geodatabase معابر شهری

ایجاد شبکه هندسی معابر در زمینه قابلیت‌های تجزیه و تحلیل شبکه در سیستم‌های اطلاعات مکانی از جمله محاسبه کوتاهترین و بهترین مسیر می‌تواند بسیار مفید باشد. آنالیزهای شبکه در سیستم‌های اطلاعات مکانی را می‌توان بر اساس معیارهای گوناگونی انجام داد. یکی از مهمترین و پرکاربردترین این معیارها، معیار زمان سفر است. موارد گوناگونی درکاهش میزان زمان سفر در شبکه معابر شهری مخصوصاً در زمان بحران‌ها و یا پس از آن‌ها، نقش دارند. از جمله این موارد، آسیب پذیر نبودن و ایمن بودن مسیر است. در حال حاضر اکثر سامانه های راهبری بر اساس مجموعه‌ای از الگوریتم های قطعی به محاسبه مسیر بهینه می‌پردازند؛ بدین ترتیب که در این سامانه ها، شبکه مسیرهای درون شهری به عنوان گرافی در نظر گرفته می‌شود که وزن یالهای آن برابر با طول یال یا معبر می باشد. پس از اعمال الگوریتم‌های محاسبه کوتاهترین

---

۱ Consistency Rate
۲ Multiple Attribute Decision Making

Archive of SID

www.SID.ir

مسیر برروی این گراف، مسیر بهینه و یا به عبارتی کوتاهترین مسیر از لحاظ فاصله، محاسبه میگردد [۲۲]. یکی از راهکارهای افزایش اعتبار و اعتمادپذیری مسیر بهینه محاسبه شده توسط الگوریتم‌های مسیریابی، افزودن پارامتر زمان به محاسبات است، که موضوع بحث مسیریابی زمانمند است. معمولا در مسیریابی زمانمند، مدت زمان عبور از معابر(یالها)موجود در شبکه راهها، به عنوان وزن آنها در نظرگرفته می شود. مراحل یک شبکه هندسی معابر شهری را می توان بصورت زیر ذکر نمود:

۱- طراحی پایگاه داده مکان مرجع (زمین مرجع)[۱] معابر
۲- ساخت توپولوژی داده های ذخیره شده در پایگاه داده مکان مرجع ایجاد شده معابر
۳- ایجاد شبکه هندسی معابر

۳-۴-۱- طراحی پایگاه داده مکان مرجع (زمین مرجع) معابر

برای مدیریت داده های مکانی و توصیفی در GIS ابتدا بایست پایگاه داده زمین مرجع پیاده سازی شود. ژئودیتابیس یک مدل داده جدیدی برای ذخیره سازی داده های مکان مرجع است. این مدل داده در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط شرکت Esri به همراه نسخه جدید نرم افزار ArcGIS 8 طراحی و جایگزین مدل داده های Coverage وShape File گردید. در این مدل داده کلیه داده‌های مکان مرجع و توصیفی در یک Object Relational database ذخیره و مدیریت می‌شوند و به صورت پیش فرض و محدود از پایگاه داده Access برای ایجاد یک ژئودیتابیس استفاده می‌گردد. مدل داده‌ای Geodatabase یک مدل داده ای شی گرا است که برای تعریف و مدل سازی خصوصیات و رفتارهای طبیعی عوارض و تعریف روابطی که یک عارضه با عوارض دیگر دارد استفاده می‌شود که نتیجه آن ایجاد اشیا هوشمند است. از مهمترین دلایل استفاده از پایگاه داده مکان مرجع می توان به ایجاد و ویرایش شبکه های هندسی، ایجاد و ویرایش داده ها با روابط توپولوژی، ورود آسان و کنترل شده اطلاعات با استفاده از قواعد و روابط تعریف شده و حفظ سازگاری پایگاه داده و ایجاد برنامه‌های کاربردی برای دسترسی داشتن به جداول و داده های موجود در Geodatabase از طریق دستورات SQL اشاره نمود. توسط ژئودیتابیس یک مدل فیزیکی به مدل مفهومی نزدیکتر شده و بسیاری از رفتارهای عوارض را بدون نوشتن کد با توانایی‌های خود Geodatabase می‌توان پیاده سازی نمود. دلایل دیگر استفاده از Geodatabase آسان نمودن استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی یا GIS در بسیاری از کاربردها است.

۳-۴-۲- ساخت توپولوژی داده های ذخیره شده در پایگاه داده مکان مرجع ایجاد شده معابر

توپولوژی به معنی مکان شناسی می باشد و عبارت است از مجموعه قوانین و روابط مکانی بین داده ها و عوارض که به منظور طراحی دقیق مدل ژئومتریک، بر اساس انطباق هندسی عوارض مورد استفاده قرار می گیرد. برای یافتن خطاها در داده های ورودی و جلوگیری از ویرایش غلط داده ها در آینده قوانین توپولوژی می شود. در ساختار توپولوژی ارتباطات مکانی عوارض به چهار حالت مجاورت، همسایگی، شعاع همسایگی و پیوستگی در درون پایگاه زمین مکان ثبت می گردد. مدل توپولوژی بهترین روش کدگذاری ارتباطات مکانی در GIS می باشد که در آن داده‌های توصیفی در قالب جدول های ارتباطی با کد شناسایی به داده های گرافیکی ارتباط داده می‌شوند. ساختار توپولوژی فقط برای زیر مجموعه دسته داده ها شکل می گیرد و تنها زمانی ایجاد می گردد که دسته داده مربوطه شامل یک یا چند کلاس عارضه باشد[۸]. برای مثال در این تحقیق معابر یا خیابان ها بعنوان دسته داده و خیابان های اصلی، فرعی و کوچه ها تحت عنوان کلاس داده در پایگاه داده زمین مرجع ذخیره می گردند. با تعریف ساختار توپولوژی قادر خواهیم بود که خطاهای موجود در عارضه های را اصلاح نمود.

۳-۴-۳- ایجاد شبکه هندسی معابر

شبکه هندسی یا مدل سازی هندسی شبکه، مجموعه‌ای از عوارض می باشد که با عوارض اطراف خود دارای ارتباط بوده و از قوانین پیوستگی به منظور نمایش و مدل سازی هندسی شبکه تبعیت می کند. شبکه ها در یک پایگاه مکان مرجع نگهداری می شوند، بنابراین شامل عوارض (کلاس عارضه) می باشند. انواع عوارض شبکه

[۱] Geodatabase

Archive of SID

www.SID.ir

عبارتند از: عوارض خطی[1] و نقطه ای[2]. Edge ها توسط Junction ها (نقاط اتصال) به یکدیگر مرتبط می شوند. بطور کلی پس از ایجاد پایگاه داده زمین مرجع و ساختار توپولوژی مراحل زیر باید انجام شود تا یک شبکه هندسی معابر طراحی گردد:

۳-۱-ایجاد شبکه بر روی دسته داده ها[3]

۳-۲- تعیین لایه های شرکت کننده در شبکه و ایجاد قوانین ارتباطات

۳-۳-لحاظ کردن قوانین رفت و آمد در شبکه

۳-۴-مشخص نمودن فیلد های کلیدی و موثر در تحلیل شبکه و رفع خطاهای رخ داده در شبکه

۳-۵-گزارش گیری از مسیرها و ساخته شدن شبکه معابر بعد از طراحی شبکه معابر شهری می توان تحلیل های شبکه[4] مانند تعیین کوتاهترین و بهترین مسیر را مشخص نمود[۲۵].

۴- جمع آوری داده‌ها

رویکرد حاکم بر پژوهش توصیفی - تحلیلی و نوع آن کاربردی می‌باشد و با استفاده از روش کتابخانه ای و اسنادی و همچنین مشاهدات میدانی به انجام این تحقیق اقدام شده است. به این صورت که با مراجعه به کتب و مقالات متعدد اطلاعات پایه ای و مفاهیم لازم استخراج شده است، پس از آن نقشه های پایه از سازمان ها و مراجع مرتبط جمع آوری شده و با برداشت های میدانی تکمیل و بروز رسانی گردیده است. این نقشه ها در محیط اتوکدمپ ویرایش شده و در محیط نرم افزار Arc GIS10.2 به منظور تحلیل و پردازش های مورد نیاز، قرار گرفته است. در جدول۲ زیر نقشه های مورد استفاده آورده شده است.

جدول۲- نقشه های استفاده شده در جمع آوری داده‌ها

ردیف	نقشه ها	مقیاس	سال تهیه	منبع
۱	عکس های هوایی	۱:۵۰۰۰	۱۳۸۷	سازمان نقشه برداری کشور
۲	نقشه معابر شهری	۱:۲۰۰۰	۱۳۸۷	شهرداری کرمان
۳	نقشه کاربری اراضی شهری	۱:۲۰۰۰	۱۳۸۷	شهرداری کرمان

[1] Edge Network Features
[2] Junction
[3] Network Dataset
[4] Network Analyes

۵- روش پژوهش

هدف اصلی تحقیق حاضر، تشخیص و تفکیک عوامل اثرگذار بر آسیب پذیری معابر شهری و تعیین میزان اثر هر یک از عوامل بر سطح آسیب پذیری معابر است. در این پژوهش تلاش شده در قالب معیارهای شهرسازی، ارزیابی میزان آسیب پذیری با توجه به مطالعات پیشین در این زمینه، فهرستی از عناصر آسیب پذیر شبکه های ارتباطی شهری تهیه و با استفاده از روش دلفی این فهرست، نهایی و تکمیل گردد. از روش دلفی که نظر خواهی از خبرگان آشنا به موضوع می باشد، استفاده شد[۹]. براین اساس فهرستی از عناصر آسیب پذیر در قالب سه معیار اصلی(جدول۱) تهیه و پس از مقایسه دودویی با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و به کمک نرم افزارExpert Choice، میزان اهمیت (وزن) هر معیار تعیین شده، و نقشهٔ آسیب پذیری معابر محدوده مورد مطالعه در محیط GIS از طریق روی هم گذاری (میانگین هندسی) لایه های آسیب پذیری ایجاد شده، تهیه شد. در نهایت با طراحی شبکه هندسی معابر شهری، آسیب پذیری معابر شهر کرمان در هنگام و بعد از بحران در تحلیل های شبکه ارتباطی جهت نجات و تخلیه مصدومین، بدست آمد.

۵-۱- تهیه نقشه آسیب پذیری شبکه معابر

مدل آسیب پذیری شبکه ارتباطی شهر کرمان که در این تحقیق استفاده گردیده است، شامل سه مرحله آگاهی، طراحی و انتخاب است.

۵-۱-۱- مرحله آگاهی

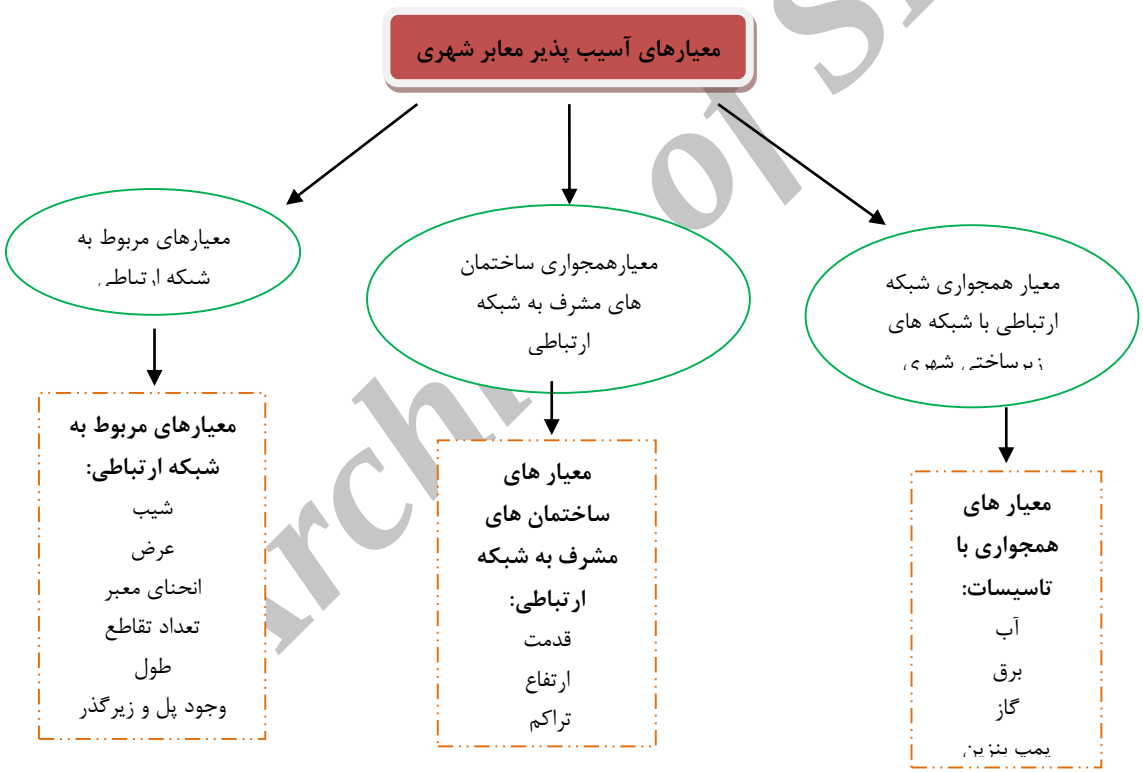
در مرحله آگاهی مدلسازی آسیب پذیری منطقه۱ شهر کرمان، و شناسایی معیارهای آسیب پذیر معابر در برابر زلزله از طریق روش دلفی انجام شد. با توجه به مسئله و موضوع پژوهش و براساس سوابق مطالعات موجود، عوامل و عناصر مرتبط با موضوع شناسایی گردید. بر مبنای تعریف موضوع، اعضای پانل دلفی بصورت نمونه گیری غیر احتمالی و ترکیبی از روش های هدف دار یا قضاوتی و زنجیره‌ای برگزیده شدند. پانل دلفی با تعدادی از کارشناسان متخصص تشکیل گردید. پس از تعیین اعضای پانل، سه دور روش دلفی انجام شد. روش اجرای دلفی شامل یک پیمایش دو یا چند دوری است که در دور اول نظرات کارشناسان خبره و

Archive of SID

www.SID.ir

اهل فن در زمینه مورد تحقیق دریافت می‌شود. این کارشناسان با توجه به ماهیت، عملکرد و اهمیت متغیرها، آنها را به صورت زوجی مقایسه نموده و ارزش دهی می نمایند . در دور دوم، نتایج دور اول در دسترس مشارکت کنندگان قرار می گیرد. به طوریکه آ نها بتوانند در صورت تمایل ارزیابی‌های اولیه خود را تعدیل کنند تا به نظرات قبلی خود مطالبی اضافه نمایند. هیچ کس در این پیمایش بی اعتبار نمی شود، چون که پیمایش با استفاده از یک پرسشنامه و به صورت بی نام انجام می پذیرد و در دور سوم، شاخص‌ها تعیین و مقایسه زوجی آنها برای محاسبه وزن نهایی انجام می گیرد[۹].پرسشنامه های هر دور به روش حضوری توزیع و گردآوری گردید. در دور اول فهرستی از عوامل و عناصر آسیب پذیر که از بخش پژوهش‌های پیشین و مفاهیم استخراج شده بودند، در اختیار اعضای پانل قرار گرفت تا میزان اهمیت هر یک را تعیین نمایند. علاوه بر این از آنان خواسته شد که موارد دیگری که از نظر آن‌ها می بایست در این فهرست قرار داشته باشد را نیز اضافه کنند. در دور دوم فهرست تکمیل شده بار دیگر در اختیار هر یک از اعضاء قرار گرفت. در دور سوم نظرات هر یک از اعضاء در دور قبل در اختیار سایر اعضاء قرار گرفت و مجدداً از آن‌ها خواسته شد تا هر یک از عناصر را مورد ارزیابی قرار دهند. پس از پایان این دور و دستیابی به اتفاق نظر، انجام روش دلفی با تکمیل و نهایی سازی فهرست شاخص های آسیب پذیر شبکه ارتباطی شهری با رویکرد زلزله به پایان رسید.

شکل۲ معیارهای آسیب پذیر معابر با رویکرد بحران زلزله که در طی فرآیند روش دلفی نهایی شده اند را نشان می دهد.



شکل۲- معیار های آسیب پذیر شبکه ارتباطی با رویکرد بحران زلزله

۵-۱-۲- مرحله طراحی: تولید گزینه های تصمیم گیری

گزینه های تصمیم گیری در این تحقیق شبکه معابر شهری در منطقه ۱ شهر کرمان می باشند که از نقشه های شهری به مقیاس ۱:۲۰۰۰ و به روش نقشه برداری هوایی(فتوگرامتری) همراه با نقشه برداری زمینی تهیه شده اند. تعداد گزینه های تصمیم گیری در این تحقیق ۲۴۸۴ مسیر(معبر) می باشند. در این مرحله طبقه بندی معابرمنطقه مورد نظر در محیط نرم افزار ArcGIS10.2 روی لایه شبکه معابر انجام شد که نتایج آن در اشکال۹ تا ۱۳ ارائه شده است. طبق نظرات نهایی کارشناسان با روش دلفی طبق شکل۲ سه شاخص اصلی آسیب پذیری برای مدلسازی آسیب پذیری شبکه ارتباطی منطقه ۱ شهر کرمان انتخاب گردیده و بر اساس جداول مربوطه وزن های هر معیار تعیین و ارائه شد.

Archive of SID

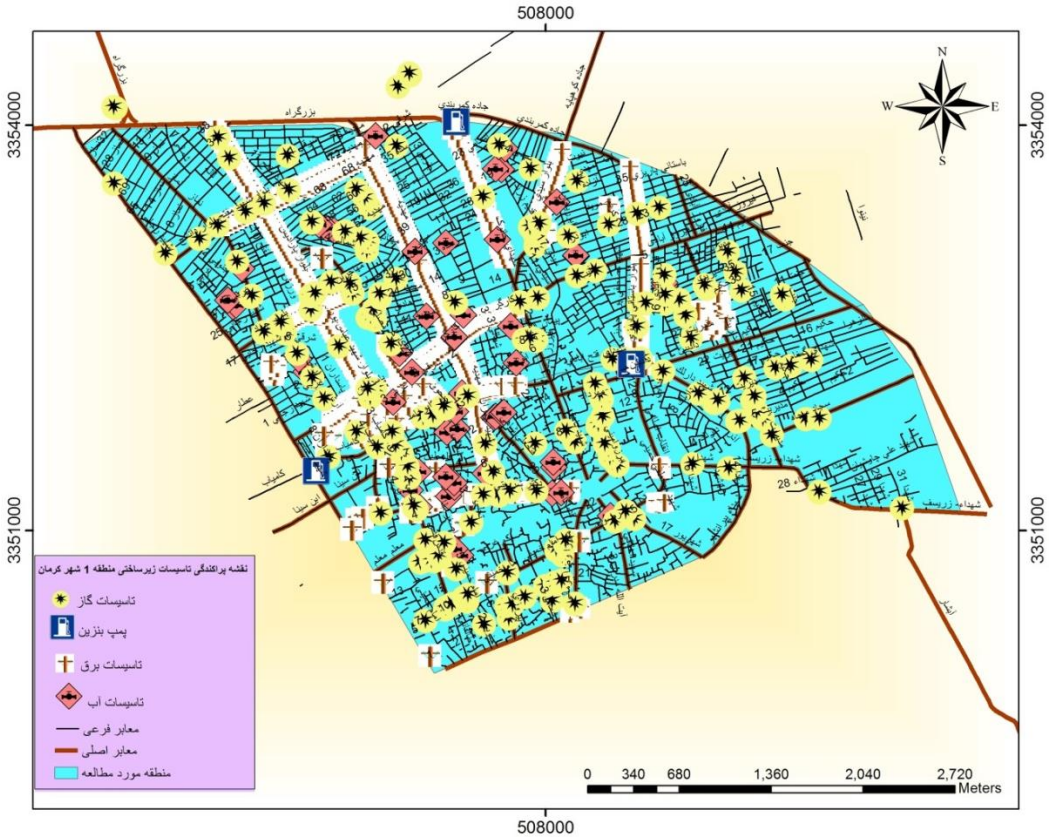
www.SID.ir

معیار همجواری شبکه ارتباطی با شبکه های زیر ساختی شهری

این معیار بر اساس نزدیکی و همجواری معابر با تأسیسات زیر بنایی شهری (آب،برق، گاز و تأسیسات مشتعل زا یا بنزین) که در هنگام بحران امکان آسیب رساندن به معبر و مسدود شدن آن را امکان‌پذیر می‌نمایند، بر اساس جدول۳ که از روش AHP به دست آمده وزن دهی شده و نقشه آسیب پذیری معابر تهیه گردید. به عبارت دیگر آسیب پذیری هر معبر تحت اثر آسیب پذیری شبکهٔ آبرسانی، برق و گازرسانی، مواد اشتعال زا مانند پمپ بنزین ها و انبار های مواد منفجره، عدد آسیب پذیری نهایی هر معبر محاسبه می گردد. (شکل۳)

جدول۳- معیارهای همجواری شبکه ارتباطی با شبکه های زیرساختی شهری و وزن های مربوطه

نوع تاسیسات	معیارهای تعیین آسیب پذیری و وزن های متناسب با سطح آسیب پذیری(براساس روش AHP)		
آب	فاصله معبر تا شیرهای قطع جریان آب در معبر و دریچه های کنترلی		
	کمتر از ۱۰۰متر(وزن=۱)	بین ۱۰۰تا۱۰۰۰ (وزن=۲)	بیش از ۱۰۰۰متر(وزن=۳)
برق	فاصله شبکه برق رسانی با معابر		
	بیش از ۵۰متر (وزن=۱)	بین۲۰ تا ۵۰متر(وزن=۲)	کمتر از ۲۰متر(وزن=۳)
گاز	فاصله معبر از مکان قرار گیری تأسیسات گازی		
	بیش از ۱۰۰۰متر(وزن=۱)	بین ۵۰۰تا ۱۰۰۰متر(وزن=۲)	کمتر از ۵۰۰متر(وزن=۳)
مواد اشتعالی یا پمپ بنزین	فاصله معبر از پمپ بنزین		
	بیش از ۱۰۰۰متر(وزن=۱)	بین ۵۰۰تا ۱۰۰۰متر(وزن=۲)	کمتر از ۵۰۰متر(وزن=۳)



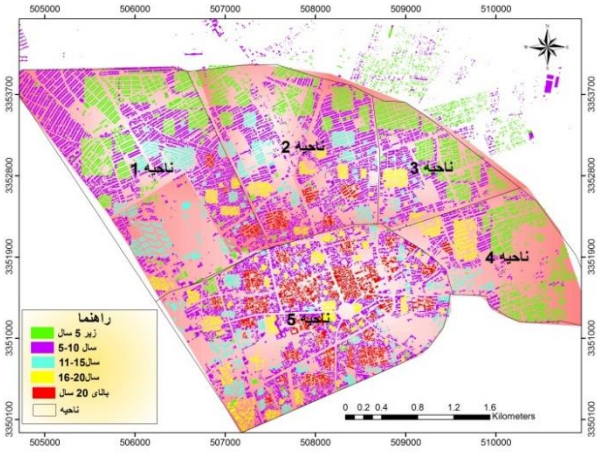
شکل۳- موقعیت و پراکندگی تاسیسات زیرساختی نسبت به معابر در منطقه مورد مطالعه

معیار همجواری ساختمان های مشرف به شبکه ارتباطی

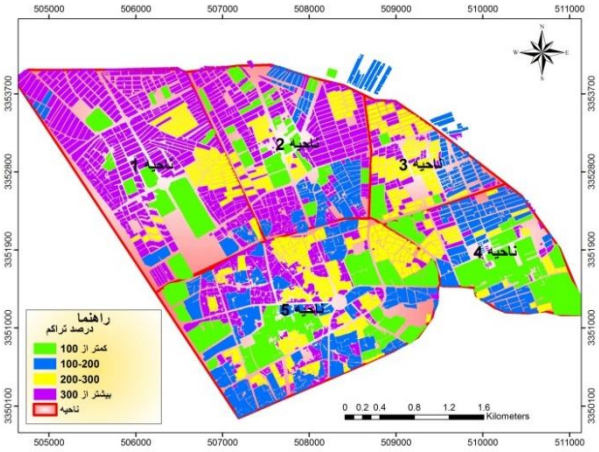
این معیار بر اساس شاخص های ارتفاع، قدمت، نوع کاربری و تراکم ساختمان‌های منتهی به معابر سنجیده می شود. در این تحقیق نقشه های مورد نیاز این معیار، از روی نقشه های طرح تفضیلی سال ۱۳۸۶ شهرکرمان استخراج گردیده است. در این مرحله ابتدا ساختمان های موجود در منطقه ۱ شهر کرمان در محیط نرم افزار

www.SID.ir

ArcGIS 10.2 طبقه بندی و سپس بر اساس جدول ۴ وزن دهی شده و نقشه آسیب پذیری معابر بر اساس معیار مورد نظر تهیه می گردد. لازم بذکر است طبق جدول۴، آسیب پذیری هر معبر بر اساس معیار همجواری ساختمان‌های مشرف به شبکه ارتباطی بدین صورت می باشد که هرچه قدمت ساختمان بیشتر، احتمال تخریب ساختمان و مسدود کردن مسیر زیادتر بوده و وزن زیادتری به آن تعلق می گیرد(شکل۴). تراکم ساختمانی نیز شاخص مهمی است که با بیشتر شدن آن احتمال تخریب و آسیب پذیری معابر مشرف به آن بیشتر می شود(شکل۵). شاخص کاربری ساختمان ها بر اساس سازگار بودن کاربری هر ساختمان با مسیر همجوار آن تعیین می شود. به بیان دیگر وجود کاربری های کاملاً ناسازگار (کاربری‌های صنعتی و آتش زا ، تاسیسات قابل انفجار) می تواند عملکرد معبر را به کلی مختل نماید در عوض کاربری هایی مثل زمین های خالی، فضاهای سبز، زمین های کشاورزی، پارک ها، گورستان ها، پارکینگ ها کاملا سازگار بوده و در امداد رسانی و باز بودن مسیرها کمک نمایند. در این تحقیق شاخص سازگاری کاربری ها با توجه به نظر کارشناسان و روش AHP وزندهی گردیده که در جدول ۴ ارائه شده است. رابطه ی تراکم ساختمانی با آسیب پذیری معابر مستقیم است به این معنی که با افزایش تراکم، احتمال آسیب پذیری نیز افزایش می یابد. برای تعیین درصد تراکم ساختمانی در این مطالعه از نسبت مساحت هر پارسل به سطح هر بلوک در منطقه مورد نظر استفاده شده و سپس بر اساس جدول۴ وزندهی گردید(شکل۶). شاخص مهم دیگر ارتفاع ساختمان های جداره معابر است که این شاخص با تعداد طبقات ساختمان ها سنجیده می شود. هرچه ارتفاع ساختمان بیشتر باشد احتمال مسدود کردن مسیر و آسیب پذیری بیشتر می شود. نحوه وزندهی ای شاخص نیز در جدول۴ ذکر گردیده است (شکل۷).

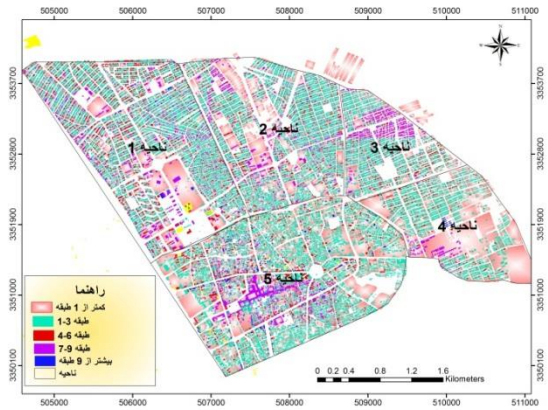


شکل۴- نقشه طبقه بندی قدمت ساختمان های مشرف به معابرمنطقه مورد مطالعه



شکل۵- نقشه طبقه بندی تراکم ساختمان های مشرف به معابر منطقه مورد مطالعه

شکل۶- نوع سازگاری کاربری ساختمان ها نسبت به معابر در منطقه مورد مطالعه



شکل۷- نقشه طبقه بندی ارتفاع ساختمان های مشرف به معابر منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

جدول۴- معیارهای ساختمان های همجوار شبکه ارتباطی و وزن های مربوطه

معیار	طبقه	وزن آسیب پذیری هر طبقه (براساس روش AHP)
قدمت	زیر ۵ سال ساخت	۱
	۵ تا ۱۰ سال ساخت	۲
	۱۱ تا ۱۵ سال ساخت	۳
	۱۶ تا ۲۰ سال ساخت	۴
	بالای ۲۰ سال ساخت	۵
تراکم (نفر)	کمتر ا۱۰۰	۱
	۱۰۰ تا ۲۰۰	۲
	۲۰۰ تا ۳۰۰	۳
	بیشتر از ۳۰۰	۴
کاربری	سازگار	۱
	بی تفاوت	۲
	ناسازگار	۳
ارتفاع (تعداد طبقات)	کمتر از یک طبقه	۱
	۱ تا ۳ طبقه	۳
	۴ تا ۶ طبقه	۴
	۷ تا ۹ طبقه	۵
	بیش از ۹ طبقه	۶

معیارهای مربوط به شبکه ارتباطی

این معیار بر اساس ویژگی‌های خود معابر (شیب، تعداد تقاطع ها، انحنای مسیر، طول، عرض و تعداد پل ها و روگذرها) تعیین شده است. این شاخص‌ها با توجه به اثری که در هنگام بحران، امکان آسیب رساندن به معبر و مسدود شدن آن را امکانپذیر می نمایند، بر اساس جدول ۵ وزن‌دهی شده، درجدول ۵ شاخص شیب بر اساس راهنمای ظرفیت راه HSE ، شاخص عرض معابر با توجه به ارتباط عرض خط عبور و تعداد خط عبور ، شاخص طول با توجه به رابطهٔ معنی دار میان نوع معبر (بن باز/بن بست) با طول معبر، تلاش گردید طول معبر به عنوان یک عامل فرعی در تعیین عدد آسیب پذیری لحاظ گردد. بنابراین، با توجه به عدد پیشنهادی ۱۵۰ متر فاصله تا دسترسی به فضای باز، وزندهی گردیده است. سپس نقشه آسیب پذیری معابر تهیه می‌گردد. شیب مسیرها در کارایی معابر در هنگام بحران از اهمیت بسزایی برخوردار است. هرچه شیب کمتر باشد در امداد رسانی و نجات آسیب دیدگان مفیدترخواهد بود. در این تحقیق برای تهیه شیب معابر در منطقه مورد مطالعه، ابتدا تعداد ۲۰۰ نقطه کنترل ارتفاعی در سطح منطقه برداشت و سپس با درونیابی اقدام به تهیه مدل رقومی ارتفاعی شد. (موقعیت ۲۰۰ نقطه ارتفاعی قبلا با نقشه برداری زمینی و با دقت بالا برای تصحیح عکس های هوایی شهر کرمان برداشت شده و آماده بودند و از شهرداری دریافت گردیدند.) در نهایت با استفاده از نرم افزار ArcGIS10.2 نقشه شیب معابر منطقه ۱ شهرکرمان آماده گردید. بعد از تهیه نقشه شیب با توجه به این که هر چه شیب معابر کمتر باشد آسیب پذیری معبر کمتر می شود بر اساس جدول ۵ اقدام به وزن دهی شد (شکل۸). تعداد تقاطع ها در طول معابر از اهمیت بالایی برخوردار است. هر چه تعداد تقاطع ها بیشتر باشد احتمال مسدود شدن و آسیب پذیر بودن آن کاهش یافته و گزینه های دسترسی برای خروج از مسیر آسیب دیده بیشتر می شود[۲۳]. در این تحقیق برای تعیین معیار تقاطع ها، از تعداد چراغ راهنماها در تقاطع های شبکه معابر استفاده شده و طبق جدول ۵ امتیاز دهی گردید (شکل۹). انحنای مسیرها در این تحقیق نیز یکی دیگر از شاخص‌های آسیب پذیری در نظر گرفته شده است. انحنای معابر در طول مسیرهای ارتباطی به عنوان یک محدودیت در هنگام بحران محسوب می گردد. هرچه مسیر دارای انحنای بیشتری باشد نجات مصدومین مشکل تر و در نتیجه آسیب پذیری آن نیز افزایش می یابد. برای تعیین معیار انحنای معابر در این تحقیق مسیرها به دو دسته دارای انحنا و بدون انحنا تقسیم شده‌اند و بر اساس جدول۵وزن دهی گردیدند (شکل۱۰). ابعاد (طول و عرض) مسیرها هم نقش بسزایی در تخلیه و نجات مصدومین دارد. طول معابر با بن بست و بن باز بودن آنها رابطه معنی داری داشته و فاصله ۱۵۰ متر برای دسترسی معابر به فضای باز در نظر گرفته می شود [۷]. در این تحقیق برای وزن دهی معیار طول مسیرها در منطقه مورد مطالعه، بن باز و بن بست بودن معابر به همراه طول آنها مد نظر قرار گرفته شده و در جدول۵ ارائه گردیده است و نقشه آن در شکل۱۱ نمایش داده شده است. در زمینه کارایی شبکه‌های ارتباطی و دسترسی در بحران زلزله، معیار عرض معابر نیز دخیل است. هرچه عرض مسیری بیشتر باشد، ظرفیت آن جهت تردد و امداد رسانی افزایش یافته و از آسیب پذیری آن می کاهد [۱۲]. برای تعیین معیار عرض معابر منطقه ۱ شهر کرمان از نقشه‌های موجود معابر اصلی و فرعی که تمایز خیابانهای اصلی و فرعی بر اساس محل تقاطع آنها بوده است، استفاده شده و طبق جدول ۵ وزندهی گردید (شکل۱۲). وجود پل‌ها، زیرگذر و روگذرها در طول معابر بر آسیب پذیری آن‌ها

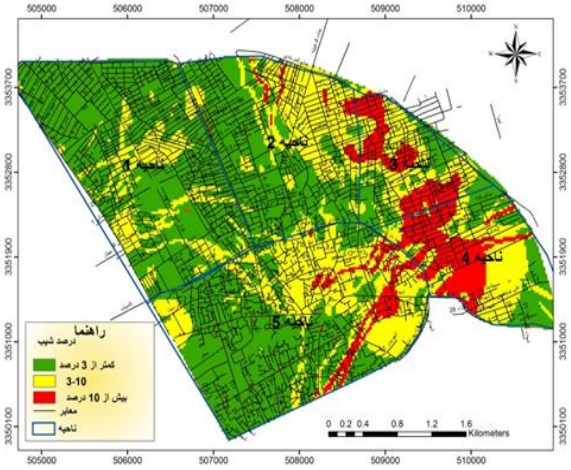
Archive of SID

www.SID.ir

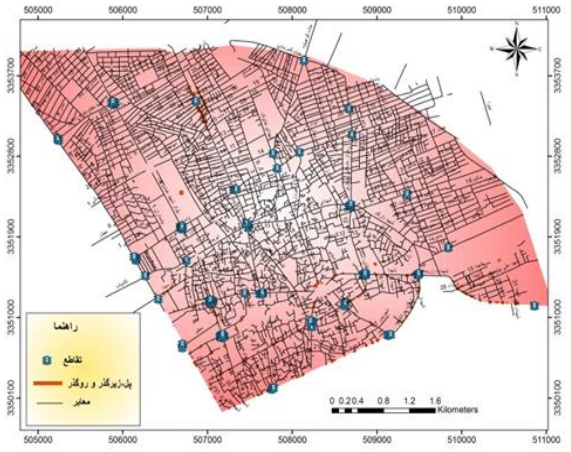
می‌افزاید. هرچه تعداد آن‌ها بیشتر باشد احتمال مسدود کردن مسیر را زیادتر می کند. در این مطالعه تمامی پل‌ها و روگذرها در منطقه مورد نظر برداشت گردیده (برای تهیه موقعیت پل‌ها و روگذرهای معابر منطقه، از نقشه های موجود همراه با بازدیدهای میدانی و برداشت توسط دستگاه گیرنده GPS دوفرکانسه کمک گرفته شد.) (شکل۹) و سپس بر اساس جدول ۵ وزندهی شده اند. (وزنددهی شاخص های معابر بر اساس جدول۵ برای تمامی خیابان‌های منطقه انجام شده و نحوه وزندهی توضیح داده شده است.)

جدول۵- معیارهای مربوط شبکه ارتباطی و وزن های مربوطه

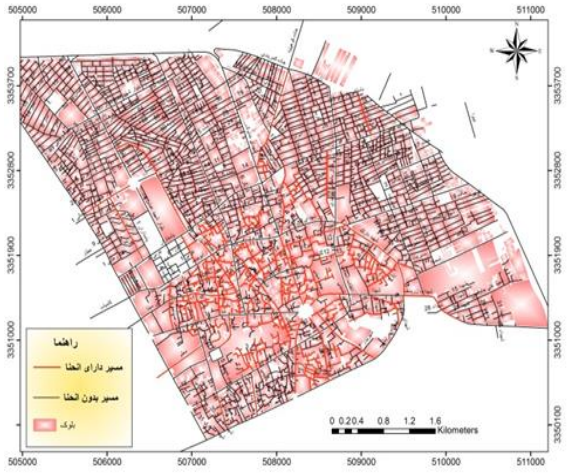
معیار	طبقه	وزن آسیب پذیری هر طبقه
شیب	کمتر از ۳ درصد	۱
	۳ تا ۱۰ درصد	۲
	بیش از ۱۰ درصد	۳
تعداد تقاطع ها	بشتر از ۱۰	۱
	۱۰-۸	۲
	۷-۵	۳
	۶-۴	۴
	۳-۱	۵
	ندارد	۶
انحنای مسیر	انحنا ندارد	۱
	انحنا دارد	۲
طول	بن باز با طول کمتر از ۳۰۰ متر	۱
	بن باز با طول بیش از ۳۰۰ متر	۲
	بن بست با طول کمتر از ۱۵۰متر	۳
	بن بست با طول بیش از ۱۵۰متر	۴
عرض	بیش از ۵۰ متر	۱
	۵۰-۴۱ متر	۲
	۴۰-۳۱ متر	۳
	۳۰-۲۰ متر	۴
	۲۰-۱۰ متر	۵
	کمتر از ۱۰ متر	۶
پل، زیرگذر و روگذر	ندارد	۱
	۱	۲
	۲	۳
	۳ وبیشتر از آن	۴



شکل۸- نقشه شیب معابر منطقه مورد مطالعه



شکل۹- نقشه تقاطع ها و پل ها در مسیر های منطقه مورد مطالعه

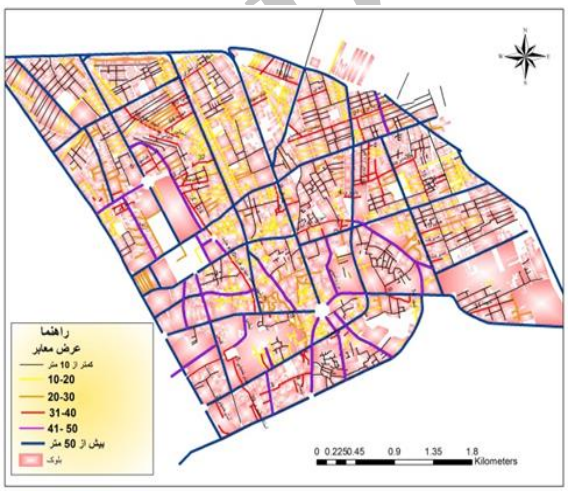


شکل۱۰- نقشه معابر انحنا دار منطقه مورد مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir

شکل۱۱- نقشه طول مسیر های منطقه مورد مطالعه



شکل۱۲- نقشه عرض مسیرهای منطقه مورد مطالعه

۵-۱-۳- مرحله انتخاب: ارزیابی گزینه های تصمیم گیری(تولید نقشه آسیب پذیری هر یک از معیار ها)

بعد از استخراج شاخص‌های آسیب پذیری و تولید گزینه ها، باید آسیب پذیری نهایی گزینه ها محاسبه شود. آسیب پذیری شبکه معابر منطقه مورد مطالعه خود تابعی است از چندین شاخص که هر شاخص درجه اهمیت نسبی نسبت به سایر شاخص‌ها دارد. بدیهی است برای محاسبه آسیب پذیری نهایی هر مسیر ابتدا باید وزن شاخص‌ها مشخص شود، سپس با محاسبه میانگین وزن دار آسیب پذیری متناسب با هر شاخص، آسیب پذیری هر معبر محاسبه گردد. آنچه دراین مرحله انجام می‌شود محاسبه وزن شاخص ها و میانگین وزن دار آسیب پذیری هر گزینه به روش AHP است [۹]. لازم به ذکر است زمانی‌که بحث میانگین وزن دار مطرح می شود باید هم مقادیر شاخص‌ها و هم وزن آن‌ها ابتدا نرمال سازی گردند و بعد میانگین وزن‌دار از رابطه۱ محاسبه گردد.

$$vi = \sum_{j=1}^{n} wj * rij \quad , i = 1,2,3, \dots m \qquad (۱)$$

v_i: آسیب پذیری گزینه i ام، w_j: وزن شاخص j ، r_{ij} مقدار نرمال شده شاخص j برای گزینه i

پس از تمامی محاسبات، گزینه ها بر اساس درجه آسیب پذیری مرتب می‌شوند و به طبقات مختلف تقسیم می شوند. در این تحقیق معابر متناسب با مقدار آسیب-پذیری نهایی به سه طبقه آسیب‌پذیری کم، متوسط و زیاد طبقه بندی شده‌اند. در این تحقیق برای وزن دهی از روش AHP یا روش سلسله مراتبی استفاده گردیده است. مراحل اصلی این روش شامل:

۱- تولید ماتریس مقایسه زوجی معیارها
۲- محاسبه وزن معیارها
۳- برآورد نرخ ناسازگاری تصمیم‌گیری (جهت اطمینان حاصل کردن از سازگاری مقایسات) می باشند.

۵-۱-۳-۱- تولید ماتریس مقایسه زوجی معیارها

عناصر ماتریس مقایسه زوجی، اهمیت نسبی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر بوده که اعداد بین ۱ تا ۹ می باشند (جدول۶).

جدول۶- مقایسات زوجی [۱۶]

ترجیحات	مقدار عددی
کاملا مرجح	۹
ترجیح خیلی قوی	۷
ترجیح قوی	۵
کمی مرجح	۳
ترجیح یکسان	۱
تر جیحات بین فواصل	۲،۴،۶،۸

بدیهی است عناصر قطری این ماتریس برابر ۱ بوده و طبق شرط معکوس، عناصرمتقارن در ماتریس با همدیگر رابطه عکس دارند.

بر اساس روش AHP چون دامنه مقادیر شاخص ها با هم برابر نیست لذا باید مقادیر شاخص ها نرمال شوند. اگر ماتریس تصمیم گیری که تعداد سطرهای آن برابر با تعداد گزینه‌ها (معابر) m=2484 و تعداد ستون‌های آن برابر تعداد

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص ها n=14 و عناصر آن نیز مقادیرشاخص‌ها به ازای هر گزینه می باشد را با A نشان دهیم، ماتریس مقادیر نرمال شده R با استفاده از رابطه۲ (ماتریس نرمال سازی) بدست می آید.

(۲)

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{m1} & a_{32} & a_{mn} \end{pmatrix} \quad R=\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{2n} \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{mn} \end{pmatrix} \quad R_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}}}$$

۵-۱-۳-۲- محاسبه وزن معیارها

بعد از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با مقادیر جدول ۵ می توان وزن معیارها را محاسبه نمود. روش های مختلفی برای محاسبه وزن معیارها وجود دارد که در بین آنها روش مقدار ویژه روشی متداول می باشد که در تحقیق حاضر نیز از آن استفاده شده است. در این روش ابتدا مقادیر ویژه ماتریس مقایسه زوجی از رابطه ۳ بدست می‌آید:

$$|A-\lambda I|=0 \qquad (۳)$$

در این رابطه A ماتریس مقایسه زوجی، مقادیر ویژه ماتریس A و I ماتریس همانی می باشد. ابعاد ماتریس A و I که هر دو مربعی می باشند برابر با تعداد شاخص‌ها است. وزن‌های نهایی W از قرار دادن مقدار ویژه حداکثر در رابطه۴ قابل محاسبه خواهند بود:

$$(A-\lambda max.I)^{*}w=0 \qquad (۴)$$

۶- نتایج و بحث

۶-۱- وزن شاخص‌ها

وزن نهایی نتایج مقایسه زوجی ۱۴ شاخص آسیب پذیری و نرخ ناسازگاری با استفاده از نرم افزار Expert Choiceدر این تحقیق محاسبه گردیده که در جدول۷ ارائه شده است.

جدول۷- وزن نهایی شاخص های موثر در آسیب پذیری شبکه معابر

تعداد پل ها ، رو و زیر گذرها	عرض معابر	طول معابر	انحنای معابر	تعداد تقاطع ها	شیب معابر	ارتفاع ساختمان ها	کاربری ساختمان ها	تراکم ساختمان ها	قدمت ساختمان های مجاور معابر	همجواری با تاسیسات مواد اشتعالی	همجواری با تاسیسات گاز	همجواری با تاسیسات برق	همجواری با تاسیسات آب
۰,۰۷۸	۰,۰۹۷	۰,۰۷۵	۰,۰۳۸	۰,۰۵۲	۰,۰۴۰	۰,۰۶۵	۰,۰۵۴	۰,۰۶۸	۰,۰۸۷	۰,۱۱۰	۰,۰۹۵	۰,۰۸۲	۰,۰۵۹
مجموع شاخص‌ها	۱												
I.R=.096 نرخ ناسازگاری													

بعد از وزن دهی هر کدام از شاخص ها و قبل از بکارگیری وزن ها بایستی نسبت به سازگاری مقایسات اطمینان حاصل شود و نرخ سازگاری[۱] محاسبه شود. این مرحله شامل سه بخش است:

۱. محاسبه بردار ویژه یا λ_{max} از رابطه ۴
۲. تعیین مقدار شاخص ناسازگاری (I.I)[۲] از رابطه۵

$$I.I=\frac{\lambda_{max}-n}{n} \qquad (۵)$$

با توجه به توضیحات بالا I.I برابر با ۰/۱۴۵ محاسبه می شود.

۳. محاسبه نرخ ناسازگاری[۳] (I.R) بر اساس رابطه ۶

$$IR=\frac{I.I}{R.I} \qquad (۶)$$

فاکتور I.R جهت تعیین ناسازگاری نظرات کارشناسان در این تحقیق ۰,۰۹۶ برآورد گردید.

با توجه به اینکه مقدار IR <0.1 است می توان نتیجه گرفت برآیند نظرات کارشناسان دارای سازگاری است و در

۱ Consistency Rate
۲ InConsistency Index
۳ InConsistency Ratio

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه می توان به وزن های بدست آمده از نظرات کارشناسان اطمینان کرد.

۶-۲- نقشه آسیب پذیری

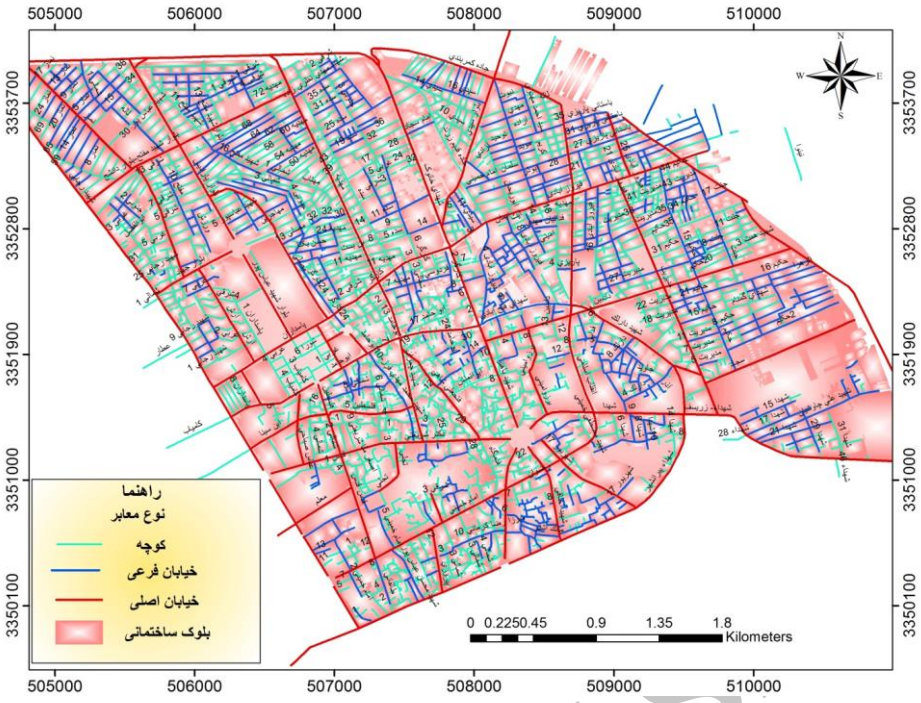
با نظر به اینکه آسیب پذیری تابعی از چند شاخص می باشد که متناسب با هر شاخص می توان نقشه آسیب پذیری را تولید نمود و در نهایت از همپوشانی یا ترکیب این نقشه‌ها به نقشه آسیب پذیری نهایی رسید، بنابراین در پایان وزن تمام شاخص های محاسبه شده در نرم افزارهای Expert choice و Excel را در نرم افزار ArcGIS وارد کرده و با استفاده از توابع تحلیلی (منظور از توابع تحلیلی بکار رفته توابع همپوشانی (overlay) بوده که در نرم افزار ARCGIS از ابزار weighting overlay استفاده شد.) تمام نقشه های معیار های آسیب پذیری معابر (مرحله قبل) در اوزان خود ضرب شده و با هم ترکیب می شوند. بدین ترتیب نقشه نهایی آسیب پذیری شبکه ارتباطی منطقه ۱ شهر کرمان به دست می آید (شکل۱۳).

شکل۱۳- نقشه نهایی آسیب پذیری شبکه معابر منطقه ۱ شهر کرمان

۶-۳- طراحی و ساخت شبکه معابر منطقه مورد مطالعه

پس از تعیین آسیب‌پذیری شبکه معابر، برای خدمات رسانی و تخلیه سریعتر آسیب دیدگان هنگام و بعد از بحران، یک پایگاه داده ای زمین مرجع برای معابر منطقه ۱ شهر کرمان طراحی گردید. به این منظور ابتدا پایگاه داده ای بنام Kerman.mdb ایجاد و سپس سه دسته داده درون این پایگاه ایجاد شد و کلاس های عارضه مربوط به هر دسته داده درون آن وارد گردیدند. در مرحله بعد با استفاده از کلاس های رابطه سعی شد تا روابطی را که میان کلاس های عارضه در دنیای واقعی وجود دارد درون Geodatabase مدل گردند. برای یافتن خطاها در داده های ورودی و جلوگیری از ویرایش نادرست داده‌ها در آینده قوانین توپولوژی نیز تعریف شد. ابتدا معابر منطقه بر اساس نوع و طول به سه گروه کوچه، خیابان فرعی و خیابان اصلی طبقه بندی شدند(شکل۱۴). سپس در جداول توصیفی لایه معابر شهری منطقه، فیلدهای آسیب پذیر بودن معابر بهمراه فیلدهای نام، کد شناسایی، مدت زمان مسیر رفت و برگشت، یک طرفه و دوطرفه بودن، طبقه بندی و طول معابر ایجاد و اطلاعات توصیفی مربوطه وارد گردید(شکل۱۵).

www.SID.ir



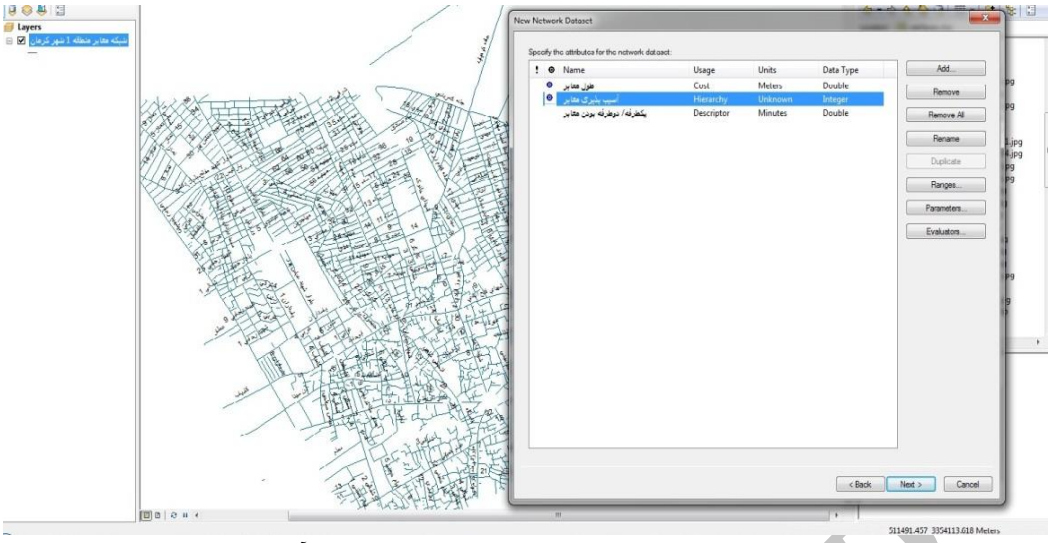
شکل۱۴- طبقه بندی معابر منطقه مورد مطالعه براساس نوع و طول منطقه

OBJECTID *	Shape *	نام معابر	طبقه	طول	یک_طرفه__دو	آسیب_پذیری
1	Polyline ZM	شهداء- زریسف	خیابان اصلی	775.456079	T	N
2	Polyline ZM	شهداء 28	خیابان فرعی	173.046069	T	N
3	Polyline ZM	شهداء پیرانشهر	خیابان اصلی	791.679868	T	N
4	Polyline ZM	شهداء 46	خیابان فرعی	133.103784	F	N
5	Polyline ZM	شهداء 27	کوچه	16.378095	F	N
6	Polyline ZM	شهداء 31	کوچه	24.371447	T	N
7	Polyline ZM	بهز	کوچه	14.907545	T	Y
8	Polyline ZM	شهداء 35	کوچه	18.680829	T	N
9	Polyline ZM	شهداء 29	خیابان فرعی	22.500128	T	N
10	Polyline ZM	مدیریت	خیابان فرعی	15.472937	F	Y
11	Polyline ZM	مدیریت 2	خیابان فرعی	28.190621	T	N
12	Polyline ZM	شهدا	خیابان اصلی	368.950608	T	N
13	Polyline ZM	حکیم	خیابان اصلی	436.176277	T	N
14	Polyline ZM	شهدا5	کوچه	67.40671	T	N
15	Polyline ZM	شهدا 15	خیابان فرعی	271.552802	T	N
16	Polyline ZM	حکیم7	کوچه	104.825394	T	N
17	Polyline ZM	شهید علی حسنی	چه	157.080243	T	N
18	Polyline ZM	حکیم	خیابان اصلی	50.572905	T	N
19	Polyline ZM	حکیم1	کوچه	85.063724	T	Y
20	Polyline ZM	حکیم 3	کوچه	159.716245	T	N
21	Polyline ZM	شهدا12	خیابان فرعی	54.333432	T	N
22	Polyline ZM	شهید دارلک 5	خیابان فرعی	271.627988	F	N
23	Polyline ZM	مدیریت 12	خیابان فرعی	123.549703	F	N
24	Polyline ZM	حکیم21	خیابان فرعی	46.14904	T	N
25	Polyline ZM	مدیریت 9	خیابان فرعی	120.922057	T	Y
26	Polyline ZM	مدیریت 11	خیابان فرعی	121.600534	T	N
27	Polyline ZM	حکیم 21	خیابان فرعی	212.816059	T	N
28	Polyline ZM	حکیم 16	کوچه	12.369668	T	N
29	Polyline ZM	مدیریت 14	کوچه	75.977037	T	N
30	Polyline ZM	حکیم 13	کوچه	283.309031	T	N
31	Polyline ZM	مدیریت 16	خیابان فرعی	146.031374	T	N
32	Polyline ZM	حکیم 26	کوچه	12.209118	F	N
33	Polyline ZM	مدیریت 21	کوچه	78.205708	T	N
34	Polyline ZM	مدیریت 24	خیابان فرعی	105.800181	F	N
35	Polyline ZM	حکیم	خیابان اصلی	1056.46012	T	N
36	Polyline ZM	مدیریت19	خیابان فرعی	141.284857	T	N
37	Polyline ZM		کوچه	43.422367	T	N
38	Polyline ZM	حکیم 21	Street	123.586685	F	Y
39	Polyline ZM			31.569751	F	N
40	Polyline ZM	حکیم 19	Street	61.424433	T	Y
41	Polyline ZM	مدیریت 20	Street	94.862951	F	N

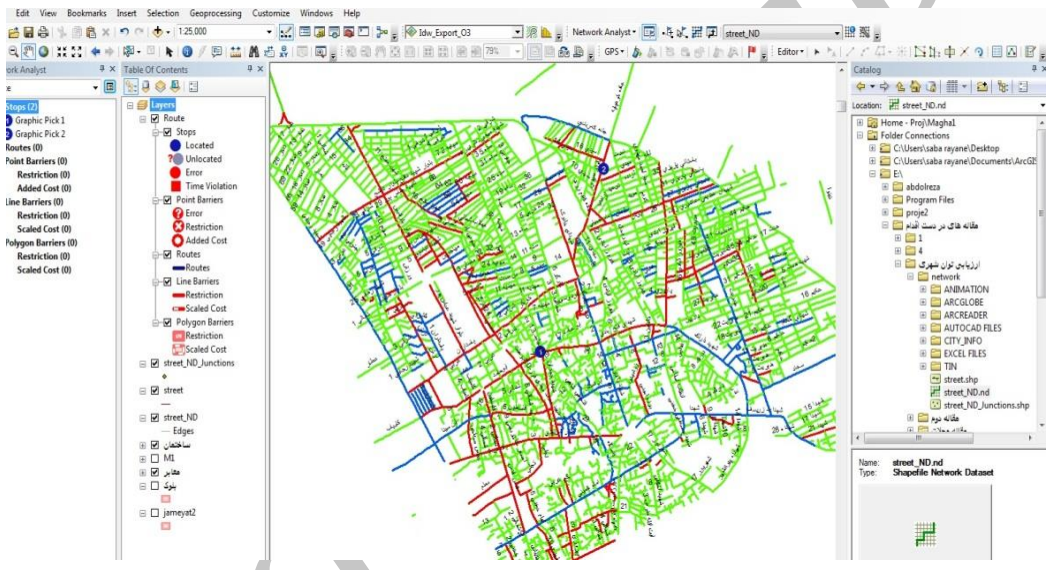
شکل۱۵- جدول توصیفی معابر منطقه مورد مطالعه

بعد از این مراحل، شبکه هندسی معابرمنطقه ۱ شهر کرمان با در نظر گرفتن فیلدهای طول، یکطرفه- دوطرفه بودن و آسیب پذیری معابر در اثر بحران زلزله ایجاد گردید(شکل۱۵) که می توان با بکاربردن تحلیل های شبکه در هنگام بحران یا بعد از آن، به راحتی بهترین مسیر نجات آسیب دیدگان را با در نظر گرفتن پارامترهای مربوطه تعیین نمود (اشکال ۱۶، ۱۷ و۱۸).

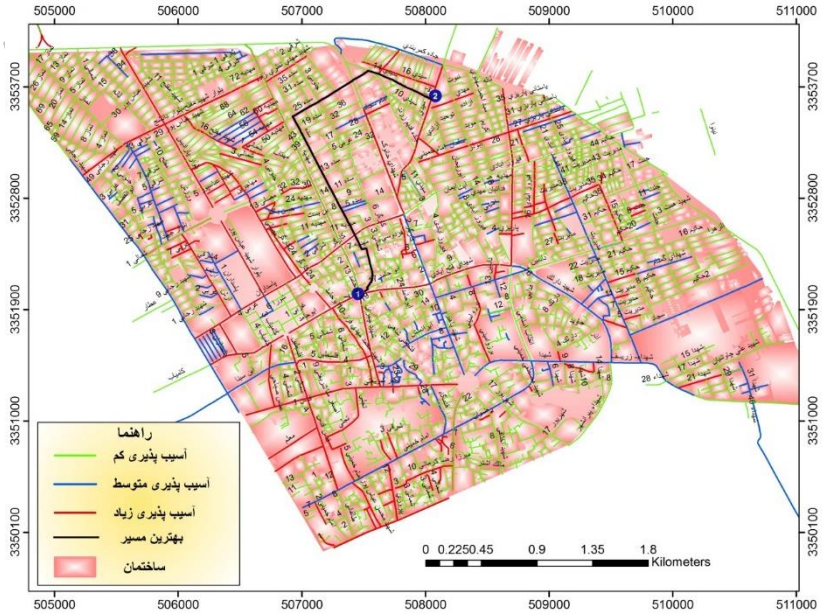
www.SID.ir



شکل۱۶- مراحل ساخت شبکه معابر منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن آسیب پذیری معابر



شکل۱۷- تعیین مبداء(۱) و مقصد(۲) در شبکه معابر منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن محدودیت های مسیرها برای یافتن بهترین مسیر



شکل۱۸- کارایی شبکه معابر منطقه مورد مطالعه جهت تعیین بهترین مسیر بین مبداء(۱) و مقصد(۲) با در نظر گرفتن محدودیت های مسیرها

www.SID.ir

۷- نتایج و پیشنهادات

هدف از این تحقیق، بررسی توانایی شبکه معابر منطقه۱ شهر کرمان در زمان بحران و بعد از آن بود. نتایج تحقیق نشان داد که با توجه به بافت فرسوده ناحیه ۵ منطقه ۱ شهر کرمان و پایین بودن شاخص‌های شهرسازی در این ناحیه، وضعیت نامناسب ساختمان ها از نظر کیفیت و قدمت، بالا بودن تراکم های ساختمانی و مسکونی، آسیب پذیری شبکه معابر در ناحیه ی مذکور بالا می باشد. همچنین با توجه نقشه آسیب پذیری نیز مشاهده می‌گردد که ناحیه ۱ نیز درحدود ۹۰ درصد مسیر های آن آسیب پذیرند که دلیل عمده آن تراکم بالای ساختمانی و قرار گرفتن تأسیسات زیر بنایی آسیب پذیر زیادی که در این ناحیه قرار دارند، است. همچنین آسیب پذیری در بخش های قدیمی و در مسیرهای با عرض کم، زیاد است. بر عکس در نواحی ۲،۳ و۴ شبکه معابر منطقه مورد نظر دارای آسیب پذیری کمتر از ۳۵ در صد می باشند که دلیل این موضوع را می توان ساختمان های نسبتاً جدید و دارای شاخص‌های شهرسازی مناسب‌تر، شبکه معابر عریض‌تر و فضاهای باز نسبتاً بیشتر دانست. این امر بر لزوم بازنگری قوانین و ضوابط تعیین تراکم و حداکثر ارتفاع ساختمانی (با در نظر گرفتن عرض معابر مجاور)، تاکید بیش از پیش بر کیفیت ساخت و سازهای شهری دلالت دارد. تعیین اهمیت نسبی (وزن) معیارها به کمک فرآیند سلسله مراتبیAHP نشان داد که همجواری با تاسیسات آسیب‌پذیر مانند پمپ بنزین یا تاسیسات گازی و عرض معابر بیشترین اهمیت را دارند. معیارهای شیب و انحنای معابر و کاربری ساختمانها و تعداد تقاطع معابر از کمترین اهمیت در تعیین سطح آسیب‌پذیری معبر برخوردار هستند. می‌توان نتیجه گرفت که آسیب پذیری معابر شهری با رویکرد بحران زلزله، معلول یک معیارِ آسیب‌پذیری خاص نیست بلکه، برآیندی از عوامل و معیارها است که در کنار هم، تحلیل آسیب پذیری معابر را فراهم می سازند. از کاربردهای مدل مذکوربه ارزیابی‌های قبل از اجرایِ طرح های توسعه مناطق جدید شهری و یا شهرک‌های جدید با هدف تعیین ضوابط تراکم جمعیتی و ساختمانی، قوانین کنترل حداکثر ارتفاع ساختمان‌ها و الگوی کاربری زمینی توان اشاره نمود. حتی می‌توان تا حدودی در بافت های قدیمی که با معابری کم عرض، آسیب پذیری بالایی دارند با تعریض آنها قوانین و مقررات مناسب با استانداردهای لرزه ای را اجرا نمود. همچنین در نواحی با آسیب پذیری زیاد و احتمال خطر بیشتر هنگام بحران می توان با توسعه و گسترش فضاهای باز و فضاهای سبز، فضاهای امن را جهت نجات آسیب دیدگان افزایش داد. اجرای مدل در قالب یک نرم افزار تجاری می تواند ابزاری مهم در طراحی و برنامه ریزی شهری، برنامه ریزی حمل و نقل و اجرای طرح‌های آمایش سرزمین باشد. در مقایسه این تحقیق با مطالعات پیشین مانند عزیزی و همافر، احدنژاد و همکاران، نورائی و همکاران برای تهیه نقشه آسیب پذیری معابر به علت عدم دسترسی به داده‌های مورد نیاز، از شاخص های کمتری نسبت به این تحقیق برای تهیه نقشه آسیب پذیری معابر استفاده نموده‌اند و همچنین هیچکدام از منابع ذکر شده شبکه هندسی معابر را با در نظر گرفتن آسیب پذیری هر مسیر بطوری که در این تحقیق طراحی گردیده، مطرح نکرده‌اند. بنابراین نتیجه کلی که از انجام تحقیق حاضر حاصل می‌گردد این است که اجرای تحلیل های شبکه مانند یافتن بهترین مسیر با در نظر گرفتن محدودیت آسیب پذیری شبکه معابر، کارایی مدل را در نجات هرچه سریعتر مصدومین و آسیب دیدگان افزایش می دهد.

مراجع

[1] Azizi, M.M., Homafar,M. (2012). " Identify of seismic damage of Urban pathway", Journal of ART, Vol. 17, No. 3, PP.5-15.

[2] Recchia, F. (2005). "Immigration, politics and violence in urban France:between fiction and facts". Journal of Enviromental crisis, Vol. 12, No. 9, PP.20-42.

[3] Meimandi, S., Kazeminiya, A.(2015). "Assessment and zoning of Kerman city vulnerability based on the principles of passive defense Using Delphi and GIS-AHP model", town and country planning, Vol. 7, No. 1, PP.119-144. Journal of

[4] Paton, D., Fohnston, D. (2001). "Disaster and communities: vulnerability, resilience and preparedness", Disaster, prevention and Management, Vol. 10, No. 4, PP.11-24.

Archive of SID

www.SID.ir

[5] Cheng, C., Zhou, Y. Yue, K. Yang, J. (2011). “Study of SEA Indicators System of Urban Green Electricity Power Based on Fuzzy AHP and DPSIR Model”, Energy Procedia, Vol. 12, No. 3, PP.155-162.

[6] Hidalgo, D., Huizenga, C. (2013). “Implementation of sustainable urban transport in Latin America”, Research in Transportation Economics, Vol. 40, No. 1, PP.66-77.

[7] Central u.s earthquake consortium. (2000). Earthquake vulnerability of transportation system in the central united states, compiled by the Central u.s earthquake consortium.

[8] Mokhtarzade,S., Sargolzayi, S.H. Bidram, R. (2010). “Assessment of damage in urban pathway”, Confrences of earthquake in urban pathway, Tehran.

[9] Hartman, T. (2007). “The Delphi method for graduate research”, Journal of Information Technology Education, Vol.6, No.4, PP .18-24.

[10] Juan, M., Sánchez, L., Jerónimo, T. Pedro, L. (2013). “ Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.24, No.3, PP. 544-556.

[11] Alexander, D. (2002). “ Principles of Emergency and Managements”, Oxford University Press, Oxford.

[12] Thanh, P.(2004). “Road vulnerability for earthquakes (A case study of Lalitpur, Kathmandu -Nepal) ”, Mark Brussel Press, Brussel.

[13] Taylor, M., Este, G. (2006). “Transport Network Vulnerability: a Method for Diagnosis of Critical Locations in Transport Infrastructure Systems”, Transport Systems Centre, University of South Australia, Australia.

[14] Hey wood, I., Oliver, J. Tomlinson, S .(1995), “Building an exploratory multi-cruiteria modeling environment for spatial decision support”, Taylor &Francis Press, London.

[15] USAID.(2001) . Making Cities work: USAID·S Urban Strategy, an Initiative launched by the Administrator and prepared by the urbanization task force.

[16] Azimi, M., Nazarifar, H. Momeni, R. (2010). “The use of GIS in location”, Mehregan ghalam press, Tehran.

[17] Cuhls, K.(2002). Delphi method. Fraunhofer Institute for system and Innovation Research, Munich Personal Repec Archive.

[18] Javadian, M., Shamskooshki, H. Momeni, M. (2011), “Application of Sustainable Urban Development in Environmental Suitability Analysis of Educational Land Use by Using AHP and GIS in Tehran”, Procedia Engineering, Vol. 21, No.2, PP. 72-80.

[19] Bono, F., Gutiérrez, E. (2011). “A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks”, Journal of Transport Geography, Vol.19, No.3, PP.1443-1455.

[20] Dalin, Q., Luping, Y. (2012). “Vulnerability Analysis of Road Networks”, Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology Vol. 12, No. 1, PP.23-41.

[21] Nagae, T., Fujihara, T. Asakura, Y.(2012). “Antiseismic reinforcement strategy for an urban road network”, Transportation Research Part A, Vol. 46, No.2, PP.813-827.

[22] Ferretti, V. (2012), “Integrating Multicriteria Analysis and Geographic Information Systems: a survey and classification of the literature”, 74th Meeting of the European Working Group “Multiple Criteria Decision Aiding”.

[23] Gutiérrez, E., Taucer, F. De Groeve, T. Al-Khudhairy, D. H. Zaldivar, J. M.(2005). “Analysis of Worldwide Earthquake Mortality Using Multivariate Demographic and Seismic Data”, American J.Epid, Vol.161,No. 12, PP. 1151–1158.

Archive of SID

www.SID.ir