

پهنه بندی گستره ایران بر اساس تغییرات نسبت ضرایب لرزه خیزی a/b

علی بیت اللهی

مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

غزاله رزاقیان

گروه زمین شناسی، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۷

gh_razaghian@yahoo.com

چکیده

ضرایب لرزه خیزی a و b در رابطه گوتنبرگ- ریشتر از مهمترین پارامترها در مطالعه الگوی لرزه خیزی یک منطقه می باشد. تهیه نقشه پهنه بندی ضرایب لرزه خیزی b -Value و a -Value و همچنین نسبت آن ها a/b -Value برای گستره ایران هدف اصلی در این پژوهش است. ابتدا یک کاتالوگ از زمین لرزه های رخ داده از سال های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۷ در گستره ایران تهیه شده است، سپس کل ایران به پهنه هایی بسیار کوچک تقسیم شده و ضرایب لرزه خیزی a و b برای هر سلول از این شبکه به طور جداگانه محاسبه شده است. بر اساس مقدار عددی محاسبه شده برای هر سلول در گستره ایران نقشه های پهنه بندی a -Value، b -Value و a/b -Value تهیه شده است. تغییرات در مقدار ضرایب لرزه خیزی بیانگر شرایط متفاوت تکتونیکی در منطقه است. در مقایسه و بررسی نقشه ها با یکدیگر نقشه پهنه بندی a/b -Value اطلاعات جامع تری را در مورد وضعیت لرزه خیزی و تکتونیکی منطقه نشان می دهد. بر این اساس پهنه ایران به سه منطقه کلی تقسیم می شود؛ مناطق با پتانسیل لرزه ای پایین، مناطق با پتانسیل لرزه ای متوسط، و مناطق با پتانسیل لرزه ای بالا. مناطق با پتانسیل لرزه ای بالا شامل نواحی ۱- روند شمال غرب- جنوب شرق زاگرس، ۲- شمال تنگه هرمز با یک روند شمالی- جنوبی منطبق با کمر بند گسلی ناپبند - سیستان، ۳- بخش شمال شرق سواحل مکران، ۴- بخش های گسترده ای از آذربایجان، ۵- نواحی البرز غربی، ۶- البرز شرقی، ۷- کپه داغ، و ۸- بخش هایی از شرق کشور در بخش بالایی کویر لوت (خراسان)، که به صورت یک کمربند بزرگ مناطق با پتانسیل لرزه ای پایین را احاطه کرده اند.

کلمات کلیدی: ایران، تکتونیک، نقشه ها، پهنه بندی، ضرایب لرزه خیزی

مقدمه

از میان پارامترهای لرزه خیزی، ضرایب لرزه خیزی a و b در رابطه $\log N = a - b(M)$ (Gutenberg and Richter, 1954) مهم ترین پارامترها در تعیین لرزه خیزی یک ناحیه هستند، آن ها می توانند بیانگر الگوی لرزه خیزی و ویژگی های زمین ساختی و زمین شناسی نواحی مختلف باشند. تعیین این ضرایب در مطالعات تحلیل خطر و پهنه بندی خطر زمین لرزه لازم است و در ایالت های لرزه زمین ساختی مقدار این ضرایب ثابت فرض می شوند. لذا تهیه یک نقشه پهنه بندی برای گستره ایران بر اساس ضرایب لرزه خیزی a و b نقش مهمی در مطالعات کاربردی خواهد داشت.

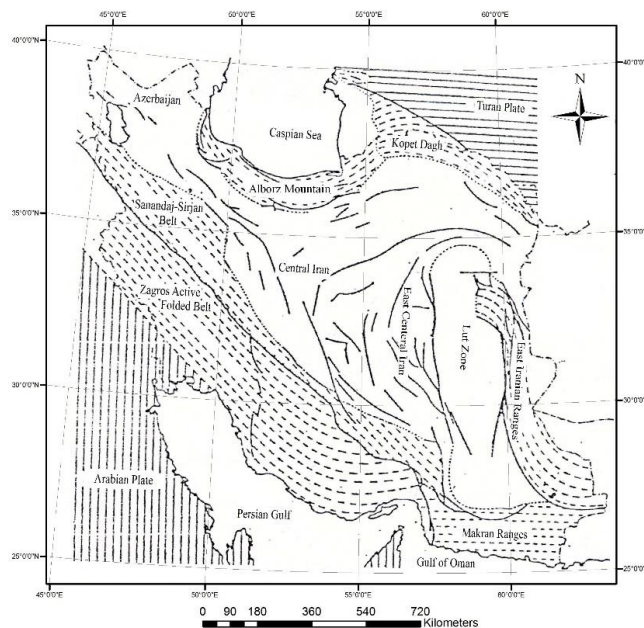
(Nowroozi and Ahmadi, 1986) پارامترهای a و b برای ۲۳ ایالت لرزه زمین ساختی معرفی شده توسط (Nowroozi, 1976) محاسبه نمودند. (Ahmadi et al., 1989) بر اساس پارامترهای a و b محاسبه شده توسط (Nowroozi and Ahmadi, 1986)، تحلیل خطر لرزه ای احتمالی برای ۲۳ ایالت لرزه زمین ساختی (Nowroozi, 1976) انجام داده است. (Zamani and Asadi, 1995)، تغییرات پارامترهای a و b برای کل گستره ایران در یک دوره زمانی ۹۵ ساله (۱۹۰۰ تا ۱۹۹۴) تحلیل کردند. (Hashemi, 2009)، تغییرات مکانی پارامتر b را در ایران برای یک دوره ۵۰ ساله بررسی کرده است.

کشور ایران با وسعت زیاد خود در تمام بخش ها دارای ویژگی های زمین شناسی و لرزه خیزی یکسانی نیستند، به همین دلیل گستره ایران توسط محققین مختلف از دیدگاه های متفاوتی به پهنه ها و ایالت های مختلفی تقسیم شده است. بسیاری از این محققین با دیدگاه های زمین شناسی و تکتونیکی گستره ایران را به پهنه های مختلفی تقسیم کرده اند (Stocklin, 1968; Berberian, 1976; Alavi, 1991; Alavi Naini, 1972; ۱۳۵۹؛ افتخارنژاد و آقائاتی ۱۳۸۳). در کنار این پهنه بندی محققین دیگری با توجه به شرایط لرزه ای و لرزه زمین ساختی گستره ایران را به پهنه ها و زیر پهنه های مختلفی تقسیم کردند، (Nowroozi, 1976; Berberian, 1976; Nogol Sadat, 1993; Zare and Memarian, 2000; Ansari, 2008; Zamani, 2009; Mirzaei et al., 1998; Tavakoli et al., 1999; ۱۳۷۵). گرچه نقشه های تهیه شده توسط محققین مختلف با دیدگاه های مختلفی تهیه شده اند و ساختارهای مختلفی را نشان می دهند ولیکن شباهت های آن ها بیانگر ارتباط نزدیک بین وضعیت لرزه خیزی یک منطقه و جایگاه تکتونیکی و زمین شناسی آن منطقه است (شکل ۱). نقشه ایالت های لرزه زمین ساختی ایران (Berberian, 1976) را نشان می دهد، این نقشه بر اساس ویژگی های زمین شناسی، تکتونیکی و لرزه ای تهیه شده است.

می شوند. با توجه به حجم زیاد داده های لرزه ای برآورد و محاسبه این ضرایب به صورت دستی سخت و احتمال بروز خطا زیاد است. به همین دلیل با نوشتن یک برنامه در محیط *visual basic* تمام محاسبات به طور دقیق و کامل توسط یک برنامه کامپیوتری انجام شده است. پس از محاسبه ضرایب، نقشه های پهنه بندی برای گستره تهیه شده است. سپس بر اساس نقشه های پهنه بندی تهیه شده مناطق با فعالیت های لرزه ای مختلف از یکدیگر تفکیک می شوند.

در این پژوهش با تعیین ضرایب لرزه خیزی *a*, *b* (بدون در نظر گرفتن مرز ایالت های لرزه زمین ساختی معرفی شده توسط محققین پیشین) برای نقاط مختلف که به صورت شبکه ای از نقاط منظم و پیوسته در گستره ایران در نظر گرفته شده اند، نقشه های پهنه بندی *b*- Value و *a*- Value و در نهایت *a/b* - Value تهیه شده است.

برای انجام این کار در مرحله اول احتیاج به داده های لرزه ای کامل و همگنی از پهنه ایران است. سپس بر اساس روابط (Gutenberg and Richter, 1954) ضرایب لرزه خیزی *a*- Value, *b*- Value و *a/b* - Value محاسبه



شکل ۱. نقشه ایالت های لرزه زمین ساختی ایران (Berberian, 1976).

جنوب غرب، اوراسیا از شمال و افغان از شرق احاطه شده اند (Jackson and McKenzie, 1984, 1988).

حرکات راست لغز کمربند زاگرس همراه با حرکات چپ لغز بخش شمال شرقی - جنوب غربی کمربند البرز باعث شکل گیری کمربند های متقاطع شده است که عامل حرکات جانبی بلوک ایران مرکزی به سمت شرق و بلوک لوت شده است (Boccaletti and Dainelli, 1982).

عدم یکنواختی در پراکندگی وقوع زمین لرزه ها در گستره ایران مهمترین مسئله قابل توجه در شکل ۲ است. بر این اساس می توان کمربند چین خورده - رانده زاگرس با روند شمال غرب - جنوب شرق، روند شمالی - جنوبی کمربند گسلی نایبند - سیستان، روند شمال شرق - جنوب غرب البرز شرقی و کپه داغ، و روند شمال غرب - جنوب شرق البرز غربی و آذربایجان را به عنوان مناطق با فعالیت های لرزه ای بالا از قسمت های مختلف ایران مرکزی با فعالیت های لرزه ای پایین از یکدیگر تفکیک کرد. این روند های لرزه ای با روند های دگرشکلی در پهنه ایران هماهنگی مناسبی نشان می دهد. پراکندگی غیر یکنواخت زمین لرزه ها در گستره ایران می تواند بیانگر تفاوت های رفتاری و ساختاری در نواحی مختلف باشد (Bonini et al., 2003). در یک مدل سازی برای پهنه ایران نشان دادند که بین پراکندگی زمین لرزه ها و کمربند های تغییر شکل یافته البرز و زاگرس ارتباط و هماهنگی های قابل توجهی وجود دارد.

لرزه زمین ساخت منطقه مورد مطالعه

وضعیت تکتونیکی گستره ایران

وضعیت لرزه زمین ساختی یک ناحیه که تحت تاثیر حرکات برخوردی قرار دارد به شدت تحت تاثیر حرکات گسل های معکوس و امتداد لغز است. تغییر شکل های درون صفحه ای ایران که تحت تاثیر حرکت رو به شمال صفحه عربی بوجود آمده است، باعث شکل گیری یک سیستم مرکب از کمربند های لرزه ای موازی و مایل به برخورد شده است، این کمربند ها دو بلوک قاره ای ایران مرکزی و لوت را احاطه کرده اند (McKenzie, 1972; Berberian, 1981; Jackson and McKenzie, 1984; DeMets et al., 1990; Jackson et al., 1990; Jackson et al., 1995; Jestin et al., 1994). بلوک های ایران مرکزی و لوت با یک رفتار صلب و مقاوم در بین کمربند های تغییر شکل یافته زاگرس با روند شمال غرب - جنوب شرق (Tchalenko and Braud, 1974; Berberian, 1981, 1995; Jackson and McKenzie, 1984; 1988)، کمربند گسلی نایبند - سیستان با روند شمالی - جنوبی در حد فاصل بلوک لوت و ایران مرکزی (Bonini et al., 2003) و کمربند تغییر شکل یافته البرز کپه داغ با روند شرقی - غربی (Priestly et al., 1994; Jackson, 2002) محدود شده اند. این مجموعه پیچیده خود توسط کراتون های قاره ای نسبتاً تغییر شکل نیافته عربستان در

زمین لرزه ها در گستره ایران

در بررسی ویژگی های لرزه خیزی و تعیین پارامترهای آن برای هر منطقه، اولین قدم گرد آوری زمین لرزه هایی است که پیش از این در منطقه روی داده است. در این مطالعه، با توجه به این مطلب که تمام پهنه بندی ها بر اساس داده های عددی استوار است و با توجه به عدم قطعیت در عمق، طول و عرض جغرافیایی، بزرگی و تعداد زمین لرزه های تاریخی و همچنین با توجه به عدم وجود یکدستی در کاتالوگ زلزله های تاریخی و گزارش برخی از آنها (بدلیل تاثیر گذاری بر روی مراکز جمعیتی مهم در ایران باستان) و عدم گزارش برخی دیگر، از داده های تاریخی صرف نظر شده است. منظور از زمین لرزه های تاریخی زمین لرزه های قبل از شروع قرن ۲۰ (قبل از ۱۹۰۰) است که دارای دقت پائینی اند (Ambraseys and Melville, 1982). مطالعات در مقاله بر اساس داده های لرزه های پس از سال ۱۹۰۰ است که توسط دستگاه های لرزه نگار ثبت شده اند، انجام شده است.

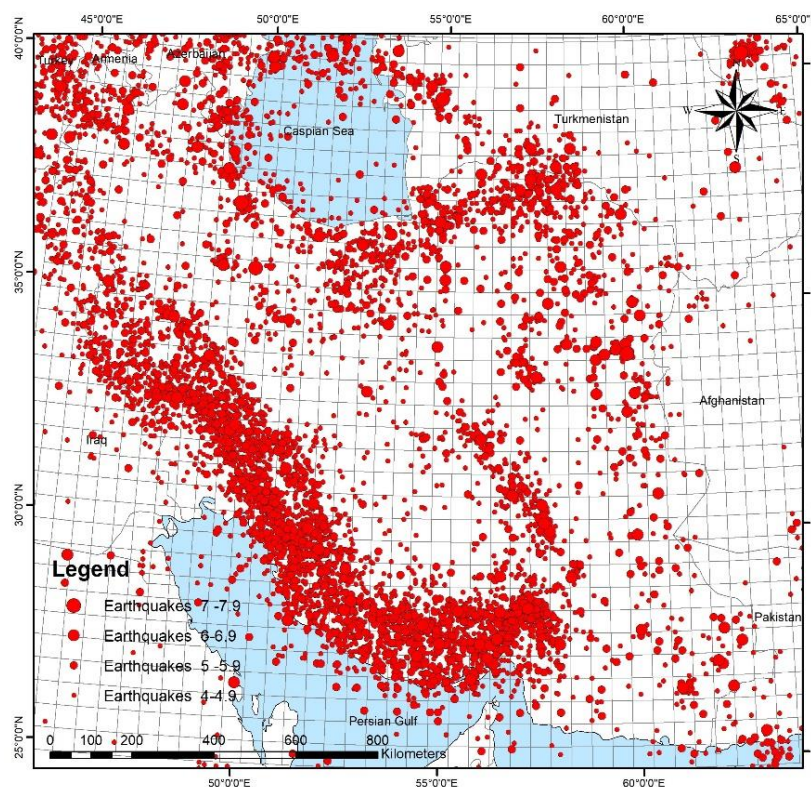
در این مطالعه برای تهیه کاتالوگ زمین لرزه ها از مراجع معتبر داخلی (موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله) و خارجی (مرکز زلزله شناسی بین المللی انگلستان ISC و پایگاه مطالعات ژئوفیزیک ایالات متحده USGS) استفاده شده است. پس از تکمیل بانک اطلاعاتی داده های لرزه ای با استفاده از این منابع، رویداد های لرزه ای با یکدیگر مقایسه و داده های تکراری حذف شده اند و یک کاتالوگ کامل از زمین لرزه های

۱۹۰۰ تا ۲۰۰۷ برای پهنه ایران تهیه شده است (شکل ۲).

با نصب شبکه جهانی دقت مناسب تری در جانمایی زمین لرزه ها و تعیین بزرگا و عمق آنها بوجود آمد که این اتفاق مخصوصا برای سرزمین ایران به بعد از سال ۱۹۶۳ مربوط می شود و لذا داده های زلزله های پس از سال ۱۹۶۳ در فلات ایران دارای وزن و اعتبار بالاتری هستند (Ambraseys and Melville, 1982).

با توجه به عدم قطعیتی که در مورد زمین لرزه های قبل از ۱۹۶۳ وجود دارد و برای همگن نمودن داده های لرزه ای و شناسایی زمین لرزه های تاثیر گذار زمین لرزه های کوچکتر از ۴ ریشتر حذف شده اند. این کار بدلیل حذف رویداد های لرزه ای با منشاء غیر تکتونیکی نیز قابل توجیه بوده که برای دوری از هر گونه خطای ناشی از زمین لرزه های غیر تکتونیکی، حذف زمین لرزه های کوچک تر از ۴ صورت پذیرفته است.

قبل از پردازش داده های لرزه ای، در اولین قدم پالایش داده ها از رخداد های وابسته به منظور به دست آوردن توزیع پواسونی از داده ها ضرورت اساسی دارد. برای عملیات حذف پس لرزه ها، از فهرست رویداد زمین لرزه ها روش های مختلفی معرفی شده است. در این کار، از روش حذف پنجره ای که متداول ترین آن است و بر پایه رسم لگاریتم زمانی پس لرزه ها بر حسب بزرگی زمین لرزه ها است، (Gardner and Knopoff, 1974) استفاده شده است. در نهایت، یک کاتالوگ با تعداد ۸۰۹۰ زمین لرزه ثبت شده برای سال های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۷ (۱۰۷ سال) تهیه شد که اساس و داده های اولیه این تحقیق را شامل می شوند.



شکل ۲. پراکندگی زمین لرزه های بزرگتر از $M_w = 4$ ، بین سال های ۱۹۰۰-۲۰۰۷ در نواحی مختلف ایران، منابع داخلی (موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله)، منابع خارجی (پایگاه مطالعات ژئوفیزیک ایالات متحده USGS، مرکز زلزله شناسی بین المللی انگلستان ISC).

روش مطالعه

پهنه بندی ایران بر اساس ضرایب لرزه خیزی a -value و b -value، هدف اصلی این مطالعه است. این داده ها و ضرایب لرزه خیزی برای ایالت های لرزه زمین ساختی پیشین تعیین نمی شوند، بلکه برای محاسبه ضرایب لرزه خیزی در گستره ایران و تهیه یک نقشه پهنه بندی ما نیازمند آن هستیم که این ضرایب برای کل گستره کشور تهیه شود و سپس مناطق با ضرایب یکسان در یک پهنه قرار گیرند.

بنابراین برای انجام محاسبات عددی و تعیین ضرایب لرزه خیزی در کل پهنه ایران و نواحی مجاور (برای شناسایی رخ دادهای لرزه ای تاثیر گذار) به سلول هایی دو درجه در دو درجه ($2^{\circ} \times 2^{\circ}$) که با یکدیگر هم پوشانی $1/5$ درجه ای دارند تقسیم شده است، همپوشانی $1/5$ درجه ای سلول ها نقش مهمی در پیوستگی داده ها دارد. مجموعاً 1354 سلول خواهیم داشت که برای هر سلول ضرایب لرزه خیزی a ، b حساب و به نقطه مرکزی آن سلول نسبت داده می شود. در واقع در سراسر پهنه ایران 1354 نقطه داریم که با یکدیگر دارای فواصل نیم درجه ای هستند و هر نقطه دارای ضرایب لرزه خیزی a ، b خاص به خود هستند (شکل ۳).

به علت زیاد بودن تعداد زمین لرزه ها (8090 رکورد) و حجم بالای محاسبات (1354 خانه)، برنامه ای کامپیوتری توسط ویژوال بیسیک نوشته شد که با اجرای برنامه:

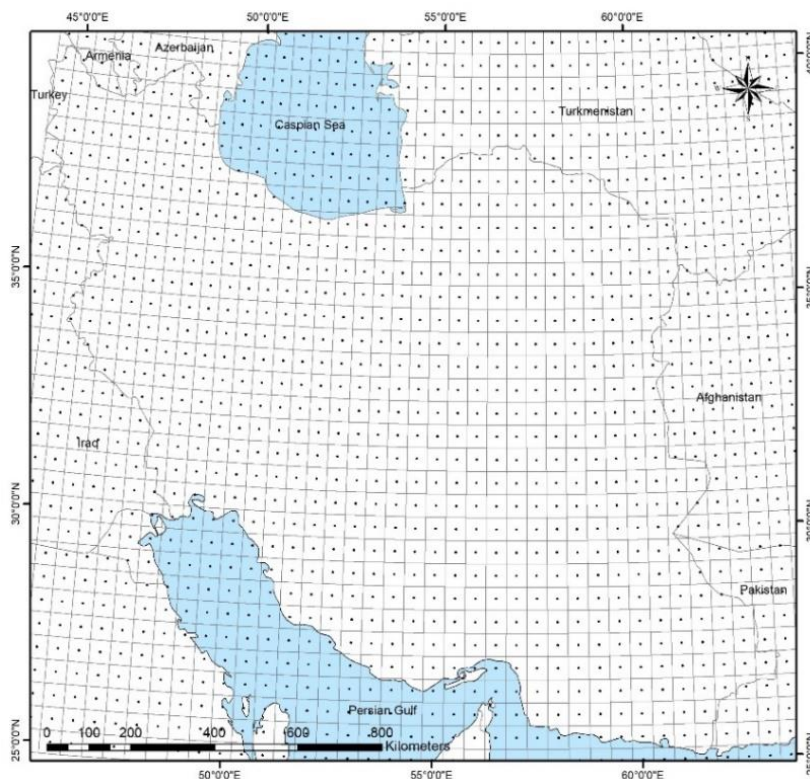
(۱) داده های لرزه ای ثبت شده قرائت

(۲) داده های مربوط به هر سلول جدا

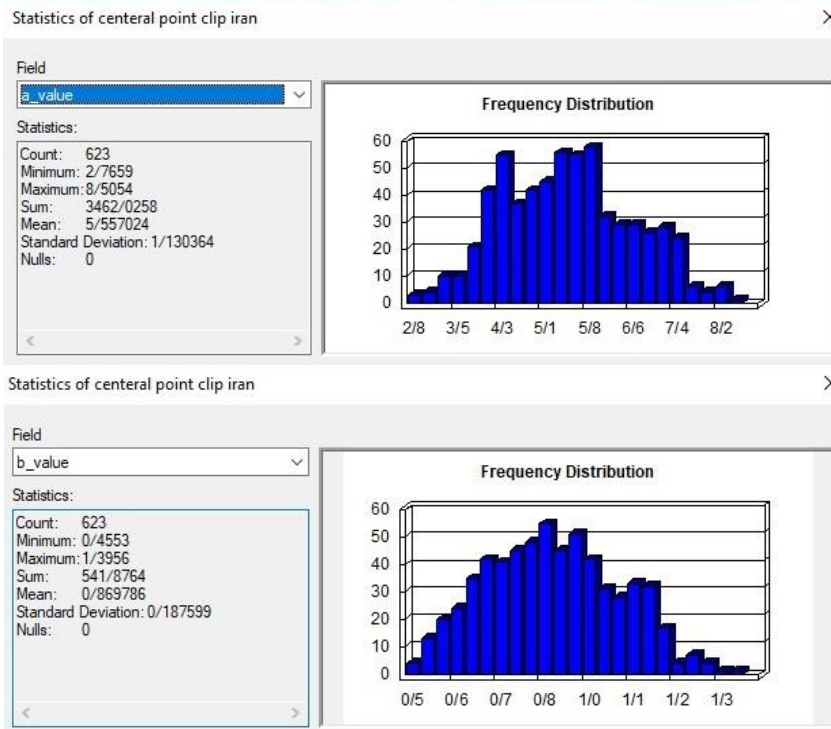
(۳) محاسبات لرزه خیزی برای آن سلول انجام

(۴) نتایج در فایل جداگانه ای ذخیره می گردند.

لذا برای تمام 1354 سلول مشخص شده در پهنه ایران و به ازای داده های محصور در هر سلول خط گوتنبرگ - ریشتر رسم و ضرایب a ، b برای آن ها محاسبه شده است. مقادیر عددی پارامتر b -Value برای گستره ایران بین $1/39$ تا $0/45$ تغییر می کند، در حالیکه زاگرس بیشترین مقدار عددی و ایران مرکزی و نواحی شرق ایران کمترین مقدار عددی را به خود اختصاص می دهند. مقادیر عددی پارامتر a -Value برای گستره ایران بین $8/5$ تا $2/7$ تغییر می کند، زاگرس بیشترین مقدار عددی و ایران مرکزی و شرق ایران کمترین مقدار عددی را به خود اختصاص می دهند. نمودار های مربوط به وضعیت تجمعی ضرایب لرزه خیزی a -Value، b -Value در گستره ایران (شکل ۴) نشان داده شده است. در نهایت پس از وارد کردن داده های اولیه (ضرایب لرزه خیزی) در نرم افزار Arc GIS، نقشه های پهنه بندی با استفاده از روش درون یابی (Inverse distance weighting) که یکی از روش های معمول و پرکاربرد است، تهیه شده است.



شکل ۳. موقعیت سلول هایی که ضرایب لرزه خیزی برای تمام آن ها محاسبه شده است.



شکل ۴. نمودار های تجمعی ضرایب لرزه خیزی a- Value , b- Value برای کل ایران.

ضرایب لرزه خیزی a- Value و b- Value

Gutenberg and Richter (1954). یک رابطه خطی با شیب منفی را معرفی نمود؛ $\log N = a - b(M)$. که معرف رابطه بین بزرگا و فراوانی زمین لرزه های رخ داده است. بر اساس این رابطه a , b ضرایب ثابتی هستند که بیانگر وضعیت لرزه خیزی یک منطقه هستند. پارامتر a بیانگر تعداد زمین لرزه ها در یک منطقه مشخص و در دوره زمانی مورد مطالعه است. پارامتر b شیب خط در رابطه تجربی گوتنبرگ ریشتر است که نشان دهنده رابطه فراوانی رخداد زمین لرزه ها با افزایش و یا کاهش بزرگای آن ها در یک منطقه خاص است. مقدار این پارامتر به خواص مواد کانونی و ویژگی های تکتونیکی یک ناحیه مربوط است. (Allen et al., 1965; Hatzidimitriou et al., 1985; Wang, 1988). مقدار عددی ضریب b از ۰/۷ تا ۱/۳ در مناطق با شرایط تکتونیکی مختلف تغییر می کند. (Barton et al., 1999; Bhattacharya et al., 2002; Kalyoncuoglu, 2007). محققین مختلف دلایل متفاوتی را برای تغییرات مقدار عددی b در مناطق مختلف بیان می کنند (Mogi 1962) به اهمیت عدم تجانس در عملکرد که باعث افزایش مقدار b می شود اشاره می کند. (Scholz 1968). ارتباط معکوس بین سطح تنش و مقدار b در مطالعات آزمایشگاهی را بیان می کند. (Mori and Abercombie, 1997). پیشنهاد می کنند که تغییرات قابل توجهی در مقدار b در محیط های تکتونیکی مختلف رخ می دهد. (Manakou and Tsapanos, 2000). مقدار کم b به درجه پایین ناهمگنی، نرخ واتنش بالا، سرعت بالا در تغییر شکل و در نتیجه گسل های بزرگ مرتبط است.

تعیین مقدار b- Value برای تعیین عدم تجانس پوسته و بررسی تنش در یک منطقه با تکتونیک فعال می تواند استفاده شود (Mogi, 1962; Scholz, 1968).

1968; Cao and Gao, 2002; Khan, 2005. از آن جا که الگوی لرزه خیزی یک منطقه نقش مهمی در بررسی وضعیت تنش های تکتونیکی یک منطقه دارد، همچنین اهمیت تغییرات زمانی پارامتر b- Value برای بررسی وضعیت لرزه خیزی و پیش بینی زلزله در سال های اخیر توسط لرزه شناسان بکار گرفته شده است. (Wiemer and Wyss, 1997, 2002; Mandal and Rastogi, 2005).

تغییرات جانبی نسبت Value - a/b

پارامتر های a و b در رابطه تجربی گوتنبرگ ریشتر، اطلاعات مناسبی را در مورد محیط های تکتونیکی نواحی مختلف در اختیار نمی گذارند. در حالیکه نسبت a/b که از رابطه تجربی گوتنبرگ ریشتر مشق می شود، بهتر از پارامتر های a و b وضعیت لرزه ای و تکتونیکی یک منطقه را توصیف می کند (Bayrak et al., 2002).

همان طور که (Bayrak et al., 2002) نشان داد بیشترین مقدار عددی a/b مربوط به مناطق با فعالیت های لرزه ای بالا مشابه مناطق فرورانش اقیانوسی است. مناطق فرورانش اقیانوسی دارای بیشترین نسبت عددی a/b و کمترین مقدار عددی b هستند، در حالیکه پشته های اقیانوسی دارای کمترین مقدار نسبت عددی a/b هستند. بررسی داده ها نشان می دهد که بین مقدار عددی b و تنش ظاهری در منطقه ارتباط وجود دارد. مناطق تبدیلی قاره ای و راندگی های دارای مقدار عددی a/b متوسط هستند، مانند ناحیه برخوردی هیمالیا و زاگرس بیتلیس که مقدار عددی a/b بین ۸ تا ۱۰ تغییر می کند. (Bayrak, et al., 2002) با به نقشه در آوردن نسبت عددی a/b برای مناطق مختلف در دنیا یک تصویر دقیق از مناطق با فعالیت های لرزه ای پایین و بالا، همچنین مناطق با پتانسیل لرزه ای و سطح خطر نسبی را فراهم نمود.

بحث و نتیجه گیری

نقشه های پهنه بندی b -Value, a -Value در گستره ایران

پس از محاسبه ضرایب لرزه خیزی در هر یک از شبکه ها، مقادیر ضرایب لرزه خیزی وارد نرم افزار Arc GIS شده و به نقاط مرکزی سلول ها (شکل ۳) نسبت داده می شود و در نتیجه هر نقطه دارای مقدار عددی مشخص a و b است. با در نظر گرفتن این مقادیر عددی نقشه های پهنه بندی b -Value و a -Value با استفاده از روش درون یابی (IDW (Inverse distance weighting) برای پهنه ایران تهیه شده است، در (شکل های ۵ و ۶) بر اساس این نقشه ها مناطق با فعالیت های لرزه ای مختلف و ضرایب لرزه خیزی متفاوت از یکدیگر جدا شده اند، در هر نقشه نه پهنه با ضرایب لرزه خیزی مختلف قابل تشخیص است.

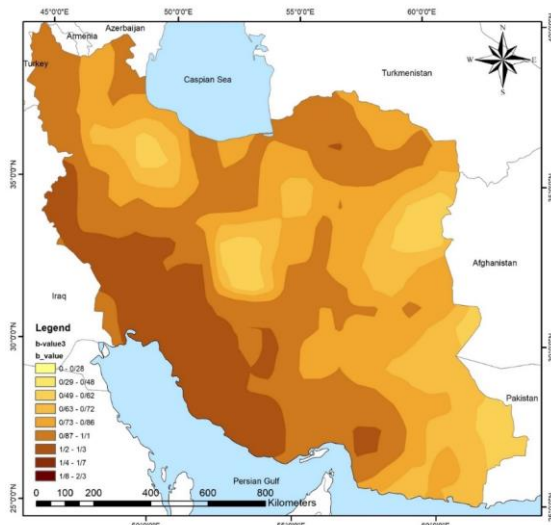
در نقشه پهنه بندی a -Value بیشترین مقدار عددی، فراوانی زمین لرزه ها، مربوط به ناحیه زاگرس، البرز شرقی و کپه داغ، و بخش هایی از غرب و شمال غرب کشور با مقدار عددی ۵/۶ تا ۸/۱ است. نقشه پهنه بندی b -Value نیز بیشترین مقدار عددی را برای روند ساختاری زاگرس، البرز شرقی و کپه داغ، غرب و شمال غرب کشور با مقدار عددی ۱/۷ تا ۰/۴۹ نشان می دهد. این نواحی با ضرایب بالا، نواحی مانند بخش هایی از ایران مرکزی و شرق ایران را با مقدار پایین ضرایب لرزه خیزی احاطه کرده اند.

تغییرات در مقدار ضرایب لرزه خیزی بیانگر شرایط متفاوت تکتونیکی در منطقه است. افزایش و کاهش مقدار b -Value در نواحی مختلف گستره ایران بیانگر رفتار ها و شرایط تکتونیکی متفاوت این گستره است (Scholz, 1968; Mori and Abercombie, 1997; Manakou and Tsapanos, 2000) کشور ایران بر اساس ویژگی های زمین شناسی و ساختاری توسط محققین مختلف (Stocklin, 1968, Berberian, 1981, Alavi, 1991, AlaviNaini, 1972, و دیگران) به پهنه ها و زیر پهنه های مختلفی تقسیم شده است، کار های انجام شده توسط محققین مختلف دارای تقسیمات گوناگون با جزئیات فراوان هستند ولیکن در تمام آنها سه حوضه اصلی البرز، ایران مرکزی و زاگرس قابل شناسایی است. در نقشه های پهنه بندی ضرایب لرزه خیزی، (شکل

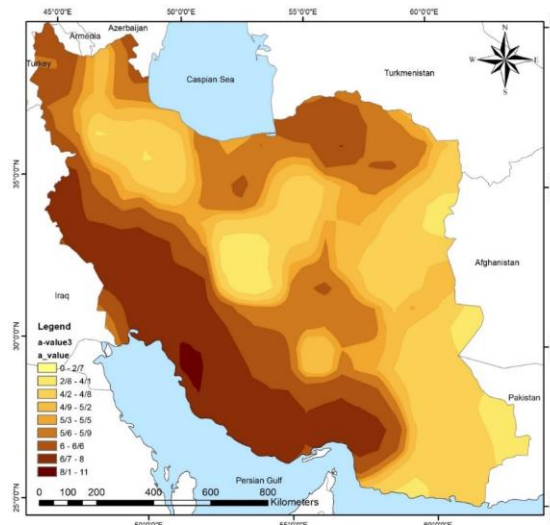
های ۵ و ۶) نیز می توانیم روند های کلی گستره ایران یعنی زاگرس، ایران مرکزی، شرق ایران، و کپه داغ و البرز شرقی را ببینیم.

نقشه پهنه بندی a/b -Value در گستره ایران

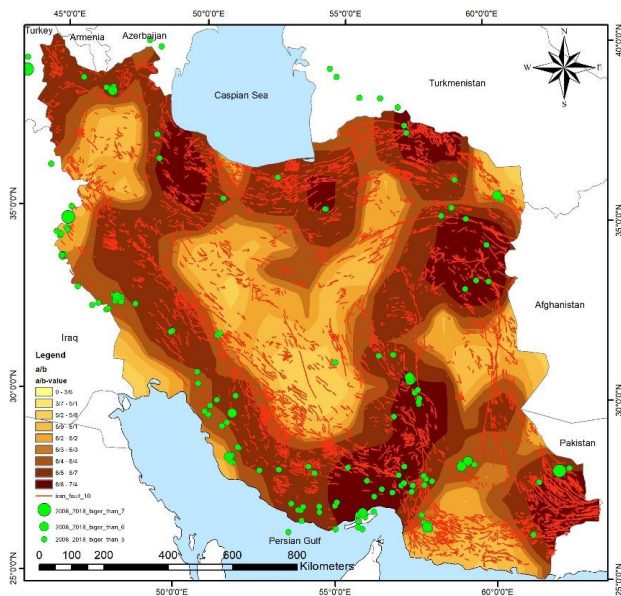
در ادامه این مطالعه یک نقشه از پهنه بندی نسبت a/b نیز تهیه شده است (شکل ۷). Bayrak, et al., (2002). بیان می کنند که این نقشه بهتر از نقشه های a و b وضعیت لرزه خیزی و مناطق دارای پتانسیل فعالیت های لرزه ای را نشان می دهد. بر اساس این نقشه، گستره ایران شامل مناطق با فعالیت لرزه ای بالا (۷/۴ تا ۶/۴)، مناطق با فعالیت های لرزه ای متوسط (۵/۹ تا ۶/۳) و مناطق با فعالیت لرزه ای پایین (۵/۸ تا ۰/۱۰) است. تغییرات مقدار عددی نسبت a/b در پهنه ایران بین ۵/۲ تا ۷/۴ در تغییر است. مناطق با مقدار عددی بالا نشان دهنده مناطق با فعالیت لرزه ای زیاد و مناطق با پتانسیل لرزه ای است. چگالی و تراکم بالای رنگ ها (مقدار عددی زیاد a/b) در نواحی زاگرس، تنگه هرمز، بخش هایی از شرق ایران، کپه داغ، البرز شرقی و غربی، آذربایجان بیانگر کمربند های به هم پیوسته ای از مناطق فعال تکتونیکی است که مناطق با مقدار عددی کم a/b (رنگ های کم چگال تر) و یا مناطق با فعالیت کم تکتونیکی را احاطه کرده اند (شکل ۷). بررسی نسبت عددی a/b برای گستره ایران بیانگر نقش مهم این پارامتر در مطالعات لرزه خیزی و برآورد خطر زمین لرزه است. در واقع الگوی تنوع مقدار نسبت عددی a/b شناسایی مناطق فعال لرزه ای در ارتباط با پارامترهای a و b مشتق شده از رابطه تجربی گوتنبرگ - ریشتر را میسر می سازد. با توجه به آنکه کاتالوگ مورد استفاده تا سال ۲۰۰۷ را پوشش می داد از زمین لرزه های بزرگتر از ۵ بین سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ برای ارزیابی نقشه های تهیه شده استفاده شد. شکل ۸، کانون زمین لرزه های سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ (موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران) را بر روی نقشه پهنه بندی نسبت a/b نشان می دهد، بنابر انتظار این داده ها بر پهنه ها با فعالیت های لرزه ای بالا منطبق هستند. انطباق نقشه گسل ها با طول بیش از ۱۰ کیلومتر با این نقشه، همپوشانی مناطق با چگالی بالای گسل ها و مناطق با پتانسیل لرزه ای را نشان می دهد.



شکل ۶. نقشه پهنه بندی b -Value در گستره ایران



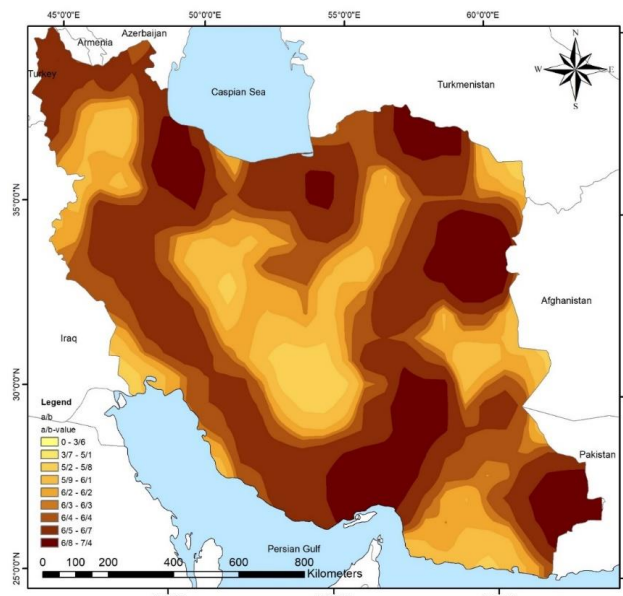
شکل ۵. نقشه پهنه بندی a -Value در گستره ایران



شکل ۸. نقشه پهنه بندی a/b-Value در گستره ایران و مکان کانونی زمین لرزه های بزرگتر از ۵ بین سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸، گرفته شده از موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، خطوط قرمز گسل های بزرگتر از ۱۰ کیلومتر در پهنه ایران هستند

های لرزه ای و تکتونیک، یهنه ایران زمین باشد.

علاوه بر نقشه های پهنه بندی **a- Value** و **b- Value**، نقشه پهنه بندی **a/b- Value** در گستره ایران تهیه شده است. مقادیر عددی بالا در این نقشه که با رنگ های پر رنگ نشان داده شده است مناطق با پتانسیل لرزه ای بالا است. در واقع با این نقشه تاثیر ضرایب **a** و **b** به صورت توأم در یک نقشه می توان دید. بر این اساس پهنه ایران به سه منطقه کلی تقسیم می شود؛ مناطق با پتانسیل لرزه ای پایین، مناطق با پتانسیل لرزه ای متوسط، و مناطق با پتانسیل لرزه ای بالا. مناطق با پتانسیل لرزه ای بالا شامل نواحی ۱-روند شمال غرب جنوب شرق زاگرس، ۲- شمال تنگه هرمز با یک روند شمالی جنوبی که منطبق با کمر بند گسلی نایبند - سیستان، ۳- بخش شمال شرق سواحل مکران، ۴- بخش های گسترده ای از آذربایجان، ۵- نواحی البرز غربی، ۶- البرز شرقی، ۷- کپه داغ، و ۸- بخش هایی از شرق کشور در بخش بالایی کویر لوت (خراسان)، به صورت یک کمر بند بزرگ مناطق با فعالیت های لرزه ای پایین را احاطه کرده اند.



شکل ۷. نقشه پهنه بندی a/b-Value در گستره ایران

نتیجه گیری

پس از تهیه یک کاتالوگ کامل از زمین لرزه های رخ داده در پهنه ایران از منابع معتبر داخلی و خارجی و انجام پردازش های لازم بر روی آن در جهت همگن نمودن، در نهایت این کاتالوگ مبنای مطالعات عددی برای پهنه بندی گستره ایران بر اساس ضرایب لرزه خیزی قرار گرفت. محاسبه ضرایب a و b در رابطه گوتنبرگ ریشتر در مطالعات لرزه خیزی و پهنه بندی خطر زمین لرزه برای یک ناحیه بسیار مهم است و پایه و اساس کار های بعدی در تحلیل خطر زلزله را تشکیل می دهد. بر اساس نقشه های پهنه بندی a -Value و b -Value تهیه شده برای پهنه ایران به راحتی می توان نواحی با مقادیر ضرایب لرزه خیزی متفاوت را از یکدیگر تفکیک نمود. در این پهنه بندی مناطق زاگرس، البرز شرقی و کپه داغ و آذربایجان با ضرایب لرزه خیزی بالا از ایران مرکزی، شرق ایران و مکران قابل تفکیک از یکدیگر هستند. این پهنه های لرزه ای با پهنه های رسوبی - ساختمانی ایران که بر اساس ویژگی های زمین شناسی از یکدیگر جدا می شوند، قابل مقایسه هستند. این مسئله خود می تواند بیانگر ارتباط نزدیک ویژگی

منابع

آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین شناسی ایران: انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۶۰۶ ص.

افتخار نژاد، ج، ۱۳۵۹، پهنه ساختاری ایران در ارتباط با حوضه های رسوبی: انجمن نفت ایران، شماره ۸۲، صفحه ۱۹-۲۸.

نوی، م. ح.، ۱۳۵۵، دیباچه‌ای بر زمین شناسی، ایران: سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۳۸، صفحه ۱۱۰.

نیری، ع. و همکاران، ۱۳۷۵، استان های لرزه زمین ساخت ایران زمین: کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، (IRCOLD)، نشریه ۱۲.

Ahmadi,G., Mostaghel,N. and Nowroozi,A.A.,1989, Earthquake Risk analysis of Iran-V: probabilistic seismic risk for various peak ground accelerations: Iranian Journal of Science and Technology,13:115-156.

AlaviNainiM.,1972, Etudegeologique delaergiondedjam: Geological Survey of Iran Reports23, pp.1–45 (in French).

Alavi, M., 1991, Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran: Geological Society of America Bulletin, 103(8), pp.983-992

- Allen, C.R., St. Amand, P., Richter, C.F. and Nordquist, J., 1965, Relationship between seismicity and geologic structure in the southern California region: *Bulletin of the Seismological Society of America*, 55(4), pp.753-797.
- Ansari, A., Noorzad, A. and Zafarani, H., 2009, Clustering analysis of the seismic catalog of Iran: *Computers & Geosciences*, 35(3), pp.475-486.
- Ambraseys, N. N. and Melville, C. P., 1982, *A history of persian earthquakes*: Cambridge university press.
- Barton, D.J., Foulger, G.R., Henderson, J.R. and Julian, B.R., 1999, Frequency–magnitude statistics and spatial correlation dimensions of earthquakes at Long Valley caldera, California: *Geophysical Journal International*, 138(2), pp.563-570.
- Bayrak, Y., Yilmaztürk, A. and Öztürk, S., 2002, Lateral variations of the modal (a/b) values for the different regions of the world: *Journal of Geodynamics*, 34(5), pp.653-666.
- Berberian, M., 1981, Active faulting and tectonics of Iran: *Zagros-Hindu Kush-Himalaya Geodynamic Evolution*, 3, pp.33-69.
- Berberian, M., 1976a, Contribution to Seismotectonics of Iran (part II): *Geological Survey of Iran Report No. 39*, 518 pp.
- Berberian, M., 1976b, Seismotectonic map of Iran (1:2 500 000): *Geological Survey of Iran Report No. 39*.
- Berberian, M., 1995, Master “blind” thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics: *Tectonophysics*, 241(3-4), pp.193-224.
- Bhattacharya, P.M., Majumdar, R.K. and Kayal, J.R., 2002, Fractal dimension and b-value mapping in northeast India: *Current Science*, pp.1486-1491.
- Boccaletti, M., Dainelli, P., 1982, Il sistema regmatico neogenicoquaternario nell’area mediterranea: esempio di deformazione plastico-rigida post-collisionale: *Mem. Soc. Geol. Ital.* 24, 465– 482.
- Bonini, M., Corti, G., Sokoutis, D., Vannucci, G., Gasperini, P. and Cloetingh, S., 2003, Insights from scaled analogue modelling into the seismotectonics of the Iranian region: *Tectonophysics*, 376(3-4), pp.137-149.
- Cao, A. and Gao, S.S., 2002, Temporal variation of seismic b-values beneath northeastern Japan island arc: *Geophysical research letters*, 29(9), pp.48-1.
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F. and Stein, S., 1990, Current plate motions: *Geophysical journal international*, 101(2), pp.425-478.
- Gardner, J.K. and Knopoff, L., 1974, Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian?: *Bulletin of the Seismological Society of America*, 64(5), pp.1363-1367.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F., 1954, *Seismicity of the earth and Associated Phenimena*: Princeton Univ. Press. Princeton, New Jersey, U.S.A.
- Hatzidimitriou, P.M., Papadimitriou, E.E., Mountrakis, D.M. and Papazachos, B.C., 1985, The seismic parameter b of the frequency-magnitude relation and its association with the geological zones in the area of Greece: *Tectonophysics*, 120(1-2), pp.141-151.
- Hashemi, N., 2009, An assessment of the Spatial Variation of the Seismic b_value across Iran: *Scientific Quarterly Journal, Geoscience*, Vol.18, No 72, Summer 2009.
- Jackson, M.P.A. ed., 1990, *Salt diapirs of the Great Kavir, central Iran (Vol. 177)*: Geological Society of America.
- Jackson, J., Haines, J. and Holt, W., 1995, The accommodation of Arabia-Eurasia plate convergence in Iran: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 100(B8), pp.15205-15219.
- Jackson, J. and McKenzie, D., 1984, Active tectonics of the Alpine—Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan: *Geophysical Journal International*, 77(1), pp.185-264.
- Jackson, J. and McKenzie, D., 1988, The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East: *Geophysical Journal International*, 93(1), pp.45-73.
- Jackson, J.A., 2002, Strength of the continental lithosphere: time to abandon the jelly sandwich?: *GSA today*, 12, pp.4-10.
- Jestin, F., Huchon, P. and Gaulier, J.M., 1994, The Somalia plate and the East African Rift System: present-day kinematics: *Geophysical Journal International*, 116(3), pp.637-654.
- Kalyoncuoglu, U.Y., 2007, Evaluation of seismicity and seismic hazard parameters in Turkey and surrounding area using a new approach to the Gutenberg–Richter relation: *Journal of Seismology*, 11(2), pp.131-148.
- Khan, P.K., 2005, Mapping of b-value beneath the Shillong Plateau: *Gondwana Research*, 8(2), pp.271-276.
- Manakou, MV, Tsapanos, TM, 2000, Seismicity and seismic hazard parameters evaluation in the island of Crete and the surrounding area inferred from mixed data files: *TECTONOPHYS*, 321(1), 2000, pp. 157-178.
- Mandal, P. and Rastogi, B.K., 2005, Self-organized fractal seismicity and b value of aftershocks of the 2001 Bhuj earthquake in Kutch (India): *pure and applied geophysics*, 162(1), pp.53-72.
- McKenzie, D., 1972, Active tectonics of the Mediterranean region: *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30(2), pp.109-185.
- Mirzaei, N., Mengtan, G. and Yuntai, C., 1998, Seismic source regionalization for seismic zoning of Iran: major seismotectonic provinces: *Journal of earthquake prediction research*, 7, pp.465-495.
- Mogi, K., 1962, Magnitude-frequency relation for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes: *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 40, pp.831-853.
- Mori, J. and Abercrombie, R.E., 1997, Depth dependence of earthquake frequency-magnitude distributions in California:

- Implications for rupture initiation: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B7), pp.15081-15090.
- NogolSadat, M.A.A., 1993, Seismotectonic map of Iran (scale 1:1000000): Geological Survey of Iran.
- Nowroozi, A., 1976, Seismotectonic Provinces of Iran: *Bull. Seism. Soc. Am.* 66, pp.1249-1276.
- Nowroozi, A.A. and Ahmadi, G., 1986, Analysis of earthquake risk in Iran based on seismotectonic provinces: *Tectonophysics*, 122(1-2), pp.89-114.
- Priestley, K., Baker, C. and Jackson, J., 1994, Implications of earthquake focal mechanism data for the active tectonics of the South Caspian Basin and surrounding regions: *Geophysical Journal International*, 118(1), pp.111-141.
- Scholz, C.H., 1968, The frequency-magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquakes: *Bulletin of the seismological society of America*, 58(1), pp.399-415.
- Stocklin, J., 1968, Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG Bulletin*, 52(7), pp.1229-1258.
- Tavakoli, B. and Ghafory-Ashtiany, M., 1999, Seismic hazard assessment of Iran: *Annals of Geophysics*, 42(6), 1013-1021.
- Tchalenko, J.S. and Braud, J., 1974, Seismicity and structure of the Zagros (Iran): The Main Recent Fault between 33 and 35 N. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 277(1262), pp.1-25.
- Zamani, A. and Asadi, A., 1995, Distribution of a and b values and quantitative seismicity of Iran: *Proceeding of the Second International Conference on Seismology and Earthquake Engineering*, Tehran, Iran, 187-196.
- Zamani, A., Nedaei, M., Boostani, R., 2009, Tectonic zoning of Iran based on self-organizing map: *J. Appl. Sci.* 9, 4099-4114.
- Zare, M. and Memarian, H., 2000, Simulation of earthquakes intensity in Iran: *Research Report of Iranian Red Crescent*, Tehran, Iran, 150 pp. (in Persian).
- Wang, J.H., 1988, b values of shallow earthquakes in Taiwan: *Bulletin of the Seismological Society of America*, 78(3), pp.1243-1254.
- Wiemer, S. and Wyss, M., 1997, Mapping the frequency-magnitude distribution in asperities: An improved technique to calculate recurrence times? : *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B7), pp.15115-15128.
- Wiemer, S. and Wyss, M., 2002, Mapping spatial variability of the frequency-magnitude distribution of earthquakes: In *Advances in geophysics* (Vol. 45, pp. 259-V). Elsevier.