



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

دوره چهل و شش، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۳، صفحه ۱۶۵ تا ۱۸۸
Vol. 46, No. 2, Winter 2014, pp. 165- 188



نشریه علمی - پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و محیط زیست)
Amirkabir Journal of Science & Research (Civil & Environmental Engineering)
(AJSR - CEE)

اصلاح طیف طراحی آئین نامه ۲۸۰۰ ایران (ویرایش چهارم) با رعایت اثرات جهت داری

احمد نیکنام^{۱*}، احسان یوسفی دادرس^۲

۱- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران
۲- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

(دریافت ۱۳۹۳/۲/۳، پذیرش ۱۳۹۳/۸/۲۴)

چکیده

مناطق پر جمعیت زیادی از ایران را زلزله های حوزه نزدیک با احتمال وجود ویژگی جهت داری پیش سوی و جابجائی ماندگار تهدید میکند که میتواند موجب خسارات سنگینی شود. علت عمده آن محاصره ایران با دو رشته کوه زاگرس و البرز و وجود گسل های فعال اطراف تعدادی از شهر های پر جمعیت ایران است. بعنوان نمونه شهر تهران موقعیتی نزدیک به گسل های مشا، ری، کرج، و شمال میباشد. از طرف دیگر، طیف استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم که بر اساس احتمال فراگذشت ده در صد در پنجاه سال تهیه شده، عوامل مهم یاد شده را بطور شفاف در بر نمیگیرد. این نوشتار بر آنست تا روشی برای اصلاح طیف های موجود (ویرایش سوم و چهارم) برای لحاظ کردن اثرات حوزه نزدیک ارائه دهد به نحوی که بتواند در طراحی ساختمانهای با فاصله کمتر از ۲۰ کیلو متر بکار رود. جدول پیشنهادی برای اصلاح طیف های موجود حاصل تحلیل ۵۸ فقره زلزله های ثبت شده در حوزه نزدیک است که در یک فرایند احتمالاتی با استفاده از سه رابطه کاهندگی بدست آمده است. نتایج حاصله با مقادیر نظیر در دو شهر لرزه خیز آمریکا مطابق ضوابط آئین نامه های UBC-97 و ASCE-7-2005 مقایسه گردیده تا درک بهتری از میزان جهت داری در طیف طراحی ارائه گردد. روش ارائه شده را باید در ردیف گامهای نخست تهیه طیف های طراحی با قابلیت جوابگویی مسائل حوزه نزدیک زلزله بحساب آورد.

کلمات کلیدی

استاندارد ۲۸۰۰، زلزله حوزه نزدیک، جهت داری پیش سوی.

* نویسنده مسئول وعهده دار مکاتبات Email: a_nicknam@iust.ac.ir

۱- مقدمه

صفحه گسلش (Fault plane)، مسیر عبور امواج (wave path) و مشخصات خاک زیر ساختگاه زلزله مورد نظر باز تولید میشود. بدین ترتیب پارامترهای جهت داری یا با روش آزمون-خطا و یا بروش معکوس (Inversion solution) و با استفاده از یکی از روشهای (Genetic Algorithm GA, Multi-Objective Particle Swarm Optimization MOPSO) تخمین زده میشود [۲۰]. دیگر روشهای متداول در زمینه زلزله حوزه نزدیک، استفاده از توابع ساده سینوسی برای مدلسازی ضربات ناشی از جهت داری می باشد [۲۱]. این روابط ساده ضربات ناشی از زلزله جهت دار را، که در شروع تاریخچه زمانی سرعت ظاهر میگردد تا حد قابل قبولی مدل میکند [۲۰ و ۲۲].

۱-۱- پیش بینی اثرات حوزه نزدیک زلزله در طیف

طراحی

در بعضی از کشورها نظیر آمریکا اثرات نزدیکی کانون زلزله به ساختگاهها (با و بدون ویژگی جهت داری) در طیف طراحی آئین نامه لرزه‌ای مستقیماً دیده شده و در پاره ای از کشورها نظیر نیوزیلند [۲۳] این اثرات بصورت ضرائبی جهت اعمال بر طیف های طراحی حوزه دور تعریف شده است بطوری که شتاب طیفی طراحی حوزه دور را به مقادیر نظیر حوزه نزدیک تبدیل مینماید. هر چند از سال ۲۰۱۲ این کشور نیز از طیف شتاب بجای PGA استفاده مینماید. بکارگیری داده های زلزله های حوزه نزدیک برای اعمال در طیف علاوه بر آقای سمرویل و ابراهامسون توسط محدود پژوهشگران دیگری انجام شده است (بعنوان نمونه مراجع [۲۴ و ۲۵]). پیشنهاد نحوه اصلاح آئین نامه ۲۸۰۰ ایران و چگونگی اصلاح طیف های طراحی موجود که بخش عمده‌ای از اثرات حوزه نزدیک را به همراه دارد هدف اصلی این نوشتار است.

۲- ماهیت سه مولفه‌ای زلزله

امواج چهارگانه زمین لرزه بصورت برداری فضایی به سطح زمین برخورد میکنند. مقادیر این بردار فضائی در لحظات زمانی مختلف زلزله بوسیله سه سنسور تعبیه شده در دستگاه شتاب نگار ثبت میگردد. خصوصیات مولفه های افقی زلزله (بصورت شتاب) بستگی به جهاتی که سنسورها در ایستگاه استقرار داده شده‌اند دارد و معمولاً در امتداد های شمالی- جنوبی و شرقی- غربی می‌باشند. بدیهی است دستگاه ثبت زلزله بازتاب دهنده زلزله در این جهات میباشد [۲۶].

ضربات زلزله به ساختگاهها در فواصلی از رو مرکز (تصویر نقطه شروع گسلش روی سطح زمین) تا شعاعی حدود ۳۰-۱۰ کیلومتر (بسته به عواملی که بعداً خواهد آمد) علاوه بر توان نسبتاً زیاد ناشی از انرژی، از ویژگی‌هایی برخوردار است که در زلزله‌های با فاصله دور دیده نمیشود [۱]. یکی از این ویژگی‌ها پدیده "جهت داری پیش سوی" (Forward directivity) زلزله است که میتواند موجب خسارات سنگینی به سازه های موجود گردد. نمونه های مدل شده داخلی آن زلزله ۶/۴ ریشتری سال ۲۰۰۳ بم، ۶/۵ ریشتری سال ۲۰۰۵ زرنند، و نمونه های مطالعه شده خارجی آن شامل ۷/۸ ریشتری سال ۱۹۹۹ ازمیت ترکیه، ۷/۶ ریشتری سال ۱۹۹۹ چی چی تایوان، ۶/۷ ریشتری سال ۱۹۹۴ نرتریچ، ۶/۹ ریشتری سال ۱۹۹۵ کبه ژاپن و ۷/۳ ریشتری سال ۱۹۹۲ لندرز آمریکا است. در دهه گذشته پژوهشهای وسیعی جهت شناخت علل، شرایط تاثیر گذاری روی سازه ها، بررسی کیفی خسارات و میزان کمی آنها انجام گرفته است. [۲، ۳ و ۴]. آنچه دستیابی به این موارد را کمی پیچیده مینماید تعداد محدود شتاب نگاشت‌های ثبت شده زمین لرزه‌ها در حوزه نزدیک با ویژگی جهت داری است. خوشبختانه جامعه مهندسی در سالهای اخیر شاهد پیشرفتهای چشمگیری در این زمینه بوده است. بدین معنی که فیزیک زمین لرزه از ریشه علل پیدایش آن که از وجود جریان همرفتی [۵] در اعماق زمین (لایه استناسفر) ناشی میشود تا حرکت پوسته ها، برخورد پوسته های مجاور، ایجاد انواع چهار گانه موج (طولی، عرضی، ریلی و لاو) [۶]، عبور امواج از لایه های سنگی و بالاخره عبور از خاک زیر پی ساختمان با چندین روش "شبیه سازی زلزله" قابل شبیه سازی و بررسی است. نتایج این پژوهشها تخمین کمی پارامترهای موثر جهت داری زلزله در حوزه دور و نزدیک را مقدور میسازد که در ادبیات لرزه شناسی قابل دستیابی است. نمونه شبیه سازی زلزله های حوزه دور، روشهایی بر مبنای نظریه "توان دوم فرکانسهای زلزله (Omega squared)" است که از بحث این نوشتار خارج است [۷، ۸ و ۹].

در زمینه شبیه سازی زلزله حوزه نزدیک میتوان از روشهایی که بر پایه تابع گرین [۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳]، تابع گرین نظری [۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷]، نظریه همزمانی امواج زلزله [۱۸] و روش تلفیقی [۱۹] نام برد که در این روش پیشنهادی برای افزایش آمار موجود مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از روشهای یاد شده خصوصیات لرزه شناسی زلزله های حوزه نزدیک در چندین ایستگاه فرضی با توجه به پارامترهای لرزه ای نظیر

صورت لزوم میتواند برای تحلیل دینامیکی سازه ها در برابر زلزله تک مولفه ای تاریخچه زمانی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

۳- تحلیل خطر به روشهای احتمالاتی (Probabilistic) و تعیینی (Deterministic)

رخداد زلزله حاصل فرایندی است تکراری و پایا (Stationary) [۲۹] بطوریکه زلزله های آینده ادامه رخدادهای گذشته می-باشند، معادلات پیش بینی زلزله های آتی (GMPE) به روشهای متداول از دو مدل احتمالاتی و تعیینی انجام میگیرد. در نوع اول احتمال فراگذشت سالانه با توزیع نرمال و دوره های بازگشت با توزیع پواسون و در نوع دوم بزرگترین زلزله محتمل (بیشترین بزرگا (M) (Earthquake characteristic) در گسل های منطقه همراه با کوچکترین فاصله تا ساختگاه R مطالعه و مقادیر طیف نظیر ۸۴٪ در زمانهای تناوب مختلف (از ۰/۲ تا ۵ ثانیه) محاسبه میگردد (ASCE-7-2010). نظر به اینکه نتایج روش تعیینی حداکثر ممکنه را منعکس مینماید نتایج روش احتمالاتی به مقادیر نظیر تعیینی محدود میگردد [۳۰ و ۳۱]. اخیراً روش ریسک محور جایگزین روش منحنی تحلیل خطر شده است [۳۲]. در این روش با استفاده از تحلیل دینامیکی افزایشی [۳۲] از منحنی شکست سازه (Fragility) مقادیر طیف طراحی بر اساس احتمال یک درصد فروریزش ارائه می گردد [۳۳ و ۳۴].

۳-۱- طیف طراحی استاندارد ۲۸۰۰

در آئین نامه های معتبر بین المللی نظیر آمریکا (ASCE-7-2005)، طیف بازتاب شتاب با دو نقطه از پیش تعریف شده قابل تهیه میباشد. این دو نقطه از طریق تحلیل خطر با احتمال فراگذشت ۲ درصد بدست می آید. یک نقطه از طیف در محدوده شتاب ثابت (منظور از بخش شتاب ثابت، قسمت خط مستقیم طیف قبل از پیروود گوشه Ts می باشد) (مثلاً نقطه نظیر پیروود ۰/۲ و یا ۰/۳ ثانیه) و دیگری در محدوده سرعت ثابت (منظور از بخش سرعت ثابت، قسمت منحنی شکل بعد از پیروود گوشه Ts می باشد) (با پیروود یک ثانیه) (ASCE-7-2005; 2010). در این دونقطه طیف بازتاب شتاب نظیر مقادیر احتمال فراگذشت ۲ در صد در پنجاه سال محاسبه میگردد که میتواند مقادیر دیگری نظیر ده در صد هم تعریف شود (ASCE7). تغییرات شتاب طیف در محدوده سرعت ثابت بصورت منحنی متناسب با (1/T) از نقطه با مختصات Sa(T=1) عبور داده میشود بطوریکه بخش شتاب ثابت را درفرکانس گوشه (که از پیش تعیین نشده) قطع نماید. قابل ذکر اینکه در این طیف ها بر

در صورت دوران محورهای مختصات با استفاده از ماتریس دوگانه دوران، مولفه های افقی زلزله در هر امتدادی قابل دستیابی است. متداولترین این امتدادها در مورد زلزله های حوزه نزدیک برای کمی کردن اثرات جهت داری، دو امتداد موازی و عمود بر امتداد گسلش می باشند. (امتدادهای R و T)

۲-۱- زلزله تک مولفه

طراحی سازه ها مطابق آئین نامه های لرزه ای با مولفه تکی زلزله انجام میگیرد که بدلیلی که خواهد آمد معمولاً از هر یک از مولفه های افقی زلزله بزرگتر است. با میانگین گیری هندسی (Geometric mean) از جفت مولفه افقی زلزله تک مولفه ای حاصل میشود که در پیش بینی معادلات کاهندگی کاربرد زیادی دارد. برای محاسبه طیف بازتاب متوسط هندسی، در زمانهای تناوب طبیعی مختلف از طیف های نظیر دو مولفه جذر حاصلضرب محاسبه میگردد [۲۷]. رابطه ۱ نحوه محاسبه طیف متوسط هندسی را ارایه می دهد.

$$Sa_{Geomean} = \sqrt{Sa_1 * Sa_2} \quad (1)$$

که در رابطه فوق $Sa_{Geomean}$ معرف میانگین هندسی و Sa_1 و Sa_2 معرف دامنه شتاب طیفی در هر پیروود است.

طبیعی است طیف حاصله در تحلیل دینامیکی سازه کاربرد ندارد. از این رو اخیراً از روش دیگری برای دستیابی به زلزله تک مولفه ای تاریخچه زمانی بجای متوسط هندسی استفاده میگردد. بدین ترتیب که جفت مولفه ها روی یک محور جدید با زاویه θ تصویر و به یک مولفه تبدیل میگردد (زلزله تک مولفه ای تبدیلی). رابطه شماره ۲ نحوه محاسبه شتابنگاشت در زاویه θ را نشان میدهد.

$$acc_{rotated} = acc_1 \cos \theta - acc_2 \sin \theta \quad (2)$$

در رابطه فوق مقدار θ بین صفر تا ۱۸۰، $acc_{rotated}$ برابر تاریخچه زمانی شتاب در راستای θ و acc_1 و acc_2 تاریخچه زمانی شتاب ثبت شده در دو راستای عمود بر هم می باشد. زلزله تک مولفه ای نظیر طیف بازتاب متوسط زلزله های دوران داده شده (و در پاره ای از موارد مولفه نظیر طیف بازتاب حداکثر) بجای جفت زلزله نظیر مورد استفاده قرار میگیرد و در تحلیل دینامیکی نیز میتواند بکار رود. جزئیات بیشتر این روش در مقاله [۲۸] قابل دستیابی است. در این نوشتار از روش دوم تک مولفه افقی زلزله ها برای محاسبه طیف های زلزله ها جهت فرایند برازش زلزله های حوزه نزدیک استفاده شده است. این روش در

آن، این نقطه (Ts) برای انواع خاکها تعریف شده است. بعنوان مثال برای خاک نوع یک تا چهار بترتیب برابر ۵/۴، ۰/۱۰، ۰/۷ و یک ثانیه می‌باشد. تعیین قبلی این نقطه مقادیر شتاب (در بازه سرعت ثابت) را بدلیل استفاده از توان دوسوم افزایش میدهد. در روش پیشنهادی قبل از اعمال ضرائب جهت داری، طیف ایران به حوزه دور تغییر داده شده است. بدین ترتیب که از نقطه پریود گوشه Ts منحنی ۱/T عبور داده شده است.

شکل ۳ طیف های بازتاب این دو نوع شتاب نگاشت را با یکدیگر مقایسه میکند. یاد آوری می‌شود این مورد در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران بعنوان زلزله پایه و بدون ذکر حوزه نزدیک آمده است.

۲-۳- پارامترهای افزایشده طیف های شتاب استاندارد ۲۸۰۰

طیف های استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم که بازتاب دهنده شتاب طیفی زلزله های حوزه دور و نزدیک میباشدند به دلایل مشروحه زیر با طیف های ویژه دور اختلاف قابل ملاحظه ای دارند.

۳-۲-۱- توان دوسوم زمان تناوب طبیعی طیف

بدیهی است توان دو-سوم در رابطه طیف نسبت به توان یک منتهج به مقادیر طیف بیشتری میگردد. بطور مثال در سازه با زمان تناوب ۲ ثانیه مقدار دامنه شتاب طیفی برای خاک نوع سه بالغ بر ۱/۷ برابر میگردد.

۳-۲-۲- اثر توان دو-سوم طیف بر پریود گوشه (Ts)

شکل عمده استاندارد ۲۸۰۰ ایران ویرایش سوم و چهارم بر این مبناست که دو بخش سرعت ثابت و شتاب ثابت بطور مجزا تعیین و در پریود گوشه به یکدیگر متصل شده‌اند در حالیکه این دو بخش در زلزله همزمان با هم ثبت شده اند. به بیان دیگر، در ازاء هرگونه تغییر در بخش سرعت ثابت (که از Ts شروع می-شود)، مقادیر نظیر در بخش شتاب ثابت دچار تغییر می‌گردند که در ویرایش چهارم نیز این موضوع رعایت نشده است و از اهمیت زیادی بویژه در طیف حوزه نزدیک روی خاک نوع چهار دارد

خلاف طیف های ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ ایران مقدار فرکانس گوشه از رابطه ۳ تعیین می‌گردد.

$$T_s = \frac{S_a(T=1)}{S_a(T=0.2)} \quad (3)$$

که این طیف با رابطه کلی زیر محاسبه می‌گردد.

$$S_a = A(s+1)\left(\frac{T}{T_s}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

مقادیر دامنه طیف شتاب در محدوده سرعت ثابت (در بخش منحنی طیف بعد از Ts) به مراتب نسبت به طیف های استاندارد حوزه دور بیشتر است. این افزایش مقادیر طیفی از Ts (زمان تناوب لایه خاکی با ضخامت حداقل ۳۰ متر) شروع و با افزایش پریود بیشتر می‌گردد. این موضوع بسادگی با مقایسه دو طیف قابل ارزیابی است. برای اینکار به مبانی طیف با توان یک بجای $\frac{2}{3}$ که امروزه متداول است، پرداخته میشود.

اگر منحنی تغییرات لگاریتم طبیعی طیف بازتاب سرعت زلزله حوزه دور در برابر فرکانس طبیعی سازه (lnSv-lnω) ترسیم شود (منحنی سه بخشی Three partite) شکل دیگری از طیف حاصل میشود که در آن تغییرات هر سه پارامتر، طیف شتاب-سرعت و جابجائی با فرکانس طبیعی سازه ها بطور همزمان قابل مشاهده میباشد. شکل ۱ نمونه ای از طیف سه گانه را نشان میدهد که در آن فرکانس نظیر برخورد محدوده شتاب ثابت و سرعت ثابت به فرکانس گوشه (Corner frequency) مشهور است. آنچه در اینگونه نمایش طیف حائز اهمیت است اینکه مقادیر لگاریتم طیف سرعت در محدوده ای از فرکانس تقریباً خطی افقی است با مقدار ثابت. (مقادیر طیف های شتاب و جابجائی نیز در محدوده ای از فرکانس ثابت میباشدند که به آنها محدوده های شتاب ثابت و جابجائی ثابت گفته میشود). نکته مهم اینکه این موضوع در زلزله های حوزه نزدیک با جهت داری دیده نمیشود (شکل ۲).

اگر در فرکانس گوشه طیف شتاب با مقدار نظیر سرعت ثابت ارتباط داده شود (شکل ۱) بسادگی نشان داده میشود که منحنی تغییرات طیف شتاب در محدوده سرعت ثابت با توان یک زمان تناوب طبیعی سازه ها متناسب است (معادله ۳).

$$S_a = \frac{2\pi}{T} S_v = \frac{cte}{T} \quad (5)$$

برای ترسیم طیف زلزله حوزه دور، این منحنی از نقطه نظیر زمان تناوب یک ثانیه (که از پیش با تحلیل خطر مشخص شده است) عبور داده میشود تا خط افقی شتاب ثابت را در نقطه ای که از پیش تعریف نشده، قطع کند. در استاندارد ۲۸۰۰ که در

۳-۲-۳- اختلاف طیف ایران با طیف استاندارد متداول

حاصل از مقادیر شتاب در پیروود ۰/۲ و یک ثانیه

اختلاف طیف های استاندارد ۲۸۰۰ با مقادیر نظیر طیف ها در صورتیکه به روش متداول در زمان های تناوب ۰/۲ و یک ثانیه تهیه شود در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. قابل ذکر اینکه، بدلیل در اختیار نداشتن داده های مبنای محاسبه طیف های ایران، از روش احتمال تعینی استفاده شده است که حد فوقانی دو روش احتمالاتی و تعینی است. برای این منظور با روش معکوس در پیروود ۰/۲ ثانیه با قراردادن مقادیر طیف شتاب سنگ (هم برای لرزه خیزی خیلی زیاد و هم زیاد) در سه رابطه کاهندگی مقادیر بزرگا محاسبه و متوسط گیری شده است. سپس بکمک این بزرگاها مقادیر شتاب بازتاب در خاک بدست آمده است. قابل ذکر اینکه چون حد فوقانی مقادیر حاصل از روش احتمالاتی به روش تعینی محدود میگردد، مقادیر اختلافات ارائه شده در جدول ۱ حداقل مقادیر اختلاف ها را بازتاب میدهد زیرا مقادیر طیف استاندارد ۲۸۰۰ با حداکثر ها مقایسه گردیده است.

۴- ویژگی طیف بازتاب زلزله نزدیک گسل با جهت داری

هر زلزله حوزه نزدیکی با ویژگی جهت داری همراه نیست. تقریباً یک چهارم ساختگاههای اطراف رو مرکز زلزله ممکن است اثرات جهت داری را تجربه نماید [۳۵]. علامت مشخصه وجود جهت داری در زلزله حوزه نزدیک شکل گیری ضربات محدود (پالس سینوسی که دامنه و زمان تناوب بالا دارد) در شروع تاریخچه زمانی سرعت (Velocity pulse) میباشد. تغییرات اینگونه ضربات سرعت، شتابهایی است با دامنه بالا و زمان تناوب طبیعی نسبتاً زیاد (تقریباً نصف زمان تناوب طبیعی نظیر سرعت). اثرات این عمدتاً در مقادیر شتاب طیفی در محدوده زمانهای تناوب طبیعی از ۰/۶ تا سه ثانیه ظاهر میگردد. برای دستیابی به میزان حداکثر اثرات جهت داری (حداکثر افزایش در دامنه شتاب طیفی) از دوران جفت مولفه افقی استفاده میشود بطوریکه یکی از مولفه ها در موقعیت عمود بر گسل و دیگری ب موازات آن قرار گیرد. در اینصورت مولفه عمود بر گسل (T) بمراتب از اثرات جهت داری بیشتری نسبت به مولفه موازی گسل (R) برخوردار است. معمولاً برای ساختگاههای با فواصل بین پنج تا ده کیلومتر از گسل، از متوسط معمولی (بجای متوسط هندسی) این دو مولفه بعنوان تک مولفه جهت دار استفاده میشود [۲۷].

آئین نامه ASCE-7-2010 (صفحه ۱۶۱) در ساختگاههای با فاصله کمتر از پنج کیلومتر تا گسل، دوران دادن جفت مولفه زلزله بصورت یاد شده را الزامی نموده است. این موضوع به آن

دلیل است که متوسط گیری هندسی اثر جهت داری مولفه عمود بر گسل در این فاصله را بدلیل اختلاف زیاد دو مولفه مخدوش می نماید.

۴-۱- پارامترهای مشخصه زلزله حوزه نزدیک با و بدون

جهت داری

آقای بن مناهیم در رساله دکترای خود دو پارامتر اصلی مشخصه جهت داری را که قبلاً نیز مطرح و بحث شده بود بعنوان پارامترهای اصلی جهت داری زلزله مورد بحث و بررسی قرار داد [۳۶]. این موضوع بعداً توسط دیگر پژوهشگران بویژه آقای سمرویل مورد مطالعه بیشتر قرار گرفت [۲]، گو اینکه سادگی روش پیشنهادی ایشان توسط آقای اسپودیش [۲۴] مورد نقد قرار گرفت لیکن در مقاله ای از طرف تعدادی پژوهشگران خبره اینگونه تایید شد که تا دستیابی جامعه مهندسی به روشهای دقیقتر روش آقای سمرویل میتواند مورد استناد قرار گیرد. آقای سمرویل عوامل اصلی موثر در جهت داری زلزله در ساختگاه های با فاصله زیر ده کیلومتر با بزرگای یکسان را به شرح زیر ارائه نموده است (شکل ۴). یاد آوری میشود که اثرات جهت داری در فاصله های بمراتب بیشتر از ده کیلومتر نیز دیده شده است مثلاً در زلزله نورتریج مقادیر شتاب طیفی در ایستگاه ۴۷ کیلومتری بدلیل اثرات جهت داری از ایستگاه ۱۳/۵ کیلومتری بیشتر گردیده است. از این رو فاصله حوزه نزدیک ۳۰ کیلو متر پیشنهاد شده است (بعلت عدم قطعیت شناخت امتداد گسل در منطق مورد نظر منظور شده است).

الف- زاویه خط واصل ساختگاه و امتداد گسلش زلزله (θ). کسینوس این زاویه بعنوان یکی از پارامترهای عمده در تشخیص اثرات جهت داری ایفای نقش مینماید. هر چه ساختگاه نسبت به امتداد گسلش با زاویه کمتری همراه باشد مقادیر طیف بازتاب شتاب زلزله در بازه ۰/۶ تا حدود ۳ ثانیه بیشتر است. حداکثر تاثیر تا زاویه ۴۵ درجه میباشد و در زوایای بیشتر از ۴۵ درجه اثرات جهت داری (همانند افزایش مقادیر طیف) کاهش میابد.

ب- مقدار گسیختگی در صفحه گسل که از نقطه شروع گسلش به سمت ساختگاه گسیخته شده است (S). متناسب با اینکه این مقدار در زلزله ای بیشتر باشد اثر جهت داری آن بیشتر است. اگر طول گسلش L باشد مقدار موثر گسلش در زلزله های راستالغز $X=s/L$ و در زلزله های معکوس معادل $Y=d/W$ میباشد. شکل ۴ پارامترهای X, Y, φ, θ را نشان میدهد. در این رابطه ذکر دو نکته بشرح زیر ضروری است:

(self-similarity) [۱۸] قابل توجیه است گو اینکه مخالفانی هم دارد.

۵-۱- مفروضات و محدودیت ها

- در اختیار نداشتن اطلاعات زلزله حوزه نزدیک به تعداد لازم (بزرگا- فواصل، نوع گسلش) در نقاط مختلف ایران بطوریکه بتوان با روشهای آماری در هر منطقه با توجه به نوع خاک اثرات حوزه نزدیک زلزله را به طیف بازتاب آن منطقه اعمال نمود.

- نامشخص بودن رومرکز، ابعاد صفحه گسلش و جهت گسلش و بویژه دو پارامتر (θ و X برای زلزله های راستا لغز و نظیر آن برای زلزله های معکوس) نظیر زلزله های گذشته با وجود آگاهی نسبی از امتداد تقریبی گسل های هر منطقه (Fault trend). با قبول این نکته مهم که آئین نامه ۲۸۰۰ ساخت ساختمان را روی گسل ها ممنوع نموده است که مفهوم ضمنی آن اینست که امتداد گسل ها به رسمیت شناخته شده است.

- این فرض که مقادیر طیف شتاب در ناحیه شتاب ثابت و نیز مقدار پرپود گوشه بدون تغییر باقی بماند. یادآوری میشود، این نکته که در محدوده شتاب ثابت استاندارد ۲۸۰۰ مقدار طیف در خاک (بویژه خاک نوع IV) بیشتر به ضرائب جهت داری نسبتا بیشتری میگردد. این در حالی است که مقادیر طیف شتاب در پرپودهای شتاب ثابت برای ساختگاه با خاک سفت بیشتر از نوع خاک سست است (شکل ۵) [۴۰] در شکل (۱۳).

- با توجه به اینکه اثر جهت داری در زمانهای تناوب مختلف طیف متفاوت است، برای دستیابی به منحنی صاف اثر جهت داری و نیز امکان بکارگیری روش احتمالاتی از برآزش دیتا های موجود (زلزله های حوزه نزدیک جمع آوری شده) در روش پیشنهادی استفاده شده است.

- روش پیشنهادی بر این اساس است که طیف استاندارد ۲۸۰۰ با همان توان دو-سوم زمان تناوب طبیعی (T) در طیف باقی بماند مگر در ساختگاههای با فاصله تقریبی پانزده کیلو متر از کوتاه ترین امتداد گسل موجود که در اینصورت اثرات نزدیکی به گسل و جهت داری باید اعمال گردد.

- بدلیل کمبود اطلاعات لازم زلزله ها در انواع خاکها، فقط دو نوع خاک در نظر گرفته شده است. بدین منظور که از طیف با خاکهای نوع یک و دو و نیز از نوع سه و چهار میانگین گیری و ضرائب نظیر هر یک ارائه شده است.

- موارد یاد شده در صورتی حاصل میگردد که نقطه شروع گسیختگی (Hypocenter or nucleation point) در یکطرف صفحه گسلش قرار گیرد و نه در وسط صفحه که در اینصورت زلزله فاقد اثرات جهت داری است.

- در زلزله های با مکانیزم گسلش راستا لغز با نزدیک شدن ساختگاه به رومرکز (زیرحدود سه کیلو متر) از خاصیت جهت داری زلزله کاسته میگردد و زلزله از ضربات ناشی از پدیده دیگری بنام "جابجائی ماندگار (Permanent dislocation)" برخوردار میگردد که خارج از موضوع این نوشتار است. این پدیده فقط روی ساختمانهای بلند مرتبه اثر ویرانگر دارد و نه ساختمانهای با پرپود کوتاه.

- لازمه ایجاد پدیده های یاد شده حداقل بزرگائی برای زلزله است بطوریکه کمتر محتمل است که زلزله ای با بزرگای کمتر از ۶ ریشتر دارای چنین ویژگی است. بزرگترین مشکل در این زمینه تشخیص کمی این دو پارامتر در هر زلزله میباشد. برای تشخیص کمی آن باید سناریو هر زلزله با یکی از روش های شبیه سازی مدلسازی و اعتبار سنجی شود. با توجه به کمبود قابل ملاحظه اینگونه اطلاعات برای زلزله های رخ داده نویسنده پارامترهای مربوط به چندین زلزله حوزه نزدیک را از مراجع معتبر [۲] تهیه و مقادیر این دو پارامتر برای چند زلزله شامل ۲۰۰۳ بم [۳۷]، ۲۰۰۵ زرد [۳۸]، ۲۰۰۶ سیلاخور [۳۸] و ۱۹۹۸ گل باف کرمان که قبلاً مطالعه شده بود به لیست موجود اضافه نموده است. ذکر این نکته ضروری است که زلزله حوزه نزدیک همزمان ممکن است با مکانیزم راستالغز و معکوس رخ دهد و لذا جهت داری میتواند بخشی ناشی از مکانیزم راستا لغز و بخشی معکوس باشد. جزئیات بررسی تفکیک اثر جهت داری این دو نوع مکانیزم گسلش در زلزله امپریال ولی (Imperial Valley) بعنوان نمونه در این مقاله آمده است [۳۹]. مختصر توجهی به لیست زلزله های مورد استفاده (جدول شماره ۲) این نکته را تأیید میکند.

۵- اصلاح طیف ویرایش سوم ۲۸۰۰ ایران به طیف نزدیک گسل

در این بخش روش اصلاح طیف های موجود استاندارد ۲۸۰۰ با توجه به اطلاعات محدود زلزله های حوزه نزدیک ارائه میگردد. یادآوری میشود که تمامی کشورهای زلزله خیز با مشکل کمبود اینچنین اطلاعاتی مواجه میباشند و برای اعمال اثرات نزدیکی ساختگاه به گسل در طیف لازم است از اطلاعات مربوط به تمامی زلزله های رخ داده در حوزه نزدیک استفاده گردد. این موضوع تا حدی با قانون "تشابه گسلش زلزله "

۵-۲- روش پیشنهادی

سابقه اصلاح طیف شتاب بمیزان کافی از طریق اصلاح رابطه کاهندگی در ادبیات مهندسی زلزله دیده میشود. نمونه آن کار آقایان سمرویل و ابراهامسون [۲] است که با استفاده از زلزله های ثبت شده رابطه کاهندگی ابراهامسون و سیلوا برای زلزله- های دور از گسل به حوزه نزدیک تبدیل شده است. آقای اسپودیش نیز ضرائب اصلاحی برای کاربردی کردن روابط کاهندگی آقایان [۲۸، ۴۱، ۴۲ و ۴۳] برای حوزه نزدیک پیشنهاد نمود [۲۴]. با توجه به اینکه دستیابی به اطلاعات زلزله‌هایی که تعداد کافی دستگاه ثبت زلزله (در فواصل زیر ۲۰ کیلومتر) بطوریکه در چهار طرف رو مرکز مستقر شده باشد غیر ممکن است، مسئله با استفاده از امارهای موجود و روش احتمالاتی حل شدنی است. هرچه تعداد زلزله‌ها در موقعیت‌های مختلف چهارگانه اطراف رو مرکز زلزله زیاد تر شود، دقت پاسخ- های بدست آمده بالاتر می‌رود. با توجه به اینکه ۵۸ زلزله مورد مطالعه مربوط به تمام اطراف رومرکز زلزله‌های انتخاب شده می‌باشد و طبق نظر آقای سامرویل فقط بخش پیش‌سوی اطراف رومرکز دارای جهت‌داری است، نتایج این مطالعه بر اساس احتمال فراگذشت ۲۵ درصد در پنجاه سال انجام شده است. که بمراتب از مقادیر نظیر فراگذشت ۱۰ درصد کمتر است.

گامهای متوالی روش پیشنهادی بر صورت زیر خلاصه میشود.

۱- هر یک از زلزله های مورد استفاده به روشی که آقای بور [۲۷] ارائه نموده و در بخش ۱-۲ بطور اختصار آمده بصورت تک مولفه ای درآورده می‌شود.

۲- در هر پریود (از ۰/۲ ثانیه و بیشتر) با استفاده از یک رابطه کاهندگی و مقادیر بزرگا (M) و فاصله (R) شتاب طیفی حوزه دور محاسبه میگردد. با توجه به موقعیت ایستگاه که زلزله در آن ثبت شده است، مقدار X و θ محاسبه می‌گردد نقاط نظیر $X \cos(\theta)$ در مقابل نسبت های طیف هر زلزله به طیف حوزه دور $\ln(Sa_{observed,i}/Sa_i)$ محاسبه میگردد. برای کاهش عدم قطعیت، این بخش از کار، با سه رابطه کاهندگی [۴۲، ۴۱ و ۲۸] با اوزان یکسان انجام شده است. این مختصات برای هر یک از زلزله های حوزه نزدیک در لیست (جدول شماره ۲) انجام و نتایج روی محورهای مختصات مشخص میگردد. مقادیر $\ln(Sa_{observed,i}/Sa_i)$ نشاندهنده میزان اختلاف طیف زلزله های مورد استفاده (حوزه دور) با مقادیر نظیر طیف زلزله حوزه نزدیک حاصل از متوسط سه رابطه کاهندگی میباشد. اینکار یکبار با فرض گسیختگی با گسلش

راستا لغزو یکبار با فرض گسلش معکوس انجام می‌گردد که نتایج نهایتا میانگین گیری میشود.

۳- خطی در سیستم لگاریتمی به این نقاط بصورت $C_1 + C_2 X \cos(\theta)$ برازش میگردد (رابطه ۴).

$$\ln\left(\frac{Sa_{observed}}{Sa_i}\right) = C_1 + C_2 X \cos(\theta) \pm \varepsilon \sigma$$

که در آن مقدار $C_1 + C_2 X \cos(\theta)$ متوسط مقادیر برازش و ε تابع توزیع نرمال با متوسط صفر و انحراف معیار σ میباشد. باقیمانده برازش (Residual) توزیعی نرمال با متوسط صفر و σ یاد شده میباشد. پارامترهای C_1 و C_2 مقادیر ثابت برازش میباشد. شکل ۵ نمونه ای از این برازش را نشان میدهد. با مشخص بودن مقدار $C_1 + C_2 X \cos(\theta)$ روی خط برازش شده بعنوان متوسط میتوان مقادیر نظیر هرا احتمال فراگذشتی را به سادگی محاسبه نمود (Probability of exceedance). در این کار از این رابطه احتمالاتی با توزیع نرمال برای محاسبه ضرائب تبدیل طیف حوزه دور به طیف نزدیک با ویژگی جهت داری استفاده شده است.

تابع توزیع احتمالاتی

با توجه به تعداد ۵۸ آمار، باقیمانده برازش (Residual) توزیع نرمالی بصورت رابطه (۵) تشکیل می‌دهد.

$$P\left(\frac{Sa(T)_{Far}}{Sa(T)_{Near}}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}\left(\frac{Sa(T)_{Far}}{Sa(T)_{Near}} - meanRatio\right)^2}$$

در این رابطه مقدار متوسط $meanratio = C_1 + C_2 X \cos(\theta)$ است (که مقادیر C_1 و C_2 در برازش مشخص شده‌اند).

رابطه ۵ مبنای تبدیل طیف استاندارد ۲۸۰۰ به طیف حوزه نزدیک می‌باشد. با توجه به اینکه طیف ایران در طراحی با احتمال فراگذشت ده درصد در پنجاه سال بکار می‌رود مقدار نسبت $\frac{Sa(T)_{Far}}{Sa(T)_{Near}}$ نظیر احتمال ۹۰ درصد محاسبه می‌گردد.

اینکار با تبدیل رابطه ۵ به توزیع تجمعی CDF انجام می‌گیرد، با توجه به اینکه در این ۵۸ زلزله هم با جهت داری و هم بدون جهت داری وجود دارد، قبل از مطالعه دقیق برای تغییر طیف ایران به حوزه نزدیک زلزله با فراگذشت ۲۵ درصد در پنجاه سال برای اصلاح طیف ایران برای مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد و زیاد توصیه می‌شود. مسلما اضافه کردن اطلاعات زلزله حوزه نزدیک به روش یاد شده دقت کار قابل افزایش است.

است (دو سوم طیف دو در صد نظیر طیف حدود ۷ در صد تا ده در صد است) (ASCE-7-2019m Chapter 11, Page 66).

- طیف های سال ۲۰۰۵ نیز بر اساس دو سوم دو در صد پایه گذاری شده ضمن اینکه اثرات نزدیکی به گسل و ویژگی جهت داری زلزله در آن لحاظ شده است (ASCE-7-2005, Chapter 11, Page 115).

- طیف های سال ۹۷ آخرین طیف نظیر ده درصد است که برای ساختگاههای زون چهار ارائه شده است ضمن اینکه با شرط نرخ حرکت تکتونیکی (نظیر در صد سالانه کوتاه شدگی پوسته در ایران) نیز همراه است (معیار نرخ جمع شدگی تکتونیکی در آئین نامه ایران پیش بینی نشده است). ضریب Z در آئین نامه زلزله این سال بیشینه شتاب موثر را نمایندگی میکند و آن ماکزیمم بیشینه شتاب در بازه شتاب ثابت و سرعت ثابت است (UBC-97, Chapter 16, Page 38). در این آئین نامه، برای اعمال اثرات نزدیکی گسل مناطق به لحاظ نوع چشمه لرزه زا به سه دسته تقسیم شده اند. ضابطه تقسیم بندی دو پارامتر بزرگ M و نرخ سالانه حرکت پوسته SR (Slip Rate) منطقه بطور همزمان است. در ایران با وجود انجام مطالعات محدود در زمینه نرخ حرکت پوسته، دستور العملی برای تشخیص این پارامتر برای هر منطقه وجود ندارد. نمونه این مطالعات را میتوان در این مقالات دید [۴۴ و ۴۵]. به نظر میرسد آئین نامه سال ۹۷ در مقایسه با دو ویرایش فوق با طیف استاندارد ایران سازگاری بیشتری دارد. بهمین دلیل مقایسه نتایج با مقادیر نظیر در اینسال انجام داده شده است. جداول این آئین نامه در پیوست آورده شده است.

از این رو مقایسه بر این مبنا انجام گرفته است که:

- مقایسه طیف های اصلاح شده مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد ایران (با شتاب مبنای طرح $g \ 3.5/0$) با طیف مناطق A آمریکا که بیشترین ضرائب را شامل میشود انجام گرفته است با این اختلاف که در آئین نامه آمریکا تمامی پروندهای بازه سرعت ثابت در ضرائب یکسان ضرب میشود در حالیکه در اینکار هر پرونده در ضریب مربوطه. توضیح اینکه ضرائب UBC در مناطق A در فواصل ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلومتری از گسل بترتیب ۱/۶، ۱/۲ و یک میباشد.

- در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ۸۲/۵ در صد مناطق با لرزه خیزی زیاد و خیلی زیاد اعلام شده اند که از این میزان ۱۵/۵ در صد شامل مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد میباشند. این در حالی است که مناطق با زلزله های زاگروسی نظیر بم، زرنده، سراوان و خاش جزو مناطق لرزه خیزی زیاد میباشند.

محاسبه ضرائب جهت داری در هر پرپود

الف: بخش شتاب ثابت: این بخش از طیف تا پرپود نیم ثانیه از جهت داری تاثیر پذیر نیست ولی دارای شتاب های طیفی بیش از حوزه دور است. با توجه به اینکه در اطلاعات بکار رفته تا این پرپود اثرات جهت داری وجود ندارد، نسبت شتاب طیفی حوزه نزدیک به دور نظیر احتمال فراگذشت ۲۵ درصد نظیر دو نوع خاک (سنگ و خاک) محاسبه و در مقادیر نظیر آیین نامه ۲۸۰۰ اعمال می گردد.

ب: بخش سرعت ثابت: در این بخش از پرپود نظیر Ts (پرپود طبیعی خاک) این ضرائب اعمال می گردد. با این یادآوری که در خاک نوع چهار ($T_s=1s$) اینکار با این مشکل مواجه می گردد که قبل از یک ثانیه طبق آمارهای موجود باید اثرات جهت داری اعمال گردد ولی دستیابی به طیفی دقیق تر این مورد اعمال نشده است. شکل های ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ و جدول شماره ۳ نتایج محاسبات یاد شده و اعمال آنها به طیف ایران را نشان می دهد. قابل توجه اینکه این ضرائب باید بر

$$S = A \left(1 + s \frac{T}{T_s} \right)$$

اعمال گردد شتاب

$$\frac{1}{T}$$

طیفی در بخش سرعت ثابت به نسبت $\frac{1}{T}$ تغییر می کند. با توجه به اینکه بخش عمده ای از کشور ایران را مناطق حوزه نزدیک تشکیل می دهد، استاندارد ویرایش سوم بطور تصادفی مقادیر حوزه نزدیک را پوشش میداده است و از این لحاظ جای نگرانی نیست ولی ترجیحا باید طیف حوزه نزدیک بر اساس روشی منطقی تهیه گردد.

۵-۳- مقایسه طیف های پیشنهادی با UBC-1997

به منظور ارزیابی اعتبار طیف های پیشنهادی، نتایج حاصله با طیف های آئین نامه UBC-97 مقایسه میگردد. علت انتخاب آئین نامه سال 97 آمریکا بصورت زیر خلاصه میشود.

- آئین نامه سال ۲۰۱۰ طیف شتاب بر اساس خطر را به ریسک محور تغییر داده است بطوریکه مقادیر طیف شتاب نظیر خطر احتمال فراگذشت دو درصد در پنجاه سال (ویا با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال) برای تبدیل به مبنایی ریسک در پاره ای از مناطق متفاوت شده است. مضافا بر اینکه طراحی با طیفی معادل دو-سوم مقادیر طیف فوق انجام میگردد که با طبق ایران بر مبنای احتمال فراگذشت ده درصد در پنجاه سال (ویا با دوره بازگشت ۴۷۵ سال) کمی متفاوت و به لحاظ مقدار کمی بیشتر

تهیه نقاطی با مختصات نسبت های ردیف قبلی با مقادیر نظیر $X\cos(\theta)$ برای زلزله های راستا لغز $Y\cos(\phi)$ برای زلزله های معکوس.

برازش خطی بر مختصات نگاشته شده در سیستم لگاریتمی (فقط برای محور قائم).

بکار گیری رابطه احتمالاتی (۵) که از دو قسمت تشکیل شده. یکی نسبت های طیف ها به مقادیر نظیر متوسط سه رابطه کاهندگی و یکی تعداد زلزله های با و بدون جهت داری. تبدیل زلزله استاندارد ۲۸۰۰ به حوزه دور استاندارد.

اصولا مقادیر طیف شتاب در بازه شتاب ثابت در ساختگاه روی سنگ از مقادیر نظیر روی خاک ناشی از زلزله با بزرگای یکسان بیشتر است [۲ و ۴۰]. آقای سمرویل در این مقاله این موضوع را با مقایسه طیف های بازتاب زلزله با بزرگای مختلف را نشان داده است (شکل شماره ۱۲). این اختلاف در حوزه نزدیک کمتر میشود بطوریکه میتواند به نتایج یکسانی برای متوسط سه رابطه کاهندگی در بخش شتاب ثابت منتج گردد (جدول شماره ۱). طیف های استاندارد ۲۸۰۰ معکوس این نتایج را با نشان میدهد (طیف خاک ایران در بازه شتاب ثابت در مقایسه با متوسط سه رابطه کاهندگی ۷ تا ۹ درصد بیشتر نشان میدهد). مقادیر طیف های استاندارد ایران در بخش سرعت ثابت از طیف های حاصل از متوسط سه رابطه کاهندگی بیشتر است (۲/۴۸ برابر طیف خاک از متوسط سه رابطه کاهندگی بیشتر است و در مورد سنگ معادل ۲/۱۳ برابر). گو اینکه در استاندارد ۲۸۰۰ طیف خاک نسبت به نتایج روابط کاهندگی ۲۳٪ بیشتر از سنگ است که این اختلاف طیف در بازه سرعت ثابت طبیعی است. در اینکار، برای اعمال اثرات جهت داری که از پرپود ۰/۶ ثانیه شروع میشود، لازم است اختلاف فیزیکی مذکور در بخش شتاب ثابت رعایت شود.

- پارامتر C_1 در برازش خطی $C_1+C_2 x\cos(\theta)$ نزدیکی ساختگاه به گسل را نمایندگی میکند و پارامتر $C_2 x\cos(\theta)$ اثر ویژگی جهت داری را. به همین دلیل طیف های بدست آمده در بازه شتاب ثابت به مقادیر نسبتاً زیادی انجامیده است.

- بدلائل یاد شده مقادیر طیف حاصل از اعمال روش پیشنهادی در محدوده شتاب ثابت بمیزان قابل توجهی از طیف های استاندارد ایران بالاتر را نشان میدهد. بهمین دلیل مقادیر پیشنهادی برای سنگ و خاک بین ۳۶٪ تا ۲۸٪ افزایش نشان میدهد.

- ضابطه ای (مثل محدوده ای از بزرگا) برای تفکیک مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد و زیاد در استاندارد ۲۸۰۰ وجود ندارد. لذا مقایسه طیفهای اصلاح شده ایران با آمریکا با متوسط ضریب بیشترین اثر حوزه نزدیک UBC انجام شده است. از این رو و با توجه به تقریب در اختصاص مقادیر شتاب مبنا به مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد و زیاد و استعداد وقوع زلزله های زاگرسی و البرزی و بروز خسارات جانی و مالی ناشی از زلزله های حوزه نزدیک در مناطق با لرزه خیزی زیاد، طیف های این مناطق نیز همراه با ویژگی حوزه نزدیک توصیه میشود.

- بخش شتاب ثابت بویژه در طیف سنگ هم در نتایج تحلیلی و هم آیین نامه UBC اختلاف قابل توجهی با طیف فعلی ایران دارد. با توجه به موارد فوق و اینکه اعمال اثرات حوزه نزدیک به طیف های مناطق با لرزه خیزی زیاد منتج به تغییر نه چندان زیادی میشود، اعمال ویژگی حوزه نزدیک در اینکار به مناطق با لرزه خیزی زیاد نیز اعمال و طیف های حاصل از ضرایب با خطر خیلی زیاد با بیشترین اثرات حوزه نزدیک UBC مقایسه گردیده است. توضیح اینکه در UBC ویژگی نزدیکی ساختگاه به گسل (با فاصله ۱۵ کیلومتر) بصورت دو فاکتور جداگانه برای اعمال در بازه های شتاب ثابت N_a و سرعت ثابت N_v ارائه شده است.

در حالیکه در استاندارد ۹۷ آمریکا تمامی پرپود های بازه سرعت ثابت طیف را بطور یکسان (با ضرایب N_a و N_v) افزایش میدهد پژوهشهای اخیر شروع تغییرات طیف را از پرپود ۰/۶ ثانیه تا حدود ۳/۵ ثانیه و بصورت نامساوی تأیید مینماید. این نکته در روش پیشنهادی رعایت شده است.

۶- نتایج

فشرده اینکار از انتخاب زلزله ها تا پیشنهاد ضرائب اصلاحی طیف های استاندارد ۲۸۰۰ بمنظور ارائه طیف هائی در بر دارنده ویژه گیهای نزدیکی ساختگاه به امتداد گسلش مشخص و ویژگی جهت داری در مناطق مختلف ایران به شرح زیر میباشد. توضیح اینکه فقط مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد و زیاد مشمول ضرائب ارائه شده میباشد.

جمع آوری شتابنگاشتهای حوزه نزدیک با و بدون ویژگی جهت داری زلزله به تعداد ۵۸ فقره.

تبدیل جفت مولفه های زلزله به تک مولفه بصورت تاریخچه زمانی.

محاسبه طیف های بازتاب شتاب زلزله ها.

محاسبه نسبت های طیف ها به مقادیر نظیر حاصل از متوسط سه رابطه کاهندگی.

معادل $1/26$ و $1/21$ و $SD1$ بترتیب برابر $1/78$ و $1/77$ میباشد و گواه بر آنست که در این دو پریود تفاوت چندانی ندارد. همانطوریکه قبلا ذکر شد، عیب عمده UBC آنست که ویژگی حوزه نزدیک با یک ضریب ثابت در تمامی پریود های بازه سرعت ثابت اعمال مینماید، حال آنکه مقادیر در پریودهای متفاوت با تغییر همراه است.

در آیین نامه $UBC-1997$ برای شهر سیاتل اثر نزدیک گسل دیده نشده است و علت آن فعالیت کم گسل سیاتل می باشد. در نتیجه برای شهر سیاتل مقادیر $UBC-1997$ محاسبه نگردیده است.

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

در این نوشتار بطور فشرده هر دو بخش سرعت ثابت و شتاب ثابت طیف استاندارد 2800 ایران و ویرایش سوم مورد نقد قرار داده شده است. علی رغم در اختیار نداشتن زلزله های ثبت شده در حوزه نزدیک بمیزان کافی، می توان با استفاده از قانون شباهت (similarity) میزان دقت طیف را افزایش داد. عمده نتایج این پژوهش بشرح زیر ارائه می شود.

۱- بخش سرعت ثابت و شتاب ثابت طیف استاندارد 2800 ایران (ویرایش سوم و چهارم) بطور مستقل و جداگانه انتخاب شده است که با مطالعات امروزی مغایرت کامل دارد زیرا واقعیت این است که هر دو بخش از یک زلزله ثبت شده بدست می آید.

۲- اینکه در ویرایش چهارم بحثی از حوزه نزدیک نشده است در حالی که با ضریب N اثرات حوزه نزدیک اعمال شده است، کاملا قابل انتقاد است و موجب می گردد دانشجویان مقاطع تخصصی را به بیراهه سوق دهد. توصیه موکد این است که این موضوع اصلاح شود.

۳- نتایج مقادیر طیف شتاب روش پیشنهادی با مقادیر نظیر در دو آیین نامه UBC و $ASCE-7-2005$ در شرائط با تقریب یکسان در جدول شماره ۷ آورده شده است. این مقایسه نشان میدهد که طیف ایران (در ساختگاه سنگی) در بازه شتاب ثابت از دو طیف آمریکا کمتر است (حدود ۳۰ درصد) در حالیکه در ساختگاه با خاک سست این اختلاف چندان نیست (کمتر از ۱۰ درصد).

۴- در حالی که مقادیر شتاب طیفی محاسباتی ارائه شده با نتایج طیف های آمریکا همخوانی دارد ولی در این نوشتار به دلایل اقتصادی مقادیر طیف کمتری پیشنهاد گردیده است

۶-۱- مقایسه آیین نامه های $UBC-97$ و $ASCE-7-2005$ بر مبنای طیف شتاب با احتمال یکنواخت فراگذشت ده در صد و دوسوم دو در صد.

بعد از آیین نامه $UBC-97$ کمیته پانزده نفره ای مرکب از متخصصین سازه، لرزه شناس، و زمین شناس (Seismic Design Procedure Group, SDPG) برای دستیابی به طیف شتاب با حاشیه ایمنی یکسان فروریزی ساختمانها در تمامی ایالات آمریکا تشکیل گردید. آیین نامه از ده در صد به طیف یکنواخت با فراگذشت دو درصد در پنجاه سال تغییر نمود و دوسوم آن بعنوان طیف طرح تعریف شد. برای مقایسه طیف ایران با طیف 2005 لازم است به این سوال مهم پاسخ داده شود که آیا دو سوم این طیف میتواند با طیف ده در صد UBC معادل فرض شود؟ برای پاسخ گوئی به این سوال، کمیته منحنی های خطر در زمان تناوب دو دهم با احتمال یکنواخت فراگذشت سالانه را برای هفت شهر مقایسه نمود. شکل ۱۳ این مقایسه را نشان میدهد. بطوریکه ملاحظه میگردد دو سوم دو درصد (محل برخورد خط قائم از نقطه دو در صد با منحنی های خطر در پنجاه سال) با مقادیر ده در صد در منحنی های خطر شهرهای مختلف متفاوت است. در شهر های لس آنجلس، سا فرانسیسکو، و سیاتل با یکدیگر نزدیک است در حالیکه در دیگر شهرها نسبت ده درصد به دو درصد به پنج برابر هم میرسد. شکل های ۱۴ و ۱۵ این نتیجه را به وضوح نشان میدهد. نتیجه اینکه طیف های شتاب مندرج در آیین نامه $ASCE-2005$ را نمیتوان به طیف های $UBC-97$ تبدیل نمود مگر در منطقه ای مشخص.

برای ارزیابی روش پیشنهادی، لازم است طیف UBC با طیف $ASCE-2005$ در شهرهای سانفرانسیسکو و لوس آنجلس که در آنها دوسوم دو درصد طیف 2005 معادل ده در صد و همتراز UBC است در خاک و سنگ مقایسه گردد. بهترین نحوه مقایسه آنست که در چندین نقطه از شهر ها طیف های 2005 تعیین و در هر خاک متوسط گیری شود. از آنجا که لزومی به نشان دادن موقعیت گسل ها در 2005 نبوده و در نقاط مختلف فقط مقادیر طیف در پریودهای 0.2 و یک ثانیه اعلام شده است، برای تشخیص فاصله ساختگاه تا گسل لازم است ابتدا موقعیت گسل های نزدیک شهر مشخص و سپس نسبت به انجام تعیین مقادیر طیف اقدام نمود. اینکار انجام گردیده و نتایج بصورت دوسوم دو در صد در جداول شماره های ۳، ۴، ۵ و ۶ آورده شده است. چنانچه ملاحظه میگردد متوسط مقادیر طیف در SDS خاک سست (نوع B و E آمریکا) معادل آن نوع یک و چهار ایران) در UBC و $ASCE-2005$ بترتیب

جدول شماره ۱. مقایسه مقادیر طیف های استاندارد ایران با مقادیر نظیر روش متعارف (از نوع تعیینی). تفاوت مقادیر طیف ها بصورت نسبی نشان داده شده است.

خطر نسبی	بستر	بزرگا	فاصله	مقادیر طیف حاصل از سه رابطه کاهندگی		مقادیر حاصل از طیف استاندارد ۲۸۰۰		نسبت متوسط طیف حاصل از سه رابطه کاهندگی به طیف ایران	
				Sa(0.2)	Sa(1)	Sa(0.2)	Sa(1)	0.2 sec	1sec
زیاد	خاک	6.1	10	0.75	0.26	0.82	0.74	1.07	2.84
	سنگ	6.1	10	0.75	0.19	0.75	0.44	1	2.31
خیلی زیاد	خاک	6.1	10	0.87	0.34	0.96	0.86	1.09	2.5
	سنگ	6.5	10	0.87	0.25	0.87	0.51	1	2.04

جدول شماره ۲. مقادیر شتاب طیفی (دوسوم دو درصد) در پر بود ۰.۲ ثانیه و ۱ ثانیه برای مناطق پیرامونی گسل سان اندریاس بر اساس ASCE 7-2005 در انواع خاکهای نوع B, C, D, E آمریکا مطابق با نوع یک تا چهار ایران برای شهر سانفرانسیسکو

No.	Lat	Long	R	Soil type B		Soil type C		Soil type D		Soil type E	
				SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1
1	37°39'41	122°28'17	0.6	1.5	0.86	1.5	1.12	1.5	1.29	1.35	2.07
2	37°39'2	122°28'5	0.8	1.49	0.85	1.49	1.11	1.49	1.28	1.34	2.05
3	37°38'51	122°27'57	0.2	1.48	0.84	1.48	1.1	1.48	1.27	1.33	2.03
4	37°39'23	122°27'52	0.85	1.49	0.85	1.49	1.11	1.49	1.28	1.34	2.05
5	37°37'55	122°28'16	1.2	1.41	0.78	1.41	1.02	1.41	1.17	1.27	1.88
6	37°38'27	122°26'48	1.2	1.43	0.84	1.47	1.09	1.47	1.26	1.32	2.01
7	37°38'10	122°25'55	2	1.47	0.83	1.47	1.08	1.47	1.25	1.32	2
8	37°36'32	122°24'3	2.5	1.45	0.82	1.45	1.06	1.45	1.23	1.3	1.97
9	37°35'43	122°23'54	1.9	1.44	0.81	1.44	1.05	1.44	1.21	1.3	1.94
10	37°37'45	122°24'39	3	1.42	0.79	1.42	1.02	1.42	1.18	1.28	1.9
11	37°39'53	122°25'42	4	1.31	0.69	1.3	0.9	1.3	1.08	1.17	1.66
12	37°39'7	122°23'39	5.5	1	0.44	1.2	0.8	1.2	0.92	0.9	1.06
13	37°42'27	122°24'53	7.7	1.09	0.55	1.09	0.72	1.09	0.83	0.98	1.33
14	37°37'22	122°22'30	3.3	1.22	0.63	1.22	0.82	1.22	0.95	1.1	1.52
15	37°41'33	122°23'32	5.2	1.04	0.52	1.04	0.68	1.04	0.79	0.94	1.27
Average ASCE 7-2005			2.5	1.34	0.74	1.36	0.97	1.36	1.13	1.21	1.77

جدول شماره ۳. مقادیر شتاب طیفی (دوسوم دو درصد) در پرپود ۰,۲ ثانیه و ۱ ثانیه برای مناطق پیرامونی گسل سان اندریاس بر اساس UBC 1997 در انواع خاکهای نوع B, C, D و E آمریکا مطابق با نوع یک تا چهار ایران برای شهر سانفرانسیسکو

No.	Lat	Long	R	Soil type B		Soil type C		Soil type D		Soil type E	
				SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1
1	37°39'41	122°28'17	0.6	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
2	37°39'2	122°28'5	0.8	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
3	37°38'51	122°27'57	0.2	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
4	37°39'23	122°27'52	0.85	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
5	37°37'55	122°28'16	1.2	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
6	37°38'27	122°26'48	1.2	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
7	37°38'10	122°25'55	2	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
8	37°36'32	122°24'3	2.5	1.45	0.77	1.45	1.078	1.595	1.232	1.3	1.86
9	37°35'43	122°23'54	1.9	1.5	0.8	1.5	1.12	1.65	1.28	1.35	1.92
10	37°37'45	122°24'39	3	1.4	0.74	1.4	1.036	1.54	1.184	1.26	1.79
11	37°39'53	122°25'42	4	1.3	0.69	1.3	0.966	1.43	1.104	1.17	1.66
12	37°39'7	122°23'39	5.5	1.19	0.63	1.19	0.882	1.309	1.008	1.07	1.51
13	37°42'27	122°24'53	7.7	1.1	0.56	1.1	0.784	1.21	0.896	0.99	1.34
14	37°37'22	122°22'30	3.3	1.4	0.74	1.4	1.036	1.54	1.184	1.26	1.79
15	37°41'33	122°23'32	5.2	1.2	0.64	1.2	0.896	1.32	1.024	1.08	1.53
Average UBC 1997			2.5	1.4	0.74	1.4	1.04	1.54	1.19	1.26	1.78

جدول شماره ۴. مقادیر شتاب طیفی (دوسوم دو درصد) در پیرو ۰,۲ ثانیه و ۱ ثانیه برای مناطق پیرامونی گسل رایموند بر اساس ASCE 7-2005 در انواع خاکهای نوع B, C, D و E آمریکا مطابق با نوع یک تا چهار ایران برای شهر لس آنجلس

No.	Lat	Long	R	Soil type B		Soil type C		Soil type D		Soil type E	
				SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1
1	34°9'6"	118°15'58"	4	1.53	0.49	1.53	0.63	1.53	0.73	1.38	1.17
2	34°8'40"	118°14'7"	2.5	1.6	0.52	1.6	0.67	1.6	0.77	1.4	1.24
3	34°6'40"	118°15'20"	0.7	1.41	0.52	1.41	0.67	1.41	0.78	1.27	1.24
4	34°4'30"	118°12'58"	5.3	1.42	0.52	1.45	0.68	1.45	0.79	1.31	1.26
5	34°6'20"	118°11'43"	2	1.38	0.51	1.38	0.67	1.38	0.77	1.24	1.24
6	34°3'36"	118°16'8"	6.2	1.46	0.49	1.46	0.63	1.46	0.73	1.31	1.17
7	34°10'58"	118°17'17"	7.8	1.6	0.54	1.6	0.71	1.6	0.82	1.44	1.31
8	34°3'52"	118°18'7"	6.5	1.38	0.46	1.38	0.6	1.38	0.7	1.24	1.12
9	34°9'53"	118°14'30"	5.4	1.72	0.58	1.72	0.75	1.72	0.86	1.55	1.39
10	34°2'36"	118°14'24"	8.5	1.38	0.46	1.38	0.6	1.36	0.7	1.24	1.12
11	34°3'19"	118°11'41"	7.5	1.47	0.49	1.47	0.64	1.47	0.74	1.32	1.18
12	34°12'30"	118°13'53"	10	1.56	0.55	1.56	0.71	1.56	0.82	1.4	1.32
13	34°2'40"	118°17'28"	8.1	1.29	0.44	1.29	0.57	1.29	0.66	1.16	1.06
14	34°0'52"	118°13'44"	12	1.21	0.42	1.21	0.54	1.21	0.63	1.09	1
15	34°1'7"	118°17'52"	11	1.17	0.41	1.17	0.53	1.17	0.62	1.05	0.99
Average ASCE 7-2005			6.5	1.43	0.49	1.44	0.64	1.43	0.74	1.29	1.18

جدول شماره ۵. مقادیر شتاب طیفی (دوسوم دو درصد) در پرپود ۰,۲ ثانیه و ۱ ثانیه برای مناطق پیرامونی گسل رابموند بر اساس UBC 1997 در انواع خاکهای نوع B, C, D و E آمریکا مطابق با نوع یک تا چهار ایران برای شهر لس آنجلس

No.	Lat	Long	R	Soil type B		Soil type C		Soil type D		Soil type E	
				SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1
1	34°9'6	118°15'58	4	1.1	0.53	1.1	0.74	1.21	0.84	0.99	1.27
2	34°8'40	118°14'7	2.5	1.25	0.61	1.25	0.85	1.375	0.97	1.12	1.46
3	34°6'40	118°15'20	0.7	1.3	0.64	1.3	0.89	1.43	1.02	1.17	1.53
4	34°4'30	118°12'58	5.3	1	0.47	1	0.65	1.1	0.75	0.9	1.13
5	34°6'20	118°11'43	2	1.3	0.64	1.3	0.89	1.43	1.02	1.17	1.53
6	34°3'36	118°16'8	6.2	1	0.44	1	0.61	1.1	0.70	0.9	1.07
7	34°10'58	118°17'17	7.8	1	0.43	1	0.60	1.1	0.68	0.9	1.03
8	34°3'52	118°18'7	6.5	1	0.44	1	0.61	1.1	0.70	0.9	1.07
9	34°9'53	118°14'30	5.4	1	0.47	1	0.65	1.1	0.75	0.9	1.13
10	34°2'36	118°14'24	8.5	1	0.42	1	0.58	1.1	0.67	0.9	1.01
11	34°3'19	118°11'41	7.5	1	0.44	1	0.61	1.1	0.70	0.9	1.05
12	34°12'30	118°13'53	10	1	0.4	1	0.56	1.1	0.64	0.9	0.96
13	34°2'40	118°17'28	8.1	1	0.43	1	0.60	1.1	0.68	0.9	1.03
14	34°0'52	118°13'44	12	1	0.4	1	0.56	1.1	0.64	0.9	0.96
15	34°1'7	118°17'52	11	1	0.4	1	0.56	1.1	0.64	0.9	0.96
Average UBC 1997			6.5	1.06	0.47	1.06	0.66	1.16	0.76	0.95	1.14

جدول شماره 6. مقادیر شتاب طیفی (دوسوم دو درصد) در پریود ۰.۲ ثانیه و ۱ ثانیه برای مناطق پیرامونی گسل سیاتل بر اساس ASCE 7-2005 در انواع خاکهای نوع B، C، D و E آمریکا مطابق با نوع یک تا چهار ایران برای شهر سیاتل (بدون اثر نزدیک گسل)

No.	Lat	Long	R	Soil type B		Soil type C		Soil type D		Soil type E	
				SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1	SDs	SD1
1	47°35'8"	122°19'41"	1	1	0.34	1	0.44	1	0.51	0.9	0.81
2	47°36'28"	122°17'31"	3.7	0.96	0.32	0.96	0.42	0.96	0.49	0.86	0.78
3	47°33'10"	122°16'31"	2.3	1.02	0.35	1.02	0.45	1.02	0.52	0.92	0.84
4	47°36'35"	122°20'17"	3.8	0.97	0.33	0.97	0.43	0.97	0.49	0.88	0.79
5	47°33'4"	122°19'51"	2.9	1.04	0.36	1.04	0.46	1.04	0.54	0.94	0.86
6	47°37'23"	122°19'26"	5.3	0.93	0.31	0.93	0.41	0.93	0.48	0.84	0.75
7	47°32'26"	122°17'41"	3.9	1.02	0.35	1.02	0.45	1.02	0.52	0.92	0.84
8	47°32'17"	122°19'31"	4.6	1.02	0.35	1.02	0.46	1.02	0.53	0.92	0.85
9	47°31'26"	122°18'39"	5.8	1.01	0.35	1.01	0.45	1.01	0.52	0.91	0.84
10	47°38'52"	122°19'15"	8.1	0.89	0.3	0.89	0.4	0.89	0.46	0.8	0.72
11	47°31'32"	122°16'2"	5.5	1	0.34	1	0.44	1	0.51	0.9	0.82
12	47°31'3"	122°19'33"	7	1.01	0.35	1.01	0.45	1.01	0.52	0.91	0.84
13	47°29'54"	122°15'56"	8.5	0.97	0.33	0.97	0.43	0.97	0.5	0.88	0.8
14	47°40'20"	122°23'21"	12	0.85	0.29	0.85	0.39	0.85	0.45	0.77	0.7
15	47°39'38"	122°16'36"	10	0.85	0.29	0.85	0.39	0.85	0.45	0.76	0.69
Average ASCE 7-2005			5.6	0.96	0.33	0.96	0.43	0.96	0.49	0.87	0.79

جدول شماره ۷. مقایسه نتایج ASCE 2005 و UBC 1997 در حوزه نزدیک گسل برای سانفرانسیسکو، لس آنجلس و سیاتل

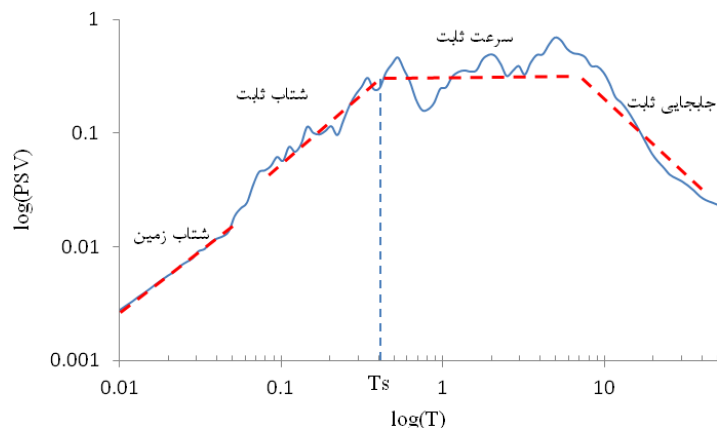
		نوع خاک ۱		نوع خاک ۲		نوع خاک ۳		نوع خاک ۴	
سانفرانسیسکو	ASCE 2005	1.34	0.74	1.36	0.97	1.36	1.13	1.21	1.77
	UBC 1997	1.4	0.74	1.4	1.04	1.54	1.19	1.26	1.78
لس آنجلس	ASCE 2005	1.43	0.49	1.44	0.64	1.43	0.74	1.29	1.18
	UBC 1997	1.06	0.47	1.06	0.66	1.16	0.76	0.95	1.14
سیاتل	ASCE 2005	0.96	0.33	0.96	0.43	0.96	0.49	0.87	0.79
	UBC 1997	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول شماره ۸. مقایسه نوع خاک ایران و آمریکا بر اساس سرعت موج برشی

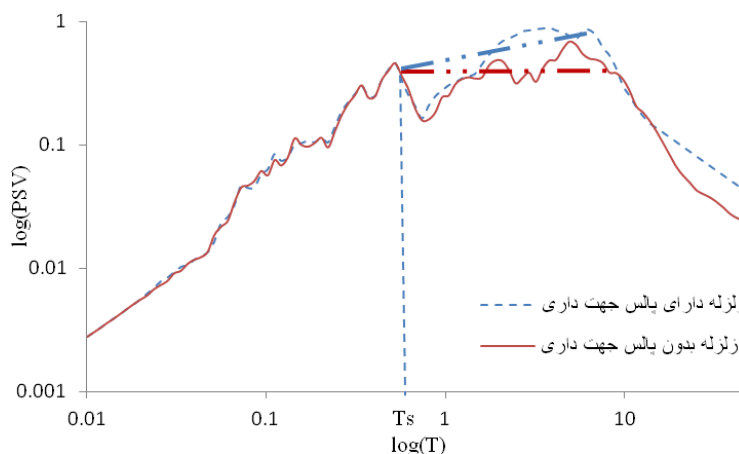
حدود تقریبی سرعت موج برشی (متر بر ثانیه)	تیپ خاک در استاندارد ۲۸۰۰	تیپ خاک در استاندارد ۲۰۰۵ آمریکا
$V_s > 750$	یک	A, B
$350 < V_s < 750$	دو	C
$175 < V_s < 350$	سه	D
$175 < V_s$	چهار	E

جدول شماره ۹. مقایسه ضرایب بکار رفته پیشنهادی و میانگین دو منطقه سانفرانسیسکو و لس آنجلس

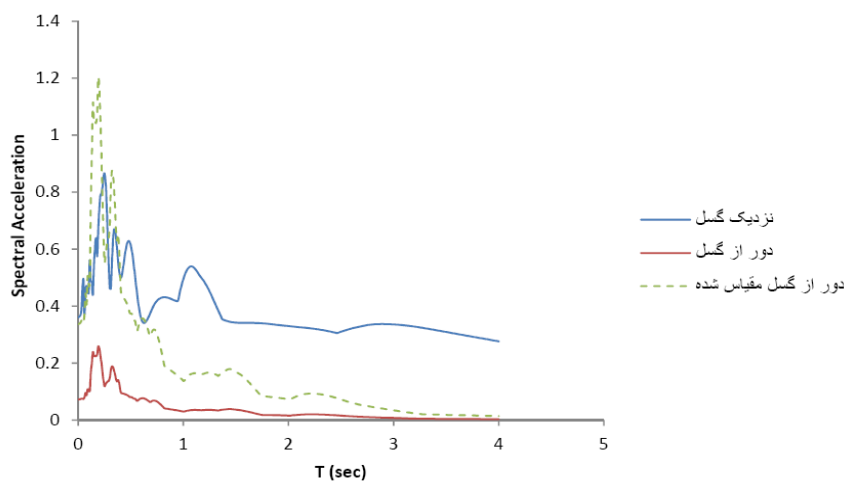
پریود	نوع خاک ۱ و ۲		نوع خاک ۳		نوع خاک ۴	
	ضریب پیشنهادی	ضریب معادل ASCE	ضریب پیشنهادی	ضریب معادل ASCE	ضریب پیشنهادی	ضریب معادل ASCE
0.1	1.3	1.588571	1.3	1.444156	1.3	1.298701
0.2	1.3	1.588571	1.3	1.444156	1.3	1.298701
0.4	1.3	1.588571	1.3	1.444156	1.3	1.298701
0.6	1.3	1.638293	1.3	1.444156	1.3	1.298701
0.8	1.3	1.488488	1.3	1.320242	1.3	1.298701
1	1.25	1.38179	1.3	1.225604	1.3	1.298701
1.4	1.1	1.235187	1.25	1.095572	1.3	1.365234
1.8	1.05	1.135929	1.15	1.007533	1.25	1.255526
2.2	1	1.062432	1.1	0.942344	1.2	1.174291
2.6	1	1.004888	1.05	0.891304	1.15	1.110688
3	1	0.958079	1	0.849786	1.1	1.058952
3.5	1	0.910093	1	0.807224	1.05	1.005913
4	1	0.870473	1	0.772082	1	0.962122
4.5	1	0.83696	1	0.742357	1	0.92508
5	1	0.808076	1	0.716738	1	0.893155



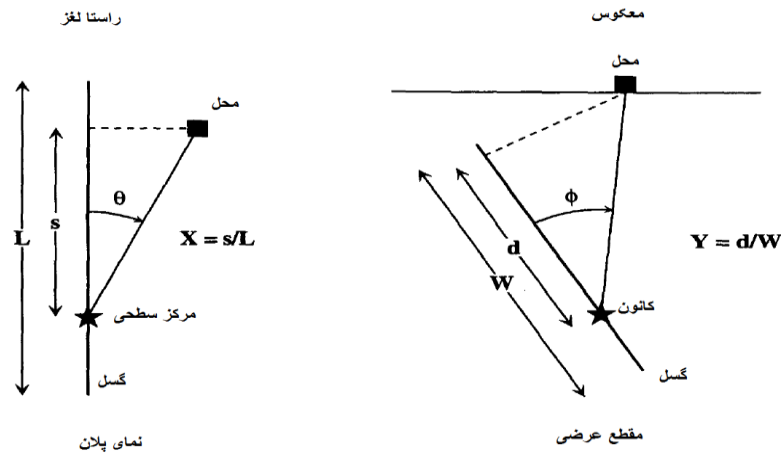
شکل ۱. نمایشی از منحنی سه بخشی تغییرات پریود طبیعی سازه (بصورت لگاریتمی) با طیف سرعت، شتاب، و جابجایی (بصورت لگاریتمی). محل برخورد بخش شتاب ثابت و سرعت ثابت " پریود گوشه (Ts) " مشخص شده است.



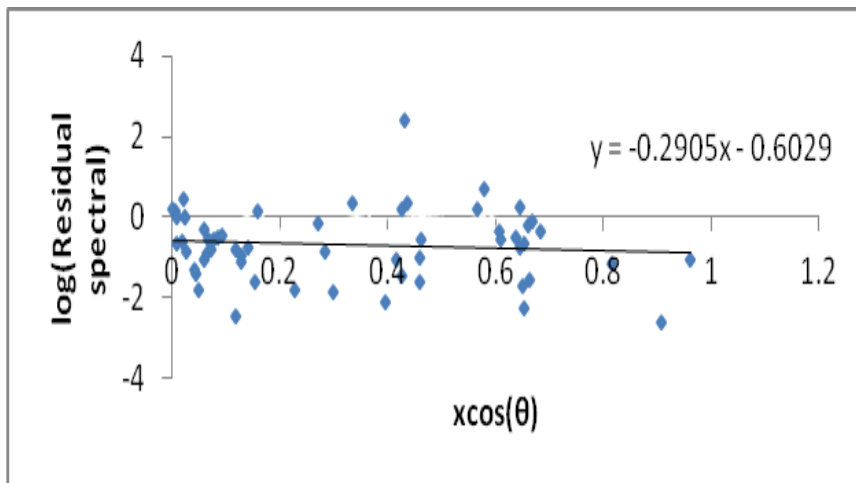
شکل ۲. مقایسه منحنی سه بخشی تغییرات پریود طبیعی سازه (بصورت لگاریتمی) با طیف سرعت، شتاب، و جابجایی (بصورت لگاریتمی). چنانچه مشاهده میگردد طیف سرعت در محدوده ای از پریود طبیعی برای زلزله بدون جهت داری تقریباً مقداری ثابت است در حالیکه برای زلزله با جهت داری مقدار افزایشی دارد.



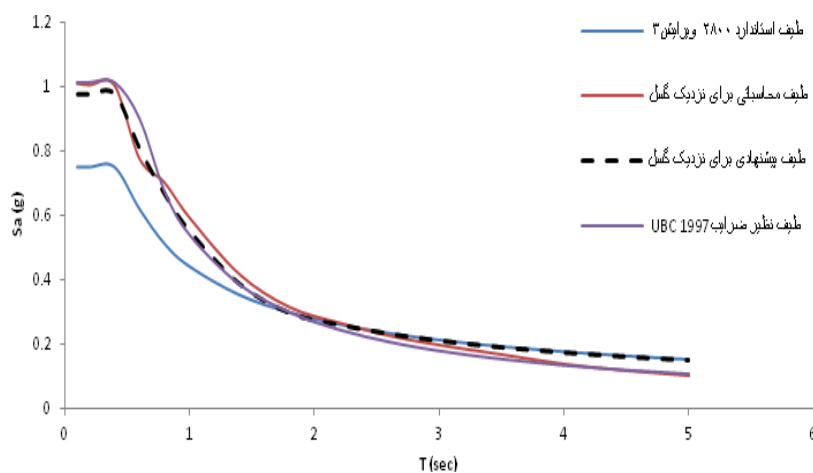
شکل ۳. نمونه ای از مقایسه طیف های بازتاب شتاب نگاشت های زلزله حوزه دور و نزدیک.



شکل ۴. نمونه ای از نمایش ترسیمی پارامترهای X , Y , θ و ϕ

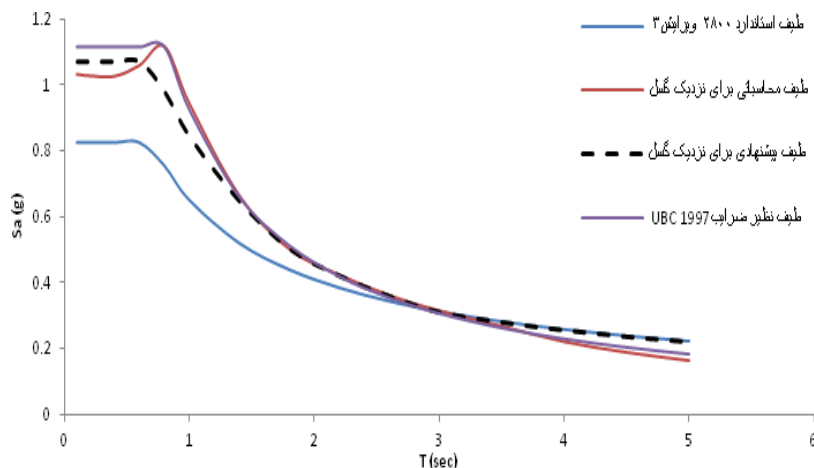


شکل ۵. منحنی برازش نسبت طیف زلزله های حوزه نزدیک به مقادیر نظیر طیف بازتاب زلزله استاندارد ۲۸۰۰ (در سیستم لگاریتمی)

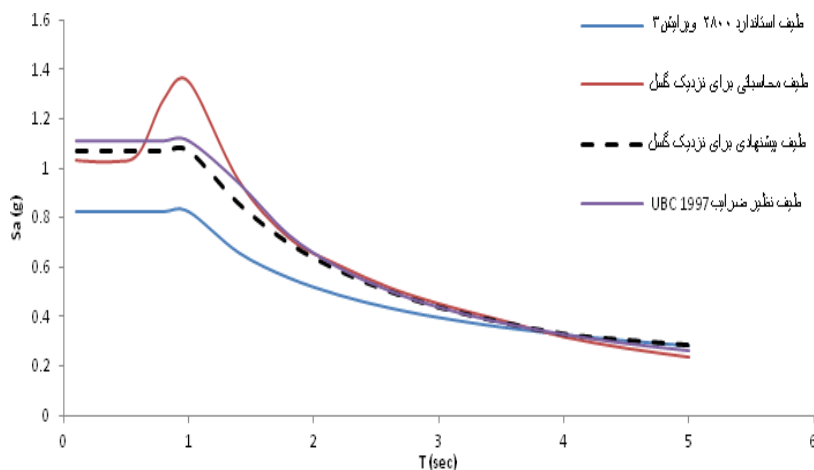


شکل شماره ۶. نمایش ترسیمی طیف های استاندارد ۲۸۰۰ با طیف پیشنهادی برای مناطق با خطر نسبی زیاد در ساختمان های خاک از نوع یک و

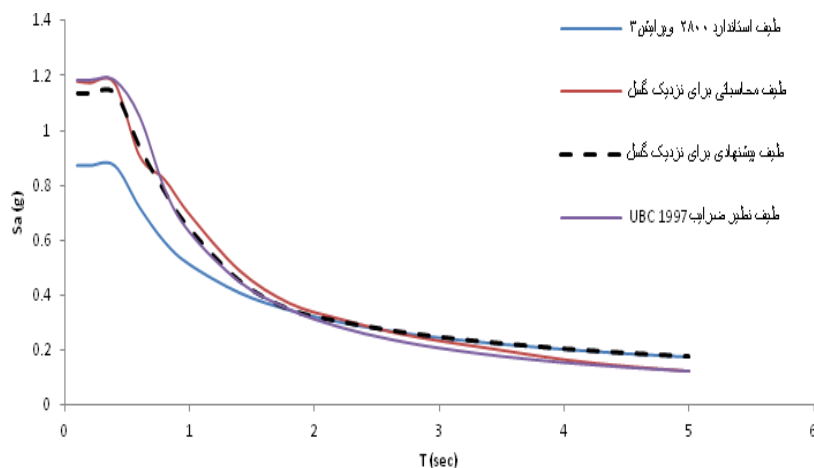
دو



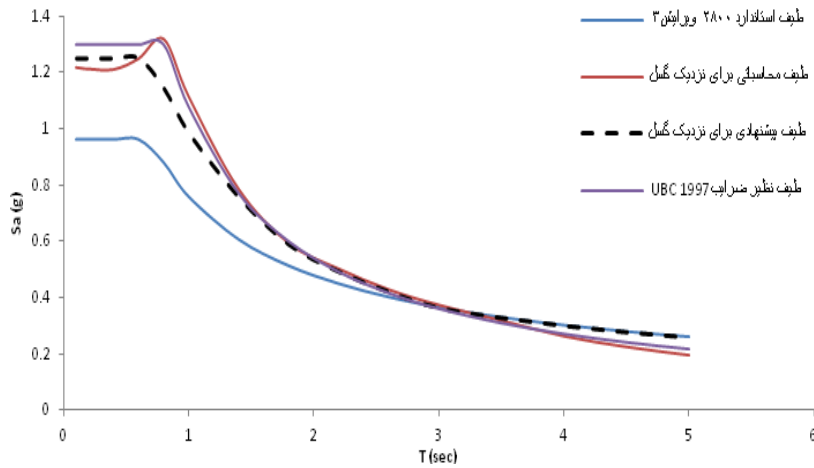
شکل شماره ۷: نمایش ترسیمی طیف های استاندارد ۲۸۰۰ با طیف پیشنهادی برای مناطق با خطر نسبی زیاد در ساختمان های خاک از نوع سه



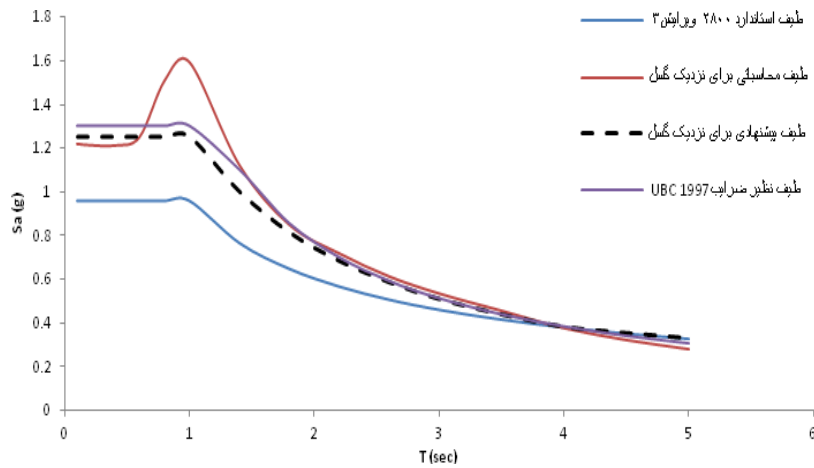
شکل شماره ۸: نمایش ترسیمی طیف های استاندارد ۲۸۰۰ با طیف پیشنهادی برای مناطق با خطر نسبی زیاد در ساختمان های خاک از نوع چهار



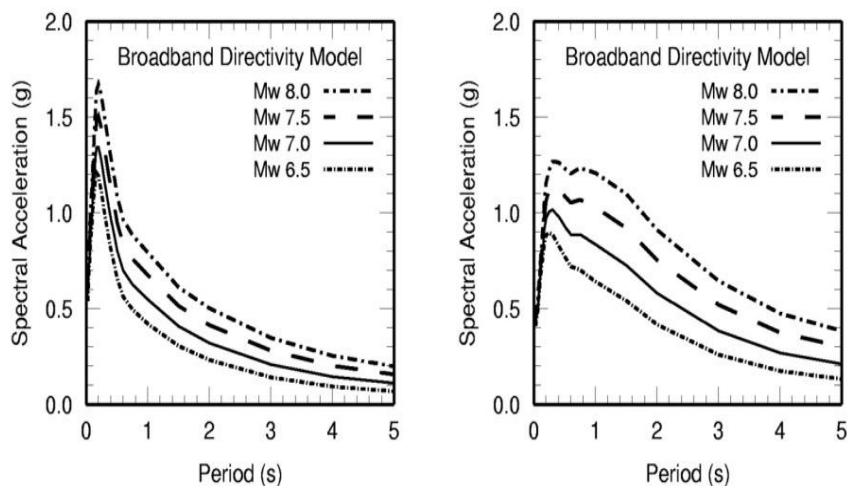
شکل شماره ۹: نمایش ترسیمی طیف های استاندارد ۲۸۰۰ با طیف پیشنهادی برای مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد در ساختمان های خاک از نوع یک و دو



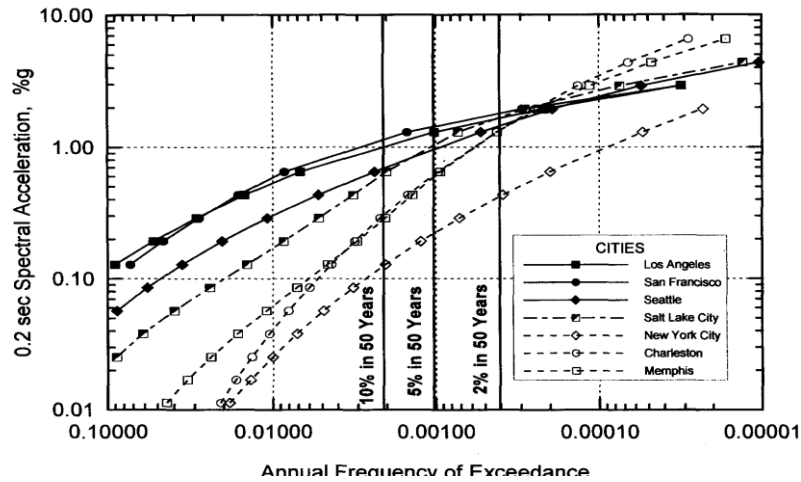
شکل شماره ۱۰: نمایش ترسیمی طیف های استاندارد ۲۸۰۰ با طیف پیشنهادی برای مناطق با خطر نسبی زیاد در ساختگاه های خاک از نوع سه



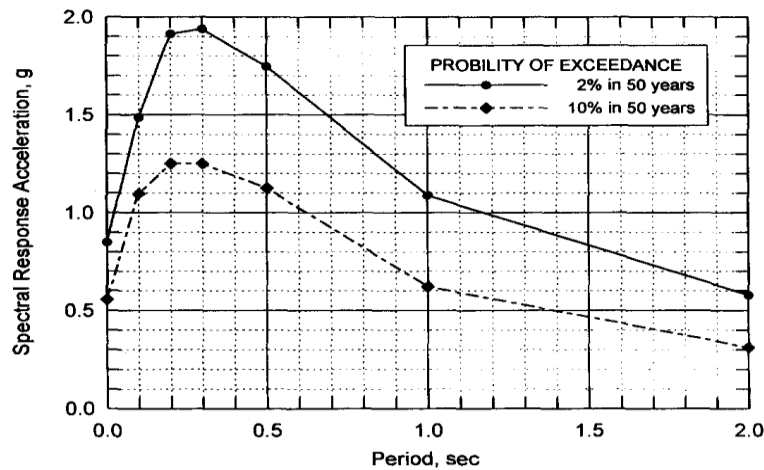
شکل شماره ۱۱: نمایش ترسیمی طیف های استاندارد ۲۸۰۰ با طیف پیشنهادی برای مناطق با خطر نسبی زیاد در ساختگاه های خاک از نوع چهار



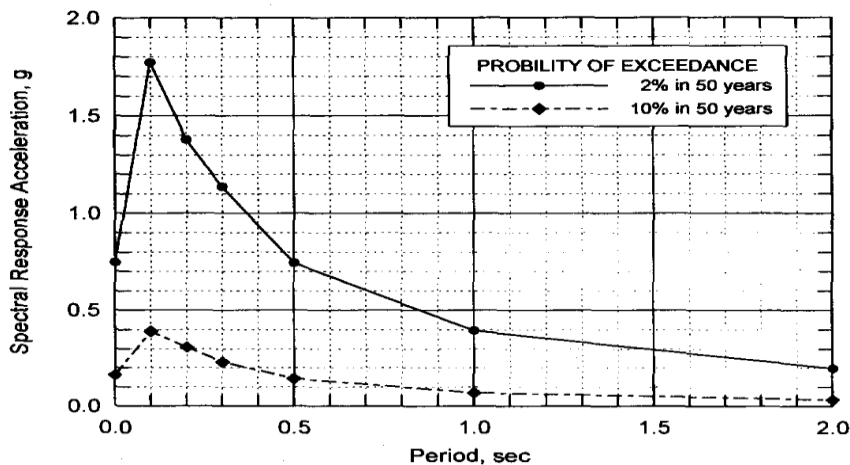
شکل شماره ۱۲: نمونه ای از مقایسه مقادیر طیف در بازه های پررود کم-متوسط-زیاد ناشی از زلزله های با بزرگای مختلف



شکل شماره ۱۳. مقایسه احتمال یکنواخت فراگذشت سالانه هفت شهر در آمریکا در زمان تناوب دو در صد



شکل شماره ۱۴. مقایسه طیف شتاب با احتمال یکنواخت فراگذشت دو در صد و ده در صد در پنجاه سال برای شهر سانفرانسیسکو در کالیفرنیا



شکل شماره ۱۵. مقایسه طیف شتاب با احتمال یکنواخت فراگذشت دو در صد و ده در صد در پنجاه سال برای چارلزتون در کارولینا جنوبی

۷- مراجع

- [۱۱] Nicknam, Ahmad, and Yasser Eslamian, "An EGF-based methodology for predicting compatible seismograms in the spectral domain using GA technique", *Geophysical Journal International* 185.1:pp. 557- 573, 2011.
- [۱۲] Nicknam, Ahmad, et al, "Synthesizing strong motion using empirical Green's function and genetic algorithm approach", *Journal of Earthquake Engineering* 14.4:pp. 512- 526, 2010.
- [۱۳] Hutchings, Lawrence, et al, "A physically based strong ground-motion prediction methodology; application to PSHA and the 1999 Mw= 6.0 Athens earthquake", *Geophysical Journal International* 168.2:pp. 659- 680, 2007.
- [۱۴] Bouchon, Michel, "A simple method to calculate Green's functions for elastic layered media", *Bulletin of the Seismological Society of America* 71.4:pp. 959- 971, 1981.
- [۱۵] Bouchon, Michel, "A review of the discrete wavenumber method", *Pure and applied Geophysics* 160.3-4:pp. 445- 465, 2003.
- [۱۶] Hisada, Yoshiaki, and Jacobo Bielak, "A theoretical method for computing near-fault ground motions in layered half-spaces considering static offset due to surface faulting, with a physical interpretation of fling step and rupture directivity", *Bulletin of the Seismological Society of America* 93.3:pp. 1154- 1168, 2003.
- [۱۷] Spudich, Paul, and RALPH J. Archuleta, "Techniques for earthquake groundmotion calculation with applications to source parameterization of finite faults", *Seismic strong motion synthetics* 37:pp. 205- 265, 1987.
- [۱۸] Prieto, Germán A., et al, "Earthquake source scaling and self-similarity estimation from stacking P and S spectra", *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (1978–2012) 109. B8, 2004.
- [۱۹] Nicknam, Ahmad, and Yasser Eslamian, "A hybrid method for simulating near-source, broadband seismograms: Application to the 2003 Bam earthquake (Mw 6.5)", *Tectonophysics* 487.1:pp. 46- 58, 2010.
- [۱] Iervolino, Iunio, and C. Allin Cornell, "Probability of occurrence of velocity pulses in near-source ground motions", *Bulletin of the Seismological Society of America* 98.5:pp. 2262- 2277, 2008.
- [۲] Somerville, Paul G., et al, "Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity", *Seismological Research Letters* 68.1:pp. 199- 222, 1997.
- [۳] Somerville, P., and A. Pitarka, "Differences in earthquake source and ground motion characteristics between surface and buried faulting earthquakes", *Proceedings of the 8th US national conference on earthquake engineering*. San Francisco, CA, 2006.
- [۴] Bray, Jonathan D., and Adrian Rodriguez-Marek, "Characterization of forward-directivity ground motions in the near-fault region", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 24.11:pp. 815- 828, 2004.
- [۵] McKenzie, Dan P, "Speculations on the consequences and causes of plate motions", *Geophysical Journal International* 18.1:pp. 1- 32, 1969.
- [۶] Kennett, Brian LN, *The Seismic Wavefield: Volume 2, Interpretation of Seismograms on Regional and Global Scales*. Vol. 2. Cambridge University Press, 2002.
- [۷] Nicknam, Ahmad, et al, "Predicting Seismogram at Far Source Site Using Omega- Squared Source Spectrum Model", *Journal of Earthquake Engineering* 16.1:pp. 105- 124, 2012.
- [۸] Beresnev, Igor A., and Gail M. Atkinson, "Modeling finite-fault radiation from the ω spectrum", *Bulletin of the Seismological Society of America* 87.1:pp. 67- 84, 1997.
- [۹] Boore, David M, "Simulation of ground motion using the stochastic method", *Pure and applied geophysics* 160.3-4:pp. 635- 676, 2003.
- [۱۰] Nicknam, Ahmad, et al, "Extrapolating strong ground motion of the Silakhor earthquake (ML 6.1), Iran, using the empirical Green's function (EGF) approach based on a genetic algorithm", *Canadian Journal of Earth Sciences* 46.11:pp. 801- 810, 2009.

- Luco, N., Ellingwood, B. R., Hamburger, R. O., Hooper, J. D., Kimball, J. K., and Kircher, C. A., "Risk-targeted versus current seismic design maps for the conterminous United States", Proc. 2007 Structural Engineers Assoc. Calif. (SEAOC) Convention, Lake Tahoe, CA, pp. 163- 175, 2007. [۳۳]
- Stewart, Jonathan P., et al, "Representation of bidirectional ground motions for design spectra in building codes", Earthquake Spectra 27.3:pp. 927-937, 2011. [۳۴]
- Somerville, Paul G, "Engineering characterization of near fault ground motions", Proc., NZSEE, 2005 Conf, 2005. [۳۵]
- Ben-Menahem, Ari, and Sarva Jit Singh. Seismic waves and sources. Courier Dover Publications, 2012. [۳۶]
- Nicknam, Ahmad, et al, "Synthesizing strong motion using empirical Green's function and genetic algorithm approach", Journal of Earthquake Engineering 14.4:pp. 512- 526, 2010. [۳۷]
- Nicknam, Ahmad, et al, "Predicting Seismogram at Far Source Site Using Omega- Squared Source Spectrum Model", Journal of Earthquake Engineering 16.1:pp. 105- 124, 2012. [۳۸]
- Archuleta, Ralph J, "A faulting model for the 1979 Imperial Valley earthquake", Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978-2012) 89.B6:pp. 4559- 4585, 1984. [۳۹]
- Kalkan, Erol, and Polat Gulkan, "Site-dependent spectra derived from ground motion records in Turkey", Earthquake Spectra 20.4:pp. 1111- 1138, 2004. [۴۰]
- Campbell, Kenneth W., and Yousef Bozorgnia, "NGA ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10 s", Earthquake Spectra 24.1:pp. 139- 171, 2008. [۴۱]
- Abrahamson, Norman, and Walter Silva, "Summary of the Abrahamson & Silva NGA ground-motion relations", Earthquake Spectra 24.1:pp. 67- 97, 2008. [۴۲]
- Chiou, Brian S.-J., and Robert R. Youngs, "An NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra", Earthquake Spectra 24.1:pp. 173- 215, 2008. [۴۳]
- Regard, V., et al, "Accommodation of Arabia-Eurasia convergence in the Zagros-Makran transfer zone, SE Iran: A transition between collision and subduction through a young deforming system", Tectonics 23.4, 2004. [۴۴]
- Nicknam, Ahmad, et al, "Reproducing fling- step and forward directivity at near source site using of multi-objective particle swarm optimization and multi taper", Earthquake Engineering and Engineering Vibration 12.4:pp. 529- 540, 2013. [۲۰]
- Kalkan, Erol, and Sashi K. Kunnath, "Effects of fling step and forward directivity on seismic response of buildings", Earthquake Spectra 22.2:pp. 367- 390, 2006. [۲۱]
- Alavi, Babak, and Helmut Krawinkler, "Consideration of near-fault ground motion effects in seismic design", Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2000. [۲۲]
- NZS1170. 5, "Structural design actions", part 5: earthquake actions, 2004. [۲۳]
- Spudich, Paul, and Brian SJ Chiou, "Directivity in NGA earthquake ground motions: analysis using isochrone theory", Earthquake Spectra 24.1:pp. 279- 298, 2008. [۲۴]
- Shahi, Shrey K., and Jack W. Baker, "An empirically calibrated framework for including the effects of near- fault directivity in probabilistic seismic hazard analysis", Bulletin of the Seismological Society of America 101.2:pp. 742- 755, 2011. [۲۵]
- Boore, David M., and Gail M. Atkinson, "Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s", Earthquake Spectra 24.1:pp. 99- 138, 2008. [۲۶]
- Boore, David M., Jennie Watson-Lamprey, and Norman A. Abrahamson, "Orientation-independent measures of ground motion", Bulletin of the Seismological Society of America 96.4A:pp. 1502- 1511, 2006. [۲۷]
- Boore, David M, "Orientation-independent, nongeometric-mean measures of seismic intensity from two horizontal components of motion", Bulletin of the Seismological Society of America 100.4:pp. 1830- 1835, 2010. [۲۸]
- Savage, Martha, et al. Seismogenesis and Earthquake Forecasting. Springer, 2010. [۲۹]
- Gupta, I. D, "The state of the art in seismic hazard analysis", ISET Journal of Earthquake Technology 39.4:pp. 311- 346, 2002. [۳۰]
- Abrahamson, N. A, "Seismic hazard assessment: problems with current practice and future developments", First european conference on earthquake engineering and seismology, Geneva, Switzerland, 2006. [۳۱]
- Baker, Jack W, "Conditional mean spectrum: Tool for ground-motion selection", Journal of Structural Engineering 137.3:pp. 322- 331, 2010. [۳۲]