Vol. 8, No. 4, Ser (31) 2019

Evaluation of the Relationship between the Fault's lineament Index, and Seismicity, along the Railway lines of Hormozgan Province

Mohsen Pourkhosravani[1*], Ali Mehrabi [2] Zahra Amirjahanshahi[3]

1- Assistant Professor, Department of Geography Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman Iran

2- Assistant Professor, Department of Geography Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman Iran

3- MA student of natural hazards, Department of Geography Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman Iran

Abstract

Research question: faults are the most important factor in creating an earthquake, basically, having different seismic powers, and able to create small and large earthquakes. Therefore, identifying the faults found in each region, and recognizing their type and range of activities, can greatly reduce the damage caused by their performance.

Purpose: this research tries to evaluate the relationship between the fault's lineament index, and seismicity, along the railway lines of Hormozgan Province.

Research Methodology: The lineament index, as a quantitative measure of the severity of fault in each region, is a function that in processing of which, the number, length, and intersection of the faults per area-unit, are subjected to computational calculation. For this purpose, the faults of the region, in a distance of 100 kilometers from the railway lines, are extracted from the railway lines using the geological maps and radar images and then the lineament index is calculated using the Arc GIS software, and finally preparing this Location map, using this index.

Results: Investigating the relationship between seismic data and fault density, with the distribution pattern of lineament index, indicates the relative correlation between faults density, also the distribution pattern of earthquakes with the lineament index in the studied area. In a way that, results showed that 15.33% of the total seismicity occurred in the area (the seismicity higher than 4 Richter) in the Pf5 index category, encompassed only 4.26% of the total area surface. And only 3.54% of the earthquakes occurred in the Pf1 index category, which accounted for the highest percent (27.07%) of the region. In other words, by increasing the lineament index, the density of earthquakes occurred in the area is also increased.

Innovation: This research is unprecedented due to its study of the fault density, as well as the relationship between the fault lineament's area and the number of earthquakes.

Key Words: Railways, lineament Index, Fault, Seismicity, Hormozgan Province.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)
سال هشتم، شماره چهارم، (پیاپی ۳۱) زمستان ۱۳۹۷
تاریخ وصول: ۹۷/۰٦/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۷
صص: ۱۲٤ -۱۱۱

ارزیابی رابطهٔ شاخص خطوارگی گسل‌ها با لرزه‌خیزی در محدودهٔ خطوط ریلی استان هرمزگان

محسن پورخسروانی [۱*]، علی مهرابی [۲]، زهرا امیرجهانشاهی [۳]

۱- استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات طبیعی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

طرح مسئله: گسل‌ها، مهم‌ترین عامل ایجاد زلزله هستند که توانایی‌های لرزه‌ای متفاوتی دارند و زلزله‌های کوچک و بزرگی را ایجاد می‌کنند؛ بنابراین شناسایی خطاهای موجود در هر منطقه و شناخت نوع و دامنهٔ فعالیت گسل‌ها، آسیب‌های عملکرد آنها را به‌شدت کاهش می‌دهد.

هدف: این پژوهش سعی دارد رابطهٔ شاخص خطوارگی گسل‌ها را با لرزه‌خیزی در محدودهٔ خطوط ریلی استان هرمزگان ارزیابی کند.

روش: شاخص خط‌وارگی، معیاری کمّی از شدت گسلش هر منطقه، تابعی است که در پردازش آن تعداد، طول و تقاطع گسل‌ها در واحد سطح محاسبهٔ مکانمند می‌شود. بدین منظور گسل‌های منطقه در فاصلهٔ ۱۰۰کیلومتری از خطوط ریلی با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر رادار استخراج، سپس شاخص خطوارگی[1] با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS محاسبه و درنهایت با استفاده از این شاخص نقشهٔ مکانی تهیه شد.

نتایج: بررسی ارتباط داده‌های لرزه‌ای و تراکم گسلی با الگوی توزیع شاخص خطوارگی نشان‌دهندهٔ همبستگی نسبی تراکم گسل‌ها و همچنین الگوی توزیع زلزله‌ها با شاخص خطوارگی در محدودهٔ مطالعاتی است؛ به‌طوری‌که یافته‌های پژوهش نشان داد ۱۵/۳۳درصد از کل لرزه‌های رخ‌داده در منطقه (لرزه‌های بیش از ٤ ریشتر) در طبقهٔ شاخص Pf5 واقع شده‌اند که فقط ٤/٦۲درصد از کل مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است؛ همچنین فقط ۳/٥٤درصد از زلزله‌های رخ‌داده در طبقهٔ با شاخص Pf1 قرار گرفته‌اند که بیشترین درصد (۲۷/۰۷درصد) از منطقه را به خود اختصاص داده است؛ به بیان دیگر با افزایش شاخص خطوارگی، تراکم زلزله‌های رخ‌داده در منطقه نیز بیشتر می‌شود.

نوآوری: این پژوهش به دلیل بررسی تراکمی گسل‌ها و همچنین بررسی رابطهٔ مساحت خطوارگی گسل‌ها با تعداد زمین‌لرزه‌ها در نوع خود بی‌سابقه است.

واژه‌های کلیدی: خطوط ریلی، شاخص خطوارگی، گسل، لرزه‌خیزی، استان هرمزگان.

[1] lineament factor Photo

* نویسنده مسؤول pourkhosravani@uk.ac.ir

مقدمه

زلزله عبارت است از حرکت و ارتعاش شدید بخشی از پوستهٔ زمین با تمام مواد و سازه‌های روی آن در اثر حرکت‌های چین‌خوردگی، آتشفشان یا تنش‌های موجود در پوستهٔ زمین (بیرودیان، ۱۳۸۵: ۷۹)؛ به بیان دیگر زمین‌لرزه عبارت است از لرزش‌های قابل اندازه‌گیری سطح زمین که در اثر امواج حاصل از رهاشدن ناگهانی انرژی در درون زمین به وجود می‌آید (معماریان، ۱۳۸۱: ۵۰۲).

زلزله، یکی از مخاطرات طبیعی و پیش‌بینی‌ناپذیر است که چندین خطر را همزمان به جامعه تحمیل می‌کند. این مخاطره به‌طور بالقوه باعث ازدست‌رفتن اقتصاد، دارایی‌ها، زیرساخت‌ها و جمعیت می‌شود (Fredrick et al, 2015: 65). در همین راستا موقعیت ساختاری و تکتونیکی ایران موجب شده است زلزله به‌مثابهٔ یکی از شایع‌ترین مخاطرات طبیعی در آن خسارات زیادی را به بار آورد.

به‌طور کلی هنگامی که در معرض خطراتی مانند زلزله قرار داریم، وظیفهٔ اصلی انتخاب روشی یکپارچه و انعطاف‌پذیر برای ارزیابی خطر لرزه‌خیزی با توجه به شاخص‌های دردسترس است. هر عاملی که در پوستهٔ زمین حرکت و ارتعاش ایجاد می‌کند، عامل ایجاد زلزله تلقی می‌شود؛ اما معمولاً گسل‌ها، مهم‌ترین عامل در ایجاد زلزله در سطح کرهٔ زمین‌اند. اصولاً گسل‌ها توان لرزه‌ای متفاوتی دارند و در صورت رهاسازی انرژی ذخیره‌شده، زلزله های کوچک و بزرگی را به وجود می‌آورند. بدون تردید بین گسل و زلزله رابطهٔ نزدیکی برقرار است و بیشتر زلزله‌ها بر گسل‌های قدیمی متمرکزند. این مسئله هم دربارهٔ گسل‌های بزرگ و هم دربارهٔ گسل‌های کوچک تقریباً صادق است (نگارش، ۱۳۸۲: ۵)؛ بنابراین شناسایی گسل‌های موجود در هر منطقه و تشخیص نوع و دامنهٔ فعالیت آنها، کمک بزرگی به کاهش خسارات ناشی از عملکرد آنها خواهد کرد (رامشت، ۱۳۷۵: ٤۲).

پیشینهٔ پژوهش

در همین راستا پژوهش‌های متعددی برای ارزیابی عوامل مؤثر بر لرزه‌خیزی مناطق مختلف صورت گرفته است؛ ازجمله شجاعی اناری و همکاران (۱۳۹٦) ضمن بررسی رابطهٔ شاخص خط‌وارگی گسل‌ها و لرزه‌خیزی در استان کرمان نتیجه می‌گیرند تشابه نسبی میان الگوی توزیع زلزله‌ها با توزیع کلاس‌های شاخص خط‌وارگی گسل‌ها وجود دارد.

ادیب و همکاران (۱۳۹۵) ضمن پهنه‌بندی لرزه‌ای شرق استان یزد براساس زلزله‌ها و گسل‌های کواترنری و با استفاده از مدل‌سازی فرکتالی نتیجه می‌گیرند این روش در مطالعات پهنه‌بندی نسبی حرکت زمین و تعیین ارتباط طول، تراکم و تقاطع گسل‌ها با چشمه‌های بالقوهٔ زمین‌لرزه کاربرد دارد و در کاهش هزینهٔ مطالعات شناخت پهنه‌های لرزه‌ای مفید است.

زارع و همکاران (۱۳۹٤) در پژوهش خود با عنوان «تحلیل خطر زمین‌لرزه و تهیهٔ نقشه‌های پهنه‌بندی جزیرهٔ خارک» بیان می‌کنند بیشینهٔ شتاب جنبش نیرومند زمین برای دورهٔ بازگشت ٤۷۵ سال در منطقه ۰/۳٦ به دست آمد.

معین زاده (۱۳۹۳) ضمن بررسی ارتباط شاخص خطوارگی و منشأ دگرسانی‌ها در کالدراهای مساحیم و بیدخوان بیان می‌کند ارتباط مثبت دگرسانی آرژیلیک با شاخص خطوارگی و ارتباط ضعیف تر دگرسانی فیلیک با این عامل در مرکز کالدراهای مساحیم و بیدخوان در کنار ارتباط نزدیک تر رژیم کلی دگرسانی‌های منطقهٔ مساحیم با شاخص خطوارگی، نشان‌دهندهٔ تأثیر شدیدتر گسل‌ها بر فرایندهای برون‌زاد نسبت به فرایندهای درون‌زاد در سطح این نواحی است.

قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۱) ضمن بررسی پتانسیل تخریب لرزه‌ای منطقهٔ یک شهر تهران با استفاده از مدل‌های چند شاخصه نتیجه می‌گیرند حداکثر پتانسیل لرزه‌خیزی در بخش شمالی منطقهٔ یک به دلیل بیشترین برون‌زدگی‌های آبرفت‌های قدیمی‌تر روی آبرفت‌های جدیدتر، حضور گسل‌های اصلی و لرزه‌زا، بیشترین ضریب خمیدگی و حضور شبکه‌های آبرفتی اصلی وجود دارد.

ماروکیان[1] (۲۰۰۸) ضمن بررسی نقش مورفوتکتونیک در شبکهٔ زهکش در پراچور[2] یونان نتیجه می‌گیرد توسعهٔ سیستم‌های زهکشی پراچور و پیزا[3] در اواخر کواترنری به‌طور عمده وابسته به گسل‌های تکتونیکی در سیستم‌های گسلی کرانهٔ ساحلی است که باعث بالاآمدگی تراس‌های دریایی شده‌اند.

اهمیت و اهداف پژوهش

شبکه‌های ارتباطی و به‌ویژه شبکهٔ ریلی راه‌آهن که شامل سازه‌ها، پل‌ها، تونل‌ها و ابنیهٔ مسیر است، ازجمله زیرساخت‌های مهم و شریان حیاتی جوامع بشری و یکی از عوامل مهم توسعهٔ اقتصادی در کشورهای مختلف و به‌ویژه ایران است؛ زیرا با توجه به ویژگی‌های ساختاری و توپوگرافیک کشور ایران شبکهٔ ریلی، مناسب‌ترین و سازگارترین نوع خطوط ارتباطی در این کشور است که همین موضوع لزوم حفظ و گسترش این نوع شبکهٔ ارتباطی را دو چندان می‌کند؛ بنابراین ارزیابی عوامل مؤثر بر لرزه‌خیزی خطوط ریلی و زیرساخت‌های جانبی این خطوط تأثیر بسزایی در کاهش خسارات و حفظ این زیرساخت‌های حیاتی دربرابر مخرب‌ترین مخاطرهٔ این مناطق یعنی زلزله خواهد داشت.

استان هرمزگان به دلیل قرارگیری در کمربند چین‌خورده – راندهٔ زاگرس، خطواره‌ها و گسل‌های پی‌سنگی فراوان و همچنین به دلیل رخداد زلزله‌های بزرگ در بیشینهٔ لرزه‌خیزی خود استعداد لرزه‌خیزی زیادی دارد و در بعضی مناطق، انتظار وقوع زلزله‌هایی با بزرگای بسیار زیاد می‌رود؛ بر همین اساس این پژوهش سعی دارد لرزه‌خیزی محدودهٔ خطوط ریلی استان هرمزگان را با توجه به شاخص خطوارگی گسل‌ها ارزیابی کند.

برمبنای مطالب یادشده، پرسش‌های این پژوهش بدین‌گونه مطرح می‌شود:

۱- توزیع شاخص خطوارگی گسل‌ها در منطقهٔ مدنظر چگونه است؟

۲- چه رابطه‌ای بین شاخص خطوارگی گسل‌ها و میزان لرزه‌خیزی در محدودهٔ پژوهش وجود دارد؟

[1] Maroukian
[2] Perachora
[3] Pissia

مبانی نظری پژوهش

بحران، رویداد یا واقعه‌ای ناگهانی است که با آسیب‌های جانی و مادی گسترده یا زمینهٔ بروز این‌گونه آسیب‌ها همراه و نیازمند انجام اقدامات فوری است (Alexander, 2002: 38). به‌طور کلی زلزله به‌منزلهٔ یک بحران به لرزش‌های رخ‌داده در پوستهٔ زمین گفته می‌شود که به‌طور معمول به دلیل فشار واردشده به زمین موجب گسیختگی زمین می‌شود. این گسیختگی ممکن است از چند میلیمتر تا ده‌ها متر نوسان داشته باشد. وجود این شکستگی‌ها و گسل‌ها در بلوک‌های قاره‌ای ازجمله عواملی هستند که در امتداد آنها انرژی‌های درون‌ساخت آزاد و انرژی آزادشده از سنگ‌های گسیخته به‌صورت امواج خارج می‌شود و به همین دلیل در مجاورت آنها معمولاً زمین‌لرزه‌های شدیدی صورت می‌گیرد.

زلزله، یکی از رویدادهای طبیعی است که خسارات زیادی را در مناطق مختلف ایجاد کرده است. امروزه خطر زلزله دست‌کم ۳۵ کشور دنیا را تهدید می‌کند و خود به عامل مهم مرگ‌ومیرها، آسیب‌ها، آوارگی‌ها، ضرر و زیان‌ها و تخریب‌ها در جهان بدل شده است (صیامی و همکاران، ۱۳۹٤: ٤٤).

ژئومورفولوژی با تکیه بر اصول فلسفی و جهان‌بینی سیستمی بر آن است ضمن گویاکردن مکانیسم‌های حاکم بر محیط طبیعی به گونه‌ای عمل کند که عملکردهای بشری در تقابل و تعارض با محیط قرار نگیرد. پس هنر یک ژئومورفولوژیست در مقام یک برنامه‌ریز و مدیر محیط آن است که با اشراف و آگاهی بر عوامل مورفودینامیک طبیعی واکنش محیط را در برابر عملکردهای بشری پیش‌بینی و براساس آن و با دیدی جامع‌تر به حل مسائل و تدوین خط‌مشی و سیاست‌ها و راهبردهای برخورد با محیط مبادرت کند. به‌طور کلی ریسک زلزله حاصل ساختار زمین‌شناسی و تکتونیکی مناطق مختلف و همچنین مکان‌یابی نامناسب و طراحی و مقاوم‌سازی‌نشدن زیرساخت‌ها و ویژگی‌های ساختاری و کالبدی تأسیسات است.

پیش‌بینی دقیق این مخاطرهٔ بزرگ طبیعی به‌صورت صددرصد قطعی ممکن نیست؛ ولی تعیین احتمالی مکان رخداد یک زلزله و ارزیابی شدت لرزه‌خیزی مناطق مختلف با استفاده از روش‌های مختلف امکان‌پذیر است. تجزیه و تحلیل خطر لرزه‌ای به ارزیابی ماهیت و پتانسیل زمین‌لرزه‌ها نیاز دارد؛ بنابراین تخمین بیشینهٔ بزرگی و همچنین رخداد دوبارهٔ حوادث لازم و ضروری است؛ به‌ویژه حوادثی که گسل‌های فعال ایجاد می‌کنند (بوستان و طاهرنیا، ۱۳۹۳: ۲۸). روش‌های مختلفی مانند روش‌های آماری و تحلیلی برای سنجش میزان لرزه‌خیزی مناطق مختلف ابداع و استفاده شده است؛ اما شاخص خط‌وارگی گسل‌ها ازجمله روش‌هایی است که به علت تأثیر عوامل اساسی گسل‌ها در محاسبهٔ آن، میزان خطر لرزه‌ای مناطق مختلف را با دقت زیادی محاسبه می‌کند.

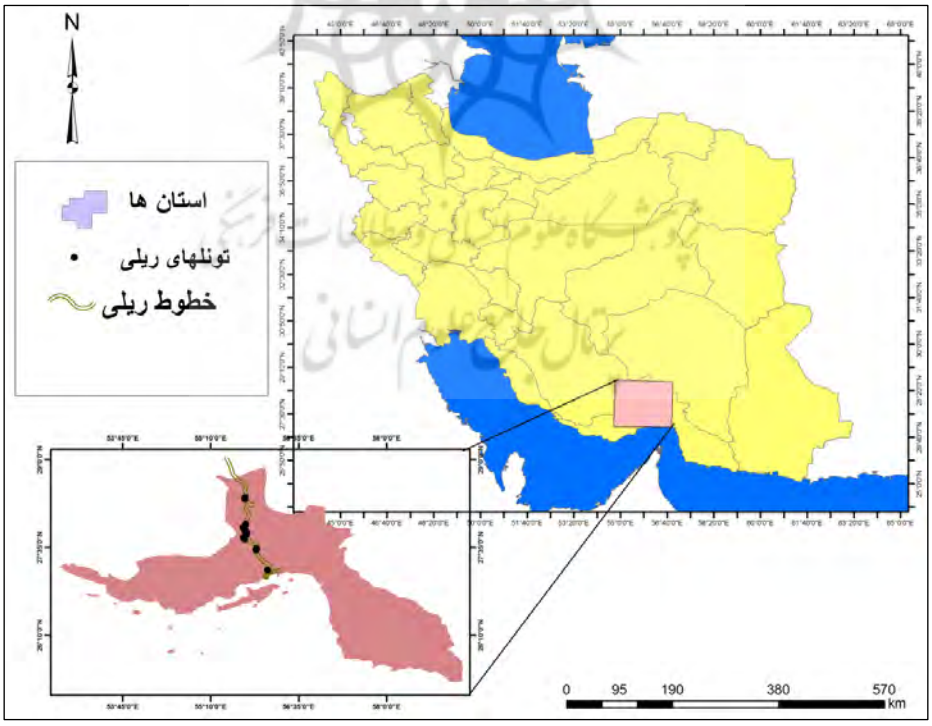
روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی است و با بهره‌گیری از روش ژئوماتیک آسیب‌پذیری لرزه‌ای تونل‌ها را ارزیابی می‌کند. این مطالعه برمبنای محاسبهٔ برداری عوامل طولی، عددی و تقاطعی گسل‌ها در واحد سطح از شبکه‌ای منظم، ایجاد بردارهای مکانمند از عوامل یادشده و ایجاد نقشه‌های رقومی جبرپذیر برای ساختارها طراحی شده است.

بدین منظور تعداد ۱۰۱۷ گسل منطقه که در فاصلهٔ ۱۰۰کیلومتری از محدودهٔ ۲۳ عدد تونل خطوط ریلی هرمزگان قرار گرفته بودند، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ و تصاویر رادار استخراج و سپس شاخص خط وارگی[1] که نمایی از شدت گسلش در هر منطقه است با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد. اطلاعات این روش که با استفاده از مطالعات میدانی و اسناد کتابخانه‌ای، نقشه‌های پایه و تصاویر ماهواره‌ای گردآوری شده‌اند و تجزیه و تحلیل و نرمالیزاسیون جبری اعداد به‌دست‌آمده برای هر عامل در سلول‌های کل شبکهٔ منطقه به تهیهٔ نقشه‌های مستقل هر عامل منتهی شد. نقشه‌های رقومی استخراج‌شده برای عامل نهایی کنترل‌کنندهٔ خط واره در سلول‌های سطحی طراحی‌شده در قالب شبکه‌ای منظم بررسی درون‌یابی و در قالب شاخصی کمّی با عنوان خط وارگی به شکل نقشه‌های رستری ارائه شد؛ سپس این ویژگی به‌مثابهٔ یکی از عوامل مهم برای لرزه‌خیزبودن ناحیه به‌صورت نقشه‌ای مکانی تهیه گردید (Haralick, 1987: 6).

محدودهٔ پژوهش

منطقهٔ پژوهش در ٧٦ ذ٥٤ تا ٨٧ ذ٥٦ طول شرقی و ٠٣ ذ٢٧ تا ٧١ ذ٢٨ عرض شمالی در استان هرمزگان واقع شده است. این منطقه در کمربند چین‌خورده- راندهٔ زاگرس در قسمت میانی کمربند کوهزایی آلپی قرار گرفته است و ازجمله جوان‌ترین کوهزادهای سنوزوئیک محسوب می‌شود. این کمربند با روند شمال غرب، جنوب شرق ۱۸۰۰ کیلومتر طول دارد؛ همچنین در جنوب غرب به فروافتادگی خلیج فارس و سپر عربستان ختم و در شمال شرق با گسل اصلی زاگرس از پهنهٔ سنندج- سیرجان جدا می‌شود (شکل ۱).



شکل- ۱: موقعیت منطقهٔ پژوهش

[1] lineament factor Photo

تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

شاخص خط‌وارگی ویژگی‌ای است که با عواملی از قبیل طول، تعداد و تقاطع خط‌واره‌ها در هر محدوده کنترل می‌شود. یکی از عوامل مهم مؤثر در لرزه‌خیزی در هر ناحیه‌ای گسلش و شکستگی‌های موجودند که درواقع راهی برای تخلیهٔ انرژی ذخیره‌شدهٔ درون زمین محسوب می‌شوند (اکبری، ۱۳۸۵: ۱۰؛ Burger, 2000: 8).

برای محاسبهٔ شاخص خط‌وارگی، شبکه‌ای ۱۰*۱۰ شامل سلول‌های ۲۰*۲۰ کیلومتر روی نقشهٔ به‌دست‌آمده از گسل‌های منطقه قرار داده و در هرکدام از این سلول‌ها عامل خط‌وارگی بدین ترتیب محاسبه شد:

فرمول ۱

$$\mathrm{Pf} = \left(\frac{a}{A}\right) + \left(\frac{b}{B}\right) + \left(\frac{c}{C}\right)$$

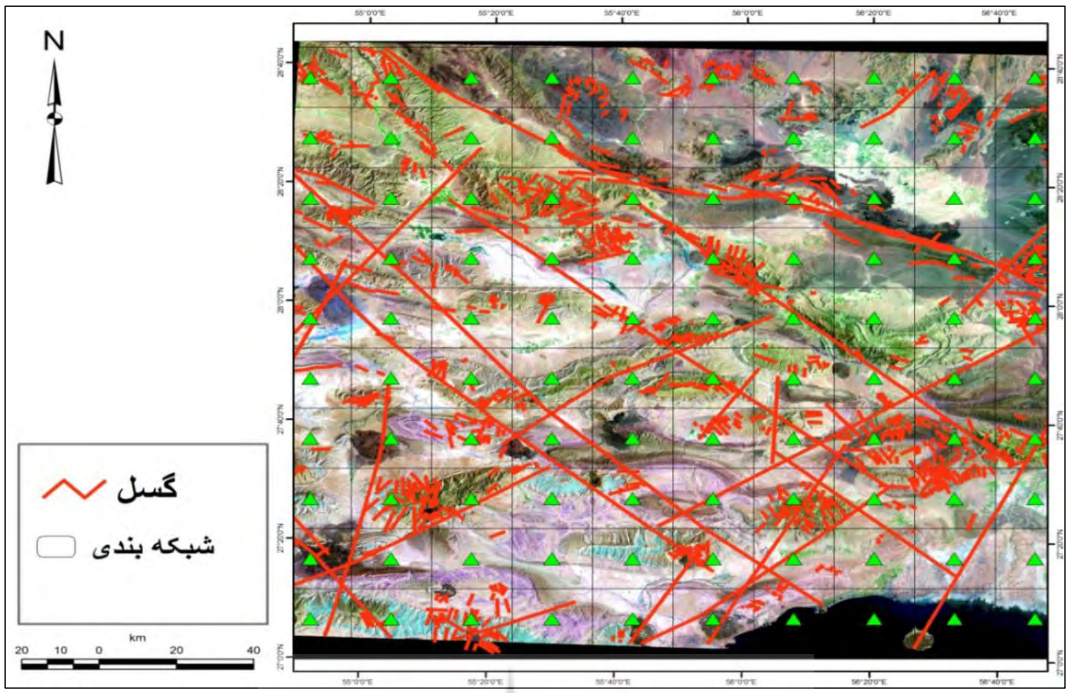
به‌طوری که a طول گسل‌های هر سلول، A میانگین طول کل گسل‌ها، b تعداد گسل‌ها در هر سلول و B میانگین تعداد کل گسل‌ها در تصویر، درنهایت c تعداد تقاطع گسل‌ها در هر سلول و C میانگین کل تقاطع‌های گسل‌ها در تصویر هستند (بهرام‌بیگی، ۱۳۹۶: ۷). جدول (۱) شاخص خط‌وارگی محاسبه‌شده را در منطقهٔ پژوهش نشان می‌دهد.

جدول- ۱: شاخص خط‌وارگی گسل‌ها در محدودهٔ پژوهش

شاخص خط‌وارگی	برخورد گسل	تعداد گسل	طول گسل	شمارهٔ سلول	شاخص خط‌وارگی	برخورد گسل	تعداد گسل	طول گسل	شمارهٔ سلول
۲/۲۶۵۲۲٤۱۹۷	۲	۵	۵۹/۰٦٦٤۳۷	۵۰	۰/۸۵۲۲۱۷۷۳۸	۰	٤	۲۸/۳۵۸٤۸	۰
۱/۵۰۷۷۱۲۵۱۵	۱	۵	۳۸/۹۵۳٤۰۷	۵۱	۱/۰۰۷۰۷۳٤۵۷	۰	۵	۳۲/۳۸۰۳۸۸	۱
۲/۷٦۰۰۸۹۵۵۳	۳	۱۰	٤٤/٦۳۱٦٦۵	۵۲	۸/۷۳۹۷٦۲۷٤۵	۷	٤۱	۱۵۲/۲۰۰۱۱۲	۲
۳/٦۷۸۳۲۳٤۸	۵	۱۵	۳۲/٦۹٦۹۰۸	۵۳	۰/٤۱٤۰۰٤۸۹۱	۰	۱	۱۷/٦۸۱۹۱۸	۳
۵/۸٦۲۳٤۵۸۲٦	٦	۲۵	۸٦/۵۹۵۸۲٤	۵٤	۱/۱۷۱۲۰۸۲۸٦	۰	٦	۳٦/۸۹۱٤۰۷	٤
٦/۹٤۰۵۱٦۷٦۹	۱۱	۲۰	٦۵/۰٤۹۹۲۵	۵۵	۱/۵۹۸۲۲۷۰۵٤	۰	۹	٤٦/۹۷۷۹۱۸	۵
۱/۹٤۱٦۱۳٤۰۹	۱	۹	٤۵/۲٦۱۹۹۱	۵٦	۲/٤۷۲۵۰۷۹۹٦	۱	۲۰	۲۷/٦۹۸۳۷٤	٦
۰/۱۵۱۱۳۲۸۵۳	۰	۱	۳/۸۲۵٦۷۲	۵۷	۰/۰۸٦۸٦۳۹۸۲	۰	۱	۰/٤۳۷۹۹٦	۷
۱/۲۱۳۵۷۸۳۸۳	۱	۵	۲۳/٤٤۹۳۰۵	۵۸	۰/٤۷۱۹٦۵۵۷۱	۰	۱	۲۰/۷۳۷۰۸۳	۸
۱۳/۲۸٤۲٦۲۰۳	۱۸	٤۱	۱۷۳/۷٦۷۳۹۱	۵۹	۰	۰	۰	۰	۹
۲/٦۷۵٤۰۲۱۲۵	۳	۸	٤۸/٤٤۹۰۸۸	٦۰	۳/۷۲۵٦۰۲۸۷٤	۵	٦	۷۲/٤۵۵۲٦۸	۱۰
۳/۰۸٤۳٦۲٦۳۷	۲	۱۱	۷۷/۳۹۹۸۹۳	٦۱	۲/۲۱۵۲٦۵۱۳۱	۲	۸	٤٤/۰۱۰۹۷۳	۱۱
۱/۳٦۳٦٦۸۹۵۸	۰	۹	۳٤/٦۱٤۱۲۸	٦۲	۱/۰۵۹۱٦۲۳۷	۱	٦	۱۱/۱٦۹۱۹۳	۱۲
۱/۱۲۹۳۹٦۵۷٦	۰	۵	۳۸/۸۲۸۱٦۱	٦۳	۰	۰	۰	۰	۱۳
۸/۳۱۸۱٦۳۹۲٦	۱۳	۲٤	۸۱/٤۷۱۹۸٦	٦٤	۰/۵۱۲۹۱۵٦۸٤	۰	٤	۱۰/٤۷۳۵۳۲	۱٤
۱۰/٤٤۷٦۵۷۳٦	۱٤	۳٤	۱۳۲/٤۹٦٦۲۹	٦۵	۸/٦۱۰۰۳۵۸۵٤	۱۳	۲٤	۹٦/۸۵٦۸٤۵	۱۵
۰/٤۰۵٦۰٦٤۷۹	۰	۳	۸/۹۵۷۸٤۸	٦٦	۳/۸۰۲۲٤۰۵٤۵	۳	۱٦	۷٤/۷۲۰۳۳٤	۱٦
۱/۲۸۹۵۸۸۵۰۲	۰	۷	۳۸/۹۹۰٦۵۵	٦۷	۰/۸۵۲۷٤۳۳٦	۰	۷	۱۵/۹٦٤۱۱٤	۱۷
۲/۹۹۲۳۸۵۲٦۲	۲	۱۰	۷٦/٦۹۲۳٦۵	٦۸	۰/۸۱۵٦۸۸۹۵۵	۰	۲	۳٤/۷۱٤۳۹۳	۱۸
۱۱/٤۱۵۷۹٤۳۸	۱۳	٤۱	۱۷٤/۳۵۹٤۲	٦۹	۰	۰	۰	۰	۱۹

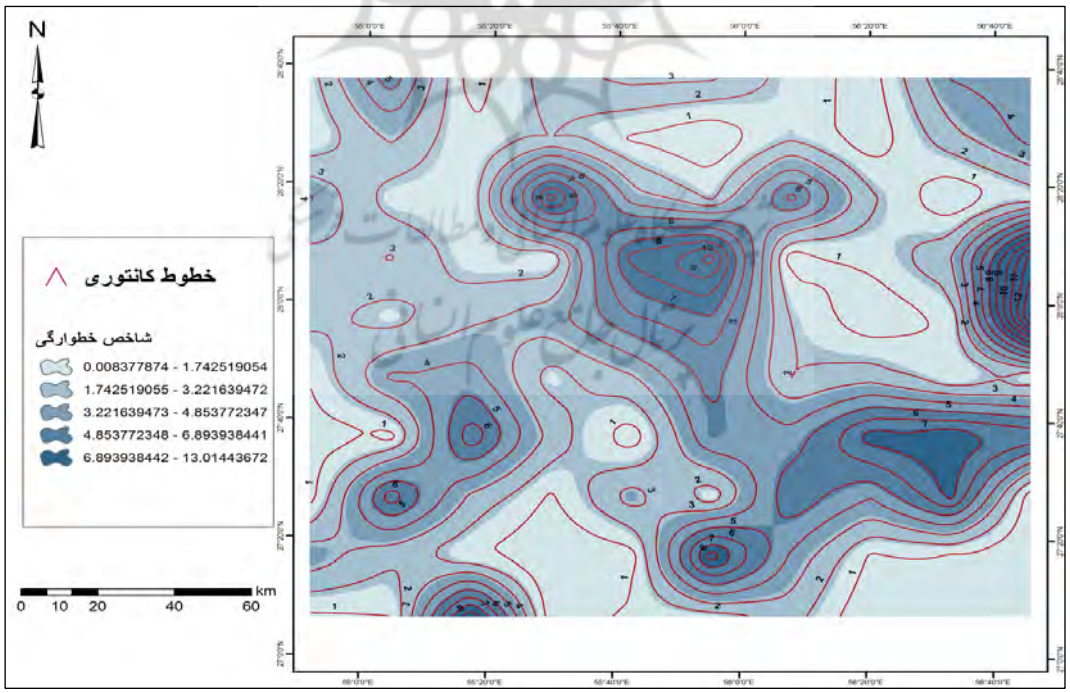
شاخص خطوارگی	برخورد گسل	تعداد گسل	طول گسل	شمارهٔ سلول	شاخص خطوارگی	برخورد گسل	تعداد گسل	طول گسل	شمارهٔ سلول
٤/٠٨٤٧٧٧٩٧	٤	١٣	٨٢/٢١٩٠٧٣	٧٠	٠/٦٦٩٩٤٤٠٦٨	٠	٤	١٨/٧٥٠٦٥٤	٢٠
١/٤٣٨٧٧٢١٣٥	٠	٩	٣٨/٥٧٢٨٩١	٧١	٦/٦٧٧٦٩٨٣٩٧	٤	٣٠	١٤٨/٥٠٢٧٣٩	٢١
١/٣٢٨٤٦٩٢٢١	٠	٦	٤٥/١٨٠٧٨٧	٧٢	٢/٧٨٣١٢٢٤٣٤	١	١٩	٤٨/٢١١٨٦	٢٢
٩/٥٥٥٢٤٨٤٧٨	١٠	٣٦	١٥٦/٤٤٠١٤	٧٣	٠/٨٦٢٨٩٤٨٢١	٠	٥	٢٤/٧٨٠٥٨٩	٢٣
٣/٥٥٢٦٧٣٨١	٢	١٥	٨٥/٥٢٢٢٧٧	٧٤	٣/٥٤٤٨٨٥٥٢٥	٤	١٠	٦٦/١٨٢٨٧٧	٢٤
١/٧٤٦٥٢٦٥٣٢	٠	١٠	٥٠/٦٥٤٢٤	٧٥	١/٢١١٧١٠٥٩٣	١	٢	٣٥/٧٧٢٩٢٤	٢٥
٦/٣٩١١٢٣١	٦	٢٢	١٢٦/٨٩٠٢٧١	٧٦	٥/٨٧٢٨١٣٢٤	٤	٣٨	٧٢/٩٥٠٩١٨	٢٦
٢/٢١٨٣٥٩٧٠٤	٢	٨	٤٤/١٧٤٠٩١	٧٧	٤/٠٨٦٣٦٢٥٩٤	٤	١٤	٧٨/١٦١٩٠٨	٢٧
٠	٠	٠	٠	٧٨	٧/٣٢٤٣٠٥٧٧٧	٦	٣٨	١٠٩/٨٢٨٢٠٥	٢٨
١/٣٨٦٠٣٩٩٢٦	١	٨	٢٠/١١٧٨٥٢	٧٩	٠/٣٧٧٦٨٥٤٨٤	٠	١	١٥/٧٦٧٤٨٦	٢٩
١/٠٩٢١٥٠٨٧٤	٠	٨	٢٤/٤٤٢٨٣١	٨٠	٠/٥١٣٢٥٣٨٨٧	٠	٤	١٠/٤٩١٣٥٩	٣٠
٣/١٦٩٣٧٢٥٥٨	٣	١٥	٤٥/٥٠١٩٢٥	٨١	٠/٦٨٠٨٧٥٤٣٧	٠	٣	٢٣/٤٦٧٥٤٨	٣١
١/٠٧١٧٠٣٩١٧	٠	٦	٣١/٦٤٦٤٣٣	٨٢	٦/٧٩٠٢٦٣٠٣٨	٦	٣٤	٩٨/٢٤١٠٤٥	٣٢
٢/٠١٦٣٢١٣٩٣	١	٩	٤٩/١٩٩٩٢٣	٨٣	٢/٦٤٩٠٧٣٣٦٢	٢	١٠	٥٨/٥٩٦٠٥٤	٣٣
٠/٨٦٦٤١٥٤٤٧	٠	٦	٢٠/٨٢٥٤٧٤	٨٤	٠/٣٠١١٦٤٥	٠	١	١١/٧٣٣٩٨٩	٣٤
٠	٠	٠	٠	٨٥	٤/٩٩٦٨٣٦٠٧٦	٧	١٧	٥٤/٢٨٣٣٠٩	٣٥
١/٨٥٤١٩٩٢٦٨	٢	٨	٢٤/٩٧٨٨٣٣	٨٦	٤/٣٨٨٠٨١٢٣٨	٣	١٨	٩٧/٣١٩١٩٧	٣٦
٠/٢٩١٠١٩٦٣٣	٠	١	١١/١٩٩٢٤٣	٨٧	٧/٥٠٠٨٠٤٥٨٢	٤	٤٠	١٥٠/٤٨٢٥٧٦	٣٧
٢/٦٤٨١٣٢٢٨٦	١	١٨	٤٥/٢٣٧٠٨٦	٨٨	٧/٨٨٠٨٢٠٩١٤	٥	٤٥	١٢٩/٩٩٣٩٩٨	٣٨
٤/٣٨٢١١٤٢٠٩	٤	٢٠	٦٨/٩٠٧١٢٥	٨٩	٦/٧٦٨٣٠٤٣٩٤	٧	٢٦	١١٠/٣٩٢٩٤٦	٣٩
١/٦١٧٨٤٧١٤٩	٠	١٠	٤٣/٨٧١٤٢٢	٩٠	١/١٢٤٨٧٠٤٨٥	١	٣	٢٧/٠٥٤٨٠٥	٤٠
٥/٦٤٤٩٤٦١٢٢	٦	١٩	٩٩/٩٨٠٦١٤	٩١	٤/٢٠٠١٠٢٧٨٤	٥	١٥	٦٠/٢٠٠٤١٣	٤١
٠/٤٩٦١٧٨١٢٤	٠	٢	١٧/٨٧٢٦٦	٩٢	٤/٤٧٦٥٩٥٨٢٣	٤	١٨	٨٢/١٦٨٧٢٦	٤٢
٢/٤٩٤٨١٥٨١٢	٢	١٥	٢٩/٧٦١٥٣٢	٩٣	١/٥٠٧١٧٨٤٦٥	١	٦	٣٤/٧٨٤٥٦٦	٤٣
٣/٢٦٧٧٠٨٥٠٦	٣	١٧	٤٢/٤٠٣٩٢٩	٩٤	٢/٨٦٥٢٢٣١٩٦	٣	١١	٤٦/٠٣٢٦٧٣	٤٤
٣/١٢٧٨٠٤٠٨١	١	٢٠	٦٢/٢٣٩٦٨١	٩٥	٥/٤٢٣٧٠٨٧١٢	٧	١٦	٨٠/٩٢٤٨٨	٤٥
١/٥٤١٤٢٠٤٧	١	٩	٢٤/١٦٧٤٢٤	٩٦	١/٩٧٩٧٣٤٨٤٧	٠	١٤	٤٦/٣٨٤١١٩	٤٦
٠/٥٧٤١٣٨٤١٧	٠	٤	١٣/٧٠٠٦٤٣	٩٧	٢/٥٧٨٩٤٤٤٧	١	١٣	٦٢/٢٩٣٥٨١	٤٧
٤/٠٤٣٣٧٩٠٠١	٤	٢٠	٥١/٠٥٢٠٥٦	٩٨	١/٠٠١٩٣٥٣٧	٠	٤	٣٦/٢٥٠٢٤٥	٤٨
٤/٧٠٩٩٢٧١٥٥	٥	٢٦	٤١/٥٢٦١٦٤	٩٩	١/٢١٤٩٠٨٤٤٧	١	٥	٢٣/٥١٩٤١٤	٤٩

منبع: نگارندگان



شکل- ۲: نقشهٔ گسل‌ها و شبکه‌بندی در محدودهٔ پژوهش

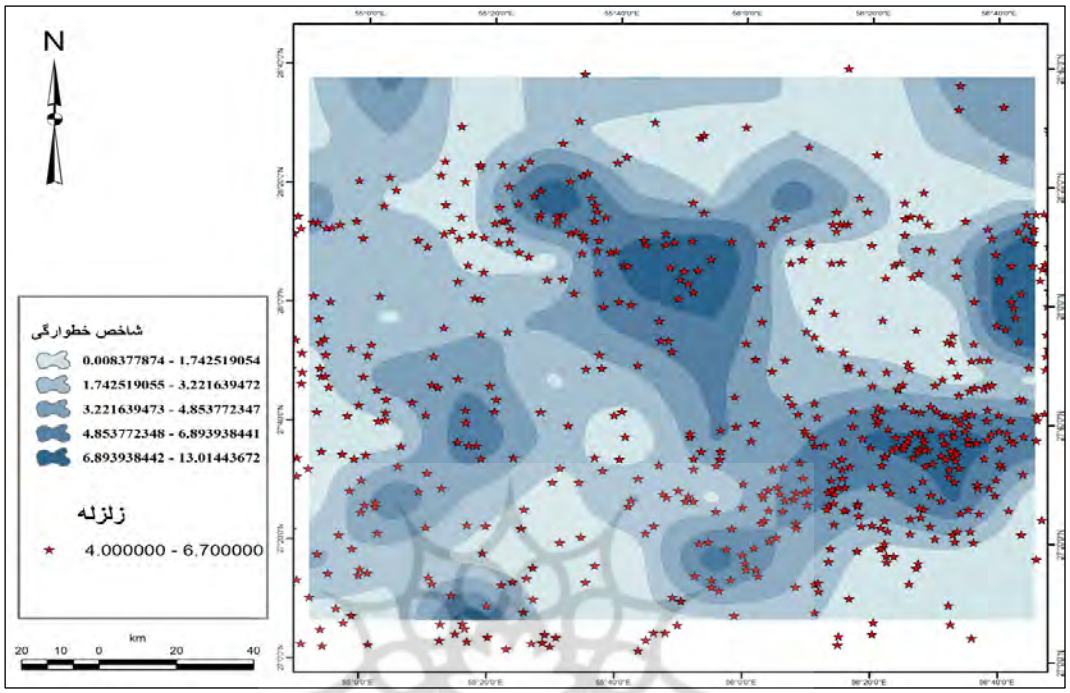
پس از محاسبهٔ عامل خط‌وارگی هر سلول با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ[1] نقشهٔ مکانی عامل خط‌وارگی تهیه شد که انطباق تراکم گسل‌ها را با شاخص خط‌وارگی نشان می‌دهد.



شکل- ۳: نقشهٔ پهنه‌بندی مکانی عامل خط‌وارگی در محدودهٔ پژوهش

[1] kriging

سپس با استفاده از داده‌های برگرفته از سایت ژئوفیزیک ایران رابطهٔ بین زلزله‌های با بزرگای بیش از ٤ ریشتر از سال ۱۹۰۲ تا ۲۰۱۸ منطقه با شاخص خط‌وارگی مطابقت داده شد. بررسی صورت‌گرفته بیان می‌کند مناطق با شاخص خطوارگی زیاد زلزله‌های بیشتری را تجربه کرده‌اند (شکل ٤).

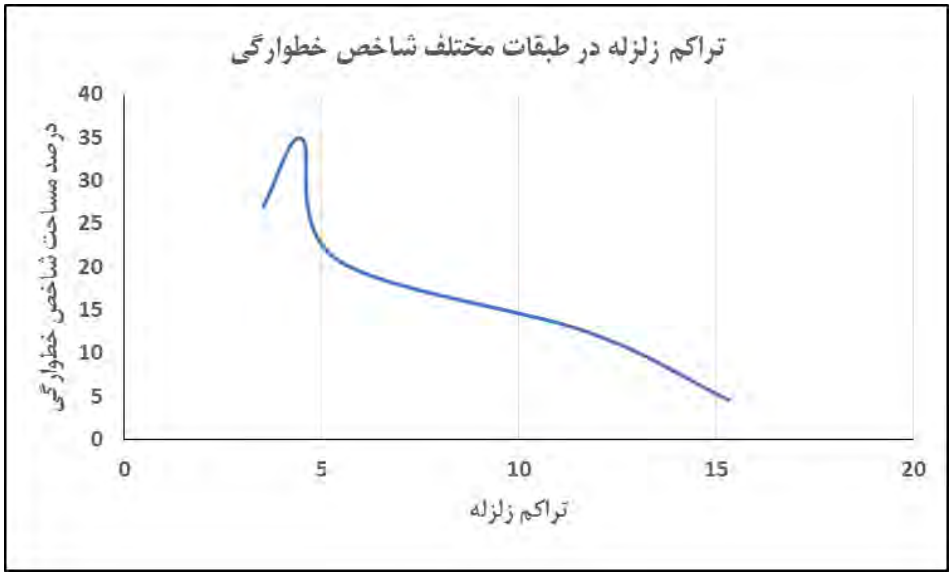


شکل- ٤: نقشهٔ توزیع فضایی زلزله‌های بیش از ٤ ریشتر با شاخص خطوارگی

جدول (۲) درصد مساحتی را که هریک از طبقات شاخص خط وارگی نسبت به مساحت کل منطقه به خود اختصاص داده‌اند و همچنین تراکم زلزله را در هر طبقه از شاخص نشان می دهد. نتایج جدول (۲) حاکی است با افزایش شاخص خط وارگی، تراکم زلزله‌ها در آن بیشتر می‌شود؛ برای نمونه شاخص Pf5 که کمترین مساحت (٤/٦۲درصد) را در منطقهٔ پژوهش به خود اختصاص داده است، بیشترین تراکم زلزله (۱۵/۳۳) را دارد. کمترین تراکم زلزله (۳/٥٤) مربوط به شاخص Pf1 است که بیشترین مساحت را در منطقهٔ مطالعاتی دارد. شکل (٥) نمودار تراکم زلزله‌ها را نسبت به درصد مساحت هریک از طبقات شاخص خطوارگی در منطقهٔ مدنظر نشان می‌دهد.

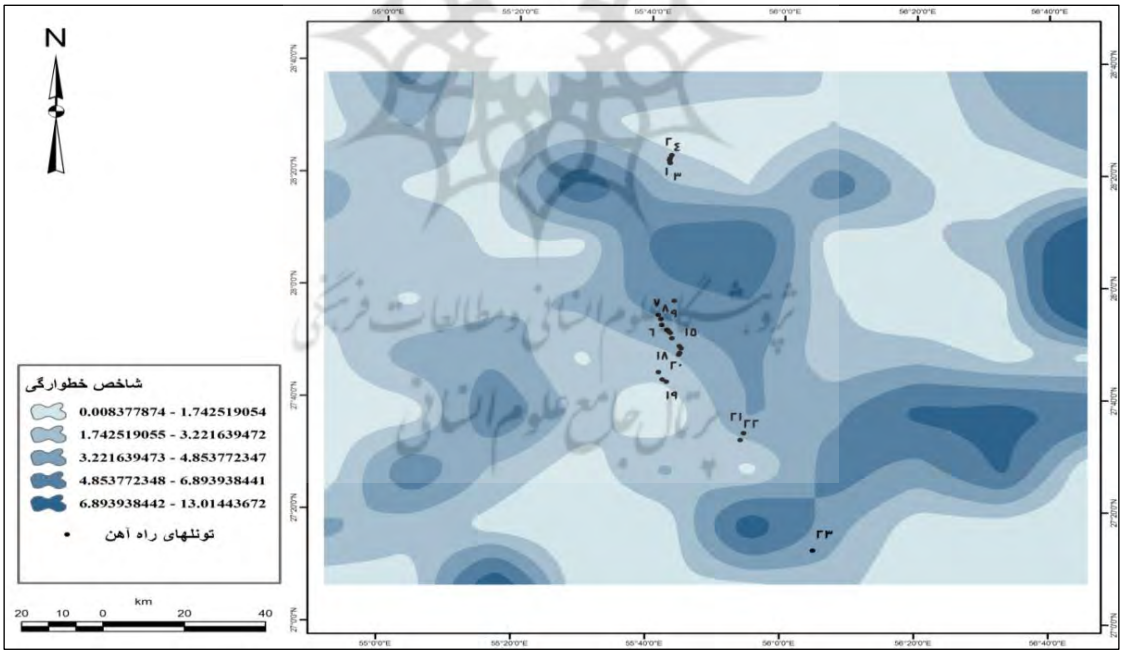
جدول- ۲: تراکم زلزله در هر طبقه از شاخص خطوارگی

شاخص خطوارگی	تعداد زلزله	درصد مساحت شاخص خطوارگی	تراکم زلزله در هر شاخص
Pf1	۹٦	۲۷/۰۷	۳/٥٤
Pf2	۱٥۸	۳٤/۸۸	٤/٥۲
Pf3	۱۱۳	۲۰/۹۱	٥/٤
Pf4	۱٤۷	۱۲/٤۹	۱۱/۷٦
Pf5	۷۱	٤/٦۲	۱٥/۳۳



شکل- ۵: نمودار تراکم زلزله‌ها نسبت به درصد مساحت طبقات مختلف شاخص خطوارگی

همچنین شکل (٦) موقعیت تونل‌های ریلی خطوط راه‌آهن را با شاخص خطوارگی نشان می‌دهد؛ بر این اساس متأسفانه موقعیت تونل‌ها انطباق زیادی با مناطق با شاخص خطوارگی زیاد دارد.



شکل- ٦: توزیع تونل‌های ریلی در مناطق با شاخص خطوارگی مختلف

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در کشورهای توسعه یافته تلفات مالی حوادث طبیعی بیشتر از تلفات جانی است؛ اما در کشورهای در حال توسعه این امر برعکس است. این موضوع برنامه‌ریزی درست و اصولی را در کشورهای توسعه‌یافته نشان می‌دهد (Ebert et al, 2008: 1307). از آنجا که امکان کنترل یا پیش‌بینی دقیق بلایای طبیعی به‌ویژه زلزله وجود ندارد، پس شناخت کافی از شرایط ساختاری و لرزه‌ای مناطق مختلف برای انتخاب مناطق کمتر آسیب‌پذیر به‌منظور احداث مناطق مسکونی و زیرساخت‌ها از الزامات برنامه‌ریزی و مدیریت محیط است. بیشتر خسارات فیزیکی و اقتصادی حوادث لرزه‌ای نتیجهٔ شناخت مناسب نداشتن، نبود برنامه‌ریزی و ضعف در استانداردهای ساختمانی و زیرساخت‌هاست (Linares and Alejandra, 2012: 1).

به‌طورکلی روش‌های مختلفی همچون روش تحلیلی، روش‌های آماری و استفاده از شاخص خط‌وارگی برای ارزیابی میزان لرزه‌خیزی در مناطق مختلف وجود دارد. استفاده از شاخص خط‌وارگی روش جدیدی است که با استفاده از شاخص‌هایی همچون تراکم گسل‌ها، تقاطع و طول گسل‌ها، شدت لرزه‌خیزی را در مناطق مختلف ارزیابی می‌کند. باید توجه داشت بررسی‌های ژئومورفوتکتونیکی نشان می‌دهند گسل‌ها، الگوها و رفتارهای حرکات زمین و سرشت موروفوتکتونیکی و لرزه‌خیزی منطقه را در کنترل دارند (نصیری، ۱۳۹۵: ۱۱۹). بررسی لایه‌های داده‌ای زلزله و شبکهٔ گسل‌ها حاکی از ارتباط ساختار گسلی و زمین‌لرزه‌های رخ‌داده در مناطق مختلف است.

پژوهش حاضر برای نخستین‌بار نقشهٔ شاخص خط‌وارگی گسل‌های محدودهٔ خطوط ریلی استان هرمزگان را تهیه کرده است. بدین منظور عوامل طول، تعداد و تقاطع گسل‌ها به‌مثابهٔ عوامل مؤثر بر شاخص خط‌وارگی در قالب نقشهٔ رقومی حاصل از درون‌یابی سطوح هم‌شاخص ارائه شده‌اند. بررسی داده‌های پایگاه لرزه‌نگاری ایران و الگوی توزیع شاخص خط‌وارگی نشان‌دهندهٔ همبستگی نسبی تراکم گسل‌ها با شاخص خط‌وارگی و همچنین الگوی توزیع زلزله‌ها و الگوی توزیع شاخص خط‌وارگی گسل‌ها در منطقهٔ پژوهش است؛ به‌طوری‌که ترسیم نمودار انطباق تراکم لرزه‌ها در مقابل درصد مساحت کلاس‌های شاخص خط‌وارگی، میل نمودار را به سمت کلاس‌های دارای مقادیر بیشتر شاخص خط‌وارگی در تراکم لرزه‌ای نشان می‌دهد؛ به بیان دیگر نتایج پژوهش حاکی است تراکم لرزه‌های رخ‌داده در منطقه در طبقات دارای شاخص خط‌وارگی بیشتر، زیادتر است؛ به‌طوری‌که برای نمونه ۱۵/۳۳درصد از کل لرزه‌های رخ‌داده در منطقه (لرزه‌های بیش از ٤ ریشتر) در طبقهٔ شاخص Pf5 واقع شده‌اند که فقط ٤/٦٢درصد از کل مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است؛ همچنین فقط ۳/٥٤درصد از زلزله‌های رخ‌داده در طبقهٔ با شاخص Pf1 قرار گرفته اند که بیشترین درصد (۲۷/۰۷درصد) از منطقه را به خود اختصاص داده است؛ به بیان دیگر همانگونه که نتایج حاصل از جدول (۲) و شکل (۵) نشان می‌دهد با افزایش شاخص خط‌وارگی، تراکم زلزله‌های رخ‌داده در منطقه نیز بیشتر می‌شود که این حاکی از ارتباط مستقیم شاخص خط‌وارگی با تراکم لرزه‌ها در منطقهٔ پژوهش است. همچنین براساس نتایج حاصل از شکل (٦)، متأسفانه موقعیت تونل‌های ریلی در منطقهٔ پژوهش انطباق زیادی با شاخص خط‌وارگی محاسبه‌شده در این منطقه دارد؛ به‌طوری‌که بیشترین تونل‌ها در محدوده‌های با شاخص خط‌وارگی ۳ و ٤ قرار گرفته‌اند.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های شجاعی اناری و همکاران (۱۳۹٦) دربارهٔ تشابه نسبی توزیع لرزه‌ها با توزیع کلاس‌های شاخص خط وارگی در استان کرمان و همچنین فضلیانی و همکاران (۱۳۹۳) دربارهٔ تأثیر عامل خط وارگی بر خطر زیاد زلزله در مناطق مختلف همسوست. بر همین اساس و با توجه به نتایج پژوهش پیشنهادهایی ارائه می‌شود:

۱- از آنجا که بیشتر خسارات فیزیکی و اقتصادی حوادث لرزه‌ای نتیجهٔ شناخت مناسب نداشتن، نبود برنامه‌ریزی و ضعف در استانداردهای ساختمانی و زیرساخت‌هاست، همچنین با توجه به نتایج پژوهش و مشخص‌شدن میزان خطر لرزه‌ای پیشنهاد می‌شود به‌منظور کاستن از خسارات احتمالی با یک برنامه‌ریزی درست و اصولی، طرح ایمنی و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های ریلی در منطقهٔ پژوهش مدنظر قرار گیرد.

۲- نتایج پژوهش حاکی است تونل‌های ریلی در منطقهٔ پژوهش انطباق زیادی با شاخص خط وارگی محاسبه‌شده در این منطقه دارد؛ بنابراین نیاز است مقاوم‌سازی و اصلاح تونل‌ها در دستورکار مسئولان قرار گیرد.

منابع

۱- ادیب، احمد، افضل، پیمان، زارع، معصومه، (۱۳۹۵)، **پهنه‌بندی لرزه‌ای شرق استان یزد براساس زلزله‌ها و گسل‌های کواترنر با استفاده از مدل‌سازی فرکتالی**، مجلهٔ زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دورهٔ ٦، شمارهٔ ۲۲، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸۸-۷۸.

۲- اکبری، زهرا، رسا، ایرج، هزاره، محمدرضا، (۱۳۸۵)، **استفاده از سنجش از دور جهت تعیین نواحی مستعد کانه‌زایی**، بیست‌وپنجمین گردهمایی علوم زمین، تهران.

۳- بوستان، الهام، طاهرنیا، نادیا، (۱۳۹۳)، **پهنه‌بندی لرزه‌ای شهر کرج و نواحی مجاور**، فصلنامهٔ زمین، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۳٤، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران- شمال، ٤۱-۲۷.

٤- بهرام‌بیگی، بهرام، معین‌زاده، سید حسام‌الدین، (۱۳۹٦)، **محاسبهٔ شاخص خط وارگی گسل‌ها در منطقهٔ محاط بر معادن گل‌گهر**، فصلنامهٔ پژوهشی پژوهشگر، دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۱۹، پژوهشکدهٔ سنگ آهن و فولاد گل گهر، ۳۷-۲٤.

۵- بیرودیان، نادر، (۱۳۸۵)، **مدیریت بحران اصول ایمنی در حوادث غیرمنتظره**، جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، مشهد، ۲٤.

٦- رامشت، محمدحسین، (۱۳۷۵)، **کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی (ملی، منطقه‌ای، ناحیه‌ای)**، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ اول، اصفهان، ۳۵٤ صفحه.

۷- زارع، مهدی، هاشمی، سید احمد، رحمانی، رؤیا، (۱۳۹٤)، **تحلیل خطر زمین‌لرزه و تهیهٔ نقشه‌های پهنه‌بندی شتاب در محدودهٔ جزیرهٔ خارک**، مجلهٔ مخاطرات محیط طبیعی، دورهٔ ٤، شمارهٔ ۵، دانشکدهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۱-۱۳.

۸- شجاعی اناری، مهلا، امیرجهانشاهی، سیده زهرا، بهرام‌بیگی، بهرام، (۱۳۹٦)، **بررسی رابطهٔ شاخص خط وارگی گسل‌ها و لرزه‌خیزی در استان کرمان**، سی‌وششمین گردهمایی و سومین کنگرهٔ بین‌المللی تخصصی علوم زمین، ۸-٦ اسفندماه، تهران.

۹- صیامی، قدیر، تقی‌نژاد، کاظم، زاهدی کلاکی، علی، (۱۳۹٤)، **آسیب‌شناسی لرزه‌ای پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS (مطالعهٔ موردی: شهر گرگان)**، فصلنامهٔ مطالعات برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۹، دانشگاه مازندران، ٤۳-٦۳.

۱۰- فضلیانی، حامد، (۱۳۸٦)، **پردازش تصاویر ماهواره‌ای و محاسبهٔ فاکتور خط‌وارگی جهت شناسایی زون‌های شکستگی در سطح زمین (مطالعهٔ موردی: ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ کدکن و شامکان)**، نشریهٔ عمران مقاوم‌سازی و بهسازی، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۵، پژوهشکدهٔ سوانح طبیعی ایران، ٤۰-٤٤.

۱۱- قهرودی تالی، منیژه، پورموسوی، سید موسی، خسروی، سمیه، (۱۳۹۱)، **بررسی پتانسیل تخریب لرزه خیزی با به‌کارگیری مدل‌های چند شاخصه (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ یک شهر تهران)**، مجلهٔ پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، دورهٔ ۱، شمارهٔ ۳، انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، ۵۷-٦۸.

۱۲- معماریان، حسین، (۱۳۸۱)، **زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک**، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران، ۵٦۸ صفحه.

۱۳- معین‌زاده، سید حسام‌الدین، (۱۳۹۳)، **بررسی ارتباط شاخص خط‌وارگی و منشأ دگرسانی‌ها در کالدراهای مساحیم و بیدخوان**، فصلنامهٔ علوم زمین، دورهٔ ۲٤، شمارهٔ ۹٤، وزارت صنعت، معدن و تجارت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۹۷-۲۰۸.

۱٤- نصیری، علی، (۱۳۹۵)، **پهنه بندی خطر زمین‌لرزهٔ منطقهٔ شهری ارومیه**، نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دورهٔ ۱٦، شمارهٔ ٤۰، دانشگاه خوارزمی، ۱۱۳-۱۳۰.

۱۵- نگارش، حسین، (۱۳۸۲)، **زلزلهٔ شهرها و گسل‌ها**، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی، دورهٔ ۳۷، شمارهٔ ۵۲، پایگاه مرکزی اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، ۹۳-۱۱۰.

16- Alexander, David, (2002). **Principles of Emergency and Management**, Oxford University press.

17- Burger, Heinz, (2000). **Remote Sensing and GIS for locating favorable zones of lead –Zinc-Copper Mineralization in Rajpu Dariba area, Rajasthan, India**, International Journal of Remote Sensing, NO 17, Pp 3253-3267.

16- Ebert, Annemarie, Ebert, Annemarie, Kerle, Netherlands, (2008). **Urban Social Vulnerability Assessment, urban social vulnerability assessment using object– oriented analysis of remote sensing and GIS data, A case study for Tegucigalpa, Honduras**, remote sensing and spatial information sciences, NO 7, Beijing, Pp 1307-1311.

17- Fredrick, Adrian, Adrian Fredrick, Dya, Andres Winston, Oretaa, (2015). **Seismic vulnerability assessment of soft story irregular buildings using pushover analysis**, Procedia Engineering, NO 125, Pp 925 ˚ 932.

18- Haralick, Robert, (1987). **Image Analysis Using Mathematical Morphology**, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, No 4, July, Pp 532-550.

19- Linares, R., Alejandra, R., (2012). **Panama Prepares the City of david for Earthquakes**, project highlights issue 9, panama, Pp 1-4.

20- Maroukian, H., (2008), **Morphotectonic Control on Drai nage Network Evolution in the Perachora Peninsula -Greece**, Geomorphology, No 102, Pp 81-9.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی