

www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

خوشگاه تفصلي مهندسي عمران

بسمه تعالی

آموزش نحوه اصلاح شتابنگاشتها در روش تاریخچه زمانی

استاد:

دکتر شجاعی

محقق:

حسین یوسفی دانشجوی کارشناسی ارشد سازه

دانشگاه آزاد کرمان

تاریخچه زمانی شتاب، شتاب نگاشت:

شتاب نگاشت هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایان گر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام وقوع زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده که دارای ویژگی های زیر باشند انتخاب شوند:

الف - شتاب نگاشت ها متعلق به زلزله هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آن ها آثار: بزرگا، فاصله از گسل، ساز و کار چشمه لرزه زا در نظر گرفته شده باشد.

ب - ساختگاه های شتاب نگاشت ها باید به لحاظ ویژگی های زمین شناسی، تک تونیکی، لرزه شناسی و بخصوص مشخصات لایه های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند.

پ - مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب نگاشت ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر است، باشد. مدت زمان حرکت شدید شتاب نگاشت ها را می توان از روش های معتبر مانند روش توزیع تجمعی انرژی، تعیین کرد.

در مواردی که سه زوج شتاب نگاشت ثبت شده با مشخصات مورد نظر در دسترس نباشند، می توان به جای آنها از زوج های مناسب شتاب نگاشت های شبیه سازی شده مصنوعی استفاده کرد.

زوج شتاب نگاشت های انتخاب شده باید به روش زیر به مقیاس درآورده شوند:

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

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

پ - طیف های 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 $0.2T$ تا $1.5T$ با طیف طرح استاندارد مقایسه می شود. ضریب مقیاس آن چنان تعیین شود که در این محدوده مقادیر متوسط ها در هیچ حالت کمتر از ۱.۴ برابر مقدار نظیر آن در طیف استاندارد نباشد.

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.

روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی:

در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین، به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه ساختمان و به کارگیری محاسبات متعارف دینامیک سازه ها انجام می شود. شتاب زمین بر اساس شرایط شتاب نگاشت های یاد شده تعین می شود. هر زوج شتاب نگاشت عنوان شده در آن بند همزمان در دو جهت عمود بر یکدیگر، در امتداد

های اصلی سازه، به آن اثر داده می شوند و بازتاب های سازه به صورت تابعی از زمان تعیین می شوند. بازتاب نهایی سازه در هر لحظه زمانی برابر با حداکثر بازتاب های به دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب نگاشت مورد نظر است. در این روش تحلیل، می توان به جای سه زوج شتاب نگاشت عنوان شده هفت زوج شتاب نگاشت با مشخصات عنوان شده در آن بند را به کار گرفت و مقدار متوسط بازتاب های به دست آمده از آن ها را به عنوان بازتاب نهایی تلقی کرد.

در این روش تحلیل، رفتار سازه را می توان خطی و یا غیر خطی در نظر گرفت.

روش تاریخچه زمانی:

انتخاب سه زوج شتابنگاشت:

۱- شتابنگاشت بم (۱۲/۲۶/۲۰۰۳)

۲- شتابنگاشت زرنند (۲/۲۲/۲۰۰۵)

۳- شتابنگاشت گلباف (۳/۱۴/۱۹۹۸)

هر زلزله توسط چندین شتابنگاشت ثبت میشود که ما از نتایج نزدیکترین شتابنگاشت به زلزله استفاده میکنیم. به عنوان مثال زلزله زرنند توسط ۳۰ شتابنگاشت ثبت شده است که ما از نتایج ایستگاه زرنند استفاده میکنیم. معمولاً سازمانها این نتایج را در قالب فایل txt ارائه میدهند که در آن اطلاعات مربوط به مشخصات مکانیکی دستگاه شتابنگاشت و موقعیت نصب دستگاه و تعداد رکوردهای ثبت شده و مدت زمان ثبت زلزله و زمان و تاریخ و نام ایستگاه و ... در سه مولفه (دو مولفه افقی L,T و یک مولفه قائم V) ارائه شده است. نمونه ای از این اطلاعات مطابق زیر میباشد:

*VOL1DS FILE: 3671/01

Inst Type = SSA-2

Origin Time : 2005/02/22 02:25:26

L

COMP L1

Zarand Station 30.810 N 56.570 E Altitude 1678m Azimuth L 34 T 124

Epicenter 30.750 N 56.801 E FD42 mb Ms Mw M6.4 (NEIC)

INSTR PERIOD = .019 SEC DAMPING = .640

NO. OF POINTS = 16000 DURATION = 80

UNITS ARE SECONDS AND G/10

.708357E-01 .513727E-01 .319097E-01 .173125E-01 .124468E-01 .173125E-
 .124468E-01 01 .173125E-01 .124468E-01 -.701622E-02
 -.313448E-01 -.751198E-01 -.945733E-01 -.945733E-01 -.751198E-01 -.508030E-01 -
 .313448E-01 -.118819E-01 .271528E-02 .271528E-02
 -.216134E-01 -.216134E-01 -.215042E-02 .270440E-01 .513727E-01 .805667E-01
 .114627E+00 .114627E+00 .143821E+00 .163284E+00

...

عدد ۱۶۰۰۰ و عدد ۸۰ در بالا معرف این است که شتابنگاشت ۱۶۰۰۰ رکورد را در مدت ۸۰ ثانیه ثبت کرده است ، یعنی هر ۰.۰۰۵ ثانیه یک رکورد ثبت شده است. رکوردهای بالا مربوط به فقط ۳۰ رکورد مولفه L میباشد که در ادامه آن بقیه رکوردها و به همان ترتیب بقیه مولفه ها وجود دارد.

برای بررسی شتابنگاشتها ما باید کلیه رکوردها را به صورت یک ستون واحد تنظیم کنیم ، برای اینکار نرم افزارهای مختلفی وجود دارد . در صورتی که نرم افزار مورد نیاز را در اختیار نداشته باشیم میتوانیم خودمان با نوشتن یک برنامه این کار را انجام دهیم. به عنوان مثال در نرم افزار برنامه نویسی Matlab میتوانیم مانند زیر عمل نماییم:

اگر شتابنگاشت مانند بالا رکوردها را به صورت ۱۰ ستونی ثبت کرده بود آنها را کپی کرده و در محیط Matlab به عنوان متغیر A معرفی مینماییم:

```
clc
clear
A=[ Paste (Records)
];
B=length (A);
for i=1:B
    C(10*i-9:10*i , 1)=A(i ,1:10);
end
xlswrite('Zarand L',C)
```

که C در پارامترهای بالا همان شتابهای ستونی واحد شده میباشد و در یک فایل Excel به نام Zarand L ساخته میشود. (این فایل در همان محل که فایل مطلب ذخیره شده ، ساخته میشود و نباید در محل Desktop باشد) بعد از تبدیل کلیه شتابهای دو مولفه افقی هر شتابنگاشت به صورت ستونی ، ابتدا شتاب نگاشتهای مورد نظر (شتاب نگاشتهای خام) را پردازش کرده و تصحیحاتی از قبیل اصلاح خط پایه و اصلاح باند فرکانس مناسب روی آنها انجام میشود . که این کارها را توسط نرم افزار SWS انجام میدهم.

کنترل شرایط شتابنگاشتهای استفاده شده بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران:

زلزله شدید (زلزله طرح) به زلزله ای میگویند که احتمال ایجاد آن و یا زلزله های بزرگتر از آن ، در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان ، از ۱۰ درصد کمتر باشد. زمان بازگشت زلزله با رابطه زیر محاسبه میشود :

$$T_R = \frac{t}{-L_n(1 - R_t)}$$

T_R دوره بازگشت بر حسب سال

t عمر مفید ساختمان بر حسب سال

R_t احتمال وقوع

به عنوان مثال دوره بازگشت زلزله برای سازه با عمر مفید ۵۰ سال و احتمال وقوع کمتر از ۱۰٪ برابر است با :

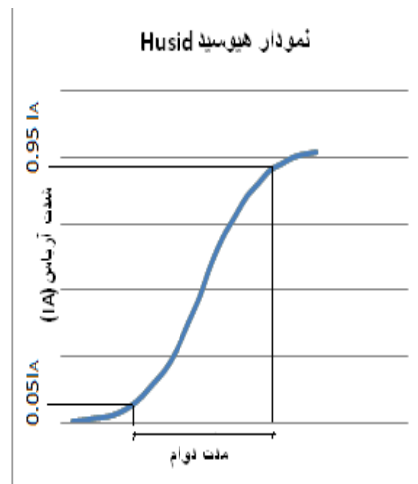
$$T_R = \frac{50}{-Ln(1-0.1)} = 474.6 \approx 475 \text{ سال}$$

به دلیل اینکه در این پروژه هدف آموزش است و در منطقه مورد نظر (سیرجان) شتابنگاشتهای مورد تایید آیین نامه را نداریم، شتابنگاشتهای فوق را به لحاظ بزرگا، فاصله از گسل، ساز و کار چشمه لرزه زا، ویژگی های زمین شناسی، تک تونیکی، لرزه شناسی و ... مورد تایید فرض میکنیم.

مدت زمان حرکت شدید زمین (مدت دوام) در شتاب نگاشت ها از رابطه زیر بدست می آید:

(رابطه توزیع تجمعی انرژی):

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^t a^2(t) dt$$



a مقدار شتاب زمین در زمان t میباشد.

g شتاب ثقل زمین است.

به فاصله زمانی (مدت دوام)، در حدود ۵٪ تا ۹۵٪ شدت آریاس (I_A)، مدت زمان حرکت شدید زمین میگویند که باید بیشتر از ماکزیمم ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه باشد.

با انتگرال گیری عددی به روش ذوزنقه داریم:

(بخشی از مقادیر آریاس و زمان مربوطه مانند زیر است)

گلباف	زرنده	بم	T
69.40	25.94	25.66	max=
IA	IA	IA	t
0.0016743	0.0000009	0.0000002	0.000
0.0038065	0.0000019	0.0000004	0.005
0.0046480	0.0000028	0.0000007	0.010
0.0050152	0.0000038	0.0000009	0.015
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
69.3986322	25.9439170	25.6591177	66.50

گلباف	زرنده	بم	
69.4	25.94	25.66	IA
3.47	1.29	1.28	0.05 IA
66	24.4	24.4	0.95 IA

گلباف	زرنده	بم	
10.7	6.125	14.880	T start
33.5	25.160	23.680	T end
22.8	19.035	8.8	مدت دوام

با توجه به اینکه مدت دوام شتابنگاشت بم مقداری کمتر از ۱۰ ثانیه شد ، اما به دلیل اینکه هدف آموزش است ، از آن استفاده میکنیم.

به جای اینکه از روش فوق استفاده نماییم میتوانیم از نرم افزار seismosignal استفاده نماییم؛ که به عنوان مثال مقدار آریاس برای زلزله زرنده مطابق زیر است که همان نتایج بالا را بدست میدهد :

به عنوان زمان شروع و پایان حرکت شدید زمین پیدا کرد و با تفاضل آن دو، مدت زمان حرکت شدید زمین بدست می آید.

مقیاس کردن شتابنگاشتها:

گام ۱: کلیه شتاب نگاشت ها به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب همه آنها برابر گردد با شتاب ثقل g

برای اینکار، کلیه شتابنگاشتها (هر دو مولفه افقی L, T) را به صورت یک ستون در می آوریم، سپس مقدار حداکثر قدرمطلق هر مولفه را جداگانه، بدست آورده و مقدار شتاب زمین را بر آن تقسیم کرده و عدد بدست آمده را در کلیه شتابهای آن مولفه ضرب میکنیم. به صورت زیر:

	L cm/s/s	T cm/s/s
min=	-567	-383
max=	518	416
0.000	-0.01	0.00931
0.005	-0.0051	0.00931
0.010	-0.0002	0.00931
0.015	0.00959	0.00931
.	.	.
.	.	.

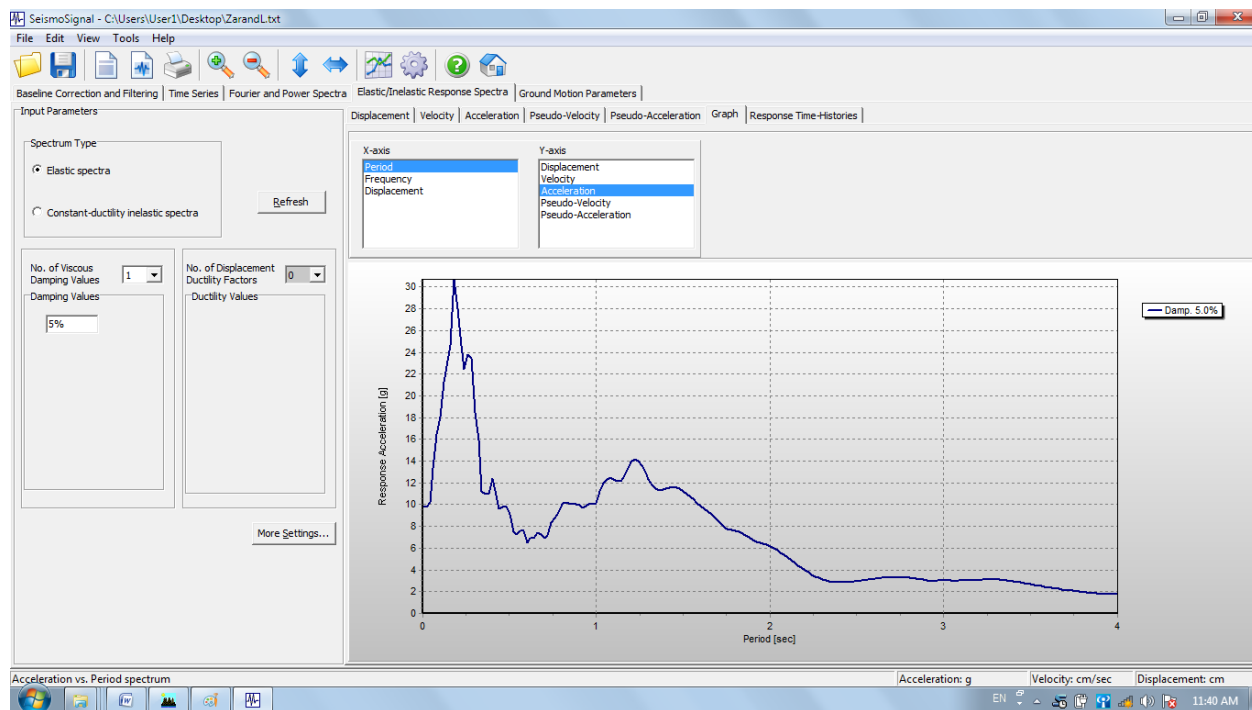
$$Max|L| = 567 \Rightarrow \alpha = \frac{981}{576} = 1.703$$

پس کلیه شتابهای مولفه L مربوط به این زلزله را در عدد 1.703 ضرب میکنیم. و همین کار را برای مولفه دیگر و کلیه شتابنگاشتهای دیگر انجام میدهیم.

گام ۲: طیف پاسخ شتاب هر یک از زوج شتاب نگاشت های مقیاس شده با منظور کردن نسبت میرایی ۵ درصد تعیین شود.

برای ساختن طیف مورد نظر با استفاده از نرم افزار seismosignal مطابق زیر عمل میکنیم:
بعد از باز کردن مولفه مورد نظر یک شتابنگاشت و تنظیم پارامترهای مورد نظر مطابق قبل و انتخاب گزینه ok، در صفحه باز شده گزینه Elastic /inelastic response spectra را انتخاب میکنیم.

در قسمت spectrum type گزینه elastic spectra و در قسمت damping values مقدار ۵٪ و در قسمت x-axis گزینه period و در قسمت y-axis گزینه acceleration را انتخاب کرده و گزینه Refresh را انتخاب میکنیم. و طیف زیر نمایش داده میشود.



برای مشاهده رقوم مربوط به طیف مورد نظر گزینه **acceleration** را انتخاب کرده و کلیه رقوم طیف ساخته شده در گام زمانی ۰.۰۲ ثانیه نمایش داده میشود که با کپی کردن آنها و بردن در یک فایل Excel، و انجام اینکار برای مولفه دیگر و شتابنگاشتهای دیگر، به گام ۳ میرویم.

گام ۳: طیف های 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.
به دلیل اینکه همه شتابنگاشتها به مقدار حداکثر خود به g رسیده اند پس نقطه شروع همه آنها برابر با g میشود.

t	Bam x	Bam y	جذر مجموع مربعات بم	zaran d x	zaran d y	جذر مجموع مربعات زرنده	Golba f x	Golba f y	جذر مجموع مربعات گلشاف
0.0 0	9.81	9.81	13.87	9.81	9.81	13.87	9.81	9.81	13.87
0.0 2	11.1 3	10.6 1	15.38	9.82	9.93	13.96	9.89	10	14.06
0.0 4	11.4 4	10.9 3	15.82	10.20	10.62	14.73	10.28	10.6	14.77
0.0 6	17.7 5	14.6 2	22.99	13.36	16.15	20.96	10.77	12.67	16.63

گام ۴ طیف های پاسخ ترکیبی سه زوج شتاب نگاشت، متوسط گیری شده و در محدوده زمان های تناوب $0.2T$ ، $1.5T$ با طیف طرح استاندارد مقایسه می شود. ضریب مقیاس آن چنان تعیین شود که در این محدوده مقادیر متوسط ها در هیچ حالت کمتر از ۱.۴ برابر مقدار نظیر آن در طیف استاندارد نباشد.

مقیاس کردن شتابنگاشتها در محدوده $0.2T - 1.5T$:

به دلیل اینکه همه شتابنگاشتها به g رسیده اند ، پس باید مقدار طیف بازتاب استاندارد نیز به g تبدیل شود ، برای اینکار آن را در g ضرب میکنیم.

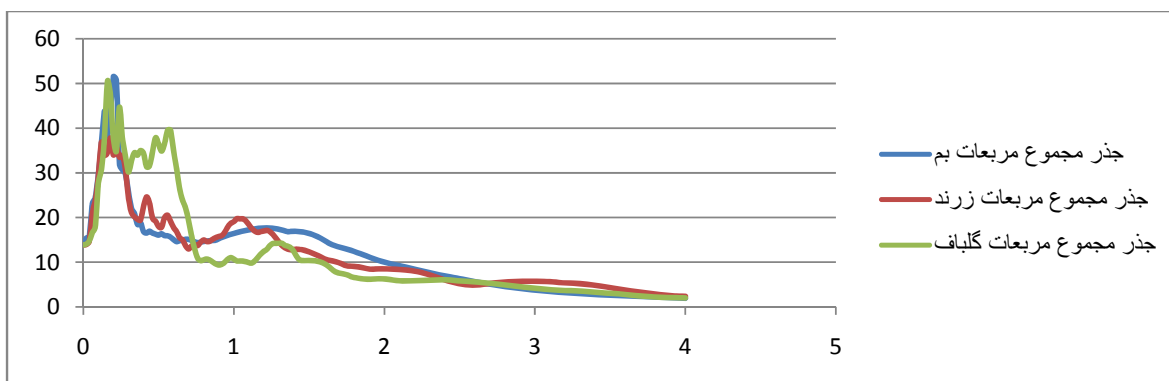
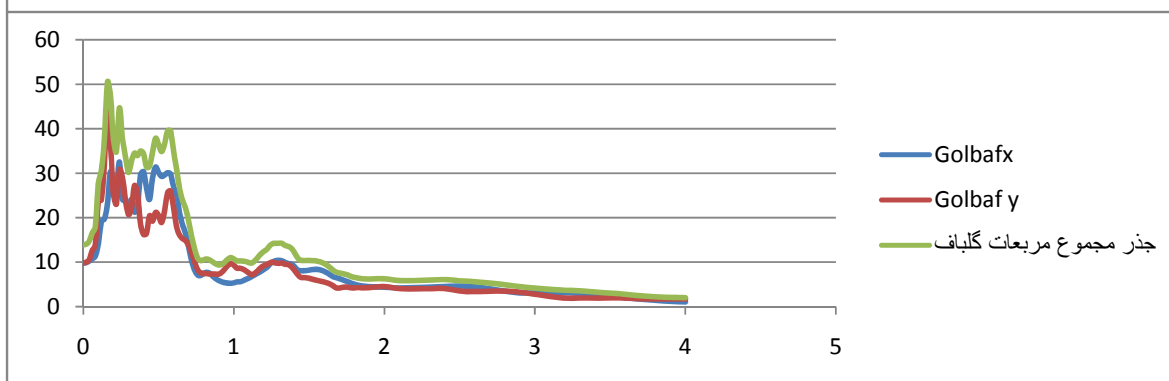
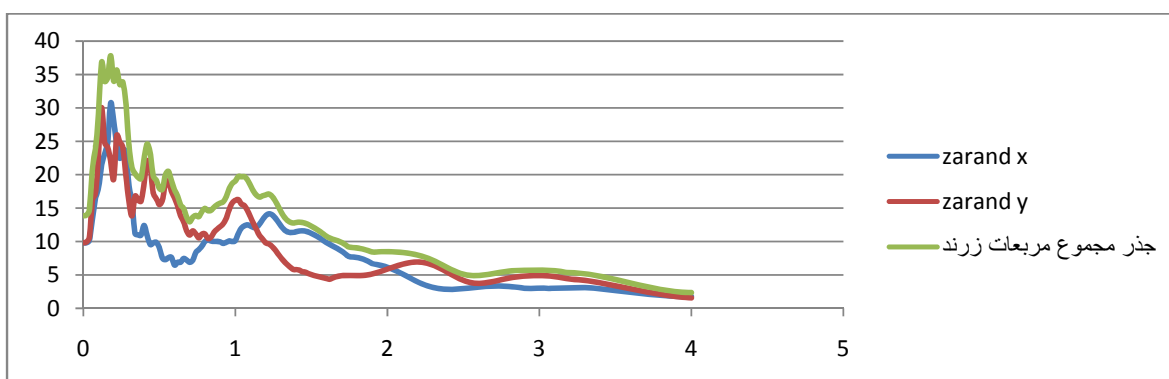
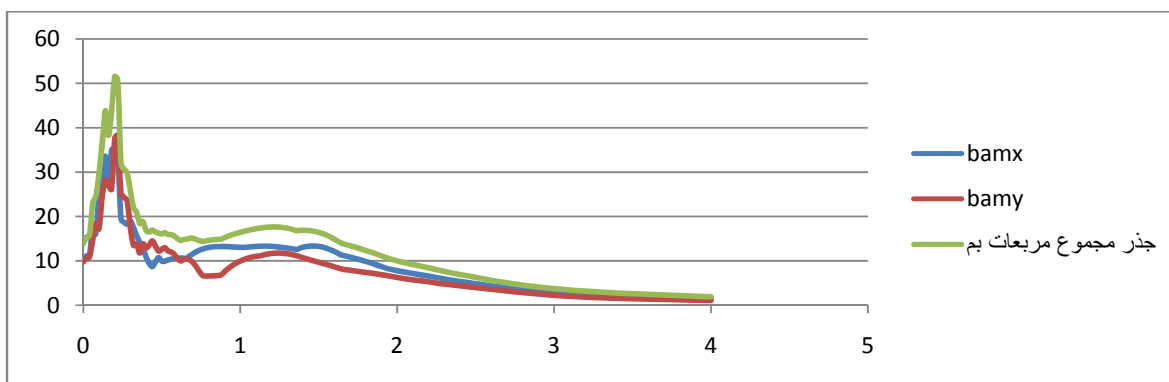
$$\text{طیف استاندارد} = \frac{1.4 \times 9.81}{\text{متوسط مربعات مجموع}} \times \text{ضرایب مقیاس}$$

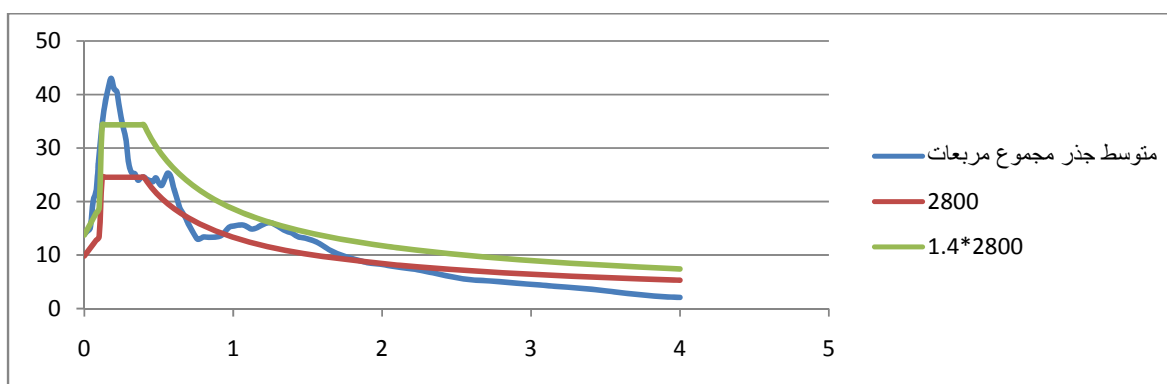
$$0.2 \cdot T = 0.26 \text{ Sec} , \quad 1.5 \cdot T = 2 \text{ Sec}$$

به این ترتیب با ضرب کردن طیف استاندارد در ۱.۴ ، نقطه شروع همه طیفها با هم برابر میشود. (دلیل اینکه طیف استاندارد در ۱.۴ ضرب میشود اینست که ما قبلاً از بقیه طیفها جذر گرفتیم و با ضرب طیف استاندارد در ۱.۴ این کار را برای طیف استاندارد انجام میدهیم یعنی $1.4 \approx \sqrt{2}$).

t	جذر مجموع مربعات بم	جذر مجموع مربعات زرنده	جذر مجموع مربعات گلباف	متوسط جذر مجموع مربعات	1.4*9.81 آیین نامه ۲۸۰۰	ضرایب مقیاس
0.2 6	30.67	33.86	37.77	34.1	34.34	34.34/34.1=1.0 1
0.3 8	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0.7 6	14.35	13.74	10.88	12.99	22.38	1.72
0.4 2	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1.9 6	10.40	8.49	6.31	8.4	11.90	1.42
1.9 8					max=	1.72

پس ضریب مقیاس را برابر با ۱.۷۲ (حد اکثر ضریب بدست آمده) در نظر میگیریم.





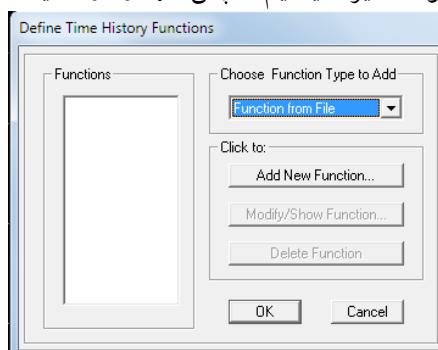
گام ۵: ضریب مقیاس تعیین شده، باید در شتاب نگاشت های مقیاس شده در گام ۱ ضرب شود و در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرد.

برای اینکار یا میتوانیم کلیه شتابنگاشتها را در ضریب ۱.۷۲ ضرب کرده و به نرم افزار Etabs معرفی کنیم، و یا بجای اینکار، شتابنگاشتها را بدون اینکه در این ضریب ضرب کنیم، به نرم افزار معرفی کرده و در نرم افزار Etabs در قسمت scale factor مانند زیر عمل کنیم:

$$scale\ factor = \frac{1.72\ A\ I}{R}$$

نحوه تحلیل تاریخچه زمانی با نرم افزار Etabs:

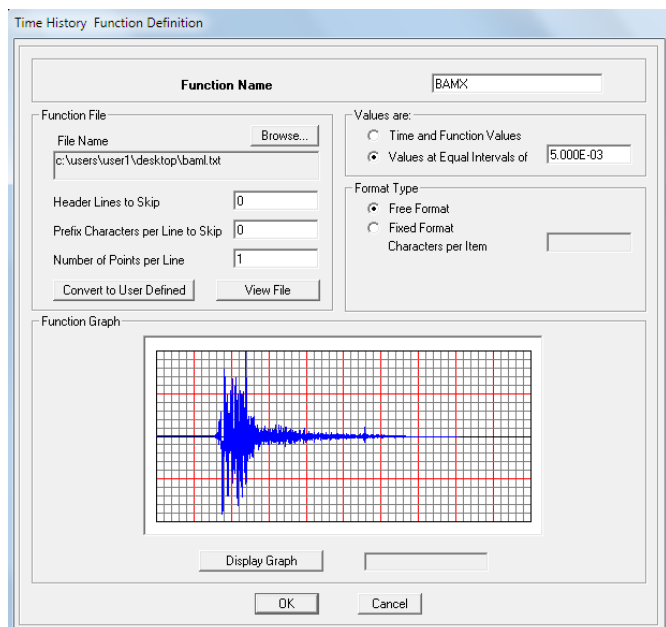
با مدلسازی سازه و بارگذاری ثقلی و ...، جهت معرفی شتابنگاشتها، بدین صورت عمل میکنیم: ابتدا هر مولفه شتابنگاشتها را بعد از اینکه حداکثر مقدار آن را به g رساندیم، در یک فایل txt به صورت یک ستون واحد، به یک نام دلخواه ذخیره میکنیم. سپس آنها را از محیط نرم افزار Etabs فراخوانی میکنیم بدین صورت: Define/Time History Functions...



جعبه Define Time History Functions باز شده و از قسمت Choose Function Type to Add گزینه Function From file را انتخاب میکنیم.

سپس گزینه Add New Function را انتخاب میکنیم

جعبه زیر باز میشود:



در این جعبه یک نام دلخواه مانند BAMX وارد کرده

و مانند شکل، بازه زمانی ۰.۰۰۵ (شتابنگاشت)، و

با انتخاب گزینه Browse آدرس فایل txt مولفه L

شتابنگاشت بم را وارد میکنیم سپس گزینه

Display Graph را انتخاب میکنیم.

با انتخاب گزینه ok برای مولفه دیگر بم و بقیه

شتابنگاشتها همین کار را ادامه میدهیم.

سپس از منوی Define گزینه Time History Cases... را انتخاب کرده و در پنجره باز شده گزینه Add New History را انتخاب میکنیم

در جعبه باز شده در قسمت Scale Factor مقدار زیر را وارد میکنیم:

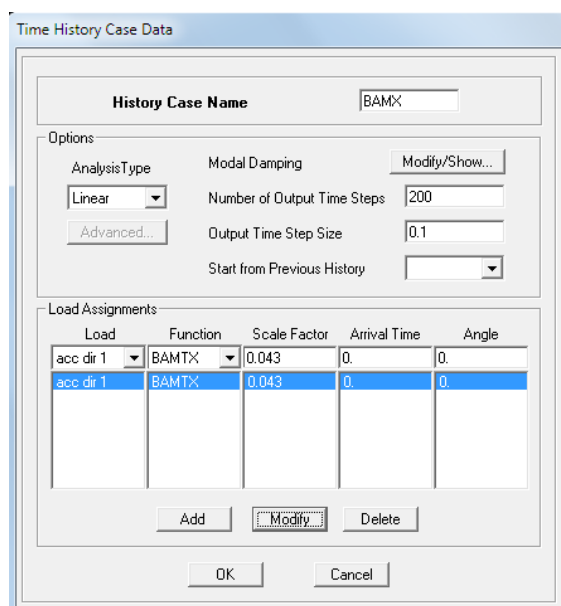
$$\frac{1.72 AI}{R} = \frac{1.72 * 0.25 * 1}{10} = 0.043$$

توجه شود که واحد انتخاب شده در برنامه kg-m میباشد.

سپس مانند شکل زیر، تعداد نقاط خروجی (۲۰۰) و گامهای خروجی (۰.۱) را وارد کرده و در قسمت Load

Assignments مانند شکل عمل میکنیم. ما مولفه X را برابر با acc dir 1 و مولفه y را برابر با acc dir 2 قرار

دادیم.



Time History Case Data

History Case Name BAMX

Options

Analysis Type: Linear (Advanced...)

Modal Damping: Modify/Show...

Number of Output Time Steps: 200

Output Time Step Size: 0.1

Start from Previous History: []

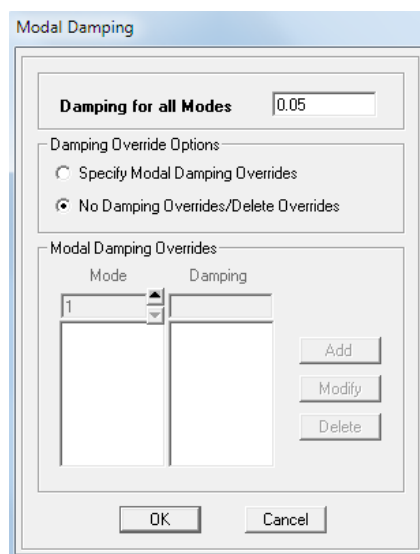
Load Assignments

Load	Function	Scale Factor	Arrival Time	Angle
acc dir 1	BAMTX	0.043	0.	0.
acc dir 1	BAMTX	0.043	0.	0.

Add Modify Delete

OK Cancel

در قسمت Modal Damping گزینه Modify/Show را انتخاب کرده و مانند شکل زیر ، مقدار میرایی برای کلیه مودها را برابر با ۵٪ (مطابق آیین نامه) وارد میکنیم ، سپس گزینه ok را انتخاب کرده و همین کار را برای مولفه دیگر و بقیه شتابنگاشتها انجام میدهیم.



Modal Damping

Damping for all Modes 0.05

Damping Override Options

☐ Specify Modal Damping Overrides

☒ No Damping Overrides/Delete Overrides

Modal Damping Overrides

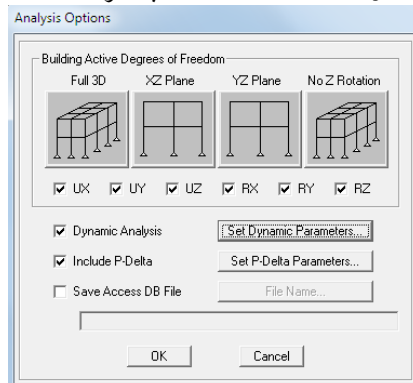
Mode	Damping
1	

Add Modify Delete

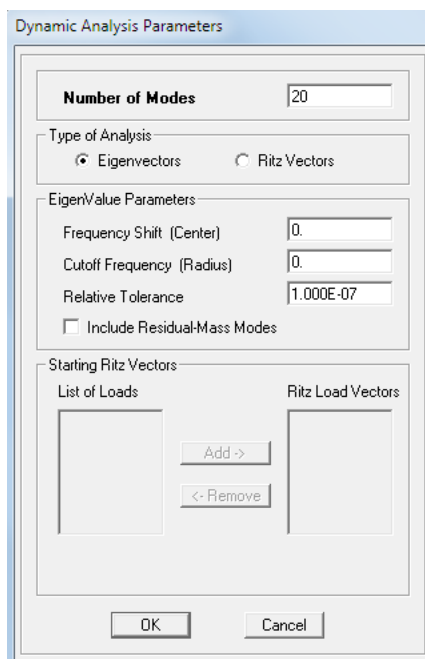
OK Cancel

تنظیم پارامترهای تحلیل:

از منوی Analyze گزینه Set Analysis Options... را انتخاب کرده و مانند شکل تنظیمات را انجام میدهیم:



گزینه Set Dynamic Parameters... را انتخاب کرده و در پنجره باز شده تعداد مودهای مورد نظر در محاسبات را فعلاً برابر با یک عدد بزرگ مثلاً ۲۰ در نظر میگیریم، سپس بعد از تحلیل سازه، تعداد مودهای مورد نظر را بر اساس آیین نامه پیدا کرده و در نهایت بجای عدد ۲۰، عدد بدست آمده را وارد میکنیم.



حداقل تعداد مودهای قابل در نظر گرفتن مطابق آیین نامه، برابر با: بیشترین مقدار بدست آمده از: ۱ - سه مود اول ۲ - تمام مودهای نوسان با زمان تناوب بیشتر از ۰.۴ ثانیه ۳ - تمام مودهای نوسان که مجموع جرمهای موثر در آنها بیشتر از ۹۰ درصد جرم کل سازه است. در برنامه Etabs بر مشاهده مشخصات مودها، از منوی Display گزینه Show Tables... را انتخاب کرده و گزینه Modal Information را انتخاب میکنیم، در جعبه باز شده میتوانیم مشخصات مودها را مشاهده کنیم.