

مدرسهٔ شهری

شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶

No.48 Autumn 2017

۹۹-۱۰۶

زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۳/۱

زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۴/۱۲

بررسی لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه در ساختمان های شهر تهران به روش احتمالاتی

شهاب فهیم دانش - دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی، پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

ناصر حافظی مقدس* - استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

حسین صادقی - دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

محمد غفوری - دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

تهران به عنوان مرکز سیاسی و اداری کشور، تمرکز فعالیتهای اقتصادی و صنعتی، تراکم و تمرکز بالای جمعیت، تراکم و تمرکز بالای جمعیت، دسترسی به شبکه‌ی حمل و نقل و راههای ارتباطی (مرکز تلاقی خطوط راه‌آهن، جاده‌ای و هوایی)، تمرکز موسسات مالی و اعتباری و بانکی یکی از مهمترین استانهای کشور می‌باشد. گستره تهران که در کوهپایه جنوبی کوه های البرز مرکزی قرار گرفته یکی از لرزه خیزترین مناطق ایران محسوب می شود. فعالیت لرزه خیزی تهران و نواحی مجاور به دلیل چین خوردگی های البرز و گسل های موجود در این گستره می باشد. مطالعه حاضر، بر اساس اطلاعات موجود از چشمه ها، زلزله ها و پارامترهای لرزه خیزی مربوط به چشمه ها انجام شده است و بدینهی است که با وجود اطلاعات گسترشده تر و وارد کردن داده های دقیقتر دستگاهی، شکل پنهانه بندی لرزه ای تهران می تواند تغییر کند. در آخر با توجه به تعداد بسیار زیاد گسل ها در سطح تهران و سوابق تاریخی فعالیت این گسل ها به این نکته که روزی نه چندان دور تهران با زلزله عظیم مواجه خواهد شد پی می بریم.

واژگان کلیدی: تهران، زلزله، احتمالاتی، زمین.

Investigation of earthquake and earthquake hazard in buildings of Tehran city in a probabilistic way

Abstract

Tehran as the political and administrative center of the country, the concentration of economic and industrial activities, the concentration and concentration of the population, the density and concentration of the population, access to the transportation network and communication routes (the center of the crossroads of railways, roads E & A), the focus of financial, credit and banking institutions is one of the most important provinces in the country. The area of Tehran, located in the southern foothills of the central Alborz Mountains, is considered one of the most viable areas in Iran. Seismic activity of Tehran and adjacent areas due to Alborz folding and faults in this range. The present study is based on available sources of springs, earthquakes and seismic parameters related to springs. It is evident that, with more extensive information and more precise mechanical data inputs, Tehran's seismic zoning pattern can change. Finally, due to the large number of faults in Tehran and the historical records of the activity of these faults, we will find that there will be a massive earthquake in Tehran not far away.

Key words: Tehran, earthquake, probabilistic, earth.

مقدمه

تهران مرکزیت سیاسی و اداری کشور، مرکز فعالیتهای اقتصادی و صنعتی، تراکم و مرکز بالای جمعیت، تراکم و مرکز بالای جمعیت، دسترسی به شبکه‌ی حمل و نقل و راههای ارتباطی (مرکز تلاقی خطوط راه‌آهن، جاده‌ای و هوایی)، مرکز موسسات مالی و اعتباری و بانکی یکی از مهمترین استانهای کشور می‌باشد (ملک‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۱) و (پورمحمد، ۱۳۹۳). و با تکیه بر مطالعات پژوهشی دقیق و مطالعات زمینشناسی به عنوان بستر این شهر و مخاطرات و خطرهای بسیار زیادی منجمله زلزله، زمین لغزش، فرونشست و غیره همواره تهران باید مورد بررسی قرار گیرد. انجام تحقیقات دقیق در موضوعات فوق‌الذکر به لحاظ انقسام شهر تهران و وجود نواحی و مناطق مختلف از لحاظ زمینشناسی و وجود اختلافات ژئوفیزیکی و ژئومرفولوژیکی و ساختارهای زمینشناسی در شهر تهران لزوم انجام تحقیقی جامع در مورد مخاطرات زمینشناسی و زیرمجموعه‌های آن را دو چندان کرده است امیرسز با بررسی زلزله تاریخی و نیز زلزله‌های ثبت شده قرن بیستم اظهار می‌دارد که زلزله‌های بزرگ ایران عمده‌ای در این مناطق پراکنده شده اند: خطی که از آذربایجان شروع شده و از البرز گذشته و به شمال خراسان میرسد. آنگاه به سمت جنوب رفته و از شرق کویر لوت تا شمال سیستان ادامه می‌یابد. باید توجه داشت که اکثر زلزله‌های ویرانگر مانند بوئین زهرا، فردوس، دشت بیاض، طبس و منجیل درامتداد همین مناطق رخ داده است.

موقعیت و ویژگی لرزه خیزی

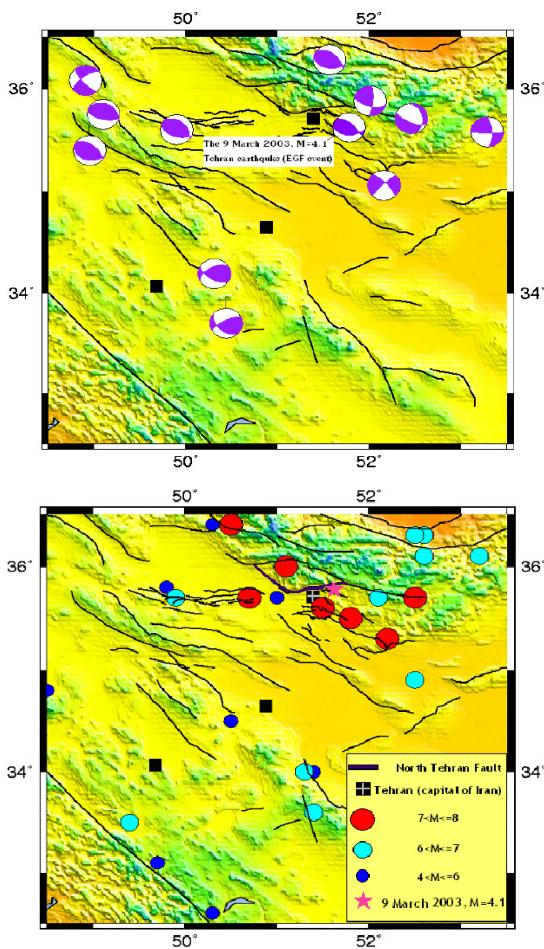
گستره تهران که در کوهپایه جنوبی کوه‌های البرز مرکزی قرار گرفته یکی از لرزه خیزترین مناطق ایران محسوب می‌شود. فعالیت لرزه خیزی تهران و نواحی مجاور به دلیل چین خودگی های البرز و گسل‌های موجود در این گستره می‌باشد. این گسل‌ها چون مرز میان بلندی و دشت را تشکیل می‌دهند می‌توانند سازنده پستی بلندی‌های این منطقه باشند (آقاباتی، ۱۳۸۸). مطالعه لرزه خیزی و برآورد خطر نیاز بسیاری به اطلاعات مربوط به زمین لرزه‌های ثبت شده در گستره

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

۱۰۰

موردنظر دارد. در تعیین پارامترهای لرزه خیزی و تخمین احتمال وقوع آنها تنها اطلاعات ثبت شده دستگاهی قرون ۲۰ و ۲۱ با توجه به کوتاه بودن این مدت (حدود ۱۰۰ سال) نمی‌تواند بیانگر وضعیت لرزه خیزی در زمان طولانی باشد. از طرف دیگر زمین لرزه‌های تاریخی دارای خطای زیادی بوده از این رو اطلاعات دقیق زمین لرزه‌های ثبت شده و گزارش شده توسط دستگاه‌های لرزه نگار الزامی است. در این مطالعه از نقشه ۱:۲۸۰۰۰ شهر تهران در درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. تهران در بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز گسترش داشته است. شهر تهران از نظر زمین لرزه جزء مناطق پرزیان (۸ تا ۱۰ درجه مرکالی) به‌شمار می‌آید. گسل‌های که در تهران و حومه تا شعاع ۱۵۰ کیلومتری مرکز شهر قرار دارند، عبارتند از گسل مشابه طول ۹۰ کیلومتر، شمال تهران، ریه طول ۸ کیلومتر، طالقان، ایوانکی و ایپک که بررسی رفتار آن‌ها حائز اهمیت است. در علم زلزله‌شناسی گسل‌هایی برای بشر خطرناک شناخته می‌شوند که حداقل ۱۰ کیلومتر طول داشته و جوان (فعال) هم باشند (گسل فعال گسلی است که در ده هزار سال گذشته حداقل سبب یک زمین لرزه شده باشد). گسل شمال تهران بزرگ‌ترین گسل شهر است که در جنوب دامنه رشته کوه البرز و در شمال شهر تهران قرار دارد. این گسل از لشکرک و سوهانک آغاز شده تا فرجزاد و حصارک و از آن‌جا به سمت غرب امتداد یافته است. این گسل در مسیر خود، نیاوران، تجریش، زعفرانیه، الهیه و فرمانیه را در بر می‌گیرد. گسل مهم دیگر گسل ری است که با توجه به مقاوم نبودن ساختمان‌های جنوب تهران در صورت فعال شدن بسیار پرتلفات خواهد بود. این گسل از جاده خاوران شروع شده و با گذر از دولت‌آباد و حرکت بر مسیر جاده کمربندی تهران در حد نصاب کوره‌های آجرپزی چهاردانگه به پایان می‌رسد. از نظر زلزله‌شناسی تاریخی، شهر تهران زلزله‌های بزرگی مانند زلزله ۷,۱ ریشتری دماوند در ۱۸۳۰ م.

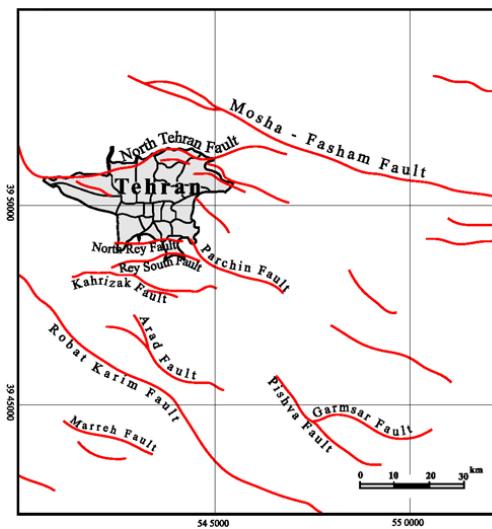


شکل ۲. مکانیزم حرکت گسل‌های منطقه و زلزله‌های تاریخی ثبت شده در منطقه؛ مأخذ: نگارندگان.

برآورد خطر زمین‌لرزه در ساختگاه

پس از انتخاب یک رابطه تضعیف مناسب نوبت به انجام برآورد خطر در گستره مورد مطالعه می‌رسد. در صورتی که انجام مطالعات برآورد خطر زمینلرزه برای یک ساختگاه که موقعیت آن به صورت یک نقطه با طول و عرض جغرافیائی مشخص بیان می‌شود انجام شود. برآورد خطر زمینلرزه برای آن ساختگاه به صورت منحنی خطر لرزه‌های که نشان دهنده بیشینه شتاب جنبش زمین در مقابل احتمال وقوع سالانه بدست خواهد آمد. برای تهیه فایل ورودی این برنامه لازم است که یک رابطه تضعیف مناسب در نظر گرفته شود. مرحله دوم وارد کردن تمام مشخصات چشممه ها در فایل ورودی است که این مشخصات شامل طول و عرض جغرافیائی

۷,۲ ریشتري کرج در ۱۱۱۷ م.، ۷,۷ ریشتري طالقان در ۹۵۸ م.، ۷,۱ ریشتري ری در ۸۵۵ م. و زلزله‌های ۷ با احتمال بالای ۷۰، به طور ميانگين هر ۱۵۸ سال زلزله‌ای محرب در اين شهر رخ داده و با توجه به اين‌كه از آخرین زلزله محرب که زلزله ۷۰۱ ریشتري دماوند در ۱۸۳۰ م. و به احتمال زياد مربوط به گسل مشا، حدود ۱۷۸ سال می‌گذرد، احتمال وقوع رلله‌ای بالاي ۷ ریشتري در اين ناحيه بسيار بالاست.



شکل ۱. نقشه گسل‌های تهران؛ مأخذ: آرشيو نگارندگان.

دریست شهری

فصلنامه مدیریت شهری

Urban Management

شماره ۴۸ پايزد ۱۳۹۶

No.48 Autumn 2017

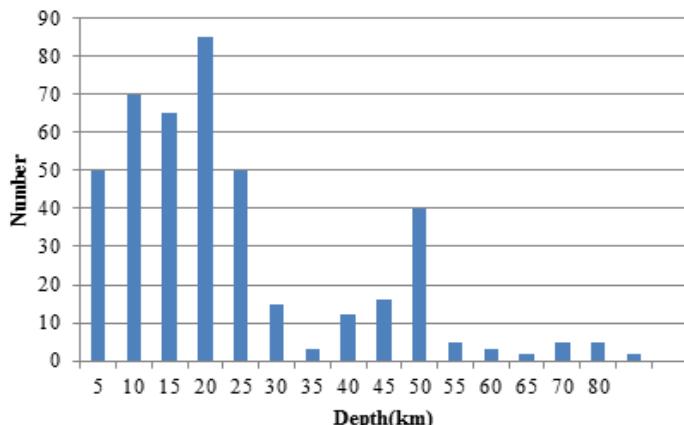
کاتالوگ زمین‌لرزه‌ها

در تهییه کاتالوگ زمین‌لرزه‌های گستره مورد مطالعه با نگرش به شبکه‌های جهانی و سایت‌های مختلف گزارش دهنده زلزله زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه تعیین شده، استفاده شده است. این کاتالوگ شامل تمامی زمین‌لرزه‌های ثبت شده توسط مراجع معترض داخلی و خارجی می‌باشد. در شکل ۲ مکانیزم حرکت گسل‌های منطقه و زلزله‌های تاریخی ثبت شده قابل مشاهده می‌باشد.

گوشه های چشمی پنهانه ای و مختصات دو راس هریک از قطعات چشمی خطی. همچنین با توجه به زمین لرزه های موجود در چشمی مورد نظر لازم است که برای هر بازه بزرگی تعداد زمین لرزه روی داده در سال محاسبه شود که با استفاده از آن ضرایب لرزه خیزی برای آن چشمی به دست می آید. برای شبکه های از نقاط به فاصله ۱۰ درجه طول و عرض جغرافیائی مقادیر شتاب افقی مورد انتظار از رویداد زمینلرزه در چشمی های بالقوه زمینلرزه های برای ۱۰۰ احتمال افزایش در ۵۰ سال که معمولاً در نقشه های پنهانندی خطر زمین لرزه این سطح از خطر که در طراحی سازه ها مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین برای ۱۰۰ احتمال افزایش در ۲۵۰ سال محاسبه شده و بر اساس آن نقشه پنهانه بندی خطر زمینلرزه در گستره تهران تهیه و ترسیم می شود.

بررسی زلزله ها با توجه به پارامترهای موجود

با توجه به گزارشات بدست آمده از شبکه لرزه نگاری تهران از سال ۱۹۹۶ شروع بکار نموده و مطابق شکل ۳ فراوانی در ۴۳۰ زلزله به وقوع پیوسته بالاتر از ۴ ریشتر نسبت به عمق نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می کنید فراوانی زلزله هایی که عمقی کمتر از ۵۰ کیلومتر دارند بسیار زیاد می باشد.



شکل ۳. فراوانی زلزله های بوقوع پیوسته نسبت به عمق؛ مأخذ: یافته های تحقیق.

تعیین چشمی های لرزه ای

برای انجام تحلیل خطر لرزه ای، چشمی های لرزه ای به سه شکل نقطه ای، خطی و سطحی مدلسازی می شوند. در این مطالعه برای گستره شهر تهران تعداد ۴ چشمی نقطه ای، ۱۳ چشمی خطی و یک چشمی زمینه در نظر گرفته شده است.

تعیین زمین لرزه کنترلی

برای یک سایت با خطر لرزه ای نسبتاً کم، بزرگترین زمین لرزه محتمل در طول عمر مفید سازه ها به عنوان زمین لرزه کنترلی، انتخاب می گردد. در جدول زیر مشخصات چشمی ها ارائه گردیده است.

انتخاب مناسب‌ترین مدل از میان مدل‌های مختلف کاهیدگی جنبش نیرومند زمین، با توجه به معیارهایی چون فاصله از چشمه‌های لرزه‌زا، بزرگای زمینلرزه‌ها، ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها اصلی، نوع زمین محدوده طرح، ساز و کار چیره چشم‌های لرزه‌زا و خطای استاندارد صورت می‌گیرد. از میان روابط معتبر موجود در نهایت سه رابطه کمپیل-بزرگ‌نیا (۲۰۰۳) آمبرسیزو همکاران ۲۰۰۵ و زارع و همکاران ۲۰۰۴ انتخاب گردیدند. از مزایای این روابط می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) استفاده از داده‌های زمین لرزه‌های ایران به شرح زیر: مرسیزو و همکاران: ۱. شتابنگاشت‌های زمین لرزه‌های طبس، منجیل، ماکو، زنجیران و آوج؛ ۲. کمپیل و بزرگ‌نیا: شتابنگاشت‌های زمین لرزه‌های طبس و منجیل و ۳. زارع و همکاران: مجموعه داده‌های شتابنگاری ایران (با تفکیک زاگرس، ایران مرکزی و البرز)

ب) امکان محاسبه هر دو مؤلفه شتابهای افقی و قائم؛ به عنوان مقیاس بزرگ‌ا در روابط MW

ج) در نظر گرفتن مقیاس مناسب بزرگای گشتاوری

در این پژوهش از رابطه کلی (۱) کمپیل و بزرگ‌نیا، جهت تعیین حرکات زمین استفاده شده است. که در رابطه ۱ توابع مختلفی اندازه گیری می‌شوند، در فاز نخست این رابطه تابع بزرگ‌ا، در فاز دوم فاصله سایت تا مرکز زلزله، فاز سوم نوع گسل، فاز چهارم تابعی از نوع توده بالا رونده، فاز پنجم تابعی از شرایط سطحی سایت و فاز ششم تابعی از نوع رسوبات و عمق آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

(۱)

فاز اول که شامل تابعی از بزرگای زلزله می‌باشد از رابطه ۲ بدست می‌آید:

| Source | X | Y | M _{max} | M _{min} | b-Value | a-Value |
|--------|-------|-------|------------------|------------------|---------|---------|
| ۱ | ۵۲,۲۵ | ۳۸,۸۸ | ۷,۳ | ۲,۵ | -۰,۴۱۷ | ۲,۶۶۱ |
| ۲ | ۵۱,۳۴ | ۳۶,۴۸ | ۷,۴ | ۲,۶ | -۰,۳۸۵ | ۲,۶۲۵ |
| ۳ | ۵۲,۱۲ | ۳۶,۲۸ | ۷,۲ | ۳ | -۰,۳۹۳ | ۲,۶۲۱ |
| ۴ | ۵۰,۴۷ | ۳۶,۳۷ | ۶,۶ | | | |
| ۵ | ۵۰,۵۱ | ۳۶,۲۵ | ۶,۶ | | | |
| ۶ | ۵۰,۷۸ | ۳۵,۹۵ | ۶,۳ | | | |
| ۷ | ۵۰,۳۹ | ۳۶,۰۹ | ۶,۳ | ۲,۸ | | |
| ۸ | ۵۱,۰۷ | ۳۵,۸۸ | ۶,۳ | ۲,۹ | | |
| ۹ | ۵۱,۳۸ | ۳۵,۹ | ۷,۵ | ۳ | -۰,۵۴۲ | ۲,۵۶۱ |
| ۱۰ | ۵۱,۰۳ | ۳۵,۱۷ | ۷,۳ | | -۰,۶۴۷ | ۳,۰۸۷ |
| ۱۱ | ۵۲,۲۹ | ۳۵,۶۶ | ۷,۵ | | | |
| ۱۲ | ۵۰,۴۷ | ۳۵,۴۷ | ۶,۴ | | -۰,۴۸۸ | ۲,۹۳۴ |
| ۱۳ | ۵۰,۴۳ | ۳۵,۷۶ | ۶,۳ | ۳ | | |
| ۱۴ | ۵۲,۰۳ | ۳۵,۵۸ | ۶,۶ | | -۰,۳۰۵ | ۱,۶۹۴ |
| ۱۵ | ۵۲,۲۱ | ۳۵,۲۲ | ۷ | ۲,۴ | | |
| ۱۶ | ۵۱,۵۶ | ۳۵,۷۱ | ۶,۱ | | -۰,۴۰۱ | ۲,۶۴۹ |
| ۱۷ | ۵۰,۸۲ | ۳۶,۱۱ | ۶,۴ | | | |

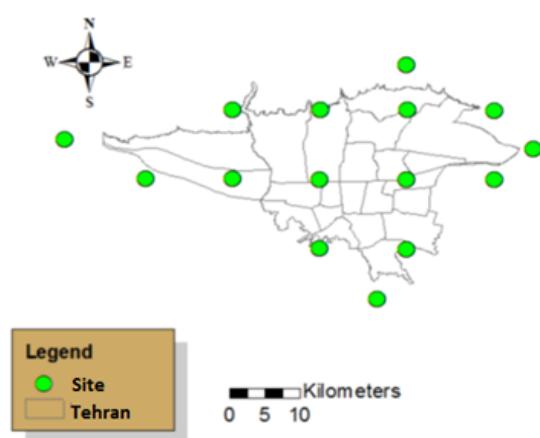
برآورد شتاب لرزه‌ای و تحلیل خطر

در این مرحله شتاب لرزه‌ای هر یک از چشمه‌ها را نسبت به سایت‌های مورد نظر که در محدوده شهر تهران انتخاب کردیم بدست می‌آوریم. برای اینکار ابتدا شهر تهران را با ابعاد ۱۰ کیلومتر در ۱۰ کیلومتر مشبندی کرده و فاصله مرکز هر یک از این مشاهده‌ها را تا چشمه‌ها بدست می‌آوریم.

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

■ ۱۰۳ ■



شکل ۴. مناطق ۲۲ گانه تهران و مراکز مشاهده؛ مأخذ: نگارندگان.

(۲)

برای دوره های بازگشت متفاوت مشاهده می شود.

فاز دوم که به بررسی فاصله سایت تا مرکز زلزله می پردازد از رابطه ۳ بدست خواهد آمد.

(۳)

در فاز سوم نوع گسل بررسی می شود که در رابطه ۴ و ۵ می توان تابع مربوط به آنرا مشاهده نمود:

(۴)

(۵)

فاز چهارم به نوع توده بالا رونده و شکست ناشی از گسل می پردازد که تابع مربوط به این فاز در رابطه ۶ تا ۹ آمده است.

(۶)

(۷)

(۸)

(۹)

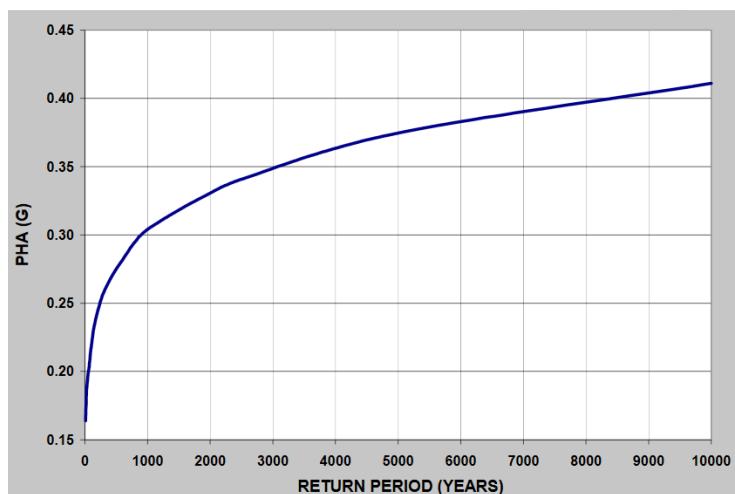
در فاز پنجم شرایط سطحی از طریق سرعت موج برشی و قراردادن در رابطه ۱۰ قبل محاسبه خواهد بود.

(۱۰)

در فاز ششم تاثیرات و لایه بندی های خاک در اعماق سطحی و نوع رسوب گذاری در حوضه ها بررسی می گردد رابطه ۱۱ جهت بررسی این تاثیرات می باشد.

(۱۱)

لازم به توضیح است در رابطه ۱، ۷ میانگین دو مؤلفه افقی حداکثر شتاب حداکثر زمین (g ,PGA) حداکثر سرعت زمین(PGV)، و یا طیف پاسخ شتاب با میرایی ۵ درصد و همچنین میزان خطاهای مختلف می باشد. در شکل ۵ میانگین بیشینه شتاب افقی و

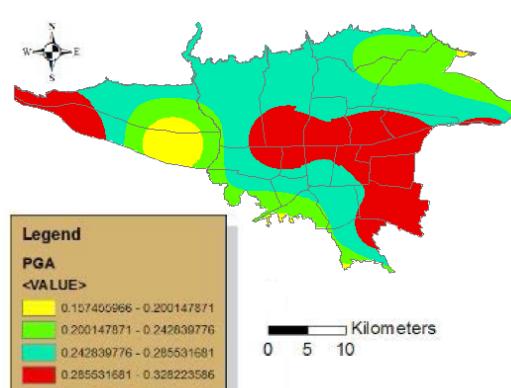


شکل ۵. میانگین بیشینه شتاب افقی و برای دوره های بازگشت متفاوت؛ مأخذ: یافته های تحقیق.

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017

۱۰۴



شکل ۶ نقشه پهنه بندی خطر زلزله در شهر تهران؛ مأخذ: نگارندگان.

لازم به توضیح است در رابطه ۱، ۷ میانگین دو مؤلفه افقی حداکثر شتاب حداکثر زمین (g ,PGA) حداکثر سرعت زمین(PGV)، و یا طیف پاسخ شتاب با میرایی ۵ درصد و همچنین میزان خطاهای مختلف می باشد. در شکل ۵ میانگین بیشینه شتاب افقی و

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

منابع و مأخذ

۱. مرکز لرزه‌نگاری کشور، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران
۲. آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله (۱۳۸۴) مجموعه آیین نامه های ساختمانی ایران، شماره استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
۳. کمیته دائمی بازنگری آییننامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، (۱۳۸۴) آییننامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، مرکز تهران، ویرایش، (BHRC) تحقیقات ساختمان و مسکن سوم.
4. New York City Natural Hazard Mitigation Plan) March .(2009 Section III :Natural Hazard Risk Assessment, 167-179.
5. Snoussi, M.; Ouchani, T.; Niazi, S. (2008). Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: The case of the Mediterranean eastern zone. Journal of Estuarine, Coastal and Shelf Science. 77, 206-213.
6. Banergeet, A., 1980, Earth quakes, urban scale vulnerability and city design, some observations, school of urban and regional planning, university of southern California.
7. Fathi, A., and Saharkhiz, N., 2014. Climate and Passive Defense Role in Shaping Sustainable Architecture, Review samples (Nosh Abad, Kashan, Iran and Derinkuyu, Turkey Hand carving Architecture). Current Trends in Technology and Science. 98-103 Pp.
8. Hays, W.W., and Kitzmiller, C., 1988. A review of earthquake research application in the national

مطالعه حاضر، بر اساس اطلاعات موجود از چشممه‌ها، زلزله‌ها و پارامترهای لرزه خیزی مربوط به چشممه‌ها انجام شده است و بدینهی است که با وجود اطلاعات گستردہتر و وارد کردن داده‌های دقیق‌تر دستگاهی، شکل پنهان‌بندی لرزه‌های تهران میتواند تغییر کند. در سال‌های مختلف مشخص شد که در دهه‌های اخیر تعداد زلزله‌ها و همچنین b -value با بدست آوردن بزرگی آنها افزایش یافته است. در آخر با توجه به تعداد بسیار زیاد گسل‌ها در سطح تهران و سوابق تاریخی فعالیت این گسل‌ها به این نکته که روزی نه چندان دور تهران با زلزله عظیم مواجه خواهد شد پی می‌بریم.



فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
No.48 Autumn 2017



eration and acceleration response spectra”, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.93, No.1, pp.314-331.

16. Ambraseys M M, Melville C P. 1982. A History of Persian Earthquakes [M]. London: Cambridge University Press

earthquake hazard reduction program 1977-1987. United States department od the interior geological survey. U.S. Geological Survey Reston, Virginia 22092. 606 Pp.

9. Middelmann, M.H., (Editor) 2007. Natural Hazards in Australia Identifying Risk Analysis Requirements. Geoscience Australia, Canberra. 206 Pp.
10. Natural Resource Report, 2009. Gettysburg National Military Park and Eisenhower National Historic Site Geologic Resources Inventory Report. Natural Resource Program Center. NPS/NRPC/GRD/NRR. 2009/083. P.O. Box 25287.
11. Sánchez, R., 2007, Civil Defense and Cultural Property, Francis and tailor group, London.
12. Tyagi, A., Rhyner, J., and Migraine, J.B., 2009. Multi-hazard management perspectives on river basins Invited Session. International Disaster Reduction Conference. IDRC Davos, Switzerland, Program. 15:60 Pp.
13. Probabilistic seismic risk analysis in the Taiwan area based on PGA and spectral amplitude attenuation formulas Engineering Geology, Volume 30, Issues 3-4, June 1991, Pages 277-304
14. Berberian, M. & Yeats, R.S. (1999), “Patterns of historical earthquake rupture in the Iranian plateau”, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.89, No.1, pp.120-139
15. Campbell, K.W. & Bozorgnia, Y. (2003), “Updated near-source ground motion (attenuation) relations for the horizontal and vertical components of peak ground accel-