تحلیل خطر زمین لرزه ناحیه شبکه انتقال آب تبریز و شیراز با روش های آماری و احتمالی

یاسمن توانا
دانشجوی کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ،ایران
Yasaman.tavana@srbiau.ac.ir

فاطمه سادات اخوان حجازی
کارشناس ارشد زلزله، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، تهران، ایران
fatahejazi@gmail.com

عباس مهدویان
استاد دانشگاه شهید بهشتی(پردیس فنی عباسپور)، تهران، ایران
a_mahdavian@sbu.ac.ir

کلید واژه‌ها: *پارامترهای جنبش زمین، روابط کاهیدگی، روش احتمالی (PSH)، روش آماری کیمبال، طیف پاسخ شتاب زمین*

چکیده

با پیشرفت سریع دانش بشری در زمینه ی زلزله و به دنبال آن تغییرات روزافزون در آئین نامه های مرتبط، نیاز به تعیین کارآمدترین روش برای ارزیابی سازه های بزرگ و پراهمیت بیش از پیش احساس می شود. از آنجایی که نتایج اغلب این آئین نامه ها برای حالت های کلی ارائه شده و در رابطه با یک منطقه ی خاص تعریف نشده اند، در این مقاله به ارزیابی شرایط لرزه ای ناحیه ی شبکه آبرسانی شهرهای شیراز و تبریز به طور اختصاصی پرداخته شده است. برای دستیابی به چنین هدفی ابتدا، پس از تحقیق و محاسبه روابط کاهیدگی مناسب برای مناطق مورد مطالعه، خطر لرزه ای آن ها براساس روش تحلیل خطر احتمالی برای سه دوره بازگشت ۷۵، ۴۷۵، و ۲۴۷۵ سال برآورد شده و به دنبال آن مقادیر PGA برروی سنگ بستر مشخص شده است. براساس مقادیر PGA به دست آمده مناطق دربرگیرنده خطوط انتقال آب مربوط به دو شهر شیراز و تبریز به زون های لرزه خیزی متفاوت تقسیم شده اند. در ادامه، طیف پاسخ شتاب طراحی بر اساس روش های آماری محاسبه و بعد از مقایسه آن با طیف مندرج در آئین نامه ۲۸۰۰ ایران، طیف نهایی طراحی برای مولفه های افقی و قائم بیشینه شتاب زمین ارائه شده اند.

مقدمه

با توجه به سابقه وقوع زلزله در کشورمان، کاهش خسارت های مالی و تلفات محتمل جانی، برنامه ریزی صحیح و جامع و توجه به امر مقاوم سازی و مهیا سازی تاسیسات و شریان های حیاتی برای ارایه خدمات مناسب در زمان وقوع زلزله و کاهش خسارات و صدمات، جنبه الزامی پیدا میکند. طرح آبرسانی شهر تبریز از زرینه رود با طول ۱۸۰ کیلومتر و دبی ۵ مترمکعب بر ثانیه، یکی از بزرگترین و طولانی‌ترین خطوط انتقال آب در نوع خود بوده و در ابعاد مختلف اجتماعی، سیاسی و اقتصادی اهمیتی ویژه و منحصر بفرد دارد. همچنین قسمتی از سامانه تامین آب شهر شیراز شامل تامین آب از منابع آب های سطحی از طریق سد درودزن می باشد و برای ظرفیت آبرسانی ۶۵۰۰ تا ۹۶۰۰ مترمکعب در ساعت طراحی شده است. به دلیل گستردگی زیاد، وابستگی عملکرد، و حجم بالای تامین منابع آب شهروندان شیراز و نواحی اطراف، این خطوط از اهمیت خاصی برخوردارند. در نتیجه با توجه به موقعیت ویژه این دو مجموعه و لرزه خیزی نواحی تبریز و شیراز ، در این مقاله به تحلیل خطر لرزه ای مناطقی که این خطوط انتقال آب را دربرمی گیرند پرداخته شده است.

ویژگی‌های لرزه‌ای مناطق مورد مطالعه

مطالعه دقیق لرزه خیزی تاریخی، امروزی و گسلش جوان میتواند ابزار مهمی برای فهم زمین ساخت قاره ای فعال، و در نتیجه نقشه راهی کارآمد برای شناسایی لرزه خیزترین و حساس ترین نقاط منطقه باشد. نقشه رومرکز زمینلرزه های تاریخی و دستگاهی نشان می دهد که ایران بصورت یک زون لرزه خیز با پهنایی بالغ بر ۱۰۰۰ کیلومتر از پلاتفرم توران (جنوب اوراسیا)در شمال شرق تا صفحه عربی در جنوب غرب امتداد یافته است .کپه داغ و زاگرس بصورت دو کمربند چین خورده –رانده فعال در شمال شرق و جنوب غرب ایران قرار دارند. براساس مطالعات زمین شناسی، تقریبا اکثر زمین لرزه های واقع در کمربند غربی و جنوب غربی ایران در جنوب رواندگی زاگرس و در زاگرس چین خورده تمرکز یافته و گویای رابطه ی بین مناطق چین خورده و گسل خورده با نقاط فعال زلزله است.[۱]

در ادامه ی بررسی های انجام گرفته،شهر شیراز، از لرزه خیزترین نقاط زاگرس مرکزی و شهر تبریز ، به دلیل واقع شدن در محل اتصال دو رشته کوه مهم و اصلی ایران، یعنی البرز و زاگرس ، به عنوان دو منطقه ی مورد مطالعه ی این مقاله انتخاب شدند.

درادامه به توصیفی اجمالی در باب ویژگی های زمین شناسی موثر در رفتار لرزه ای این دو شهر می پردازیم:

شهرتبریز ، یکی از کلانشهرهای ایران، به دلیل همجواری با گسلهای فعال از توان لرزه خیزی بالایی برخوردار است و زلزله های شدید ثبت شده در طول تاریخ که در هرکدام بخش یا تمامی شهر ویران شده،گواه این موضوع می باشند. گسل تبریز از کوه های زنجان-سلطانیه در ایران تا کوه های آرارات در ترکیه تداوم دارد و تقریبا از ۵ کیلومتری شمال شرق تبریز عبور می کند. گسل تبریز مهم ترین گسل شمال غرب کشور است و حدود ۶۰۰ کیلومتر طول دارد. طبق استاندارد ملی ایران ۲۸۰۰ شهر تبریز جزو مناطق با لرزه خیزی "بسیار بالا" شناخته شده است.در این مقاله ناحیه خطوط آبرسانی شهر از زرینه رود مورد بررسی لرزه ای قرار گرفته که به طول ۱۸۰ کیلومتر و شامل شبکه ای از لوله های انتقالی بتنی پیش تنیده و فولادی می باشد.

شهر شیراز از جمله مناطقی از کشور می باشد که با وجود فاصله ی نسبتا دور از گسل (۲۰ کیلومتر) تاکنون زلزله های شدیدی را تجربه نموده است. گسل سبز پوشان از غرب شهر شیراز عبور کرده و به سمت شمال ادامه یافته است؛ همچنین گسل پنهان و پی سنگی زاگرس مرتفع نیز به عنوان مهمترین عناصر ساختاری، به لحاظ لرزه ای نیز نقش بسیار مهمی دارد و منطقه ی شیراز جزو دسته ی نواحی با لرزه خیزی "بالا" طبق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران شناخته شده است. در مقاله ناحیه ی خطوط انتقال شهر شیراز مورد مطالعه قرار گرفته که به طول ۱۰۲ کیلومتر می باشد و از آبگیر واقع در دریاچه پشت سد درودزن شروع شده و به مخازن زخیره شهر پایان می یابد.

انتخاب مدل کاهیدگی جنبش نیرومند زمین

به منظور برآورد پارامترهای جنبش زمین مناسبترین راهکار بکارگیری روابط کاهیدگی (Attenuation Relationships) می‌باشد که مشخص کننده میزان کاهش انرژی و دامنه جنبش زمین نسبت به فاصله از چشمه مورد نظر می‌باشد. با توجه به وقوع پی در پی زمینلرزه‌ها و اطلاعات و تجارب کسب شده از آنها لازم است تا حد امکان از روابط کاهیدگی جدیدتر و البته همخوان با گستره مورد مطالعه استفاده گردد. لرزه‌خیزی در فلات ایران و از جمله در گستره ی شهرهای شیراز و تبریز بر حسب ناحیه زمینساختی فعال و همراه با زمینلرزه‌های کم عمق رویداده در پوسته تقسیم بندی می‌شود که روابط کاهیدگی زیادی برای آن معرفی شده؛ لذا استفاده از روابط تجربی برای تخمین پارامترهای جنبش نیرومند زمین مناسب‌ترین راه‌کار و روش مورد انتخاب برای این مقاله می‌باشد. بر این اساس در این مقاله از آخرین روابط کاهیدگی تجربی ارائه شده نظیر روابط آمبرسیز و داگلاس، ۲۰۰۳(Ambraseys& Douglas) [3]، [2]، کمپبل-بزرگ‌نیا، ۲۰۰۳ (Campbell &Bozorgnia) [4] ، و مهدویان (۲۰۰۶) و قدرتی وهمکاران (۲۰۰۷) [۵] که برای مناطق پوسته‌ای کم عمق و فعال زمینساختی سراسر دنیا وهمچنین اطلاعات لرزه‌ای ایران ارائه شده استفاده شده است.لذا با توجه به تعدد روابط بکار برده شده در هنگام برآورد پارامترهای جنبش نیرومند زمین به صورت میانگین‌گیری وزن‌دار که به هر یک از این روابط وزن مساوی داده شده است عمل گردیده و پارامترهای شتاب قائم و افقی محاسبه می‌شوند. علت انتخاب این روابط جوابهای بسیار مناسب بویژه روابط ارائه شده برای ایران و پارامترهای فراوان مدل شده در رابطه کاهیدگی کمپبل-بزرگ‌نیا، درنظر گرفتن نگاشتهای میدان نزدیک در روابط آمبرسیز-داگلاس ، و رابطه خاص محاسبه شده برای ایران در روابط قدرتی و همکاران و مهدویان می‌باشد. به این ترتیب پوشش دهنده نقاط ضعف یکدیگر بوده و تقریبی نزدیکتر به واقعیت را نتیجه خواهند داد.

برآورد شتاب نیرومند زمین (PGA) با استفاده از روش احتمالی مدل چشمه‌های خطی–نواری لرزه‌زا

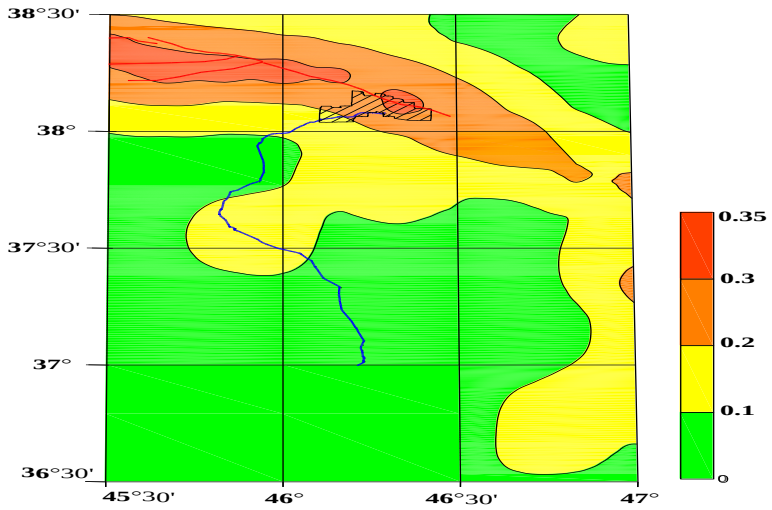
در این روش، تحلیل خطر زمینلرزه بر اساس روش اصلی معرفی شده توسط کرنل، ۱۹۶۸(Cornell, 1968) و روابط ارائه شده توسط بندر و پرکینز(Bender & Perkins) که به صورت برنامه نرم افزاری معتبر (SEISRISK–III, 1987) در دسترس می‌باشد انجام شده است. این برنامه نرم‌افزاری که بطور گسترده‌ای در تمامی جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد برنامه مادر و یکی از معتبرترین برنامه‌های تحلیل خطر زمینلرزه بوده و

ارائه دهنده نتایج مناسب در کلیه نقاط جهان می‌باشد.

بر اساس این روش احتمال فزونی پارامتر مورد نظر جنبش زمین (در این مقاله شتاب یا طیف پاسخ شتاب) با توجه به روابطه کاهیدگی انتخاب شده در ساختگاه‌های مورد نظر در مسیر کلیه سامانه های آبی شهرشیراز و پیرامون آن ازجمله مسیر خط انتقال آب از سد درودزن ، وهمچنین خطوط انتقال آب تبریز از زرینه رود به شهر محاسبه می‌شود. این محاسبات برپایه مدل‌سازی چشمه‌های لرزه‌زا به صورت چشمه‌های خطی یا پهنه‌ای نواری لرزه‌زا(seismic source zone) و نسبت دادن پارامترهای لرزه‌خیزی براساس توابع دو کراندار گوتنبرگ-ریشتر و روش کیجکو-سلوول-گراهام به هریک از چشمه‌ها صورت گرفته است. بطوریکه هر چشمه لرزه‌زا به صورت یک خط لرزه‌زا (گسلهای امتداد لغز یا با شیب زیاد) و یا پهنه‌ای نواری لرزه‌ای(گسلهای رانده و شیب دار) با توجه به حد بالا و پایین لایه لرزه‌زا، بزرگای آستانه و حداکثر منتسب شده به آن و نزدیکترین فاصله به ساختگاه مورد تحلیل قرار گرفته و با بکارگیری توأم تمامی چشمه‌های لرزه‌زا، پارامترهای مورد نظر جنبش زمین برای احتمالهای فزونی مورد نظر و عمر مفید سازه (برای این طرح ۱۰۰ سال) به دست می‌آید.به طور کلی برای هر چشمه منفرد از ترکیب سه تابع احتمال زیر استفاده می‌گردد:

- احتمال اینکه یک زمینلرزه با بزرگای خاص در بازه زمانی مشخص بر روی یک چشمه روی دهد،
- احتمال اینکه گسیختگی مرتبط با این چشمه و بزرگای این رویداد در فاصله‌ای خاص از ساختگاه روی دهد،
- احتمال اینکه جنبش نیرومند زمین ناشی از زمینلرزه‌ای با بزرگا و فاصله مشخص از سطح خاصی در ساختگاه فزونی یابد.

براساس این روش و استفاده از روابط کاهیدگی پیش گفته شده کمپبل-بزرگ‌نیا، آمبرسیز-داگلاس و مهدویان بیشینه مقادیر شتاب افقی و قائم برروی سنگ بسترلرزه ای محاسبه ونمونه ای از آن در شکل ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است که بیشینه مقادیر شتاب سنگ بستر لرزه‌ای براساس میانگین‌گیری بین سه رابطه بالا و برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده و در این مقاله به اختصار، به نمودار مولفه افقی در دوره بازگشت ۴۷۵ سال منطقه تبریز بسنده شده است.



شکل ۱: نواحی هم‌شتاب خطوط انتقال آب تبریز (خطر زمین‌لرزه) برای دوره بازگشت ۴۷۵ ساله

با توجه به توانایی‌های این روش، کاربر می‌تواند با توجه به خطرپذیری مورد نظر و براساس استانداردهای موجود برای سطوح مختلف طراحی لرزه‌ای، بیشینه مقادیر پارامترشتاب سنگ بستر را منطبق بر دوره بازگشت و یا احتمال فزونی مورد نظر به صورت دقیق تعیین نماید. به این منظور و برای نمایش مقادیر بیشینه شتاب در گستره مورد بررسی طرح، این مقادیر مورد بررسی آماری قرار گرفت و در نتیجه بستر سنگی دو گستره مورد بررسی از نظر میزان پارامتر جنبش زمین درچهار گروه با لرزه‌خیزی پائین، متوسط و بالاوخیلی بالا مطابق با تقسیم بندی لرزه‌ای مندرج در آئین نامه لرزه‌ای ساختمانهای ایران (استاندارد ۲۸۰۰) [۷] در ادامه ارائه می گردند.

معیار انتخاب بیشینه مقادیر شتاب جنبش زمین برای سطوح مختلف طراحی لرزه‌ای

به منظور گزینش بیشینه مقادیر شتاب زمین در این سطوح طراحی لرزه‌ای انتخاب سطح ۵۰٪ یا ۸۴٪ خطا در روابط کاهیدگی از اهمیت خاص برخوردار می‌باشد. با توجه به پتانسیل لرزه‌خیزی موجود در گستره طرح و اهمیت این سازه‌های آبی از نقطه نظر دیدگاه اقتصادی-اجتماعی و درنظرگرفتن شرایط مندرج درآئین نامه ۲۸۰۰ ایران ، سطح ۵۰٪ خطای روابط کاهیدگی برای تعیین بیشینه مقادیر پارامترهای جنبش نیرومند

زمین برای سه دوره بازگشت۷۵، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال انتخاب شد. در نهایت بیشینه مقادیر شتابهای مندرج در جداول بر حسب g و برای دوره بازگشت های بالا در گستره طرح و بر روی سنگ بستر لرزه ای پیشنهاد می‌شود.

جدول ۱: بیشینه مقادیر شتاب جنبش نیرومند زمین بر حسب g برای مناطق مختلف لرزه ای شیراز

دوره بازگشت	سطح لرزه خیزی بالا: مولفه افقی	سطح لرزه خیزی متوسط	سطح لرزه خیزی پایین
۷۵ سال	۰.۲۴	۰.۲۱	۰.۱۸
۴۷۵ سال	۰.۲۹	۰.۲۴	۰.۲۰
۲۴۷۵ سال	۰.۳۵	۰.۳۰	۰.۲۵

جدول ۲: بیشینه مقادیر شتاب جنبش نیرومند زمین بر حسب g برای مناطق مختلف لرزه ای تبریز

دوره بازگشت	سطح لرزه خیزی بسیار بالا	سطح لرزه خیزی بالا: مولفه افقی	سطح لرزه خیزی متوسط	سطح لرزه خیزی پایین
۷۵ سال	۰.۲۰	۰.۱۵	۰.۱۲	۰.۱۰
۴۷۵ سال	۰.۳۵	۰.۳۰	۰.۲۵	۰.۲۰
۲۴۷۵ سال	۰.۴۰	۰.۳۵	۰.۳۰	۰.۲۵

لازم به ذکر است که بطور معمول سه سطح خطر لرزه‌ایSL1 و SL2 و OL برای طراحی لرزه ای خطوط و شبکه های لوله به کار می‌رود .برای اختصار در مقاله ،و طبق طیف استاندارد ۲۸۰۰ که براساس دوره بازگشت ۴۷۵سال (SL1) ارائه شده،اینجا نیز تنها به طیف دوره بازگشت ۴۷۵ سال پرداخته می شود.

برآورد طیف پاسخ شتاب جنبش نیرومند زمین برروی سنگ بستر لرزه ای

برآورد مقادیر طیف طراحی به روش احتمالی

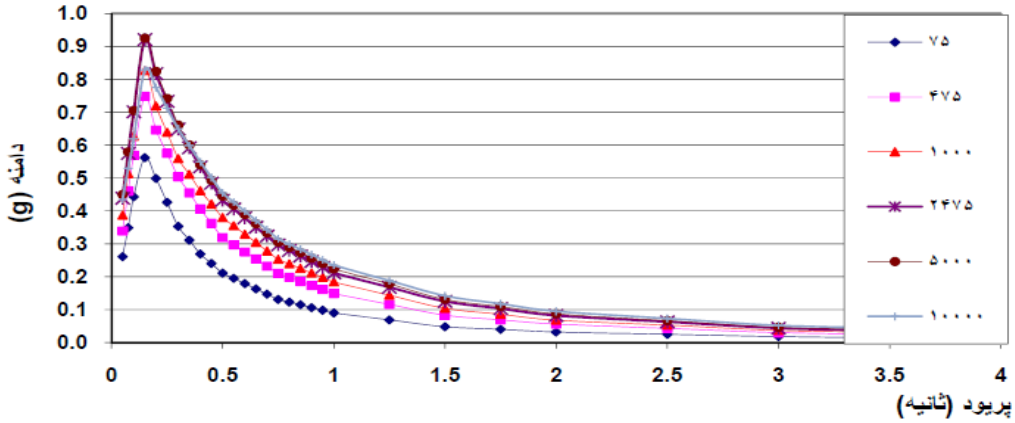
در قسمت قبل و برای تحلیلهای معمول استاتیکی طراحی لرزه‌ای، مقادیر شتاب جنبش نیرومند زمین (PGA) با استفاده از روش احتمالی برای سطوح مختلف طراحی لرزه‌ای محاسبه شد. فرکانس طبیعی جنبش زمین برای پارامتر بیشینه شتاب درشرایط سنگی برای فرکانسهای بالا در نظر گرفته می‌شود. ولی برای مقاصد پراهمیت‌تر مهندسی و در تحلیلهای دینامیکی طراحی لرزه‌ای سازه، جنبش لرزه‌ای زمین باید در محدوده فرکانسی وسیعتر و بحرانی برای سازه و به صورت مقادیر طیف پاسخ یا شتابنگاشتها بیان شود.همانند PGA مقادیر طیف پاسخ شتاب طراحی را نیز می‌توان یا بر حسب مقادیر استاندارد داده شده توسط آئین‌نامه تعیین نمود و یا برای ساختگاه مورد نظر (Site Specific) و از طریق روشهای تحلیل خطر زمینلرزه محاسبه وارائه داد.در این گزارش ابتدا به بررسی راه حل دوم پرداخته و سپس آن را با مقادیر آیین نامه ای مقایسه می کنیم.

به منظور برآورد طیف طراحی شتاب زمین برروی سنگ بستر لرزه ای در مسیر خط لوله آب تبریز و شیراز از روش احتمالی مدل خطی-نواری چشمه‌های لرزه‌زا و برای سطوح لرزه ای انتخابی، SL1 و SL2 استفاده شده است. لیکن معمولا" چون حداکثر سطح طراحی پذیرفتنی لرزه‌ای (MCL) در ارتباط با سامانه های آبی مطرح نمی باشد این بخش ارائه نشده است.

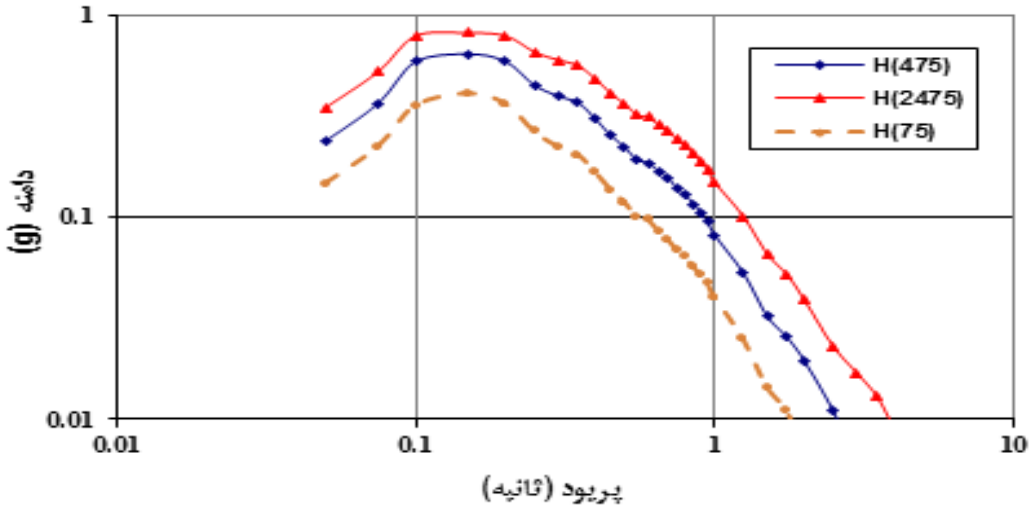
در روش احتمالی مدل خطی-نواری چشمه‌های لرزه‌زا با توجه به احتمال فزونی یا دوره بازگشتهای معادل با دو دوره بازگشت۷۵، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال بترتیب معادل با سه سطح خطرانتخابی SL1 وSL2، مقادیر شتاب طیفی در زونبندی های لرزه ای مختلف و با بکارگیری روابط طیفی مدلهای کاهیدگی انتخاب شده کمپبل-بزرگ‌نیا (۲۰۰۳)، آمبرسیز-داگلاس (۲۰۰۳)، و در نظر گرفتن سطح توزیع خطای۵۰٪و ۸۴٪، محاسبه شده است.طیف های حاصل از این روش طیف پاسخ متحد (UHF) یا با احتمال رویداد یکسان (EPRS) نامیده می شوند. به این معنی که برای هر احتمال فزونی با اتصال نقاط مختلف مقادیر طیف پاسخ به یکدیگر، یک منحنی طیفی به دست می آید که دارای احتمال مساوی فزونی پارامتر پارامتر جنبش نیرومند زمین در هر نقطه لرزش می باشد.

همانطورکه پیشتر اشاره شد محل سنگ بستر سامانه های آبی شیراز و تبریز دربرگیرنده ی چهار زون با لرزه خیزی خیلی بالا، بالا، متوسط و کم لرز واقع شده است و سعی شده که برای هریک از زونهای لرزه زا طیفهایی به روش احتمالی محاسبه شود.

لازم به ذکر است که هر دو رابطه کمپل-بزرگ نیا و آمبرسیز- داگلاس ارائه دهنده طیف پاسخ برای مؤلفه های افقی و قائم در میرایی ۵ درصد می باشند.



شکل۲: منحنی طیف پاسخ شتاب افقی بر اساس روش احتمالی رابطه‌های میرائی وبرای دوره‌های بازگشت متفاوت (سال) و با میرائی ۵٪ محل سنگ بستر سامانه‌های آبی شیراز و مسیر خط لوله درودزن در زون با لرزه‌خیزی بالا

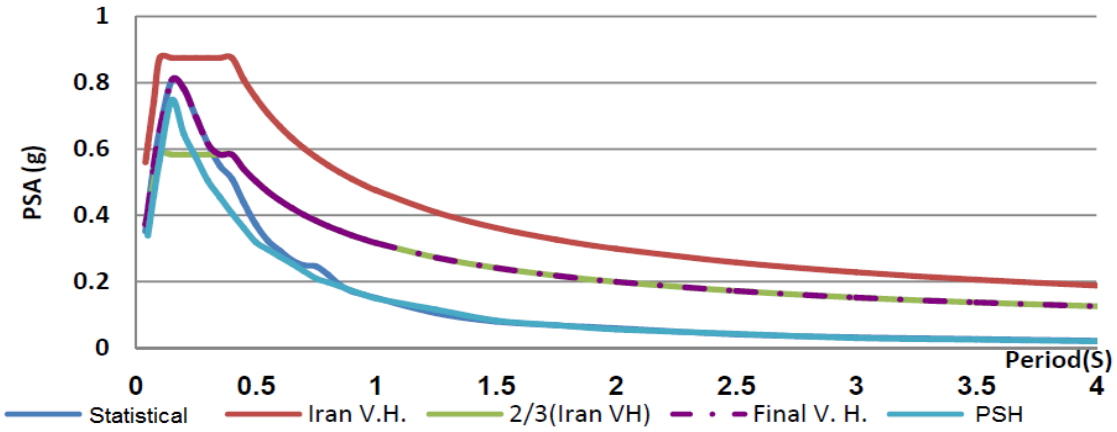


شکل ۳: منحنی طیف پاسخ شتاب افقی بر اساس روش احتمالی رابطه‌های میرائی وبرای دوره‌های بازگشت متفاوت (سال) و با میرائی ۵٪ محل سنگ بستر سامانه‌های آبی تبریز و مسیر خط لوله زرینه‌رود در زون با لرزه‌خیزی بسیار بالا

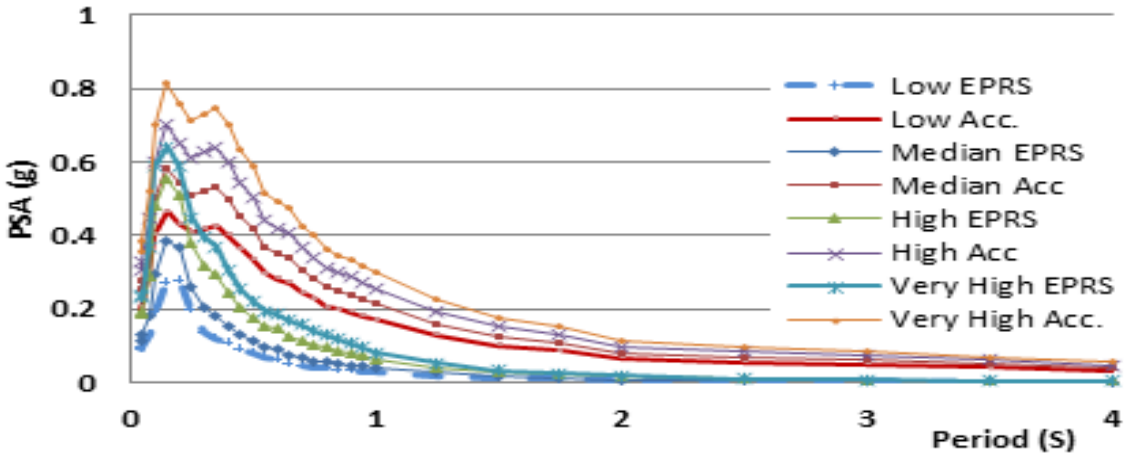
برآورد مقادیر طیف پاسخ شتاب طراحی بر اساس بکارگیری روش‌های آماری بر روی شتابنگاشتها

تعیین طیف طرح با بکارگیری روش آماری بر مبنای روش ارائه شده توسط کیمبال، ۱۹۸۳ بنا شده است. این روش دربرگیرنده اعمال روش‌های محاسباتی آماری بر روی مجموعه انتخاب شده از نگاشتهای شتابنگاشتی زمینلرزه‌های سایر نقاط جهان است. دو شرط اصلی بکارگیری این روش این است که بزرگای شتابنگاشتهای زمینلرزه‌های انتخاب شده در بازه تعریف شده برای بزرگا قرار گرفته و فاصله ایستگاه ثبت کننده حتی الامکان در مسافت بیش از ۳۰ کیلومتر از کانون زمینلرزه قرار نگرفته باشد.

منحنی های ۴و۵ مقایسه ی طیف های بدست آمده از روش های آماری و احتمالی را برای کلیه نواحی نشان می دهد. مشاهده می گردد دامنه ی کلیه طیف های بدست آمده از روش آماری پوش مناسبی برای دامنه طیف های حاصل از روش احتمالی خود هستند. به عبارت دیگر کلیه ی دامنه طیف های به دست آمده از روش آماری برای هر زون لرزه ای و به ترتیب برای سطوح لرزه ای SL1 و SL2 پوش مناسبی برای دامنه طیف های بدست آمده روش احتمالی برای دوره بازگشت های ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال می باشد. لذا می توان طیف های بدست آمده از روش آماری به عنوان طیف های طراحی برای سنگ بستر لرزه ای معرفی کرد. قبل از اعمال اثر رسوبات آبرفتی هر ناحیه می توان مقادیر دامنه طراحی در سطح زمین که در آن ناحیه بدست آمده است را با مقادیر دامنه طیف معرفی شده در آئین نامه ۲۸۰۰ استاندارد ساختمان های ایران و ۲/۳ مقادیر آن مقایسه و اتخاذ تصمیم نمود.



شکل۴: مقایسه طیف حاصل از روشهای احتمالاتی و آماری باطیف مندرج در آئین نامه ۲۸۰۰ و ۲/۳ مقادیر همان طیف با یکدیگر برای دوره بازگشت ۴۷۵سال در زون با خطر نسبی بالا-شیراز



شکل ۵: مقایسه طیف‌های بدست آمده از روش احتمالاتی با طیف حاصل از روش آماری برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال برروی سنگ بستر لرزه‌ای-تبریز

به منظور برآورد نسبتا درستی از آسیب ناشی از زلزله در محل خطوط انتقال آب شهرهای شیراز و تبریز باید وضعیت لرزه خیزی و مشخصات آن در سطح زمین منطقه مشخص گردد. لذا برای محل هریک از سامانه های آبی شهر شیراز، با توجه به جنس لایه های خاک و سایر پارامترها تحلیل دینامیکی آبرفت به عمل آمد و شتاب زمین در سطح زمین محاسبه شد. بر اساس طیف های بدست آمده، طیف نهایی طراحی براساس طیف های روش آماری مناطق مورد مطالعه برای تمام زون های لرزه ای محاسبه شده اند و در جدول ۳ نتایج نهایی محاسبات برای مولفه‌های افقی شتاب آورده شده است.همچنین برای مقایسه، مقادیر مولفه های افقی و قائم شتاب زمین بدست آمده از روش های مورد بحث در منطقه شیراز در جدول ۴ آورده شده اند. لازم بذکر است که نسبت مقادیر مولفه های افقی و قائم برای طیف های بدست آمده در تبریز نیز از روال مشابهی پیروی می کنند.

جدول ۴: مقایسه مقادیر طیف پاسخ مولفه های افقی و قائم به روش های آماری و احتمالی برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال و برای زون های با لرزه خیزی بالا (شیراز)

Table 4			
Statistical H.Com.	Statistical V.Com.	PSH H.Com.	PSH V.Com.
1.097827	1.262453	0.339	0.35
1.48669	1.650969	0.461	0.479
2.003228	1.731948	0.569	0.529
2.329325	1.463085	0.748	0.47
2.16078	1.4772	0.646	0.355
2.04121	1.424473	0.575	0.299
2.08546	1.331789	0.504	0.243
2.133995	1.191299	0.455	0.218
1.999967	0.935669	0.406	0.193
1.813295	0.76285	0.362	0.169
1.67558	0.679901	0.319	0.145
1.473151	0.597767	0.297	0.136
1.400735	0.549377	0.275	0.126
1.356445	0.512127	0.254	0.117
1.217322	0.490128	0.232	0.108
1.140608	0.467988	0.21	0.098
1.02992	0.46026	0.198	0.093
0.990882	0.471963	0.186	0.088
0.952753	0.44379	0.173	0.083
0.905367	0.434429	0.161	0.078
0.849038	0.429515	0.149	0.073
0.643612	0.387025	0.116	0.061
0.506884	0.321009	0.083	0.05
0.438668	0.297146	0.069	0.043
0.327688	0.267359	0.056	0.037
0.275381	0.190223	0.043	0.03
0.242996	0.164541	0.03	0.023
0.20129	0.137779	0.025	0.02
0.158598	0.091084	0.02	0.018

جدول۳: مقادیر دامنه طیف طراحی نهایی مولفه افقی برای دوره بازگشت ۴۷۵سال در مسیرخطوط انتقال آب شهرهای شیراز و تبریز

Table 3		
Period(s)	Tabriz	Shiraz
0.05	1.176	1.097
0.075	1.569	1.486
0.1	1.874	2.003
0.15	2.308	2.329
0.2	2.234	2.160
0.25	1.993	2.041
0.3	1.758	2.085
0.35	1.570	2.133
0.4	1.457	1.999
0.45	1.249	1.813
0.5	1.063	1.675
0.55	0.924	1.473
0.6	0.837	1.400
0.65	0.757	1.356
0.7	0.713	1.217
0.75	0.703	1.140
0.8	0.633	1.029
0.85	0.542	0.990
0.9	0.487	0.952
0.95	0.458	0.905
1	0.431	0.849
1.25	0.299	0.643
1.5	0.227	0.506
1.75	0.195	0.438
2	0.170	0.327
2.5	0.117	0.275
3	0.091	0.242
3.5	0.077	0.201
4	0.062	0.158

نتیجه‌گیری

تحلیل خطر زمینلرزه و برآورد پارامترهای جنبش نیرومند زمین به منظور برآورد پارامترهای جنبش نیرومند زمین با انجام مطالعات پهنه بندی لرزه ای در ناحیه خطوط انتقال آب از زرینه رود به شهر تبریز و خطوط انتقال اب از سد درودزن به شهر شیراز صورت گرفته و نقشه های منطقه بندی لرزه ای با دوره بازگشت های ۷۵، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال تهیه شده است. محاسبه ی طیف پاسخ شتاب لرزه ای برای سطوح مختلف طراحی لرزه ای برای دو مولفه افقی و قائم جنبش زمین با روشهای احتمالی و آماری تهیه و پس از مقایسه آنها با یکدیگر و با طیف آئین نامه ۲۸۰۰ ایران به صورت طیف نهایی طراحی به دست آمده و مقادیر آنها ارائه شده اند.

همانطور که مشاهده شد مقادیر بیشینه شتاب افقی طیف پاسخ حاصل از روش آماری برای هر دو شهر بیشتر از مقادیر شتاب طیف روش احتمالی به دست آمد و در نتیجه طیف پاسخ روش آماری معیاری برای برآورد طیف طراحی نهایی شناخته شد.

همچنین طیف های حاصل از هر دو این روش ها در پریودهای پایین نسبت به طیف های مندرج در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران مقادیر بسیار کمتری از شتاب را نشان می دهند و این می تواند به دلیل محافظه کارانه بودن مقادیر شتاب ارائه شده در آیین نامه ۲۸۰۰ در پریودهای پایین برای نواحی شیراز و تبریز باشد.

عموما بیشینه شتاب قائم (g) پیشنهادی برروی سطح زمین و برای هر یک از سامانه‌های آبی واقع برروی سنگ کف لرزه ای در سطح خطر SL1 و SL2 ، به مقدار ۷۰٪ مقادیر مولفه افقی همان سطح خطر پیشنهاد می گردد. اما طبق نتایج به دست آمده در این تحقیق، مقادیر بیشینه شتاب قائم میتوانند به میزان قابل توجهی بیش از دوسوم شتاب مولفه افقی باشند، لذا توصیه میگردد در مورد سازه‌های حساس از جمله شریان‌های حیاتی، مقادیر شتاب قائم به طور جداگانه محاسبه شوند.

فهرست مراجع

آئین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۸۴-۲۸۰۰/ ویرایش ۳/ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن/۱۳۸۴

گزارش ارزیابی کمی آسیب‌پذیری و طرح بهسازی خط انتقال آب سد درودزن به شهر شیراز/شرکت آب و فاضلاب شهر شیراز/۱۳۹۱

گزارش تکمیلی ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری سامانه های آبرسانی شهر شیراز در برابر زلزله/ جلد اول/۱۳۸۹

Ambraseys NN and Melville CP (1982) "A History of Persian Earthquakes", Cambridge University Press

Ambraseys NN, Douglas J, Sarma SK and Smit PM (2005) "Equations for the Estimation of strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Europe and the Middle East: Vertical Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration", Bulletin of Earthquake Engineering (2005) 3 55-73.4
and surface morphotectonics",Tectonophysics, Vol. 241, pp. 193-224

Berberian M (1995) "Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics Campbell, K.W., and Bozorgnia, Y., 2003."Updated near-source (attenuation) relations for estimating Eaerthquake Engineering, 11:469-492

GhodratiAmiri G, Mahdavian A, Manouchehri F and Dana (2007) "Attenuation Relationships for Iran",Journal of horizontal and vertical components of PGA and acceleration response spectra",Bulletin of the Seismological Seismo-tectonic studies, seismology and earthquake faulting is estimated in the range of aqueous systems Shiraz MGCE Consulting Engineering Company /2009 .Society of America, Vol. 93, No. 1