

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

فاطمه عیوضی سوداگر^{۱*}؛ حسن احمدی^۲

۱- کارشناس ارشد پژوهشی مدیریت بحران پژوهشکده سوانح طبیعی (نویسنده مسئول)

۲- دانشیار گروه شهرسازی دانشکده معماری و هنر دانشگاه گیلان

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

واژگان کلیدی	چکیده
آسیب‌پذیری، مخاطرات طبیعی، شبکه راه‌ها، خطرپذیری	شبکه‌های ارتباطی بین مناطق و سکونتگاه‌ها در شرایط عادی و شرایط اضطراری از اهمیت زیادی برخوردارند. شبکه راه‌ها امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و تسهیل امداد و کمک‌رسانی به مصدومان و تأمین بستر لازم برای عملیات مختلف نجات و بازسازی در زمان و شرایط اضطراری همچون تأمین و تجدید معیشت، ارتباط فضایی، ارتباط تجاری و فرهنگی و اجتماعی مناطق را بر عهده دارند. هدف از این تحقیق یافتن معیارهای مؤثر بر خطرپذیری محور راه‌ها در شرایط بروز سوانح طبیعی است. می‌توان با شناخت معیارهای آسیب‌پذیری آنها را به سایر شبکه راه‌ها تعمیم داد و شرایط محیطی را امن برای زندگی و معیشت ساکنان و گردشگری و سفر مسافران با روش سنجش معیارها با یکدیگر به روش AHP با تصاویر گرافیکی در برنامه GIS توصیف نمود. در این پژوهش سعی شده است مؤلفه‌هایی که بر خطرپذیری راه‌های شهرستان شمیرانات مؤثر هستند، جمع‌آوری گردند. سپس بر اساس امتیازی که به روش AHP در برنامه GIS به معیارها داده شد، معیارها اولویت‌بندی شده و مسیرهای با احتمال آسیب‌پذیری متفاوت نمایش داده شدند. موضوع تحقیق برقراری ارتباط بین سه مؤلفه شرایط جغرافیایی و موقعیت فیزیکی شبکه راه و وضعیت کارکردی و اجتماعی با پتانسیل ریسک‌پذیری سوانح و مخاطرات طبیعی می‌باشد. با روی-هم‌گذاری لایه‌های امتیازبندی شده عناصر طبیعی (شیب مسیر، مجاورت با رودخانه، عرض مسیر)، عناصر کارکردی (گردشگری بودن منطقه) و عناصر اجتماعی (جمعیت استفاده کننده از مسیر، وجود خانه‌های دوم در منطقه و...) مسیرهایی با کمترین و بیشترین میزان آسیب‌پذیری در برابر وقوع سوانح طبیعی در منطقه مورد بررسی حاصل مشاهده گردید.

۱- مقدمه

به حالت عادی، شبکه ارتباطی نقش کلیدی در سفرهای بین محل کار و سکونت و حمل نقل کالا و تسریع عملیات عادی‌سازی دارد. (Central United States, 2000, 6). (Earthquake Consortium) شبکه‌های ارتباطی در کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله نقش کلیدی دارند. علاوه بر امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و تسهیل امداد و کمک‌رسانی به مصدومان و تأمین بستر لازم برای عملیات مختلف نجات و بازسازی در زمان و شرایط اضطراری، شبکه

راه‌ها و شبکه‌های ارتباطی بین مناطق و سکونتگاه‌ها در شرایط عادی و شرایط اضطراری از اهمیت زیادی برخوردارند. سؤال اصلی این است؛ چه عواملی موجب خطرپذیر شدن مسیرهای ارتباطی شهرها و روستاهای در یک منطقه در شرایط اضطراری ناشی از وقوع بلایای طبیعی می‌گردد؟ در ادامه مقاله به این عوامل می‌پردازیم. در هنگام وقوع سانحه و یا حادثه برای بازگرداندن شهر

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

راه‌ها عهده‌دار تأمین و تجدید معیشت، ارتباط فضایی، ارتباط تجاری و فرهنگی و اجتماعی در منطقه می‌باشند. لذا تخریب و یا مسدود شدن و همچنین اختلال در عملکرد راه‌ها، عملکرد کلی سیستم شبکه ارتباطی و حمل‌ونقل سکونتگاه‌هایی که در ورودی و یا خروجی این شبکه قرار دارند را مورد تهدید قرار می‌دهد. بنابراین لزوم شناسایی عوامل (طبیعی و غیرطبیعی) که احتمال ایجاد اختلال در عملکرد شبکه راه را دارند بسیار ضروری می‌نماید.

بروز سوانح ناشی از مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی در جوامع مختلف اجتناب‌ناپذیر است. رخداد یک سانحه مشابه در دو جامعه سنتی و جامعه مدرن شهری می‌تواند آثار، نتایج و پیامدهای متفاوت و جداگانه‌ای داشته باشد. بر اساس مطالعات گیدز ضمن تقسیم‌بندی مخاطرات به دو نوع مخاطرات خارجی (*External hazards*) و مخاطرات ساخته شده (*Made hazard*)، معتقد است که درست است که بخش قابل توجهی از مخاطرات ریشه محیطی دارند ولی مخاطرات مدرن جوامع شهری محصول فعالیت بشری‌اند. (سعید امینی ورکه، ۱۳۹۳) به‌طور مثال ساخت مسکن بر سطح شیب‌های ناپایدار موجب ناپایداری شدن و ریزش و لغزش خواهد شد. برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی، تخریب مسیل‌ها، ساخت مسکن در محدوده و حریم گسل‌های فعال از جمله فعالیت‌های بشری است که هم موجب تولید ثانویه مخاطرات محیطی می‌شود و هم اثرات و پیامدهای یک مخاطره بالقوه طبیعی را افزایش می‌دهد. اسمیت ویژگی‌های مخاطرات محیطی را این‌طور بیان می‌دارد: دارای سرچشمه مشخص، آغازی سریع و کوتاه، ایجاد زیان با فاصله زمانی کوتاه، تهدید کننده مردم در موقعیت‌های مشخص و با شدت و مقیاسی که واکنش اضطراری را می‌طلبد (امینی، مدیری ۱۳۹۳).

از منظر *UNISDR* چیزی تحت عنوان بلا و رخداد طبیعی منفی وجود ندارد و تنها چیزی که در این زمینه مورد تأیید می‌باشد، اتخاذ اقدامات کاهش ریسک مخاطرات سوانح طبیعی است. اهداف کاهش خطرپذیری سوانح طبیعی کاهش آسیب‌های ایجاد شده توسط مخاطرات طبیعی می‌باشد. مخاطراتی مانند زلزله‌ها، سیل‌ها، خشک‌سالی‌ها و... که از طریق اقدامات پیشگیرانه در مقابل سوانح طبیعی

مرتفع می‌گردد. بیانیه اصلی چارچوب سندای بر پایه کاهش خطرپذیری سوانح تدوین گردیده است به‌طوری‌که اولویت‌های اقدام دولت‌ها در کاهش خطرپذیری بر درک خطرپذیری، تقویت حاکمیت خطرپذیری برای مدیریت بهینه خطرپذیری سوانح، سرمایه‌گذاری در زمینه کاهش خطرپذیری سوانح در راستای برگشت‌پذیری (تاب‌آوری) و افزایش آمادگی و پاسخ مؤثر و بازیابی و بازتوانی جامعه در برابر سوانح می‌باشد. یکی از این اقدامات کاهش ریسک سرمایه‌گذاری بر روی تاب‌آوری در برابر ریسک مخاطرات به‌صورت عمومی می‌باشد (چارچوب سندای ۲۰۳۰-۲۰۱۵). گزارش مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران به بررسی و ارائه دستورالعمل‌های لازم در جهت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی می‌پردازد. در این گزارش به روش‌های ارزیابی مرتبط با خطرات سوانح طبیعی، مدیریت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، ریسک‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوا و راهبردهای انطباق با آنها و معرفی جعبه‌ابزارهای تحت وب مدیریت ریسک می‌پردازد (مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران، ۱۳۹۵). بر اساس این گزارش و بر اساس مفاهیم خطرپذیری و همچنین دیدگاه‌ها و رویکردهای مدیریت شرایط اضطراری و اسناد ملی و بین‌المللی می‌توان به این واقعیت دست یافت که ایران کشور سانحه‌خیز است.

استان تهران نیز از جمله مناطقی است که خطر زلزله در آن طبق آئین‌نامه ۲۸۰۰ بسیار بالاست و لزوم شناسایی و بررسی میزان آسیب‌پذیری مناطق شهری و روستایی آن بسیار حیاتی و ضروری به نظر می‌رسد تا بر اساس این تحلیل‌ها اقدام به تهیه و تدوین برنامه‌های پیشگیرانه و کاهش اثرات سوانح (زمین‌لرزه، سیل، لغزش و رانش و...) جهت آمادگی برای رویارویی با پیامدهای مخرب آنها گردد. شهرستان شمیرانات یکی از دوازده شهرستان استان تهران است که در شمال این استان و در ناحیه‌ای کوهستانی واقع گردیده و از نظر موقعیت طبیعی به استثناء محدوده کم‌وسعتی در جنوب ناحیه و شمال دریاچه سد لتیان، قلمرویی کوهستانی محسوب شده و متشکل از ارتفاعات جبهه جنوبی البرز مرکزی است. یکی از مشخصات بارز

دشت‌های شمیرانات وجود یک خط گسل در امتداد آنهاست به‌طوری‌که امتداد گسل دامنه‌های جنوبی کوه توچال که مشاء و فشم، دره‌های باز و دشت‌های لواسان و امامه را به وجود آورده است. ضمناً کوهپایه آن در حال حاضر، منطقه شمیران است به‌وسیله گسل نیاوران و تراست شمال تهران مشخص می‌شود و تعدادی گسل‌های فرعی نیز در امتداد آن قرار دارد. سانحه‌خیز بودن منطقه شمیرانات، وجود گسل‌های بزرگ شمال تهران و گسل مشاء فشم و گسل‌های پراکنده لرزه‌زا در محدوده شهرستان، کوهستانی بود و وجود شرایط خاص طبیعی و اقلیمی، نحوه ساختار و بافت شهری، نوع مصالح و مسکن، شبکه‌های ارتباطی و مسیرهای اصلی و فرعی، گردشگری بودن شهرستان، حجم عبوری، ترافیک و حمل‌ونقل داخل شهری و مناطق ورودی شهر و لزوم توجه به تخلیه اضطراری ساکنان منطقه، کمبود فضاهای مسطح برای امور مدیریت بحران در شرایط اضطراری به دلیل کوهستانی بودن منطقه و حجم جمعیتی که در روزها و ماه‌های خاص به چندین برابر می‌رسد و امکان خدمات‌رسانی را کند می‌نماید. مطالعه آسیب‌پذیری این شهرستان و به‌خصوص شریان‌های حیاتی و شبکه جاده‌ای و مواصلاتی آن اهمیت به‌سزایی دارد.

شبکه‌های ارتباطی را می‌توان از مهم‌ترین ویژگی‌های زندگی جمعی دانست که هدف آن برآوردن مفهوم نیاز به دسترسی است. سعید امینی در مقاله شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی به نقل از گوتنبرگ می‌گوید: ساختار شهری و رشد را باید در مفهوم دسترسی جستجو نمود. امینی معتقد است که جوامع تلاش می‌کنند تا بر فاصله غلبه کنند زیرا برقراری دسترسی بهینه در شرایط عادی جامعه موجب افزایش مطلوبیت و کیفیت سطح زندگی می‌شود. همچنین پس از وقوع بحران حفظ دسترسی و جریان آمد و شد در معابر موجب نجات و تداوم حیات انسانی می‌گردد. لذا فرض بر این است که به دلیل وجود گسل‌ها، کوهستانی بودن منطقه و نیز وجود چند رود بزرگ مثل جاجرود در منطقه احتمال وقوع سیل و زلزله بسیار بالا می‌باشد. بر همین اساس میزان خطرپذیری شبکه راه‌ها نیز بالا خواهد بود.

تأمین ایمنی راه‌ها و شبکه‌های ارتباطی بدون شناخت

ریسک‌ها (طبیعی و انسان‌ساخت) مقدور نیست. در واقع شناخت و تحلیل یک مخاطره و پیامدهای آن می‌تواند منجر به اتخاذ راهبرد و سیاست‌گذاری و در نتیجه اتخاذ راهکارهای پیشگیرانه و یا ایجاد آمادگی در شبکه‌های ارتباطی و سکونتگاه‌های منتهی به آن شود. در صورتی‌که شناخت خطرپذیری مخاطرات متناسب با الگوی سلسله‌مراتب محورهای ارتباطی از جمله محورهای اصلی، محورهای شریانی، محورهای فرعی و جمع و پخش‌کننده‌ها صورت نگیرد، امکان وقوع یک مخاطره و یا تأثیرات آن در برنامه‌های توسعه‌ای مورد غفلت واقع می‌گردد. وقوع سانحه برای شبکه‌های ارتباطی می‌تواند منجر به آسیب دیدن پل‌ها، تونل‌ها به همراه مسدود شدن جزئی یا کامل مسیرها، ناپایداری شیب‌های مشرف به شبکه راه، ریزش سنگ، ریزش خاک، جابجایی مسیر جاده، فروریزش ساختمان‌های بلند مجاور شبکه ارتباطی اصلی، آسیب دیدن شبکه‌های آب، گاز و فاضلاب که معمولاً در راستای مسیر راه‌ها ایجاد گردد. همچنین سقوط دکل‌های برق و مخابرات که علاوه بر امکان مسدود کردن مسیرها، احتمال وقوع برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی و انفجار را در پی دارد. همچنین ایجاد ترافیک، انسداد راه با آورده‌های سیل، شستگی راه توسط سیل و آب‌گرفتگی راه توسط طغیان آب و ایجاد سیل و سیلاب، انسداد راه توسط بهمن و آورده‌های بهمن (خاک، شن، گل‌ولای و یخ و...) پیامدهای دیگر وقوع سانحه در شبکه‌های ارتباطی است.

۲- پیشینه تحقیق

در مطالعه سوابق و پیشینه تحقیق کتاب‌ها، طرح‌ها، پروژه‌ها و مقالات زیادی مطالعه گردیده است. اهم مستنداتی که در این تحقیق استفاده شده‌اند، به قرار زیر است:

۲-۱- منابع داخلی

گزارش طرح امکان‌سنجی به‌کارگیری مدیریت بحران در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای کشور به کارفرمایی وزارت کشور که توسط پژوهشکده حمل‌ونقل تهیه و تدوین گردیده است. این تحقیق به‌صورت دو گزارش مدیریتی و فنی منتشر گردیده است. هدف از مطالعه موارد زیر ذکر گردیده است:

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

جمعیت، ارزیابی چند معیاری به روش ترکیب خطی وزین (WLC) انجام دادند.

۲-۱-۲- پایان‌نامه

پایان‌نامه «ارائه شاخص‌ها و مدل مکان‌یابی مراکز پشتیبانی سیستم مدیریت بحران در شبکه حمل‌ونقل»؛ در این طرح غلامعلی صفرعلی به تعیین و تبیین شاخص‌های مراکز پشتیبانی مدیریت بحران در حوزه حمل‌ونقل پرداخته است. نزدیکی به مراکز سکونتگاهی و پوشش همه مسیرهای جاده‌ای و دسترسی به همه نقاط از جمله این شاخص‌ها می‌باشد.

۲-۲- منابع خارجی

۱. کتاب شاخص‌های خطرپذیری سوانح طبیعی جاده‌ای نیوزیلند (*Risk Assessment Methods in Road Network Evaluation: A Study of the Impact of Natural Hazards on the Desert Road, New Zealand*) به بررسی شاخص‌های خطرپذیری جاده‌ها و راه‌های مواصلاتی پرداخته است. از جمله مدت‌زمانی که مسیر برای کمک‌های حیاتی (جانی) باید بازگشایی موقت گردد و یا مدت‌زمانی که برای عملکردهای درمانی، تأسیساتی و برقراری شریان‌های حیاتی و همچنین ایجاد مسیرهای جایگزین همه به‌عنوان شاخص‌هایی ذکر گردیده‌اند که خطرپذیری راه‌ها و شبکه جاده‌ای را کاهش خواهد داد.

۲. کتاب مفهوم خطرپذیری مخاطرات طبیعی در جاده‌های ملی (*Natural hazards on national roads Risk*) ملی (concept) روشی برای شناسایی آسیب‌پذیری‌ها مخاطرات طبیعی راه‌ها، پیشگیری و کاهش آثار آنها و پاسخ و مقابله به مخاطرات طبیعی در راه‌ها می‌باشد.

۳- مبانی و مفاهیم نظری

مخاطره: پدیده خطرناک، فعالیت انسانی یا شرایطی که منجر به از دست رفتن زندگی و یا سلامتی، آسیب رسیدن به اموال و معیشت، مختل کردن خدمات اجتماعی و اقتصادی و تخریب محیط‌زیست شود (UNISDR, 2009).

شناخت سازمان‌ها و ارگان‌های مرتبط با مدیریت بحران در کشور، شناخت تجربیات و کارهای انجام شده در این زمینه در کشور، آشنایی با تجارب موجود دنیا در زمینه مدیریت بحران، شناخت نحوه عملکرد شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای در بحران‌های گذشته، شناسایی عوامل اصلی بروز بحران در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، شناسایی نوع بحران‌ها و احتمال وقوع آنها در ایران، شناسایی آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، تعیین ضرورت استفاده از روش‌های مدیریت بحران در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، دستیابی به سیاست‌ها و اهداف مورد نیاز برای به‌کارگیری مدیریت بحران، شناخت روش‌های اعمال مدیریت بحران، دستیابی به چهارچوب‌های مورد نیاز برای اعمال مدیریت بحران، شناسایی مطالعات تکمیلی مورد نیاز در زمینه مدیریت بحران در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای، گزارش مجمع جهانی راه (پیپارک) در ایران که به بررسی و ارائه دستورالعمل‌های لازم در جهت ریسک‌های مرتبط با سوانح طبیعی، تغییرات جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی می‌باشد. در این گزارش به روش‌های ارزیابی مرتبط با خطرات سوانح طبیعی، مدیریت ریسک‌های مرتبط با سوانح طبیعی، ریسک‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوا و راهبردهای انطباق با آنها و معرفی جعبه‌ابزارهای تحت وب مدیریت ریسک می‌پردازد.

۲-۱-۱- مقالات

مقاله ارزیابی و تحلیل مخاطرات و راهکارهای پدافند غیرعامل در شبکه راه‌های استان البرز از روش‌های IHWP و SWOT؛ در این مقاله محمد زنگنه شناخت راه‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات را در نظر گرفته است؛ و شاخص‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری را استخراج نموده با تکنیک و روش IHWP در محیط GIS به اولویت‌بندی راه‌های آسیب‌پذیر استان البرز پرداخته است.

بررسی فاکتورهای مهم در مکان‌یابی ایستگاه‌های امداد و نجات جاده سقز- سندانج با استفاده از مدل ترکیبی خطی وزین؛ در این روش هیمن شهابی و چیا نیازی با استفاده از شاخص‌های تلفات، شیب زمین، دوری و نزدیکی به راه‌ها، خطر و شدت وقوع سانحه، ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه و

سانحه (*Disaster*): اختلال جدی در عملکرد جامعه در مقیاس‌های مختلف به دلیل وقوع مخاطره‌ها و تعامل آنها با شرایط در معرض بودن، آسیب‌پذیری و ظرفیت که به یک یا چند مورد از این تبعات منجر می‌شود: خسارت و اثرات انسانی، مادی، اقتصادی و محیط‌زیستی.

خطر سوانح (*Disaster Risk*): پتانسیل از دست رفتن زندگی، جراحت و یا از بین رفتن و خسارت دیدن دارایی‌ها که می‌تواند برای یک سیستم یا جامعه، در یک دوره زمانی خاص اتفاق بیفتد که به‌صورت احتمالی به‌عنوان تابعی از مخاطره، در معرض بودن، آسیب‌پذیری و ظرفیت محاسبه می‌شود. (برنامه ملی کاهش خطر، ۱۳۹۹)

شرایط اضطراری (*Emergency*): رویداد یا واقعه ناگهانی یا فزاینده که همراه یا زمینه‌ساز آسیب‌های گسترده مالی یا انسانی بوده که نیازمند انجام اقدامات اضطراری است. این اقدامات در حد توان سازمان‌های مسئول می‌باشد. همچنین به تعریفی دیگر شرایط اضطراری و یا بحران «حادثه‌ای است ناگهانی یا فزاینده که همراه یا زمینه‌ساز با آسیب‌های گسترده مالی یا انسانی است و نیازمند انجام اقدامات اضطراری می‌باشد که به کمک‌ها و منابع خارج از توان سازمان‌های مسئول برای مقابله با بحران نیاز دارد.»

تعریف بحران در حمل‌ونقل: «حادثه‌ای است که به‌صورت ناگهانی یا فزاینده بر روی شبکه حمل‌ونقل رخ می‌دهد و موجب بروز آسیب‌های گسترده مالی یا انسانی گردیده یا حادثه‌ای است ناگهانی یا فزاینده که در پی آن به علت عملکرد نامطلوب شبکه حمل‌ونقل زمینه‌ساز آسیب‌های گسترده مالی یا انسانی می‌گردد و در هر دو حال نیازمند انجام اقدامات اضطراری می‌باشد و به کمک‌ها و منابع خارج از توان سازمان‌های مسئول برای مقابله با بحران نیاز دارد (پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۳۹۳).

کاهش ریسک (خطر) (*Risk Reduction*): به سلسله اقداماتی گفته می‌شود که می‌تواند میزان مخاطرات ناشی از وقوع بحران را کاهش دهد. هرچند که کاهش اثرات وقوع (*Mitigation*) و پیشگیری (*Prevention*) را می‌توان تحت این عنوان به کار برد.

کاهش اثرات (*Mitigation*): کم کردن اثرات نامطلوب مخاطرات (برنامه ملی کاهش خطر، ۱۳۹۹).

۳-۱- تعریف شبکه بر اساس معیار آسیب‌پذیر بودن اجزاء

آسیب‌پذیری، به میزان ضعف یا شکنندگی جامعه، جاده‌ها، افراد و... در برابر پدیده‌های طبیعی اطلاق می‌شود. می‌توان سطوح آسیب‌پذیری اجزای آسیب‌پذیر را به شیوه‌های مختلف تعیین نمود. استفاده از منحنی‌های شکنندگی یا خرابی به‌عنوان مثال (در مورد پل‌ها، تونل‌ها یا بدنه راه در برابر زلزله) یا روابط عملکردی در برابر یک حادثه (برای مثال احتمال بسته شدن راه در برابر یک سیل یا ریزش کوه) از جمله این شیوه‌ها می‌باشد (بحرینی، ۱۳۷۸).

۳-۲- عوامل ایجاد انسداد مسیر یا کاهش عرضه شبکه راه

وقوع بسیاری از حوادث طبیعی باعث آسیب رساندن به اجزاء و مؤلفه‌های شبکه حمل‌ونقل می‌گردد. در این حالت بسته به شدت حادثه و همچنین میزان آسیب‌پذیری مؤلفه‌ای که در معرض آسیب قرار گرفته است، وقوع حادثه، ممکن است باعث انسداد کل مسیر یا کاهش ظرفیت عبوری گردد. خرابی بدنه مسیر به‌خصوص در مواردی که این خرابی منجر به انسداد مسیر و حذف کامل عرضه شود هزینه‌ها و پیامدهای زیان‌باری به دنبال خواهد داشت. علت این امر نیز این است که تعمیر و بازسازی مجدد مسیر به‌خصوص در مورد مؤلفه‌هایی نظیر پل و تونل به زمان نسبتاً زیادی نیاز دارد. به‌خصوص اگر حادثه مذکور در یک مسیر پرتردد و با حجم ترافیک بالا رخ دهد (بحرینی، ۱۳۷۸).

۳-۳- نقش محورها در مراحل مختلف مدیریت شرایط اضطراری (مدیریت بحران)

محورهای اصلی شهر حساس‌ترین عنصر از عناصر ساختار کالبدی است که در مقطع زمانی امدادرسانی به‌ویژه برای تخلیه و نجات مصدومین و رساندن مواد و وسایل مورد نیاز آوارگان ایفای نقش می‌کنند. محورهای اصلی شهر در انتخاب مکان‌های اردوگاهی اسکان موقت، ارائه خدمات و پشتیبانی‌های لازم مؤثر است. همچنین محورها نقش اساسی در مرحله پاک‌سازی و بازسازی ایفا می‌نمایند. اولین قدم در احیای شهر پاک‌سازی و بازسازی می‌باشد.

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

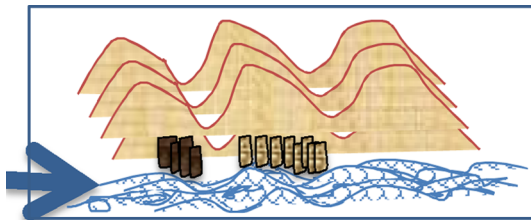
جدول ۱- آثار ناشی از سوانح و بلایای طبیعی بر شبکه حمل‌ونقل (پژوهشکده حمل‌ونقل ۱۳۸۴).

مشخصات	اندازه (سانتی‌متر)
رانش زمین	- قطع شدن تردد به علت فروریخت جاده و خرابی آن
	- انسداد جاده به علت جمع شدن مواد ناشی از فروریخت دامنه‌ها بر روی سطح جاده
	- شکست پل‌ها در اثر حرکت مواد و سنگ‌های جدا شده از کوه در اثر برخورد مستقیم مواد متحرک ناشی از ریزش یا ناپایداری شیب‌ها با جریان ترافیک
	- تخریب روسازی راه بر اثر سنگ‌های ریخته شده
سیل	- زیر آب رفتن سطح راه
	- تخریب سازه پل‌ها، خاک‌ریزها، آبروها، دیوارهای حائل و غیره
	- نشست یا کج شدن پایه پل‌ها به علت آب‌شستگی (که گاهی ممکن است به فروریخت سازه اصلی بیانجامد)
	- مدفون شدن سطح پل‌ها و جاده‌ها به علت تهنشین شدن خاک‌های جدا شده از بستر رودخانه‌ها
زلزله	- تخریب پل‌ها، سقوط، انحراف و حرکت پل، کمانش، ترک خوردن و خرد شدن شاه‌تیرها یا عرشه پل، ضعف تکیه‌گاه‌ها، نشست پی یا مدخل ورودی پل‌ها بر اثر روانگرایی، کمانش، ترک خوردن و یا خرد شدن و واژگونی ستون‌ها
	- تخریب تونل‌ها (خرد شدن و ترک خوردن دیواره تونل، تخریب ورودی تونل، گسلش در داخل تونل، تغییر شکل مقطع تونل، به وجود آمدن ترک یا باز شدن درزه‌ها در تونل‌ها و ریزش از سقف یا دیواره تونل‌ها)
	- تخریب بدنه راه (فروریختن خاک‌ریز راه، روانگرایی و نشست‌های نامساوی سطح راه، تورم سطح راه و گسلش سطح راه)
	- تخریب دیوارهای حائل و کالورت‌ها
برف و بهمن	- انباشته کردن برف بر روی مسیر
	- مدفون کردن وسایل نقلیه عبوری
	- وارد کردن آسیب بر سازه‌ها و تأسیسات مسیر

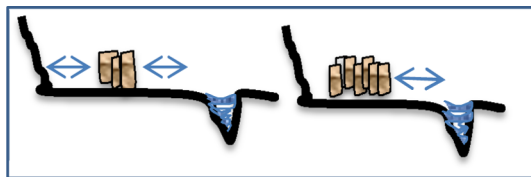
بستر طبیعی محور و تنگناهای ناشی از ویژگی‌های جغرافیایی مانند عرض کم معابر، ارتفاعات و دره‌های مشرف و مجاور محورها در هنگام عملیات پاک‌سازی بخش‌های مختلف شهر اهمیت دارد؛ زیرا دشواری تردد وسایل، ماشین‌آلات و... در چگونگی سرعت و کیفیت عملیات پاک‌سازی ایفای نقش می‌نماید. ویژگی‌های فیزیکی معابر، ابعاد محورها و وجود عناصر ویژه در طول محور نیز به نوبه خود در حجم و سرعت حرکت مؤثر واقع می‌گردد. الگوی راه تقاطع‌ها که تنها یک دسترسی را فراهم می‌سازد از قابلیت کمتری برای بهره‌برداری بهینه در عملیات پاک‌سازی و بازسازی برخوردارند. الگوی راه‌هایی که مسیرهای فرعی کوتاه‌تر و ساده‌تری دارند قابلیت بیشتری برای عملیات پاک‌سازی و بازسازی در اختیار می‌گذارند (بحرینی، ۱۳۷۸).

۳-۴- هم‌جواری‌های عناصر ساختار فضایی

در آسیب‌پذیری هم‌جواری عناصر با یکدیگر در ایجاد آسیب‌ها، بروز واکنش‌ها و میزان کارایی آنها مؤثر واقع شده و به عبارت دیگر موضع هر عنصر در محیط پیرامون با عناصر هم‌جواریش بررسی و ارزیابی می‌شود. موقعیت و فاصله قرارگیری محورها نسبت به ناهمواری‌ها (ارتفاعات و دره‌ها) در احتمال و میزان آسیب‌پذیری محورها مؤثر است. جاده‌ها در معرض آسیب ناشی از ریزش کوه و لغزش زمین از سمت ارتفاعات و فرونشست و ناهمواری‌های ناپایدار اهمیت دارد. گرچه آسیب‌پذیری در هنگام وقوع زلزله مطرح است اما این مورد از آسیب‌پذیری می‌تواند تا مدتی بعد از وقوع زلزله نیز اتفاق بیافتد. در اثر عبور محورها از مناطق کوهستانی و ضرورت احداث تونل نیز احتمال قطع تداوم و دسترسی از محورها اصلی به وجود خواهد آمد. احتمال آسیب‌پذیری محورها در اثر نزدیکی و موقعیت نامناسب نسبت به آب‌های سطحی نیز به وجود می‌آید. این امر عمدتاً در اثر بروز سیلاب‌های مصنوعی که ناشی از انسداد بستر رودخانه می‌باشد، به وقوع می‌پیوندد. در اثر عبور محورها اصلی از رودخانه به علت احتمال شکستن پل‌ها، آسیب‌پذیری محور و قطع دسترسی ناشی از آن افزایش می‌یابد (بحرینی، ۱۳۷۸).



شکل ۲- آسیب پذیری سکونتگاه‌هایی که در دره‌ها و کنار رودخانه‌ها ایجاد شده‌اند (نگارنده).



شکل ۳- آسیب پذیری سکونتگاه‌هایی که در دره‌ها و کنار رودخانه‌ها ایجاد شده‌اند (نگارنده).

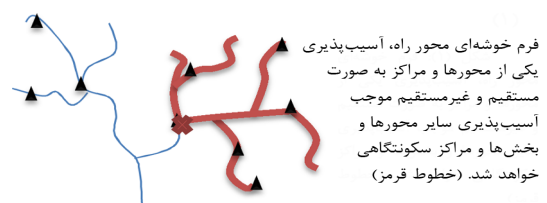
- جداره‌ها) نقش اساسی دارد. در صورتی که درجه محصوریت بالا باشد انسداد محورها وجود خواهد داشت.
- وجود هرگونه اختلاف سطح در الگوی راه‌ها (اعم از تقاطع یا هم‌جواری) موجب افزایش آسیب‌پذیری راه می‌گردد.
- در الگوی خطی، شاخه‌ای، آسیب‌پذیری شبکه راه و احتمال قطع دسترسی در بخش زیادی از شبکه به هنگام انسداد نقطه‌ای از آن افزایش می‌یابد. طول زیاد شاخه‌ها افزایش این احتمال را به دنبال دارد.
- در صورت تقاطع محورها با عناصر طبیعی مثل کوه، تونل، رودخانه، پل بر آسیب‌پذیری آنها اضافه می‌گردد.
- فاصله زیاد محورها از همدیگر امداد رسانی در سکونتگاه مجاور را با مشکل همراه می‌سازد.
- میزان تردد بالا در محورهای اصلی کارایی محور را در زمان امداد رسانی و ارائه خدمات مورد نیاز با مشکل مواجه می‌سازد و از آن می‌کاهد.
- معابری در که ناهمواری‌های غیرقابل دسترس قرار داشته و عدم امکان تردد وسایل و ماشین‌آلات سنگین دارد موجب تأخیر در خدمات‌رسانی و امداد رسانی شده و آسیب‌پذیری را افزایش خواهد داد (بحرینی، ۱۳۷۸).

۳-۶- ارزیابی ریسک شبکه جاده

انجام ارزیابی ریسک برای شبکه راه و بخش‌های کلیدی آن

۳-۵- معیارهای ارزیابی و طراحی فیزیکی فرم راه برای کاهش آسیب‌پذیری

ترکیب و هم‌جواری‌های مراکز محورها و بخش‌ها باید به نحوی باشد که الگوی تقسیم‌بندی آن با الگوی شبکه محوره‌های اصلی و مراکز فعالیتی و جغرافیایی طبیعی‌اش، دارای همخوانی، تعادل و تناسب بهینه باشد. در صورتی که الگوی محورها و مراکز به نحوی باشد که تخریب هر یک از آنها منجر به آسیب مستقیم به عنصر دیگر شود و یا به‌طور غیرمستقیم آن محور یا مرکز را از دسترسی خارج نماید و آسیب عملکردی را به وجود آورد، الگوی ساختار کالبدی الگوی آسیب‌پذیر خواهد بود. همانند الگوی ارائه شده در شکل (۱) در مناطق ناهموار با پوشش گیاهی انبوه الگوی استقرار سکونتگاه‌ها پراکنده و با فاصله زیادتر از هم است. این مسئله منجر به کاهش قابلیت ارتباطی بین آنها و دشواری دسترسی گردیده و به هنگام وقوع سوانح طبیعی قابلیت امداد رسانی را کم می‌کند. رشد شهرها و مناطق روستایی در حواشی رودخانه‌ها و دره‌های تنگ آن به علت الگوی خطی شبکه ارتباطی قابلیت‌های محدودی در عملیات امدادی بعد از وقوع حوادث و سوانح طبیعی دارند.



شکل ۱- الگوی ساختار کالبدی آسیب‌پذیر (نگارنده).

- موقعیت قرارگیری و هم‌جواری‌های عناصر مصنوع ساختار کالبدی (محور- مرکز- بخش) با ناهمواری‌ها، رودخانه، پوشش گیاهی اگر بدون رعایت حریم و فاصله لازم باشد، علاوه بر امکان آسیب‌پذیری از عناصر طبیعی از امکان گریز و پناه به‌سوی فضاهای باز طبیعی به علت دشواری عبور از ناهمواری‌ها، شیب و آب می‌کاهد (بحرینی، ۱۳۷۸).
- در مناطقی که یک محور اصلی و شاخه‌های فرعی وجود دارد باید یک دسترسی جایگزین به محور اصلی برای سکونتگاه وجود داشته باشد.
- در آسیب‌پذیری محورها درجه محصوریت (عرض و ارتفاع

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

۴- روش تحقیق

نوع پژوهش ارزیابی تحلیلی (Analytical evaluation research) است. ارزیابی عوامل و موقعیت خطرپذیری شبکه راه که مبتنی بر مشاهده عناصر، تجربه کارشناسان و متخصصان و اندازه‌گیری و فرمول‌بندی است و داده‌های کمی و کیفی به‌وسیله متن‌های مکتوب، شفاهی و تصویری از طریق مشاهده و مصاحبه با استفاده از دو روش اسنادی و میدانی جمع‌آوری شد.

در واقع راهبرد تحقیق به‌صورت روش تحقیق آمیخته یا ترکیبی می‌باشد که بر اساس رویکرد تحقیق که مطالعه میدانی می‌باشد با راهکار میدانی و همچنین کتابخانه‌ای به‌وسیله پرسشنامه، مصاحبه و مشاهده و... اطلاعات جمع‌آوری می‌گردد.

در این بخش پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای، استخراج و طبقه‌بندی شاخص‌های خطرپذیری شبکه راه‌ها انجام شد و بررسی و مطالعه قرار گرفت. همچنین اثرات هر یک از شاخص‌ها و مؤلفه‌های معرفی شده بر سکونتگاه‌ها و همچنین اثرات آنها بر شبکه ارتباطی و حمل‌ونقلی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. در سنجش عوامل خطرپذیر و آسیب‌رسان ابتدا کلیه اطلاعات موجود به‌عنوان داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری و بر اساس آن اطلاعات لایه‌های اطلاعاتی که دربرگیرنده شیب زمین، گسل‌ها، ترافیک، نوع راه و نقاط پرخطر بررسی و اولویت‌بندی شد. (بر اساس GIS) و بر اساس میزان تأثیرپذیری بر شبکه جاده‌ای در سامانه اطلاعات جغرافیایی و محیط نرم‌افزاری ArcGIS تحلیل گردید.

۴-۱- گام‌های پژوهش

در این تحقیق هشت گام شامل؛ تدوین پرسش‌های پژوهش و فرضیه‌سازی، مشخص نمودن هدف، انتخاب متدولوژی مناسب، جمع‌آوری داده‌ها به شیوه پرسشنامه، مصاحبه با گروه‌های فکری، مشاهدات، اعتبارسنجی داده‌ها، تحلیل و توصیف داده‌ها، نتیجه‌گیری و تدوین گزارش مورد توجه و اقدام قرار گرفت.

۴-۲- جامعه آماری

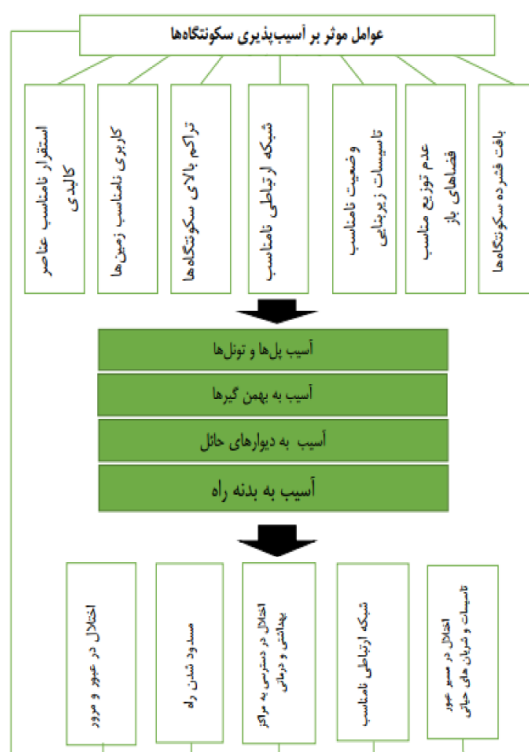
جامعه آماری این طرح متشکل از کارشناسان حوزه

برای آن دسته از ریسک‌هایی که شناخته شده هستند، بسیار مهم است. توصیف این عوامل می‌تواند به‌راحتی از توصیف ریسک‌ها در بخش‌های بالا انجام گیرد. این مسئله می‌تواند به شبکه راه، مفهوم آن و مجموعه معیارهای کارایی عملکرد بستگی داشته باشد.

طبق جدول ۲ مشاهده می‌گردد که چهار مخاطره طبیعی رانش زمین، سیل، زمین‌لرزه و بهمن اصلی‌ترین مخاطره تهدیدی برای سوانح جاده‌ای بر اساس نظرسنجی پیمارک در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ می‌باشد.

جدول ۲- خلاصه تقسیم‌بندی‌های حوادث مؤثر بر شبکه جاده‌ای انجام شده توسط پیمارک بر اساس نظرسنجی از کشورهای عضو (پژوهشکده حمل‌ونقل ۱۳۸۴)

مشخصات	اندازه (سانتی‌متر)
۱۹۹۱-۱۹۹۲	رانش زمین، سیل، زمین‌لرزه، بهمن
۱۹۹۶-۱۹۹۷	رانش زمین، سیل، زمین‌لرزه، بهمن
۲۰۰۱ و ۲۰۰۰	زلزله، سیل، رانش، بهمن



شکل ۴- ارتباط آسیب‌پذیری شبکه راه و سکونتگاه‌ها (نگارنده).

حمل و نقل، کارشناسان حوزه مدیریت ریسک و مدیریت بحران، کارشناسان حوزه برنامه ریزی منطقه‌ای، کارشناسان و مدیران حوزه راهداری شهرستان شمیرانات، رانندگان و گردشگران و مردم محلی است.

به دست آمده از داده‌ها به روش فوق به وسیله روش AHP که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است.

۴-۳- نمونه آماری

نمونه آماری بر اساس روش تصادفی سیستماتیک و طبقه‌بندی شده تعیین شده است. یک بخش شامل مردم محلی و گردشگران می‌باشد. طبقه دیگر متخصصان و کارشناسان حوزه حمل و نقل و برنامه‌ریزی می‌باشد و طبقه دیگر مسئولان و مدیران راهداری منطقه شمیرانات هستند. اولویت انتخاب با متخصصان و کارشناسان حوزه حمل و نقل و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای است. در مجموع از ۴۰ نفر پرسش به عمل آمد.

۴-۴- تحلیل داده‌ها بر اساس فرایند تحلیل

سلسله‌مراتبی AHP

نوع و روش مطالعه بر اساس توصیف عوامل و ارزیابی آنها در کنار یکدیگر و اثرگذاری بر همدیگر به روش تحلیل سلسله‌مراتبی انجام می‌گیرد. در این فصل روش‌های جمع‌آوری داده‌ها و همچنین قواعد و قوانین روش تحلیل AHP و همچنین روش امتیازدهی و تعیین وزن‌های معیارها و زیرمعیارها پرداخته می‌گردد. تمامی اطلاعات به دست آمده از داده‌ها به روش فوق به وسیله روش AHP که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است.

روش‌های جمع‌آوری داده‌ها و همچنین قواعد و قوانین روش تحلیل AHP و همچنین روش امتیازدهی و تعیین وزن‌های معیارها و زیرمعیارها صورت گرفت. تمامی اطلاعات

۵- عوامل مؤثر در ارزیابی راه‌های منطقه

فاکتورهای تأثیرگذار در نحوه تهیه پرسشنامه برای ارزیابی وضعیت راه‌های شهرستان از پرسش‌شوندگان مختلف (کارشناسان، متخصصان، رانندگان و مردم عادی) به قرار زیر هستند:

- خطرپذیری‌های جانی (ریسک‌هایی که جان افراد را مورد تهدید قرار می‌دهند)
- اختلال در عملکرد حمل و نقل عمومی و تجاری
- از بین رفتن دسترسی به مراکز اضطراری و درمانی و قطع ارتباط با مراکز مهم شهری
- عدم دسترسی به بیمارستان‌ها توسط آمبولانس‌ها
- وجود و یا فقدان مسیرهای جایگزین قابل دسترسی

۵-۱- روش امتیازدهی

روش امتیازدهی به وسیله تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، در این روش با توجه به جدول امتیازهای ۹ کمیته‌ی ساعتی (زبردست، ۱۳۸۰) می‌توانیم به معیارها و زیر معیارها امتیاز دهیم. در این طرح برای ارزش‌گذاری به معیارها نمره ۹ به بیشترین عامل خطرپذیری و نمره ۳ به کمترین عامل خطرپذیری اطلاق گردیده است. امتیاز معیارها و زیرمعیارهای استخراج شده در جدول زیر ارائه شد و سپس در نرم‌افزار GIS با تلفیق این معیارها و امتیاز آنها به خروجی‌های گرافیکی دست پیدا کردیم. این گرافیک‌ها نشان‌دهنده میزان خطرپذیری و ریسک بالا و یا ریسک پایین راه‌های اصلی شمیرانات می‌باشد.



شکل ۵- مدل رویکرد استفاده شده در پژوهش (نگارنده).

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»



شکل ۶- سلسله‌مراتب معیارها و زیرمعیارهای خطرپذیری راه‌های شمیرانات با استفاده از مدل AHP (نگارنده).

جدول ۳- امتیازدهی به معیارها و زیرمعیارها به روش سلسله‌مراتبی AHP (نگارنده).

معیار	زیرمعیار	امتیاز
کالبدی	توپوگرافی راه	امتیاز خطرپذیری راه از نظر کوهستانی بودن و تپه ماهوری بودن شماره ۹ کوهستانی و خطرپذیر و شماره ۷ تپه ماهور و خطرپذیری کمی کمتر به خود گرفت.
	عرض راه	عرض راه شماره‌های ۵ و ۷ و ۹ به خود گرفت. عرض کمتر از ۶ امتیاز ۹ و عرض ۶ الی ۱۰ امتیاز ۷ و عرض بالاتر از ۱۰ امتیاز ۵ گرفت.
	شیب راه	شیب راه شماره‌های ۵ و ۷ و ۹ به خود گرفت. شیب کمتر از ۸ امتیاز ۵ و شیب ۸ الی ۱۲ امتیاز ۷ و شیب بالاتر از ۱۲ امتیاز ۹ گرفت.
امکانات و تسهیلات خدمات‌رسانی	خطر ریزش و دره‌های عمیق	خطر ترانشه‌های بزرگ و دره‌های عمیق امتیاز خطرپذیری ۹ را به خود گرفت و بقیه مسیرها که این خطرات را نداشتند امتیاز ۷ گرفتند.
	مراکز درمانی و بهداشتی	برای مراکز درمانی حریم (بافر) ۴۰۰۰ متری تعیین گردید. سپس راه‌هایی که در محدوده بافر بودند امتیاز خطرپذیری ۳ گرفتند و هر چه از محدوده دورتر شدند امتیاز ۷ گرفتند.
	مراکز آتش‌نشانی	برای مراکز آتش‌نشانی حریم (بافر) ۴۰۰۰ متری تعیین گردید. سپس راه‌هایی که در محدوده بافر بودند امتیاز خطرپذیری ۵ گرفتند و بقیه مسیر امتیاز ۷ گرفتند.
انسانی	مجاورت با مراکز شهری	برای مراکز شهری حریم (بافر) ۵۰۰۰ متری تعیین گردید. سپس راه‌هایی که در محدوده بافر بودند امتیاز خطرپذیری ۹ گرفتند و بقیه مسیر امتیاز ۷ گرفتند.
	مجاورت با مراکز روستایی	برای مراکز روستایی حریم (بافر) ۲۰۰۰ متری تعیین گردید. همچنین بر اساس تعداد جمعیت روستا امتیازهای خطرپذیری از ۹ (پرجمعیت‌ترین) و ۳ (کم‌جمعیت‌ترین) گرفتند.
	وضعیت ترافیک راه	بر اساس میزان ترافیک (کم‌وزیاد) که از راهداری شهرستان شمیرانات اخذ گردید، امتیاز ۹ (ترافیک زیاد و خطرپذیری) و امتیاز ۷ (ترافیک کمتر و آسیب‌پذیری کمتر) کسب نمود.
ساختار راه	ظرفیت راه	بر اساس حجم ظرفیت (کم، متوسط و زیاد) که از راهداری شهرستان شمیرانات اخذ گردید، امتیاز ۹ (حجم ظرفیت کم خطرپذیری) و امتیاز ۷ (حجم ظرفیت کمی بیشتر و آسیب‌پذیری کمتر) و امتیاز ۵ (حجم ظرفیت بالا و خطرپذیری پایین) را کسب نمود.
	کاربری راه	بر طبق اطلاعات اداره کل راهداری، مسیرهای تفریحی امتیاز خطرپذیری ۷ گرفتند و مسیرهایی که کاری و تفریحی بودند به دلیل حجم بالای استفاده کننده امتیاز ۹ گرفتند.
	درجه راه	درجه راه از نظر فرعی و اصلی بودن نمره ۷ و ۹ گرفت به ترتیب خطرپذیری کم به زیاد.
طبیعی	خطر زلزله (حریم گسل)	گسل‌های شهرستان شمیرانات از نظر فعال بودن و انواع گسل طبقه‌بندی گردید. حریم ۱۰۰۰ متری به آنها داده شد. به ترتیب نوع گسل و داخل و خارج از حریم امتیاز ۹ (نزدیکی به گسل‌های فعال و خطرپذیر) تا امتیاز ۳ (دوری از گسل و خطرپذیری کم) به خود گرفتند.
	خطر سیل	نزدیکی به رودخانه‌های اصلی و پرآب خطر وقوع سیل را افزایش می‌دهد که به ترتیب از نمره ۹ تا نمره ۳ را به خود اختصاص دادند.

ادامه جدول ۳- امتیازدهی به معیارها و زیرمعیارها به روش سلسله‌مراتبی *AHP* (نگارنده).

ردیف	معیار	زیرسنجه	امتیاز
۱	توپوگرافی	کوهستانی	۹
		تپه ماهوری	۷
		کمتر از ۸ درصد	۵
۲	شیب	بین ۸ الی ۱۲ درصد	۷
		بالاتر از ۱۲ درصد	۹
		عرض کمتر از ۶ متر	۹
۳	عرض	بین ۶ الی ۱۰ متر	۷
		بالاتر از ۱۰ متر	۵
		بدون خطر دره‌های عمیق	۷
۴	خطر دره‌های عمیق	وجود دره‌های عمیق و تراشه‌های بلند	۹
		محدوده ۴۰۰۰ متری	۳
		بیشتر از محدوده	۷
۵	نزدیکی به مراکز درمانی	حریم ۴۰۰۰ متری	۵
		دور از حریم	۷
		حریم ۵۰۰۰ متری	۹
۶	نزدیکی به مراکز آتش‌نشانی	دورتر از حریم	۷
		حریم ۲۰۰۰ متری	۹
		دور از حریم	۷
۷	نزدیکی به مراکز شهری	دورتر از حریم	۷
		حریم ۲۰۰۰ متری	۹
		دور از حریم	۷
۸	نزدیکی به مراکز روستایی	دورتر از حریم	۷
		حریم ۲۰۰۰ متری	۹
		دور از حریم	۷
۹	ترافیک	ترافیک کم	۷
		ترافیک زیاد	۹
		ظرفیت کم	۹
۱۰	ظرفیت	ظرفیت متوسط	۷
		ظرفیت بالا	۵
		کاربری تفریحی	۷
۱۱	کاربری	کاربری کاری	۹
		راه اصلی	۹
		راه فرعی	۷
۱۲	درجه راه	حریم گسل اصلی ۱۰۰۰ متری	۹
		حریم گسل رورانده	۷
		دورتر از حریم گسل‌های اصلی و رورانده	۵
۱۳	خطر زلزله	مجاورت با رودخانه‌های پرآب	۹
		عدم مجاورت با رودخانه و یا رودخانه‌های اصلی	۳

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

۵-۲- امتیازدهی به معیارها و زیرمعیارها به روش سلسله‌مراتبی AHP

زیرمعیارهای انتخاب شده برای ارزیابی خطرپذیری راه‌های شمیرانات به روش AHP امتیاز داده شد. این امتیاز به جدول توصیفی در محیط GIS انتقال داده شد. سپس بعد از لایه شدن این معیارها بر همدیگر در خروجی نهایی در هم ضرب گردیدند.

۶- منطقه مورد مطالعه؛ شبکه راه شهرستان شمیرانات اقلیم

اقلیم شهرستان شمیران تحت تأثیر عوامل جغرافیایی و بیش از همه ناهمواری‌ها است که در ناهمگونی اقلیم، حجم و نوع بارش‌ها و تفاوت‌های دمایی تأثیر می‌گذارند. جهت ناهمواری‌ها و شیب دامنه‌های کوهستانی، وسعت دره‌ها و دریاچه‌های کوچک نیز در به وجود آوردن خرده اقلیم‌های محلی تأثیر بخشیده و در مجموع شرایطی بسیار متفاوت با شهر تهران در جنوب و منطقه مرطوب و پر باران پیرامون شمالی خود دارد.

۶-۲- توپوگرافی

استان تهران به علت قرار گرفتن در فرو نشست‌های ایران مرکزی و دامنه جنوبی البرز مرکزی، از نظر واحدهای مورفولوژی و ناهمواری از تنوع بسیاری برخوردار است. شهرستان شمیران با قرارگیری در قسمت‌های شمالی تهران سرزمینی است با ۹۴ درصد کوهستان که تحت تأثیر سیستم

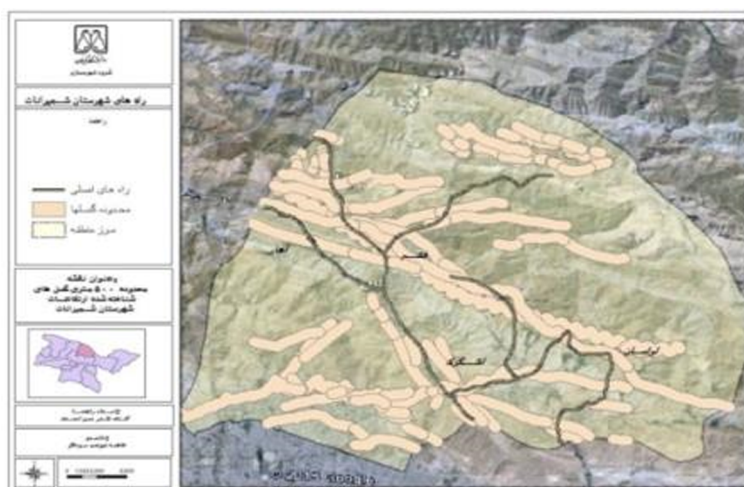
کوهزایی البرز و چین‌خوردگی‌های آن طی ادوار مختلف زمین‌شناسی شکل گرفته است (امیرعزیدی، طوبی، ۱۳۸۹).

۶-۳- گسل‌ها

در شهرستان مورد مطالعه تعدادی گسل بزرگ و کوچک امتداد دارند که از نظر لرزه‌خیزی و ایجاد مخاطرات، مطالعه آنها ضروری به نظر می‌رسد. یکی از مهم‌ترین گسل‌های این ناحیه گسل مشاء فشم می‌باشد که یکی از سیستم‌های گسلی فعال و اصلی البرز است. طول آن حدود ۴۰۰ کیلومتر بوده و در شرق به گسل شاهرود و در غرب به گسل آبیک متصل می‌شود. عبور این ساختمان گسلی از میانه شهرستان و انشعاب چندین گسل مهم و اصلی از آن، ویژگی‌ها و توان لرزه‌خیزی و روند فعالیت‌های تکتونیکی شهرستان را نشان می‌دهد. یکی از مشخصات بارز دشت‌های شمیران وجود یک خط گسل در امتداد آنهاست به‌طوری‌که امتداد گسل دامنه‌های جنوبی کوه توچال که مشاء فشم، دره‌های باز و دشت‌های لواسان و امامه را به وجود آورده است.

۶-۴- خانه‌های دوم

نواحی روستایی شمالی تهران دارای جاذبه‌های متعددی است که در چارچوب مناسبات روستایی و شهری و اثرات کلان‌شهر تهران بر نواحی روستایی، این جاذبه‌ها در چند دهه اخیر در زمینه گردشگری و به‌ویژه با ایجاد و گسترش خانه‌های دوم به‌شدت مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

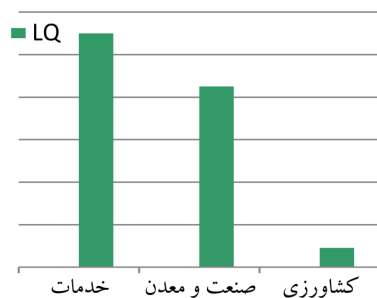


شکل ۷- وضعیت گسل‌های منطقه و بافر ۱۰۰۰ متری در اطراف آن.

میانگین استانی است برای تأمین آب و برق و گاز ساختمان‌های ساخته شده.
- نسبت شاغلان بخش صنعت (ساخت) پایین‌تر از میانگین استان می‌باشد.

۶-۶- مدل‌های تحلیل ساختار اقتصادی شهر- منطقه شمیرانات (LQ) مدل اقتصاد پایه با استفاده از ضریب مکانی

همان‌گونه که در نمودار مدل اقتصاد پایه منطقه و نمودار درصد اشتغال شکل ۸ مشاهده می‌گردد، منطقه شمیرانات یک منطقه گردشگری با پذیرش مسافران توریستی می‌باشد. اقتصاد پایه منطقه خدمات است که در بین شغل‌های خدماتی، هتل‌داری و رستوران‌داری دارای بالاترین ضریب اشتغال در منطقه می‌باشد که بیان‌گر میزان بالای تقاضا برای سفر به این منطقه می‌باشد. وضعیت سکونتگاه‌های روستایی و شهری شهرستان شمیرانات در شکل ۹ مشاهده می‌گردد.



شکل ۸- مدل اقتصاد پایه منطقه و نمودار درصد اشتغال.

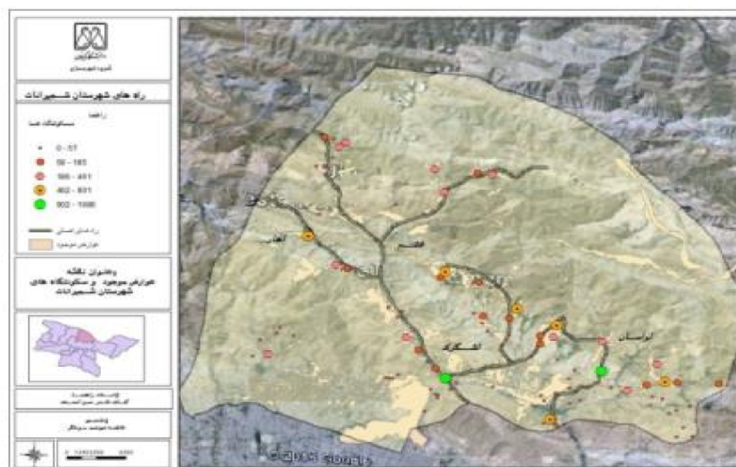
در واقع ادامه روند گسترش شمیران به‌عنوان منطقه ییلاقی در سال‌های اخیر و تغییرات روزافزون جمعیت‌های فصلی باعث بروز گسترش خانه‌های دوم گردیده است. خانه‌های دوم مساکنی هستند که به‌طور موقت و برای مدتی از سال برای مقاصد تفریحی و فراغتی استفاده می‌شود.

۶-۵- اقتصاد

بار تکفل نشان می‌دهد که هر شاغل علاوه بر خود هزینه چند نفر دیگر را نیز بر عهده دارد. طبق آمار فوق در طول ۵ سال بار تکفل کاهش یافته است. این شاخص نشان از کاهش مولید و رشد جمعیت در منطقه را می‌دهد.

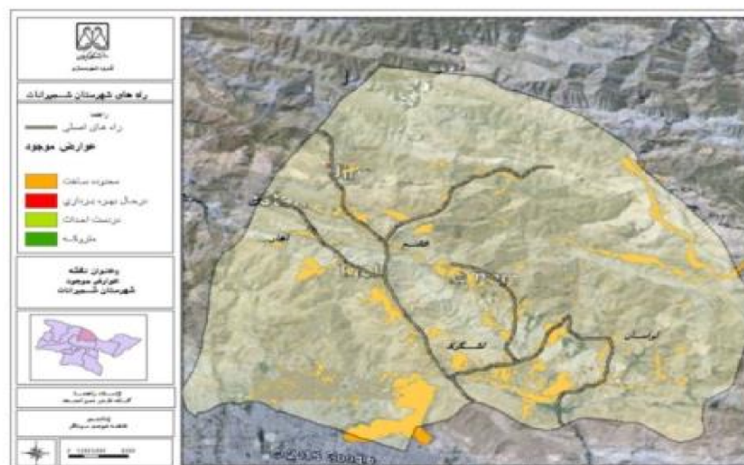
نتایج حاصل از توزیع نسبی شاغلان گروه‌های عمده فعالیت استان و شهرستان ۱۳۸۵

- نسبت شاغلان بخش هتل و رستوران نسبت به میانگین استان بالاتر می‌باشد.
- نسبت شاغلان بخش عمده‌فروشی و خرده‌فروشی، تعمیر وسایل موتوری و کالاهای شخصی و خانگی نصف میانگین استانی است. احتمال دارد ساکنان برای نیازهای خرده‌فروشی و تعمیرات به شهر تهران (تجربش) تردد نمایند.
- نسبت شاغلان ساختمان تقریباً ۳ برابر میانگین استان است. نتیجه احتمالاً ساخت‌وساز در این سال در این شهرستان بسیار بالا بوده است.
- نسبت شاغلان بخش تأمین آب و برق و گاز بالاتر از



شکل ۹- وضعیت مناطق ساخته شده و سکونتگاه‌ها در شهرستان شمیرانات.

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»



ادامه شکل ۹- وضعیت مناطق ساخته شده و سکونتگاه‌ها در شهرستان شمیرانات.

۶-۷- وضعیت گردشگری منطقه شمیرانات

بر طبق آمار در سال ۱۳۸۱ بیش از ۳۰۰ هزار نفر جمعیت شناور در ایام تعطیل به‌خصوص تابستان در منطقه ساکن هستند. به‌اصطلاح دارای خانه‌های دوم می‌باشند. (امیرعزیدی، طوبی ۱۳۸۱) این مسئله موجب افزایش تقاضای سفر و کاهش ظرفیت شبکه جاده‌ای منطقه می‌گردد. با توجه به آمار ذکر شده و به نقل از فرمانداری شمیرانات در سال ۱۳۹۳، ۳ میلیون و ۶۰۰ هزار نفر گردشگر از منطقه بازدید نموده‌اند. این رقم برای سال ۱۳۹۴، ۴ میلیون و ۸۰۰ هزار نفر و برای نوروز ۱۳۹۵، ۲ میلیون و هفتصد هزار نفر گردشگر از منطقه به ثبت رسیده است.

۶-۸- شناخت راه‌ها

الگوی محورهای شهرستان شمیرانات از نوع شاخه‌ای و خطی می‌باشد و به دو صورت محورهای اصلی و فرعی طبقه‌بندی می‌گردند. محور اصلی با تبعیت از الگوی خطی در امتداد رودخانه کشیده شده است. محورهای فرعی به‌صورت شاخه‌ای از محور اصلی جدا شده‌اند و هیچ‌گونه ارتباطی به یکدیگر ندارند. این شاخه‌ها به علت قرارگیری در بستر طبیعی ناهموار و کوهستانی دارای پیچ‌وخم بسیار هستند.

۶-۸-۱- شناخت راه‌ها

الگوی محورهای شهرستان شمیرانات از نوع شاخه‌ای و

خطی می‌باشد و به دو صورت محورهای اصلی و فرعی طبقه‌بندی می‌گردند. محور اصلی با تبعیت از الگوی خطی در امتداد رودخانه کشیده شده است. محورهای فرعی به‌صورت شاخه‌ای از محور اصلی جدا شده‌اند و هیچ‌گونه ارتباطی به یکدیگر ندارند. این شاخه‌ها به علت قرارگیری در بستر طبیعی ناهموار و کوهستانی دارای پیچ‌وخم بسیار هستند.

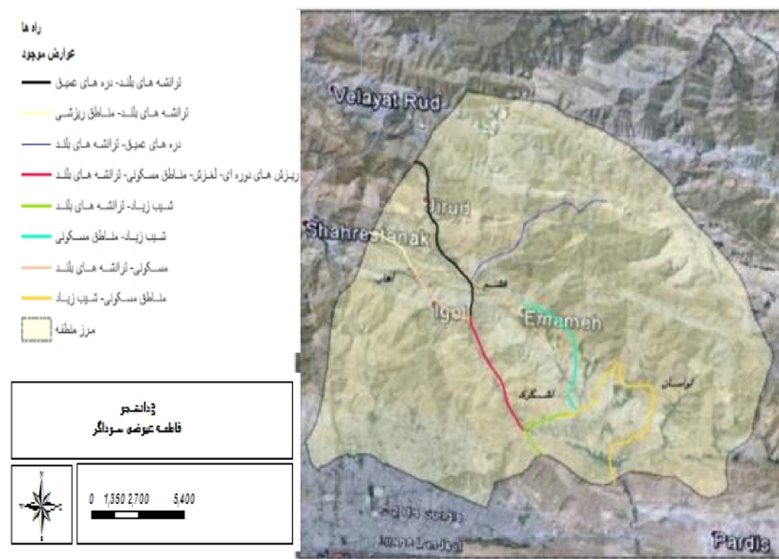
۶-۸-۲- راه‌های دسترسی به منطقه

شهرستان «شمیرانات» دارای ۶۵ کیلومتر راه اصلی است. بخش «رودبار قصران» نیز دارای ۴۱ کیلومتر جاده است که ۳۶ کیلومتر آن آسفالت و ۵ کیلومتر راه شوسه است. بخش «لواسانات» دارای ۸۴/۵ کیلومتر جاده است که از این مجموع ۶۲ کیلومتر آسفالت و ۲۲/۵ کیلومتر راه شوسه می‌باشد.

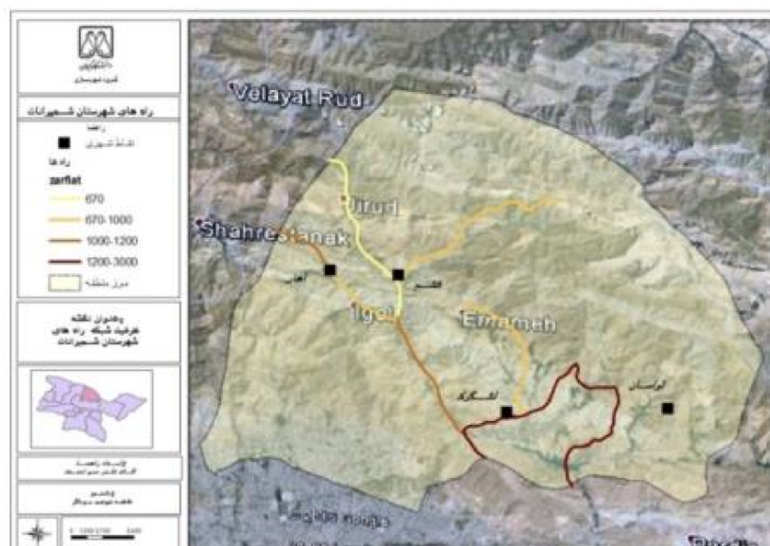
۶-۸-۳- عوارض موجود راه‌های ارتباطی شهرستان

شمیرانات بر روی نقشه

همان‌گونه که در شکل ۱۰ ملاحظه می‌گردد، جاده میدان لشکرک - لواسان دارای شیب زیاد و ترانشه‌های بلند می‌باشد. دره‌های عمیق در مسیر جاده اوشان فشم دیده می‌شود. تقریباً اکثر مسیرهای این شهرستان مشکلاتی از قبیل ریزش سنگ‌های ناپایدار، ترانشه‌های بلند، دره‌های عمیق، مجاورت با مناطق مسکونی و شیب زیاد را به دلیل شرایط طبیعی و توپوگرافی دارند.



شکل ۱۰- نقشه عوارض موجود راه‌های شهرستان شمیرانات



شکل ۱۱- ظرفیت راه‌های شهرستان شمیرانات

۸- نقشه نهایی خطرپذیری

این نقشه بیان‌گر آن است که مسیرهای با خطرپذیری بالا (رنگ سبز و زرد) باید مورد توجه برای اقدامات ایمنی و کاهش خطرپذیری (*Risk Reduction*) قرار گیرند. در واقع بر اساس تصاویر حاصل از روی هم قرار گرفتن معیارهای آسیب‌پذیری و وزن‌دهی به آنها شبکه راه شمیرانات به صورت طیف رنگ مشخص گردید که هر کدام از رنگ‌ها معنی و مفهوم خود را دارد. در مسیرهای مشخص شده با رنگ‌های زرد و سبز عمدتاً

۶-۸-۴- ظرفیت راه‌های شهرستان

در شکل ۱۱ ظرفیت راه‌های شهرستان شمیرانات، اقتباس از اداره کل راهداری شهرستان شمیرانات نمایش داده شده و به صورت طبقه‌بندی با رنگ‌های متفاوت مشاهده می‌گردد.

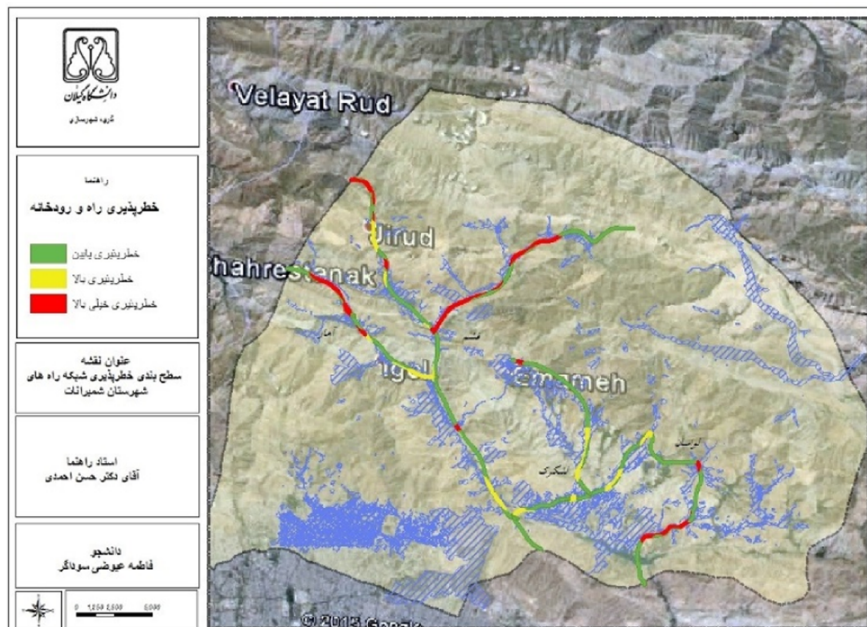
۷- نقشه‌های خطرپذیری راه

در شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ نقشه‌های خطرپذیری راه ارائه شده است.

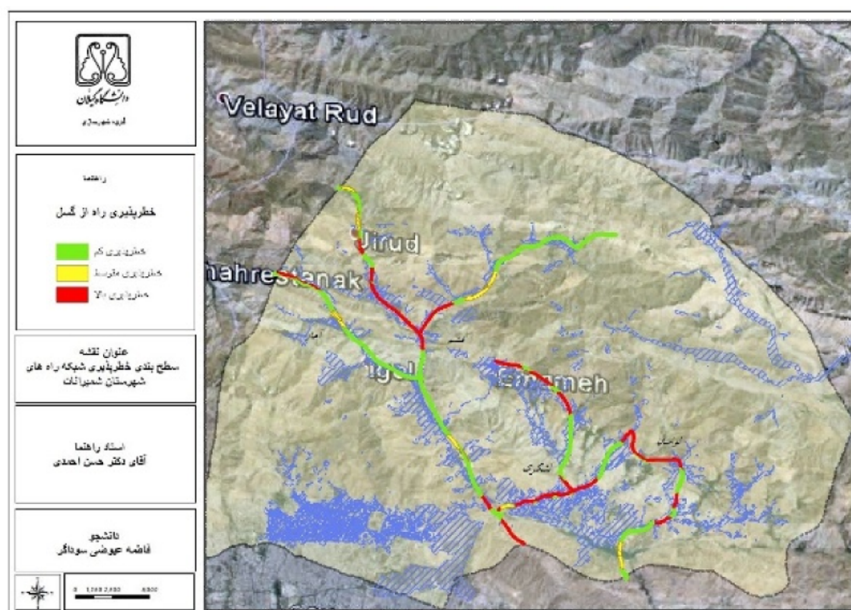
عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

مشخص شده را در اولویت‌های بعدی قرار می‌دهد. میزان خطرپذیری این مسیرهای نسبتاً کمتر از مسیرهای مشخص شده با رنگ‌های زرد و سبز می‌باشد. دلیل کاهش خطرپذیری در این مسیرها ممکن است به علت کاهش رفت‌وآمد در این مسیرها و کاهش تقاضا باشد.

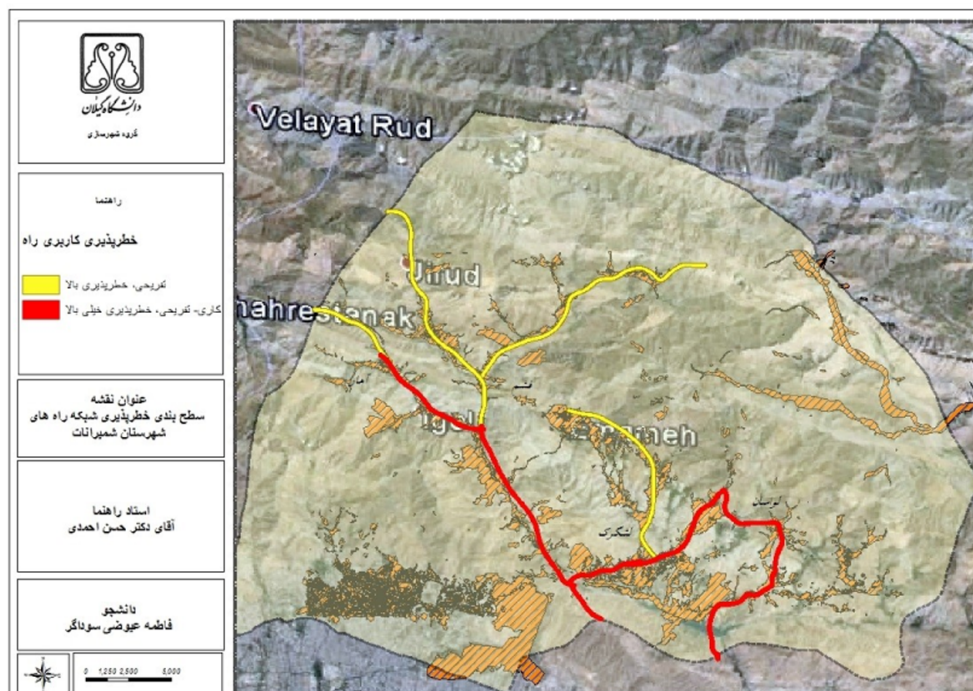
آسیب‌پذیری بالاتر می‌باشد. این آسیب‌پذیری ممکن است به دلیل باریکی مسیر جاده باشد، یا در مجاورت رودخانه و مستعد آب‌گیری و آب‌شستگی باشد و یا ممکن است مستعد ریزش و لغزش سنگ‌ها از ارتفاعات باشد. طیف رنگ‌های قرمز و نارنجی خطرپذیری مسیرهای



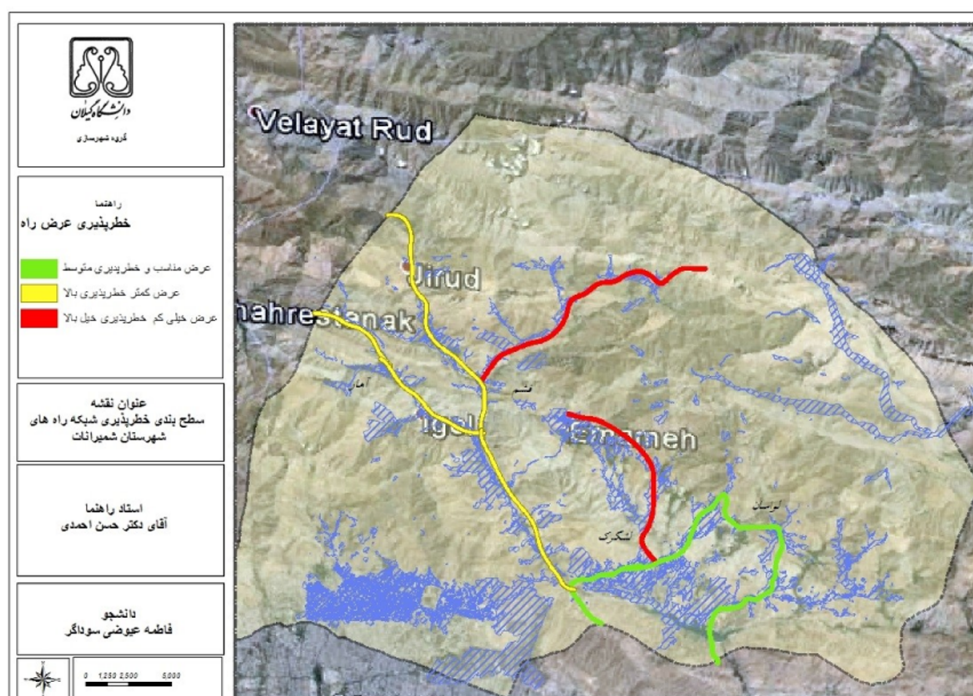
شکل ۱۲- نقشه خطرپذیری تلاقی رودخانه‌های شهرستان با شبکه راه [نگارنده].



شکل ۱۳- نقشه خطرپذیری تلاقی گسل‌های شهرستان با شبکه راه [نگارنده].

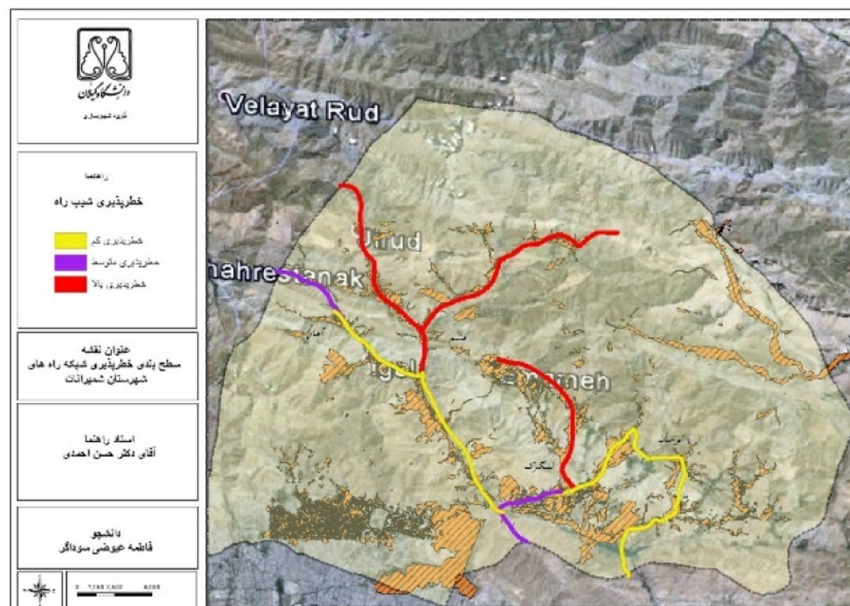


شکل ۱۴- نقشه خط‌پذیری کاربری شبکه راه منطقه [نگارنده].

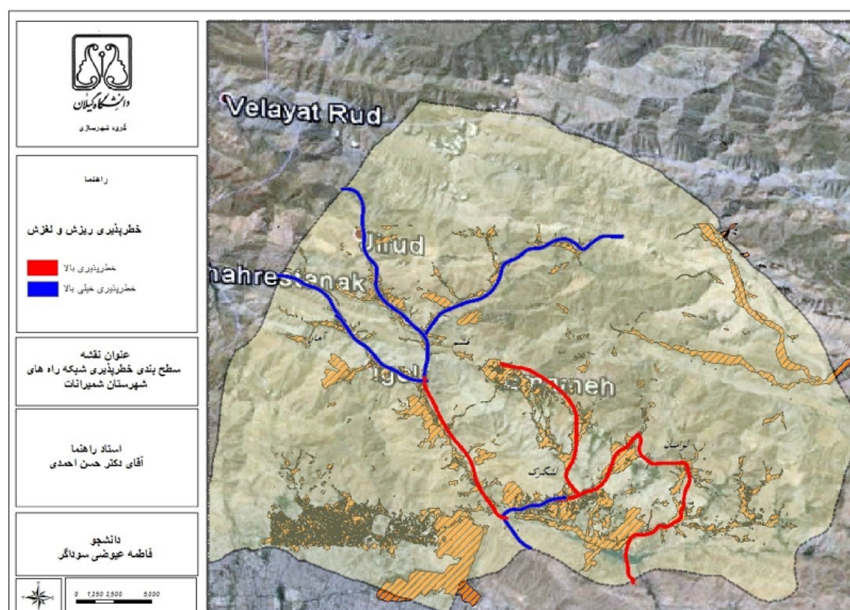


شکل ۱۵- نقشه خط‌پذیری راه و عرض راه [نگارنده].

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»



شکل ۱۶- نقشه خطرپذیری شیب شبکه راه منطقه [نگارنده].



شکل ۱۷- نقشه خطرپذیری مناطق ریزشی و لغزشی [نگارنده].

برخی معیارها بهبود یافته و یا تنزل پیدا کرده است. این عوامل به‌صورت مستقیم و یا غیر مستقیم در میزان خطرپذیری مؤثر بوده است که به‌صورت مشروح در جدول ۳ ذکر گردیده است.

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌گردد معیارهای در نظر گرفته شده برای بررسی و تعیین آسیب‌پذیری و میزان خطرپذیری راه‌ها که دارای ابعاد کالبدی، اجتماعی و زیرساختی است، در بعضی موارد بدون تغییر مانده است و در

جدول ۳- جدول روند تغییرات شاخص‌های کالبدی و اجتماعی شبکه راه در شهرستان شمیرانات

معیار	زیرمعیار	تغییر زیر معیارها	نتیجه
کالبدی	فرم راه	بدون تغییر	عدم تأثیر در ریسک
	عرض راه	بهبود یافته است	کاهش ریسک
	شیب راه	بدون تغییر	با توجه به بالا رفتن میزان سفر و تقاضا موجب افزایش مقدار ریسک
	پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای	بدون تغییر	با توجه به بالا رفتن سفر و تقاضا موجب افزایش مقدار ریسک
انسانی	گردشگران	افزایش یافته است	افزایش ریسک
	مردم محلی	کاهش جمعیت محلی و افزایش جمعیت غیرساکن	افزایش ریسک
	دسترسی جایگزین	بدون تغییر	افزایش در مقدار ریسک به دلیل افزایش بارگذاری در منطقه و افزایش تقاضا
طبیعی	خطر زلزله	بدون تغییر	افزایش در مقدار ریسک به دلیل افزایش بارگذاری در منطقه
	خطر سیل	بدون تغییر	افزایش در مقدار ریسک به دلیل افزایش بارگذاری در منطقه

یابد، به‌طور مثال میزان جمعیتی که از مسیر استفاده می‌نمایند، درجه راه (فرعی و یا اصلی بودن)، شیب راه، کاربری گردشگری راه و یا برعکس کاربری کاری و استفاده محلی راه، همه این عوامل با یکدیگر موجب تأثیر در میزان خطرپذیری و در نهایت آسیب‌پذیری شبکه راه می‌گردد.

از آنجایی که ۷۰ درصد منطقه شمیرانات کوهستانی است و راه‌ها و مسیرهای ارتباطی در ناهمواری‌ها و کنار دره‌های و رودها کشیده شده و همچنین اکثر این مسیرها شیب ۱۰ درصد به بالا را دارند، اما متوجه می‌شویم که همه مسیرها به یک میزان آسیب‌پذیر نمی‌باشند. حتی در بعضی از نقاط و مسیرها که ظاهراً شیب کمی دارند و یا به‌صورت تپه ماهوری هستند (میدان لشکرک- لواسان و یا میدان لشکرک- اوشان) میزان خطرپذیری در بالاترین سطح خود قرار دارد.

این مسئله بیان‌گر آن است که مسیرهای ذکر شده به‌عنوان خطرپذیری بالا، از عوامل دیگری تأثیر پذیرفته‌اند، به‌طور مثال مجاورت با رودخانه‌های پر آب، مواجهه با جمعیت بالای شهری، مواجهه با ریزش سنگ و ترانشه‌های بلند،

به‌طور مثال افزایش گردشگران در منطقه موجب افزایش میزان تقاضا از شبکه راه‌ها شده است. با توجه به محدودیت‌های طبیعی منطقه و عدم توسعه راه‌ها متناسب با افزایش تقاضا به‌صورت مستقیم در افزایش خطرپذیری مؤثر واقع می‌گردد؛ و یا اینکه شیب شبکه راه‌ها در این منطقه تغییر ننموده است اما با توجه با افزایش تقاضا این مسئله می‌تواند موجب کاهش عملکرد و افزایش خطرپذیری گردد.

۹- نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه شمیرانات و کوهستانی بودن آن در میزان خطرپذیری شبکه راه‌های منطقه، این تحقیق ثابت می‌نماید که وابستگی بین خطرپذیری و شرایط توپوگرافی منطقه وجود دارد، اما تنها معیار کوهستانی بودن و یا هموار بودن موجب افزایش خطرپذیری نمی‌گردد؛ بنابراین می‌توان به این نکته اشاره نمود که مجموعه‌ای از عوامل موجب می‌گردد که خطرپذیری شبکه راه کاهش و یا افزایش

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

داشتن شیب و... همه عوامل با میزان ثابتی از خطرپذیری که برای هر کدام به صورت عددی وزن گذاری و اولویت داده شده است، بر هم تأثیر می‌گذارند، برآیند این عوامل نشان می‌دهد که مسیرهایی با میزان خطرپذیری بالا و مسیرهای با میزان خطرپذیری پایین معرفی می‌گردند.

با مطالعه روند تغییرات کالبدی، اجتماعی و اقتصادی منطقه می‌توان به تغییرات افزایشی و یا کاهشی میزان خطرپذیری راه‌های شهرستان شمیرانات پی برد.

۱۰- پیشنهادها

پیشنهادهای کلی برای کاهش میزان خطرپذیری راه‌های شهرستان شمیرانات، به خصوص مسیرهایی که دارای بیشترین میزان خطرپذیری هستند می‌تواند به‌طور خاص مواردی چون؛ افزایش عرض مسیرهایی که باریک هستند زیرا در صورت ریزش و لغزش مسدود شده و کارایی آن

کاهش می‌یابد، ایجاد و توسعه زیرساخت‌های لازم برای کاهش احتمال ریزش سنگ در مسیرهایی که دارای ترانشه‌های بلند هستند. ایجاد و توسعه تجهیزات و امکانات ایمنی لازم برای کاهش سقوط خودروها به دره‌های عمیق، ایجاد و توسعه مراکز امدادی و درمانی در شبکه راه شهرستان، اتخاذ اقدامات لازم برای مقاوم‌سازی بستر مسیر شبکه راه، اتخاذ اقدامات لازم برای توزیع تقاضا به صورت مناسب در ایام و فصول مختلف سال، اتخاذ اقدامات لازم مدیریتی لازم برای افزایش ظرفیت شبکه راه، اتخاذ برنامه‌های لازم برای مقاوم‌سازی پل‌ها و تونل‌ها برای مخاطراتی چون زلزله و سیل اشاره کرد. سایر اقدامات لازم که نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر و جزئی‌تر توسط کارشناسان و متخصصین امور مدیریت حمل‌ونقل، مهندسين ایمنی راه، متخصصین مدیریت بحران، متخصصین برنامه‌ریزی منطقه‌ای و... باید مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد.

۱۱- مراجع

- [۱] امینی ورکی، سعید؛ مدیری مهدی، «شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو»، دو فصلنامه علمی پژوهشی پدافند غیرعامل، ۱۳۹۳
- [۲] بهنام سعیدی، چارچوب سندای برای کاهش خطرپذیری سوانح ۲۰۳-۲۰۱۵، پژوهشکده سوانح طبیعی، ۱۳۹۴
- [۳] مهدوی نژاد محمدجواد، جوانرودی کاوان، مقاله «آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شبکه‌های ارتباطی»، دو فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره اول بهار و تابستان، سال ۱۳۹۱
- [۴] بحرینی. ح، مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران، نقش فرم، الگو و اندازه سکونتگاه‌ها در کاهش خطرات ناشی از زلزله، ۱۳۷۸
- [۵] مطوف، جزوه درسی تجارب برنامه‌ریزی شهری دانشکده هنر و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۴
- [۶] گزارشات و نقشه‌های طرح‌های جامع و تفصیلی شهرستان شمیرانات
- [۷] گزارش‌ها، اطلاعات و نقشه‌های زیرساخت‌های حیاتی شهرستان شمیرانات
- [۸] منابع علمی و گزارشات تخصصی پژوهشکده سوانح طبیعی ایران در حوزه مدیریت بحران
- [۹] پینکوروسکی، جک؛ دستنامه مدیریت بلایای طبیعی، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۹۲
- [۱۰] آیین‌نامه ایمنی راه‌ها / تأسیسات ایمنی راه، ۱۳۸۴
- [۱۱] آیین‌نامه ایمنی راه‌ها، نشریه ۲۶۷ شماره ۱، ایمنی راه و حریم، ۱۳۸۴
- [۱۲] پروژه امکان‌سنجی مدیریت بحران شبکه حمل‌ونقل کشور، پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۳۸۴
- [۱۳] پینکوروسکی، جک؛ دستنامه مدیریت بلایای طبیعی، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۹۲
- [۱۴] غروی، بهروز، کتاب استفاده از تجارب موفق ایمنی در جهان کشور سوئد از مجموعه کتاب‌های ایمنی حمل‌ونقل، جمعیت طرفداران ایمنی راه‌ها، انتشارات کارا، ۱۳۹۴
- [۱۵] مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و تهیه سند مدیریت استراتژیک راه‌های استان تهران، وزارت راه و شهرسازی، اداره کل شهرسازی استان تهران، ۱۳۹۱
- [۱۶] نظری، عبدالحمید، مقاله «نقش دولت در توسعه شبکه ارتباطی و تأثیر آن در تحول سیستم حمل‌ونقل روستایی با تأکید بر روابط شهر و روستا در ایران».
- [۱۷] زنگنه، محمد؛ «ارزیابی و تحلیل مخاطرات و راهکارهای پدافند غیرعامل در شبکه راه‌های استان البرز با استفاده از روش‌های IHWP و SWOT» فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی دوره ۲۵، شماره ۹۸، تابستان ۹۵
- [۱۸] مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران، ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت

عوامل مؤثر بر کاهش خطرپذیری شبکه راه‌های ارتباطی در برابر مخاطرات طبیعی مطالعه موردی «شبکه راه‌های شهرستان شمیرانات استان تهران»

بشر و تهدیدات امنیتی، مترجم؛ مرتضی اردلان و فاطمه حیدری، وزارت راه و شهرسازی سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۵

[۱۹] زبردست، اسفندیار، «کاربرد فرایند سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای» مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۰، زمستان ۱۳۹۰ صفحه ۱۳

[۲۰] امیرعزیدی، طوبی، مقاله «بررسی قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدهای گردشگری در شهرستان شمیرانات»، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۱

[۲۱] ممدوحی، امیر رضا؛ مسعودی محمد مصطفی؛ ماهپور، علی‌رضا؛ پوریاری، مقصود؛ مقاله «برآورد ظرفیت راه در زمان وقوع بحران با استفاده از شبیه‌سازی گلوگاه ترافیک»، مجله مهندسی حمل‌ونقل سال چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۲

[۲۲] دانایی‌فرد، حسن. روایی و پایایی در پژوهش‌های کیفی مطالعات سازمان و مدیریت (فصل هشتم از کتاب روش‌شناسی پژوهش کیفی در مدیریت: رویکردی جامع). انتشارات صفار، چاپ دوم، ۲۷۶ صفحه، ۱۳۹۲

[۲۳] خاکی، غلامرضا، روش تحقیق با رویکردی به پایان‌نامه‌نویسی. تهران: انتشارات بازتاب، ۱۳۸۷

[۲۴] دانایی‌فرد، حسن. الوانی، سید مهدی. آذر، عادل، روش‌شناسی پژوهش کمی در مدیریت: رویکردی جامع. انتشارات اشراقی. تهران ۱۳۸۶

[۲۵] مبینی دهکردی، علی؛ مقاله «طرح‌ها و مدل‌ها در روش آمیخته»، فصلنامه راهبرد، سال بیستم، شماره ۶۰، پاییز ۱۳۹۰، ص ۲۳۴-۲۱۷

[26] ISDR Disaster Statistics, <http://www.unisdr.org>.

[27] P. Brabhaharan, L.M. Wiles & S. Freitag, Opus, 2006, International Consultants Limited, Natural Hazard Road Risk Management Part III: Performance Criteria

[28] Erica Dahiell, 1998, Risk Assessment Methods in Road Network Evaluation: A Study of the Impact of Natural Hazards on the Desert Road, New Zealand

[29] Keller, Sina, Atzl, Andreas, Mapping, June 2013, Natural Hazard Impacts on Road Infrastructure—The Extreme Precipitation in Baden-Württemberg, Germany

[30] E.A. Gencer, the Interplay Between Urban Development, Vulnerability, and Risk Management, Mediterranean Studies 7, Natural Disasters, Urban Vulnerability, and Risk Management: A Theoretical Overview

[31] Natural hazards on national roads Risk concept, Methodology for risk-based assessment, prevention and response to gravitative natural hazards on national rods

[32] Clarke, A. (2005). Situational analysis: Grounded theory after the postmodern turn. Sage.

[33] Creswell, J.W., & Miller, D.L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry. Theory into practice, 39(3), 124-130.

[34] Creswell, John, W. (2007). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.