



## مقایسه روشهای مختلف مقیاس سازی شتابنگاشتها

رضا مهربان<sup>۱</sup>، حامد صفاری<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان

پست الکترونیکی: [mehrabian\\_59@yahoo.com](mailto:mehrabian_59@yahoo.com)

### خلاصه

یکی از مناسب ترین روشهای تخمین رفتار لرزه ای ساختمانها استفاده از تحلیل غیر خطی تاریخچه زمانی می باشد. به این منظور می بایست رکوردهای زلزله در نظر گرفته شده به مقیاس در آیند. آیین نامه ها و دستورالعمل ها روشهای متفاوتی را جهت مقیاس سازی ارائه نموده اند. البته اکثر روشهای مقیاس سازی برای روشهای تحلیل دینامیکی خطی ارائه شده اند. در این تحقیق به بررسی روشهای مختلف مقیاس سازی رکوردهای زلزله پرداخته شده است. در ابتدا شتابنگاشتها با توجه به پیشنهادات آیین نامه های زلزله ایران (۲۸۰۰) و UBC انتخاب شده اند. برای مقیاس سازی ۲۴ رکورد زلزله یعنی ۳ رکورد ثبت شده از زلزله های ایران برای فواصل دور و نزدیک گسل و برای چهار نوع خاک انتخاب گردیده است. اثرات حاصله از شتابنگاشت های مقیاس شده بر روی سه سازه با زمان تناوب متفاوت با انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی بررسی شده است. در نهایت با مقایسه نتایج با یکدیگر و با طیف استاندارد ایران، کارایی هر روش با توجه به زمان تناوب سازه، فاصله از گسل و نوع خاک محل ساخت سازه مورد بحث قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: مقیاس سازی، شتابنگاشتها، تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی

### مقدمه

در چند دهه اخیر، نخست آیین نامه ۵۱۹ و سپس استاندارد ۲۸۰۰ ایران به عنوان تنها مراجع رسمی کشور برای نحوه بارگذاری و تحلیل لرزه ای سازه ها محسوب شده و به موازات سایر آیین نامه های معتبر بین المللی مورد استفاده قرار گرفته اند. طبق آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران که با هدف تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای تحلیل لرزه ای سازه ها به منظور حفظ ایستایی سازه در برابر زلزله های شدید و جلوگیری از تلفات جانی تهیه و تدوین شده است، تحلیل مدلهای سازه ای با استفاده از دو روش عمده استاتیکی معادل و دینامیکی صورت می پذیرد. روش تحلیل دینامیکی نیز به نوبه خود به دو صورت، روش تحلیل طیفی و روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی، قابل انجام می باشد. همچنین در این آیین نامه ملاک هایی چون ارتفاع سازه، منظم بودن و غیره برای تعیین نوع روش تحلیل مطرح گردیده است. نکته قابل توجه در ضوابط ارائه شده این است که در برخی از حالت ها، انجام تحلیلهای طیفی و تاریخچه زمانی به منظور بررسی و مقایسه نتایج به دست آمده لازم و ضروری است. البته در هر مورد نتایج حاصل باید با نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی معادل مقایسه شود. حرکت زمین برای انجام تحلیل های دینامیکی نیز باید به صورت طیف بازتاب شتاب و یا تاریخچه زمانی تغییرات شتاب مشخص شود. برای این منظور نیاز به در نظر گرفتن رکورد های زلزله مناسب و یا طیف بازتاب شتاب آن با نام طیف طرح خواهد بود. شتابنگاشت های مورد استفاده برای زلزله طراحی باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین محل ساخت بر اثر زلزله باشد. برای قابل مقایسه بودن نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی با روش های تحلیل طیفی و یا استاتیکی معادل، لازم است ضمن مقیاس سازی، نسبت به اصلاح رکوردهای زلزله مورد نظر اقدام گردد. جهت مقیاس سازی رکورد زلزله ها روشهای مختلفی ارائه شده است. در مرجع [۱] ارتباط میان زمان تناوب اصلی ( $T_0$ )، ضریب رفتار (R)، ضریب شکل پذیری ( $\mu$ ) و رکوردهایی که به یک PGA ( $0.4g$ ) مقیاس شده بودند تعیین شد. در این مطالعه یک پراکندگی بزرگ در نتایج مخصوصا در مقادیر بزرگ R مشاهده گردید. در مرجع [۲] نشان داده شده است که استفاده از پارامترهای شتاب مثل PGA در مقیاس کردن حرکت زمین پراکندگی زیادی در طیف های پاسخ شتاب غیرخطی در پربردهای بلند ایجاد می کند. در مرجع [۳] نشان داده شده است که وقتی از روشهای مقیاس سازی بر پایه ویژگی های ماکزیمم حرکت زمین استفاده می شود پراکندگی نتایج قابل توجه و بزرگ است. در مرجع [۴] نشان داده شده است که برآورد پاسخ لرزه ای بطور قابل توجهی به طیف پاسخ شتاب (الاستیک خطی) در پرپود اصلی سازه ( $T_0$ ) و همچنین به شدت طیفی ( $Sa(T_0)$ ) بستگی دارد. در این مرجع ثابت شده است که وقتی از شدت طیفی مجموعه ای از زلزله ها در پرپود اصلی سازه

میانگین گرفته شود، پراکندگی نتایج به طور قابل توجهی کاهش می یابد. این پراکندگی می تواند بدون تغییر در پاسخ میانگین بوسیله موارد زیر مجددا کاهش یابد:

۱- مقیاس سازی رکوردهای پایه بر اساس شدت طیفی میانگین از مجموعه رکوردها خارج از یک بازه از پیروید اصلی سازه.

۲- مقیاس سازی در درجات بالاتری از میرایی.

در مطالعه حاضر ما به بررسی روشهای دیگری از مقیاس سازی پرداخته شده است در این روشها در یک محدوده از زمان تناوب، یک طیف یا میانگین چند طیف با طیف استاندارد مقایسه می گردند و یک ضریب مقیاس مناسب برای هر روش بدست می آورد در این مقاله به مقایسه نتایج حاصله و میزان پراکندگی هر یک از آنها پرداخته شده است.

### روشهای مقیاس سازی مورد مطالعه:

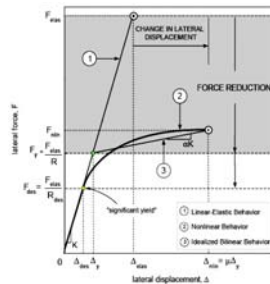
برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی آیین نامه ها لازم می دانند که شتابنگاشتها به مقیاس درآیند، در مطالعه حاضر چند روش مقیاس سازی که در زیر آمده اند انتخاب و مقایسه شده است.

روش ۱- استفاده از میانگین حساسی شتاب طیفی خطی در پیروید اصلی سازه برای رکوردها با میرایی ۵ درصد  $(Sa(T_0))$ ، در این روش کلیه رکوردها به میانگین  $(Sa(T_0))$  مقیاس می شوند به این صورت که میزان شتاب طیفی رکوردها در زمان تناوب اصلی سازه محاسبه و میانگین گیری می شود. سپس تمام رکوردها در ضرایبی ضرب می شوند که میزان شتاب طیفی آنها در زمان تناوب ارتعاشی اصلی سازه یکسان شود [۴].

روش ۲- استفاده از میانگین حساسی متوسط شتاب طیفی در محدوده زمان تناوب خطی مود اول ارتعاشی و زمان تناوب غیر خطی مود اول ارتعاشی  $(Sa(T_0 - T_\mu))$  برای رکوردهای مختلف در میرایی ۵ درصد. در این روش کلیه رکوردها به میانگین  $(Sa(T_0 - T_\mu))$  مقیاس می شوند به این صورت که در محدوده زمان تناوب خطی و غیر خطی مود ارتعاش اصلی سازه ابتدا از شتاب طیفی  $(Sa(T_0 - T_\mu))$  در هر رکورد متوسط گیری می شود سپس میانگین این متوسط ها محاسبه و مقیاس سازی به نحوی انجام می شود که متوسط شتاب طیفی در محدوده  $T_0$  تا  $T_\mu$  در تمامی رکوردهای اصلاح شده یکسان باشد [۵]. در مرجع [۵] رابطه تقریبی زیر برای برآورد زمان تناوب غیرخطی سازه  $T_\mu$  پیشنهاد شده است.

$$T_\mu = T_0 \sqrt{\frac{\mu}{\alpha\mu + 1 - \alpha}} \quad \mu = \frac{\Delta_{nlin}}{\Delta_y} \quad (1)$$

در این رابطه  $T_\mu$  زمان تناوب غیرخطی سازه،  $T_0$  زمان تناوب اصلی سازه،  $\mu$  ضریب شکل پذیری،  $\alpha$  شیب ناحیه غیرخطی نمودار معادل شده نیرو- تغییر شکل حاصل از تحلیل سازه،  $\Delta_{nlin}$  جابجایی غیرخطی حداکثر،  $\Delta_y$  جابجایی خطی حداکثر که در شکل ۱ نشان داده شده.



شکل ۱- منحنی غیرخطی و نمودار معادل شده

در روش اول و دوم ضریبی که بدست می آید ضریب اولیه می باشد که پس از مقایسه با طیف استاندارد ضریب ثانویه بدست می آید. روش ۳- مقیاس سازی در حوزه زمان. در این روش رکوردها به نحوی مقیاس سازی می شوند تا بهترین انطباق بین طیف پاسخ ارتعاشی زلزله و طیف استاندارد در یک محدوده خاص از زمان تناوب صورت گیرد. روش کار بر پایه مینیم کردن اختلاف بین طیف ارتعاشی زلزله و طیف استاندارد می باشد [۶]. به این منظور ابتدا مربع اختلاف بین طیف انتخابی با یک ضریب مجهول  $\gamma$  و طیف هدف محاسبه می گردد و سپس در یک محدوده از زمان تناوب انتگرال گیری می کنیم و مشتق این اختلاف را برابر صفر قرار می دهیم تا این اختلاف مینیمم گردد.

$$|Difference| = \int_{T_B}^{T_A} [\gamma S_a^{actual}(T) - S_a^{target}(T)]^2 dT \quad (2)$$

$$\min |Difference| \Rightarrow \frac{d|Difference|}{d\gamma} = 0 \quad (3)$$



به این ترتیب مقدار  $\gamma$  از رابطه زیر قابل تعیین خواهد بود:

$$\Rightarrow \gamma = \frac{\sum_{T=T_A}^{T_B} (S_a^{actual}(T) \times S_a^{target}(T))}{\sum_{T=T_A}^{T_B} (S_a^{actual}(T))^2} \quad (4)$$

در رابطه اخیر  $\gamma$  ضریب مقیاس،  $S_a^{actual}(T)$  طیف پاسخ شتاب رکورد زلزله،  $S_a^{target}(T)$  طیف پاسخ شتاب استاندارد،  $T_A$  و  $T_B$  محدوده زمان تناوب مقیاس سازی را مشخص می نماید که در اینجا این محدوده  $T_B=1.5T_0$  و  $T_A=0.2T_0$  در نظر گرفته شده است.

روش ۴- آنالیز دینامیکی غیرخطی مقیاس شده [۷]. در دستورالعمل FEMA440 مقیاس سازی به گونه ای انجام می شود که تغییر مکان حداکثر مرکز جرم بام با تغییر مکان هدف تعیین شده از آنالیز Pushover مساوی گردد. در این روش حداکثر تغییر مکان ناشی از زلزله به روش آنالیز دینامیکی غیرخطی در تراز بام مشخص می شود و تغییر مکان هدف سازه نیز با استفاده از روشهای آنالیز استاتیکی غیرخطی و روشهای ارایه شده در FEMA356 و ATC-40 و روابط اصلاح شده FEMA440 قابل تعیین است. در واقع در این روش، مدل سازه ای تحت یک الگوی بار دینامیکی ( به جای الگوی بار استاتیکی ) قرار گرفته و میزان بار جانبی، تا رسیدن مرکز جرم بام به تغییر مکان هدف افزایش می یابد. بنابراین هر رکورد زلزله مقیاس شده، بیانگر الگوی بارگذاری دینامیکی متفاوتی می باشد.

روش ۵- مقیاس سازی آیین نامه ۲۸۰۰ ایران [۸]: در روش پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ ایران ویرایش سوم برای تحلیل تاریخچه زمانی لازم است زوج شتاب نگاشت های انتخاب شده طی مراحل به روش زیر به مقیاس در آورده شوند:

الف- کلیه شتاب نگاشت ها به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب همه آنها برابر با شتاب ثقل  $g$  گردد.

ب- طیف پاسخ شتاب هر یک از زوج شتابنگاشتهای مقیاس شده با منظور کردن نسبت میرایی ۵ درصد تعیین گردد.

پ- طیفهای پاسخ هر زوج شتاب نگاشت با استفاده از روش جذر مجموع مربعات با یکدیگر ترکیب شده و یک طیف ترکیبی واحد برای هر زوج ساخته شود.

ت- طیف های پاسخ ترکیبی سه زوج شتاب نگاشت، متوسط گیری شده و در محدوده زمان های تناوب  $T=0.2$  و  $T=1/5$  با طیف طرح استاندارد مقایسه می گردد. ضریب مقیاس آنچنان تعیین شود که در این محدوده مقادیر متوسط ها در هیچ حالت کمتر از  $1/4$  برابر مقدار نظیر آن در طیف استاندارد نباشد.  $T$  زمان تناوب اصلی ساختمان طبق بند ۲-۳-۶ است.

ث- ضریب مقیاس تعیین شده باید در شتاب نگاشت های مقیاس شده در بند (الف) ضرب شود و در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرد.

### انتخاب و تقسیم بندی شتابنگاشتها :

در این مقاله از رکورد زلزله های ثبت شده در ایران استفاده شده است و سعی شده در انتخاب شتابنگاشتها تا حد امکان ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ ایران برآورده شود. در انتخاب شتابنگاشت ها موارد زیر در نظر گرفته شده است.

- ۱- اکثر رکوردها با PGA بزرگتر از  $0.1g$  می باشند. ( در بعضی گروهها به دلیل کمبود اطلاعات از رکوردهای کمتر از  $0.1g$  نیز استفاده شده است).
- ۲- زمان حرکت شدید تمام رکوردها ۱۰ ثانیه و بیشتر می باشد که به روش انرژی تجمعی محاسبه شده است.
- ۳- فقط یکی از مولفه های افقی که شرایط فوق را دارا است در نظر گرفته شده است.
- ۴- رکوردها بر اساس چهار گروه خاک آیین نامه ۲۸۰۰ و دو گروه نزدیک گسل و دور از گسل تقسیم بندی شده اند.
- ۵- رکوردهای نزدیک گسل رکوردهایی هستند که فاصله آنها تا مرکز زلزله کمتر از ۳۵ کیلومتر باشد.
- ۶- رکوردهای دور از گسل رکوردهایی هستند که فاصله آنها تا مرکز زلزله بیشتر از ۴۵ کیلومتر باشد.
- ۷- برای هر گروه از خاک ۳ رکورد زلزله که در مجموع ۲۴ رکورد می شوند انتخاب شده.
- ۸- کلیه رکوردها با مشخصات گفته شده از شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن گرفته شده است. مشخصات رکوردهای در نظر گرفته شده در جدول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- مشخصات رکوردهای نزدیک گسل

موقعیت	نوع زمین	نام رکورد	حداکثر شتاب	موقعیت	نوع زمین	نام رکورد	حداکثر شتاب
نزدیک	۳	دیهوک	۰/۴۱g	نزدیک	۳	اردبیل	۰/۱۷g
		فیروزآباد	۰/۰۷g			گلباف	۰/۱۸g
		سد سفیدرود	۰/۲۲g			خنج	۰/۱۲g
گسل	۴	ناغان	۰/۳۷g	گسل	۴	اسفراین	۰/۱۱g
		طیس	۰/۴۷g			رودسر	۰/۱۱g
		شبانکاره	۰/۱۹g			زرنند	۰/۳۲g

جدول ۲- مشخصات رکوردهای دور از گسل

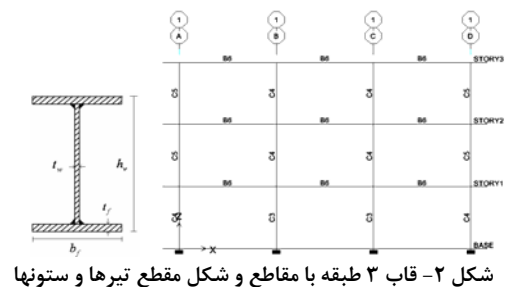
موقعیت	نوع زمین	نام رکورد	حداکثر شتاب	موقعیت	نوع زمین	نام رکورد	حداکثر شتاب
دور از گسل	۱	آب بر	۰/۴۳g	دور از گسل	۲	ایبارق	۰/۱۸g
		فیروزآباد	۰/۳g			راز	۰/۱g
		رودبار	۰/۰۷g			زنجان	۰/۰۹g
	۳	برازجان	۰/۰۷g		۴	ایهر	۰/۰۸g
		دره گز	۰/۱g			بندرعباس	۰/۰۷g
		میمند	۰/۱۹g			خان زینون	۰/۱۶g

## مطالعات عددی:

سه قاب (۳ طبقه، ۷ طبقه، ۱۵ طبقه) دارای اسکلت فولادی با سه زمان تناوب متفاوت با مشخصات زیر مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله مقایسه شده است. سیستم سازه ای قاب خمشی ویژه، ضریب رفتار برابر ۱۰، ضریب اهمیت ۱، منطقه با خطر نسبی زیاد و شتاب مبنای طرح ۰/۳، قابها دارای سه دهانه ۴/۹ متری و ارتفاع طبقات ۳/۲ متری می باشند، بار مرده طبقات ۱۰۹۱/۸۷ کیلوگرم بر متر و بار مرده بام ۱۲۵/۲۵ کیلوگرم بر متر، بار زنده طبقات ۴۵۵ کیلوگرم بر متر، راهروها ۷۹۶/۲۵ کیلوگرم بر متر و بام ۳۴۱/۲۵ کیلوگرم بر متر و زمان تناوب سه قاب به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۹۵ و ۱/۷۹ ثانیه به دست آمده است. کلیه مقاطع تیرورق با مقطع I می باشند که در شکل ۲ نشان داده شده و مشخصات آنها در جدول ۳ آمده است. برای قاب ۳ طبقه، طبقه اول ستونهای داخلی C3 و ستونهای خارجی C4، طبقه دوم و سوم ستونهای داخلی C4 و ستونهای خارجی C5 و کلیه تیرها B6 می باشند. برای قاب ۷ طبقه، دو طبقه اول ستونها C3، طبقه سوم و چهارم ستونهای داخلی C3 و ستونهای خارجی C4 و سه طبقه آخر ستونها C5، تیرهای طبقه اول B2، طبقه دوم و سوم و چهارم تیرها B3 و سه طبقه آخر تیرها B6 می باشند. برای قاب ۱۵ طبقه، تا ۶ طبقه ستونهای داخلی C1 و ستونهای خارجی C2، طبقه ۷ و ۸ ستونها C3، طبقه ۹ و ۱۰ ستونها C4، طبقه ۱۱ و ۱۲ ستونها C5، تا ۹ طبقه تیرها B2، طبقه ۱۰ و ۱۱ تیرها B3 و طبقه ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ تیرها B6 می باشند.

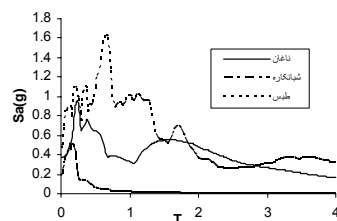
جدول ۳- مشخصات مقاطع بکار رفته در سه قاب

ابعاد	C1	C2	C3	C4	C5	B2	B3	B6
$h_w$	۴۰	۴۰	۴۰	۳۵	۳۴	۳۵	۳۰	۳۰
$t_w$	۲	۲	۱/۵	۱/۲	۱	۱	۱	۰/۸
$b_f$	۳۵	۳۵	۲۰	۲۳	۲۴	۲۰	۲۰	۱۲
$t_f$	۲/۵	۲	۲	۲	۱/۵	۲	۲	۱/۲

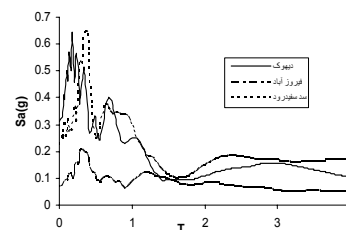


شکل ۲- قاب ۳ طبقه با مقاطع و شکل مقطع تیرها و ستونها

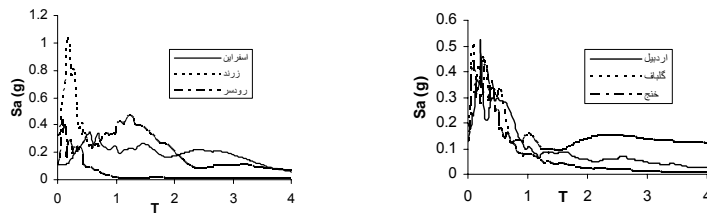
برای انجام آنالیزها از نرم افزار ETABS و برای پردازش شتابنگاشتها از نرم افزار SeismoSignal استفاده شده است. پس از تصحیح خط مبنای رکوردها و فیلتر کردن آنها طیف پاسخ کلیه رکوردها رسم شد و سپس طبق روشهای فوق ضرایب اولیه بدست می آید و در رکوردهای اولیه ضرب می شود و برای سه مدل فوق در محدوده زمان تناوب گفته شده در آیین نامه ضریب مقیاس دومی بدست می آید که در رکوردهای ثانویه ضرب می شوند. بنابراین برای هر روش مقیاس سازی سه رنج زمان تناوب وجود دارد و برای هر قاب ضریب مقیاس جداگانه ای محاسبه می شود. طیفهای پاسخ شتاب اولیه کلیه رکوردها طبق دسته بندی گفته شده در شکلهای ۳ و ۴ آورده شده است.



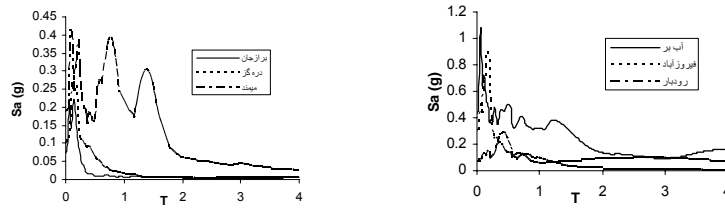
۳-ب- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۲



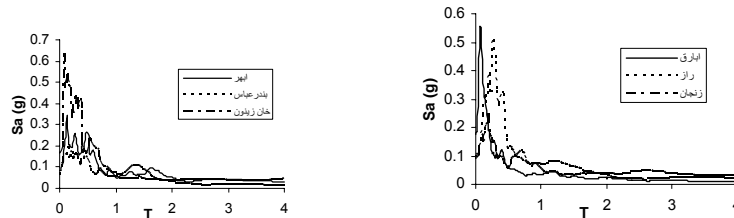
۳-الف- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۱



۳-ج- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۳  
 ۳-د- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۴  
 شکل ۳- طیفهای کلیه رکوردها در چهار گروه خاک و نزدیک گسل

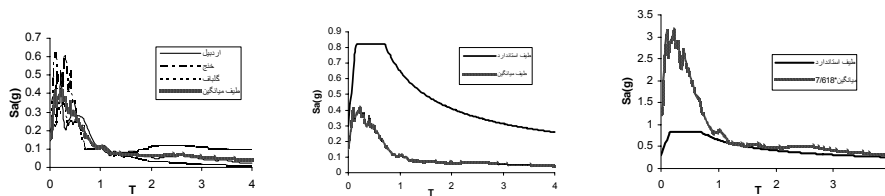


۴-الف- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۱  
 ۴-ب- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۲

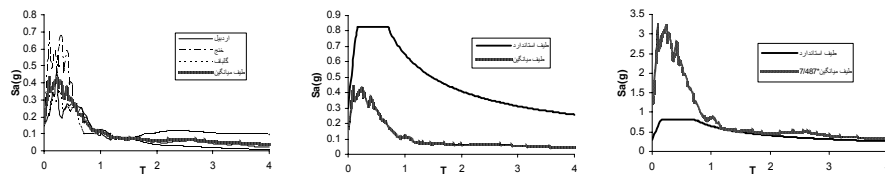


۴-ج- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۳  
 ۴-د- طیف پاسخ شتاب زلزله ها در زمین نوع ۴  
 شکل ۴- طیفهای کلیه رکوردها در چهار گروه خاک و دور از گسل

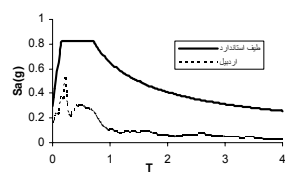
در ادامه طیفهایی که در ضریب مقیاس اول و ضریب مقیاس دوم ( با توجه به طیف آیین نامه برای روش اول و دوم ) ضرب شده اند و سپس طیفهایی که برای روش Time Domain و همچنین روش NDP مقیاس شده اند آمده است. این طیفها از گروه خاک نوع ۳ و نزدیک گسل و برای قاب ۷ طبقه به عنوان نمونه انتخاب شده اند که در شکلهای ۵ تا ۹ نشان شده است همچنین ضرایب مقیاس بدست آمده برای این گروه خاک و برای هر سه قاب در جدول ۴ آمده است.



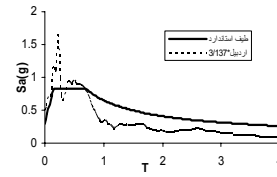
۵-ج- طیف میانگین مقیاس شده  
 ۵-ب- طیف استاندارد با طیف میانگین  
 ۵-الف- طیفهای مقیاس شده اولیه و میانگین آنها  
 شکل ۵- مقیاس سازی به روش  $Sa(T_0)$  برای قاب ۷ طبقه



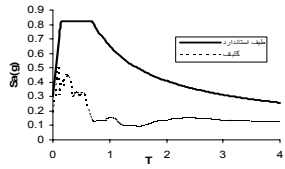
۶-ج- طیف میانگین مقیاس شده  
 ۶-ب- طیف استاندارد با طیف میانگین  
 ۶-الف- طیفهای مقیاس شده اولیه و میانگین آنها  
 شکل ۶- مقیاس سازی به روش  $Sa(T_0 - T_\mu)$  برای قاب ۷ طبقه



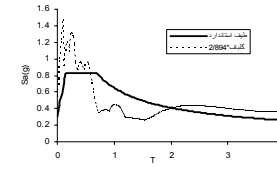
۷-الف- طیف اردبیل و طیف استاندارد



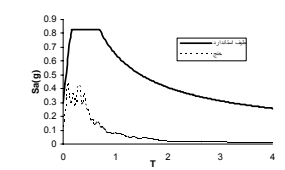
۷-ب- طیف مقیاس شده در محدوده ۰/۱۸ تا ۱/۴۲ ثانیه



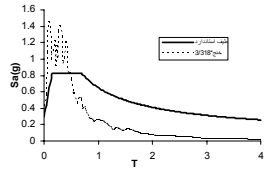
۷-ج- طیف گلیان و طیف استاندارد



۷-د- طیف مقیاس شده در محدوده ۰/۱۸ تا ۱/۴۲ ثانیه

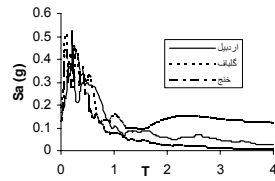


۷-ه- طیف خنج و طیف استاندارد

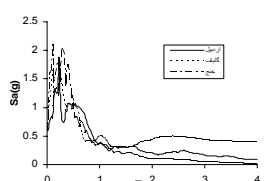


۷-و- طیف مقیاس شده در محدوده ۰/۱۸ تا ۱/۴۲ ثانیه

شکل ۷- مقیاس سازی به روش حوزه زمان برای قاب ۷ طبقه

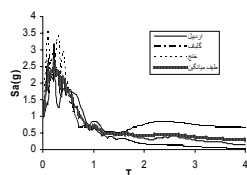


۸-الف- طیفهای اولیه رکوردهای زمین نوع ۳

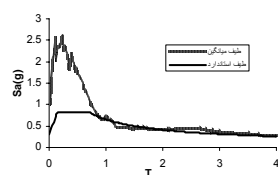


۸-ب- طیفهای مقیاس شده

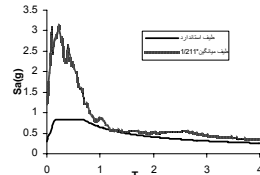
شکل ۸- مقیاس سازی به روش NDP برای قاب ۷ طبقه



۹-ج- طیف میانگین مقیاس شده



۹-ب- طیف استاندارد با طیف میانگین



۹-الف- طیفهای رکورد های مقیاس شده به ۱g

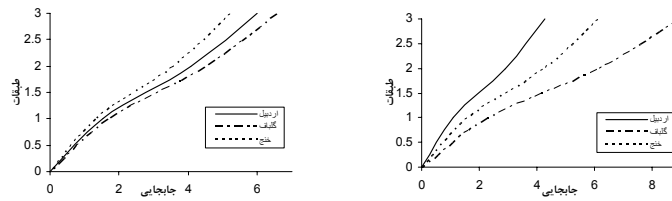
شکل ۹- مقیاس سازی به روش آیین نامه ۲۸۰۰ برای قاب ۷ طبقه

جدول ۴- ضرایب مقیاس روشهای فوق برای خاک نوع ۳ و نزدیک گسل

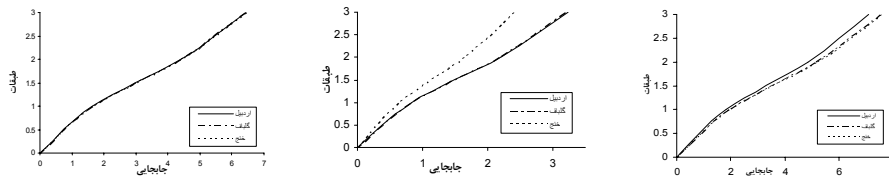
نوع قاب	نام رکورد	$S_a(T_0)$	$S_a(T_0 - T_\mu)$	حوزه زمان	NDP	آیین نامه ۲۸۰۰
۲ طبقه	اردبیل	۴/۹۵	۳/۵۵	۲/۶۸	۵/۳۳	۵/۸۸
	گلیان	۴/۸۴	۶/۶	۲/۳۵	۴/۷۴	۵/۵۵
	خنج	۵/۷۳	۶/۷۵	۲/۶۸	۷/۱۱	۸/۳۳
۷ طبقه	اردبیل	۷/۴۸	۶/۹۳	۳/۱۴	۳/۵۸	۷/۱۲
	گلیان	۵/۸۸	۵/۷۹	۲/۸۹	۳/۲۱	۶/۷۲
	خنج	۱۰/۸	۱۱/۹۴	۳/۲۲	۴/۷۷	۱۰/۰۸
۱۵ طبقه	اردبیل	۶/۹۴	۷/۱۵	۳/۸۴	۱/۸۹	۷/۱۲
	گلیان	۳/۸۲	۲/۷۹	۳/۳۱	۱/۶۹	۶/۷۲
	خنج	۱۶/۳۷	۲۳/۴۴	۴/۷۸	۲/۵۲	۱۰/۰۸



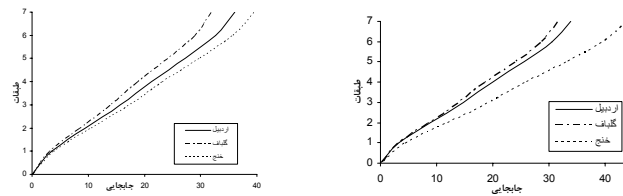
برای مقایسه روشهای گفته شده سه قاب با مشخصات گفته شده، در برنامه ETABS مدلسازی شد و پس از مشخص کردن پارامترهای غیرخطی این سه قاب تحت کلیه رکوردهایی که توسط ۴ روش فوق و روش آیین نامه ۲۸۰۰ مقیاس سازی شده بودند آنالیز شده و نتایج جابجایی حداکثر طبقات این سه قاب برای خاک گروه ۳ و نزدیک گسل به عنوان نمونه و به صورت نمودار در شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ آمده است.



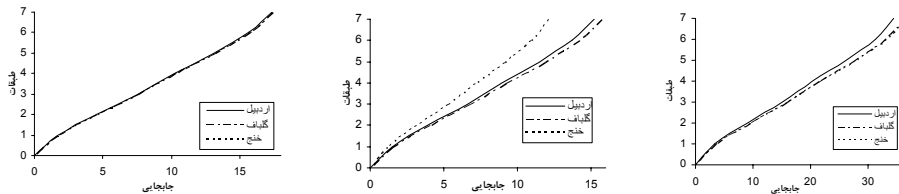
۱۰-الف- جابجایی طبقات در روش  $Sa(T_0)$       ۱۰-ب- جابجایی حداکثر طبقات در روش  $Sa(T_0 - T_\mu)$



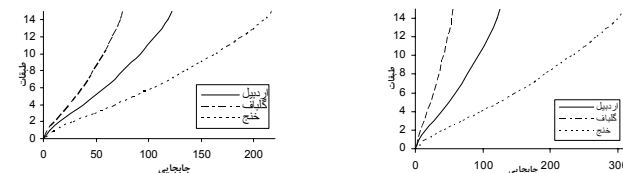
۱۰-ه- جابجایی حداکثر طبقات در روش ۲۸۰۰      ۱۰-د- جابجایی حداکثر طبقات در روش TD      ۱۰-ج- جابجایی حداکثر طبقات در روش NDP  
شکل ۱۰- جابجایی حداکثر طبقات برای قاب ۳ طبقه



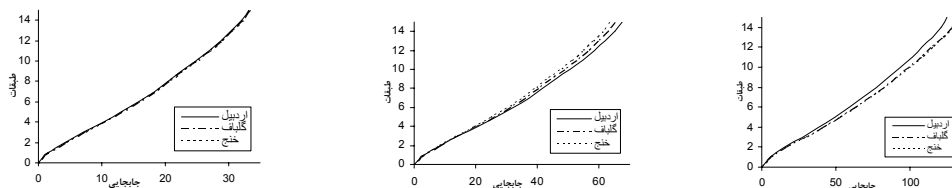
۱۱-الف- جابجایی طبقات در روش  $Sa(T_0)$       ۱۱-ب- جابجایی طبقات در روش  $Sa(T_0 - T_\mu)$



۱۱-ه- جابجایی حداکثر طبقات در روش ۲۸۰۰      ۱۱-د- جابجایی حداکثر طبقات در روش TD      ۱۱-ج- جابجایی حداکثر طبقات در روش NDP  
شکل ۱۱- جابجایی حداکثر طبقات برای قاب ۷ طبقه



۱۲-الف- جابجایی طبقات در روش  $Sa(T_0)$       ۱۲-ب- جابجایی طبقات در روش  $Sa(T_0 - T_\mu)$



۱۲-ه- جابجایی حداکثر طبقات در روش ۲۸۰۰      ۱۲-د- جابجایی حداکثر طبقات در روش TD      ۱۲-ج- جابجایی حداکثر طبقات در روش NDP  
شکل ۱۲- جابجایی حداکثر طبقات برای قاب ۱۵ طبقه



## نتیجه گیری

پس از انجام روشهای مختلف مقیاس سازی و همچنین انجام تحلیل غیرخطی می توان دریافت که یکی از مهمترین عوامل در انجام مقیاس سازی شکل طیف پاسخ می باشد که به عوامل گوناگونی چون بزرگی زلزله، خاک محل، فاصله از گسل، ساز و کارگسل، و ... بستگی دارد. در این تحقیق بعضی از این دسته بندی ها انجام شده است و بعضی دیگر یا به دلیل کمی و نقص اطلاعات زلزله های ایران و یا به دلیل نبود علم و تکنولوژی لازم برای فهم این عوامل امکان دسته بندی نمی باشد.

در این مطالعه با دسته بندی های انجام شده نتایج زیر حاصل شده است:

۱. در روشهای  $Sa(T_0)$  و  $Sa(T_0 - T_{\mu})$  به دلیل اینکه در یک نقطه از طیف عمل مقیاس سازی انجام می شود و این امکان نیز وجود دارد که اختلاف طیفها در آن نقطه زیاد باشد نتایج پراکنده ای حاصل می شود که این اختلاف در زمان تناوبهای بالا بیشتر دیده می شود تا زمان تناوبهای پایین.
۲. روش Time Domain بهترین نتایج را در مقایسه با سایر روشها نشان می دهد چون اولاً در یک محدوده از زمان تناوب عمل مقیاس سازی انجام می شود و ثانیاً بهترین انطباق را با طیف طرح استاندارد دارد.
۳. روش NDP روشی است که برای تحلیل غیرخطی نتایج خوبی می دهد زیرا تمام رکوردها طوری مقیاس می شوند که جابجایی غیرخطی حداکثر آنها یکی شود.
۴. در روش آیین نامه ۲۸۰۰ نیز نتایج نزدیک به هم می باشند و پراکندگی ناچیز است، ولی نتایج دست بالایی می دهد که شاید در تحلیل خطی به دلیل اصلاح مقادیر بازتابها نتایج قابل قبول باشد.
۵. در نهایت می توان گفت روشهایی که مقیاس سازی را در محدوده ای از زمان تناوب انجام می دهند نتایج قابل قبول تری نسبت به روشهایی که در یک زمان تناوب مشخص مقیاس سازی را انجام می دهند ارائه می دهند.

## مراجع

1. Nassar A., Krawinkler H. Seismic Demands for SDOF and MDOF Systems. John A. Blume Earthquake Engineering Center, Report No. 95, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, CA, 1991.
2. Miranda E. Site-dependent strength-reduction factors. *Journal of Structural Engineering* ( ASCE ) 1993; 119: 3503-3519.
3. Shome N., Cornell C., Bazzurro P., Carballo J. Earthquakes, records, and nonlinear responses. *Earthquake Spectra* 1998; 14: 469-500.
4. Shome N., Cornell C. Normalization and scaling accelerograms for nonlinear structural analysis. *Sixth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, Seattle, WA, 1998 (CD-ROM).
5. Kurama Y.C., Farrow K.T. Ground motion scaling methods for different site conditions and structure characteristics. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 2003; 32:2425-2450.
6. Fahjan Y.M., Ozdemir Z., Keypour H. Procedures for real earthquake time histories scaling application to fit Iranian design spectra. *5<sup>th</sup> International Conference on Seismology and Earthquake Engineering* 1385.
۷. آذری هدی، رحیم زاده فیاض. بررسی عملکرد روش مقیاس سازی ارائه شده در FEMA440 در برآورد پارامترهای نیاز سازه های بتنی. پنجمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ۱۳۸۵.
۸. آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله ( ۸۴-۲۸۰۰ )، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ویرایش سوم: ۱۳۸۴.