

## بررسی لرزه زمین ساخت و لرزه خیزی سمیرم

مجتبی رحیمی شهید<sup>۱\*</sup>، نیما رحیمی<sup>۲</sup>، اسماعیل غفوری سدهی<sup>۳</sup>

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، Mr619htt@gmail.com

۲- دانشکده زمین شناسی، دانشگاه تهران.

۳- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

### چکیده

در این مطالعه، شعاع ۵۰ کیلومتر شهرستان سمیرم برای بررسی لرزه زمین ساخت و برآورد توان لرزه خیزی منطقه انتخاب شده است. فهرست نامه یکنواختی از زمین لرزه ها شامل ۱۵۶ زمین لرزه دستگامی از سال ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۸ میلادی، با بزرگای  $M_w \geq 3$  تهیه گردید. بر پایه نتایج بدست آمده مشخص شد که به دلیل قرارگیری گستره مطالعاتی در پهنه زاگرس، مکانیسم و ساختارهای لرزه زمین ساختی منطقه متأثر از این پهنه می باشد. همچنین اکثر زمین لرزه های رویداده در گستره شعاعی ۵۰ کیلومتری شهرستان سمیرم تحت اثر گسل اصلی معکوس زاگرس است. توان لرزه-خیزی منطقه از سمت شمال و شمال شرقی به سمت جنوب و جنوب غربی منطقه افزایش می یابد. در نهایت به روش کیچکو ۲۰۰۳ متغیرهای لرزه خیزی، نرخ رویداد سالانه و دوره بازگشت محتمل لرزه ای برای گسل های منطقه محاسبه شده است.

واژگان کلیدی: کیچکو، لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت، گسل، سمیرم.

### مقدمه

می شود. بر پایه نظر (Vernant, and Chery, 2006) از آنجا که بلوک ایران مرکزی با نرخ تقریبی ۱۳ میلی متر در سال به سوی شمال نسبت به اوراسیا حرکت می کند و این میزان بین بلوک ایران مرکزی و صفحه عربستان به ۷ میلی متر در سال کاهش می یابد، دگرشکلی های بزرگی در منطقه شکل گرفته است. مجموع کوتاه شدگی در زون برخوردی عربستان - اوراسیا در حدود ۱۵۰ کیلومتر از زمان برخورد آنها در اوایل میوسن است (Guest et al. 2006). بر اساس تحقیقات GPS همگرایی صفحات عربستان - اوراسیا با سرعتی در حدود  $2 \pm 25$  میلی متر در سال و در جهت های شمال و شمال - شمال شرقی صورت می گیرد (Nilforoushan et al. 2003; Vernant et al. 2004). همچنین گسترش اقیانوس هند و در نتیجه حرکت صفحه هند در راستای شمال - شمال غربی، موجب حرکت و جابه جایی های نسبی متفاوت در قطعات گوناگون پوسته قاره ای و اقیانوسی ایران می شود (آقنابتی ۱۳۸۵)؛ بنابراین کشور ایران به مثابه ی بخشی از کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا لرزه خیزی زیادی دارد، به گونه ای که بخش های گوناگون کشور بارها با زمین لرزه های ویرانگر تخریب شده است.

در زمین شناسی ایران، این باور وجود دارد که سرزمین ایران در بخش میانی کوهزایی آلپ - هیمالیا است که از غرب اروپا آغاز و پس از گذر از ترکیه، ایران، افغانستان تا تبت و شاید تا نزدیکی های برمه و اندونزی ادامه دارد. قرار گرفتن ایران در این کمربند که از وسیع ترین مناطق لرزه خیز جهان است، باعث شده که به دفعات ایران متحمل زمین لرزه های مخرب شده باشد. وجود بعضی پوسته های اقیانوسی سبب شده است تا گروهی از زمین شناسان، جایگاه زمین شناسی ایران را در چارچوب زمین ساخت ورقی مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند. به باور این زمین شناسان در محل کنونی راندگی اصلی زاگرس اقیانوس گسترده ای به نام تتیس وجود داشته که دو قاره ی آفریقا - عربستان (گندوانا) و اروپا - آسیا (اوراسیا) را از یکدیگر جدا می کرده است. وجود گستره پایدار سپر اوراسیا (اروپا - آسیا) تنش های فشاری ناشی از باز شدن دریای سرخ، حرکت صفحه آفریقا - عربستان (گندوانا) در راستای شمال - شمال شرقی، با نرخ همگرایی ۲۵ تا ۳۰ میلی متر در سال (DeMets et al. 1994)، منجر به چین خوردگی های فراوان و سامانه های گسلی و عارضه های زمین ساختی شاخصی شده که نوار چین خورده - رانده زاگرس نامیده

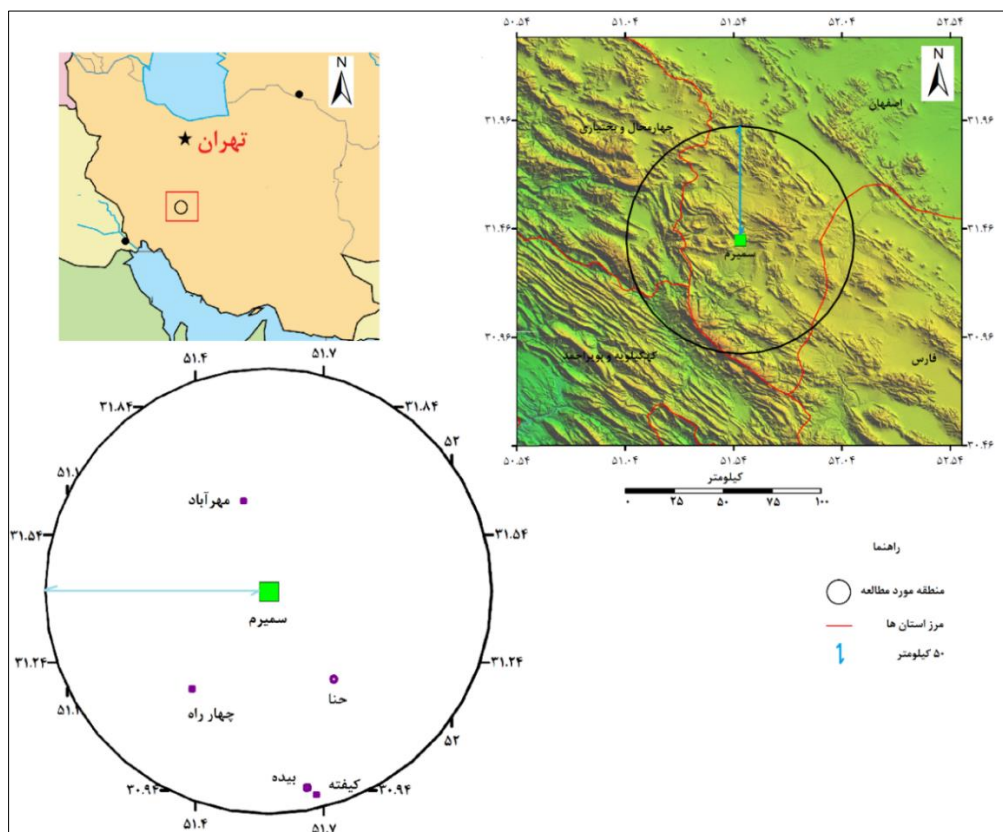
زمین شناسی منطقه و برآورد متغیرهای لرزه خیزی با استفاده از روش کیجکو ۲۰۰۳ می باشد.

### مواد و روش ها

#### منطقه مورد مطالعه

شهرستان سمیرم در جنوب غربی استان اصفهان با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی، در مجاورت سه استان چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و فارس واقع شده است. این شهرستان از شمال به شهرضا، از شرق به آباءه و اقلید و از جنوب غربی و غرب با مرز طبیعی رشته کوه های دنا به استان کهگیلویه و بویراحمد، از غرب به بروجن و لردگان (چهارمحال و بختیاری) محدود می شود (شکل ۱).

در جهت کاهش مخاطرات زمین لرزه در شهرها، ضروری است تا مطالعات و تحقیقات جامعی در ارتباط با شناخت سیستم زمین لرزه، عملکرد و اثرات زمین لرزه در سطوح شهری و تشخیص مناطق با خطرپذیری بالا انجام شود. در این راستا با بررسی و شناسایی سیستم زمین ساختی و گسلش مناطق مختلف، تعیین و طبقه بندی فعالیت گسلها و پهنه بندی منطقه میزان وقوع زمین لرزه، کمک بسیار بزرگی در کاهش خسارت در زمین لرزه های احتمالی آینده خواهد داشت. در این زمینه تحقیقات متعددی در ایران و جهان صورت گرفته که می توان به تحقیقات ایران نژاد پاریزی و همکاران ۱۳۹۶، Rahimi shahid et al. 2016، Demircioğlu et al. Rahimi shahid and Rahimi 2017، Gupta and Baker 2017، McClure et al. 2017، 2017، Telesca et al. 2018 و Rahimi shahid et al. 2019 اشاره کرد. هدف از انجام این مطالعه، مشخص کردن وضعیت لرزه خیزی منطقه، تعیین و شناسایی وضعیت زمین ساختی و



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

طبقه بندی ها، تقسیم بندی ایالات لرزه زمین ساختی کشور بر مبنای مدل کمیته ملی سدهای بزرگ می باشد (ICOLD)

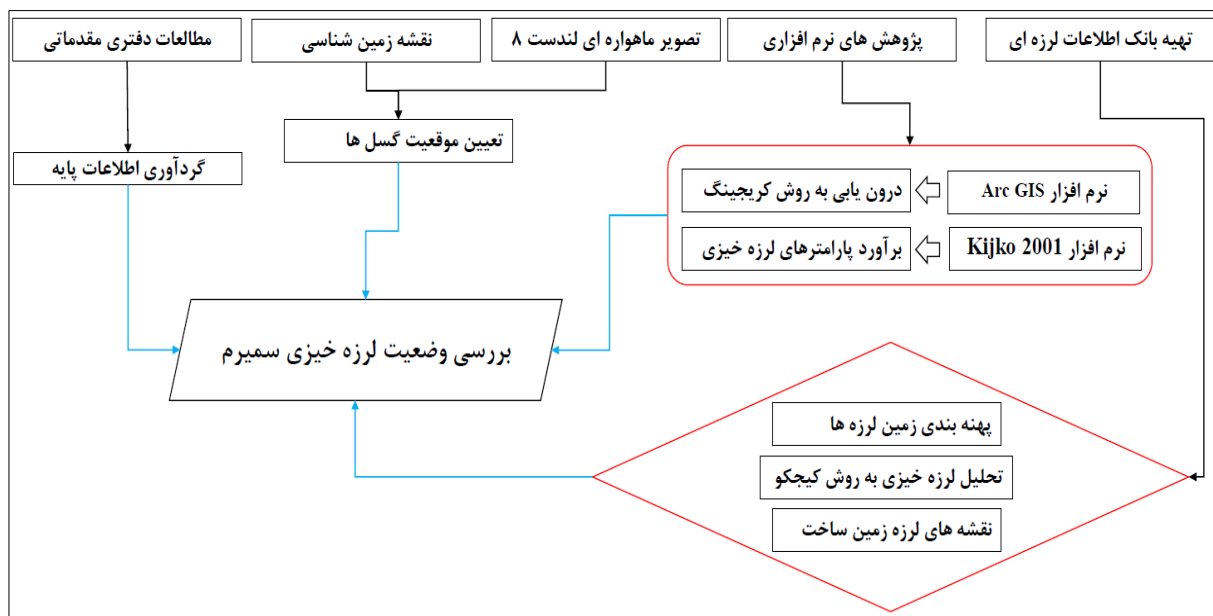
محققان بسیاری ایران را بر پایه میزان فعالیت لرزه ای به پهنه های مختلف تقسیم بندی کرده اند. یکی از مهم ترین

های ۱۹۷۳ تا نوامبر ۲۰۱۸ میلادی) انجام شده است. ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی، محدوده مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت و تعیین حدود شد. سپس با استفاده از این نقشه‌ها، موقعیت گسل‌های منطقه شناسایی و در محیط نرم‌افزار ArcGIS®10.1 ترسیم شد. جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی عمق و بزرگی زمین‌لرزه‌های منطقه از روش درون‌یابی کریجینگ در محیط نرم‌افزار ArcGIS®10.1 استفاده شد. برآورد متغیرهای لرزه‌خیزی منطقه با استفاده از روش کیجکو (Kijko 2003) انجام گردید (Kijko 2003). خلاصه‌ای از روند انجام کار در شکل (۲) نشان داده شده است.

(1995). بر اساس این تقسیم‌بندی گستره مورد بررسی در ایالت‌های لرزه‌زمین‌ساختی شمال غرب زاگرس و زاگرس جنوب شرق قرار دارد. بر اساس مطالعات صورت گرفته، شهر سمیرم در منطقه‌ای با خطر زمین‌لغزش متوسط تا زیاد قرار دارد (Rahimi Shahid and Rahimi 2016).

### روش تحقیق

این پژوهش بر مبنای مطالعات دفتری مقدماتی (مطالعه و استفاده از منابع موجود و نقشه‌های زمین‌شناسی و ماهواره-ای)، استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS®10.1 و کیجکو (Kijko 2003) و تهیه بانک اطلاعات لرزه‌ای (شامل زمین-لرزه‌های با بزرگی گشتاوری بیش‌تر از ۳ مربوط به سال-



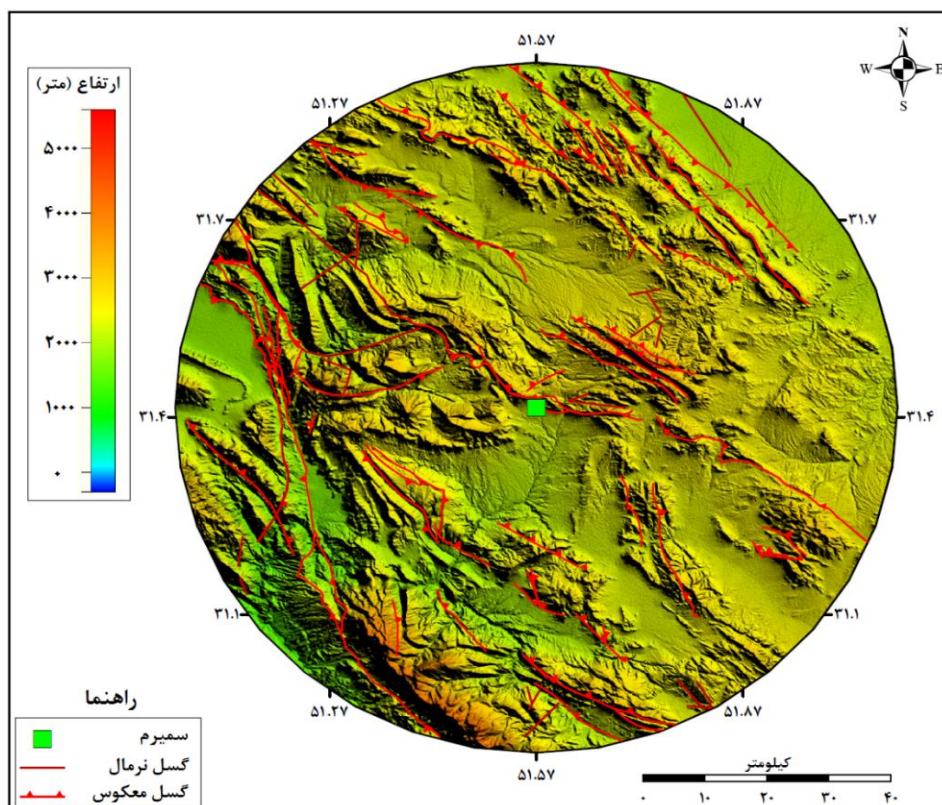
شکل ۲- روش انجام کار

(ماهواره‌ای) است. از گسل‌های عمده‌ای که در این گستره قرار می‌گیرند می‌توان گسل اصلی معکوس زاگرس، گسل معکوس سمیرم و گسل معکوس دنا را نام برد. سازوکار غالب گسل‌ها در ناحیه مورد مطالعه معکوس با شیب به سمت شمال شرقی تا شمال و مؤلفه راستالغز راست‌گرد است. البته سازوکار راستالغز نیز در امتداد برخی از پاره گسل‌ها از جمله دنا وجود دارد. با توجه به توزیع واتنش در منطقه مورد بررسی می‌توان، راستای عمومی تنش اصلی بزرگ‌تر در منطقه را شمال (شمال شرق) - جنوب (جنوب غرب) برآورد کرد.

### بحث و نتایج

#### لرزه‌خیزی و روند زمین‌ساختی منطقه

حرکت گسل‌ها مهم‌ترین عامل زمین‌لرزه‌های هر منطقه می‌باشد. شناسایی و تعیین طول، مشخصات و توان لرزه-زایی گسل‌ها یکی از راه‌های برآورد خطرپذیری منطقه مورد بررسی می‌باشد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گسل‌های منطقه استخراج شده است (شکل ۳). همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، روند عمومی این گسل‌ها، شمال غرب - جنوب شرق است که منطبق بر داده‌های توپوگرافی



شکل ۳- موقعیت گسل‌های اصلی موجود در شعاع ۵۰ کیلومتری سمیرم

- شدت VI.
- زمین‌لرزه ۲۸ آگوست ۱۹۷۳ میلادی با بزرگی سطحی ۴/۸ و شدت VI.
  - زمین‌لرزه ۱۱ نوامبر ۱۹۷۳ میلادی با بزرگی سطحی ۵/۵ و شدت VII.
  - زمین‌لرزه ۶ سپتامبر ۱۹۷۵ میلادی با بزرگی سطحی ۶/۱ و شدت VIII.
  - گسل دنا با روند شمال شمال غربی - جنوب جنوب شرقی، یکی از گسل‌های اصلی زاگرس است که بیش از ۱۰۰ کیلومتر طول دارد و طرفین آن به دو بخش با ویژگی‌های زمین‌ساختی، لرزه‌زمین‌ساختی و ریخت‌شناسی متفاوت تقسیم شده است (آقابات ۱۳۸۵). مسبب رخدادهای زیر را بر اثر این سامانه گسلی می‌دانند (Berberian 1981 and 1994):
  - زمین‌لرزه ۱۳ مارس ۱۹۳۴ میلادی با بزرگی سطحی ۵/۳ و شدت VII.
  - زمین‌لرزه ۹ می ۱۹۷۵ میلادی با بزرگی سطحی ۴/۹ و شدت VII.

- گسل اصلی معکوس زاگرس بزرگ‌ترین گسل ایران است که طول آن در خاک ایران بیش از ۱۲۰۰ کیلومتر است و با امتداد شمال غرب - جنوب شرق حاشیه شمال شرقی کمر بند کوه‌زایی زاگرس را تشکیل می‌دهد. گسل بشاگرد که از بین حوضه جازموریان و منطقه فلیش و کالرد ملانژ مکران می‌گذرد، دنباله گسل اصلی زاگرس بوده است که اکنون به واسطه گسل زندان نسبت به هم جابه‌جا شده‌اند (Nabavi 1978). مسبب رخدادهای زیر را بر اثر این سامانه گسلی می‌دانند (Berberian 1981 and 1994):
- زمین‌لرزه ۵ ژانویه ۱۳۱۶ میلادی با بزرگی گشتاوری ۶/۱ و شدت VIII.
  - زمین‌لرزه ۵ ژوئن ۱۸۵۳ میلادی با بزرگی گشتاوری ۵/۴ و شدت VII.
  - زمین‌لرزه ۱۱ ژوئن ۱۸۵۳ میلادی با بزرگی گشتاوری ۵/۴ و شدت VII.
  - زمین‌لرزه ژوئن ۱۸۶۵ میلادی با بزرگی گشتاوری ۵/۹ و شدت VII.
  - زمین‌لرزه ۲۱ ژوئن ۱۹۶۵ میلادی با بزرگی سطحی ۵ و شدت VII.

$$M_w = 0.78130M_b + 1.5175 \quad (1)$$

$$M_w = 1.02690M_s + 1.0436 \quad (2)$$

$$M_w = 0.6960M_I + 1.7738 \quad (3)$$

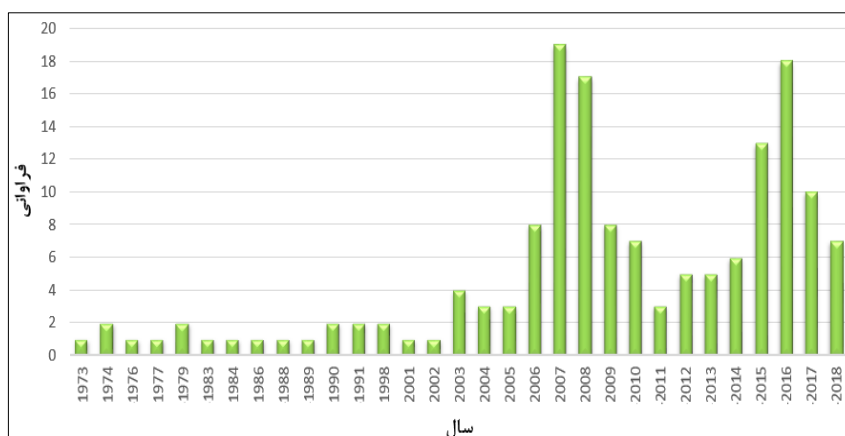
- زمین‌لرزه ۲۱ سپتامبر ۱۹۷۵ میلادی با بزرگی سطحی ۵/۲ و شدت VII.

- زمین‌لرزه اول اکتبر ۱۹۸۹ میلادی با بزرگی سطحی ۵/۲.

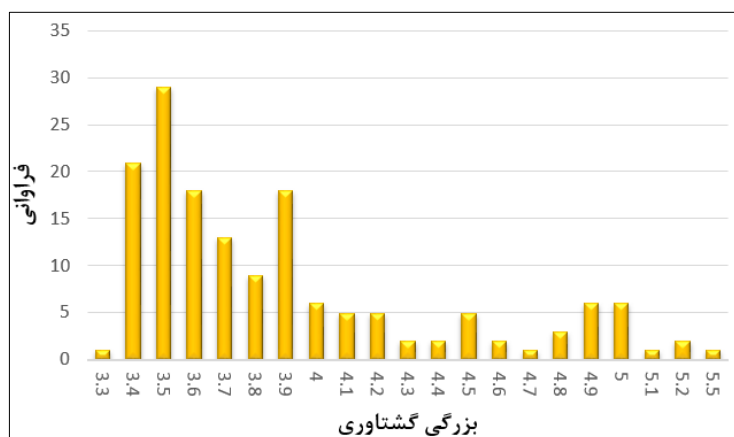
### یکنواخت سازی داده‌های لرزه‌ای

بررسی‌های لرزه‌ای با داشتن بانک اطلاعات زمین‌لرزه‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. داده‌های لرزه‌ای (بانک زمین‌لرزه‌ای) به اطلاعات، مشخصات و تعداد زمین‌لرزه‌های رخ داده و ثبت شده برای مناطق مختلف اطلاق می‌شود. با توجه به نبود آمار ثبت شده زمین‌لرزه در گذشته و عدم اطمینان از صحت داده‌های موجود، استفاده از اطلاعات تاریخی امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این مطالعه بانک اطلاعات لرزه‌ای با بزرگی گشتاوری ( $M_w$ ) بیش‌تر از ۳، شامل ۱۵۶ زمین‌لرزه دستگاهی بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۸ میلادی تهیه شد (IIES 2018; ISC 2018). فراوانی زمین‌لرزه‌های رویداده در منطقه مورد بررسی در شکل‌های (۴ و ۵) نمایش داده شده است.

مناسب‌ترین مقیاس بزرگی برای تحقیقات زمین‌لرزه‌شناسی بزرگی گشتاوری ( $M_w$ ) است که اشباع نمی‌شود و دارای مبنای فیزیکی قوی‌تری است (Kasahara, 1985). برای این مطالعه بهترین حالت ممکن برای رسیدن به یک تحلیل قوی و قابل‌اطمینان، از بزرگی یکسان ( $M_w$ ) استفاده شده است. به همین منظور از رابطه بین بزرگی گشتاوری با سایر مقیاس‌های بزرگی هیتون و هارتزل استفاده شده است (Heaton and Hartzell, 1988). در این روابط،  $M_s$  بزرگی در مقیاس امواج سطحی،  $M_b$  بزرگی در مقیاس امواج پیکری و  $M_I$  بزرگی در مقیاس امواج محلی می‌باشند.



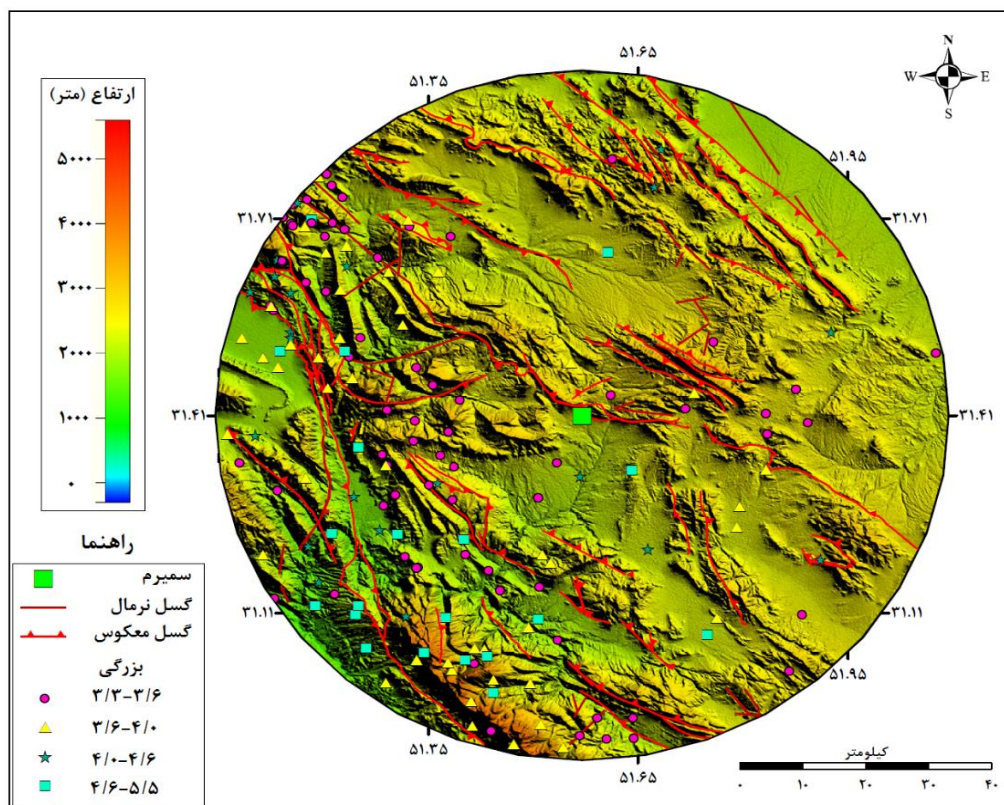
شکل ۴- فراوانی زمین‌لرزه‌ها در سال‌های مختلف (بزرگی گشتاوری بیش از ۳)



شکل ۵- فراوانی بزرگی گشتاوری زمین‌لرزه‌ها (بزرگی بیش از ۳)

اطلاعات روی گسل‌ها و عدم ارتباط قطعی رخدادهای لرزه‌ای با گسل مسبب، غالباً چشمه‌های لرزه‌ای به شکل سطحی مدل می‌شوند (Wells and Coppersmith, 1994). با توجه به شکل (۶) می‌توان عنوان نمود که چشمه‌های لرزه‌ای از نوع ناحیه‌ای هستند و اکثر زمین‌لرزه‌های رخ داده در گستره در بخش جنوب غربی متمرکز شده‌اند.

با ترکیب اطلاعات حاصل از مطالعات زمین‌ساختی و داده‌های لرزه‌خیزی، نقشه‌ی لرزه‌زمین‌ساختی تهیه شد (شکل ۶). بر اساس این نقشه‌ها که کانون زمین‌لرزه‌ها نیز بر روی آن پیاده شده است، می‌توان سرچشمه‌های لرزه‌ای را مشخص نمود. برای انجام تحلیل خطر لرزه‌ای، چشمه‌های لرزه‌ای به سه شکل چشمه نقطه‌ای، چشمه خطی و چشمه ناحیه‌ای (سطحی) تقسیم می‌شوند. در صورت کمبود

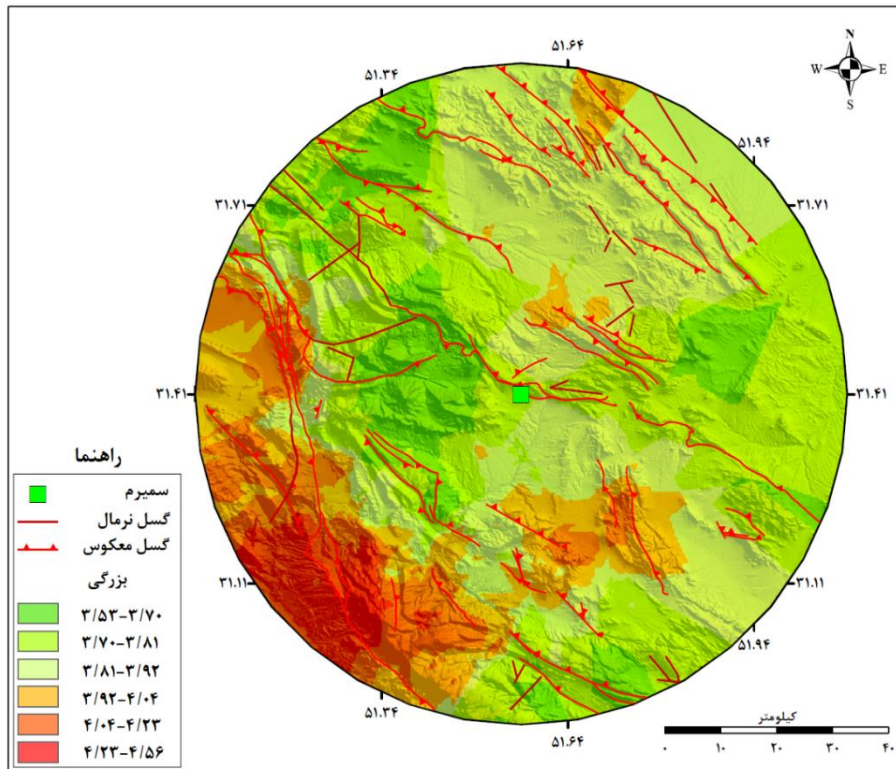


شکل ۶- نقشه لرزه‌زمین‌ساخت منطقه مورد بررسی

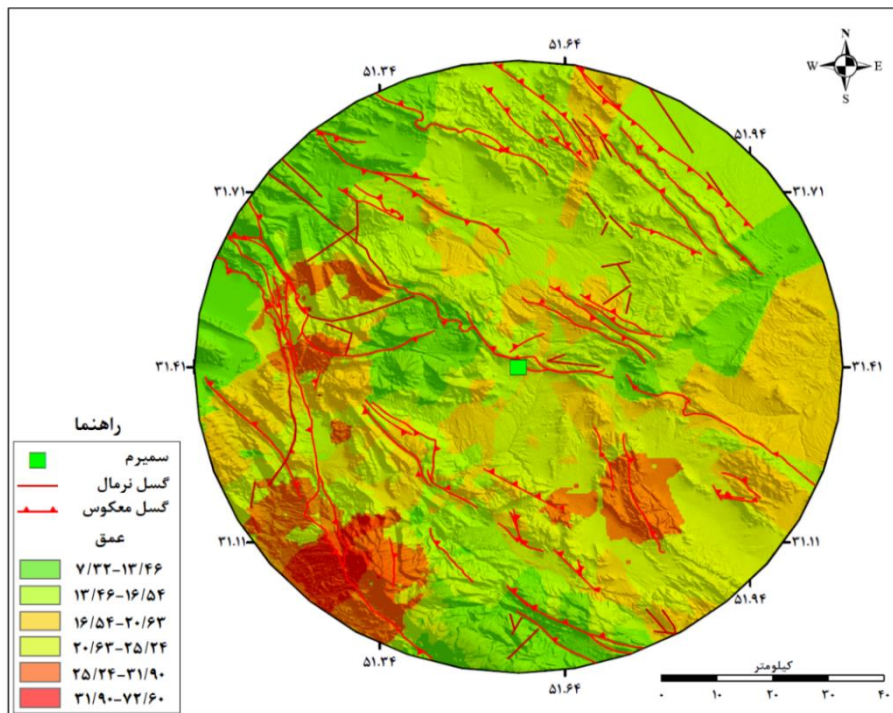
در محیط نرم‌افزار ArcGIS® 10.1 تهیه شد (شکل‌های ۷ و ۸). بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی بزرگی و عمق زمین‌لرزه تهیه‌شده برای منطقه مورد مطالعه، شهرستان سمیرم در پهنه‌ای با بزرگی بین  $3/81-3/92$  ریشتر و عمق بین  $13/46-16/54$  کیلومتر قرار گرفته است (شکل‌های ۷ و ۸).

#### پهنه‌بندی بزرگی و عمق زمین‌لرزه‌ها

شناسایی مناطق پرخطر لرزه‌ای، می‌تواند گامی در جهت افزایش آگاهی برای آماده‌سازی نهادها و مردم به‌منظور استحکام بخشیدن به بناها و نظارت بر ساخت‌وساز اصولی برای کاهش آثار مخرب ناشی از وقوع این پدیده به‌ظاهر ناگهانی و بی‌نظم ارائه دهد. نقشه‌های پهنه‌بندی بزرگی و عمق زمین‌لرزه با درون‌یابی به روش کریجینگ و در ۶ رده



شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی بزرگی گشتاوری برای منطقه مورد بررسی



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی عمق (کیلومتر) زمین‌لرزه برای منطقه مورد بررسی

ها، روش ارائه شده توسط کیجکو- سلوول می‌باشد (Kijko and Sellevoll 1992). این روش دارای قابلیت‌های سودمندی در به‌کارگیری زمین‌لرزه‌های آمیخته و

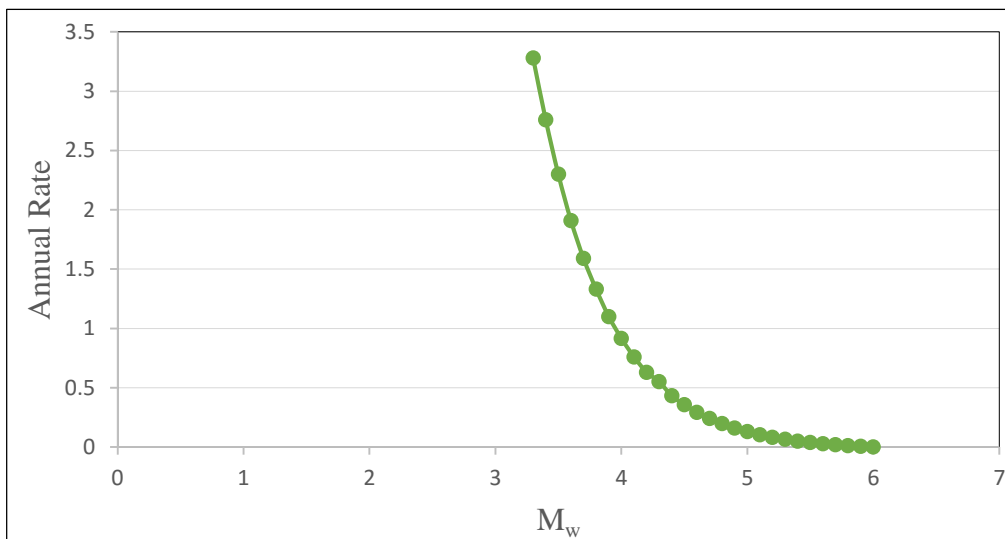
برآورد متغیرهای لرزه‌خیزی روش‌های متعددی جهت برآورد لرزه‌خیزی یک منطقه ارائه شده است که یکی از جدیدترین و پرکاربردترین آن-

بسیار مناسب و کارآمد است. با استفاده از این روش متغیرهای لرزه‌خیزی یعنی ضرایب  $\beta$  و  $\lambda$  (میزان و آهنگ لرزه‌خیزی)، حداکثر بزرگای پذیرفتنی  $M_{max}$ ، دوباره بازگشت، احتمال رویداد و عدم رویداد بزرگای زمین‌لرزه در دوره‌های زمانی متفاوت برای شعاع ۵۰ کیلومتری شهرستان سمیرم محاسبه گردید (جدول ۱ و شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱). با توجه به نتایج حاصل می‌توان بیان نمود در بازه‌های زمانی کوتاه (۵۰ سال) در گستره مطالعاتی احتمال رویداد زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی ۶/۱ به بالا بسیار پایین می‌باشد.

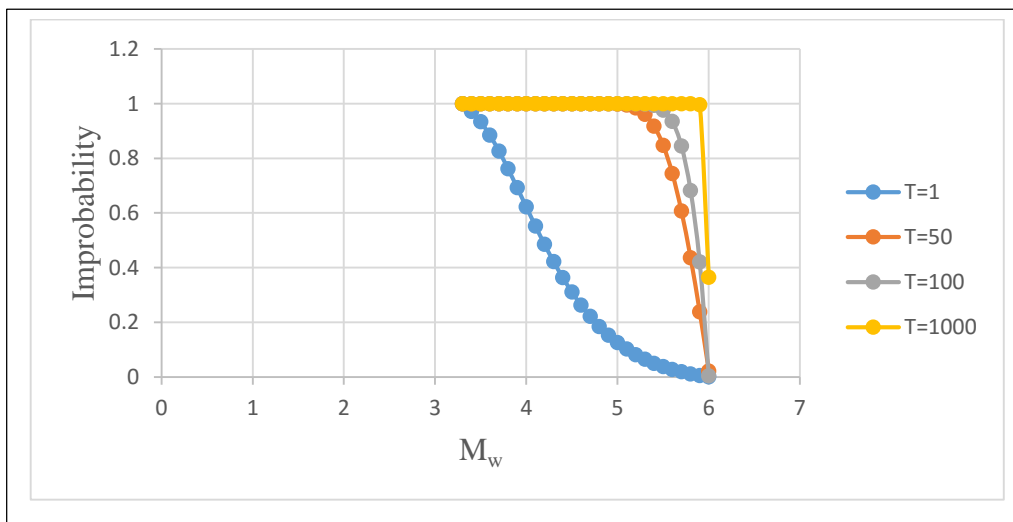
ناهمگن بوده که مناسب با خصوصیات داده‌های لرزه‌ای سرزمین ایران است. توابع استفاده شده در برنامه کامپیوتری کیجکو (۲۰۰۱) شامل تابع توزیع بر ارزش مقادیر نهایی برای زمین‌لرزه‌های پیش از سده بیستم که اغلب بزرگ ولی کم دقت می‌باشند و تابع توزیع دو کراندار گوتنبرگ - ریشتر برای زمین‌لرزه‌های ثبت شده دستگاهی و به‌کارگیری روش آماری تخمین بیشینه محتمل می‌باشد (Kijko 2003). استفاده از این روش در پهنه‌های زمین-ساختی که دارای فهرست ناقصی از اطلاعات زمین‌لرزه‌های تاریخی و یا اساساً فاقد زمین‌لرزه‌های تاریخی می‌باشند

جدول ۱- متغیرهای لرزه‌خیزی محاسبه شده با استفاده از روش کیجکو برای منطقه مورد بررسی

$M_{max}$	$M_{min}$	$\lambda$	b	$\beta$	متغیرهای لرزه‌خیزی
۶±۰/۲	۳/۲۹	۳/۳۱±۰/۲۷	۰/۷۹±۰/۰۵	۱/۸۱±۰/۱۱	شعاع ۵۰ کیلومتری سمیرم

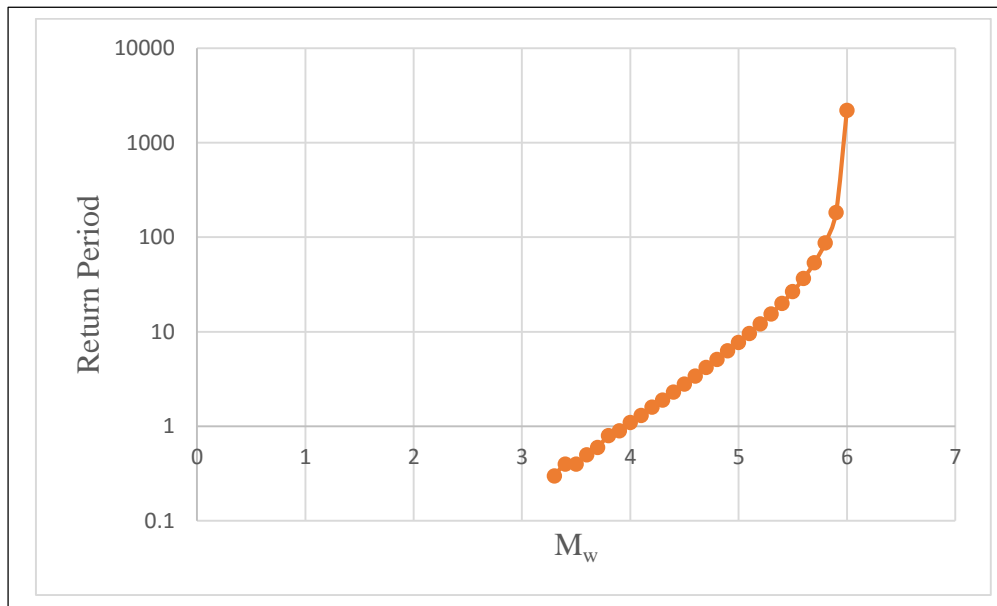


شکل ۹- توزیع رویداد سالانه زمین‌لرزه‌ها بر حسب بزرگای گشتاوری در شعاع ۵۰ کیلومتری سمیرم



شکل ۱۰- احتمال عدم رویداد زمین‌لرزه‌ها بر حسب بزرگای گشتاوری در شعاع ۵۰ کیلومتری





شکل ۱۱- دوره بازگشت زمین‌لرزه‌ها بر حسب بزرگای گشتاوری در شعاع ۵۰ کیلومتری سمیرم

پایین می‌باشد. همچنین بر پایه برآورد روش کیجکو برای شعاع ۵۰ کیلومتری شهرستان سمیرم مقادیر  $\beta$  برابر  $(1/81 \pm 0/11)$  و  $\lambda$  برابر  $(3/31 \pm 0/27)$  می‌باشد.

#### منابع

- ایران‌نژاد پاریزی، ا.، نعمتی، م.، جعفری، و.، سیفی، ن.، (۱۳۹۴)، "مقایسه روش‌های ارزیابی خطر زمین‌لرزه، مطالعه موردی گستره دشت بیاض"، فصلنامه زمین‌شناسی محیط زیست، شماره ۴۱، ص ۳۱-۴۴.

- آقائباتی، س.ع.، (۱۳۸۵)، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ص. ۷۰۸.

- Berberian, M., (1981), "Active Faulting and Tectonics of Iran", Zagros, Hindu Kush, Himalaya Geodynamic Evaluation, American Geophysical Union, Washington DC, Geodyn. Ser., 3, pp. 33-69.
- Berberian, M., (1994), "Natural hazards and the first earthquake catalogue of Iran", 1, Historical hazards in Iran prior to 1900, IIEES, Tehran.
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F., Stein, S., (1994), "Effects of recent revisions to the geomagnetic time scale on estimates of current plate motions", Geophys. Res. Lett., 21, pp. 2191-2194.
- Demircioğlu, M.B., Şeşetyan, K., Duman. T.Y., Çan, T., Tekin, S., Ergintav, S., (2017), "A probabilistic seismic hazard assessment for the Turkish territory: part II—fault source and background seismicity model", Bulletin of Earthquake Engineering, 8, pp. 3399-3438.

#### نتیجه‌گیری

روند ساختمانی و زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه از روند حاکم بر پهنه زاگرس پیروی می‌کند. با توجه با روند زمین‌ساختی زاگرس که دارای روند شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد، روند مشاهده شده برای سیستم زمین‌ساختی منطقه نیز کاملاً با این روند تطابق به عبارتی گسل‌ها و روند زمین‌ساختی منطقه دارای روند کلی شمال غربی - جنوب شرقی هستند. به علاوه زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه نیز از این سیستم روند گسلش تبعیت می‌کند. با توجه به نقشه لرزه‌زمین‌ساخت تهیه شده از منطقه مورد مطالعه، می‌توان بیان نمود که اکثر زمین‌لرزه‌های رخ داده در گستره مورد مطالعه در بخش جنوب و جنوب غربی متمرکز می‌باشد. این رویداد به دلیل عبور گسل اصلی معکوس زاگرس می‌باشد. به عبارتی عامل اصلی فعالیت‌های زمین‌ساختی در منطقه به دلیل فعالیت‌های گسل زاگرس و پهنه ساختاری زاگرس می‌باشد. از طرفی از ناحیه جنوب غرب به طرف شمال شرق از میزان فعالیت لرزه‌ای به شدت کاسته می‌شود. بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی بزرگی و عمق زمین‌لرزه تهیه شده برای منطقه مورد مطالعه، شهرستان سمیرم در پهنه‌ای با بزرگی بین  $3/81$  -  $3/92$  ریشتر و عمق بین  $13/46$  -  $16/54$  کیلومتر قرار گرفته است. بر اساس مطالعات صورت گرفته می‌توان بیان نمود در بازه‌های زمانی ۵۰ سال در گستره مطالعاتی احتمال رویداد زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی  $6/1$  به بالا بسیار

- Hatzfeld, D., Bayer, R., Tavakoli, F., Ashtiani, A., Doerflinger, E., Daignières, M., Collard, P., Chéry J., (2003)**, "GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran", *Journal of Geodesy*, 77, pp. 411-422.
- **Rahimi Shahid, M., Kargaran, F., Rahimi, N., (2016)**, "Using remote sensing data and GIS tools for preparation seismic zones map of Isfahan, Iran", *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 4, pp. 47-59.
- **Rahimi Shahid, M., Kargaran, F., Rahimi, N., (2019)**, "Seismicity and Seismic Hazard Analysis of Shahid Dam Site", *Journal of Geographic Space*, 64, pp. 1-20.
- **Rahimi Shahid, M., Rahimi, N., (2016)**, "Landslide Hazard Zoning central part of the Semirom city", *Journal of Environmental Geology*, 33, pp. 12-24.
- **Rahimi Shahid, M., Rahimi, N., (2017)**, "Earthquake hazard zoning using Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS techniques (Case study: central part of the Semirom city)", *Journal of New Findings in Applied Geology*, 22, pp. 109-118.
- **Vernant, P., Chery, J., (2006)**, "Mechanical modeling of oblique convergence in the Zagros: Iran", *Geophys. J. Int.*, 165, pp. 991-1002.
- **Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F., Chéry, J., (2004)**, "Contemporary crustal deformation and plate kinematics in Middle East constrained by GPS measurements in Iran and Northern Oman", *Geophys. J. Int.*, 157, pp. 381-398.
- **Wells, D.L., Coppersmith, K.J., (1994)**, "New empirical relationship among magnitude, rupture length, rupture area and surface displacement", *Bull. Seism. Soc. AM.*, 84, pp. 974-1002.
- **Guest, B., Axen, G.J., Lam, P.S., Hassanzadeh, J., (2006)**, "Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike-slip and thin skinned deformation", *Geosphere*, 2, pp. 35-52.
- **Gupta, A., Baker, J.W., (2017)**, "Estimating spatially varying event rates with a change point using Bayesian statistics: Application to induced seismicity", *Structural Safety*, 65, pp. 1-11.
- **Heaton, T.H., Hartzell, S.T., (1988)**, "Earthquake Ground Motions", *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 6, pp. 121-145.
- **ICOLD, (1995)**, "International commission on large dams, tailings dams and seismicity, review and recommendations". *Bulletin*, 98.
- **IIIES, (2018)**, "Earthquake data", International institute of earthquake engineering and seismology, <http://www.iiies.ac.ir>.
- **ISC, (2018)**, "Earthquake data", Iranian seismological center, <http://www.irsc.ut.ac.ir>.
- **Kasahara, K., (1985)**, "Earthquake mechanics", Cambridge University Press, Cambridge, p. 248.
- **Kijko, A., (2003)**, "Estimation of the maximum earthquake magnitude,  $m_{max}$ ", *Pure & applied geophysics Pageoph*, 161, pp. 1655-1681.
- **Kijko, A., Sellevoll, M.A., (1992)**, "Estimation of Earthquake Hazard Parameters from Incomplete Data files, Part II, Incorporation of Magnitude Heterogeneity", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 82, pp.120-134.
- **McClure, M., Gibson, R., Chiu, K.-K., Ranganath, R., (2017)**, "Identifying potentially induced seismicity and assessing statistical significance in Oklahoma and California", *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, Accepted.
- **Nabavi, S.M., (1978)**, "Historical Earthquakes in Iran", *The earth and space physics*, 7, pp. 70-111.
- **Nilforoushan, F., Masson, F., Vernant, P., Vigny, C., Martinod, J., Abbassi, M., Nankali, H.,**

# Study of seismotectonic and seismicity of Semirom

Mojtaba Rahimi Shahid<sup>\*1</sup>, Nima Rahimi<sup>2</sup>, Esmail Ghafouri Sedehi<sup>3</sup>

1- Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mr619htt@gmail.com.

2- Faculty of Geology, University of Tehran.

3- Department of Geology, Faculty of Science, Tarbiat Modares University.

## Abstract

In this study, a range of 50 km radius of Semirom city for the seismotectonic and seismicity evaluation is selected. A list of earthquakes happening in the area is prepared including 156 instrumental earthquakes with magnitudes of the unit  $M_w \geq 3$  since 1973 to 2018. Based on obtained results, due to the location of the study area in the Zagros Zone, seismotectonical mechanisms and structures of Semirom city influenced by this zone. Also, most earthquakes in the range of radius 50 km of Semirom region under the action of the Zagros reverse faults. The seismicity of the studied area from the north and northeast to the southwest is increased. Finally, by Kijko (2003) method, seismicity parameters, the annual rate of occurrence and earthquake return possibility for studied area is calculated.

**Key words:** Kijko, Seismicity, Seismotectonics, Fault, Semirom.