

# تعیین طیف طرح خطر یکنواخت با توجه به اثرات حوزه نزدیک برای گستره شهر تهران

محسن تهرانی زاده<sup>i</sup>\*؛ مینو صیرفیان پور<sup>ii</sup>

## چکیده

طیف خطر یکنواخت روشی جدید و مفید برای دستیابی به طیف طراحی محسوب می‌شود که سطح ایمنی مطلوب به صورت یکنواخت را در عملکرد سازه‌ها با زمانهای تناوب مختلف تامین می‌کند. در این تحقیق طیف طرح خطر یکنواخت برای گستره شهر تهران با در نظر گرفتن چشمه‌های لرزه زای سطحی و خطی در گستره طرح و با استفاده از تحلیل احتمالاتی خطر زمین لرزه و روابط کاهندگی طیفی تعیین شده است. از آنجا که ارتعاشات زمین در مناطق نزدیک به گسل باعث ایجاد خرابی‌های گسترده‌ای می‌شود، در این تحقیق علاوه بر روابط کاهندگی طیفی حوزه دور، با در نظر گرفتن روابط کاهندگی طیفی حوزه نزدیک اثرات نزدیکی ساختگاه به چشمه لرزه‌زا، بررسی گردیده است.

نتایج حاصل از این روش در قالب طیفهای خطر یکنواخت و نقشه‌های شتاب حداکثر زمین و شتاب طیفی در زمانهای تناوب مختلف ارائه شده است. با بکاربردن روشهای تقریبی، طیف طرح خطر یکنواخت با استفاده از مقادیر میانگین شتاب طیفی در دو یا سه زمان تناوب کنترل کننده بدست آمده و با طیفهای پیشنهادی آیین نامه‌های ۲۸۰۰-۸۴ ایران و UBC97 مقایسه شده است.

**کلمات کلیدی:** تهران، طیف خطر یکنواخت، روابط کاهندگی طیفی، حوزه نزدیک، طیف طرح

## *Determination of Uniform Hazard Spectra With Respect to the Near Field Effects for Tehran Region*

M. Tehranizade; M. Seirafian pour

### ABSTRACT

Uniform hazard spectrum is a modern and effective method in achieving the design spectra that provide a uniform desirable safety level in performance of structures with different periods. In this study uniform hazard spectrum is determined for Tehran region considering the area and line seismic sources in the design area using the probabilistic analysis of seismic hazard and spectral attenuation relations. As the ground motions in nearby fault regions cause large damage, in this research the effects of site closeness to the seismic sources is taken into account considering near source spectral attenuation relations besides the far field attenuation ones.

The results gained by this method are presented in the form of uniform hazard spectrum, peak ground acceleration and spectral acceleration maps in different periods. Uniform hazard spectrum is obtained by applying approximate method using average values of spectral acceleration in two or three controlling periods and it is compared to the spectra suggested by UBC97 and Iranian 2800-84 codes.

### KEYWORDS

Tehran, Uniform Hazard Spectra, Spectra Attenuation Relation, Near field, Design Spectra

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۱۰/۲۶

تاریخ اصلاحات مقاله: ۱۳۸۶/۱۲/۱

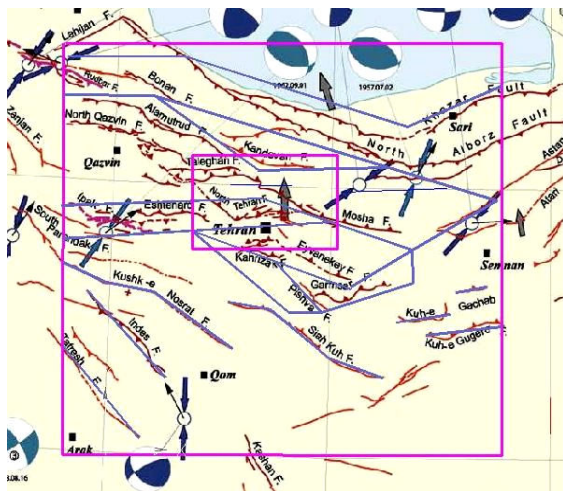
<sup>si</sup> نویسنده مسئول و استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، Email: tehz@govir.ir

<sup>ii</sup> کارشناس ارشد زلزله، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، Email: mseyrifian@yahoo.com

گسل به خوبی مشخص نیست و یا چندین گسل در نزدیکی هم قرار دارند، بگونه ای که امکان تفکیک زلزله‌های آنها وجود ندارد و یا در برخی موارد تجمع مراکز زلزله‌ها در مساحتی قرار دارد که نمی‌توان به قطعیت آنها را به گسل مشخصی نسبت داد.

از طرفی از آنجا که در این تحقیق اثرات حوزه نزدیک مورد بررسی قرار می‌گیرد، علاوه بر گسل‌های اصلی گسل‌های کوچک و فرعی نیز دارای اهمیت می‌باشند. با در نظر گرفتن چشمه‌های سطحی می‌توان لرزه خیزی در ناحیه پیرامون گسل‌های بزرگ را به چندین گسل کوچکتر نسبت داد. پس با در نظر گرفتن تعدادی از گسل‌های نزدیک به هم با سازوکار تقریباً یکسان در محدوده ای که بخشی از زمین لرزه‌های گذشته تجمع کرده اند به عنوان یک چشمه سطحی، می‌توان بخشی از گستره طرح که متعلق به ایالت لرزه زمین ساخت البرز- آذربایجان است را به ۷ پهنه تقسیم نمود بگونه ای که هر گسل در یک پهنه قرار گیرد. از آنجا که گسل‌های موجود در بخشی از گستره طرح که متعلق به ایالت لرزه زمین ساخت مرکز- شرق است، متمایز و قابل تفکیک و مراکز زلزله‌های گذشته محدود و در نزدیکی گسل‌های مسبب است، می‌توان در این بخش از گستره طرح ۶ چشمه خطی تعریف نمود.

در شکل (۱) موقعیت و هندسه چشمه‌های لرزه‌زا بر روی نقشه گسل‌های تهران نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان گسل‌های موجود در هر چشمه لرزه‌زا را مطابق با جدول (۱) مشخص نمود.



شکل (۱): نمایش گستره طرح، گستره تهران و چشمه‌های لرزه‌زا بر روی نقشه گسل‌های فعال ایران

## ۱- مقدمه

هدف از انجام این تحقیق بدست آوردن طیف طرح برای گستره شهر تهران با استفاده از طیف‌های خطر یکنواخت و با در نظر گرفتن اثرات حوزه نزدیک است. بدین منظور با در نظر گرفتن گسل‌ها با قابلیت فعالیت لرزه‌ای تا شعاع حدود ۲۰۰ کیلومتر از مرکز گستره شهر تهران و شعاع ۱۰۰ کیلومتر برای نقاط مرزی و بررسی کاتالوگ زلزله‌های گذشته، چشمه‌های لرزه‌زا و پارامترهای لرزه خیزی مرتبط با آنها تعیین گردیده است. پس از آن گستره شهر تهران به شبکه‌ای از نقاط با فاصله ۲ کیلومتر تقسیم شده و در هریک از این نقاط به عنوان یک ساختمان، تحلیل احتمالاتی خطر زمین لرزه به روش الگوریتم (Green and Hall (1994) [۸] انجام شده است.

در این تحلیل با در نظر گرفتن کلیه چشمه‌های لرزه‌زای موجود در گستره طرح شامل چشمه‌های دور و نزدیک نسبت به ساختمان، یک جفت رابطه کاهندگی طیفی (یکی مربوط به حوزه دور برای چشمه‌های لرزه‌زایی که در فاصله دور از ساختمان و یکی مربوط به حوزه نزدیک برای چشمه‌های لرزه‌زایی که در فاصله نزدیک از ساختمان قرار دارند) بطور همزمان بکاررفته است و در برخی نقاط به عنوان نمونه طیف خطر یکنواخت ترسیم شده است. با مقایسه طیف طرح خطر یکنواخت با احتمال خطر ۱۰٪ در ۵۰ سال با طیف طرح آیین‌نامه‌های استاندارد ۲۸۰۰-۸۴ ایران و UBC 97 می‌توان به تفاوت‌های آنها پی برد.

## ۲- لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت گستره طرح

در این تحقیق، گستره شهر تهران، محدوده ای بین ۵۰/۸ تا ۵۲/۱ درجه طول جغرافیایی و ۳۵/۵ تا ۳۶/۲ درجه عرض جغرافیایی و گستره طرح محدوده ای بین طول‌های جغرافیایی ۴۹/۵ تا ۵۳/۵ و عرض‌های جغرافیایی ۳۴ تا ۳۷ درجه تعریف شده است. گستره طرح، محدوده ای است که تمام عوامل لرزه‌زایی که ممکن است به گونه ای گستره شهر تهران را تحت تاثیر قرار دهند، در این ناحیه قرار گرفته اند. پس این محدوده از لحاظ سابقه لرزه خیزی و لرزه زمین ساختی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۲-۱- هندسه و موقعیت چشمه‌های لرزه‌زا

با توجه به مجموعه اطلاعات بدست آمده از لرزه زمین ساخت و لرزه خیزی گستره طرح، می‌توان هندسه و موقعیت چشمه‌های لرزه‌زا را تعیین نمود. در بسیاری از موارد هندسه

## ۲-۲- پارامترهای لرزه خیزی چشمه ها

رابطه گوتنبرگ- ریشتر برای دوره بازگشت زمین لرزه ها به صورت رابطه (۱) نشان داده می‌شود [۱]:

$$\log(\lambda_M) = a - bM \quad (1)$$

که در آن  $\lambda_M$ ، میانگین سالانه زمین لرزه با بزرگای مساوی یا بزرگتر از بزرگای  $M$  است. در این تحقیق ضرایب  $a$  و  $b$  با استفاده از ترکیب داده های دستگاهی و تاریخی به روشی مناسب و بر مبنای ثبت تعداد مشاهدات، رسم نمودار تجمعی، تعیین سال کامل بودن کاتالوگ و در پایان تعداد متوسط سالیانه زلزله ها محاسبه گردیده است. نتایج حاصل از این روش سازگاری مناسبی را با روش کیکو<sup>۱</sup> نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه اطلاعات و آمار زلزله های گذشته مربوط به هر چشمه برای برآورد پارامترهای لرزه خیزی مربوط به آن کافی نیست و این امر منجر به خطای زیاد در محاسبات می‌شود. پس پارامتر های لرزه خیزی برای مجموعه ای از چشمه های لرزه زا که در یک ایالت لرزه زمین ساخت قرار دارند، با استفاده از مجموعه داده های مربوط به این چشمه ها محاسبه و پس از آن مقادیر مربوط به هر چشمه به روش تقریبی تخمین زده می‌شود. براین اساس چشمه های سطحی که در ایالت لرزه زمین ساخت البرز- آذربایجان قرار دارند در یک بخش و چشمه های خطی که در ایالت لرزه زمین ساخت مرکز- شرق هستند در بخش دوم قرار می‌گیرند و پارامترهای لرزه خیزی برای هر بخش محاسبه می‌شود. ضریب لرزه خیزی ( $\beta$ ) بیانگر احتمال نسبی زمین لرزه های کوچک و بزرگ است.

با این فرض که خصوصیات لرزه خیزی چشمه هایی که در یک بخش قرار می‌گیرند تقریباً یکسان با خصوصیات لرزه خیزی بخش دربرگیرنده آنها است، می‌توان مقدار ضریب لرزه خیزی هر چشمه را برابر با ضریب لرزه خیزی بخش مربوطه دانست. نرخ فعالیت لرزی ( $\nu$ ) در هر بخش که عبارت است از میانگین متوسط سالانه زلزله های بزرگتر یا مساوی با مقدار حداقل ( $M=4$ ) به روش تقریبی مبتنی بر طول گسل بین چشمه های لرزه زا تقسیم می‌شود. با استفاده از روابط تجربی طول گسل، بیشینه بزرگای زلزله ای که هر چشمه لرزه زا قادر به تولید آن است برآورد می‌شود. نتایج بدست آمده برای پارامتر های لرزه خیزی چشمه های لرزه زا در جدول (۱) ارائه شده است.

## ۳- بررسی اثرات حوزه نزدیک

معمولاً در حوزه نزدیک به گسل، حرکات زمین دارای پالسهای قوی با زمانهای تناوب بلند است. علت ایجاد این پالسها با زمان تناوب بلند عبارت است از [۵]:

- اثرات ناشی از جهت پذیری گسیختگی

- بازگشت الاستیک زمین به حالت اولیه (Fling-Step)

میزان کاهش پالسهای حرکت زمین با زمان تناوب بلند ناشی از دلایل بیان شده در بالا، با یکدیگر متفاوت است. اثرات ناشی از جهت پذیری گسیختگی زمانی رخ می‌دهد که جهت گسیختگی به سمت ساختگاه مورد نظر بوده و راستای لغزش در صفحه گسل همراستا با گسیختگی باشد [۵] و بیشترین

جدول (۱): مشخصات و پارامترهای لرزه خیزی مربوط به چشمه های لرزه زا

شناسه	نوع چشمه لرزه زا	گسلهای موجود در چشمه	$\beta$	$\nu$	$M_{max}$
S1	سطحی	البرز، خزر، بنان	۱/۹۱۱	۰/۵۴۶	۸/۰۰
S2	سطحی	کندوان، بایجان، حصارچال	۱/۹۱۱	۰/۱۴۹	۷/۰۱
S3	سطحی	مشا، شمال قزوین، الموت رود، طالقان	۱/۹۱۱	۰/۳۹۶	۷/۷۰
S4	سطحی	شمال تهران، اشتهارد، جنوب اشتهارد، ایپک	۱/۹۱۱	۰/۳۱۷	۷/۲۵
S5	سطحی	ایوانکی، ری، کهریزک، پارچین	۱/۹۱۱	۰/۲۱۷	۷/۱۶
S6	سطحی	گرمسار، پیشوا	۱/۹۱۱	۰/۱۳۹	۷/۲۸
S7	سطحی	رباط کریم، آراد	۱/۹۱۱	۰/۰۸۷	۷/۱۳
S8	خطی	کوه گچاپ	۲/۰۰	۰/۰۴۶	۶/۷۰
S9	خطی	کوه گوگرد	۲/۰۰	۰/۰۵۶	۶/۸۰
S10	خطی	سپاه کوه	۲/۰۰	۰/۰۹۷	۷/۰۵
S11	خطی	کوشک نصرت	۲/۰۰	۰/۱۱۶	۷/۱۰
S12	خطی	ایندس	۲/۰۰	۰/۰۹۸	۷/۰۵
S13	خطی	تفرش	۲/۰۰	۰/۰۸۹	۷/۰۰

## ۵- نقشه های شتاب طیفی و طیف های خطر

### یکنواخت

برای بدست آوردن نقشه های شتاب طیفی، گستره شهر تهران به شبکه ای از نقاط با فاصله ۲ کیلومتر (۲۴۰۰ نقطه) تقسیم و در هر نقطه بعنوان یک ساختمان نتایج حاصل از تحلیل خطر لرزه ای برآورد گردیده است. پس از آن نقاط هم شتاب با خطوط هموار به یکدیگر متصل شده و نقشه های شتاب طیفی بدست آمده است. نمونه ای از این نقشه ها در اشکال (۲) تا (۴) نشان داده شده است. برای بدست آوردن طیف خطر یکنواخت در یک نقطه مقادیر شتاب طیفی در زمانهای تناوب مختلف (بین صفر تا دو ثانیه) محاسبه و نمودار حاصل ترسیم گردیده است. نمونه ای از این طیفها برای سه نقطه از گستره تهران در شکل (۵) ارائه شده است.

## ۶- طیف طرح برای گستره شهر تهران

با استفاده از نقشه های شتاب طیفی می توان طیف خطر یکنواخت میانگینی به عنوان طیف طرح برای گستره شهر تهران ارائه و با طیف های پیشنهادی توسط آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۸۴-۲۸۰۰ و آیین نامه UBC 97 مقایسه نمود. از آنجا که ارائه مقادیر شتاب طیفی در آیین نامه ها با استفاده از نقشه های پهنه بندی و یا خطوط هم شتاب برای کلیه زمانهای تناوب دشوار و غیر کاربردی است، لازم است که تعداد زمانهای تناوب بکار رفته برای تعیین طیف طرح به دو و یا سه زمان تناوب محدود شود. این زمانهای تناوب کنترل کننده باید بگونه ای انتخاب شوند که نواحی مختلف طیفی را تحت پوشش قرار دهند. بدین منظور برای ساخت طیف با خطر یکنواخت در تمام زمانهای تناوب، حداقل دو پارامتر مورد نیاز است [۱۰].

محققین مختلف مقادیر دامنه طیفی در یک زمان تناوب کوتاه و یک زمان تناوب بلند را برای ترسیم طیف خطر یکنواخت پیشنهاد داده اند. در آیین نامه های IBC 2000 ، FEMA 356 و NEHRP2000 از مقادیر شتاب طیفی در زمانهای تناوب ۰/۲ و ۱/۰ ثانیه برای ترسیم طیف طرح خطر یکنواخت استفاده شده است [۱۰].

تاثیر آن بر روی مولفه عمود بر گسل است. اثرات ناشی از بازگشت الاستیک زمانی رخ می دهد که ساختگاه مورد نظر در نزدیکی یک گسل با گسیختگی سطحی قابل توجه قرار گرفته است. این اثر بر روی مؤلفه موازی با راستای لغزش پلاریزه می شود. در گذشته بدلیل کمبود اطلاعات مناسب از حرکت زمین در فواصل نزدیک به چشمه لرزه زا، برای بدست آوردن روابط کاهندگی از رکوردهای ثبت شده در حوزه دور و یا متوسط استفاده می گردید. در دهه گذشته تعداد زیادی از رکوردهای زمین لرزه در فواصل نزدیک به زلزله های بزرگ به ثبت رسیده است. در نتیجه با بررسی و مطالعه بر روی این رکوردها، می توان روابط کاهندگی مخصوص حوزه نزدیک را بدست آورد.

در این تحقیق برای تعریف تابع چگالی احتمال فاصله، هر چشمه لرزه زا شامل سطحی و خطی به قطعات کوچک با مساحت مساوی تقسیم گردیده و فاصله مرکز هر قطعه تا ساختگاه سنجیده شده است، اگر این فاصله در محدوده حوزه نزدیک قرار گیرد از رابطه کاهندگی حوزه نزدیک و اگر در محدوده حوزه دور قرار گیرد از رابطه کاهندگی حوزه دور استفاده می شود. از آنجا که در این تحقیق ۲۴۰۰ نقطه در گستره شهر تهران به عنوان ساختگاه در نظر گرفته شده اند، هر گسل یا چشمه لرزه زا را نمی توان با قطعیت به حوزه نزدیک یا دور نسبت داد.

## ۸- روابط کاهندگی طیفی مناسب تهران

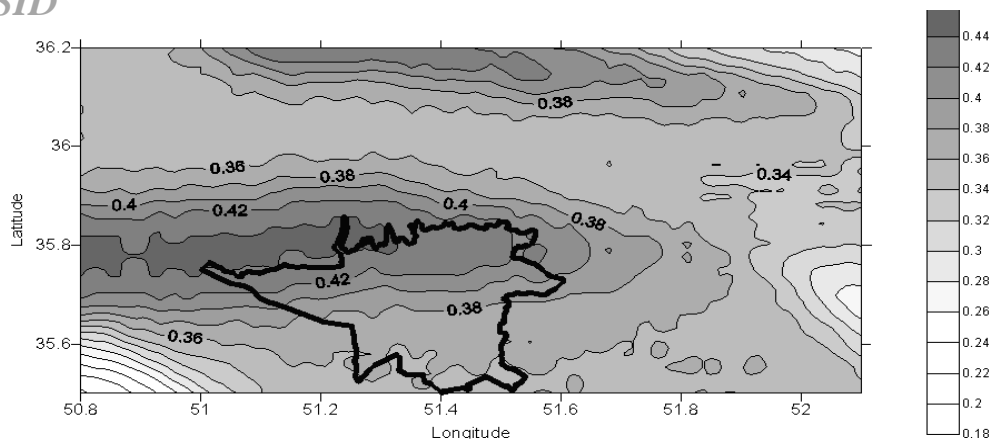
انتخاب رابطه کاهندگی باید از میان روابط تهیه شده برای منطقه مورد مطالعه یا هر رابطه متناسب با شرایط این منطقه، صورت گیرد. در این تحقیق از آنجا که بررسی اثرات نزدیکی چشمه لرزه زا به ساختگاه مد نظرمی باشد، علاوه بر شرایط ذکر شده از روابط کاهندگی استفاده شده که مؤلفین آنها روابطی را نیز برای حوزه نزدیک پیشنهاد داده اند. براین اساس سه جفت رابطه کاهندگی شتاب طیفی مختلف برای استفاده در تحلیل خطر لرزه ای انتخاب شده اند. شعاع مطالعه حوزه نزدیک و دور وابسته به رابطه کاهندگی مورد استفاده، متغیر است.

(1) Ambraseys & Douglas (2003) ۰ تا ۱۵ کیلومتر [۲]

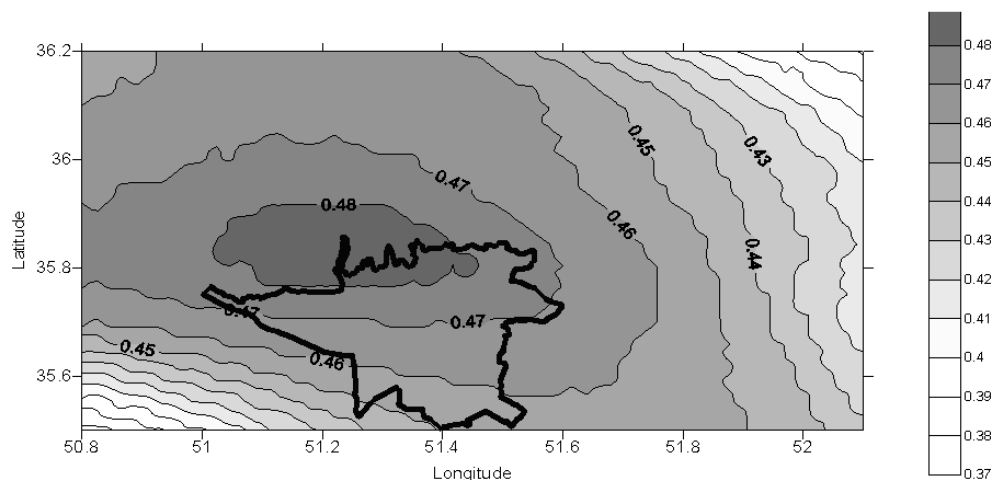
Ambrasey et al. (1996) بیش از ۱۵ کیلومتر [۴]، [۳]

(۲) زارع و سبزی علی (۲۰۰۶) ۰ تا ۶۰ کیلومتر [۱۱]

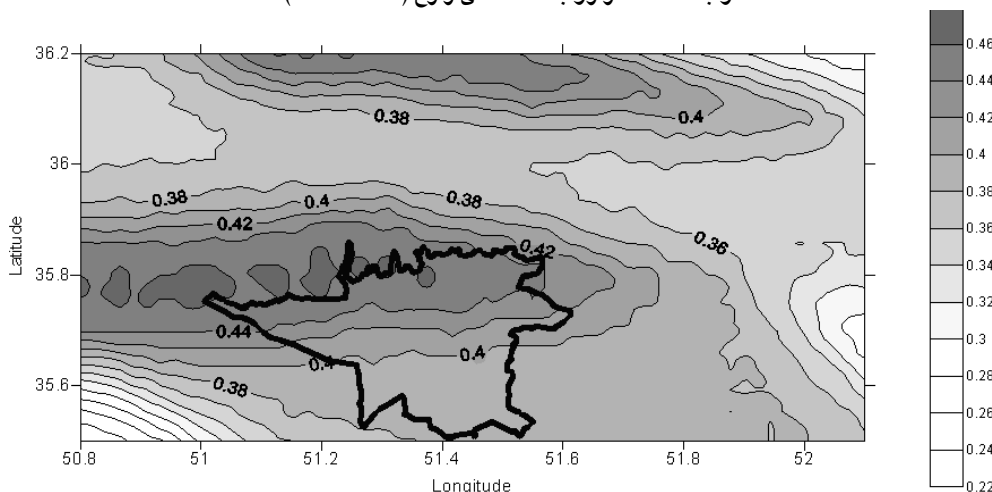
زارع (۱۹۹۹) بیش از ۶۰ کیلومتر [۸]



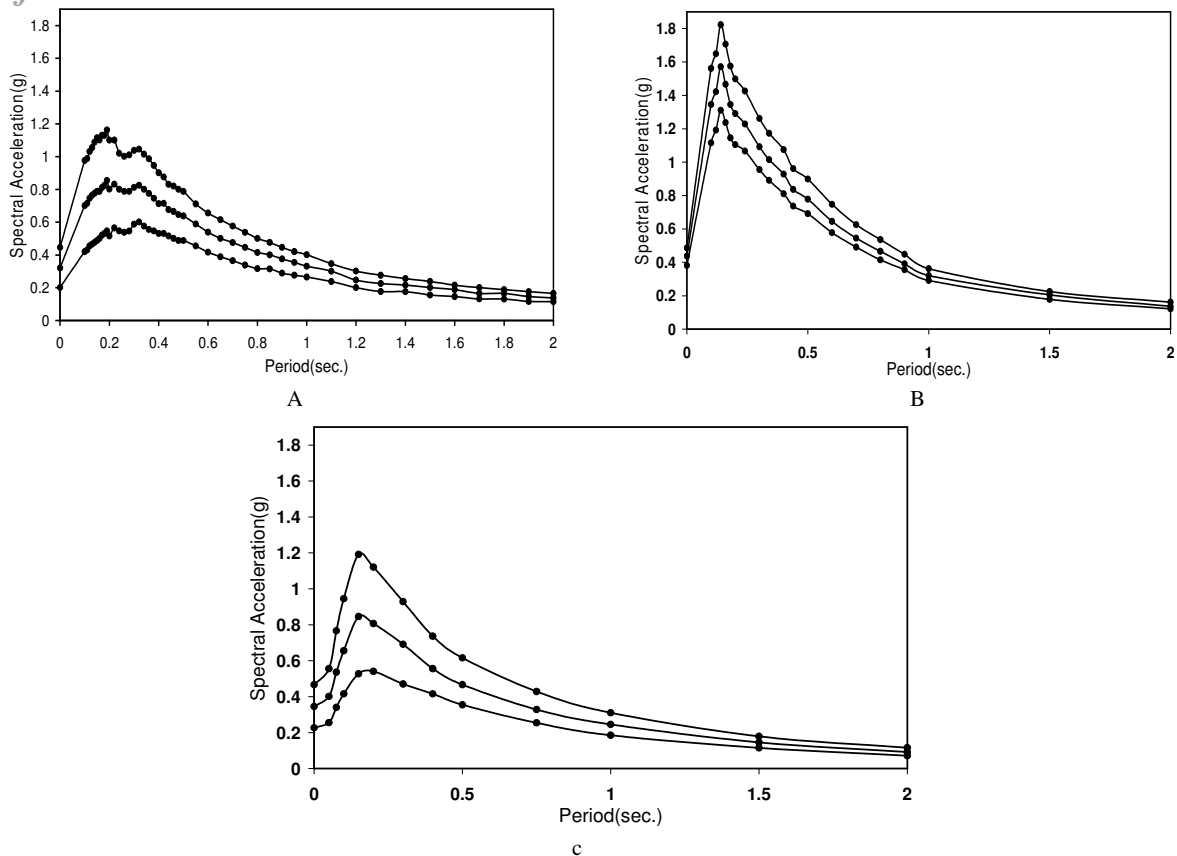
شکل (۲): نقشه شتاب افقی حداکثر زمین (PGA) یا شتاب طیفی در زمان تناوب صفر ثانیه (g)، با احتمال وقوع ۱۰٪ در طول ۵۰ سال و با استفاده از روابط کاهندگی (Ambraseys et al. (1996, 2003)



شکل (۳): نقشه شتاب افقی حداکثر زمین (PGA) یا شتاب طیفی در زمان تناوب صفر ثانیه (g)، با احتمال وقوع ۱۰٪ در طول ۵۰ سال و با استفاده از روابط کاهندگی زارع (۱۹۹۹، ۲۰۰۶)



شکل (۴): نقشه شتاب افقی حداکثر زمین (PGA) یا شتاب طیفی در زمان تناوب صفر ثانیه (g)، با احتمال وقوع ۱۰٪ در طول ۵۰ سال و با استفاده از روابط کاهندگی (Campbell & Bozorgnia (2003, 2006)



شکل (۵): طیفهای خطر یکنواخت افقی در سه نقطه با احتمال وقوع ۱۰/۵۰٪، ساختگاه سنگی، روابط کاهندگی  
 (a) Ambraseys et al.(1996, 2003) (b) زارع(۱۹۹۹،۲۰۰۶) (c) Campbell-Bozorgnia(2003 , 2006)

### ۱-۶- طیف طرح تقریبی دو پارامتری

در این تحقیق برای ساخت طیف طرح تقریبی دو پارامتری، روش بکار رفته در آیین نامه IBC 2000 مورد استفاده قرار گرفته است. در این آیین نامه، پارامترهای دوگانه که عبارتند از دو مقدار شتاب طیفی در زمانهای تناوب کوتاه (۰/۲ ثانیه) و بلند (۱/۰ ثانیه) که از روی نقشه های شتاب طیفی USGS بدست می آیند، برای ساخت طیف طرح پیشنهاد شده اند. در این آیین نامه دو ضریب لرزه خیزی با نام های  $S_i$  و  $S_s$  که وابسته به زمانهای تناوب بلند و کوتاه هستند از روی نقشه های خطر لرزه ای آمریکا برای هر نقطه دلخواه بدست می آیند. علاوه بر آن دو ضریب  $F_A$  و  $F_V$  که وابسته به زمان تناوب هستند برای مدل کردن اثرات شرایط ساختگاهی بکار می روند؛ که در حالت شرایط ساختگاهی سنگ این ضرایب برابر با یک می باشند. با استفاده از مقادیر  $F_A$ ،  $S_i$  و  $F_V$  می توان قسمت های مختلف طیف را بر حسب زمان تناوب و با توجه به روابط ارائه شده در آیین نامه بدست آورد [۹].

$$RSAT) = F_A S_s (0.4 + 0.6(T/T_0)) \quad T < T_0$$

$$RSAT) = F_A S_s \quad T_0 < T < T_s \quad (2)$$

$$RSAT) = F_A S_i / T \quad T < T_s$$

پارامترهای  $T_0$  و  $T_s$  عبارتند از:

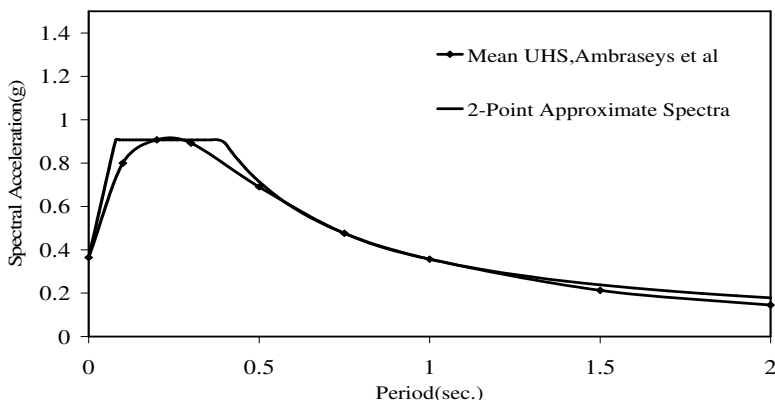
$$T_s = F_V S_L / F_A S_s \quad (3)$$

$$T_0 = 0.2 T_s$$

در این آیین نامه احتمال خطر در نظر گرفته شده برای طیف طرح معادل با ۲٪ در طول ۵۰ سال است و برای اهداف طراحی مقادیر دامنه های طیفی در ضریب ۲/۳ ضرب می شوند. با بکار بردن روش پیشنهادی توسط این آیین نامه می توان با استفاده از دو مقدار شتاب طیفی، طیف طرح مورد نظر را ترسیم نمود. برای بدست آوردن طیف طرح برای گستره شهر تهران از مقادیر شتاب طیفی بدست آمده برای نقاط مختلف گستره شهر تهران، در نقشه های شتاب طیفی میانگین گیری می شود. پس از آن برای ساخت طیف طرح دو پارامتری مقادیر متوسط شتاب طیفی در زمانهای تناوب ۰/۲ و ۱ ثانیه، با احتمال

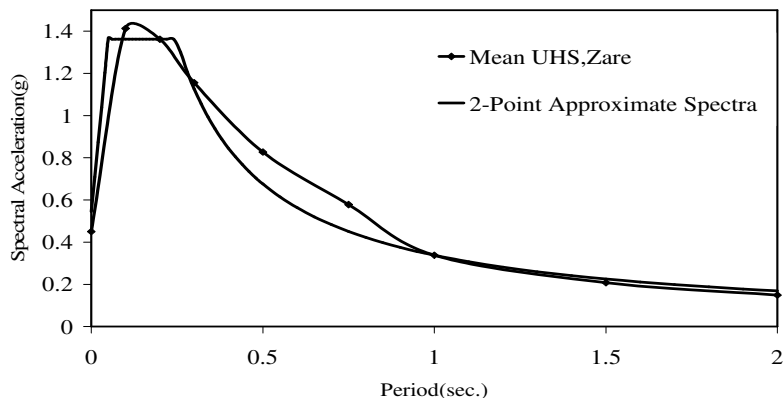
کاهندگی طیفی یاد شده، یک طیف طرح برابر با اشکال (۶) تا (۸) بدست می‌آید.

وقوع ۱۰٪ در طول ۵۰ سال و میرایی ۵٪ و شرایط ساختگاهی سنگ مد نظر قرار می‌گیرد و بدین صورت با استفاده از نتایج تحلیل احتمالاتی خطر زمین لرزه برای هر یک از روابط



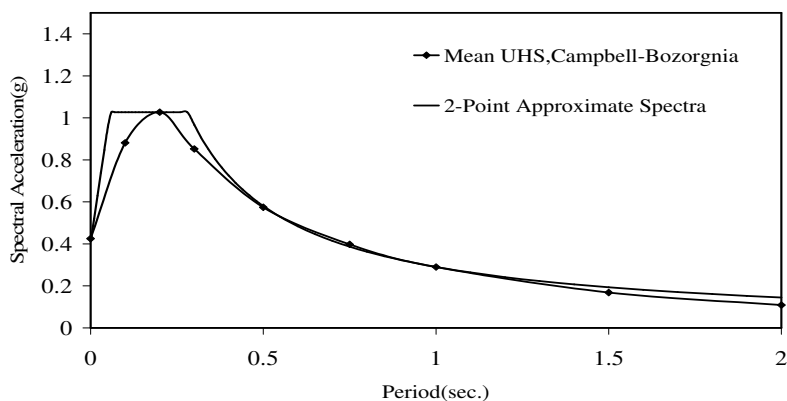
شکل (۶): طیف طرح دو پارامتری و طیف خطر یکنواخت افقی میانگین، با شرایط ساختگاهی سنگ

احتمال وقوع ۵۰ / ۱۰٪، میرایی ۵٪، روابط کاهندگی (Ambraseys et al. (1996, 2003)



شکل (۷): طیف طرح دو پارامتری و طیف خطر یکنواخت افقی میانگین، با شرایط ساختگاهی سنگ

احتمال وقوع ۵۰ / ۱۰٪، میرایی ۵٪، روابط کاهندگی زارع (۱۹۹۹، ۲۰۰۶)

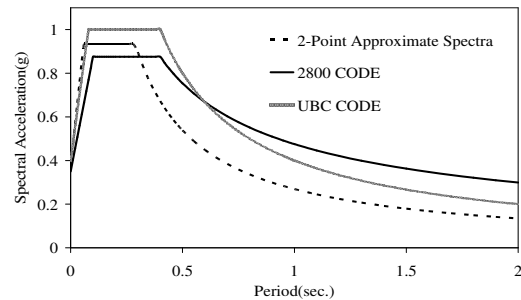


شکل (۸): طیف طرح دو پارامتری و طیف خطر یکنواخت افقی میانگین، با شرایط ساختگاهی سنگ

احتمال وقوع ۵۰ / ۱۰٪، میرایی ۵٪، روابط کاهندگی (Campbell & Bozorgnia (2003, 2006)

همانطور که در شکل (۹) نشان داده شده طیف طرح خطر یکنواخت در زمانهای تناوب کوتاه دارای دامنه بزرگتر و زمانهای تناوب متوسط و بلند دارای دامنه کوچکتری نسبت به طیف آیین نامه می باشد. علت افزایش دامنه طیفی در زمانهای تناوب کوتاه را می توان در نظر گرفتن اثرات حوزه نزدیک برآورد مقادیر شتاب دانست. در حالیکه اثرات حوزه نزدیک در افزایش مقادیر شتاب طیفی در زمانهای تناوب بلند محدود به فواصل بسیار کوچک از چشمه با توان لرزه زایی بزرگ است. بنابراین از آنجا که در تحلیل احتمالاتی خطر زمین لرزه تأثیر چشمه های لرزه زا با فواصل و بزرگای مختلف، در ایجاد خطر در ساختگاه با روش احتمالاتی ترکیب می شوند، افزایش قابل توجهی در مقادیر شتاب طیفی در زمانهای تناوب بلند با وجود در نظر گرفتن اثرات حوزه نزدیک، حاصل نمی شود. از طرفی مقیاس کردن طیف آیین نامه با استفاده از PGA در زمانهای تناوب متوسط و بلند که سرعت و تغییر مکان حاکم است باعث ایجاد عدم هماهنگی بین این طیف و طیف های خطر یکنواخت در زمانهای تناوب متوسط و بلندی می شود.

در پایان می توان نتایج حاصل از این سه رابطه کاهندگی طیفی را به روش درخت منطق ( Logic Tree ) و با در نظر گرفتن وزن ۰/۴ برای رابطه کاهندگی زارع و ۰/۳ برای دو رابطه دیگر، ترکیب نمود. در شکل (۹) طیف طرح بدست آمده برای گستره شهر تهران به روش پارامترهای دوگانه و با ترکیب نتایج حاصل از سه رابطه کاهندگی طیفی به روش درخت منطق، ترسیم و با طیف پیشنهادی توسط آیین نامه های یاد شده مقایسه گردیده است.



شکل (۹): مقایسه طیف طرح تعیین شده در این پروژه و طیف پیشنهادی آیین نامه ها

## ۸- مراجع

- [۱] زارع، مهدی؛ مقدمه ای بر زلزله شناسی کاربردی، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ویرایش دوم، ۱۳۸۴.
- [۲] Ambraseys, N.N.; Douglas, J.; "Near-field horizontal and vertical earthquake ground motions", J.Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol. 23, p.p.1-18, 2003.
- [۳] Ambraseys, N.N.; Simpson, K.A.; "Prediction of vertical response spectra in Europe", J.Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol. 25, p.p. 401-412, 1996.
- [۴] Ambraseys, N.N.; Simpson, K.A.; Bommer, J.J.; "Prediction of horizontal response spectra in Europe", J.Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol. 25, p.p.401-412, 1996.
- [۵] Bolt, B.A.; Abrahamson, N.A.; "Estimation of strong seismic ground motions", International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, vol. 81(B), p.p.983-1001, 2003.
- [۶] Campbell, K.W.; Bozorgnia, Y.; "Campbell-Bozorgnia NGA empirical ground motion model for the average horizontal component of PGA, PGV and SA at selected spectral periods ranging from 0.01-10.0 seconds", Interim Report for USGS Review, 2006.
- [۷] Campbell, K.W.; Bozorgnia, Y.; "Updated near-source ground-Motion (attenuation) relations for the horizontal and vertical components of peak ground acceleration and acceleration response spectra", Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 93(1), p.p.314-331, 2003.
- [۸] Green, R.A.; Hall, W.J.; "An overview of selected seismic hazard analysis methodologies", Structural Research Series Rep. No. UILU-ENG-94-2011, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois, 1994.
- [۹] IBC(2000); "International Building Code, 2000", International Code Council, U.S.A., 2000.
- [۱۰] McGuire, R.K.; "Seismic design spectra and mapping procedures using hazard analysis based directly on oscillator response", J.Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol.5, p.p.211-234, 1977.
- [۱۱] Zare, M.; Sabzali, S.; "Spectral attenuation of strong Motions in Iran", Third International Symposium on the Effect of Surface Geology on Seismic Motion, France, Grenoble, 2006.

## ۹- زیر نویس ها

<sup>۱</sup> Kijko

<sup>۲</sup> Peak Ground Acceleration