

جغرافیا و توسعه شماره ۳۵ تابستان ۱۳۹۳

وصول مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۱۲/۱۰

صفحات: ۱۵۲-۱۳۳

ریز پهنه‌بندی خطر زلزله شهر سبزوار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS

دکتر ابوالقاسم امیراحمدی^۱، زکبه آباریکی^۲

چکیده

شهر سبزوار یکی از شهرهای کهن استان خراسان رضوی است که در حال حاضر به عنوان دومین شهر پرجمعیت استان خراسان رضوی بعد از مشهد شناخته می‌شود. طی دهه‌ی گذشته شاهد توسعه و گسترش سریع فیزیکی بوده که به ساخت و سازهای بدون ملاحظات ایمنی از نظر حوادث طبیعی از جمله زلزله و صرفاً برای پاسخ‌گویی به نیازهای سکونتی در کوتاه‌مدت انجام گرفته منجر گشته است. گسترش و توسعه‌ی شهر به سمت شمال موجب اشغال عوارض زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی پرخطر مانند گسل‌ها، تپه‌های نئوژن، کانون‌های زلزله، شیب‌های تند و رسوبات آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های جدید کواترنری شده است. در این تحقیق ابتدا مهم‌ترین عوامل مؤثر به عنوان عوامل اصلی تشدید خطر در صورت وقوع زمین‌لرزه شناسایی گشت، سپس لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از GIS ساخته شدند که شامل لایه‌های فاصله از گسل، شیب، توپوگرافی، شیب لایه‌های زمین، لیتولوژی، کاربری زمین، تراکم جمعیت و ساختمان، قدمت ساختمان و فاصله از کانون زلزله‌های تاریخی می‌باشند. در ادامه عوامل مؤثر به روش AHP وزن‌دهی گردیدند که نقشه پهنه‌بندی خطر در پنج گروه خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تهیه گردید. نقشه‌ی پهنه‌بندی تهیه شده نشان می‌دهد که در صورت بروز زلزله ۱۱ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر بسیار زیاد، ۳۷ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر زیاد، ۴۹ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر متوسط، ۶۰ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر کم، ۵۹ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر خیلی کم قرار می‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: سبزوار، پهنه‌بندی زلزله، GIS، روش AHP.

مقدمه

ساختمان زمین‌شناسی فلات ایران و حواشی آن به سیستم کمربند چین‌خورده دوران سوم زمین‌شناسی ارتباط دارد که از نظر ذخایر معدنی و اقتصادی یک عامل بالقوه و مثبت و از نظر تکامل لرزه‌خیزی یک عامل منفی می‌باشد (رضائی‌گورابی، ۱۳۷۱: ۱۰۷). کشور ما در قسمت میانی کمربند کوهزایی آلپ هیمالیا می‌باشد (فال سلیمان و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۵) و این حرکات هنوز به اتمام نرسیده و تعادل نهایی برقرار نشده است (نگارش، ۱۳۸۴: ۹۳). صفحه‌ی عربستان از جنوب غربی و هندوستان از شرق و جنوب‌شرقی و سیبری از شمال‌شرقی به ایران فشار وارد می‌کنند و مقاومت ایران در مقابل فشارهای وارده منجر به بروز گسل‌ها و شکستگی‌های متعددی شده است و فعالیت این گسل‌ها باعث گردیده که ایران از مناطق مهم زلزله‌خیز دنیا محسوب شود. انرژی ناشی از فشارها در مناطق گسلی ذخیره و پس از رها شدن به صورت امواج مخرب زلزله موجبات نابودی و تخریب شهرها را فراهم می‌سازد که زلزله‌های ایران بیشتر به خاطر فعالیت همین گسل‌هاست (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۲۱). زلزله‌های مخرب و فاجعه‌آمیز چند دهه‌ی اخیر کشور نشان داده است که ایران کشوری زلزله‌خیز است و هیچ نقطه‌ای از آن از خطر زلزله در امان نیست. از آنجا که متأسفانه برخی از شهرهای ایران در حاشیه‌ی گسل‌ها قرار گرفته‌اند و توسعه‌ی افقی و عمودی آن‌ها منجر به بروز زلزله در این‌گونه شهرها یا نواحی پیرامون آن‌ها می‌شود (نوری، ۱۳۷۶: ۲۶) تاریخچه‌ی لرزه‌خیزی ایران زمین با ۱۳۰ زلزله شدید بزرگتر از ۷ ریشتر در ۲۴ قرن گذشته به‌خصوص وقوع بیست زلزله‌ی شدید و مخرب در قرن بیستم با ۱۲۰۰۰۰ کشته و روند رو به افزایش آن در ۲۵ سال اخیر نشان‌دهنده‌ی لرزه‌خیزی و آسیب‌پذیری بالای کشور ما در برابر زلزله است (غفوری‌آشتیانی، ۱۳۷۶: ۱۶۸).

منطقه‌ی خراسان نیز به واسطه‌ی وجود گسل‌های فعال متعدد در آن از جمله مناطق مستعد زلزله در کشور به شمار می‌رود و به‌گواه زلزله‌های تاریخی آن، ویرانی‌ها و خرابی‌های ناشی از زلزله در آن زیاد بوده است (پورکرمانی، ۱۳۷۷: ۲۶) تاکنون بیش از صدها پژوهش، تحقیق و مقاله در ارتباط با زمین‌لرزه به‌وسیله‌ی مؤسسه‌ی زلزله‌شناسی، ژئوفیزیک و سازمان زمین‌شناسی کشور و غیره انجام شده که معرفی و اشاره به آن‌ها در این مقاله مقدور نمی‌باشد از جمله نقشه‌های ساینموتکتونیک، پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در ایران (پورکرمانی، ۱۳۷۷)، و تقسیم‌بندی پهنه‌بندی ایران به وسیله‌ی مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران ۱۳۶۷ و تقسیم‌بندی ایران به هفت واحد به وسیله مهندسان مشاور تهران (۱۳۷۵) می‌توان اشاره نمود اما تعدادی پژوهش در ارتباط با پهنه‌بندی زمین‌لرزه با دید ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی منطقه‌ای و علمی انجام گرفته است که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌گردد.

انجمن پژوهش‌های ملی ایتالیا پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه را با استفاده از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی طی یک پژوهش انجام داده است. در این تحقیق نکات مؤثری چون لرزش مستقیم زمین و اثرات ثانویه (لغزش یا رانش) مورد نظر بوده است. استفاده از مدل فیزیکی برای شیب و روش‌های آماری و متغیرهای مستقلی مانند زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و پارامترهای لرزه‌ای در نهایت به صورت یک نقشه ضریب خطر نمایش داده شده است (Faccili et al, 1995: 714-719). در پژوهش دیگری در منطقه‌ی پلو آلتو در سال ۱۹۹۶ خطر زمین‌لرزه و تخمین خسارات ناشی از آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی شده است. در این بررسی لایه‌های مختلفی مانند میانگین سن ساختمان‌ها (بر اساس سال ساخت)، گسل‌های اصلی، بررسی شتاب افقی

(ملکی، ۱۳۸۶: ۱۲۴-۱۱۵) اقدام به پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در استان کردستان با استفاده از GIS نموده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که این استان از نظر درجه لرزه‌خیزی به دو ناحیه شرقی و غربی قابل تقسیم است. ناحیه‌ی غربی در پهنه‌ی خطر بالا و ناحیه‌ی شرقی در پهنه‌ی خطر متوسط تا پایین قرار می‌گیرد. در مجموع از تمام مساحت استان ۲۵/۰۹ درصد در پهنه خطر بالا، ۶۳ درصد در پهنه با خطر متوسط و ۱۱/۹۱ درصد در پهنه با خطر پایین قرار می‌گیرد. شهر سبزوار از جمله شهرهای پایکوهی است که از لحاظ شرایط ناپایداری در گروه محیط‌های نیمه‌پایدار قرار می‌گیرد. با در نظر گرفتن خطر افت خاصی که در ویژگی‌های محیط‌های نیمه‌پایدار وجود دارد اگر دخالت انسان در این محیط بدون آگاهی از مکانیسم فرایندها و بدون اطلاع از ظرفیت یاد شده صورت گیرد تخریب قابل توجهی به بار خواهد آمد. در شهر مورد مطالعه به نظر می‌رسد وجود تعداد زیادی گسل در شمال شهر، شیب زیاد، وجود رسوبات نئوژن تپه‌ماهورهای شمال شهر، گسترش شهر بر روی مخروط‌افکنه و رسوبات آبرفتی دوران چهارم قدمت زیاد ساختمان‌ها و نزدیکی به کانون‌های زلزله‌های تاریخی موجب بروز شدت ناشی از آسیب‌های زلزله خواهد شد که ضرورت پرداختن این موضوع احساس می‌گردد تا به مکان‌گزینی شهر، سمت و سوی توسعه‌ی شهر در آینده و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها با معیارهای علمی توجه بیشتری شود.

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه شامل بستر شهر سبزوار و حریم طبیعی مشرف به آن می‌باشد که از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده‌ی طول جغرافیایی $30^{\circ} 37' 57''$ تا $36^{\circ} 09' 10''$ غربی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 22' 30''$ شمالی واقع شده است این شهر در

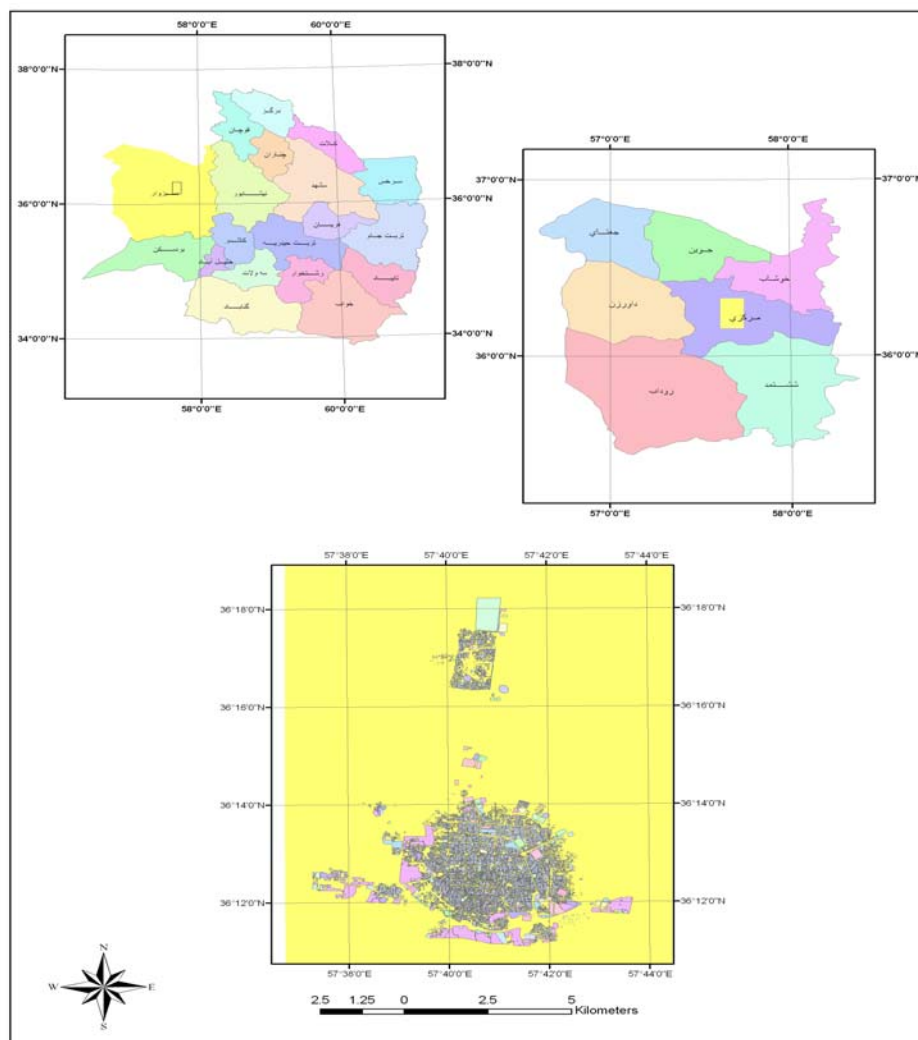
زمین هم برای سطح و هم سنگ بستر استفاده شده و در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی استخراج گردیده است (King, 1995: 325-401).

در تحقیق دیگر تهیه‌ی نقشه‌ی خطر لرزه‌ای برای یک کلان‌شهر با نواحی اطرافش با استفاده از پایگاه‌های داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در ژاپن انجام شده است. خطر لرزه‌ای در این پژوهش شامل حرکت زمین، لغزش و رانش شیب‌ها برای شهر توکیو می‌باشد که بر اساس جداولی به هر کدام از این عوامل وزن داده شده و نقشه‌های پتانسیلی تهیه شده از آن‌ها به صورت یک نقشه‌ی نهایی نمایش داده شده است (Matsuoka, 1995: 225-302).

محمودزاده (۱۳۸۶) به ارزیابی و پهنه‌بندی درجه تناسب توسعه‌ی فیزیکی شهر تبریز با استفاده از GIS پرداخته است. وی از مدل هم‌پوشانی وزن‌دار از لایه‌های خط گسله، شیب، جهت شیب، ساختار زمین‌شناسی، وضعیت کاربری اراضی و تراکم جمعیت شهر تبریز را پهنه‌بندی نموده و نتیجه گرفته است که خطر زلزله عمدتاً محلات شمالی شهر را که مناطق مسکونی، پرجمعیت و با ساختمان‌های ضعیف هستند تهدید می‌کند و کمترین خطر احتمالی متوجه مناطق صنعتی است (فرج‌زاده، ۱۳۸۵: ۷۲-۵۹) به تحلیل رفتار سازندهای زمین‌شناسی در مقابل گسلش و وقوع زمین‌لرزه در منطقه‌ی شیراز پرداخته است. در این مطالعه از لایه‌های سازندهای زمین‌شناسی، کانون‌های زلزله‌های تاریخی سده‌ی بیستم استفاده شده که نتایج مطالعه نشان می‌دهد سازند آهکی آسماری دارای حداکثر تراکم گسل خوردگی بوده و سنگ‌های آسماری تفکیک نشده دارای حداکثر طول گسل خوردگی هستند. پس از تحلیل رفتار سازندها در برابر نیروهای لرزه‌ای به هر یک از آن‌ها وزن مناسب داده شده و نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در پنج گروه بر اساس مقاومت سازندها تهیه گردیده است

مرکزی است که در قسمت شمال شرق آن قرار دارد. شهر سبزوار به لحاظ تقسیمات سیاسی دومین شهر پرجمعیت استان خراسان رضوی است.

دشتی نسبتاً مسطح و بر روی رسوبات آبرفتی دوران چهارم زمین‌شناسی با ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر موقعیت زمین‌شناسی جزیی از ایران



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

زمین‌شناسی کشور، شیت سبزوار، نقشه‌ی راهنمای شهر سبزوار در محیط GIS، مرکز پژوهشی جغرافیایی و اجتماعی دانشگاه تربیت معلم سبزوار، نقشه‌ی کاربری اراضی شهرداری سبزوار و کانون‌های زلزله، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین استفاده شد.

مواد و روش‌ها داده‌ها

برای انجام این تحقیق از نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح شیت سبزوار، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان

تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره پیشنهاد شد و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. تحلیل سلسله مراتبی AHP ساخت درخت سلسله مراتبی: درخت سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مسأله پیچیده واقعی می‌باشد که در رأس آن هدف کلی مسأله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه‌ها قرار دارند. هر چند یک قاعده ثابت و قطعی برپا رسم سلسله مراتبی وجود ندارد، تحلیل سلسله مراتبی ممکن است به یکی از صورت‌های زیر باشد.

هدف - معیارها - زیر معیارها - گزینه‌ها

هدف - معیارها - عوامل - زیر عوامل - گزینه‌ها
مقایسه‌های زوجی: با توجه به مبنای نظری این روش، هر یک از معیارها بر مبنای هدف و زیرمعیارها بر مبنای معیار سطح بالای آن‌ها باید به صورت دو به دو با هم مقایسه شوند. این مقایسه‌ها را می‌توان هم به صورت کیفی و هم به صورت کمی بر مبنای مقیاس ارائه شده توسط ساعتی در جدول زیر انجام داد.

جدول ۱: مقیاس کمی و کیفی مورد استفاده جهت مقایسه زوجی

معیارها در روش AHP

مقدار عددی	ترجیحات (فضاوت شفاهی)	
۹	Extremely preferred	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	Very strongly preferred	ترجیح بااهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	Strongly preferred	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	Equally preferred	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱		ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲، ۴، ۶، ۸		ترجیحات بین فواصل قوی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

روش معمولی برای انجام مقایسه‌های زوجی تشکیل ماتریس‌های مربعی به مرتبه تعداد معیارها یا زیر معیارهاست. برای تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی برای هر یک از گروه‌ها که دارای n معیار می‌باشد، لازم است $n(n-1)/2$ مقایسه زوجی از مرتبه n کامل

روش انجام تحقیق

بعد از ژئورفرنس (مختصات‌دار) نمودن نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، و شهر سبزوار توسط نرم‌افزار UTM CONVERSION اقدام به تهیه لایه‌های مورد نیاز به شرح زیر شد:

۱- تهیه لایه‌های اطلاعاتی طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، تراکم زهکشی و فاصله از کانون‌های زلزله‌های تاریخی از نقشه توپوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه.

۲- تهیه لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژی و فاصله از گسل از نقشه زمین‌شناسی منطقه.

۳- تهیه لایه‌های اطلاعاتی تراکم ساختمانی و جمعیت، قدمت ابنیه، کاربری اراضی از طرح جامع شهر سبزوار.

۴- وزن‌دهی کردن هر کدام از لایه‌ها، بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق گرفته است که بیشترین نقش را در شدت زلزله داشته‌اند.

۵- وزن‌دهی کردن هر کدام از عناصر موجود در هر لایه که معیار وزن‌دهی هر واحد اطلاعاتی نیز بر اساس بیشترین نقشی است که در داخل آن لایه، مؤثر در شدت زلزله می‌باشد.

۵- ترکیب لایه‌ها در Raster Calcolate در قسمت Spatial Analysis که در این مرحله نقشه‌ی نهایی تولید شد.

مدل پهنه‌بندی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است. روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (خورشیددوست و عادل، ۱۳۸۸: ۲۷). این روش ارزیابی چندمعیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ال. ساعتی برای بیان

(بارو، پی‌ای، ۱۳۷۶). با استفاده از مدل TIN پارامترهای عوارض زمین مانند شیب و جهت شیب برای هر سطح محاسبه گردیده و به عنوان توصیفات آن سطح مطابق روش ذخیره توصیفات در پلیگون‌ها، ذخیره می‌گردند (آرنوف، ۱۳۷۵). مدل رقومی استخراج شده از منحنی‌های میزان نقشه‌های NTDB نشان‌دهنده‌ی این واقعیت است که شهر سبزوار از نظر توپوگرافی، در طول توسعه‌ی فیزیکی از سمت شمال با تپه‌های رسوبی تئوژن برخورد نموده و توسعه‌ی جدید خود را در شمال این تپه‌ها و در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات جغتای (شهرک توحید) انتخاب نموده است.

لایه‌ی شیب

این لایه اطلاعات فراوانی از وضعیت توپوگرافی شهر در اختیار ما قرار می‌دهد. این لایه‌ی تولید شده نشان می‌دهد که در مناطق شمالی شهر سبزوار شیب‌های تندی وجود دارد که گسترش شهر در سال‌های اخیر به سمت شمال موجب استقرار شهر بر روی شیب‌های تند (۷-۹) و (۹-۱۱) درجه شده است. به طور کلی شیب از جنوب به شمال افزایش می‌یابد.

می‌گردد (ملکی و همکاران، ۱۳۸۸: ۶۲). محاسبه‌ی وزن در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در دو قسمت جداگانه انجام می‌گیرد:

وزن محلی (*local priority*): که به طور مستقیم از ماتریس‌های مقایسه زوجی به دست می‌آید.

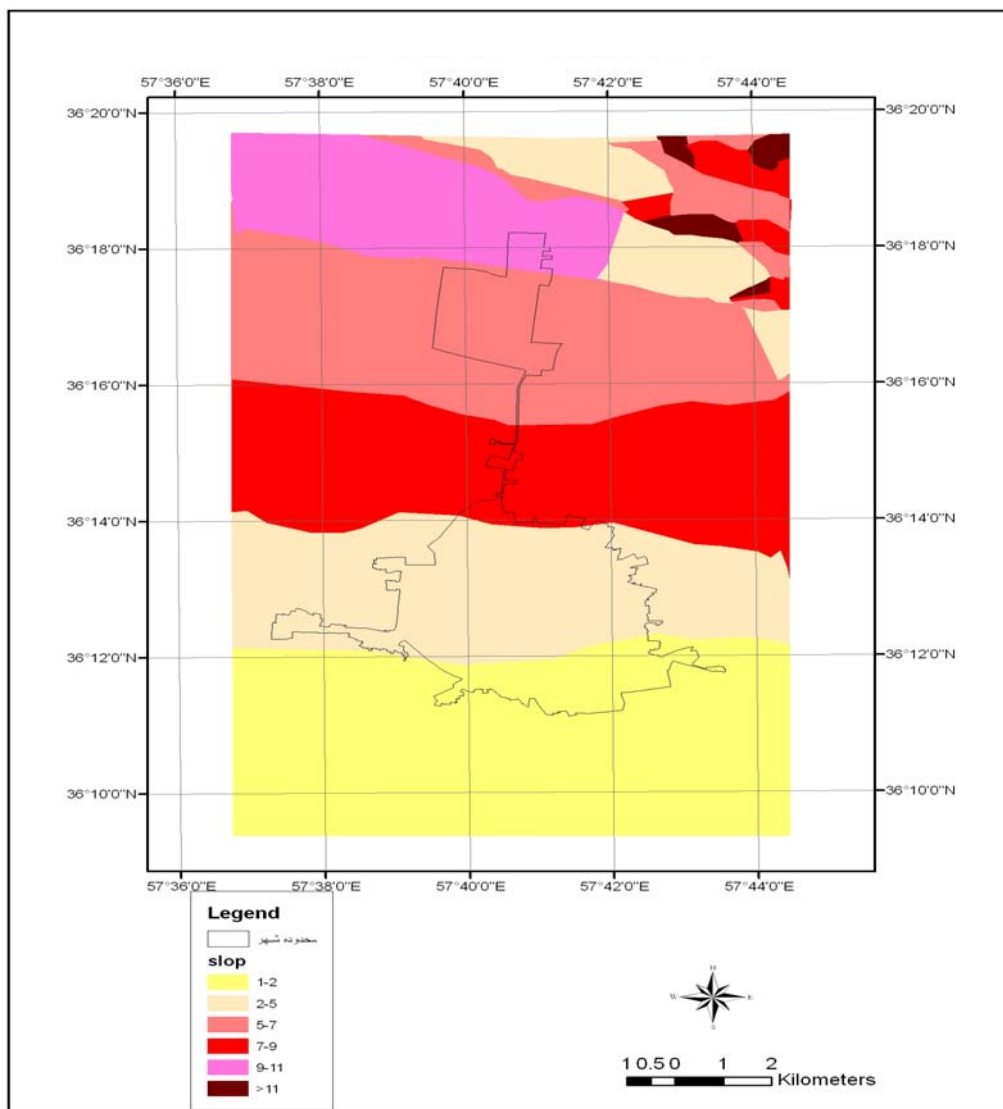
وزن نهایی (*overall priority*): که از تلفیق وزن‌های محلی محاسبه می‌گردد و نشان‌دهنده‌ی وزن کلی (نهایی) معیارها و رتبه‌ی کلی هر گزینه در میان گزینه‌ها است.

مباحث

جهت پهنه‌بندی شدت زلزله منطقه‌ی مورد مطالعه بعد از رقومی شدن نقشه‌ها در سیستم تصویر UTM مختصات‌دار شده و Data Base لازم برای آن‌ها به وجود آمد که لایه‌های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

مدل رقومی ارتفاعی DEM

داده‌های سطح زمین به شکل رقومی، معمولاً در مجموعه داده‌های رستری ارائه می‌گردند. شبکه‌ی نامنظم مثلثی یا TIN مدل داده توپولوژی، بردار نیست که برای نمایش عوارض زمین به کار می‌رود



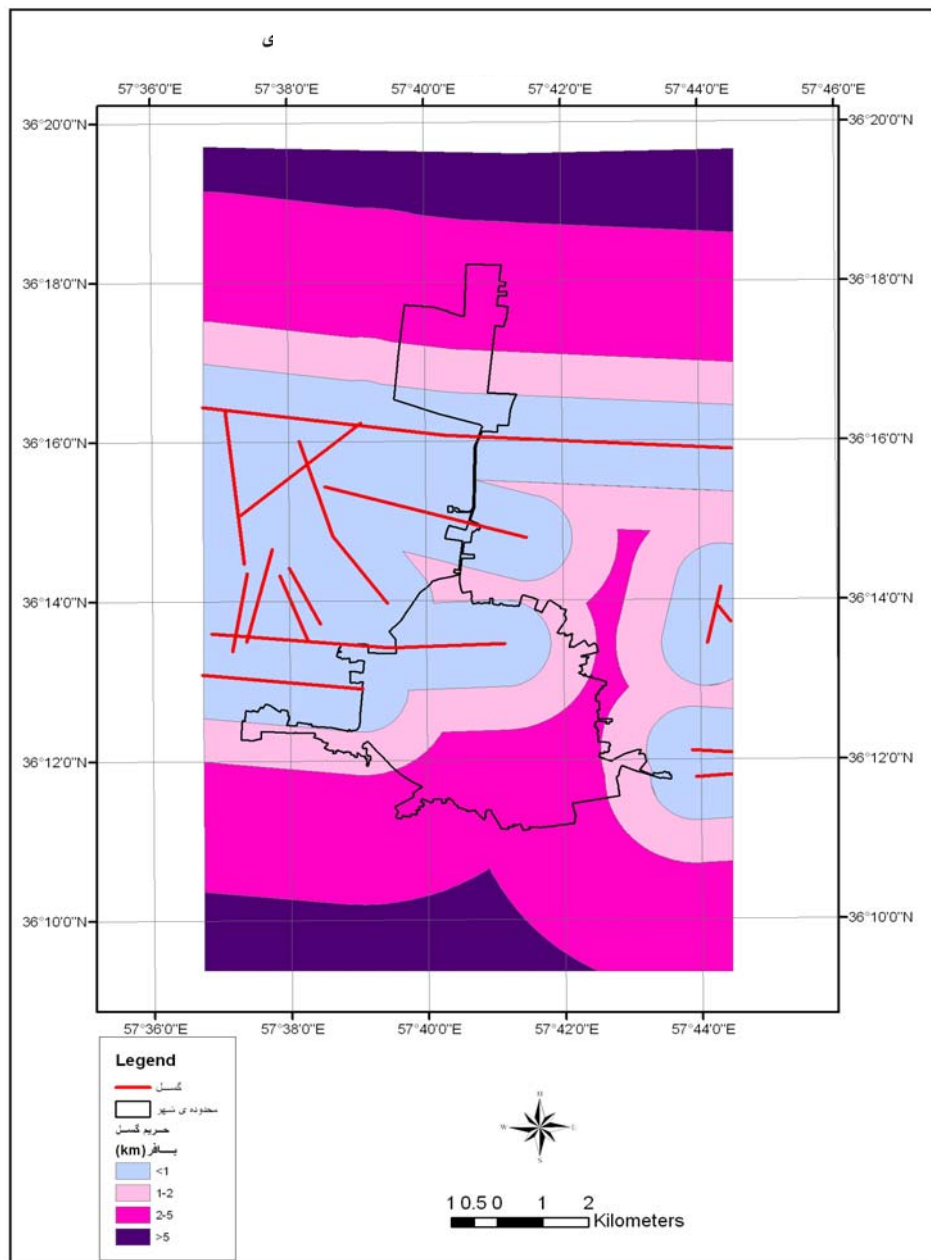
شکل ۲: نقشه شیب منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

گسترش شهر به سمت شمال در سال‌های اخیر به ویژه نزدیک شدن به گسل‌های اصلی ارتفاعات جغتای خطر بالقوه زلزله را به بالفعل تبدیل می‌نماید. چنانچه نقشه‌ی شماره ۳ نشان می‌دهد فاصله‌ی ۱-۲ کیلومتری گسل بخش وسیعی از شهر را در بر می‌گیرد و بقیه‌ی شهر در فاصله‌ی ۳-۵ کیلومتری قرار دارد.

لایه‌ی فاصله از گسل

این لایه از نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه تهیه شده که بیشترین گسل‌ها از نوع فشارشی با امتداد کلی غرب شمال‌غرب- جنوب‌شرقی است. اما گسل‌های امتداد لغز با شیب‌های تند تا نزدیک قائم نیز در جهت عمود بر گسل‌های راندگی به صورت محدودی دیده می‌شود.



شکل ۳: نقشه‌ی فاصله از گسل در منطقه‌ی مورد مطالعه

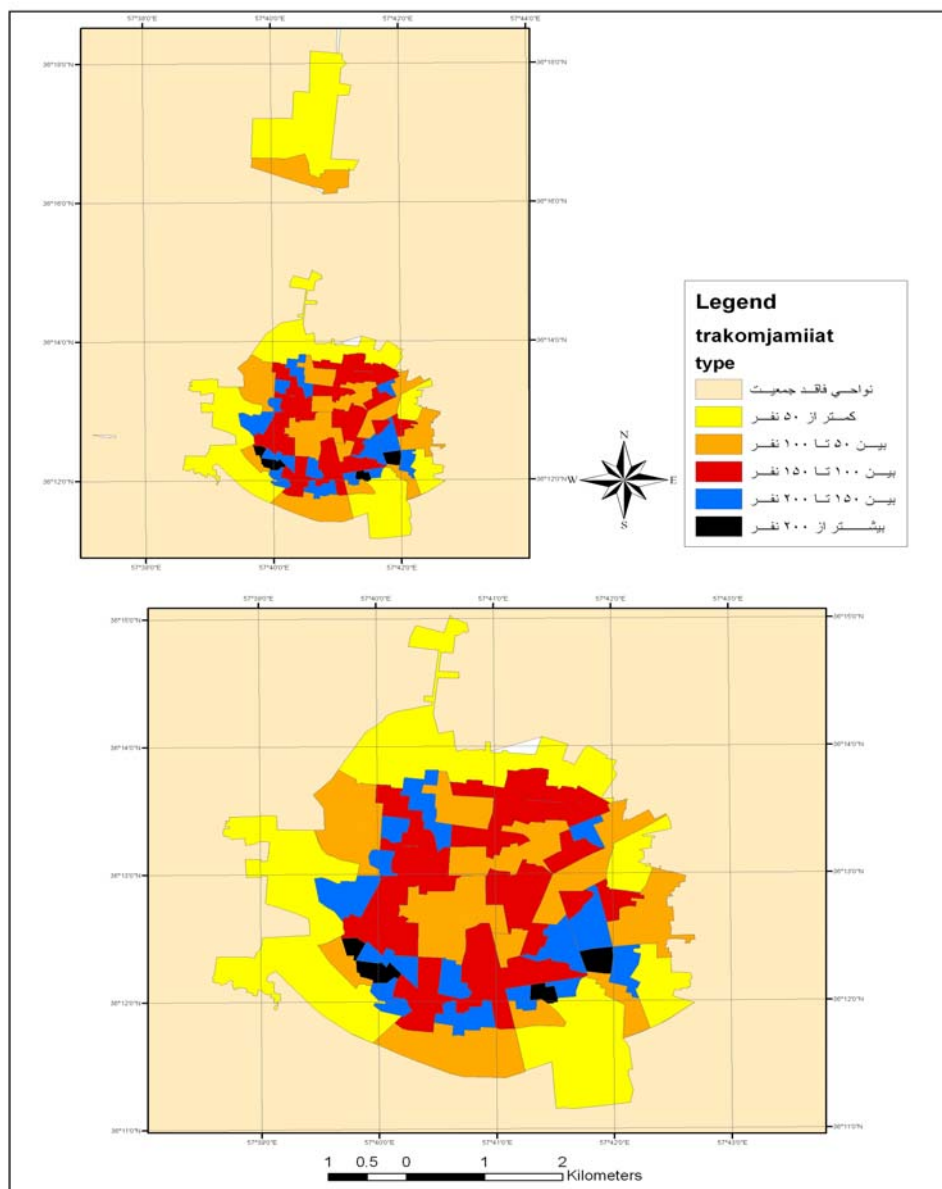
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

تغییرات کالبدی شهر تا حدی ناشی از افزایش جمعیت صورت گرفته است. این لایه که از جداول مربوط به حوزه‌های اجتماعی و یا محلات شهر محاسبه شده است، نشان‌دهنده‌ی تراکم جمعیت در مناطق جنوب

لایه‌های تراکم ساختمانی و جمعیت شهر شهر سبزوار مانند اکثر شهرهای ایران با افزایش سریع جمعیت روبرو بوده است. متوسط رشد سالیانه این شهر ۶/۳۵ درصد بوده است که توسعه‌ی فیزیکی و

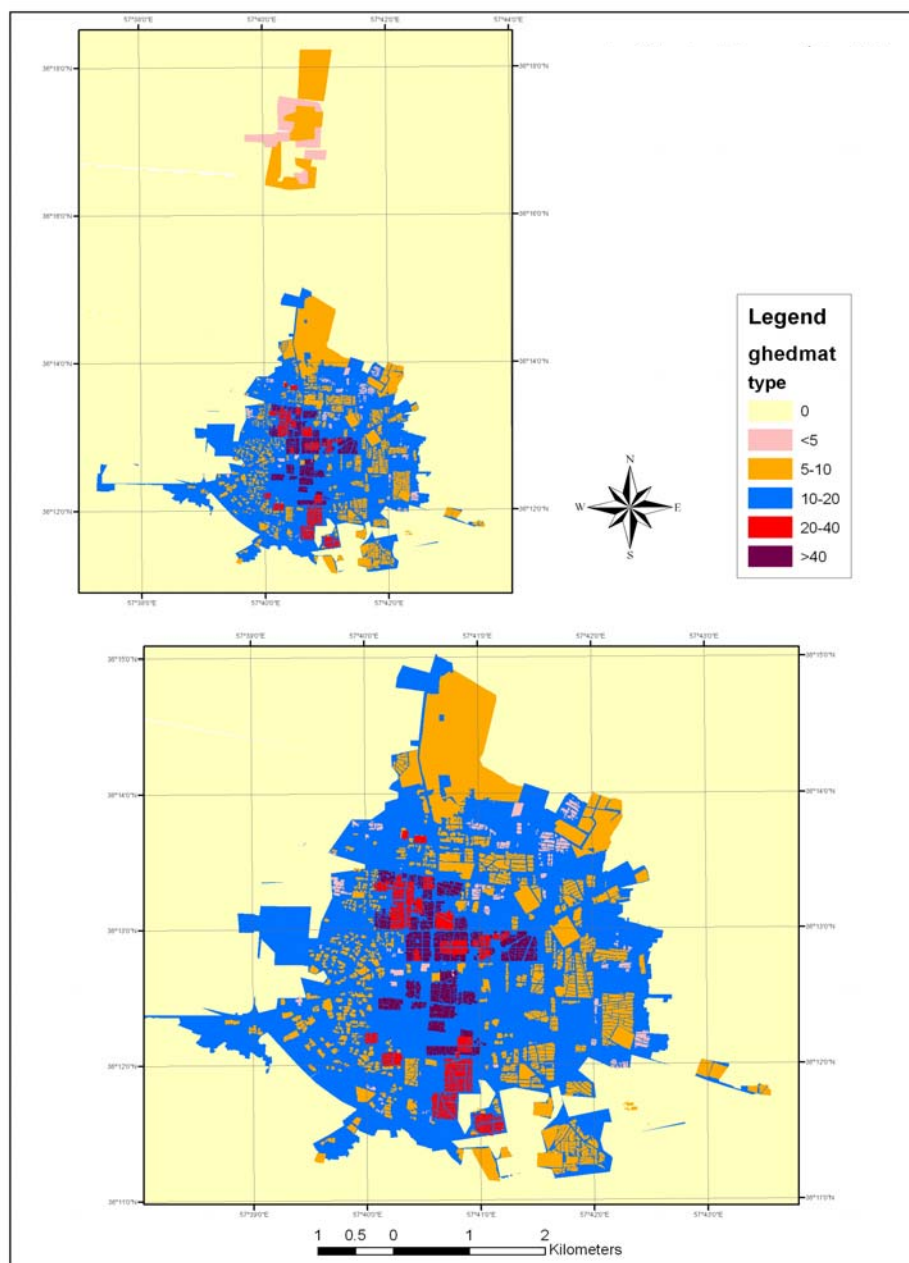
ساختمان‌های قدیم (با قدمت بیش از ۴۰ سال) ضعیف و بدون رعایت اصول مهندسی و کمی سطح معابر از معضلات عمده‌ای است که در هنگام بروز زلزله فاجعه به همراه خواهد داشت.

شرقی و غربی شهر قرار دارد که جزو مناطق حاشیه‌ای است لایه‌ی تراکم مسکونی نیز از لایه‌ی تراکم جمعیت تبعیت می‌نماید و در همان مناطق تراکم ساختمان‌ها بیشتر به چشم می‌خورد. البته تراکم



شکل ۴: نقشه‌ی تراکم جمعیت در منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۵: نقشه قدمت ابنیه در منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

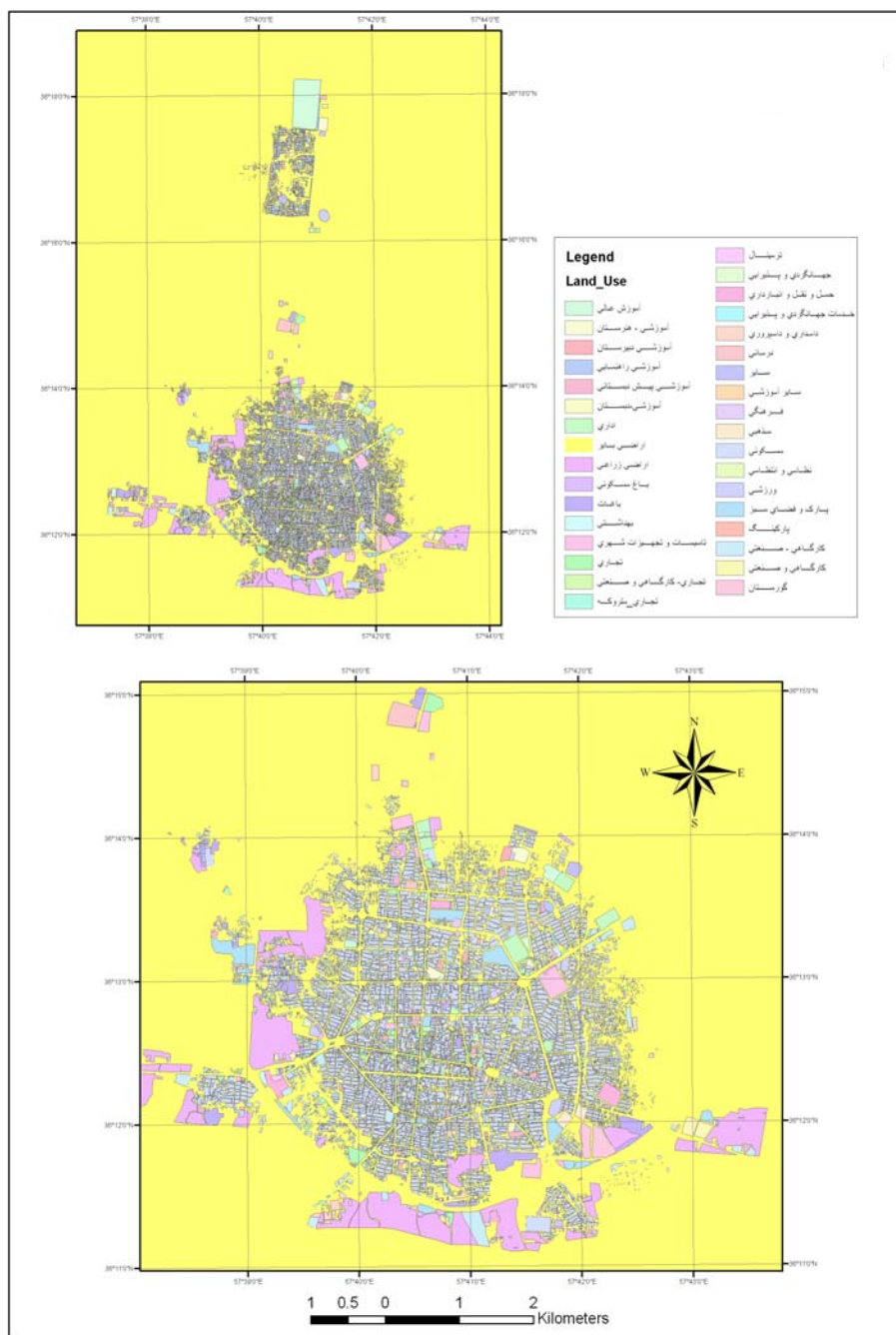
بلکه راه‌ها، پل‌ها، فرودگاه‌ها، پارک‌ها و نظایر آن‌ها مورد نظر می‌باشد از آنجایی که استحکام هر ساختمان و دوام هر نوع طرح عمرانی ارتباط نزدیکی با ساختمان و جنس و مقاومت زمین‌های زیربنای آن دارد لذا

لایه‌ی کاربری اراضی

توسعه‌ی فیزیکی شهرها همواره توأم با احداث بناهای فزاینده می‌باشد. در این رابطه نه تنها بناهای مسکونی و صنعتی و تفریحی، تجاری، خدماتی، عمرانی

نزدیک شدن مناطق صنعتی و مسکونی و دانشگاهی به رسوبات کواترنری، نتوژن و گسل‌ها کاملاً بدون برنامه بوده است.

جهت حصول اطمینان از ایمنی تأسیسات شناخت صحیح از شرایط زمین‌شناسی محلی ضروری است. کاربری اراضی شهر سبزوار نشان می‌دهد که کاربری‌ها بر اساس خصوصیات زمین صورت نگرفته است. به ویژه



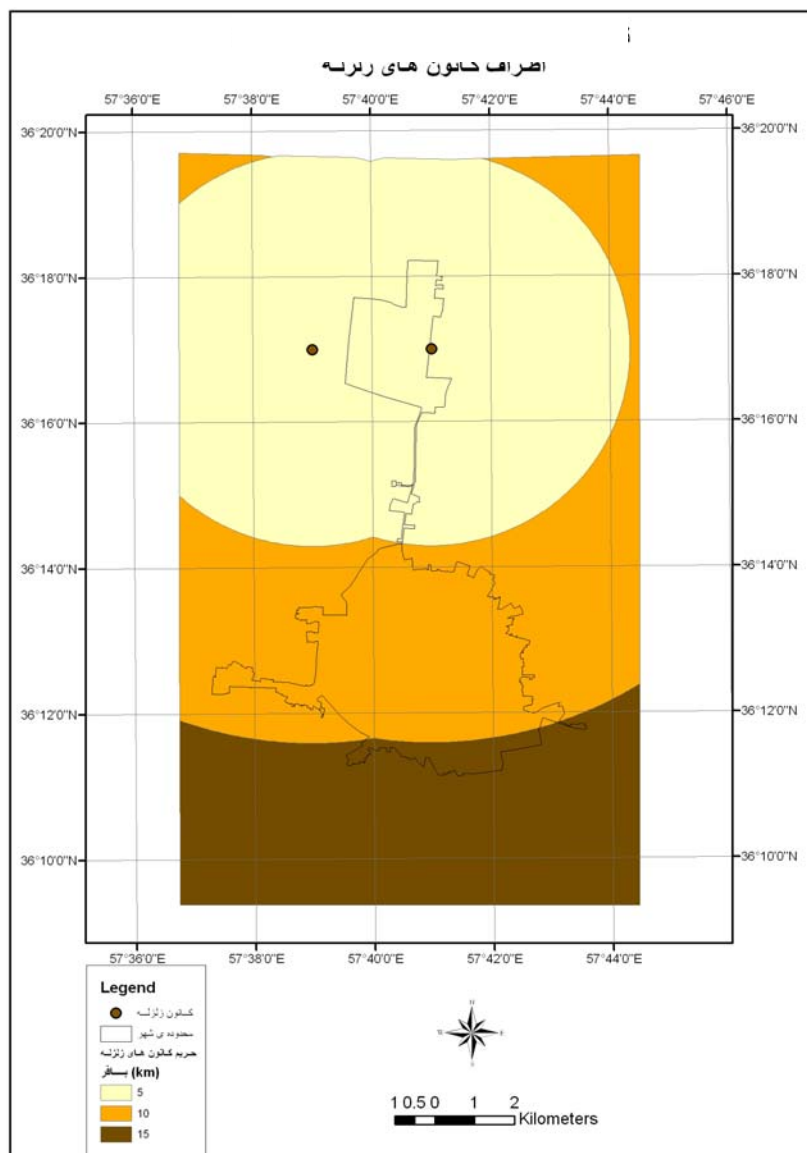
شکل ۶: نقشه کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

لایه‌ی فاصله از کانون‌های زلزله‌های تاریخی

پیشینه‌های تاریخی حکایت از آن دارد که شهر سبزووار و منطقه‌ی پیرامونی آن به دور از خطرات احتمالی زلزله‌های مخرب و ویرانگر نمی‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که در سال ۴۳۱ ه.ش زمین‌لرزه ویرانگری در سبزووار و در امتداد باغان - گرماب رخ داده

است. که پس‌لرزه‌های آن به مدت یک ماه ادامه داشته و در نتیجه آن شهر و باروی آن به ویرانه‌ای تبدیل شده است. زلزله‌های دیگری در سال‌های ۱۳۰۸ و در فاصله سال‌های ۱۳۴۰-۱۳۵۱ با بزرگی ۴ تا ۶/۹ درجه ریشتر رخ داده است. گسترش شهر سبزووار به سمت شمال نزدیکی به کانون‌های زلزله را در بر داشته است.



شکل ۷: نقشه‌ی فاصله از کانون‌های زلزله در منطقه‌ی مورد مطالعه

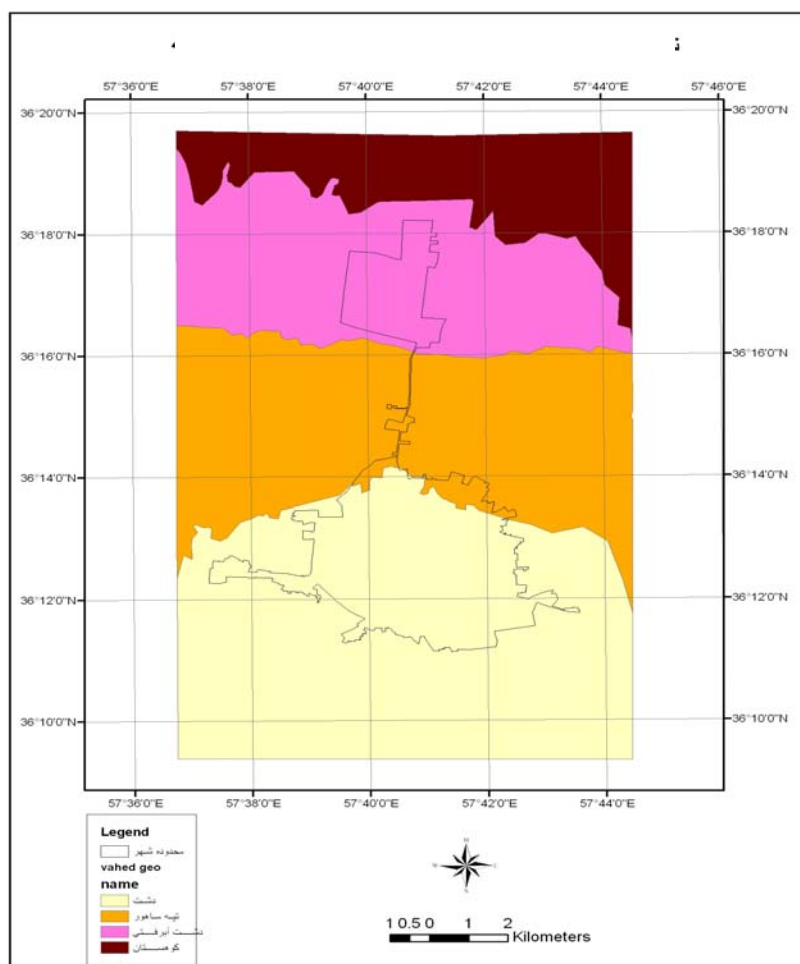
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

وقوع زلزله تشدید می‌نماید واحد دشت سر از مهم‌ترین واحدهای ژئومورفولوژی آغین منطقه است. هسته‌ی مرکزی و قدیمی شهر سبزوار بر روی این واحد مستقر شده است و آبرفت‌های موجود این مناطق از نوع آبرفت‌های قدیمی هستند که در مقابله با زلزله مقاومت بیشتری دارند و آخرین واحد پلایا که به وسیله‌ی دو عامل رسوب و جریان‌های آبی مشخص می‌گردد. رسوبات از دانه‌های ریز و ظریف و اغلب از جنس رس و سیلت تشکیل شده است که همراه با رسوبات تبخیری است. این واحد در جنوب شهر سبزوار به سمت رودخانه کالشور مشاهده می‌شود که توسعه‌ی شهر به سمت این واحد محدود گردیده است.

لایه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی

منطقه‌ی مورد مطالعه از واحدهای ژئومورفولوژی مختلفی تشکیل شده است.

واحد کوهستان شامل ارتفاعات شهر سبزوار است که شامل بخشی از رشته‌کوه‌های جغتای می‌باشد واحد تیپ تپه‌ماهورهای کم‌ارتفاع نئوژن با جهت شرقی- غربی در واحد دشتسر فرسایش قرار گرفته‌اند که این واحد در محل به نام کلوت نامیده می‌شود. این تشکیلات حاوی لایه‌هایی از مارن، رس، ژئوسپس، ایندریت و ماسه است که گاهی هالیت نیز در آن مشاهده می‌شود. هر گونه ساخت و ساز بر روی این مناطق پدیده‌ی فرونشینی و تیکسوتروپی را در هنگام



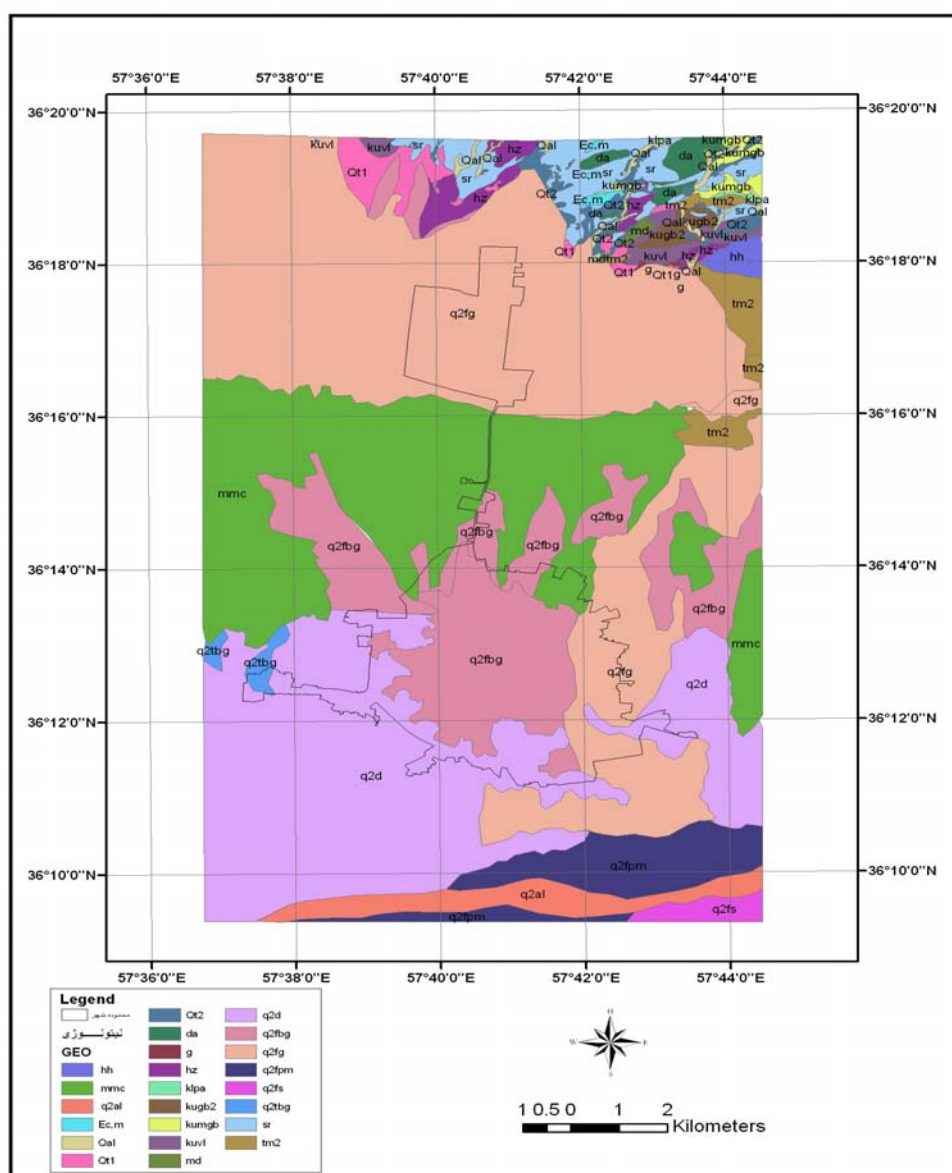
شکل ۸: نقشه واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

لایه‌ی لیتولوژی

واحد ارتفاعات جغتای از سنگ‌های دگرگونی همراه مجموعه افیولیتی تشکیل شده است که بخش عمده‌ی سنگ‌های منطقه نتیجه‌ی آتشفشان‌های دوران سوم است همچنین سنگ‌های رسوبی آئوسن که شامل کنگلومرای تیره‌رنگ همراه مارن‌های سبزرنگ به

تناوب با لایه‌های ماسه‌سنگ و گاهی با لایه‌های آهک‌دار است گسترش دارد. واحد دشت سبزواری، پیکوهها از نهشته‌های کواترنر که به‌صورت آمیزه‌ای از پاره‌سنگ، قلوه‌سنگ، شن و درصد کمی ماسه است تشکیل شده و در مرکز نهشته‌ها سیلابی، بادبزن‌های آبرفتی جوان و انباشته‌های آبرفتی متراکم شده‌اند.



وزن دهی به روش AHP و مراحل محاسباتی آن

جدول ۲: وزن نسبی ماتریس سطح ۱

وزن نسبی ماتریس سطح ۱	توپوگرافی	زمین شناسی	ژئومورفولوژی	انسانی
۰/۳۵۶	۰/۳۰۶	۰/۱۸۵	۰/۳۱۴	۰/۲۱
۰/۱۳۲	۰/۱۸۳	۰/۱۱	۰/۱۰۴	۰/۰۷
۰/۵	۰/۴۲	۰/۵۶۱	۰/۵۲۴	۰/۶۴
۰/۰۶۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۴

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

محاسبه‌ی وزن معیارها

و با توجه به جدول (مقایسه‌ی زوجی معیارها) انجام گرفت، وزن لایه‌ها نسبت به هم تعیین شد.

مرحله‌ی اول، انجام مقایسات زوجی با مقایسه‌ی دوبه‌دو عناصر ماتریس که با استفاده از نظر کارشناسان

جدول ۳: ماتریس سطح ۲

ژئومورفولوژی	واحد‌های اراضی	کاربری اراضی	فاصله از گسل	قدمت ابنیه	کانون زلزله فاصله از	جهت لایه	جمعیت تراکم	شیب	لیتولوژی
۳	۵	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۲	۲	۱	لیتولوژی
۲	۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱	۱	۱	۱/۲	شیب
۳	۴	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱	۱	۱/۲	تراکم جمعیت
۲	۲	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱	۱	۱/۲	جهت لایه
۴	۵	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱	۳	۲	۱	فاصله از کانون زلزله
۵	۷	۱/۳	۱/۳	۱	۳	۳	۳	۲	قدمت ابنیه
۵	۷	۱	۱	۳	۳	۳	۵	۳	فاصله از گسل
۱/۳	۱	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۴	۱/۳	کاربری اراضی
۱	۳	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱/۲	واحد‌های ژئومورفولوژی
۲۵/۵۳	۳۸/۳۳	۳/۴۷	۳/۴۷	۶/۴۵	۹/۷۵	۱۵/۰۳	۱۵/۷۸	۱۴/۰۳	مجموع

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۴: وزن نسبی ماتریس سطح ۲

لیتولوژی	شیب	جمعیت تراکم	جهت لایه	فاصله از کانون زلزله	قدمت ابنیه	فاصله از گسل	کاربری اراضی	ژئومورفولوژی	واحد‌های اراضی
۰/۱۱۸	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۱	لیتولوژی
۰/۰۶۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۷	شیب
۰/۰۵۹	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳۱	۰/۰۱	۰/۱۱	تراکم جمعیت
۰/۰۶۵	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۲	جهت لایه
۰/۱۱۶	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۵	فاصله از کانون زلزله
۰/۱۸۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۳	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۱۹	قدمت ابنیه
۰/۲۵۲	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۱۸	۰/۱۹	فاصله از گسل
۰/۰۲۳	۰/۰۱۲	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱۲	کاربری اراضی
۰/۰۳۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲	۰/۰۳	واحد‌های ژئومورفولوژی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۵: ماتریس سطح ۳

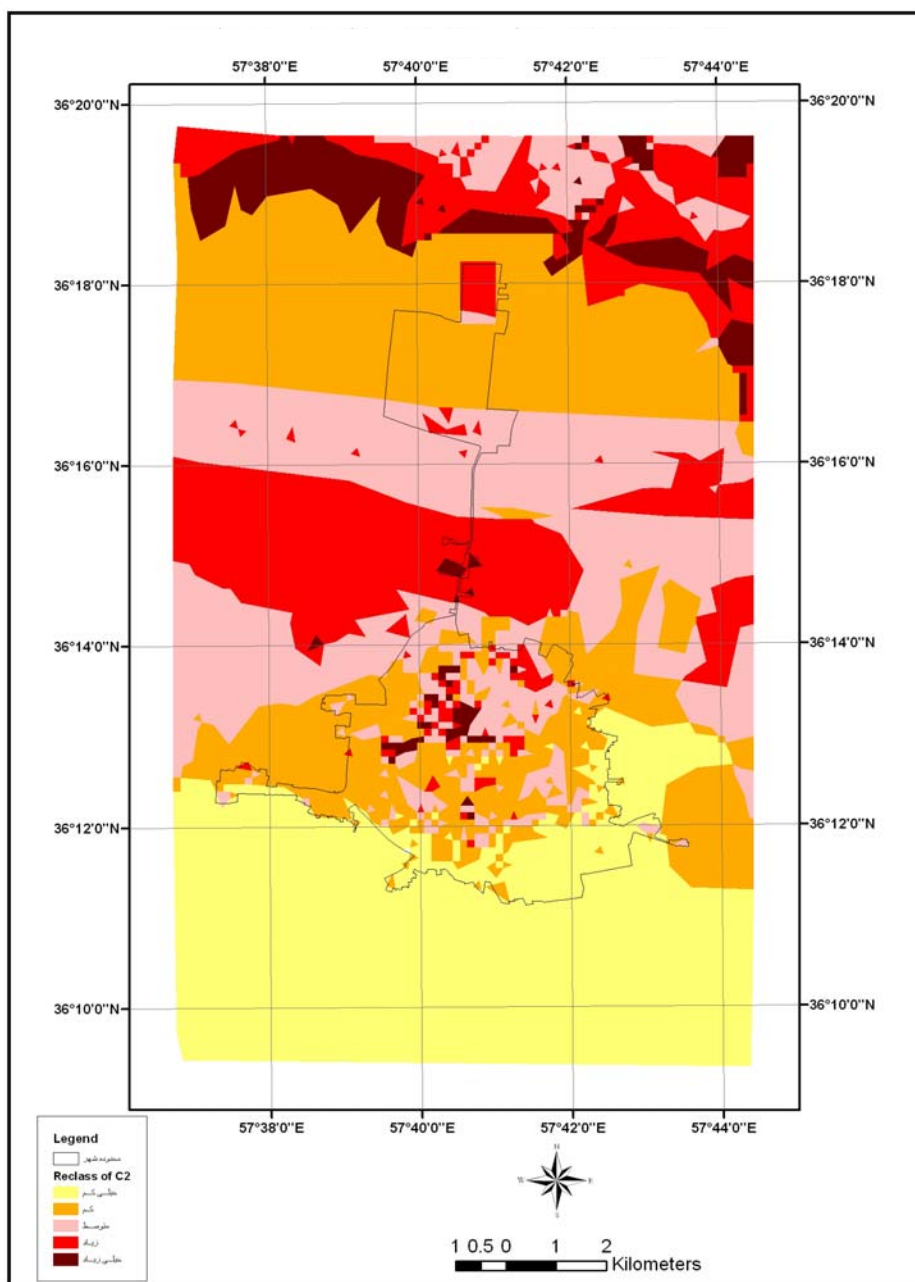
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۹	۷	۵	خیلی زیاد
۷	۵	۱	زیاد
۵	۱	۰/۱	متوسط
۱	۱/۰	۱/۷	کم
۲۲	۱۳/۲	۶/۳۴	مجموع

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۶: وزن نسبی: ماتریس سطح ۳

سطح ۱ عوامل	وزن نسبی سطح ۱ عوامل	سطح ۲ عوامل	وزن نسبی سطح ۲ عوامل	وزن نسبی عوامل	وزن نسبی		
انسانی	۰/۲۵۶	تراکم جمعیت	۰/۰۵۹	کم	۰/۰۳۵		
				متوسط	۰/۱		
				زیاد	۰/۲۳		
				خیلی زیاد	۰/۵۸		
ژئومورفولوژی	۰/۱۳۲	واحد‌های ژئومورفولوژی	۰/۰۳۴	کم	۰/۰۳۵		
				متوسط	۰/۱		
				زیاد	۰/۲۳		
				خیلی زیاد	۰/۵۸		
زمین‌شناسی	۰/۵	فاصله از گسل	۰/۲۵۲	کم	۰/۰۳۵		
				متوسط	۰/۱		
				زیاد	۰/۲۳		
				خیلی زیاد	۰/۵۸		
		جهت لایه	۰/۰۶۵	فاصله از کانون زلزله	۰/۱۱۶	کم	۰/۰۳۵
						متوسط	۰/۱
						زیاد	۰/۲۳
						خیلی زیاد	۰/۵۸
		توپوگرافی	۰/۰۶۴	شیب	۰/۰۶۷	کم	۰/۰۳۵
						متوسط	۰/۱
						زیاد	۰/۲۳
						خیلی زیاد	۰/۵۸

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۱۰: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زلزله شهر سبزوار

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

نتیجه

سفید (توحیدشهر)، ساخت و سازهای شهرداری بر روی تپه‌های رسوبی نئوزن (مارن، گچ، رس، نمک) و رشد جمعیت شهر سبزوار در سال‌های اخیر باعث شده است تا در انتخاب زمین برای ساخت مسکن برخی

گسترش افقی شهر سبزوار به سمت شمال، نزدیک شدن به دامنه‌های جنوبی ارتفاعات جغتای (نزدیک شدن به گسل‌های مهم) و اشغال مخروط‌افکنه سنگ

منابع

- استانداردها رعایت نشود از جمله عواملی هستند که در صورت بروز زلزله در این شهر خسارات وارده را افزایش خواهد داد.
- در این پژوهش که هدف آن تجمیع لایه‌های اطلاعاتی مختلف برای نشان دادن توسعه‌ی فیزیکی شهر سبزوار به طرف گسل‌ها، شیب‌های تند، رسوبات آبرفتی کواترنری و کاربرد مدل AHP در پهنه‌بندی شهر به مناطق پرخطر تا کم‌خطر بود، ابتدا مهم‌ترین عوامل مؤثر به عنوان عوامل اصلی تشدید خطر در صورت وقوع زمین‌لرزه شناسایی شدند، سپس لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از GIS ساخته شدند که شامل لایه‌های فاصله از گسل، شیب، توپوگرافی، شیب لایه‌های زمین، لیتولوژی، کاربری زمین، تراکم جمعیت و ساختمان، قدمت ساختمان و فاصله از کانون زلزله‌های تاریخی می‌باشند. در ادامه عوامل مؤثر به روش AHP وزن‌دهی گردیدند که نقشه پهنه‌بندی خطر در پنج گروه خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تهیه گردید. نقشه پهنه‌بندی تهیه شده نشان می‌دهد که در صورت بروز زلزله ۱۱ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر بسیار زیاد، ۳۷ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر زیاد، ۴۹ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر متوسط، ۶۰ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر کم، ۵۹ کیلومتر مربع از وسعت شهر در پهنه خطر خیلی کم قرار می‌گیرند. پیشنهاد می‌شود هر گونه برنامه‌ریزی و کاربری زمین در شهر سبزوار در آینده بر اساس نقشه تهیه شده انجام گیرد تا در صورت بروز زلزله خسارات به حداقل ممکن برسد و مسؤولان نسبت به مقاوم‌سازی و بهسازی مناطق پرخطر اقدام نمایند.
- استن آرئوف (۱۳۷۵). مدیریت سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترجمه سازمان نقشه‌برداری کشور.
- بارو، پی‌ای (۱۳۷۶). سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترجمه‌ی حسن طاهرکیا. انتشارات سمت.
- پورکرمانی، محسن (۱۳۷۷). لرزه‌خیزی ایران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- رضانی‌گورابی، بهمن (۱۳۷۱). بررسی ابعاد جغرافیایی زلزله ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ گیلان، مجموعه مقالات هشتمین کنگره جغرافیدانان ایران. جلد اول (طبیعی). انتشارات دانشگاه اصفهان.
- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی ایران، جلد اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- خورشیددوست، علی‌محمد؛ زهرا عادل (۱۳۸۸). استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای یافتن مکان بهینه دفن زباله (مطالعه موردی: شهر بناب)، مجله محیط‌شناسی. سال سی و پنجم. شماره ۵۰.
- صادقی، سیدمحمود؛ فتح‌الله غیور (۱۳۸۲). کاربردهای مشترک GPS و GIS در Arcvive همراه با مدل‌سازی، انتشارات فرات.
- غفوری‌آشتیانی، محسن (۱۳۷۶). لرزه‌خیزی و خطر زلزله در ایران، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بلایای طبیعی. تهران.
- فال‌سلیمان، محمود؛ محمدحجی‌پور؛ کمال جمشیدی (۱۳۹۱). آسیب‌پذیری عناصر کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در مناطق زلزله‌خیز (نمونه: شهرستان‌های قاینات و زیرکوه)، مجله آمایش جغرافیایی فضا. سال دوم. شماره ششم.
- فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۸۵). پهنه‌بندی حساسیت‌تشکیلات زمین‌شناسی در مقابل نیروهای زلزله در منطقه شیراز با استفاده از GIS، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۵.
- محمودزاده، حسن (۱۳۸۶). ارزیابی و پهنه‌بندی درجه تناسب فیزیکی شهر تبریز با استفاده از GIS، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان شرقی.

- نقشه راهنمای شهر سبزوار در محیط GIS. (۱۳۸۸). مرکز پژوهشی جغرافیایی و اجتماعی دانشگاه تربیت معلم سبزوار.
- نگارش، حسین (۱۳۸۴). زلزله، شهرها و گسل‌ها، پژوهش‌های جغرافیایی. تابستان ۱۳۸۴. ۳۷(۵۲)،
- نوری، زهرا (۱۳۷۶). بررسی خواص دینامیکی زلزله‌های ایران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- Faccili Ezio, Anderightetto Roberto, Pessina Vera (1995). Seismic Risk Zonation And Earthquake Scenarios Using GIS Tecnology Proceeding of Engineering, Spain.
- King Stephanie A, Kiremdndgian Anne (1995). law lincho, Basoz Nersini, Earthquake Damage and loos Estimation through Gis, proceeding of Earthquake Engineering Spain.
- Matsuoka Masashi, Midorikawa Saburoh, b (1995). GIS Based Integrated Seismic Hazord Mapping For large Metropolitan Area, Proceeding of Engineering, Spain.
- ملکی، امجد (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و اولویت‌بندی بهسازی مساکن در استان کردستان، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۹.
- ملکی، امجد؛ همایون حسادی؛ پروین نادریان (۱۳۸۸). مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آبخوان حوضه آبریز مرگ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال بیست و چهارم. شماره ۱ پیاپی ۹۲.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- نقشه گسل‌های فعال ایران (۱۳۸۲). خالد حسامی، فرشاد جمالی، ادی طبسی، انیستیتو بین‌المللی مهندسی زلزله.
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، شیت‌های سبزوار.
- نقشه طرح جامع شهر سبزوار، شهرداری سبزوار.