

پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در حوزه‌ی شهری نورآباد ممسنی فارس برای مدیریت بحران شبکه‌ی گاز، با استفاده از مدل AHP در محیط GIS

سیده الهه منصوریان، کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان
سید علی الحسینی المدرسی*، دکتری ژئومورفولوژی، دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه آزاد اسلامی یزد،
Almodaresi@iauyazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱

چکیده

رفتار خطوط لوله‌های گاز در زلزله‌های گذشته نشان‌دهنده‌ی آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر زلزله است. بر این اساس پهنه‌بندی مناطق از نظر میزان خطرپذیری زلزله و شناسایی این مناطق خطر و مقاوم‌سازی این خطوط در برابر زلزله مخصوصاً در مناطق لرزه‌خیز با خطر بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با استفاده از مدل AHP و با به‌کارگیری نرم‌افزارهای ArcGIS و Expert Choice به پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در منطقه‌ی مورد مطالعه و بررسی موقعیت خطوط لوله‌ی گاز در پهنه‌های خطر می‌پردازد. معیارهای مؤثر در محاسبه‌ی خطرپذیری عبارت‌اند از: لیتولوژی، شیب، فاصله از گسل، فاصله از کانون زلزله، لایه‌ی ارتفاع که پس از وزن‌دهی در محیط GIS، تلفیق گردیده و منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر میزان خطر زلزله به چهار منطقه پهنه‌بندی شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در شهرستان ممسنی به ترتیب ۹، ۴۵، ۳۰ و ۱۶ درصد از منطقه‌ی مورد مطالعه در طبقه‌ی خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است و شهر نورآباد به ترتیب ۳۲، ۶۷، ۱ درصد در منطقه‌ی خطر متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار می‌گیرد. انطباق لایه‌ی خطوط لوله‌ی گاز نورآباد با نقشه‌ی پهنه‌بندی نتایج نشان داد که ۶۱ درصد از خط لوله‌ها در پهنه‌ی با خطر متوسط و ۳۹ درصد در پهنه‌ی خطر زیاد قرار می‌گیرد.
واژه‌های کلیدی: زلزله، بحران، شبکه‌ی خطوط گاز، پهنه‌بندی، GIS، AHP

۸۱

شماره دوازدهم
بایروزمستان
۱۳۹۶

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



Zoning the potential risk of an earthquake in the Mamasani district (Nourabad) of Fars province, Iran, for Gas network crisis management based on the AHP model using the ArcGIS software

Elaheh Mansoorian^{1*}, S.Ali Almodaresi²

Abstract

The behavior of gas pipelines in previous earthquakes indicates their vulnerability against earthquake. Accordingly, zoning and identifying of areas in terms of earthquake risk, and strengthening the lines under seismic risk, particularly in areas with high seismic risk is very important. The aim of this study is to identify risk map of earthquakes prepared by the AHP method and the ArcGIS and Expert Choice software. Thus, the effective criteria such as geological formation, slope, distance to fault, distances from the epicenter of the earthquake are defined and combined as layers in ArcGIS into four zones of earthquake risk. The results indicated that the use of AHP model in Mamasani, 9, 45, 30 and 16% of the areas were respectively classified as low risk, medium, high and very high. In Nourabad city, based on the AHP model, 32, 67, 1% were in the medium, high and very high-risk area respectively. Moreover, the results showed that the method of AHP, indicated that 61 percent of the pipelines were in the zone with medium risk, and those in the high-risk zone was 39%.

Key words: Earthquake, Crises, Vital gas pipelines, Zoning, GIS, AHP.

¹ MSc. Remote Sensing and GIS, College of Engineering, Islamic Azad University, Larestan Branch, Fars, Iran; Email: Almodaresi@iauyazd.ac.ir

² PhD Geomorphology, Associate Professor, Department of Remote Sensing and GIS, College of Engineering, Islamic Azad University, Yazd Branch, Yazd, Iran

در معرض خطر زمین لرزه قرار دارد و ۹۰ درصد از جمعیت کشور در این مناطق زندگی می‌کنند.

استان فارس یکی از کانون‌های مهم زلزله‌خیز در ایران است. به دلیل قرار گرفتن استان فارس روی کمربند لرزه‌خیزی زاگرس ۲۰ درصد از زلزله‌های کشور در این استان رخ می‌دهد که حاکی از فعال بودن زمین ساخت و گسل‌های آن است. قسمت‌های شمال غرب، غرب، جنوب غرب تا جنوبی فارس از مناطق پرخطر زلزله‌خیز این استان هستند. شهرستان‌های نورآباد ممسنی، کازرون، فراهبند، فیروزآباد، لامرد، لارستان و غیره از جمله این مناطق زلزله‌خیز هستند [۷]. در گذشته زلزله‌هایی در این استان روی داده است، از جمله زلزله‌ی سال ۱۳۳۹ لارستان به بزرگی ۶/۸ ریشتر که ۴۰۰ نفر در این حادثه کشته شده و ۷۵ درصد شهر نیز تخریب گردید. زلزله‌ی سال ۱۳۵۱ قیر و کارزین، با بزرگی ۶/۹ ریشتر، ۴۰۰۰ نفر را به کام مرگ فرو برد. در برخی نقاط استان که در محل گسل یا نزدیک به آن قرار دارند، مانند کازرون، نورآباد، قیر و کارزین و سپیدان خطر نسبی زلزله بیشتر است.

آمار زلزله‌های تاریخی و دستگاهی بی‌شمار، وجود گسل‌های پی‌سنگی فعال چشمه‌های لرزه‌زا و نیز دلایل قوی مبتنی بر رویداد و تداوم جنبش‌های نو زمین ساختی در این استان، همه حکایت از پتانسیل لرزه‌خیزی بالای آن دارند. از این رو هرگونه کوشش برای ارزیابی دقیق خطر نسبی زلزله و جلوگیری از خسارت ناشی از آن حائز اهمیت فراوان است [۸]. ۷۱ درصد از مساحت استان فارس در پهنه‌ی با خطر بالا تا خیلی بالا قرار گرفته است. بیشترین تعداد زمین‌لرزه‌ی ثبت شده در نیمه‌ی جنوبی استان فارس قرار گرفته است و بر اساس بزرگای زمین‌لرزه در حدود ۶۰ درصد از مساحت استان فارس در پهنه‌ی پرخطر واقع شده‌اند [۹].

نورآباد ممسنی در کمربند پرخطر استان فارس و کشور ایران و همچنین کمربند لرزه‌ای آلپ - هیمالیا قرار دارد. زلزله‌های زیادی طی سال‌های گذشته سطح این شهرستان را متأثر ساخته است [۷]. در یک پهنه‌بندی خطر زلزله، شهرستان ممسنی در پهنه‌ی با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است [۳]. در تقسیم‌بندی دیگری که شهرستان‌های استان فارس بر اساس خطر نسبی زلزله، از ۱ (خطر نسبی پایین) تا ۵ (بالاترین خطر نسبی) پهنه‌بندی شده‌اند، شهرستان ممسنی در پهنه‌ی ۵ یعنی بالاترین خطر نسبی قرار گرفته است [۱۰].

خطوط انتقال گاز از مهم‌ترین شریان‌های حیاتی در زندگی شهری محسوب می‌شوند. رفتار لوله‌های انتقال گاز در زلزله‌های گذشته نشان‌دهنده‌ی آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر زلزله است. لوله‌های انتقال گاز حاوی مواد اشتعال‌پذیر هستند و نشت گاز و آتش‌سوزی‌های پس از آن می‌تواند موجب صدمات جانی و خسارت‌های مالی و زیان‌های زیست‌محیطی گردد و بر این اساس مقاوم‌سازی این خطوط در برابر زلزله مخصوصاً در مناطق لرزه‌خیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محتمل‌ترین حادثه‌ی نشت گاز از محل اتصال شیرها به لوله‌های توزیع گاز است و احتمال رخداد آتش‌سوزی از نوع جت آتش بیشتر از حوادث دیگر است و انفجار هم در صورت تأخیر در به وجود آمدن جرقه باعث بروز حادثه

همه‌ساله بحران‌ها و بلایای طبیعی به‌منزله‌ی یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ‌ومیر و خسارات مالی عظیم، باعث از بین رفتن منابع جبران‌ناپذیر انسانی و مالی در سطح جهان می‌گردند. به‌طورکلی بلایای طبیعی بر حادثه‌ای با منشأ طبیعی اشاره دارد و قابل طبقه‌بندی به دودسته بلایای ناگهانی (همانند سیل، زلزله، آتش‌سوزی) و بلایای تدریجی (نظیر خشکسالی و قحطی) است [۱]. در میان بلایای طبیعی «زلزله» مخرب‌ترین آن‌ها است که عموماً به علت آمادگی نداشتن جامعه همواره خسارت و تلفات زیادی به همراه دارد [۲]. زلزله یک حادثه‌ی «طبیعی، ناگهانی، با منشأ زمینی» است و به لحاظ قدرت و حوزه‌ی تخریب وسیع و نیز غیرقابل پیش‌بینی بودن و زمان بسیار کوتاه وقوع آن از اهمیت ویژه‌ای برای جوامع بشری برخوردار است [۳]. بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان در شهرهای بزرگی زندگی می‌کنند که کمتر از ۳ درصد کل مساحت کره‌ی زمین را در بر می‌گیرد. تراکم بیش‌ازحد جمعیت، دارایی‌ها، تأسیسات زیربنایی و منابع تولیدی و خدماتی در کلان‌شهرها باعث آسیب‌پذیر شدن تعداد انبوهی از شهرنشینان در مقابل سوانح گردیده است. زلزله می‌تواند در مدت زمان کوتاهی خسارات و تلفات بسیار گسترده‌ای بر جای بگذارد. آنچه از این پدیده یک فاجعه می‌سازد، پیش‌گیری نکردن از تأثیر آن و آمادگی نداشتن برای پاسخ مناسب به آن است. در خلال قرن گذشته بیش از یک هزار زلزله‌ی مخرب در هفتاد کشور جهان به وقوع پیوسته و جان بیش از ۱/۵۳ میلیون نفر را گرفته و خسارات مالی و جانی فراوانی نیز به بار آورده است.

قاره‌ی آسیا از نظر شیوع حوادث و بلایای طبیعی، رتبه‌ی نخست را در دنیا دارد و ایران چهارمین کشور آسیا و ششمین کشور دنیا از نظر کثرت وقوع بلایای به ثبت رسیده است [۱]. واقع شدن ایران بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ - هیمالیا موجب شده است که زمین‌لرزه به‌منزله‌ی یکی از زیان‌بارترین بلایای طبیعی در کشور مطرح شود. به‌طوری‌که از هر ۱۵۳ زلزله‌ی مخربی که در دنیا اتفاق افتاده حدود ۹ زلزله‌ی آن مربوط به ایران بوده است [۴]. چنین رخدادهایی همواره موجب تغییرات محیطی بسیاری شده و خسارت‌های فراوانی بر جای می‌گذارند. آسیب‌پذیری کالبدی در همه‌ی شهرهای ایران (به‌طور کم یا زیاد)، وجود دارد تا جایی که آمارها نشان می‌دهند، بیش از ۹۰ درصد شهرهای ایران در برابر یک زلزله‌ی ۵/۵ ریشتری به‌شدت آسیب‌پذیر هستند [۵]. با توسعه و گسترش روزافزون شهرهایی که در مناطق لرزه‌خیز قرار دارند، آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر زلزله‌های مخرب رو به افزایش است. یکی از عمده‌ترین فعالیت‌ها در راستای کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی، مطالعات پهنه‌بندی لرزه‌ای مناطق شهری است که باید در مقیاس مناسب و مطلوب صورت پذیرد.

نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زلزله نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از کشور ما در منطقه‌ی با خطر زیاد یا خیلی زیاد قرار دارد و گسل‌ها در جای‌جای کشور موجود است [۶]. پراکنش جغرافیایی زلزله‌ها در کشور ما نشانگر آن است که ۶۶ درصد از سرزمین ایران

می‌گردد [۱۱]، به همین علت نیازمند داشتن تأسیسات مطمئن و سالم است. از آنجایی که پیاده‌سازی خطوط گاز شهرستان نورآباد ممسنی دارای سابقه‌ی طولانی است (حدود سال ۱۳۶۴)، تأسیسات و خطوط لوله و اتصالات آن مدت‌زمان زیادی در زمین قرار گرفته‌اند که در معرض پوسیدگی و خطر آسیب در برابر زلزله قرار دارند و خطر در زمان وقوع زلزله را دوچندان می‌کنند.

ایران یکی از ۱۰ کشور آسیب‌پذیر جهان است که بر اساس آمار موجود تقریباً از ۴۰ نوع بلایای طبیعی که در جهان به ثبت رسیده است در حدود ۳۰ نوع آن در کشور ایران به وقوع پیوسته است. مطالعه‌ی مستندات تاریخی در خصوص بحران‌ها و بلایای طبیعی کشور ایران و آمار تلفات و خسارت ناشی از آن‌ها، بیانگر مشکلات و چالش‌هایی در خصوص مدیریت کارآمد بحران‌ها و بلایای طبیعی است. نگاه سخت‌افزاری به مسئله‌ی مدیریت بحران، ضعف سیستم‌های متداول ساخت‌وساز و کمبود آموزش‌های عمومی در برخورد با حوادث و بحران‌ها از جمله چالش‌های ایران در مواجهه با بحران و مدیریت بهینه‌ی شرایط بحرانی است [۱]. در تعریف جدید از «مدیریت جامع بحران» نام می‌برند که در ۵ فاز پیش‌گیری، کاهش مخاطرات، آمادگی، مقابله و بازتوانی انجام می‌شود [۳].

هنگامی که وقفه‌ای در اثر حوادث غیرمترقبه در جریان تولید، تأمین، انتقال و یا عرضه‌ی گاز ایجاد شود، ضروری است تا با انجام اقدامات به‌موقع، شرایط سریعاً به حالت عادی برگردانده شود تا بتوان اثرات جانی، مالی، محیط‌زیستی و عملیاتی را به حداقل حالت ممکن کاهش داد.

از اقدامات قبل از بحران می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و گسل‌های منطقه؛
۲. انطباق نقشه‌های پهنه‌بندی با نقشه‌های شبکه‌های گازرسانی و تعیین نقاط بحرانی؛
۳. رقوم‌سازی نقشه‌ها و استقرار سیستم GIS.

از نظر وضعیت مخاطره‌پذیری صنعت گاز، استان فارس در تقسیم‌بندی مورد نظر (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم) در وضعیت مخاطره‌پذیری در برابر زلزله با تهیه «زیاد» قرار دارد، که این مسئله ضرورت داشتن نقشه‌های لازم در زمان بحران را طلب می‌کند.

در ایران نقشه‌های کامل و دقیق شریان‌های حیاتی به‌سختی یافت می‌گردد. گذشته از آن بعضی از شبکه‌ها و تأسیسات گازی نسبتاً قدیمی فاقد نقشه هستند، قسمت‌هایی نیز دارای نقشه‌های بسیار قدیمی و ناخوانا هستند که اصولاً یافتن آن‌ها نیاز به جستجوی فراوان در آرشیوهای مختلف شرکت‌های مربوطه دارد. سایر قسمت‌ها دارای نقشه‌های کاغذی با مقیاس‌های ریز و درشت هستند و گاه در محیط AutoCAD و یا در نرم‌افزار GIS تهیه شده‌اند. در این‌گونه موارد نیز گاهی اوقات بعضی از لایه‌های اطلاعاتی لازم برای محاسبات آسیب‌پذیری وجود ندارد که لازم است به صورت دیگری تأمین شود.

جریان گاز با فشار ۲۵۰ پوند و ۶۰ پوند در زیر شهرها و تاد منازل از یک سو موجب رفاه و آسایش شهروندان و از سویی دیگر عامل نگرانی آن‌ها نسبت به احتمال وقوع انفجارات و آتش‌سوزی‌های گسترده در زمان زلزله است [۱۲].

از طرفی انتشار امواج ناشی از زلزله، عامل مهم دیگری برای ایجاد خسارت بر سیستم‌های خطوط لوله است. برای مثال زلزله‌ی ۱۹۷۱ سان فرناندو کمتر از ۱۵ ثانیه طول کشید ولی آتش‌سوزی بعد از آن تا ۴ روز ادامه داشت؛ بنابراین سیستم گازرسانی نیاز به راهکارهای مقاوم‌سازی مؤثر و بازسازی فوری دارد [۳].

سیستم‌های GIS می‌تواند به منزله‌ی ابزاری قدرتمند برای ارزیابی ریسک بلایای طبیعی همچون زلزله به کار گرفته شود و همچنین می‌توان با طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارائه‌ی نقشه‌های گرافیکی میزان خطر و خطرپذیری را در طیف گسترده به دست آورد.

مدیریت بحران با استفاده از این نقشه‌ها می‌تواند مکان و میزان تخریب را تشخیص دهد و برای مقابله با آن قدرت تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی و تأمین نیروها و امکانات و ابزار و تجهیزات مورد نیاز و راهکارهای مقابله با آن را پیدا کند. به این ترتیب و با استفاده‌ی مناسب از شرایط مکان و زمان می‌توان اثرات و خسارت‌های ناشی از بحران را کاهش داد.

در نهایت به علت در دسترس نبودن نقشه‌های یکپارچه و سیستمی شبکه و خطوط لوله‌ی گاز منطقه‌ی مورد مطالعه و نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زلزله در زمان بحران، تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زلزله برای مدیریت شبکه‌ی گاز ضروری است.

پیشینه‌ی تحقیق

بر اساس آمارهای منتشره در هر سال به‌طور متوسط ۱۰۰ هزار نفر جان خود را در جهان بر اثر بلایای طبیعی از دست داده‌اند و سالیانه خسارت مالی و اقتصادی زیادی در جهان وارد شده است. در این میان زلزله به منزله‌ی یک حادثه‌ی «طبیعی، ناگهانی و با منشأ زمینی» به لحاظ قدرت و حوزه‌ی تخریب وسیع و نیز غیرقابل پیش‌بینی بودن و زمان بسیار کوتاه وقوع آن از اهمیت ویژه‌ای برای جوامع بشری برخوردار است. زلزله شاخص‌ترین بلای طبیعی با خسارات و هزینه‌های بسیار جانی و مالی است که فکر آن هم کافی است تا انسان را دچار نگرانی و اضطراب کند، به خصوص که در منطقه‌ی زلزله‌خیز هم باشد. طی ۱۰۰ سال اخیر، زلزله در مناطق مختلف جهان، جان صدها هزار نفر را گرفته و پیشرفت‌هایی که بشر در زمینه‌ی زلزله‌شناسی کسب کرده، به میزان ناچیزی از شمار قربانیان این فاجعه‌ی طبیعی کاسته است. بحران ناشی از لرزش زمین زمانی بسیار حاد می‌گردد که درجه‌ی لرزش در مقیاس ریشتر بالا باشد، مدت‌زمان لرزش طولانی باشد، مجتمع‌های زیستی به کانون لرزش نزدیک باشد، سازه‌های ساخته‌شده از استحکام کافی برخوردار نباشد، در مجتمع زیستی محل وقوع زلزله، جمعیت و امکانات بیشتری مستقر باشد، بستر طبیعی مجتمع‌های زیستی از جنس مناسب و مقاوم نباشند و زمان وقوع زلزله مناسب نباشد (برای مثال: زمستان یا شب‌هنگام).

از نظر پیشینه‌ی تحقیق و سوابق مطالعاتی، در زمینه‌ی زلزله و پهنه‌بندی خطر آن مطالعات متعددی صورت گرفته است. تودیس و یایگیترا [۱۳]، برای مدیریت صحیح بحران در شهر آدنا در ترکیه با استفاده از مدل AHP در محیط GIS به امکان‌سنجی مناطق خطرپذیر از لحاظ مخاطرات ژئومورفولوژیکی پرداخته‌اند و در نهایت به کلاسه‌بندی شهر از لحاظ مناطق مساعد اقدام کرده‌اند. همچنین در مطالعه‌ی دیگری، راشدا [۱۴] در پژوهش خود ابتدا به بررسی نقش سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، در مدل‌سازی و پیش‌بینی آسیب‌پذیری پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که سیستم اطلاعات جغرافیایی، با داشتن بانک اطلاعاتی جامع می‌تواند در مدل‌سازی آسیب‌پذیری نقش داشته باشد. تانگ و ون [۱۵] در پژوهش خود برای ارزیابی خطر زلزله در شهر دیانگ در کشور چین، از سیستم هوش مصنوعی که مبنی بر توسعه‌ی GIS و شبکه‌ی مصنوعی بود استفاده کردند. برگی و هروی [۱۶] در پژوهش خود با مطالعه‌ی رفتار خطوط لوله‌ی مدفون تحت اثر حرکت نسبی زمین در محل گسل‌ها، به بررسی اثر زلزله بر خطوط لوله‌های گاز مدفون پرداختند. نگارش [۱۷] با استفاده از اطلاعات منابع لرزه‌خیزی کشور، تجربیات میدانی، بازدید صحرایی، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین نقشه‌های زمین‌شناسی شهرهای مختلف به مطالعه‌ی وضعیت شهرهای مهم حاشیه‌ی گسل‌ها پرداخته و راهکارها و پیشنهادهایی در این زمینه ارائه داده است. عباس‌زاده شهری و همکاران [۱۸] با مطالعه‌ی موردی شهر همدان، به بررسی رفتار لوله‌های گاز در زمان وقوع زلزله پرداختند و در مطالعه‌ی خود اسلوب مناسبی برای پیش‌بینی رفتار شریان‌ها در هنگام زلزله به دست آوردند که نتایج به دست آمده بینش و کمک شایانی به طراحان و مدیران مدیریت بحران برای برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمدتر در مقابل سوانح طبیعی قبل از وقوع بحران را می‌دهد. حسنی [۱۲] ضمن بررسی وضعیت آسیب‌پذیری شریان‌های حیاتی ایران (گاز، آب و ...) به مشکلات و نقاط ضعف آن‌ها در مقابل زلزله اشاره می‌کند و پیشنهادهایی برای اصلاح و مدیریت بحران شریان‌های حیاتی کشور در زمان وقوع زلزله می‌دهد. یوسفی [۷] در تحقیق خود به بررسی زلزله‌ی رخ داده در محدوده‌ی شهرستان ممسنی پرداخته و گسل فهلیان - سپیدان (اردکان) را یکی از عامل‌های اصلی مؤثر در زلزله در این منطقه بیان می‌کند. پیشگاهی فرد و همکاران [۱۹] در تحقیق خود با استفاده از مدل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار GIS و با استفاده از لایه‌های مطالعاتی مؤثر در زلزله همچون فاصله از گسل، کیفیت ابنیه و غیره اقدام به تفکیک مناطق خطرپذیر در منطقه‌ی ۸ شهر تبریز نموده‌اند. نصیری و همکاران [۱۱] به بررسی شناسایی لایه‌های تأثیرگذار و محاسبه‌ی میزان اهمیت هر یک از عوامل در پهنه‌بندی خطر در بافت فرسوده‌ی شهر ایلام با استفاده از روش AHP پرداختند و نقشه‌ی آن در GIS تهیه گردید. حاتمی‌نژاد و همکاران [۲۰] اقدام به ارزیابی و پهنه‌بندی لرزه‌ای شهر تبریز با استفاده از منطق فازی با تلفیق AHP و TOPSIS در محیط ArcGIS کردند. کرامتی و همکاران [۳] به بررسی مدیریت بحران و کاهش آسیب شریان‌های حیاتی در زلزله در استان

زنجان پرداختند. قاید رحمتی و همکاران [۲۱] با استفاده از مدل جاذبه با تعیین نقطه‌ی جدایی به تحلیل میزان ریسک‌پذیری سکونتگاه‌های شهری استان لرستان از خطر زلزله پرداختند. تشکری سبزواری [۲۲] اقدام به پهنه‌بندی شهر سبزواری از نظر خطر زلزله با به‌کارگیری مدل AHP و GIS برای وزن‌دهی کردند. رحمانیان کوشکی و همکاران [۲۳] مدل‌سازی مناطق خطرپذیر را با استفاده از مدل AHP در محیط GIS در راستای مدیریت بحران شهر سروان انجام دادند. کریمی کردآبادی و نجفی [۲۴] با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY-AHP و به کمک نرم‌افزارهای GIS و Expert Choice به پهنه‌بندی خطر زلزله و تأثیر آن در امنیت شهری منطقه‌ی یک تهران پرداختند.

بنابراین در این مقاله با تهیه‌ی نقشه‌ی یکپارچه‌ی خطوط لوله‌ی گاز و تأسیسات آن که تا پیش از این تهیه نگردیده بود و با تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی منطقه‌ی مورد مطالعه و در نهایت انطباق آن‌ها با یکدیگر، به تهیه‌ی یک نقشه‌ی یکپارچه برای برنامه‌ریزی در زمان پیش از بحران و بحران اقدام شد تا مورد استفاده‌ی مدیران و برنامه‌ریزان متخصص قرار گیرد.

روش تحقیق

در مطالعه‌ی حاضر نقشه‌های مورد نیاز با توجه به دسترسی داده‌های اولیه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه در نهادهای مختلف همچون سازمان زمین‌شناسی و شرکت گاز به شرح زیر تهیه گردید و پایگاه اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار GIS تشکیل شد:

گردآوری آمار و اطلاعات

گردآوری آمار و اطلاعات که به دو صورت میدانی و کتابخانه‌ای و اسنادی صورت گرفته است، عبارت‌اند از:

- نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ (تهیه‌شده از سازمان زمین‌شناسی استان فارس)؛
- نقشه‌ی زمین‌شناسی شهرستان ممسنی (۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰)، (تهیه‌شده از سازمان زمین‌شناسی استان فارس)؛
- نقشه‌ی گسل‌ها (به کمک تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌ی گسل‌های فعال ایران)؛
- نقشه‌ی شیب؛
- نقشه‌ی ارتفاع؛
- نقشه‌ی خطوط لوله‌ی شبکه‌ی گاز براساس فرم‌های وصل به گاز و ازیبلیت؛
- نقشه‌ی کانون زلزله‌های تاریخی و حاضر رخ داده در محدوده‌ی شهرستان ممسنی [۲۵، ۲۶]؛
- لایه‌های تراکم جمعیت [۲۷].

گردآوری اطلاعات از بانک اطلاعاتی و نرم‌افزارهای کامپیوتر مانند GIS و AutoCAD و Excel خواهد بود. در نهایت اطلاعات به سیستم GIS وارد می‌شود و لایه‌های رقومی و نقشه‌های مورد نیاز تهیه می‌گردند.

شد. در این پژوهش پس از به دست آوردن وزن لایه‌ها در نرم‌افزار Expert Choice، با استفاده از دستور Spatial analyze و با استفاده از دستور raster calculator محاسبه و سپس Re class گردیده است. در نهایت این لایه به چهار طبقه‌ی خطر تقسیم شده و به این ترتیب نقشه‌ی پهنه‌بندی پهنه‌بندی به دست آمده است. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه اقدام به همپوشانی خطوط لوله‌ی گاز و تأسیسات CGS، TBC منطقه‌ی مورد مطالعه با نقشه‌ی پهنه‌بندی مذکور کردیم و در نهایت نقشه‌ی آسیب‌پذیری برای بررسی وضعیت خطوط لوله‌ی گاز و تأسیسات و تقسیمات منطقه از نظر خطرپذیری زمین‌لرزه تهیه گردید و نتایج نهایی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

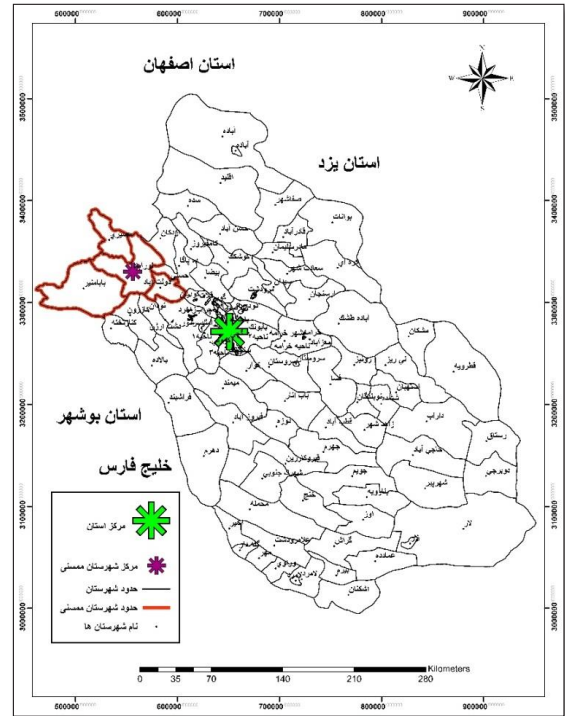
محدوده‌ی مورد مطالعه

موقعیت و شرایط جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال غرب استان فارس قرار دارد. نورآباد مرکز شهرستان ممسنی در ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه درازه‌ی گیتایی (طول جغرافیایی) و ۳۰ درجه و ۷ دقیقه پهنه‌ی گیتایی (عرض جغرافیایی) و در ارتفاع ۹۲۰ متری از سطح دریا واقع شده است. این شهرستان از شمال به شهرستان سپیدان و استان کهگیلویه و بویراحمد و از غرب به استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و بوشهر و از جنوب به شهرستان کازرون و استان بوشهر و از شرق به شهرستان‌های شیراز و سپیدان محدود است (تصویر ۱).

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل

برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه، با توجه به ویژگی‌های منطقه‌ی مورد مطالعه و بر اساس داده‌ها که شامل شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از کانون زلزله و سازندهای زمین‌شناسی است، این داده‌ها وارد نرم‌افزار ArcGIS10.3 گردیدند، سپس ویرایش و طبقه‌بندی شدند (تصاویر ۲ تا ۶).

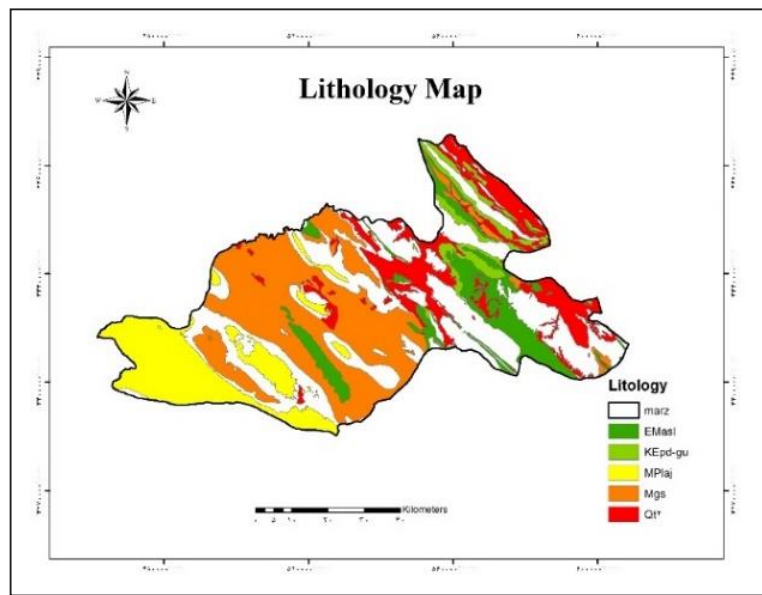


تصویر ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

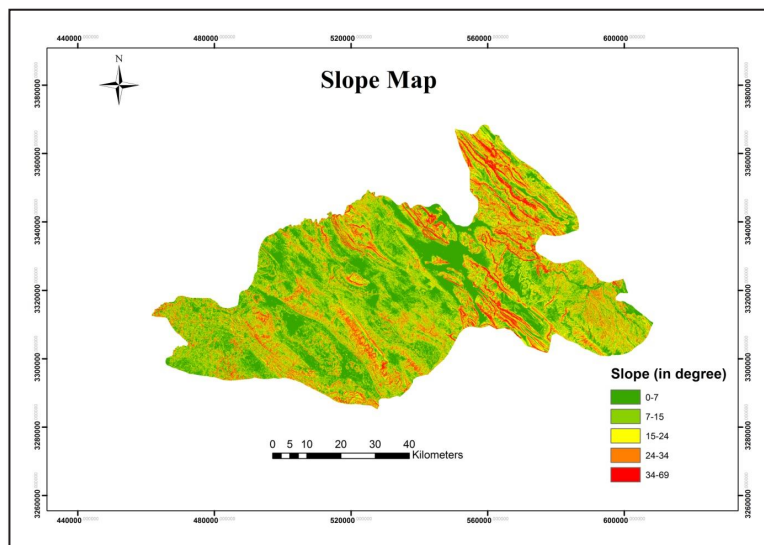
تجزیه و تحلیل‌های مکانی

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این تحقیق با کمک روش وزن‌دهی AHP و به‌کارگیری نرم‌افزارهای GIS و Expert Choice انجام گرفت.

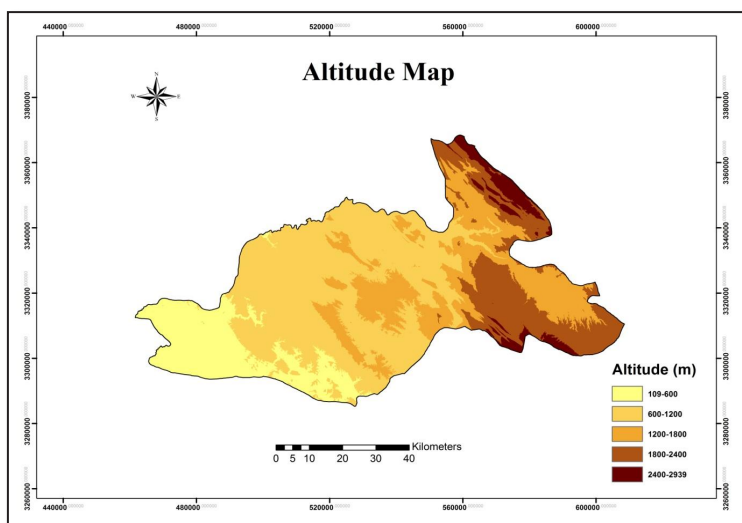
به این صورت که پس از شناسایی معیارهای مؤثر در رخداد زمین‌لرزه، اقدام به انجام مقایسات زوجی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice شد. در مرحله‌ی بعد آماده‌سازی و مقیاس‌سازی و رستری کردن لایه‌ها و معیارها و استخراج درصد پیکسل‌ها و تراکم زمین‌لرزه‌ها در هر لایه و معیار صورت پذیرفت. از میان معیارها معیارهایی همچون فاصله از گسل و فاصله از کانون زلزله با استفاده از دستور Distance Euclidean به لایه‌ی رستری تبدیل



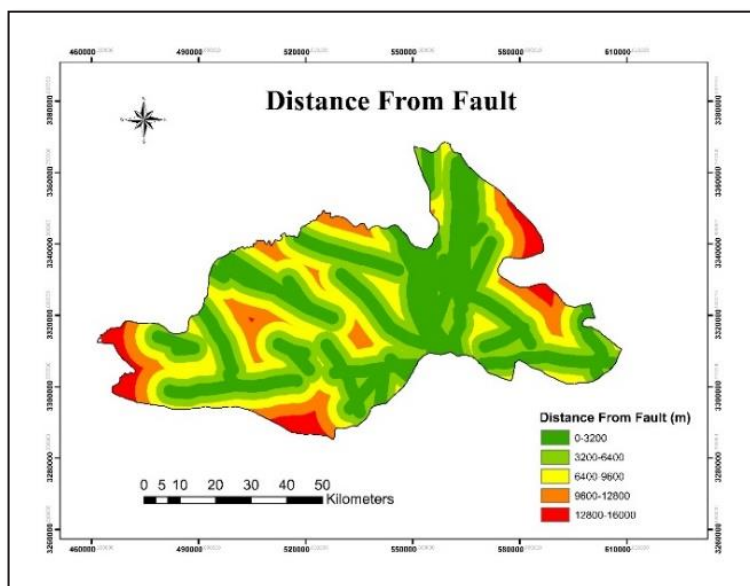
تصویر ۲: نقشه‌ی طبقه‌بندی‌شده‌ی سازند زمین‌شناسی



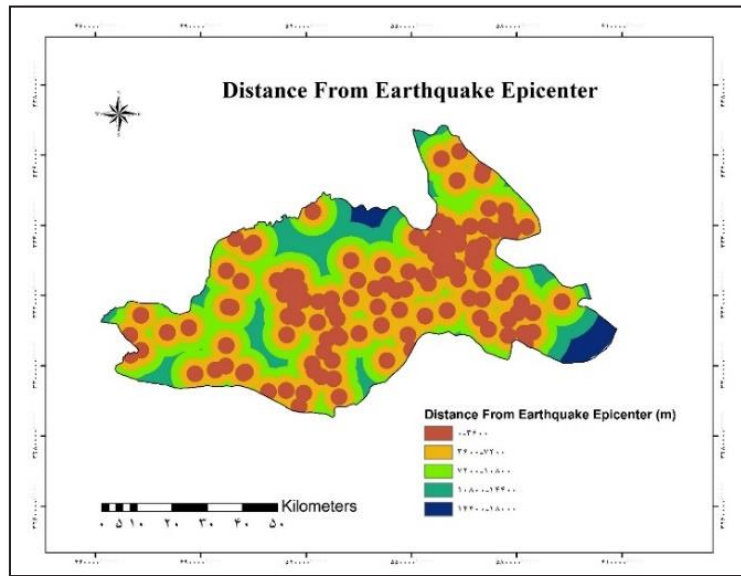
تصویر ۳: نقشه‌ی طبقه‌بندی شیب



تصویر ۴: نقشه‌ی طبقه‌بندی ارتفاع



تصویر ۵: نقشه‌ی طبقه‌بندی فاصله از گسل



تصویر ۶: نقشه‌ی طبقه‌بندی فاصله از کانون زلزله

جدول ۱: مقیاس کمی و کیفی (مقادیر ارجحیت) مورد استفاده برای مقایسه‌ی زوجی معیارها در روش AHP

ترجیحات بین فواصل قوی	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی	ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر یا کاملاً مطلوب تر	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۸/۶/۴/۲	۱	۳	۵	۷	۹	مقدار عددی

جدول ۲: جدول مقایسه‌ی زوجی معیارها در نرم‌افزار Expert Choice

Compare the relative importance with respect to: pahnebandi

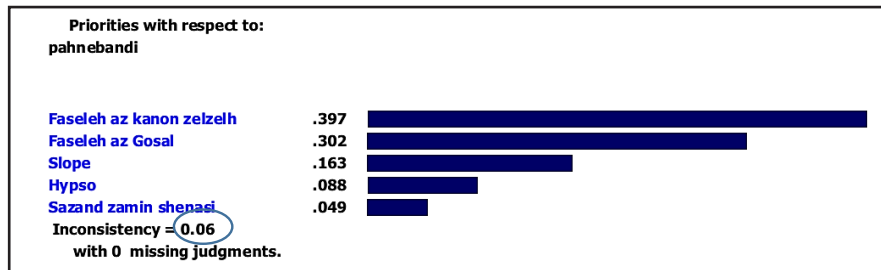
	Faseleh az (Sazand zamir	Slope	Faseleh az kano	Hypso
Faseleh az Gosal		5.0	3.0	(2.0) 4.0
Sazand zamin shenasi			(4.0)	(5.0) (3.0)
Slope				(3.0) 3.0
Faseleh az kano zelzelh				
Hypso	Incon: 0.06			

مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP): این مدل برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی در دهه‌ی ۱۹۷۰ ابداع شد؛ که اساس روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی بنا نهاده شده است [۲۸]. فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری چندگانه است. چرا که این فن امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه‌ی زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این روش در تصمیم‌گیری چند معیاره است. مدل سازی AHP در چهار مرحله شامل ساختن سلسله‌مراتب، تنظیم و برقراری ترجیحات از طریق

مقایسات زوجی و محاسبه‌ی اوزان و محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری انجام می‌شود [۲۸]. در مقایسه‌ی زوجی برحسب معیاری میزان ارجحیت آن‌ها به صورت عبارتی مشخص می‌گردد و به ازای هر عبارت عددی به ارجحیت گزینه‌ها تخصیص داده می‌شود. مقادیر ارجحیت گزینه‌ها طبق جدول ۱ است.

ایجاد ماتریس مقایسه‌ی زوجی

با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای انجام مقایسه‌ی زوجی، ماتریسی به ابعاد ۵×۵ ایجاد شد و معیارهای مختلف دوه‌دو توسط پنج تن از متخصصان با هم مقایسه گردید و مقادیر مربوط بر اساس غربال ساعتی اختصاص یافت و تحلیل آن به کمک نرم‌افزار Expert Choice (انتخاب خبره) وزن نهایی هر یک از اجزای عناصر مؤثر در پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در شهرستان ممسنی (با مرکزیت نورآباد) به دست آورده شد که در جدول ۲ و تصویر ۷ نشان داده شده است.



تصویر ۷: اهمیت وزنی شاخص‌های مورد استفاده به همراه نرخ ناسازگاری در نرم‌افزار Expert Choice

جدول ۴: ساخت طبقات خطر زلزله‌ی شهرستان ممسنی

ممسنی روش AHP		
طبقات خطر زلزله	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
خطر کم	۳۵۹۵۲	۹
خطر متوسط	۱۷۹۶۹۷	۴۵
خطر زیاد	۱۱۸۱۷۲	۳۰
خطر خیلی زیاد	۶۳۳۸۴	۱۶
جمع	۳۹۷۲۰۵	۱۰۰

جدول ۵: مساحت طبقات خطر زلزله‌ی شهر نورآباد

نورآباد ممسنی روش AHP		
طبقات خطر زلزله	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
خطر متوسط	۵۶۷۴	۳۲
خطر زیاد	۱۱۸۲۸	۶۷
خطر خیلی زیاد	۶۸	۱
جمع	۱۷۵۷۰	۱۰۰

Spatial Analysis → Map Algebra → Raster Calculator

جدول ۳: وزن نهایی عوامل مؤثر در پهنه‌بندی در مدل AHP

رتبه‌بندی	وزن نهایی عوامل در مدل (AHP)
۳	شیب ۸۶/۰
۴	ارتفاع ۴۹/۰
۱	فاصله از کانون زلزله ۳۴/۱
۲	فاصله از گسل ۲۸/۱
۵	سازند زمین‌شناسی ۳۱/۰

در مدل AHP که نظر کارشناسان خبره دخالت داشت، نتایج نشان داد که به ترتیب فاصله از کانون زلزله، فاصله از گسل، شیب، ارتفاع، سازند زمین‌شناسی در ترتیب اولویت اهمیت قرار گرفتند. رابطه‌ی ۱:

$$\frac{((\text{"re_liti5"} * ۰,۳۱) + (\text{"re_epicenter"} * ۱,۳۴) + (\text{"re_fault"} * ۱,۲۸) + (\text{"high_reclas"} * ۰,۴۹) + (\text{"s"} * ۰,۸۶))}{۴,۲۷}$$

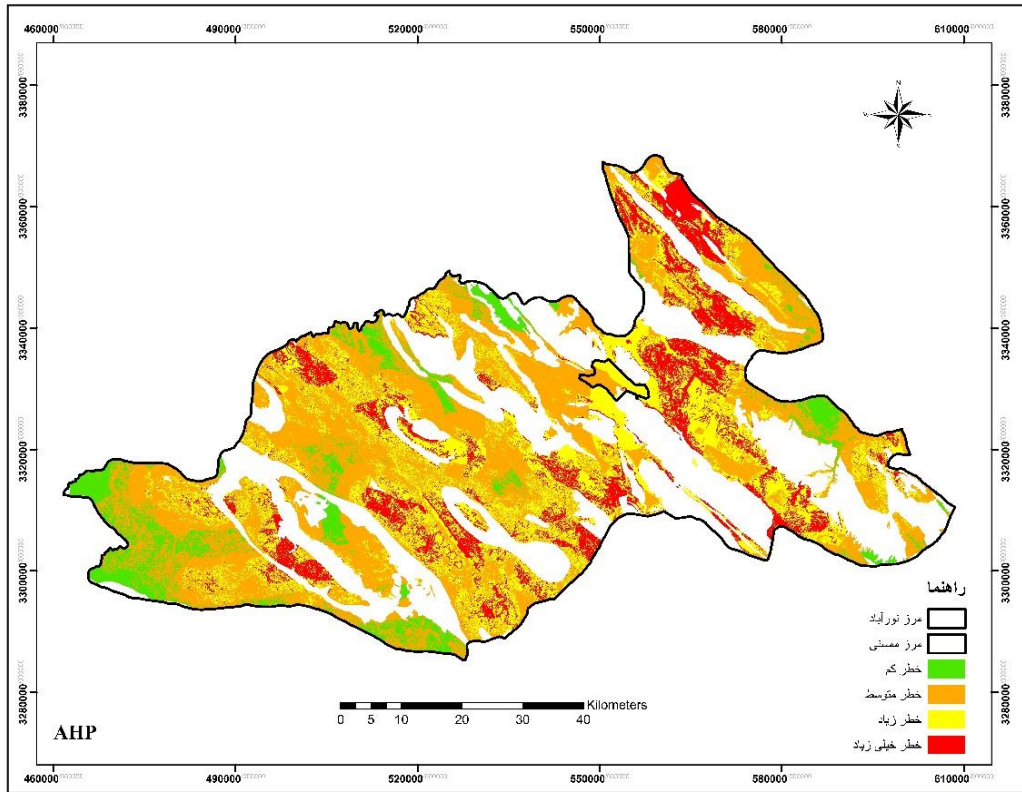
در رابطه‌ی ۱ به ترتیب از سمت راست به چپ ضریب درصد زمین‌لرزش شامل سنگ‌شناسی، فاصله از مرکز زلزله، فاصله از گسل، ارتفاع و شیب بر اساس مدل AHP است. در مرحله‌ی بعد با انجام عمل Reclassify از حالت پیوسته به گسسته تبدیل می‌کنیم. در نهایت ناحیه‌ی مورد مطالعه به ۴ ناحیه پهنه‌بندی گردید (تصاویر ۸ و ۹ و جداول ۴ و ۵).

شاخص (CR) شاخص پایداری از یک ماتریس مقایسه‌ی زوجی است که به صورت تصادفی ایجاد شده است و میزان آن به تعداد عناصر و میزان ارزش آن‌ها وابسته است. این شاخص به گونه‌ای تعیین می‌شود که اگر $CR < 0.10$ باشد، نشانگر سطح قابل قبولی از پایداری در مقایسه‌ی دوجه دو است و در صورتی که این شاخص $CR > 0.10$ باشد، ارزش‌های نسبت بیانگر قضاوت‌های ناپایند است.

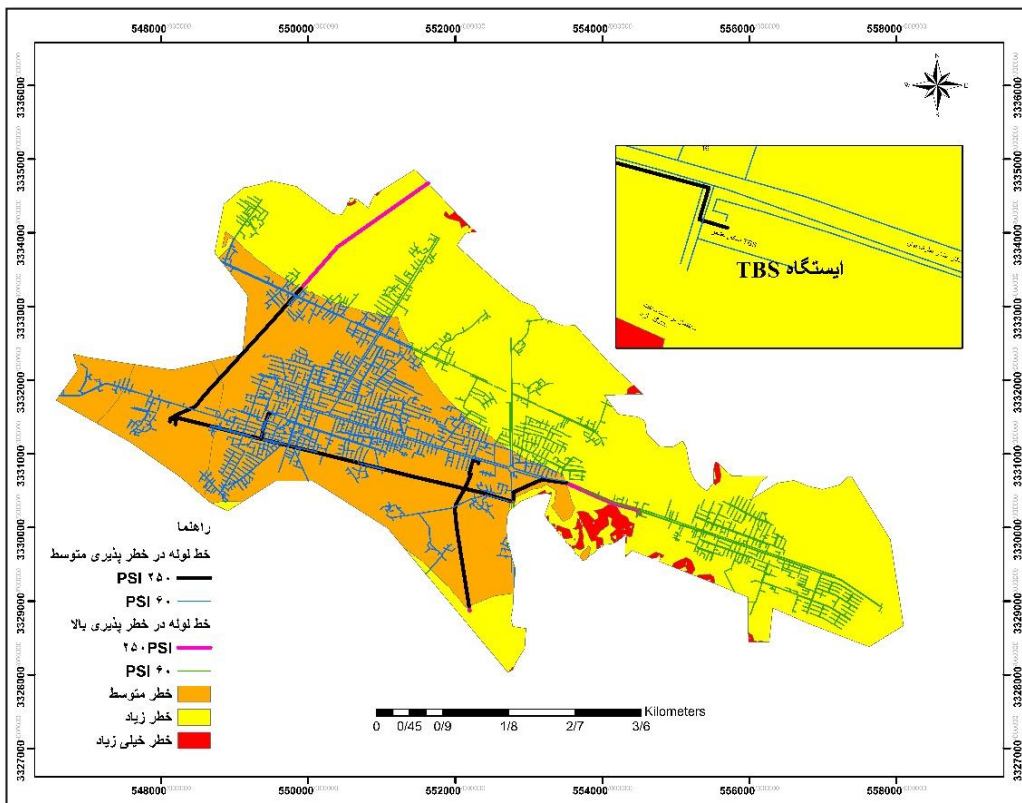
عدد حاصل برای شاخص ناسازگاری (CR) در ماتریس حاصل برابر ۰,۰۶ است که نشان‌دهنده‌ی سطح قابل قبولی از نتایج وزن‌دهی است.

از طرفی دیگر همان‌گونه که در تصویر ۷ مشاهده می‌شود، معیار فاصله از کانون زلزله و سازند زمین‌شناسی به ترتیب با داشتن وزن‌های ۰,۳۹۷ و ۰,۴۹، بیشترین و کمترین معیارهای تأثیرگذار در فرایند وقوع زمین‌لرزه در منطقه محسوب می‌شود.

در ادامه‌ی روند کار پس از به دست آوردن وزن لایه‌ها در نرم‌افزار Expert Choice، مقدار به دست آمده را در مقدار نسبت فراوانی (فراوانی زلزله در لایه‌ی مورد نظر) ضرب کرده و جمع نهایی را به عنوان وزن لایه منظور می‌کنیم. سپس در نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از دستور Spatial Analysis و با استفاده از گزینه‌ی Ras-ter Calculate نتایج را محاسبه و سپس Recalss گردیده است (رابطه‌ی ۱) و در نهایت این لایه به چهار طبقه تقسیم شده و به این ترتیب نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زلزله به دست آمده است.



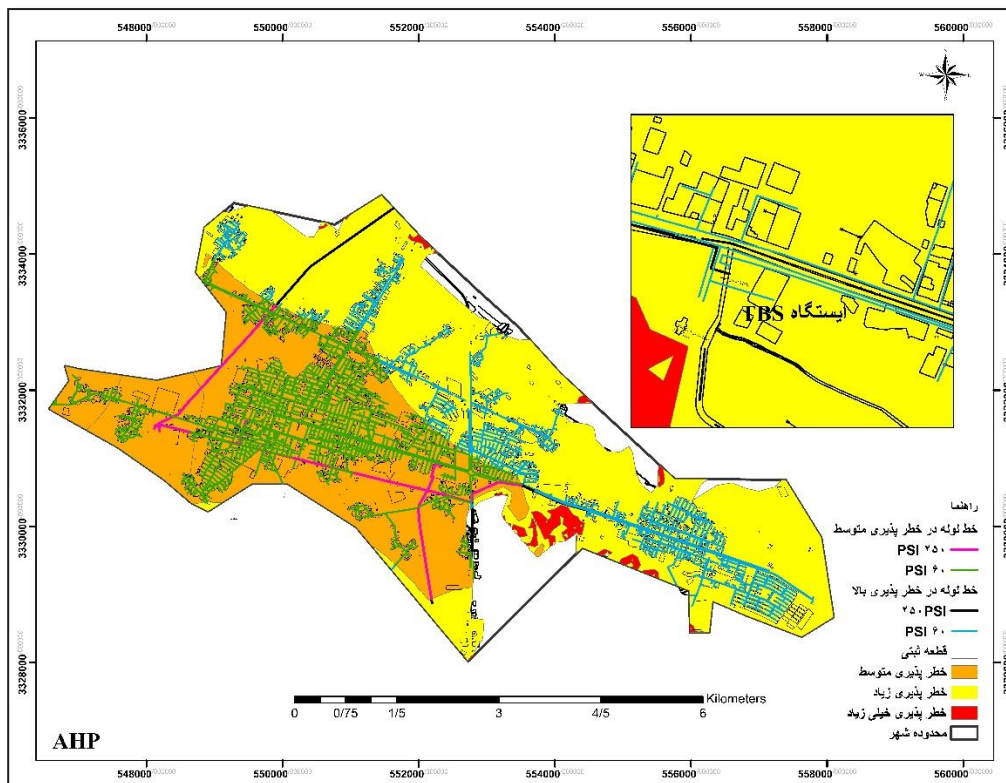
تصویر ۸: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لرزش ممسنی



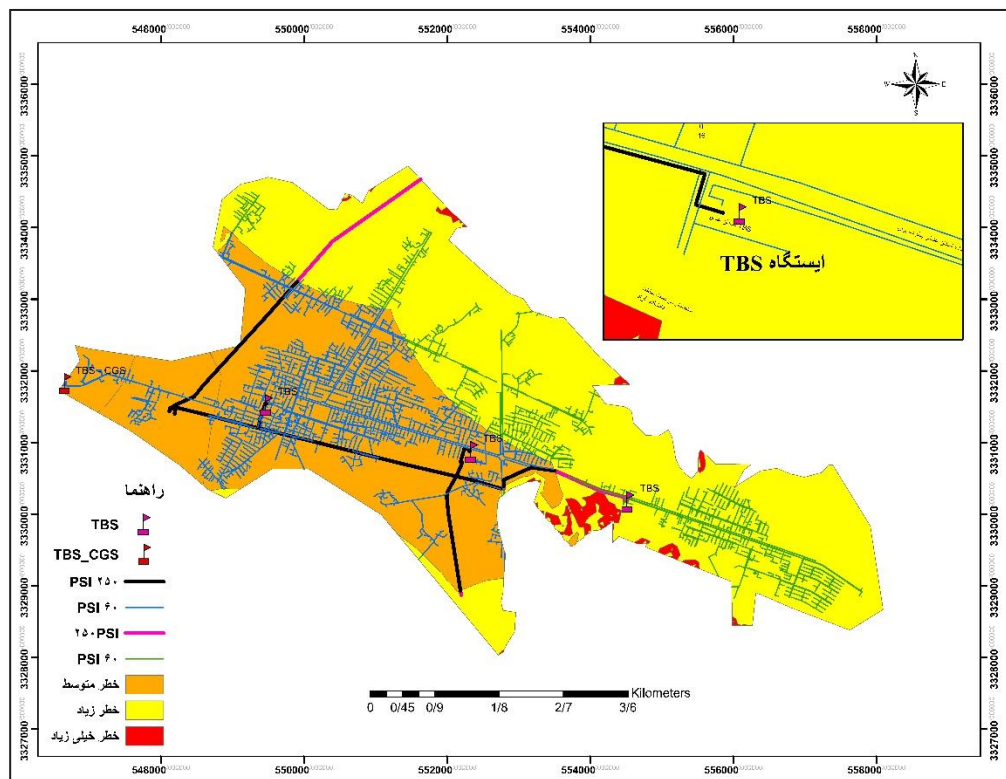
تصویر ۹: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لرزش نورآباد

خطرپذیر بررسی شد (تصاویر ۱۰ و ۱۱ و جداول ۶ و ۷)

سپس نقشه‌ی پهنه‌بندی تهیه شده را با لایه‌ی خطوط لوله‌ی گاز تلفیق کردیم و موقعیت خطوط لوله‌ی گاز نسبت به پهنه‌های



تصویر ۱۰: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزش با تلفیق خطوط لوله و قطعه‌ی ثبتی نورآباد



تصویر ۱۱: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزش با نمایش موقعیت ایستگاه‌های TBS - CGS

- نتایج نشان داد که اولویت سازندها در محل مورد مطالعه از نظر پتانسیل زمین‌لرزه به ترتیب عبارت‌اند از: ۱. سازند گچساران؛ ۲. سازند گورپی؛ ۳. سازند آغا جری؛ ۴. سازند آسماری؛ ۵. رسوبات کواترنری.

نتایج حاصل از ارتباط بین زمین‌لرزه، عوامل مؤثر و میزان اثر هریک از آن‌ها با استفاده از مدل AHP در جدول ۸ ارائه شده است. با تجزیه و تحلیل نقشه‌های به دست آمده و تطابق آن‌ها با منطقه نتایج زیر به دست آمد:

جدول ۶: مترای خطوط لوله‌ی گاز در پهنه‌بندی طبقات خطر شهر نورآباد روش AHP

مترای خطوط لوله‌ی گاز در پهنه‌بندی طبقات خطر شهر نورآباد روش AHP		
طبقات خطر زلزله	مترای خط لوله (متر)	درصد خط لوله
خطر متوسط	۱۵۱۶۲۸	۶۱
خطر زیاد	۹۸۳۵۷	۳۹
خطر خیلی زیاد	.	.
جمع	۲۴۹۹۸۵	۱۰۰

جدول ۷: مترای خطوط لوله‌ی گاز به تفکیک فشار گاز در پهنه‌بندی طبقات خطر شهر نورآباد روش AHP

مترای خطوط لوله‌ی گاز به تفکیک فشار گاز در پهنه‌بندی طبقات خطر شهر نورآباد روش AHP				
طبقات خطر زلزله	فشار خط لوله	درصد فشار خط لوله	مترای خط لوله به تفکیک	مترای خط لوله (متر)
خطر متوسط	۲۵۰ PSI	۶۰٫۷۶	۱۰۲۵۴	۱۵۱۶۲۸
	۶۰ PSI	۹۳٫۲۴	۱۴۱۳۷۴	
خطر زیاد	۲۵۰ PSI	۳۰٫۵۹	۳۵۳۲	۹۸۳۵۷
	۶۰ PSI	۹۶٫۴۱	۹۴۸۲۴	

جدول ۸: ارتباط بین زمین لرزه، عوامل مؤثر و میزان اثر هر یک از آن‌ها با استفاده از مدل AHP

عامل	طبقه	کلاس	تعداد پیکسل در محدوده	درصد پیکسل در محدوده	تعداد زمین لرزه	درصد تعداد زمین لرزه	نسبت فراوانی
درجه‌ی شیب	۱،۰۰	(۷-۰)	۴۴۷۰۷۵۵	۳۲،۰۶	۲۹۹	۹،۷۸۲	۰،۹۳
	۲،۰۰	(۱۵-۷)	۳۴۱۷۵۰۵	۲۴،۵۱	۲۱۹	۲۱،۸۱	۰،۸۹
	۳،۰۰	(۲۴-۱۵)	۳۲۷۷۷۶۴	۲۳،۵۱	۲۵۱	۲۵،۰۰	۱،۰۶
	۴،۰۰	(۳۴-۲۴)	۲۱۱۲۶۲۱	۱۵،۱۵	۱۷۷	۱۷،۶۳	۱،۱۶
	۵،۰۰	(۶۹-۳۴)	۶۶۵۰۰۱	۴،۷۷	۵۸	۵،۷۸	۱،۲۱
جمع			۱۳،۹۴۳،۶۴۶	۱۰۰،۰۰	۱۰۰۴	۱۰۰،۰۰	۵،۲۶
ارتفاع	۱،۰۰	۶۰-۱۰۹	۲۱۴۷۰۳۷	۱۵،۴۰	۱۶۸	۱۶،۷۳	۱،۰۹
	۲،۰۰	۱۲۰-۶۰	۶۰۰۴۰۱۴	۴۳،۰۶	۳۶۰	۳۵،۸۶	۰،۸۳
	۳،۰۰	۱۸۰-۱۲۰	۳۰۸۸۰۳۴	۲۲،۱۵	۲۴۰	۲۳،۹۰	۱،۰۸
	۴،۰۰	۲۴۰-۱۸۰	۲۱۷۷۴۳۸	۱۵،۶۲	۱۸۵	۱۸،۴۳	۱،۱۸
	۵،۰۰	۲۹۳۹-۲۴۰	۵۲۷۱۲۳	۳،۷۸	۵۱	۵،۰۸	۱،۳۴
جمع			۱۳،۹۴۳،۶۴۶	۱۰۰،۰۰	۱۰۰۴	۱۰۰،۰۰	۵،۵۲
فاصله از کانون زلزله	۱،۰۰	۳۶۰-۰	۹۲۴۷۲۸۹	۵۳،۷۴	۶۶۴	۶۶،۱۴	۱،۲۳
	۲،۰۰	۷۲۰-۳۶۰	۵۹۳۷۹۱۵	۳۴،۵۱	۲۸۰	۲۷،۸۹	۰،۸۱
	۳،۰۰	۱۰۸۰-۷۲۰	۱۵۲۲۷۴۵	۸،۸۵	۵۰	۴،۹۸	۰،۵۶
	۴،۰۰	۱۴۴۰-۱۰۸۰	۳۳۹۱۳۸	۱،۹۷	۵	۰،۵۰	۰،۲۵
	۵،۰۰	۱۸۰۰-۱۴۴۰	۱۶۱۲۶۳	۰،۹۴	۵	۰،۵۰	۰،۵۳
جمع			۱۷،۲۰۸،۳۵۰	۱۰۰،۰۰	۱۰۰۴	۱۰۰،۰۰	۳،۳۹
فاصله از گسل	۱،۰۰	۳۲۰-۰	۵۱۵۶۳۱۹	۳۶،۹۹	۴۰۵	۴۰،۳۴	۱،۰۹
	۲،۰۰	۶۴۰-۳۲۰	۳۹۴۳۵۷۷	۲۸،۲۹	۲۵۲	۲۵،۱۰	۰،۸۹
	۳،۰۰	۹۶۰-۶۴۰	۲۸۵۱۹۷۳	۲۰،۴۶	۱۸۳	۱۸،۲۳	۰،۸۹
	۴،۰۰	۱۲۸۰-۹۶۰	۱۴۱۳۶۰۸	۱۰،۱۴	۱۱۳	۱۱،۲۵	۱،۱۱
	۵،۰۰	۱۶۰۰-۱۲۸۰	۵۷۵۰۷۳	۴،۱۳	۵۱	۵،۰۸	۱،۲۳
جمع			۱۳،۹۴۰،۵۵۰	۱۰۰،۰۰	۱۰۰۴	۱۰۰،۰۰	۵،۲۱
سازند زمین‌شناسی	۱،۰۰	Mgs	۳۹۴۵۹۱۸	۳۹،۶۹	۲۳۵	۳۱،۸۰	۰،۸۰
	۲،۰۰	KEpd-gu	۵۸۲۲۳۷	۵،۸۶	۱۰۱	۱۳،۶۷	۲،۳۳
	۳،۰۰	MPlaj	۲۰۶۵۱۲۰	۲۰،۷۷	۱۴۴	۱۹،۴۹	۰،۹۴
	۴،۰۰	EMasl	۱۳۶۶۳۷۵	۱۳،۷۴	۹۵	۱۲،۸۶	۰،۹۴
	۵،۰۰	Qtz	۱۹۸۲۵۹۰	۱۹،۹۴	۱۶۴	۲۲،۱۹	۱،۱۱
	جمع			۹،۹۴۲،۲۴۰	۱۰۰،۰۰	۷۳۹	۱۰۰

سازند گچساران عمدتاً از سنگ آهک تشکیل شده است (کربنات کلسیم CaCO_3)؛ از آنجایی که سنگ آهک تحت عوامل هوازدگی مثل باران اسیدی و ... تأثیرپذیر است، لذا این کوه‌های سنگی در این نوع سازند در مقابل زمین لرزه‌ها از مقاومت کمتری برخوردارند و آسیب‌پذیرند. از آنجایی که دلایل ایجاد زمین لرزه تاکنون به صورت کامل و دقیق مشخص نشده، باید نوع جنس سازند را در ایجاد زمین لرزه خیلی کم دخیل دانست.

اما عامل اصلی ایجاد زمین لرزه که همه‌ی دانشمندان علوم زمین آن را قبول دارند گسل‌ها هستند. سازند گچساران در منطقه‌ی ممسنی، شامل گسل‌های متعددی است که می‌توان گسل کازرون، گسل گچساران و گسل بهبهان را نام برد و دلیل اصلی تجمع بیشتر کانون‌های زمین لرزه را در این سازند نسبت به سایر سازندها همین موضوع دانست.

خلاصه‌ی نتایج نشان داد که بیشتر زمین لرزش‌ها در واحدهای دارای شیل، مارن، رس و آهک صورت گرفته است و سازند پایده گورپی^۴ بیشترین میزان تراکم زمین لرزه را به خود اختصاص داده است. (با نسبت فراوانی^۵ ۲,۳۳ درصد) و حداقل فراوانی نسبی مربوط به Mgs با مقدار ۰,۸۰ درصد است.

- انطباق نقشه‌ی شیب منطقه، با نقشه‌ی پراکنش زمین لرزش‌ها نشان می‌دهد که بیشترین میزان زمین لرزش در محدوده‌ی شیب ۱۵ تا ۲۴ درجه رخ داده است.

- انطباق نقشه‌ی ارتفاع منطقه، با نقشه‌ی پراکنش زمین لرزش‌ها بیانگر این نکته است که بیشترین میزان زمین لرزش در محدوده‌ی ارتفاعی ۱۸۰۰ تا ۲۴۰۰ متری رخ داده است. به طور کلی اختلاف ارتفاع در منطقه‌ی ممسنی زیاد است. یک بازه‌ی ۱۰۹-۲۹۳۹ متری که خود این اختلاف ارتفاع برای یک منطقه‌ی محلی^۶ باید مورد توجه قرار بگیرد و طبق قانون ایزو استازی^۷ می‌تواند یکی از عوامل ایجادکننده‌ی زلزله باشد.^۸ باید توجه کرد در مناطقی که سابقه‌ی ثبت زلزله در مقیاس ریشتری بزرگ نداشته‌اند و یک بازه‌ی زمانی با سکوت لرزه‌ای هم مواجه بوده باشند، احتمال وقوع زمین لرزه‌های بزرگ (بالای ۶ ریشتر) در آن مناطق خیلی زیاد است.

- بررسی نقشه‌ی فاصله از گسل، نشان می‌دهد که آستانه‌ی تأثیر گسل‌ها، به طور عمده تا شعاع ۹۶۰۰-۱۲۸۰۰ متر است و کمترین آن در فاصله‌ی شعاعی ۱۶۰۰-۱۲۸۰۰.

- بررسی نقشه‌ی فاصله از کانون زلزله نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر، به طور عمده در محدوده‌ی شعاع ۳۶۰۰ متر است. - بر اساس مدل AHP، سطحی معادل ۳۵۹۵۲ هکتار در رده‌ی مناطق کم خطر و ۱۷۹,۶۹۷ هکتار (۴۵ درصد) در محدوده‌ی خطر متوسط، ۱۱۸,۱۷۲ هکتار (۳۰ درصد) محدوده‌ی خطر زیاد و ۶۳,۳۸۴ هکتار (۱۶ درصد) در محدوده‌ی خطر خیلی زیاد قرار گرفته است. محدوده‌ی شمال شرق و شرق و مرکزی و جنوب منطقه‌ی مورد مطالعه بیانگر بیشترین میزان خطر زمین لرزه هستند. ناحیه‌ی جنوب غرب کمترین میزان خطرپذیری را دارا است. به طور کل هر چه از قسمت غرب (جنوب غرب) به سمت

شمال (شمال شرق) پیش می‌رویم، میزان خطرپذیری افزایش پیدا می‌کند که یکی از دلایل آن می‌تواند افزایش ارتفاع باشد. بر اساس مدل AHP، منطقه‌ی نورآباد در دو منطقه‌ی خطرپذیر قرار گرفت که سطحی معادل ۱۵۱,۶۲۸ هکتار در رده‌ی مناطق خطر متوسط و ۹۸,۳۵۷ هکتار در منطقه‌ی با خطر زیاد قرار می‌گیرد.

با انطباق لایه‌ی خطوط لوله‌ی گاز نورآباد با نقشه‌ی پهنه‌بندی نورآباد نتایج نشان داد که مترازی معادل ۱۵۱,۶۲۸ متر (۶۱ درصد) از خط لوله‌ها در پهنه‌ی با خطر متوسط و ۹۸,۳۵۷ متر (۳۹ درصد) در پهنه‌ی با خطر زیاد قرار می‌گیرد؛ که بر اساس تقسیم‌بندی بر اساس فشار لوله که یکی از عوامل مهم در گاز است، میزان دو فشار ۲۵۰ پوند و ۶۰ پوند در منطقه‌ی خطر متوسط به ترتیب برابر با ۱۰,۲۵۴ متر (۶,۷۶ درصد) و ۱۴۱,۳۷۴ متر (۹۳,۲۴ درصد) و در منطقه‌ی با خطر زیاد ۲۵۰ پوند برابر با ۳,۵۳۲ متر (۳,۵۹ درصد) و ۶۰ پوند برابر با ۹۴,۸۲۴ (۹۶,۴۱ درصد) است.

- بر خلاف روش آنروپی که در آن نظر کارشناسان دخالت دارد، در روش AHP به کمک رابطه‌ی ریاضی و خصوصیات منطقه اقدام به وزن دهی به لایه کردیم و نتایج نشان داد که به ترتیب سازند زمین‌شناسی، فاصله از کانون زلزله، ارتفاع، شیب و فاصله از گسل قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری

داشتن شناخت دقیق از ویژگی‌های هر حوزه‌ی شهری، تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای پایش مخاطرات طبیعی، استفاده از قابلیت‌های طبیعی شهر، مکان‌یابی بهینه و سرانجام مدیریت و تصمیم‌گیری در امور شهری را امکان‌پذیر می‌سازد.

نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لرزه در منطقه‌ی مورد مطالعه که در محدوده‌ی خطرپذیری زیاد و خیلی زیاد قرار دارد، پیش‌زمینه‌ای در شناخت عوامل مؤثر در وقوع زمین لرزه، رخداد آن و مدیریت خطر در زمان بحران‌های مربوط به خطوط لوله‌ی گاز است. هدف از تحقیق حاضر پهنه‌بندی منطقه از نظر خطر وقوع زمین لرزه و بررسی وضعیت خطوط لوله‌ی گاز در این پهنه‌بندی با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی است. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش زمین لرزه‌ها، لایه‌های اطلاعاتی شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از کانون زمین لرزه و سازند زمین‌شناسی به‌منزله‌ی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لرزه در منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب گردیدند. اولویت‌بندی عوامل مؤثر با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان داد که لایه‌ی فاصله از کانون زلزله و فاصله از گسل بیشترین تأثیر را بر وقوع زمین لرزه در منطقه و شاخص سازند زمین‌شناسی کمترین تأثیر را داشته است؛ همچنین پهنه‌بندی نشان داد که خطوط لوله‌ی ۶۱ درصد در منطقه با خطر متوسط و ۳۹ درصد با خطر زیاد روبه‌رو هستند و نقشه‌ی پهنه‌بندی نشان می‌دهد که شهر به سمت مناطق با خطر زیاد در حال گسترش است. بنابراین برای پیشنهاد می‌توان گفت که نقشه‌ی پهنه‌بندی مذکور همراه با پوشش خطوط لوله بر روی آن می‌تواند یک دید کلی از وضعیت منطقه از نظر خطرپذیری

زمین‌لرزه و موقعیت خطوط لوله و تأسیسات TBS و CGS که جزو تأسیسات مهم گاز است را برای مدیریت بهتر بحران به مدیران بدهد و توصیه می‌شود سایر پژوهشگران برای مدیریت بهتر قبل و بعد از بحران در مناطق دارای خطرپذیری بالا که دارای وضعیت مشابه از نظر فقدان نقشه‌های سیستم یکپارچه‌ی گاز و نقشه‌های پهنا بندی مورد نیاز برای مدیریت بحران هستند نقشه‌های مشابه تهیه کنند.

سپاس‌گزاری

تحقیق حاضر بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد نویسنده‌ی اول (سیده الهه منصوریان) در دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، دانشکده مهندسی (گروه سنجش از دور و GIS) است و این پایان‌نامه با حمایت مالی و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران اجرا گردیده است. بدین وسیله از همه‌ی زحمات و همکاری‌های ارزنده‌ی کارکنان سازمان مذکور قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت

1. Tudes & Yigiter
 2. Rashed
 3. Tang and Wen
 4. KEpd - gu
 5. Ferquency Ratio
 6. local
 7. Isostasy
۸. ایزوستازی: اجزای مختلف پوسته‌ی زمین مثل کوه‌ها، دشت‌ها و دریاها، به صورت فرورفتگی‌های نامنظمی که در قسمت بالایی پوسته قرار نگرفتند، بلکه تمام این اجزا به حالت تعادل نسبی قرار دارند که این امر به کاهش یا افزایش وزن مخصوص و نیز تغییر ضخامت آن‌ها منجر می‌شود. مطابق نظریه‌ی ایزوستازی در زیر سطح زمین، سطحی به موازات سطح زمین وجود دارد که فشار وارده از کوه‌ها، دشت‌ها و دریاها در آن سطح مساوی است. این سطح به نام سطح تعادل یا سطح ایزوستازی نامیده می‌شود. زمین زمانی که برجستگی زیاد یعنی ارتفاع زیاد داشته باشد سنگین می‌شود و تمایل دارد نشست کند و مناطقی که فرو رفته است تمایل دارد به سمت بالا حرکت کند و به تعادل و در نهایت به ثبات و پایداری برسد.

منابع

۱. رجبی فرد، عباس (زمستان ۹۳). *زیرساخت اطلاعات مکانی و مدیریت زمین*. سازمان فناوری و اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
۲. رئیسی، رضا (۱۳۸۹). کاربرد GIS در مدیریت بحران زلزله‌ی شهر شهرکرد، همایش ژئوماتیک ۸۹، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.
۳. کرامتی، صفی‌اله؛ محمدی، بهمن؛ سلیمی، توحید؛ مقدمی، حسین؛ حقیقی، کاوه (۱۳۹۱). مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری شریان‌های حیاتی در زلزله در استان زنجان. *دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران: نقش فناوری‌های نوین در کاهش آسیب‌پذیری ناشی از حوادث غیرمترقبه*.
۴. طالب، مهدی (۱۳۸۰). شیوه‌ی سکونت‌گزینی و گونه‌های مسکن روستایی، *انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی*.
۵. پورمحمدی، محمدرضا؛ مصیبت زاده، علی (۱۳۸۷). آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در آمادگاری آن‌ها. *مجله‌ی جغرافیا و توسعه*، شماره‌ی ۱۲.
۶. شکرچی زاده، محمد (۱۳۹۴). *مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی*، شهرپور ۹۴.
۷. یوسفی، طهمورث (۱۳۸۹). معرفی گسل عامل زلزله‌های اخیر (دی‌ماه ۸۹)

- منطقه‌ی نورآباد ممسنی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدن کشور - مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافی معدنی منطقه‌ی جنوب (شیراز).
۸. پناه ایمانی، علی؛ هانف؛ نادر (۱۳۸۲). پهنا بندی خطر نسبی زلزله در استان فارس. *چهارمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله*، تهران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
 ۹. شایان، سیاوش؛ زارع، غلام‌رضا (۱۳۹۳). پهنا بندی زمین‌لرزه‌های رخ داده در استان فارس طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی و مقایسه‌ی آن با دیگر یافته‌های پژوهشی. *فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی*، سال ۲۹، شماره‌ی اول، بهار ۱۳۹۳، شماره‌ی پیاپی ۱۱۲، صفحات ۸۹-۱۰۴.
 ۱۰. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. <http://www.iiies.ac.ir/f>

۱۱. نصیری، پروین؛ عبدالحمید زاده، بهمن؛ قراقرلو، علیرضا؛ قیطاسی، طاهره (۱۳۹۰). مدیریت بحران در حوادث ناشی از آسیب به شبکه‌ی گاز شهری با بهره‌گیری از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌ی موردی: شهر ایلام)، *همایش ملی ژئوماتیک ۹۰ و گردهمایی کمیته دو انجمن بین‌المللی ISPRS اردیبهشت ۱۳۹۰ سازمان نقشه‌برداری کشور تهران*.
۱۲. حسنی نعمت، (۱۳۸۴). گزارش مرحله‌ی اول پروژه‌ی مطالعات آسیب‌پذیری، بهسازی و مدیریت بحران سیستم گازرسانی تهران بزرگ در مقابل زلزله. مرکز مطالعات بحران‌های طبیعی در صنعت، دانشگاه صنعت آب و برق.

13. Tudes, S. Yigiter, N, D. (2009). Preparation of land use planning model using GIS based on AHP: case study Adena - Turkey, Bull Eng Geol Environ, DOI 10.1007/s10064-009-0247-5.

14. Rashed, T (2007). An Integrative GIS and Remote Sensing Model for Place – based Urban Vulnerability Analysis, pp: 199/224, in Mesev V(Ed.) (2007), integration of GIS and Remote Sensing, John Wiley & Sons, New York.

15. Tang, A., and Wen, A. (2009). An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, Computers & Geosciences 35, 871 – 879.

۱۶. برگی، خسرو؛ هروی، غلام‌رضا (۱۳۷۴). بررسی اثر زلزله بر خطوط لوله‌ی گاز مدفون، *نشر دانشکده فنی*، دوره‌ی جدید، سال هشتم، شماره‌ی ۲۵.
۱۷. نگارش، حسین (۱۳۸۴). زلزله، شهرها و گسل‌ها. *پژوهش‌های جغرافیایی*، دوره‌ی ۳۷، شماره‌ی ۵۲، ۹۳-۱۱۰.

۱۸. عباس زاده شهری، عباس؛ نامداری، حبیب‌اله؛ باقرزاده، فرانک؛ گودرزی، محسن (۱۳۸۷). اثر زلزله بر شریان‌های حیاتی استان همدان با نگاه ویژه به خطوط انتقال گاز، *همایش ملی مقاوم‌سازی سازه ایران*.

۱۹. پیشگاهی فرد، زهرا؛ اقبالی، ناصر؛ فرجی راد، عبدالرضا؛ بیگ بابایی، بشیر (۱۳۹۱). مدل‌سازی تعیین مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل AHP در محیط GIS جهت مدیریت بحران شهری (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۸ شهرداری تبریز). *فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی*، سال دوازدهم، شماره‌ی ۳۷، ۱۸۳-۲۰۰.

۲۰. حاتمی‌نژاد، حسین؛ منوچهری میان‌دوآب، ایوب؛ آهار، حسین؛ سالکی، محمد علی (زمستان ۱۳۹۳). *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*، دوره‌ی چهارم و ششم - شماره‌ی ۴ علمی. *پژوهشی* ۲۲/، ۶۹۷-۷۱۸.

۲۱. قائد رحمتی، صفر؛ خادم‌الحسینی، احمد؛ سیاوشی، طاهره (۱۳۹۲). تحلیل میزان ریسک‌پذیری سکونتگاه‌های شهری لرستان از خطر زلزله. *جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای*، شماره‌ی ۹، ۱۰۴-۱۴۰.

۲۲. تشکری سبزواری، علیرضا. (۱۳۹۳). *پهنا بندی خطر زلزله در شهر سبزواری با استفاده از روش‌های MADM و مدل‌سازی در GIS*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.

۲۳. رحمانیان کوشککی، مهدی؛ سید عبدالرضا محمدی و یعقوب زارعی

۱۳۹۳). مدل سازی تعیین مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل AHP در محیط GIS در راستای مدیریت بحران مطالعه‌ی موردی: شهرستان مرزی سراوان. دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری، تهران، دبیرخانه دائمی کنفرانس ملی مدیریت بحران.

۲۴. کریمی کردآبادی، مرتضی؛ نجفی، اسماعیل (۱۳۹۴). ارزیابی خطر زلزله با استفاده از مدل ترکیبی FUZZY-AHP در امنیت شهری (مورد مطالعه منطقه یک کلان شهر تهران). مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ششم، شماره‌ی ۲۰، ۱۷، ۲۴.

25. ISC: <http://www.isc.ac.uk>.

26. ISS: https://earthquake.usgs.gov/data/iss_summ.php.
۲۷. شاه ولی، شیلا؛ گرجی، فاطمه (۱۳۹۳). سالنامه‌ی آماری شهرستان ممسنی سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱. انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و اشتغال استانداری فارس- دفتر آمار و اطلاعات و GIS، چاپ اول.
۲۸. قدسی پور، سید حسن (۱۳۸۱). مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره: فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP). تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.