نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۰، بهار ۹۵

# پهنه بندی خطر زمین لرزه ی منطقه شهری ارومیه

دریافت مقاله: ۹۲/۱۰/۲۶ پذیرش نهایی: ۹۵/۳/۱۹
صفحات: ۱۳۰-۱۱۳

**علی نصیری:** استادیارژئومورفولوژی گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، تهران، ایران[۱]
Email: pnuworld@gmail.com

**چکیده**

**امروزه مقاومت و تاب آوری مراکز انسانی بخصوص مراکز شهری در برابر مخاطرات طبیعی از جمله زمین لرزه، یکی از چالش های اساسی مدیریت هدفمند شهری است. از اقدام های موثر در زمینه کنترل، مهار و پیش گیری از خطرات زمین لرزه ها، پهنه بندی مناطق شهری از نظر آسیب پذیری است. در این راستا هدف این مطالعه نیز پهنه بندی و تعیین پهنه های فعال از نظر زمین لرزه در منطقه شهری ارومیه است. بررسی تکتونیک لرزه ای (سیستم شبکه گسلها) و سوابق زمین لرزه های دستگاهی منطقه حاکی از وجود پهنه های فعال لرزه خیز در سطح منطقه شهری ارومیه است. بررسی تاثیرات زلزله ها نشان می دهد که شرایط زمین شناسی منطقه (ساختگاه و لندفرم ساختمان زمین) تاثیر بسزایی بر حرکت زمین دارند. در این مطالعه ویژگی های زمین شناسی، داده های لرزه ای و داده های گسلی محلی جهت تحلیل شدت زمین لرزش مورد استفاده قرار می گیرد. مدلهای تجربی زیادی در ارتباط زمین شناسی و میزان شدت زلزله توسط محققین پیشنهاد شده است. لذا در این مطالعه برای برآورد پارامترهای مهم مورد نیاز جنبش نیرومند زمین،(شتاب) از داده های لرزه ای دستگاهی ثبت شده و داده های گسلها و زمین شناسی با استفاده از مدل تجربی سابتا و همکاران استفاده شد. بدین وسیله پهنه های با درجات متفاوت شتاب منطقه با بهره گیری از مدل مذکور در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مشخص گردید. نتایج حاصله تغییر پذیری شتاب ۰/۰۳۵ تا ۰/۳۳ (g) را در منطقه شهری ارومیه نشان می دهد که این نشان دهنده لرزه خیزی منطقه است.**

**کلید واژگان** : سیستم اطلاعات جغرافیایی، مورفوتکتونیک لرزه ای، پهنه بندی، خطر زمین لرزه، ارومیه.

---

[۱].**نویسنده مسئول:** دانشگاه پیام نور صندوق پستی - ۳۶۹۷ –۱۹۳۹۵- تهران .ایران. (خ. نجات الهی – نبش سپند- دانشگاه پیام نور تهران جنوب- گروه جغرافیا).

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

**مقدمه**

از آنجائیکه کشورمان بر روی پهنه کمربند گسلی، چین خورده، رانده شده و همچنین زلزله خیز آلپ – قفقاز – هیمالیا قرار گرفته لذا از نظر موقعیت تکامل تکتونیکی، فعال و جوان بوده و بر روی خطوط گسل اصلی بزرگ دنیا واقع شده است. این پهنه سرزمینی از مناطقی با خطر بالای زمین لرزه ای با تعداد فراوانی از زلزله ها روبرو است. طبق آمار منتشره شده در طول ۱۶ سال از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ تعداد ۳۶۵۵۴۲ زلزله در این پهنه از دنیا ثبت شده است(جدول ۱).

**جدول (۱). آمار تعداد زلزله های رخداد دنیا در دوره ۲۰۰۰الی ۲۰۱۵**

| بزرگا(Mb) | سال (۲۰۰۰-۲۰۱۵) |
|---|---|
| ۹/۹-۸ | ۲۰ |
| ۷/۹-۷ | ۲۲۱ |
| ۶/۹-۶ | ۲۲۱۲ |
| ۵/۹-۵ | ۲۵۰۷۳ |
| ۴/۹ -۴ | ۱۶۳۷۳۳ |
| ۳/۹ – ۳ | ۸۷۰۱۲ |
| ۲/۹-۲ | ۵۸۹۰۵ |
| ۱/۹ -۱ | ۷۲۱۹ |
| ۰/۹ – ۰/۱ | ۲۵۹ |
| نامشخص | ۲۰۸۸۸ |
| جمع کل | ۳۶۵۵۴۲ |

(سایت USGS و ویکی پدیا)

بدین ترتیب پهنه سرزمینی کشورمان بخش از منطقه مذکور با وقوع زلزله های بسیار قوی متعدد در غالب نقاط آن با فراوانی زیاد امری طبیعی است بدین گونه که حدود ۹۰۴۸ زمین لرزه در چند دهه اخیر ثبت شده دستگاهی و تاریخی در کشورمان شناخته شده است(www.ngdir.ir).

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

**جدول(۲). تعداد زلزله های رخداده در کشورمان در طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۴**

(http://smd.bhrc.ac.ir/Portal/Search)

| بزرگا | تعداد |
|---|---|
| ML>=4.9 | ۵۲۲ |
| ML=5 | ۹۶ |
| 5<ML<5.9 | ۵۵۹ |
| ML=>6 | ۲۷۲ |
| جمع | ۱۴۴۹ |

هر شهر یا ناحیه توسعه یافته شهری در موقعیت های تکتونیکی فعال ممکن است توسط این خطرات تهدید شوند(خشالی ۱۳۷۸ به نقل از حکیموند ۱۳۸۶با تغییر). بخصوص که در دهه های اخیر به دلایلی متعددی بر کثرت و شدت آنها افزوده شده است. در سالهای اخیر طبق گزارشات منتشر شده، محققین عامل انسانی را در ایجاد و تشدید زلزله ها موثر می دانند. مدارک و نقشه های جدید نشان می دهند که انسان ها در بالا بردن خطر وقوع زلزله و تشدید آن نقش دارند. برای مثال شرکت های نفتی در سالهای اخیر برای استخراج نفت و گاز مقدار زیادی آب با فشار زیاد به داخل زمین تزریق می کنند و این عمل موجب بیرون آمدن مواد یاد شده از چاه ها می شود. این فرآیند fracking نام دارد. مارک پترسون (مجله مهر ۱۳۹۴)، رئیس پروژه خطر لرزه ای در موسسه زمین شناسی آمریکا معتقد است که، زمین لرزه های نشان داده شده در نقشه ها، در وهله اول ناشی از دفع فاضلاب به چاه های عمیق جهت استخراج نفت و گاز بوده است. برای مثال آمار های رسمی کشور آمریکا نشان می دهند که کمپانی های نفتی بیش از ۱/۱ میلیارد بشکه فاضلاب در سال ۲۰۱۳ به زمین تزریق کرده اند و یک سال پس از آن، تعداد زمین لرزه های بیش از ۳ ریشتر افزایش یافت که، اکثر آنها اطراف حلقه های چاه تزریق پساب رخ داده اند. اکنون، نرخ زمین لرزه ایالت اوکلاهاما حدود ۶۰۰ برابر بیشتر از زمان قبل از تزریق فاضلاب به چاه ها است.

ارزیابی خطر، اولین و مهمترین گام برای هر نوع اقدام پیشگیرانه بلایاست (تیاگونو۱و همکاران ۲۰۰۶م :۵۷۶). پیامدهای زلزله را می توان در چهار گروه دسته بندی نمود: ۱) تکان و لرزش زمین، ۲) شکستگی و جابجاشدگی زمین, ۳) تسونامی و ۴) پیامدهای ثانوی ازجمله ریزش بهمن ها, زمین لغزش ها و روانه های گلی و ریزشها, نشست متفاوت زمین و گدازش خاک, سیلاب های ناشی از شکستن سدها و حصارها و آتش سوزیها. بدین ترتیب آسیب های

1 - S. Tyagunov et al. 2006

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

انسانی ناشی از مخاطرات محیطی بخصوص زمین لرزه را می توان با مطالعه و ارزیابی جامع آن با روش های اصولی، کنترل و مهار نمود. یکی از این روش ها، زون بندی نواحی آسیب پذیر زمین لرزه ای به جهت حرکات سنگ بستر با لحاظ فاکتورهای تشدید شرایط زمین شناسی و خاک محلی است که برای برنامه ریزان و مدیران جهت بهینه سازی آمایش سرزمین و حفظ و مدیریت توسعه پایدار از اهمیت زیادی برخودار است (انبازاگان۱ ۲۰۰۹: ۱۰). نیروی ناشی از زلزله، که بر سازه ها تاثیر گذار است مستقیما به حرکات زمین مربوط می شود (میر محمد حسینی و همکاران ۱۳۷۷ :۹). بنابراین پهنه بندی حرکات زمین، شاخصی از خطر وقوع زلزله خواهد بود. مهمترین عوامل موثر در حرکات سطحی زمین شامل عوامل زمین شناسی و شرایط خاک شناسی محلی است که، تاثیر آن حتی بر مناطق با وسعت کم نیز قابل توجه است. مطالعات لرزه خیزی معمولا بر اساس داده های لرزه خیزی[۲] و داده های زمین شناسی انجام می گیرد (میر محمد حسینی و همکاران ۱۳۷۷ : ۱۰). از جمله این داده ها، می توان به داده های تاریخی و ثبت شده دستگاهی زمین لرزه ها اشاره نمود که، در این تحقیق بیش از ۴۳۸۰ رکورد (شکل ۱) در دسترس بود. کارهای متفاوتی با در نظر گرفتن پارامترها و مدلهای متفاوت در خصوص برآورد خطر زمین لرزه و تعیین پهنه های خطر پذیری آن انجام شده، که می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

الف) شامل گزارش تحقیقات تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه ی استرالیا (دپارتمان علوم زمینی استرالیا ۲۰۱۲ میلادی)، نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه ی امریکا ( سازمان زمین شناسی امریکا ۲۰۰۸ میلادی) منتشر شده است، که آنها در هر ۴ سال توسط سازمانهای مربوطه کشورهای مذکور مورد بازبینی واقع می شوند.

ب) همچنین به گزارش مدل سازی پیش بینی تشدید و تحرکات بستر سطحی زمین کمبل و بزرگ نیا ۲۰۱۲ میلادی، درک خطر زلزله و ارزیابی ریسک آن وانگ ۲۰۰۶ :۴۱۶، و در کشورمان عمدتاً به کارهای قلندرزاده و همکاران ۱۳۸۲، گزارشات میر محمد حسینی و همکاران ۱۳۷۷، اسکندری و همکاران ۱۳۸۲، گزارش ترجمه معاونت پیش بینی و پیشگیری سازمان مدیریت بحران کشور، گزارش استاندارد ۲۸۰۰ آئین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ۱۳۹۲، حافظی مقدس و قزی ۱۳۸۶، بهنام فر و نفریه ۱۳۸۳ اشاره نمود.

1. P. Anbazhaghan 2009

2. http://www.ngdir.ir/earthquake/PEarthquakeList.asp

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

بررسی نتایج تحقیقات و سوابق زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی منطقه شهری ارومیه در چند دهه اخیر، نشان دهنده عدم وقوع زلزله های شدید در آن بوده و زلزله ای بزرگتر از ۵ ریشتر در آن رخ نداده است. در گزارش استاندارد ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ارومیه جزء پهنه لرزه خیزی متوسط طبقه بندی شده است. اندازه گیری اوج شتاب (PGA) ثبت شده در دنیا مربوط به زلزله های مخرب از ۰/۲ تا ۲ g[1] بوده است. در ایران اوج شتاب زلزله های مخرب از ۰/۱ (زلزله گلباف ۱۹۸۱) تا ۱ g (زلزله زنجیران ۱۹۹۴) بوده است(م.۳). لازم به یاد آوری است که در طبق بندی آیین نامه استاندارد ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات مسکن و شهرسازی ایران، شتاب مبنای طرح در این شهر ۰/۲۵ (g) برآورد شده است که ۰/۰۹ اختلاف با مقدار حداکثر شتاب برآورد شده مذکور را نشان می دهد. همچنین در پژوهشی دیگر مقدار شتاب با نوسان ۰/۱۴۸ تا ۰/۲۴۵ در سطح شهر ارومیه تخمین زده شده است(قلندرزاده و همکاران ۱۳۸۲ :۴). این اختلاف مقادیر برآوردی شتاب به ماهیت روشها و کمیت و کیفیت پارامترهای مورد استفاده در آنها مربوط می شود. علی رغم اختلاف در مقادیر برآوردی شتاب در پژوهش های مذکور، روند و جهت تغییرات شتاب در آنها از نظر موقعیت مکانی شباهت زیادی با هم دارند. در آنها روند تغییرات شتاب غالبا از شرق به غرب کم می شود.

منطقه شهری ارومیه همانطور که قبلا نیز اشاره شد جزء مناطق با خطر لرزه خیزی متوسط طبقه بندی شده است. ولیکن وقوع زلزله های مخرب در چند دهه گذشته از جمله در سلماس در ۵۰ کیلومتری شمال آن و همچنین وقوع زلزله های مخرب در شهر تبریز به فاصله ۱۰۰ کیلومتری آن و همچنین وقوع زلزله مخرب اخیر در وان ترکیه در فاصله حدود ۱۸۰ کیلومتری غرب آن و عدم قطعیت آن (طبقه بندی فوق الذکر) از طرف دیگر، برآورد مذکور سوال برانگیز بوده و طبقه بندی شهر یاد شده جزء مناطق متوسط لرزه ای مورد ابهام است. زیرا در اطراف آن زلزله های شدید (۷/۲ ریشتر) سلماس ۱۹۳۰، تبریز و زلزله اخیر در وان ترکیه و غیره رخ داده است که، خسارات جانی و مالی زیادی به بار آورده است. این منطقه شهری جزء بخش غربی چاله ساختمانی فرورفتگی دریاچه ارومیه محسوب می شود که بر روی محور شکستگی مابین چاله مذکور با ارتفاعات غربی آن و بعبارتی مابین گسلهای اصلی تبریز در شرق و گسل ارومیه (معروف به گسل ارومیه - زرینه رود) در غرب و گسل سلماس در شمال، گسل تسوج، گسل صوفیان شرفخانه و گسل های متعددی دیگری قرار گرفته است. نتایج حاصل از مطالعات

[1]. بیشینه شتاب زمین (PGA) در هنگام زلزله است که بر اساس ضریب g شتاب جاذبه زمین سنجیده و اعلام می‌شود.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

مورفونئوتکتونیکی و شاخص های ژئومورفولوژیکی نشان دهنده وضعیت تکتونیکی فعال گسل ارومیه است، که این گسل یکی از مهمترین چشمه های لرزه زای منطقه محسوب می شود. گسل یاد شده انشعابی از گسل تبریز است که روند آن از ماکو شروع و به طرف جنوب ادامه پیدا می کند و از غرب دریاچه ارومیه گذشته و به رودخانه زرینه رود ختم می شود (شکل ۲ب). نبوی (۱۳۵۰) گسل مذکور را به نام گسل ارومیه معرفی کرده است. همچنین ایشان در سال ۱۳۵۵ بیان داشت که فرورفتگی دریاچه ارومیه ممکن است ناشی از این گسل باشد، این گسل در سال ۱۳۵۴ به نام گسل زرینه رود نیز مطرح گردید، که نهایتاً در ادامه به سمت شمال غرب آذربایجان با گسل تبریز یکی شده و از آنجا به سمت قفقاز امتداد می یابد. شهرابی (۱۹۸۱) زمان تشکیل دریاچه ارومیه را به روش کربن ۱۴ (که تشکیل آن را با گسل زرینه رود بی ارتباط ندانسته) ۶۵۰۰ الی ۸۵۰۰ سال تعیین کرده است. لذا با توجه به موارد فوق، گسل مذکور در این اواخر فعال بوده است . این گسل در سال ۱۳۷۱ توسط زارع به عنوان بخش شمالی خطواره زرینه رود – اراک معرفی شده است و اضافه می نماید که دریاچه ارومیه در اثر عملکرد دو گسل تبریز و زرینه رود با ایجاد یک زون فرو نشست در حد فاصل آنها در اثر حرکات کششی مماسی راستگرد تشکیل و در حال فرو نشست است. که این امر در ایجاد ساختارهای کششی غرب دریاچه موثر است. از نظر مشخصات طولی این گسل درازائی به طول ۱۷۰ کیلومتر را دارد که بخش جنوبی آن به گسل اراک متصل است . بطوریکه زارع (۱۳۷۳) از آن گسل به نام خط زرینه رود – اراک نام می برد. مشاهدات و بررسی های میدانی و همچنین مشاهدات عکس های هوایی منطقه، وجود این گسل (شکل ۲ب) را نشان می دهند (پاشازاده ۱۳۹۵) . این گسل با روند شمالی غربی– جنوبی شرقی امتداد داشته که باعث گسترش و گشیدگی طولی دریاچه در امتداد محورش گردیده است. لندفرم طولی شکل و کشیده دریاچه به احتمال زیاد ناشی از این گسل است. در پهنه جنوب دریاچه، گسل مذکور سبب تغییر مسیر و بریدگی بستر رودخانه ها شده است، که محور این بریدگی ها منطبق بر امتداد محوری گسل یاد شده است. پاشازاده ۱۳۹۵ نقش این گسل را در بحران خشک شدن دریاچه (از طریق بلعیدن آب آن) موثر دانسته است. بعلاوه بستر چاله دریاچه ارومیه نیز یکپارچه نبوده و دارای شبکه گسلی است، عموما این شبکه در زیر رسوبات بستر آن پنهان ولیکن در خارج از بستر دریاچه نمایان است.

بررسی های ژئومورفونئوتکتونیکی نشان می دهند که گسلها الگوها و رفتارهای حرکات زمین و سرشت موروفوتکتونیکی و لرزه خیزی منطقه را در کنترل دارند. بررسی لایه های داده ای زلزله و شبکه گسلها حاکی از فعال بودن گسلهای منطقه است، که در اثر آنها، زمین لرزه های

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

زیادی در دهه های اخیر در منطقه رخ داده است. کنترل، مهار و پیش گیری از خطرات زمین لرزه ها، نیازمند پهنه بندی مناطق شهری از نظر شدت آسیب پذیری آنها است. در این راستا هدف این مطالعه نیز پهنه بندی و تعیین پهنه های فعال از نظر شدت لرزه خیزی در منطقه شهری ارومیه است. لذا در این مطالعه با بهره گیری از تحلیل فضایی داده های لرزه ای و گسلها، نقشه پهنه بندی نقاط هم شتاب در منطقه شهری ارومیه تعیین شده است.

**مواد و روش کار**

**موقعیت منطقه**

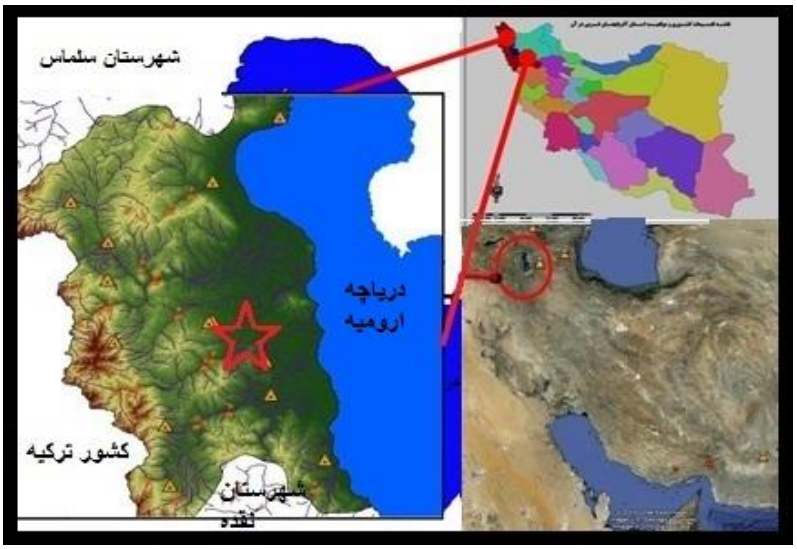
منطقه مورد مطالعه شامل منطقه شهری ارومیه مرکز شهرستان ارومیه بخش مرکزی استان آذربایجان غربی در شمال غرب کشور است، که در مختصات جغرافیائی '۴۰ °۴۴ الی '۱۵ °۴۵ درجه طول شرقی و در حدود عرض شمالی '۲۰ °۳۷ الی '۴ °۳۸ واقع شده است(شکل ۱). این منطقه از طرف شمال به شهرستان سلماس و از طرف مشرق به دریاچه ارومیه و از طرف جنوب به شهرستانهای نقده و اشنویه و از سمت غرب به کشور ترکیه محدود است.

منطقه شهرستان ارومیه از منظر ساختار ژئومورفولوژی و زمین شناسی سرزمین پیچیده ای است. وجود سیستم شبکه گسل های بزرگ (شکل ۲) با روند شمال غربی – جنوب شرقی (خط ساحلی غرب دریاچه) و همچنین وجود شبکه خطواره های موازی در شرق شهرستان مذکور (عمدتا در بستر دریاچه) موجد این پیچیدگی هستند. الگوهای متفاوتی از شبکه گسل های متراکم، گره ها و درزها در سطح منطقه شکل گرفته اند (شکل ۲) و این الگوهای شبکه گسلی و شکستگی ها به کلی از هم متفاوت هستند. این سامانه شبکه های گسلی و درزهای یاد شده ساختار مورفولوژی منطقه را شکل داده و آن را در کنترل خود دارند.

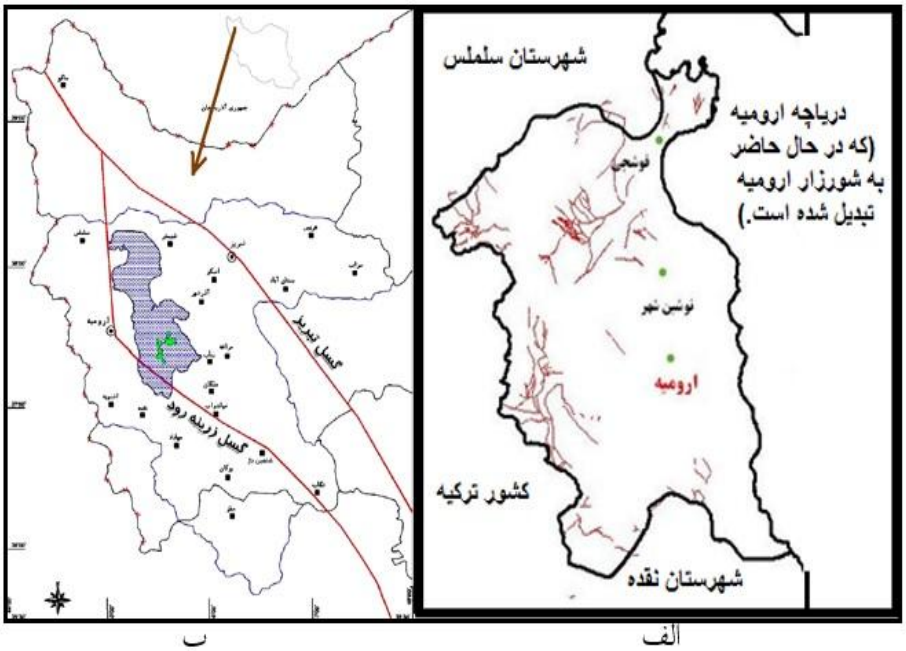
گسل سلماس که فعالیت آن در سال ۱۹۳۰میلادی زمین لرزه ویرانگر سلماس را موجب شد، باعث گردید که قسمتی از دشت جنوبی سلماس در راستای شمال غربی – جنوب شرقی دچار بالا رفتگی تکتونیکی شود.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]




شکل (۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه




شکل(۲). الف) شبکه سیستم های گسلی و شکستگی های منطقه مورد مطالعه ( اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰منطقه). و ب) گسل های اصلی و بزرگ ارومیه و تبریز (آقانباتی ۱۳۸۳ ص۶۴۴).

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

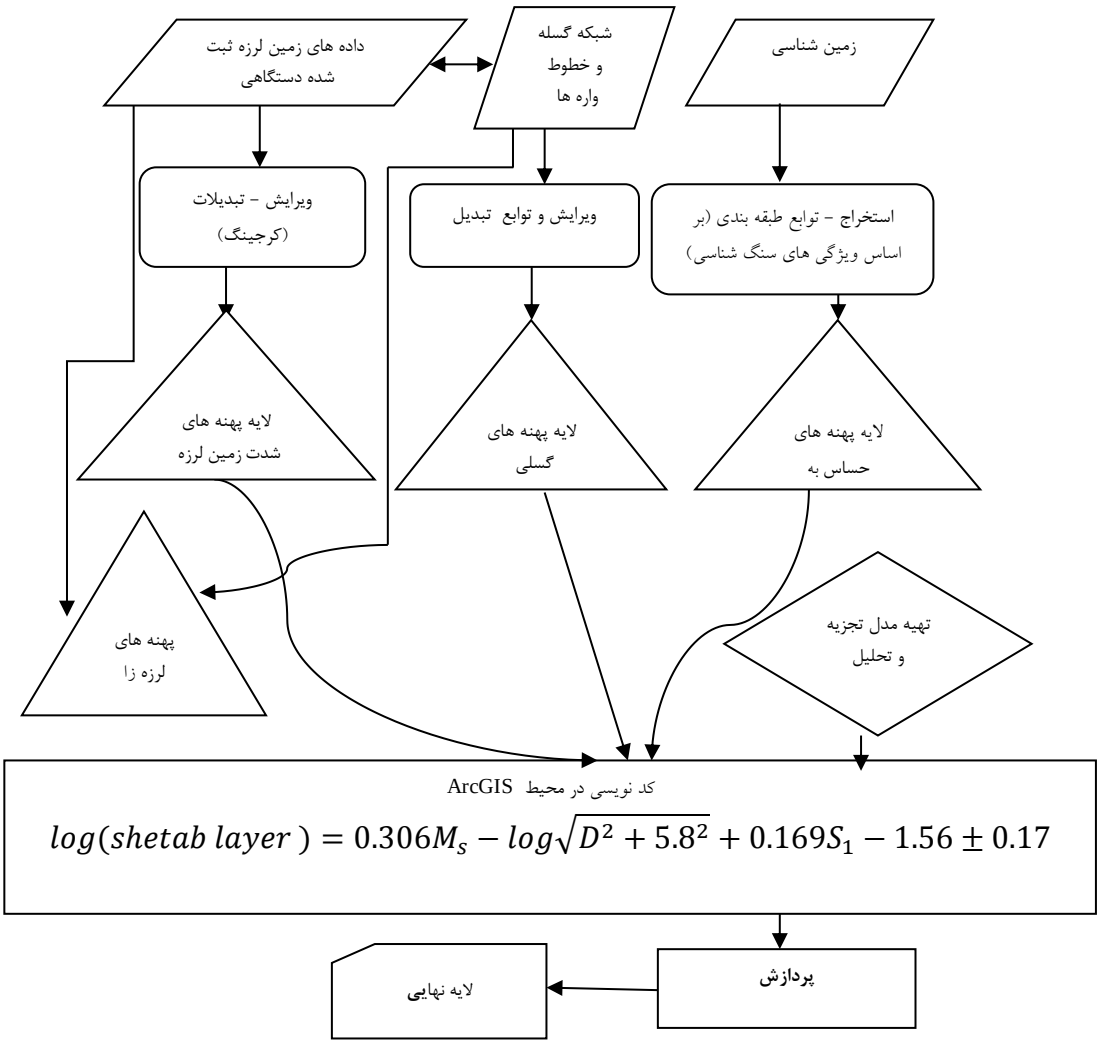
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

**روش کار**

مطالعه و تحلیل لرزه خیزی معمولا بر اساس داده های لرزه خیزی منطقه و داده های زمین شناسی انجام می شود (میر محمد حسینی و همکاران ۱۳۷۷ص۱۱). روابط تجربی نیز با استفاده از متغیرهای مذکور (یعنی پارامترهای لرزه خیزی و زمین شناسی) ارائه شده است. در اینجا جهت اجتناب از اطاله کلام به برخی از آنها اشاره می شود. از جمله مدل های تجربی می توان عمدتاً به مدل گوتنبرگ – ریشتر ۱۹۴۴ میلادی توزیع فراوانی و شدت زلزله، رابطه کمبل - بزرگ نیا ۲۰۱۲ میلادی، مدل سازی رابطه گسلها و شدت زمین لرزه شوارتز و کوپراسمیت ۱۹۸۴، فرانکل و همکاران ۱۹۹۶، ولز و کوپراسمیت ۱۹۹۴، الزوارث ۲۰۰۳، هنکز و باکون ۲۰۰۲، پیترسون و دیگران ۱۹۹۶، به نقل از پیترسون ۲۰۰۸: ۵، سابتا و پاگلیز ۱۹۸۷ اشاره نمود. در پژوهش حاضر از مدل اخیر (سابتا و پاگلیز۱۹۸۷) به دلایلی مانند موقعیت مشابه تکتونیکی و مشابهت زمین شناسی و ژئوتکتونیکی داده ها (هر دو از بخش های چین خورده و زمین ساخت کمربند آلپ- هیمالیا هستند) استفاده شد. مراحل عملیاتی پژوهش حاضر در شکل ۳ نشان داده شده است. در انجام این تحقیق از داده های ثبت شده دستگاهی زمین لرزه ها، گسلها (شکستگی ها) و زمین شناسی استفاده شد. ابتدا لایه داده های نقطه ای زلزله های ثبت شده دستگاهی (از سال ۱۹۹۶ الی ۲۰۰۶ م.) منطقه (شکل ۴) پس از ویرایش با استفاده از متد کرجینگ Spatial analyst پردازش شده و بدین ترتیب لایه پهنه های بزرگای زلزله های منطقه مورد مطالعه تولید گردید. لایه گسل های منطقه پس از ویرایش خطوط شکستگی ها و یکسان سازی آنها جهت پردازش های بعدی تهیه شد. لایه سطوح فاصله از شکستگی های زمین با بهره گیری از متد فاصله اقلیدسی از توابع Distance تهیه گردید(شکل۵). داده های زمین شناسی مانند واحد های مختلف سنگ ها و خاک ها به لحاظ اثرات تشدید حرکات سطحی زمین در پهنه بندی خطر حرکات زمین لرزه ای از اهمیت زیادی برخور دارند. بر اساس ویژگی های سنگ شناسی واحد های سنگی و اثرات تشدید کنندگی عامل خاک در حرکات لرزه ای، خاک های منطقه به دو طبقه الف) خاک های سست، نرم و عمیق (نهشته های کواترنری) و ب) خاک های کم عمق و سخت طبقه بندی و بدین ترتیب لایه مورد نیاز جهت پردازش های بعدی تهیه شد. (شکل۶).

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

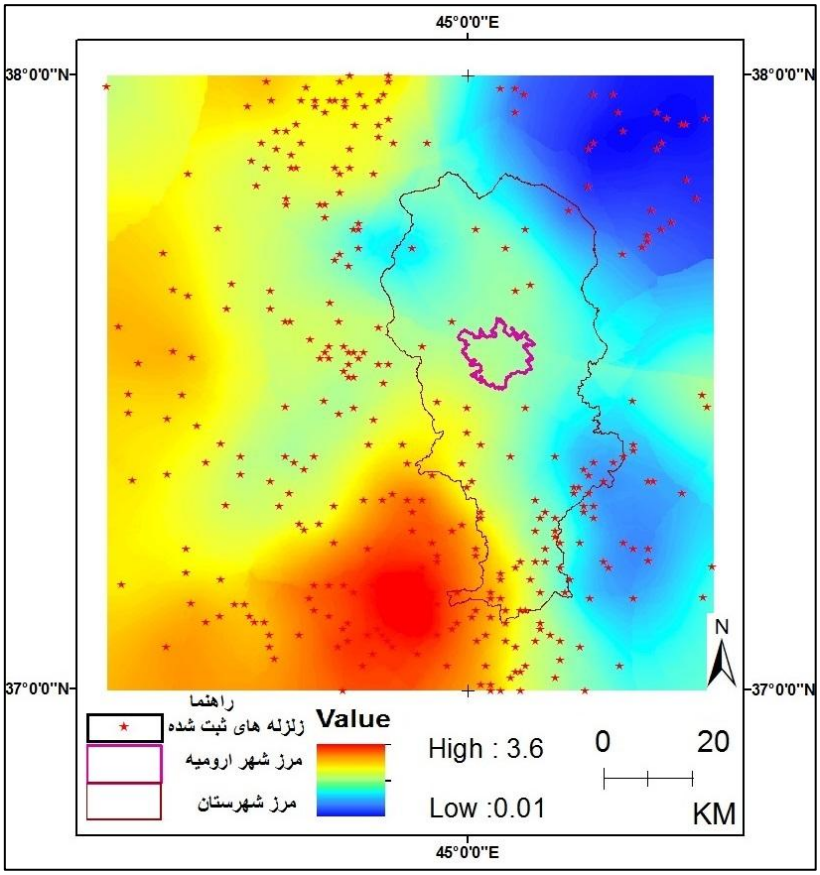
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]




**شکل (۳). گردش کار مراحل عملیات پهنه بندی خطره زمین لرزه شهرستان ارومیه.**

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]



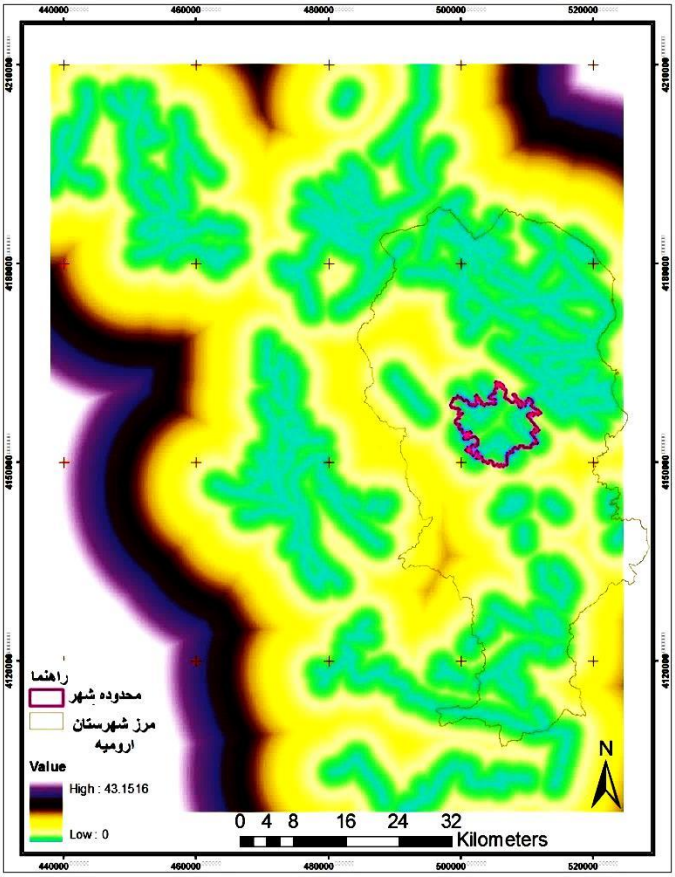

**شکل(۴). لایه لرزه های ثبت شده (۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ میلادی) و لایه کریجینگ آن (لرزه ها)**

مدل های کاهندگی از ابزارهای مهم در ارزیابی خطر زمین لرزه بحساب می آیند که توسط محققین مختلف پیشنهاد شدند. این مدلها تغییرات حداکثر جنبش نیرومند زمین (شتاب) را با تغییر فاصله و بزرگا بیان می کند. در پژوهش حاضر با بررسی و مطالعه جدیدترین روابط میرایی موجود با بیشینه شتاب از رابطه (۱) سابتا و پاگلیز (۱۹۸۷) به شرح زیر استفاده گردید. مشابهت زمین شناسی و ژئوتکتونیک داده های مورد استفاده در تعیین رابطه مدل مذکور با زمین شناسی و ژئوتکتونیک شرایط کشورمان نسبت به سایر مدل های جهانی و تعداد نسبتا کافی داده های مورد استفاده (۱۹۰ داده) در آن، از دلایل انتخاب رابطه یاد شده در این تحقیق است.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

رابطه (۱) $logA = 0.306M_s - log\sqrt{D^2 + 5.8^2} + 0.169S_1 - 1.56 \pm 0.17$

A: بیشینه شتاب بصورت درصدی از g، $M_S$ : بزرگای زلزله ها، $D^2$ : نزدیکترین فاصله محل از شکستگی های زمین بر حسب کیلومتر، $S_1$ : ارزش صفر برای خاک عمیق و سست و ارزش ۱ برای خاک کم عمق سخت (میر محمد حسینی و همکاران ۱۳۷۷). نهایتا با استفاده از لایه های مذکور و ضرائب بدست آمده، و مدل فوق الذکر طی مراحل عملیاتی مختلف (شکل ۳)، لایه نهایی شتاب سطحی منطقه شهری ارومیه بدست آمد (شکل ۷).



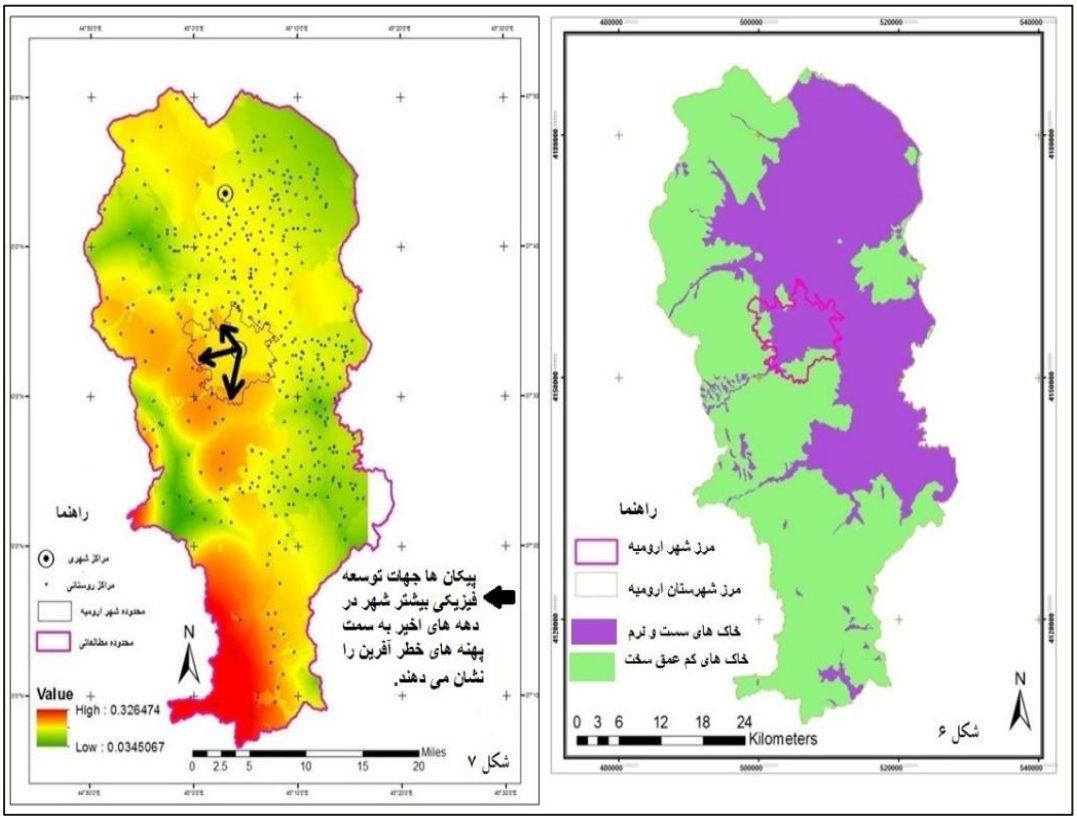

**شکل(۵). لایه فاصله از شکستگی های زمین** (اقتباس از آمبرسبز ۱۹۸۸) (استخراج از نقشه های زمین شناسی منطقه).

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

## بحث و نتایج

در این تحقیق تاکید بیشتر استفاده از تحلیل های فضایی در پهنه بندی خطر لرزه ای در منطقه شهری ارومیه بوده است. نتایج بدست آمده تغییرات شتاب سطحی در منطقه شهری ارومیه را از ۰/۰۳۵ (g) تا ۰/۳۳ (g) را آشکار می سازد (شکل۷). طبق آئین نامه های موجود هر مکانی که دارای شتاب مبنای طرح ۰/۳۵ g باشد جزء پهنه های با خطر نسبی زیاد طبقه بندی می شود (گزارش استاندارد ۲۸۰۰ ۱۳۸۴به نقل از علوی و مسعود ۱۳۸۶). میزان شتاب در بخش وسیع شهر (قسمت شرقی) کمتر از نوار باریک بخش غربی است و بعبارتی از شرق به غرب از میزان شتاب کاسته می شود. همانطوریکه اشاره شد شبکه گسلها بعنوان چشمه های لرزا از پارامترهای بنیادی در لرزه خیزی منطقه است.




**شکل(۶). لایه خاک منطقه** **شکل(۷).نقشه پهنه بندی شتاب زلزله شهر ارومیه.**

(استخراج از نقشه زمین شناسی) (منبع نگارنده)

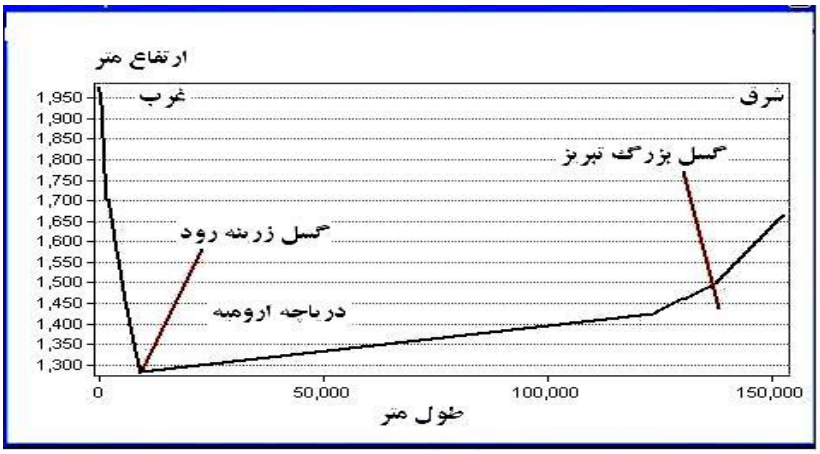
[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

وجود گسل های عمیق و بزرگ (جهانی و منطقه ای) و سیستم شبکه گسل های متعدد و آثار و شواهد زمین شناسی و شاخص های ژئومورفوتکتونیکی حاکی از پتانسیل بالای منطقه از نظر فعالیت های تکتونیکی و لرزه خیزی است. از جمله این گسلها، گسل ارومیه است که به عنوان بخش شمالی سیستم گسل زرینه رود- اراک بشمار می آید. طول گسل مذکور ۱۷۰ کیلومتر است که بخش جنوبی آن به گسل اراک متصل است، به همین خاطر از آن به نام گسل زرینه رود- اراک هم نام می برند. دریاچه ارومیه در اثر عملکرد دو گسل بزرگ تبریز و ارومیه - زرینه رود (شکل ۲ ب) با ایجاد یک زون فرو نشست در حد فاصل آنها در اثر حرکات کششی مماسی راستگرد تشکیل و در حال فرو نشست است. که این امر در ایجاد ساختارهای کششی و سامانه لرزه خیزی غرب دریاچه موثر است. علاوه بر گسل ارومیه گسلهای دیگری نیز به شرح ذیل در منطقه وجود دارند که سامانه های شبکه گسلهای منطقه را تشکیل می دهند(شکل۲ الف). قرار گرفتن منطقه شهری ارومیه بر روی گسل فعال ارومیه و وجود سنگ های بازانیت، لوسیتیت، و تفریت لوسیت دار در حاشیه غربی دریاچه از جمله شواهدی مبنی بر بسیار عمیق بودن گسل ارومیه است، لذا همچنانکه در شکل ۸ مشهود است شیب فروافتادگی حوضه دریاچه ارومیه به سمت گسل مذکور بوده با نزدیک شدن هر چه بیشتر به آن بیشتر و بیشتر می شود، و این موضوع نشان دهنده شدت فعالیت گسل و فروافتادگی بیشتر آن است (شکل ۸). با وجود چنین گسل عمیق و بزرگ در منطقه شهری ارومیه پتانسیل بالای منطقه را از نظر وقوع لرزه های قوی را خاطر نشان می سازد. مزید بر آن مجاورت با گسلهای عمده فعالی چون گسل تبریز، سلماس و گسل های فعال در کشور ترکیه است که وقوع بیش از ۳۵۰ مورد زلزله (در طی دهه ۹۶ تا ۲۰۰۶ میلادی) حاکی از شدت فعالیت های گسلهای مذبور است.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]




**شکل(۸). پروفیل توپوگرافی منطقه- گسلهای اصلی و فرونشت حوضه دریاچه و منطقه شهری ارومیه**

بررسی لایه های لرزه های ثبت شده اخیر و گسلهای منطقه نشان می دهد که کانون تمرکز جغرافیایی (فضایی) لرزه ها در شعاع ۳۰ کیلومتری به سمت غرب و جنوب شرقی از شهر ارومیه و همچنین به سمت شمال، جنوب غربی و جنوب در شعاع تقریبا ۵۰ کیلومتری از آن قرار دارند. توزیع فضایی لرزه با تمرکز فضایی شکستگی ها مطابقت خیلی بالائی را نشان می دهد. لرزه و گسلها غالبا در شمال و جنوب و تا حدودی در غرب منطقه تمرکز یافته اند. در شرق و شمال شرق و شعاع ۵۰ کیلومتری از شهر رخداد لرزه و وجود گسلها خیلی نادر بوده و اصولا از نظر فرکانس با نواحی مذکور قابل قیاس نیست. این نکته موید فعال بودن تکتونیکی بخش های غرب و شمال و جنوب نسبت به بخش شرقی است. الگوهای مختلفی از سیستم شبکه گسلها و شکستگی ها و گره ها در منطقه مذکور مشاهده می شود که این مبین وجود نیروهایی با روند متفاوت و پیچیده و عملکرد متنوع تکتونیک لرزه ای منطقه است.

## نتیجه گیری

نتیجه پژوهش حاضر تولید نقشه پهنه بندی خطر لرزه خیزی با استفاده از تحلیل های فضایی است(شکل ۷) که معرف مقادیر حداکثر شتاب افقی بر روی سنگ بستر در نقاط مختلف منطقه شهری ارومیه و اراضی پیرامون است. همانگونه که در شکل مذکور نیز مشهود است گسترش و توسعه فیزیکی قارچ گونه شهر ارومیه در دهه های اخیر بیشتر در جهات غرب، شمال و جنوب در سنگ بستر با شتاب لرزه خیزی بالا صورت گرفته است که قابل تأمل است.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

همچنین با توجه به رطوبت بالا و خاک رسی - مارنی ضخیم و عمیق و با وضعیت لندفرم تپه ماهوری و دامنه های وسیع و تپه شاهد های با سطوح شیب زیاد و از طرف دیگر اثرات تشدیدی ناشی از پتانسیل بالای لرزه خیزی این مناطق شهری (بخش های شمال و جنوب و غرب مناطق توسعه یافته شهر) آن را با پتانسیل بالای خطرات ناپایداری محیط و روان گرائی خاک و رانش زمین روبرو نموده است. نتایج حاصل از مدل برآوردی مورد استفاده (که مبتنی بر اصول و مبانی آماری است) پهنه های با شتاب متفاوت منطقه شهری ارومیه را نشان می دهد که این اطلاعات ذیقیمتی در برنامه ریزی مسائل شهری است. ضرائب بکار رفته در آن، بر اساس مجموع ۱۹۰ داده از کشور ایتالیا محاسبه و تعیین گردیده است که شرایط لرزه خیزی، زمین شناسی و ژئوتکتونیکی آن مشابه کشور مان است. بکارگیری مهمترین متغیرهای بنیادی و موثر و نیز امکان استفاده از اطلاعات فضایی (یا مکاندار) و همچنین پردازش و تحلیل های فضایی در تشخیص پهنه های مختلف خطر لرزه خیزی از مزیت متد مذکور است و همچنین بعنوان یک متد تحلیل خطر لرزه ای ارزشمند بوده و استفاده از آن در مطالعات مربوطه مفید و پیشنهاد می شود. نتایج بدست آمده بیانگر پتانسیل بالای لرزه خیزی منطقه بوده و با نتایج سایر مطالعات (با وجود استفاده از روش های متفاوت و داده های مختلف در این مطالعه) همخوانی داشته و تغییرات شتاب لرزه ای را ارائه می دهد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی است که با حمایت مالی دانشگاه پیام نور به انجام رسیده است لذا بدین وسیله از دست اندر کاران ذیربط تقدیر و تشکر می نمایم.

## منابع و ماخذ

۱.آقانباتی، سید علی (۱۳۸۳). **زمین شناسی ایران**، انتشارات سازمان صنایع و معادن کشور.

۲.احمدزاده، بهمن (۱۳۸۵). **طرح تعریف معادله پارامترهای اثر گذار در نوسانات سطح و شوری آب دریاچه ارومیه"** معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه.

۳.اسکندری معصومه، رضائی محمدرضا و قیطانچی محمدرضا (۱۳۸۷). **پهنه بندی خطر زمینلرزه در استان خوزستان به روش احتمالاتی** ، سیزدهمین کنفرانس فیزیک ایران.

۴.تاریخ زمین لرزه های ایران (۱۳۷۰). آمبرسیز و ملویل (۱۹۸۲) و آمبرسیز (۱۹۸۸)، ترجمه ابوالحسن رده- انتشارات آگاه پائیز ۱۳۷۰، http://www.iiees.ac.ir

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

۵. بهنام فر، فرهاد و نفریه، علیرضا (۱۳۸۳). **روشی برای مقیاس کردن حرکت قوی زمین در طراحی بر اساس عملکرد**، اولین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.

۶. حافظی مقدسی ناصر و قزی اعظم (۱۳۸۶). **ارزیابی خطرات لرزه ای در توسعه شهری (مطالعه موردی شهر مشهد)**، بیست و هشتمین گرد همایی علوم زمین.

۷.حکیموند، حامد (۱۳۸۶). **نقش کاربری بهینه اراضی در کاهش آسیب های ناشی از زمین لرزه ها**، پایان نامه، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه پیام نور مرکز تهران جنوب.

۸. درویش زاده علی (۱۳۸۲). **زمین شناسی ایران**، انتشارات امیر کبیر .

۹. قلندر زاده عباس، معتمد رامین، سدید خوی احمد(۱۳۸۲). **ریز پهنه بندی لرزه شهر ارومیه با استفاده از اندازه گیری های میکروترمور**، چهارمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله در ایران، اردیبهشت ماه ۱۳۸۲، تهران و ایران.

۱۰. قلندر زاده عباس و معتمد رامین، عبدالهی شریف جعفر(۱۳۸۲). **بررسی خطر لرزه در شهر ارومیه**، ایران ، چهارمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله در ایران، اردیبهشت ماه ۱۳۸۲ تهران و ایران.

۱۱. یزدانی محمد حسین و عشقی حبیب الله، معاونت پیش بینی و پیشگیری، سازمان مدیریت بحران کشور، شتاب نگار و شبکه شتاب نگاری، (www.nigc-semnan.ir).

۱۲. میر محمد حسینی سید مجدالدین، عارف پور بابک، قاسمی امیر(۱۳۷۷). ترجمه، **راهنمای پهنه بندی خطرات ژئوتکنیک لرزه ای**، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

۱۳.سایت سازمان زمین شناسی امریکا USGS (http://earthquake.usgs.gov) و سایت دانشنامه آزاد ویکی پدیا (https://fa.wikipedia.org/wiki).

۱۴. پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور (www.ngdir.ir).

۱۵. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (http://smd.bhrc.ac.ir/Portal/Search).

۱۶. مجله مهر، (۱۳۹۴) (http://www.mehrnews.com/news/).

۱۷.گزارش استاندارد ۲۸۰۰ آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، ویرایش سوم ۱۳۸۴ و ویرایش چهارم ۱۳۹۲، وزارت راه و شهرسازی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.

۱۸. پاشازاده فردین (۱۳۹۵). **گزارشات و یادداشت های منتشر نشده**. کارشناس زمین شناسی منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.

۱۹. علوی, سیدمحسن و محمد مسعود(۱۳۸۶). **برنامه ریزی برای کاهش خسارات ناشی از زلزله در نواحی با خطر پذیری بالا نمونه موردی محله چیذر تهران**، سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران، شرکت کیفیت ترویج.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]

Anbazhagan P. (2009). ***Lecture 10 in Introduction to Seismic zones and codes, Global and National seismic hazard assessment mapping programs***. Internet.

Burbidge, D.R. (ed.), (2012). ***The 2012 Australian Earthquake Hazard Map. Record 2012/71***. Geoscience Australia: Canberra.

Sabetta, F. and Pugliese, A, (1987). ***Attenuation of peak horizontal acceleration and velocity from italian strong-motion records***,. Bull. Seism. Soc. Am., 77. 1491-1513.

K.W. Campbell, Y. Bozorgnia, (2012). "***2012 update of the Campbell-Bozorgnia ground motion prediction equations: progress report***" 15WCEE LISBOA 2012.

S. Tyagunov, G. Grunthal, R. Wahlstrom, L. Stempniewski, and J. Zschau " ***Seismic risk mapping for Germany***" Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6,pp: 573–586, year (2006). www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/6/573/2006/.

Mark D. Petersen etc. (2008). ***The United States National Seismic Hazard Maps***: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008 – p, 61 – 1128.

U.S. Department of Housing and Urban Development_Office of Policy Development and Research. (2003). ***New Madrid seismic zone: overview of earthquake hazard and magnitude assessment based on fragility of historic structures***".

United institute of physics of the earth, Russian academy of sciences, Moscow, Russia, (1997). ***Seismic Zoning***, vol. I. ULOMOV.

Zhenmin Wang, (2006). ***Understanding seismic hazard and risk assessments: An Example in the new Madrid seismic zone of the central United States***, proceedings of the 8th U.S. national conference on Earthquake Engineering, April 18-22 2006, San Francisco, California. USA, paper no. 416.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.6.7 ]