

پهنه‌بندی گستره ایران بر پایه ضرایب لرزه‌خیزی (λ) و M_{max}

غزاله رزاقیان^{۱*}، علی بیت‌الهی^۲، محسن پور کرمانی^۳ و مهران آرین^۴

^۱ دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲ استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

^۳ استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

^۴ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۲۱

چکیده

ایران در بخش میانی کمربند لرزه‌خیز آلپ - هیمالیا قرار گرفته است که در همه بخش‌ها ویژگی‌های زمین‌شناسی، ساختاری و لرزه‌ای یکسانی ندارد. در این مطالعه نقشه‌های پهنه‌بندی نرخ رویداد زمین‌لرزه‌ها (Rate) و بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های رخ داده (M_{max}) برای کل گستره ایران تهیه شده است. این متغیرها به ترتیب بیان‌کننده شمار زمین‌لرزه‌های رخ داده در سال در پهنه ایران است و بر پایه پهنه‌بندی آنها می‌توان مناطق مختلف با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت را از یکدیگر جدا کرد. بر پایه نقشه پهنه‌بندی آهنگ رویداد زمین‌لرزه‌ها (Rate) در این مطالعه نشان داده می‌شود که روند پهنه‌های اصلی جدا شده بر پایه محاسبات انجام شده، منطبق با ویژگی‌های زمین‌شناختی و ساختاری منطقه است. چنین بر می‌آید که پهنه‌های زاگرس و بخش‌هایی از البرز خاوری و کپه‌داغ با بیشترین نرخ زمین‌لرزه‌ها از پهنه‌های ایران مرکزی، مکران و نواحی خاور ایران با فعالیت‌های لرزه‌ای پایین به طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت هستند. همراه با تهیه نقشه پهنه‌بندی نرخ زمین‌لرزه‌ها در گستره ایران، نقشه پهنه‌بندی بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های رخ داده M_{max} در این گستره نیز تهیه شد. بر پایه این نقشه نواحی مختلف ایران مرکزی و البرز با فعالیت‌های لرزه‌ای سترگ از دیگر نواحی ایران جدا می‌شود. با مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی به دست آمده از پژوهش حاضر با یکدیگر، می‌توان مناطق با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت را از یکدیگر جدا کرد. داده‌های لرزه‌ای و پایه این پژوهش بر پایه کاتالوگ‌های زلزله داخلی و خارجی در بازه زمانی ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸ بوده است.

کلیدواژه‌ها: ایران، نقشه‌های پهنه‌بندی، نرخ زمین‌لرزه‌ها، بزرگ‌ترین بزرگ‌ها

* نویسنده مسئول: غزاله رزاقیان

E-mail: gh_razaghian@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

ایران در مختصات جغرافیایی $۳۵^{\circ} ۰۰' ۰۰''$ تا $۶۳^{\circ} ۰۰' ۰۰''$ طول خاوری و $۲۵^{\circ} ۰۰' ۰۰''$ تا $۴۰^{\circ} ۰۰' ۰۰''$ عرض شمالی در بخش میانی کمربند لرزه‌خیز آلپ - هیمالیا که از خاور آسیا شروع شده و تا باختر اروپا ادامه دارد، قرار گرفته است. زمین‌لرزه‌های بزرگ و کوچکی که گاه و بیگاه روی می‌دهند، نشان‌دهنده یک منطقه فعال زمین‌ساختی در این بخش از پوسته است. گستره فعال زمین‌ساختی ایران پهنای بیشتری نسبت به دیگر نواحی این کمربند لرزه‌خیز دارد (Gutenberg & Richter, 1954). سرزمین ایران با گسترش زیاد خود ویژگی‌های زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی یکسانی ندارد. مطالعات نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی میان لرزه‌خیزی یک منطقه و جایگاه زمین‌شناختی آن منطقه وجود دارد. در یک مدل‌سازی برای پهنه ایران میان پراکنندگی زمین‌لرزه‌ها و کمربندهای تغییر شکل یافته (البرز، زاگرس) هماهنگی و همخوانی قابل توجهی وجود دارد (Bonini et al., 2003).

متغیرهای مختلفی در تعیین وضعیت لرزه‌خیزی یک منطقه وجود دارند، در این مطالعه تمرکز اصلی روی متغیرهای λ و M_{max} بوده و تنها به بررسی پیرامون نتایج حاصل از محاسبات صورت گرفته روی این دو ضریب با اهمیت، بسنده شده است. هدف این پژوهش جدا کردن پهنه‌های با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت از یکدیگر در گستره ایران است. در سال‌های گذشته کارهای یکسانی توسط پژوهشگران مختلف در زمینه تقسیم‌بندی ایالت‌های لرزه‌زمین‌ساختی ایران انجام شده است (Tavakkoli, 1996; Mirzaei et al., 1997; Berberian, 1976; Nowroozi, 1976); نوگل‌سادات، ۱۳۷۲، نیری و همکاران، ۱۳۷۵ و دیگران؛ در بیشتر این پژوهش‌ها جدایش ایالت‌های لرزه‌زمین‌ساختی بر پایه سازوکار، موقعیت، بزرگا، ژرفای زمین‌لرزه‌ها و ویژگی‌های زمین‌شناختی و با نگرشی کیفی به داده‌های مرتبط صورت گرفته است که بحث‌های زیادی در مورد مرز و شمار این ایالت‌ها مطرح

است. همان‌گونه که گفته شد در پژوهش حاضر هدف اصلی جدا کردن پهنه‌های با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت از یکدیگر است و مقادیر عددی دو متغیر مهم Rate و M_{max} در پهنه‌بندی فعالیت‌های لرزه‌ای گستره ایران نقش دارند.

نرخ و یا شمار زمین‌لرزه‌های رخ داده در یک سال در یک ناحیه می‌تواند یکی از متغیرهای مناسب برای جدا کردن پهنه‌های با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت از یکدیگر باشد. در کنار نقشه پهنه‌بندی Rate، نقشه پهنه‌بندی M_{max} در این گستره نیز می‌تواند داده‌ها و اطلاعات دقیق‌تری را از فعالیت لرزه‌ای هر منطقه در اختیار قرار دهد. منظور از M_{max} در این پژوهش، بزرگ‌ترین زمین‌لرزه رخ داده در منطقه بر پایه آمار و داده‌های لرزه‌ای ثبت شده دستگاهی است. به طور کلی بر پایه رابطه Gutenberg & Richter (1954) این انتظار است که مناطق با نرخ لرزه‌ای بالا، زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای کوچک داشته باشند. از سوی دیگر به نظر می‌رسد که در گستره ایران زمین، عکس این قضیه نیز درست باشد، یعنی در مناطق با فعالیت‌های لرزه‌ای پایین (نرخ کم رویداد)، زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالایی (بزرگ‌تر از ۵/۵) قابل انتظار هستند (همچون ایالت‌های ایران مرکزی و البرز باختری).

برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی Rate و M_{max} در گستره ایران در مرحله اول احتیاج به داده‌های لرزه‌ای کامل و همگنی از گستره ایران است، پس از گردآوری این اطلاعات، بر پایه روابط موجود این ضرایب محاسبه می‌شوند و در پایان نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه می‌شود.

۲- داده‌های لرزه‌ای

در بررسی ویژگی‌های لرزه‌خیزی و تعیین متغیرهای آن برای هر منطقه، اولین گام گردآوری زمین‌لرزه‌هایی است که پیش از این در منطقه روی داده است. در این کار، با توجه به این که پهنه‌بندی بر پایه داده‌های عددی استوار است و با توجه به نبود

لرزه‌ای نیز کاهش می‌یابد. کمربندهای تغییر شکل یافته معرفی شده توسط Bonini et al. (2003) شامل کمر بند چین خورده زاگرس با مؤلفه‌های حرکتی راست‌بر و با روند شمال باختر - جنوب خاور، کمر بند تغییر شکل یافته البرز با مؤلفه‌های حرکتی چپ‌بر و با روند شمال خاور - جنوب باختر که این دو کمر بند تغییر شکل یافته پهنه بدون تغییر شکل ایران مرکزی را دربر گرفته است و سبب حرکت جانبی این صفحه به سوی شمال و شمال خاور می‌شوند. همچنین تغییر شکل‌های شمال - جنوبی که منطبق با مرز بلوک‌های لوت و ایران مرکزی هستند به صورت رورانده‌گی‌های شمالی - جنوبی در راستای کمر بند ناپیند سبب کوتاه‌شدگی پوسته و در نتیجه فعالیت‌های لرزه‌ای در این منطقه شده است.

۳- تعیین ضرایب (λ) Rate و Mmax برای گستره ایران

در این مرحله پهنه ایران به مربع‌هایی دو درجه در دو درجه که با یکدیگر همپوشانی ۱/۵ درجه‌ای دارند تقسیم شده است که روی هم رفته ۱۳۵۴ مربع هستند؛ برای هر مربع ضرایب لرزه‌خیزی (λ) Rate و Mmax حساب و به نقطه مرکزی آن مربع نسبت داده شده است. در سراسر پهنه ایران ۱۳۵۴ نقطه هست که با یکدیگر فواصل نیم درجه‌ای دارند و هر نقطه ضرایب لرزه‌خیزی ویژه خود را دارد (شکل ۲). به علت زیاد بودن شمار زمین لرزه‌ها (۸۰۹۰ رکورد) و حجم بالای محاسبات (۱۳۵۴ خانه)، برنامه‌ای رایانه‌ای نوشته شد که با اجرای برنامه، داده‌های لرزه‌ای ثبت شده خوانش، داده‌های مربوط به هر مش جدا، ضریب نرخ رویداد زمین لرزه‌ها در سال (دوره زمانی کاتالوگ ۱۰۸ سال است) و Mmax (بزرگ‌ترین زمین لرزه رخ داده)، برای هر مش تعیین و در فایل جداگانه‌ای ذخیره می‌شود.

به طور کلی نرخ سالیانه زمین لرزه‌ها با بزرگی Mmin و بزرگ‌تر از آن در یک منطقه از رابطه زیر تعیین می‌شود، بر پایه رابطه شماره ۱: N : تعداد زمین لرزه‌ها با بزرگی بزرگ‌تر از Mmin است که در یک دوره زمانی مشخص T رخ داده‌اند:

$$\lambda = N (M > Mmin) / T \quad (1)$$

Mmax یا بزرگ‌ترین زمین لرزه‌ای که می‌تواند در یک منطقه مشخص رخ دهد نیز با استفاده از روش‌های مختلف تعیین می‌شود (بر پایه تعریف‌های مختلفی که برای پیشینه بزرگا انجام شده است). استفاده از بزرگ‌ترین زمین لرزه روی داده در منطقه با استفاده از روابط گوتنبرگ-ریشر، رابطه میان طول گسل و بزرگی زمین لرزه‌ها و دیگر روش‌هایی که پژوهشگران مختلف ارائه کرده‌اند، روش‌هایی هستند که برای تعیین بزرگای پیشینه در یک منطقه زمین‌ساختی و یا سرچشمه لرزه‌ها استفاده می‌شوند. در این مطالعه با توجه به روش کار و داده‌های موجود از بزرگ‌ترین زمین لرزه رخ داده در منطقه استفاده شده است.

۴- تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی Mmax, Rate

پس از محاسبه ضرایب هر یک از مش‌ها، مقادیر ضرایب لرزه‌خیزی به نقاط مرکزی مش‌ها (شکل ۲) نسبت داده می‌شود. در نتیجه هر نقطه دارای مقدار عددی مشخص، λ یا نرخ رویداد زمین لرزه‌ها در یک سال و Mmax یا بزرگ‌ترین زمین لرزه‌ای که می‌تواند در منطقه روی دهد را دارد. با در نظر گرفتن این مقدار عددی نقشه‌های پهنه‌بندی برای Rate و Mmax برای گستره ایران تهیه شده است، در شکل ۳ و ۴ این نقشه‌ها دیده می‌شوند.

در نقشه پهنه‌بندی Rate برای گستره ایران (شکل ۳)، ۵ پهنه مختلف با ضریب λ متفاوت قابل تشخیص است، مناطق با مقادیر بالای عددی با رنگ‌های پررنگ و مناطق با کمترین مقادیر عددی و ضرایب لرزه‌خیزی با کم‌رنگ‌ترین رنگ‌ها نشان داده شده‌اند که نشان‌دهنده مقادیر فعالیت‌های لرزه‌ای در یک سال برای هر ناحیه هستند. بر پایه این نقشه مناطق با فعالیت‌های لرزه‌ای مختلف از یکدیگر جدا شده‌اند و پهنه‌بندی‌های Rate نیز به خوبی روندهای ساختاری زاگرس، البرز و ایران مرکزی

قطعیت در ژرفا، طول و عرض جغرافیایی، بزرگی و شمار زمین لرزه‌های تاریخی و همچنین با توجه به نبود یکدستی در کاتالوگ زلزله‌های تاریخی و گزارش برخی از آنها (به دلیل تأثیرگذاری روی مراکز جمعیتی مهم در ایران باستان) و نبود گزارش برخی دیگر، از داده‌های تاریخی چشم‌پوشی شده است. منظور از زمین لرزه‌های تاریخی زمین لرزه‌های پیش از قرن ۲۰ (پیش از ۱۹۰۰) است که دقت پایینی دارند (Ambraseys & Melville, 1982)، همه کار بر پایه داده‌های لرزه‌ای پس از سال ۱۹۰۰ است که توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار ثبت شده‌اند. در این کار برای تهیه کاتالوگ زمین لرزه‌ها از مراجع معتبر داخلی (مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله) و خارجی (مرکز زلزله‌شناسی بین‌المللی انگلستان (ISC)) و پایگاه مطالعات ژئوفیزیک ایالات متحده (USGS) و همچنین کاتالوگ‌های میرزایی و همکاران (۱۳۸۱)، معین‌فر و همکاران (۱۳۷۳) استفاده شده است. پس از تکمیل بانک اطلاعاتی داده‌های لرزه‌ای با استفاده از این منابع، رویدادهای لرزه‌ای با یکدیگر مقایسه و داده‌های تکراری حذف و یک کاتالوگ کامل از زمین لرزه‌های ۱۹۰۰ به بعد برای پهنه ایران تهیه شده است. با نصب شبکه جهانی دقت مناسب‌تری در جانمایی زمین لرزه‌ها و تعیین بزرگا و ژرفای آنها به وجود آمد که این رخداد به‌ویژه برای سرزمین ایران به پس از سال ۱۹۶۳ مربوط می‌شود و بنابراین داده‌های زلزله‌های پس از سال ۱۹۶۳ در فلات ایران وزن و اعتبار بالاتری دارند (Ambraseys & Melville, 1982). با توجه به نبود قطعیتی که در مورد زمین لرزه‌های پیش از ۱۹۶۳ وجود دارد و برای همگن کردن داده‌های لرزه‌ای و شناسایی زمین لرزه‌های تأثیرگذار زمین لرزه‌ها با بزرگای کوچک‌تر از ۴ حذف شده‌اند. این کار به دلیل حذف رویدادهای لرزه‌ای با منشأ غیرزمین‌ساختی نیز قابل توجیه است که برای دوری از هر گونه خطای ناشی از زمین لرزه‌های غیر زمین‌ساختی، حذف زمین لرزه‌های کوچک‌تر از ۴ صورت گرفته است.

پیش از پردازش داده‌های لرزه‌ای، در اولین گام، پالایش داده‌ها از رخداد‌های وابسته برای به دست آوردن پراکندگی پواسونی از داده‌ها اهمیت بنیادین دارد. برای حذف پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها، از فهرست رویداد زمین لرزه‌ها روش‌های مختلفی معرفی شده است. در این کار، از روش حذف پنجره‌ای که متداول‌ترین آن است و بر پایه رسم لگاریتم زمانی پس لرزه‌ها بر حسب بزرگی زمین لرزه‌هاست (Gardner & Knopoff, 1974) استفاده شده است. در پایان، یک کاتالوگ با ۸۰۹۰ زمین لرزه ثبت شده برای سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸ تهیه شد که پایه و داده‌های اولیه این پژوهش هستند. شکل ۱ نقشه چگالی زمین لرزه‌های با بزرگای بیش از ۴ را در گستره ایران نشان می‌دهد.

در نقشه پهنه‌بندی چگالی و تمرکز زمین لرزه‌ها (شکل ۱)، پهنه‌های زاگرس، کپه‌داغ، البرز خاوری و بخش‌هایی از البرز باختری و آذربایجان با تمرکز بالای زمین لرزه‌ها از پهنه ایران مرکزی جدا می‌شود. به غیر از این مناطق نقاط پراکنده دیگری در پهنه ایران مرکزی نیز در نقشه دیده می‌شود که تمرکز بالاتری از زمین لرزه‌ها نسبت به دیگر نقاط دارند؛ یکی از این نقاط در راستای گسل‌های شمالی - جنوبی ایران مرکزی یعنی مجموعه گسل‌های میناب، سبزواریان، ناپیند و کوهبنان است.

کانون زمین لرزه‌ها یک پراکندگی غیریکنواخت را در ناحیه ایران نشان می‌دهد، بیشتر این زمین لرزه‌ها در راستای کمربندهایی که پهنه‌های بدون لرزه (ایران مرکزی و لوت) را دربر گرفته‌اند قرار دارند، (Shoja-Taheri & Niazi, 1981; Bonini et al., 2003; Berberian & Yeats, 1999).

Bonini et al. (2003) در نتایج یک کار مدل‌سازی و آزمایشگاهی برای ناحیه ایران بیان می‌کنند که فعالیت‌های لرزه‌ای هم از دید سازوکار و هم از دید پراکندگی هماهنگی مناسبی با موقعیت کمربندهای تغییر شکل یافته در پهنه ایران نشان می‌دهند و با دور شدن از این کمربندها و کاهش تغییر شکل‌ها فعالیت‌های

ناحیه مکران، خاور ایران، ناحیه لوت و آذربایجان و ایران مرکزی، ۳) ناحیه البرز (جنوب دریای خزر) و ۴) ناحیه کپه‌داغ (شمال خراسان).

همان‌گونه که گفته شد، این نقشه به عنوان نقشه لرزه‌زمین‌ساختی گستره ایران پهنه‌های با ویژگی‌های لرزه‌ای و ساختمانی متفاوت را از یکدیگر جدا می‌کند. در مقایسه نقشه لرزه‌زمین‌ساختی (Berberian (1976) با نقشه پهنه‌بندی Rate تهیه شده در این پژوهش، ایالت‌ها و پهنه‌های معرفی شده در هر دو نقشه همخوانی و هماهنگی مناسبی دارند (شکل ۶). خطوط مشکی در شکل ۶ منطبق شده بر نقشه پهنه‌بندی Rate، مرز ایالت‌های تعیین شده توسط (Berberian (1976) را نشان می‌دهد. ایالت‌های البرز، کپه‌داغ، ایران مرکزی و زاگرس با تفاوت‌های کمی در مرز و محدوده در هر دو پهنه‌بندی مشاهده می‌شوند. نکته قابل توجه در مورد ناحیه البرز این است که نقشه‌های پهنه‌بندی Rate و Mmax تفاوت‌هایی لرزه‌ای را در سراسر پهنه البرز نشان می‌دهند و بر پایه آنها می‌توان البرز خاوری و باختری را با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت از یکدیگر جدا کرد.

۶- نتیجه‌گیری

بر پایه نقشه پهنه‌بندی Rate می‌توان در گستره ایران ۵ پهنه با فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت را از یکدیگر جدا کرد. این پهنه‌ها بر پایه مطالعات انجام شده پیشین می‌توانند مناطق تغییرشکل یافته و مناطق با تغییرشکل‌های ناچیز را از یکدیگر جدا کنند. پهنه‌های زاگرس، البرز خاوری و کپه‌داغ، بخش‌هایی از البرز باختری و آذربایجان با بیشترین فعالیت‌های لرزه‌ای و بیشترین تغییرشکل‌ها شناسایی می‌شوند. در حالی که بخش‌های گسترده‌ای از ایران مرکزی و خاور ایران، همچنین نواحی جنوب باختر زاگرس که فعالیت‌های لرزه‌ای پایین و کمترین تغییرشکل را دارند به عنوان مناطق درون صفحه‌ای از دیگر نواحی جدا می‌شوند. از سوی دیگر بر پایه این نقشه می‌توان نواحی البرز باختری و خاوری که فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوتی دارند را از یکدیگر جدا کرد.

نقشه پهنه‌بندی Mmax، مناطق با بزرگ‌های متفاوت زمین‌لرزه‌ها را از یکدیگر جدا می‌سازد، بر پایه این نقشه بخش‌های گسترده‌ای از ایران مرکزی، نواحی خاور ایران، البرز باختری، البرز خاوری و کپه‌داغ از یکدیگر جدا می‌شوند.

با مقایسه دو نقشه پهنه‌بندی Rate و Mmax به سادگی می‌توان ارتباط قابل قبولی را میان فراوانی زمین‌لرزه‌ها در یک ناحیه و بزرگای پایین آنها نسبت به مناطق با فراوانی کم زمین‌لرزه‌ها ولی بزرگای بالای آنها برقرار کرد. انرژی گردآمده درون پوسته در حوضه‌ها و پهنه‌های رسوبی- ساختاری مختلف به گونه‌های مختلف آزاد می‌شود. در پایان به طور کلی می‌توان گستره ایران را به ۴ پهنه اصلی که با پهنه‌های رسوبی- ساختاری منطقه نیز هماهنگی‌های قابل قبولی دارند تقسیم کرد، هر یک از این پهنه‌ها ویژگی‌های لرزه‌ای ویژه‌ای دارند و از این رو از یکدیگر جدا می‌شوند؛ ۱) پهنه زاگرس با روند شمال باختر- جنوب خاور در ناحیه جنوب باختر ایران؛ ۲) ناحیه جنوب باختری ایران در حاشیه جنوب باختر زاگرس؛ ۳) پهنه ایران مرکزی شامل نواحی مرکزی ایران، مکران، خاور ایران و شمال باختر و آذربایجان؛ البرز باختری با فعالیت‌های لرزه‌ای مشابه ایران مرکزی نیز می‌تواند بخشی از این ناحیه باشد ۴) نواحی البرز خاوری و کپه‌داغ با روند شمال خاور- جنوب باختر.

را نشان می‌دهند. این پهنه‌ها قابل مقایسه با کمربندهای تغییرشکل یافته معرفی شده در کارهای (Bonini et al. (2003 است، این کمربندها مناطق تغییرشکل نیافته پهنه ایران مرکزی را دربر گرفته‌اند. از این رو می‌توان پهنه‌های با فعالیت‌های لرزه‌ای بالا و تغییرشکل یافته را از پهنه‌های با فعالیت‌های لرزه‌ای پایین و کمترین تغییرشکل‌ها جدا کرد. همچنین فعالیت‌های لرزه‌ای بالا در البرز خاوری این بخش را از البرز باختری جدا می‌سازد.

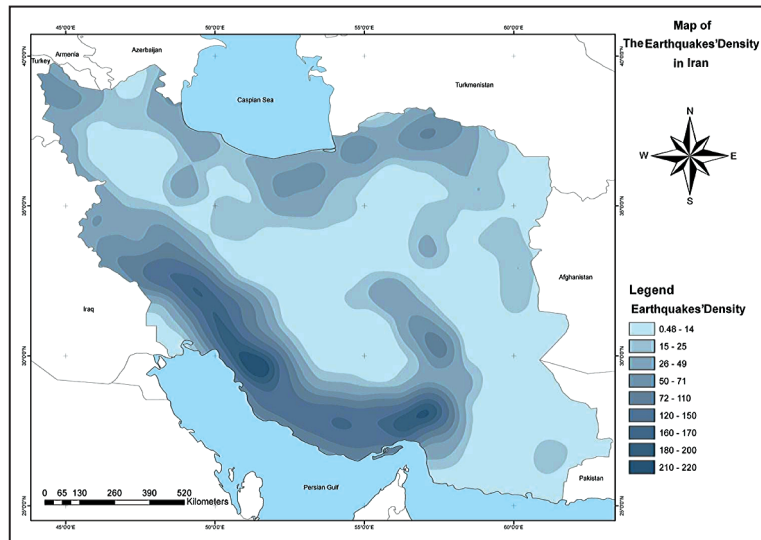
در نقشه پهنه‌بندی Mmax برای گستره ایران (شکل ۴)، پنج پهنه با بزرگی‌های مختلف قابل شناسایی است، که بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های روی داده در ناحیه هستند. این نقشه (شکل ۴) بر پایه بزرگ‌ترین زمین‌لرزه روی داده در منطقه تهیه شده است، در حالی که بزرگ‌های به‌دست آمده از روش‌های دیگر (استفاده از روش Kijko, 2005) نیز مقدار عددی مشابه و یا نزدیک به آن دارند. بر پایه نقشه پهنه‌بندی Mmax بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌هایی که در گستره ایران رخ داده‌اند در نواحی البرز و بخش‌های خاصی از ایران مرکزی و بخش‌های جنوب خاوری ناحیه زاگرس در بخش بالای تنگه هرمز تمرکز دارند و ناحیه زاگرس و پیرامون سواحل عمان بزرگی‌های کمتری نسبت به دیگر نواحی ایران دارند.

همان‌گونه که گفته شد آهنگ رویداد زلزله‌ها ویژگی مهم و چیره‌ای از لرزه‌خیزی یک منطقه را بیان می‌کند و در محاسبات لرزه‌خیزی عامل مهمی به شمار می‌آید. بر پایه یافته‌های این پژوهش و با مقایسه نقشه‌های به‌دست آمده می‌توان برای گستره ایران، نواحی مانند ناحیه زاگرس را مشخص کرد که با نرخ بالای زمین‌لرزه‌ها در سال و بزرگی‌های کوچک‌تر نسبت به دیگر نواحی ایران مشخص می‌شود، در واقع انرژی گردآمده در این بخش از پوسته با رخداد زمین‌لرزه‌های فراوان آزاد می‌شود، شاید ترکیب سنگی شکل‌پذیر و تغییرشکل‌های الاستیک تا پلاستیک و ویژگی‌های الاستیکی لایه‌های زمین‌شناختی، مهم‌ترین دلایل برای این‌گونه رفتارهای لرزه‌ای در ناحیه زاگرس باشد. در حالی که بخش‌های گسترده‌ای از ایران مرکزی و خاور ایران که با نرخ پایین زمین‌لرزه‌ها در سال شناسایی می‌شوند، زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی‌های بیشتر دارند.

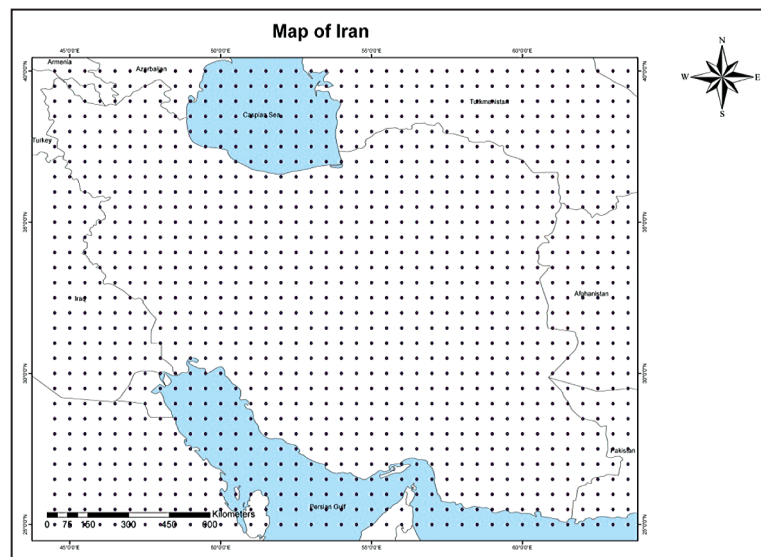
از این دید می‌توان ناحیه زاگرس با فعالیت لرزه‌ای بالا را از پهنه ایران مرکزی جدا کرد که با دور شدن از کناره‌های این پهنه فعالیت لرزه‌ای منطقه کاهش می‌یابد، ناحیه ایران مرکزی در شمال خاور این پهنه شامل نواحی درونی ایران مرکزی، مکران، خاور ایران و شمال باختر و آذربایجان است. همچنین در پهنه زاگرس با حرکت به سوی جنوب باختر یک منطقه با فعالیت لرزه‌ای پایین قابل شناسایی است که در مطالعات دیگر پژوهشگران بخشی از صفحه عربی دانسته شده است. از سوی دیگر البرز باختری با فعالیت‌های لرزه‌ای همانند ایران مرکزی می‌تواند بخشی از این ناحیه باشد در حالی که نواحی البرز خاوری و کپه‌داغ با روند شمال خاور- جنوب باختر با فعالیت و نرخ بالای زمین‌لرزه‌ها در سال از پهنه ایران مرکزی جدا می‌شوند.

۵- مقایسه نقشه‌های لرزه‌زمین‌ساختی منطقه با نقشه پهنه‌بندی Rate

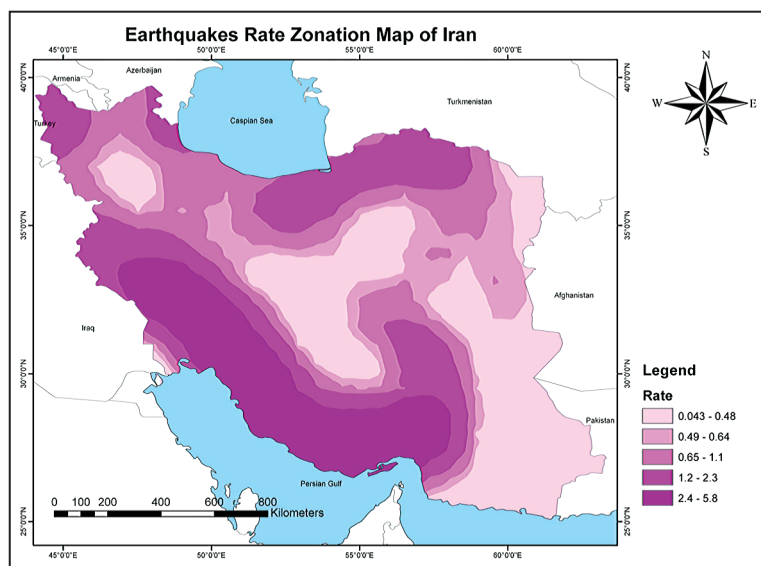
(Berberian (1976) پهنه ایران را بر پایه تفاوت در ویژگی‌های زمین‌شناسی ساختمانی و لرزه‌ای به ۴ ایالت تقسیم کرده است (شکل ۵). ۱) ناحیه زاگرس شامل زاگرس مرتفع و کمربند ساده چین‌خورده زاگرس، ۲) ایران مرکزی شامل



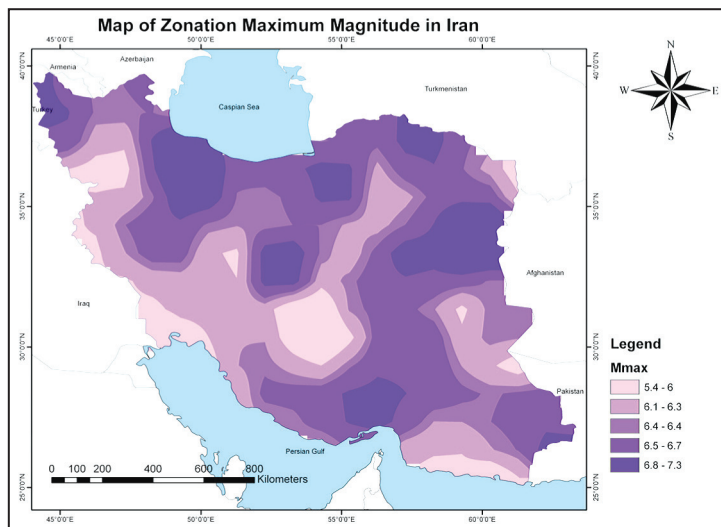
شکل ۱- نقشه چگالی و پراکنندگی زمین‌لرزه‌ها با بزرگای بیش از ۴ در گستره ایران.



شکل ۲- موقعیت نقاطی که برای آنها ضریب Rate و M_{max} در پهنه ایران به‌دست آمده است.



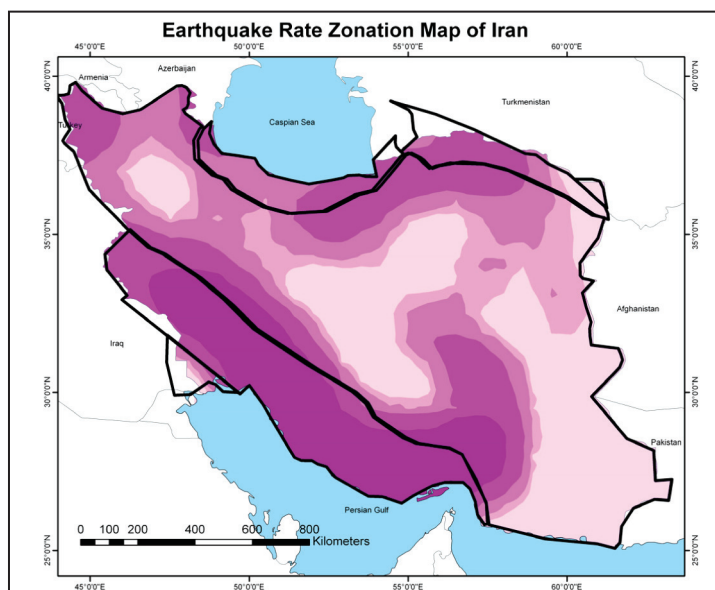
شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی ایران بر پایه نرخ زمین‌لرزه‌ها در سال (Rate).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی ایران بر پایه بزرگ‌ترین زمین لرزه‌های رخ داده (Mmax) در ناحیه



شکل ۵- نقشه ایالت‌های لرزه‌زمین‌ساختی (Berberian, 1976)



شکل ۶- مقایسه نقشه پهنه‌بندی نرخ زمین لرزه‌ها با نقشه ایالت‌های لرزه‌زمین‌ساختی (Berberian, 1976)

کتابنگاری

- معین‌فر، ع.، مهدویان، ع. و مالکی، ا.، ۱۳۷۳- مجموعه اطلاعات پایه زلزله‌های ایران، ناشر: مؤسسه نمایشگاه‌های فرهنگی ایران.
- میرزایی، ن.، قیطانچی، م.ر.، ناصریه، س.، رئیسی، م.، ظریفی، ز. و طبایعی، س. ق.، ۱۳۸۱- پارامترهای مبنایی زمین‌لرزه‌های ایران، دانش‌نگار.
- نوگل‌سادات، م.، ۱۳۷۲- نگرشی بر لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت ایران، دوازدهمین گردهمایی علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- نیری، ع.، خادمی، م. ه.، بهنام، م. و حدادی، ح.، ۱۳۷۵- استان‌های لرزه‌زمین‌ساخت ایران‌زمین، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران (IRCOLD)، نشریه ۱۲.

References

- Ambraseys, N. N. & Melville, C. P., 1982- a history of persian earthquakes. Cambridge university press.
- Berberian, M. & Yeats, R. S., 1999- Patterns of historical earthquake rupture in the Iranian plateau. Bull. Seismol. Soc. Am. 89, 120– 139.
- Berberian, M., 1976- Contribution of the seismotectonics of Iran (Part II). Geol. Surv. Iran, Rep. No. 39.
- Bonini, M., Giacomo, C., Sokoutis, D., Vannucci, G., Gasperini, P. & Cloetingh, S., 2003- Insights from scaled analogue modelling into the seismotectonics of the Iranian region, Tectonophysics 376,137– 149.
- Gardner, J. K. & Knopoff, L., 1974- “Is the Sequence of Earthquakes in Southern California, with Aftershakes Removed Poissonian?”, bulletin of the Seismological Society of America, Vol.64, no.5, 1363-1367.
- Gutenberg, B. & Richter, C. F., 1954- “Seismicity of the earth and Associated Phenimena”, Princeton Univ. Press. Princeton, New Jersey, U.S.A.
- Kijko, A., 2005- Some Elements of Probabilistic Seismic Hazard and Risk Analysis , Council for Geoscience Pretoria, South Africa.
- Mirzaei, N., Gao, M. & Chen, Y. T., 1997a- Evaluation of uncertainty of earthquake parameters for the purpose of seismic zoning of Iran, Earthquake Research in China, 11 : 197 – 212.
- Nowroozi, A., 1976- Seismotectonic Provinces of Iran, Bull. Seism. Soc. Am.66, pp1249-1276.
- Shoja-Taheri, J. & Niazi, M., 1981- Seismicity of the Iranian plateau and bordering regions, Bull. Seismol. Soc. Am. 71, 477–489.
- Tavakkoli, B., 1996- major seismotectonic Provinces of Iran, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran, Internal Document.

Zonation of Iran According to the Seismicity Coefficiency Rate (λ) and Mmax

Gh. Razaghian^{1*}, A. Beitollahi², M. Pourkermani³ & M. Arian⁴

¹ Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

³ Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Received: 2010 July 25

Accepted: 2011 December 12

Abstract

Iran is in the middle part of the seismic belt of Alps-Himalayas with dissimilar geological, structural and seismological features. In the present article, zonation maps of the earthquake occurrence rate (Rate) and the largest observed earthquakes (Mmax) have been prepared for all the regions of Iran. The parameter (Rate) shows the number of occurred earthquakes in the year in the region of Iran. Subsequently, according to the zonations, classification of different regions with different seismic activities will be achievable. The zonation map of earthquake occurrence frequency (Rate) in the present article shows that trend of the main classified zonations, according to the calculations, is similar with the geological and structural features of the region. It seems that zonation of Zagros and certain parts of the east of Alborz and Kopedagh with the maximum rate of earthquakes are drastically different with the zonation of central parts of Iran, Makran and eastern part of Iran with low seismic activities. In addition to zonation maps of the earthquake occurrence rate, zonation of the largest observed earthquakes (Mmax) has been provided in this region as well. According to the map, different regions of the Central part of Iran and Alborz with large seismic activities are different with other regions of Iran. Having compared the two zonation maps in this article, it is possible to classify the seismic activities of different regions. The seismic data and the basis of the article are according to the National and International Seismology catalogue for a period of 1900 to 2008.

Keywords: Iran, Zonation map, Rate (λ), Mmax

For Persian Version see pages 99 to 104

*Corresponding author: Gh. Razaghian; E-mail: gh_razaghian@yahoo.com