



ارتعاشات پیشا و کاربرد آن در مهندسی زلزله

در نرم افزار های

SeismoSignal و MatLab

جلسه اول: مقدمه

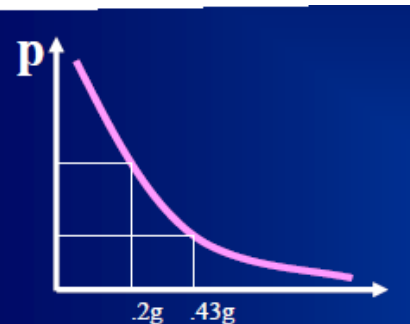
□ روش های معمول طراحی لرزه ای سازه ها:

1. براساس شتابنگاشت- آنالیز تاریخچه زمانی
2. براساس طیف- آنالیز مودال- بیشینه پاسخ

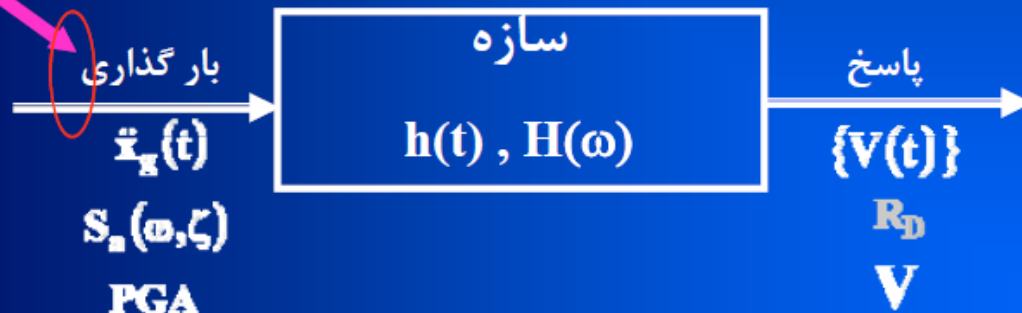
□ بارگذاری

1. متعین (Deterministic)

2. نا متعین یا احتمالاتی (Non-Deterministic) یا
(Probabilistic)



سطح خطر زلزله



□ سیستم های مورد بررسی:

خطی

(حل معادله حرکت)



مهندسی زلزله و هدف آن

3

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- علم زلزله ها و پدیده های مرتبط با آن است که در آن فعالیت لرزه ای و در نتیجه آن، بارهای طراحی لرزه ای برای سازه ها مقدار سنجی می شود.
- به دنبال راههایی است که خطرات مربوط به زلزله را، با آموزش چگونگی پیش بینی عواقب زلزله، کاهش دهد.
- چگونگی و مدت زمان لرزش را در طول زمین لرزه پیش بینی می کند.
- علم پیش بینی حرکت زمین در طول زلزله که باعث طراحی اقتصادی و ایمن سازه ها می شود.
- به منظور درک ویژگی های منبع، رخداد و زمین لرزه ناشی از زلزله ضروری است.
- هدف نهایی: رفتار قابل پیش بینی و قابل کنترل برای سازه و حفظ یکپارچگی آن و در نهایت طراحی ایمن و اقتصادی



چرا مهندسی زلزله؟

□ ارتعاشات زمین در طول زلزله، می تواند به شدت به سازه و تجهیزات داخل آن ها صدمه وارد کند. سازه معمولا باعث تشدید مشخصات امواجی می شود که در داخل سازه حرکت می کنند. این امواج تشدید شده می تواند نیرو ها و جابه جایی هایی را تولید کند که فراتر از حد تحمل سازه باشد. عوامل زیادی این تشدید را تحت تاثیر قرار می دهد، بنابرین فهم چگونگی تاثیر این عوامل روی پاسخ سازه ها و تجهیزات داخل آن ها، به منظور یک طراحی اقتصادی و ایمن، ضروری است.



مهندس زلزله باید بداند

5

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- چگونگی انتشار یا استهلاک انرژی امواج زلزله (استهلاک حرکت زمین)
- طبیعت داخل کره زمین و احتمال وقوع زلزله های بزرگ آینده در یک منطقه مشخص (تحلیل خطر)
- خواص شتابنگاشت حرکت های قوی زمین (دامنه، مدت دوام، محتوای فرکانسی، انرژی و ...)
- آشنایی با طیف و شتاب طراحی
- چگونگی تاثیر زلزله روی پاسخ سازه
- آشنایی با عملکرد سازه ای و روش های کنترل پاسخ

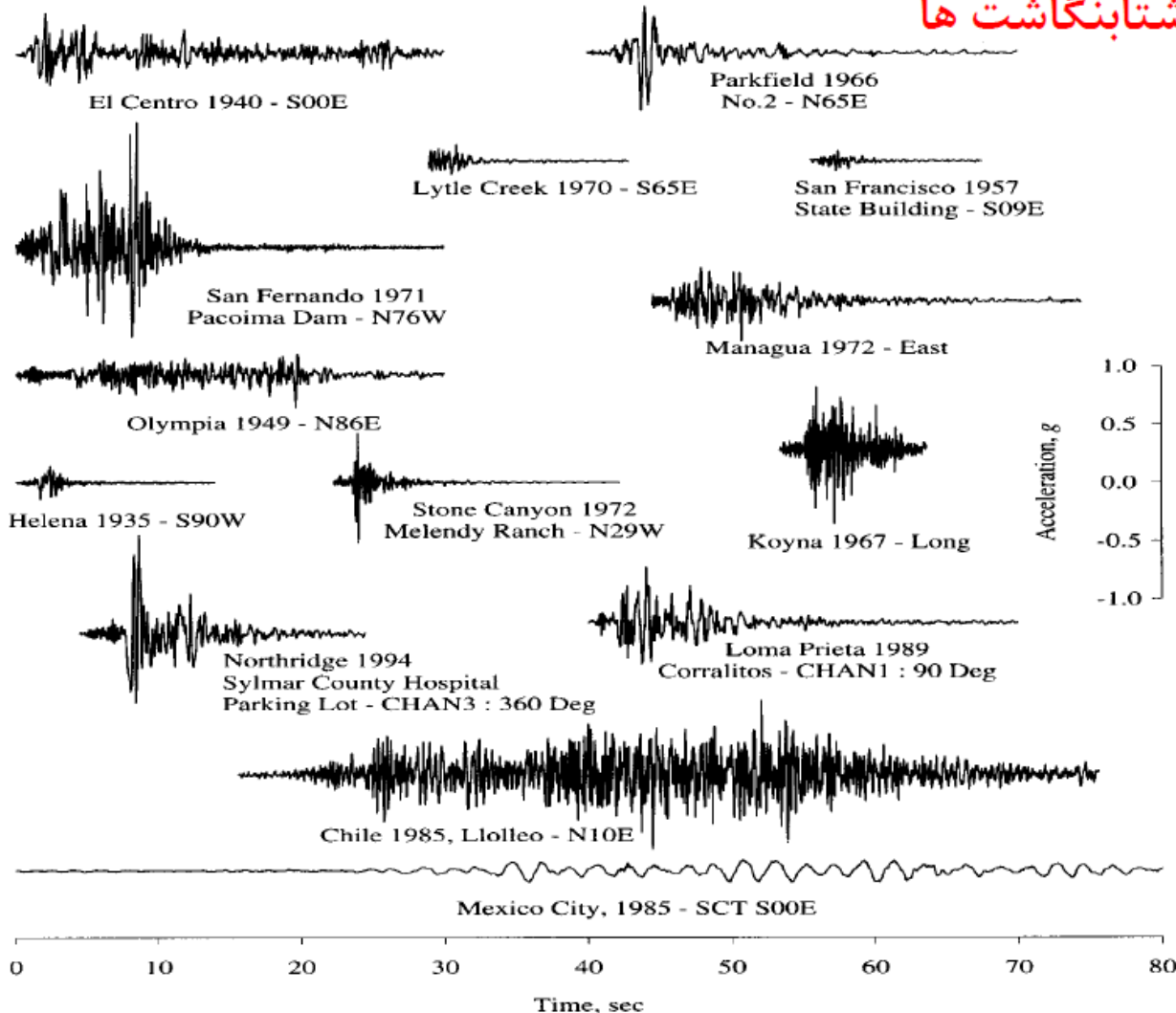
ویژگی شتابنگاشت ها

6

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

شتابنگاشت ها



□ خواص حرکت زمین

در کاربرد های

مهندسی زلزله

1. انرژی

2. بیشینه شتاب /

سرعت / جا به جایی

زمین

3. مدت دوام

4. محتوای فرکانسی

انرژی زلزله

□ پارامترهای مختلفی را برای این منظور می توان تعریف کرد. متداولترین این پارامترها عبارتند از:

1. مجذور میانگین مربعات (RMS): همان واحد شتاب

$$RMS_A = \sqrt{\frac{1}{t_d} \int_0^{t_d} \ddot{v}_g^2(t) dt}$$

2. شدت آریاس (Arias Intensity): واحد سرعت

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_d} \ddot{v}_g^2(t) dt$$



PGA, PGV, PGD

8

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ استفاده از این پارامترها آسانترین روش اندازه گیری زلزله است. زیرا به راحتی از روی رکورد به دست می آید که متداولترین آن ها **PGA** است. استفاده از این پارامترها دارای محدودیت های زیر است:

1. مدت زمان موثر زلزله ها را لحاظ نمی کند

2. معمولاً مقادیر حداکثر همراه با مولفه **High Frequency** رکورد است و به ندرت بیانگر نحوه و قدرت لرزاندن سازه است. زیرا اکثراً مولفه های فرکانس کم زلزله باعث تخریب سازه می شوند و در نتیجه مهمتر هستند. بنابراین یک مهندس طراح نباید تاکید زیاد روی **PGA** داشته باشد.

3. ...



مدت دوام

□ مدت دوام یکی از پارامترهای مهم زلزله است، که اهمیت آن توسط محققان زیادی روی خسارت ناشی از زلزله نشان داده شده است، مثلاً **Peng** نشان داده است با افزایش مدت دوام، میزان پاسخ در نواحی فرکانس پایین و فرکانس متوسط افزایش می یابد.

□ تعاریف مختلفی برای مدت دوام (با توجه به تاثیر آن روی سازه) وجود دارد:

1. **Page و Bolt**: معمولاً مقادیر بیشتر از $0.05g$

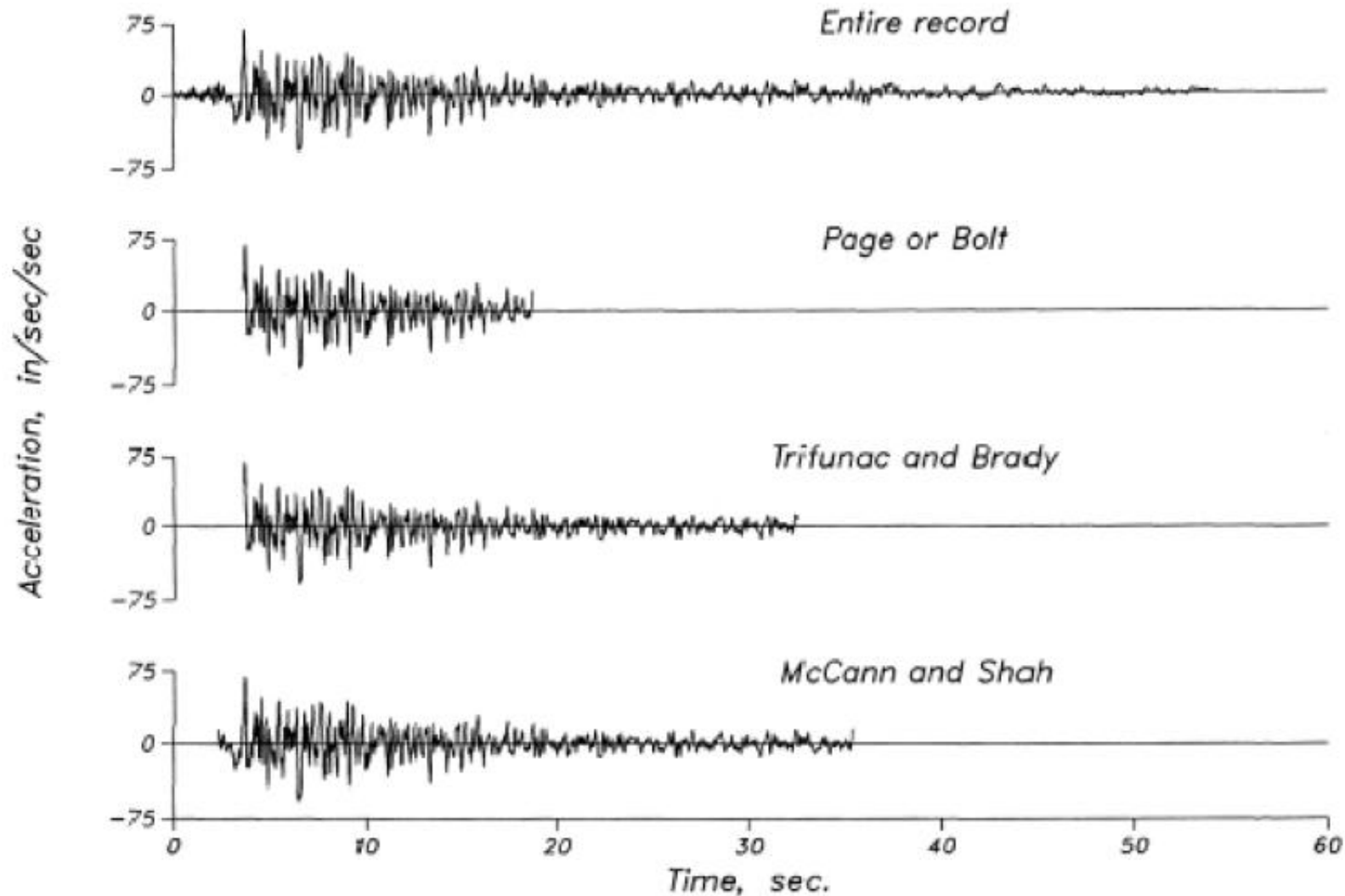
2. **Brady و Trifunac**: با توجه به شدت شتابنگاشت یعنی $\int a^2 dt$

$$t_D = t_{0.95} - t_{0.05} \quad \text{که در آن}$$

1. **Shah و McCann**: از انتگرال اخیر جذر می گیریم.



مدت دوام



محتوای فرکانسی

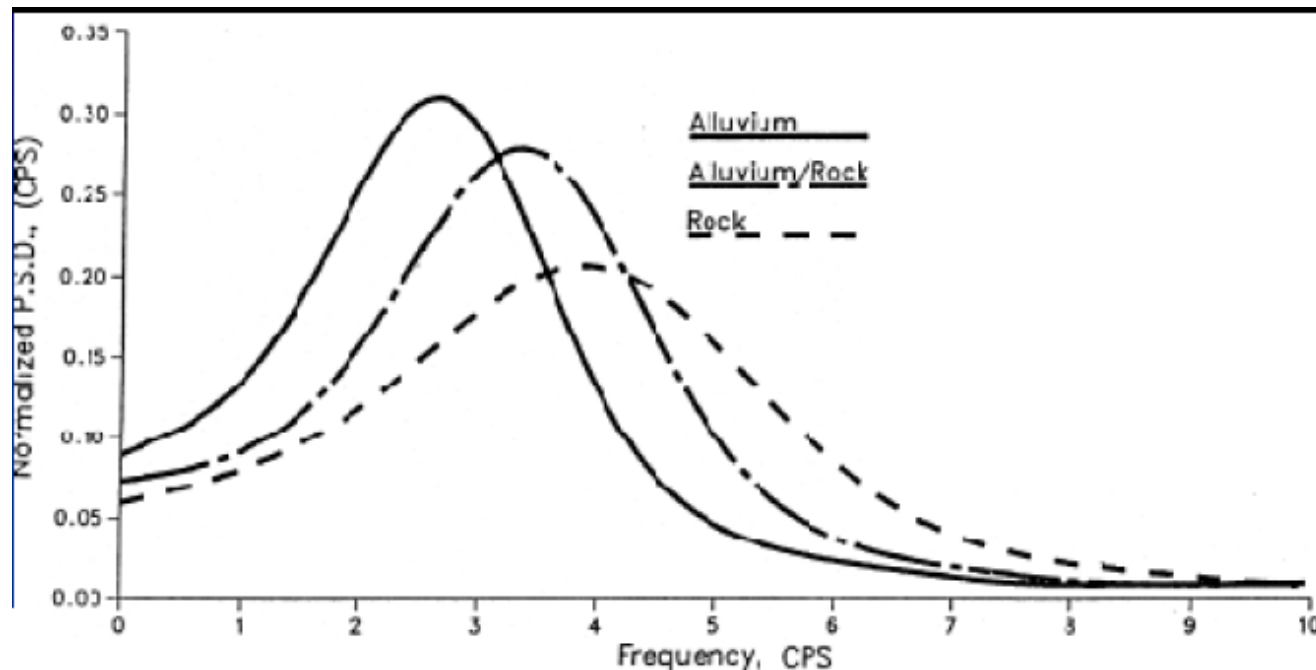
11

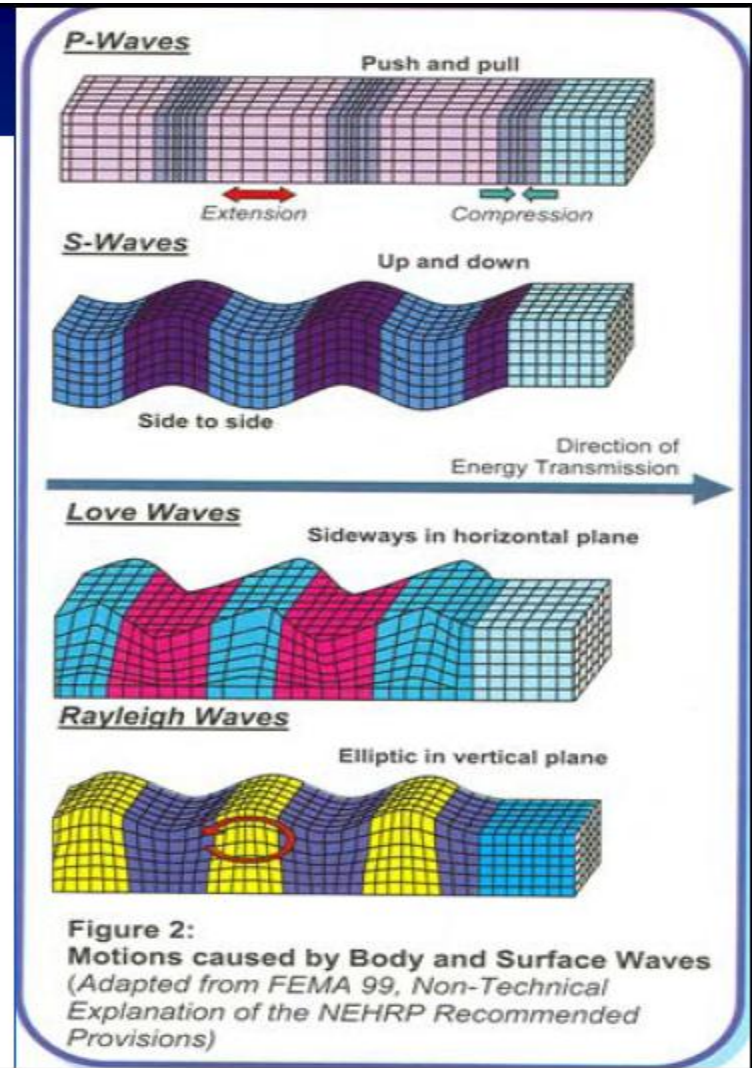
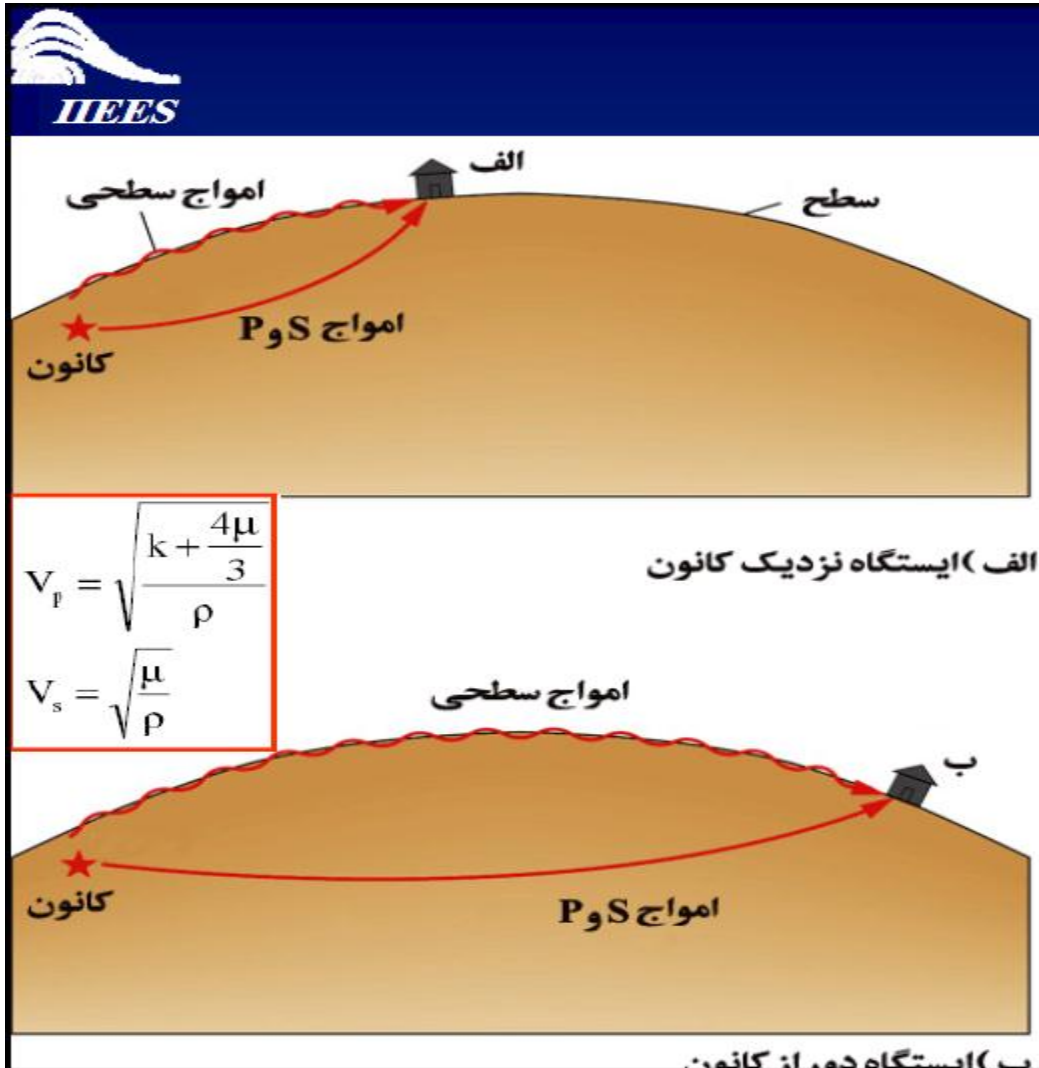
beheshtikhah@gmail.com

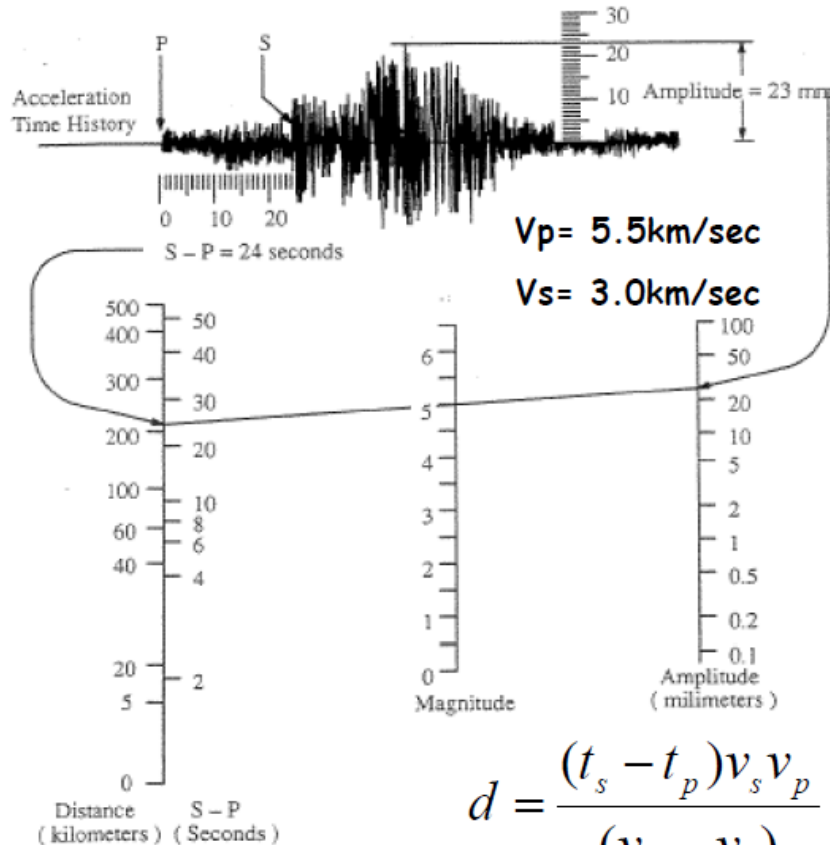
محمد حسین بهشتی خواه

□ برای بررسی محتوای فرکانسی باید رکورد زلزله از فضای زمان وارد فضای فرکانس شود (از رکورد زلزله تبدیل فوریه گرفته شود). برای این منظور میتوان از دامنه طیف فوریه یا چگالی طیفی استفاده کرد.

$$F(\omega) = \int_0^T a(t) e^{-i\omega t} dt$$





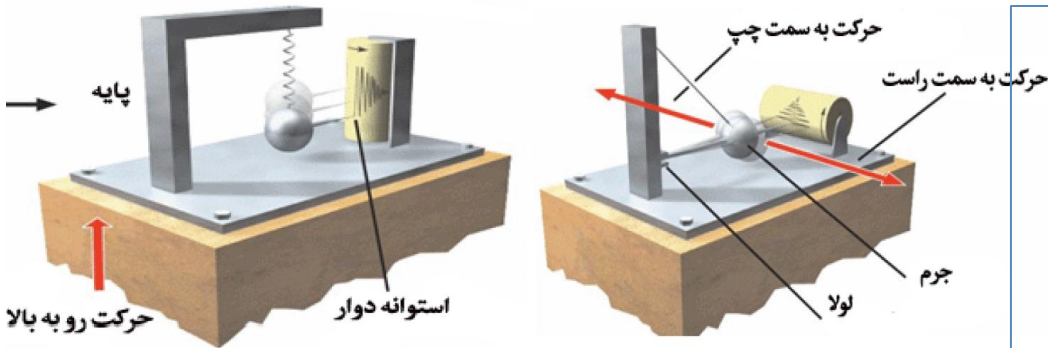


$$d = \frac{(t_s - t_p) v_s v_p}{(v_p - v_s)}$$

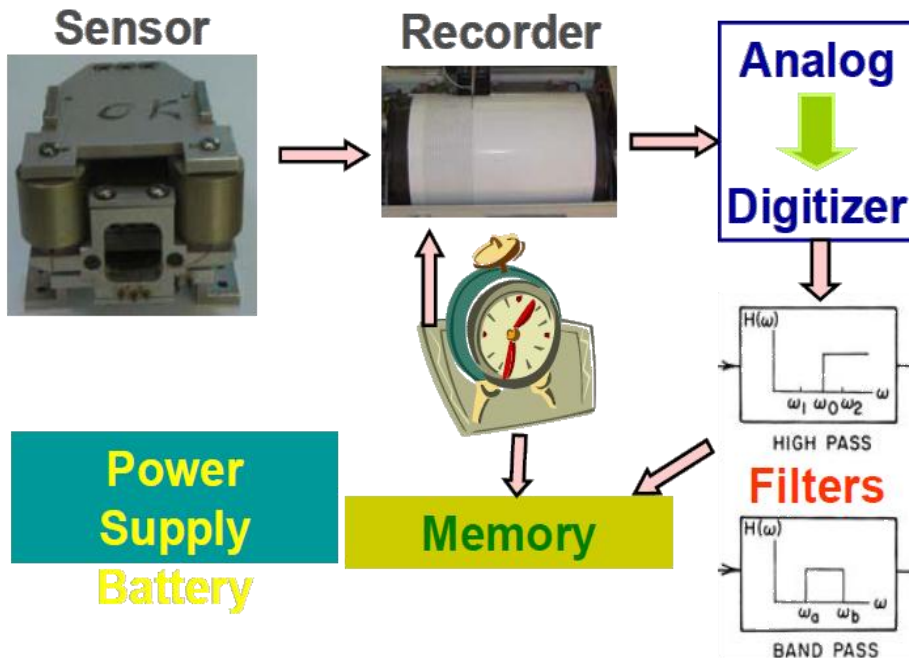
Procedure for calculating the local magnitude, M_L

1. Measure the distance to the focus using the interval time between the S and the P waves (S - P = 24 seconds)
2. Measure the height of the maximum wave motion on seismogram (23 millimeters)
3. Place a straight edge between appropriate points on the distance (left) and amplitude (right) scales to obtain magnitude $M_L = 5.0$.





- شتابنگار: دستگاه فرکانس بالا
- سرعت نگار: فرکانس دستگاه برابر با فرکانس محرک ورودی
- جا به جایی نگار: دستگاه فرکانس پایین





شبکه لرزه نگاری کشور

15

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ Iran Strong Motion Network (ISMN)

1. در سال ۱۳۵۱ تاسیس شد و در سال ۱۳۶۰ به مرکز تحقیقات مسکن (BHRC) انتقال یافت.
2. اولین رکورد در ۵ اسفند ۱۳۵۱ به ثبت رسید.
3. تا قبل از سال ۱۳۷۰ دارای ۲۷۴ دستگاه SMA-1
4. در حال حاضر دارای ۱۰۹۰ دستگاه SSA-2 و ۲۵ دستگاه SMA-1 است.
5. دستگاهها بیشتر در مناطق لرزه خیز، پرجمعیت و صنعتی متمرکز شده اند.
6. بزرگترین رکورد ثبت شده در زنجیران به مقدار 1g بوده است.

- ایران یکی از بزرگترین شبکه های لرزه نگاری دنیا
- شبکه لرزه نگاری کشور
- ۱- شبکه شتابنگاری (حرکت قوی): مرکز تحقیقات مسکن

www.bhrc.

- ۲- شبکه لرزه نگاری باند پهن: پژوهشگاه زلزله

www.iiees.ac.ir

- ۳- شبکه لرزه نگاری باند کوتاه: مرکز زلزله شناسی

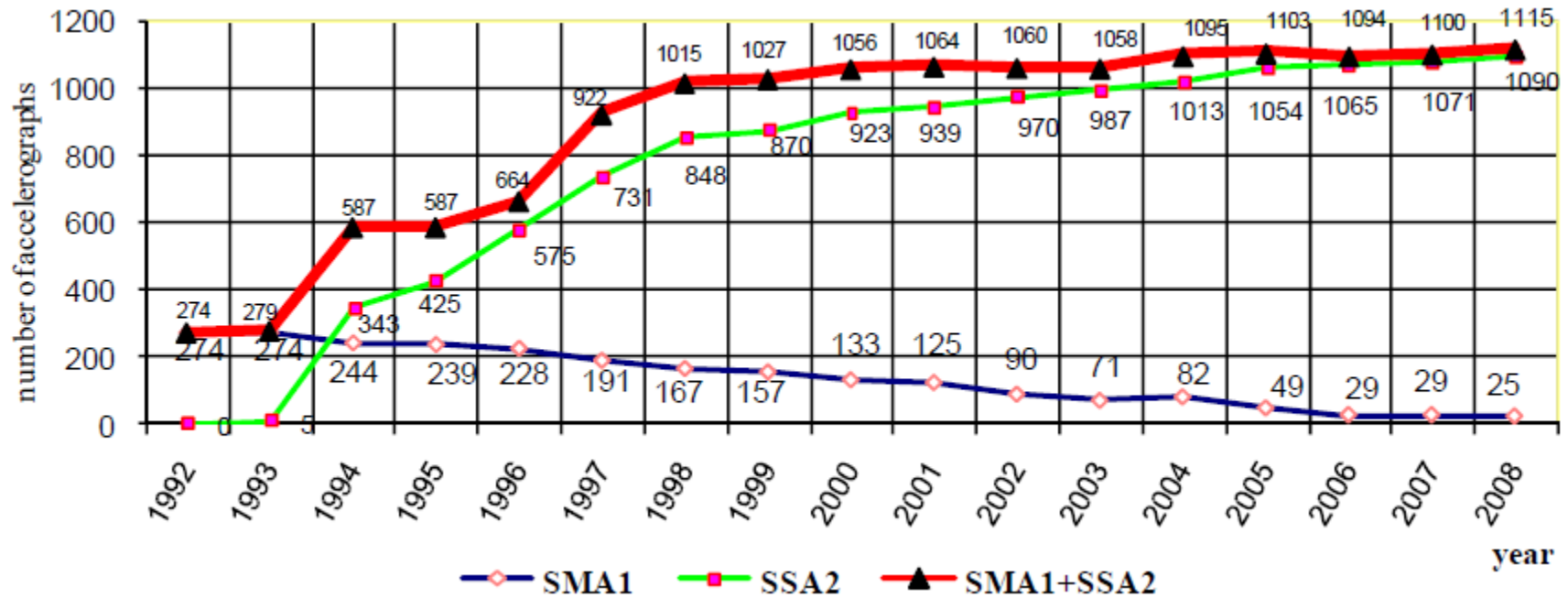
www.irsc.ut.ac.ir

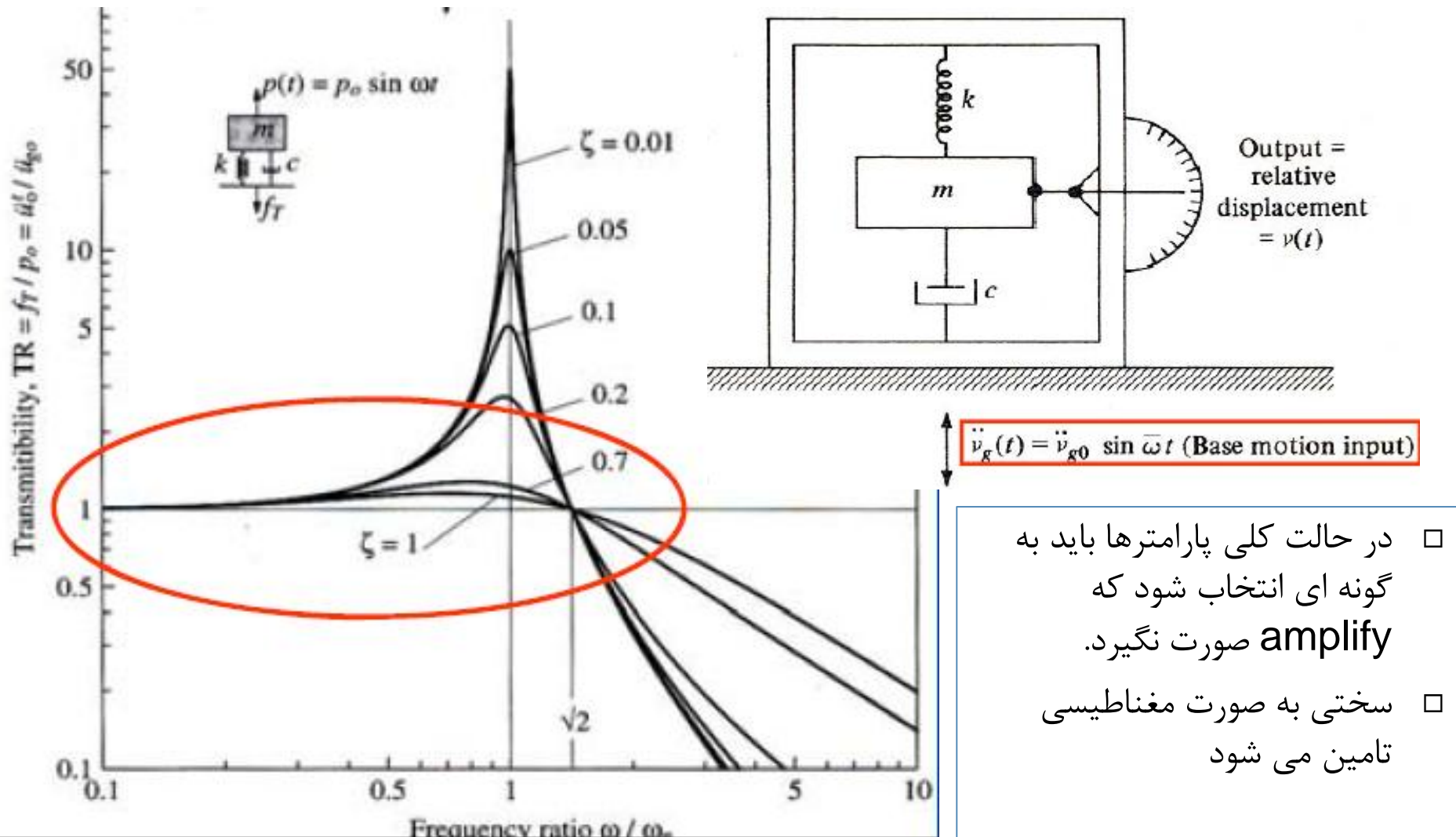
شبکه لرزه نگاری کشور

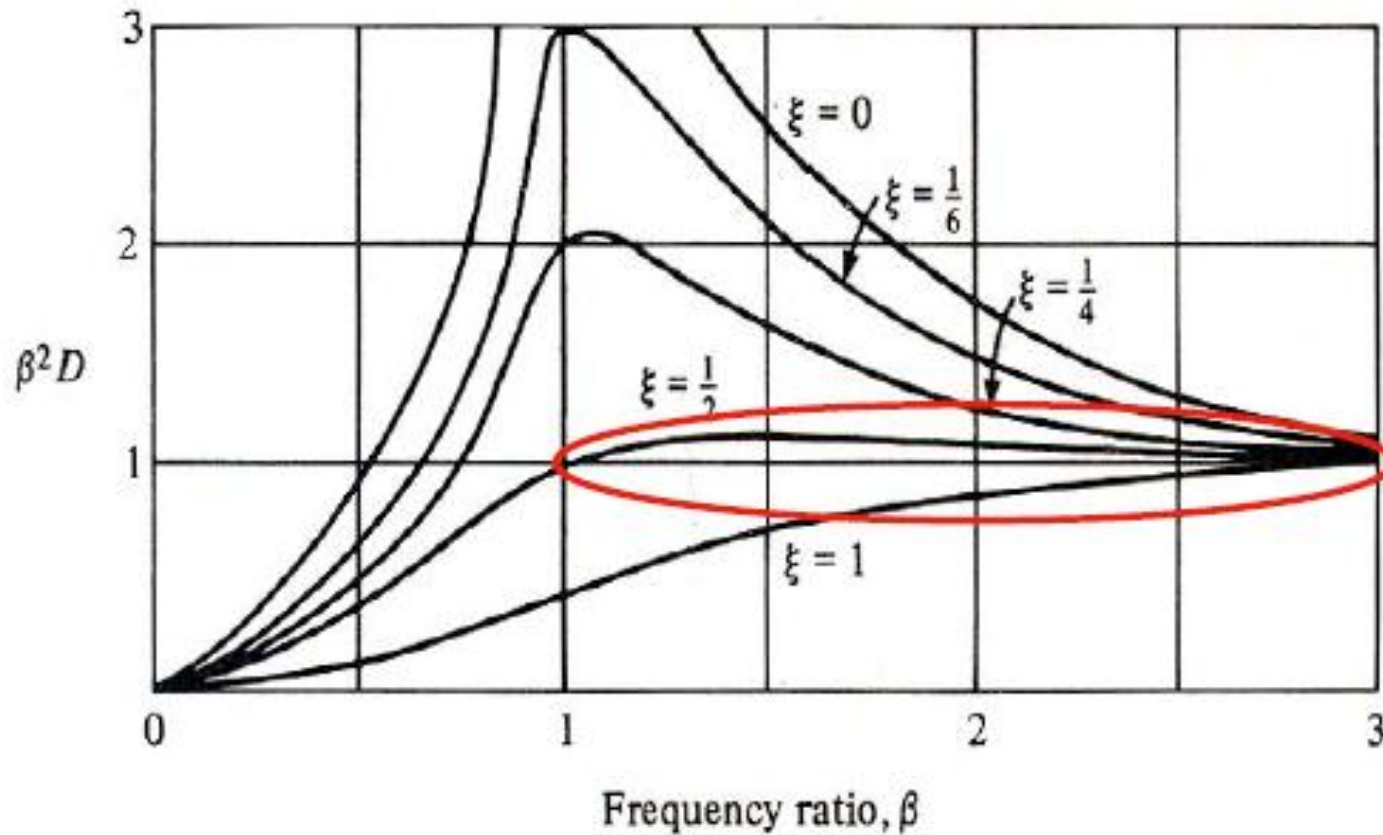
16

beheshtikhah@gmail.com

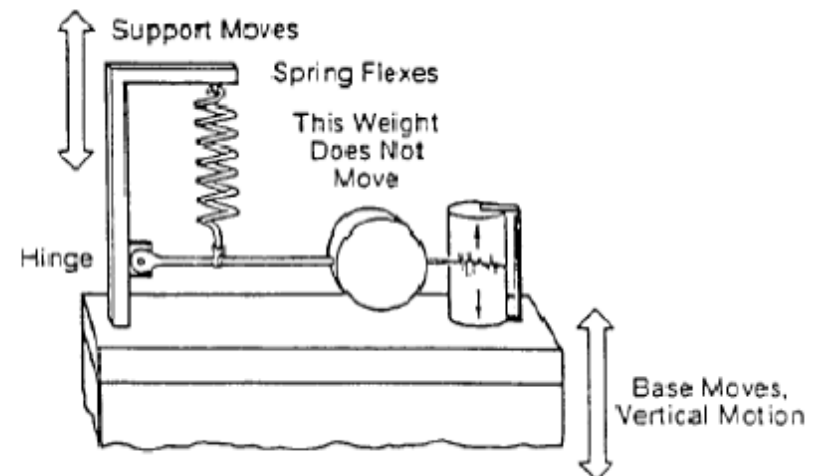
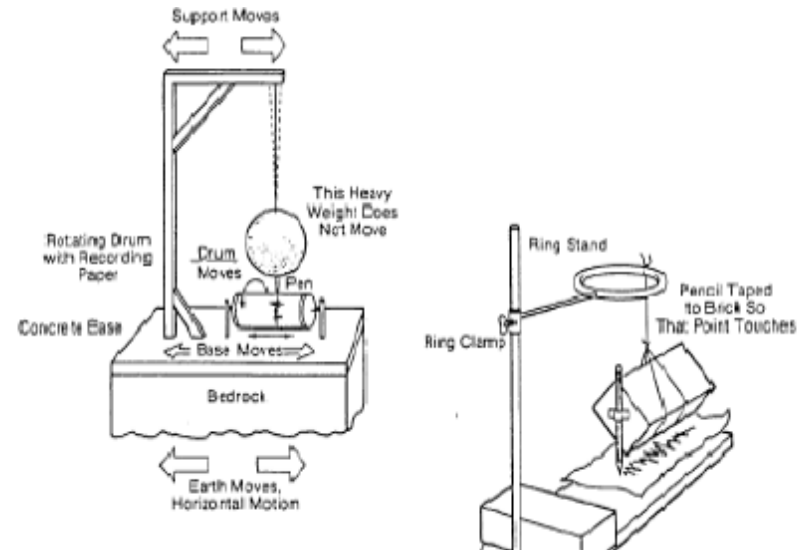
محمد حسین بهشتی خواه

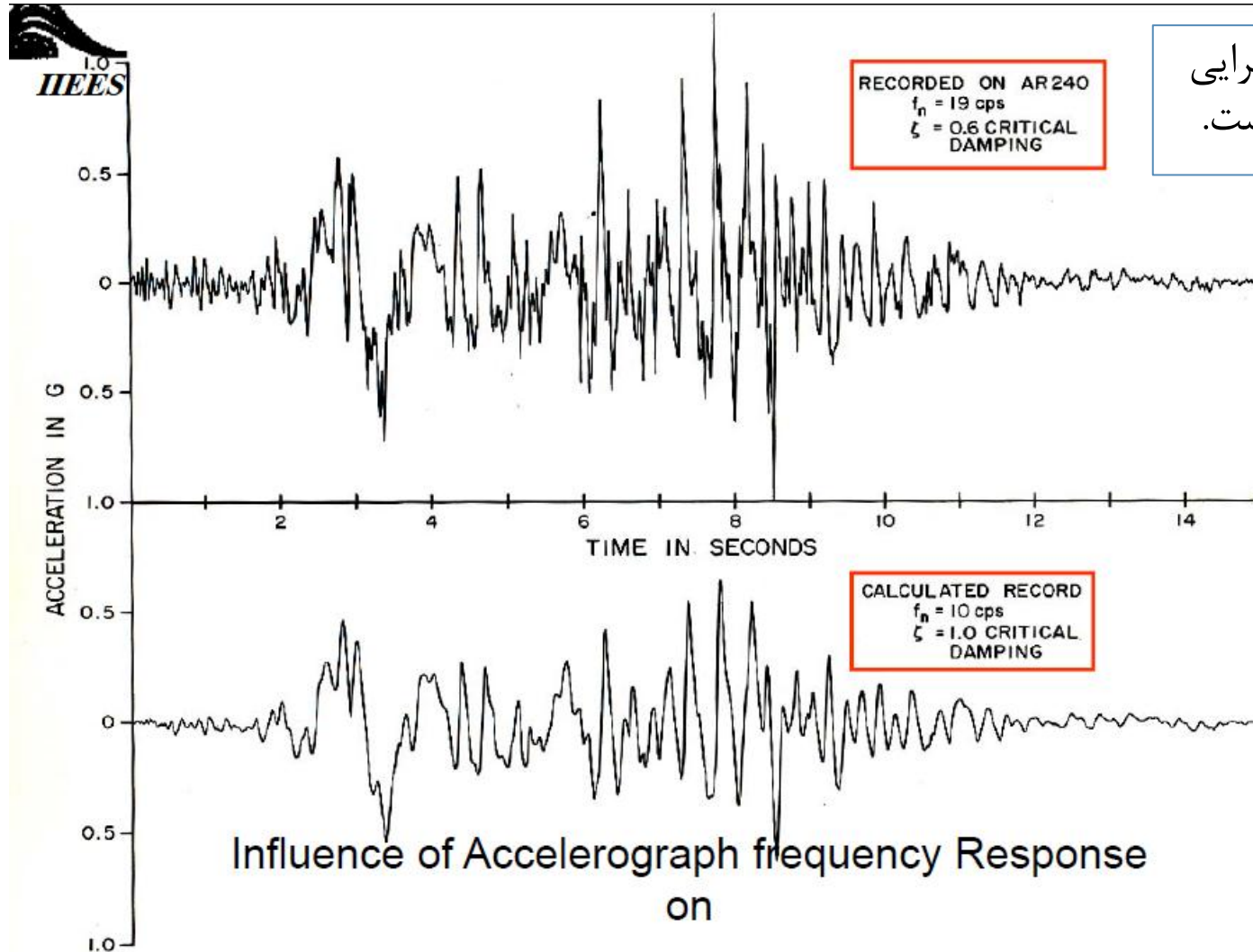






- Displacement of the pendulum is proportional to ground motion V_g
- If T of pendulum $>$ T of ground motion and if appropriate damping for the pendulum is chosen, this type of seismogram is called Displacement Seismograph or long period seismograph.
- If T of pendulum $<$ T of ground motion and if appropriate damping for the pendulum is chosen, this type of seismograph is called Acceleration Seismograph or short period seismograph.
- If T of pendulum $= T$ of ground motion and if appropriate damping for the pendulum is chosen, this type of seismograph is called velocity Seismograph





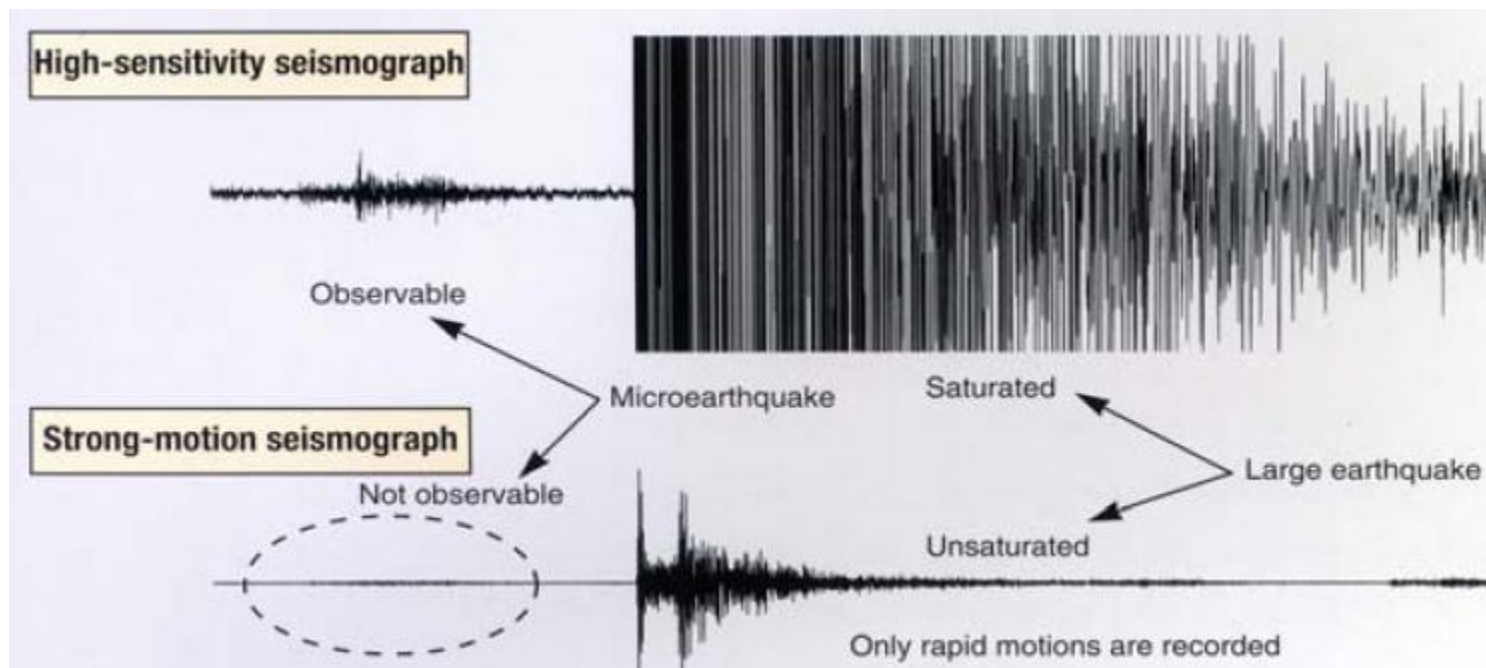
□ مقادیر پریود و نسبت میرایی
دستگاهها قابل تنظیم است.

حساسیت دستگاههای لرزه نگاره

21

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه



□ اگر زلزله بزرگ باشد، رکورد دستگاههای شتابنگار با حساسیت بالا، اشباع می شوند.

□ اگر زلزله کوچک باشد، رکورد دستگاههای حرکت قوی قابل دیدن نیست.



شتابنگار و کاربرد آن

- یک وسیله الکترو مکانیکی است که شتاب را اندازه گیری می کند. این شتاب می تواند مثل گرانش زمین، استاتیکی یا مثل شتاب زلزله، دینامیکی باشد.
- با اندازه گیری شتاب استاتیکی ناشی از گرانش، می توان زاویه دستگاه نسبت به کره زمین پیدا کرد.
- با اندازه گیری شتاب دینامیکی می توان به نحوه حرکت دستگاه پی برد.

تاریخچه

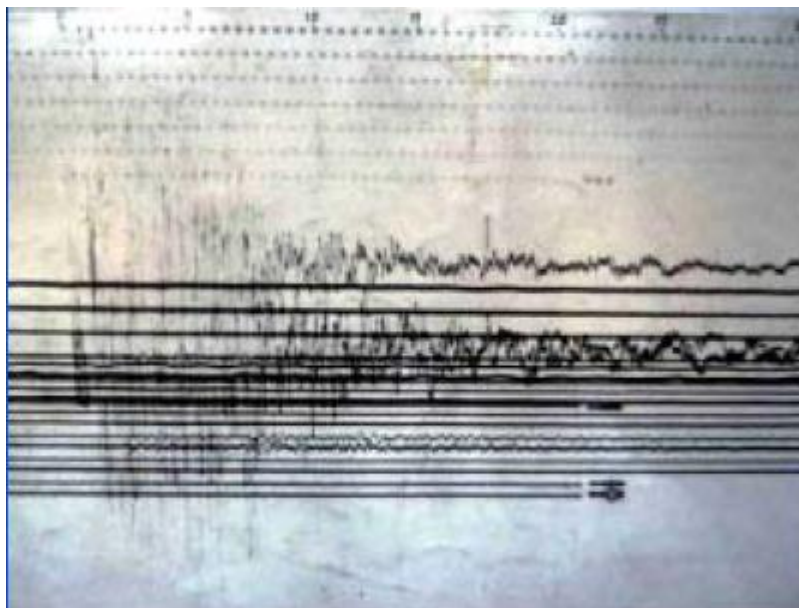
23

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه



□ اولین دستگاه شتابنگار توسط John Freeman در سال ۱۹۳۱ میلادی ساخته شد. در جولای سال ۱۹۳۲، برای اولین بار در جهان، نصب دستگاهها در نقاط مختلف آمریکا از جمله EL-Centro انجام گرفت، که در ۱۰ مارس ۱۹۳۳ اولین زلزله قوی ثبت شد.



انواع شتابنگارها

24

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ محل نصب دستگاهها

1. روی زمین (دور از سازه ها)

2. داخل زمین

3. ساختمان های کوتاه

4. ساختمان های بلند

5. سازه های مهم مثل پل ها،

سدها، نیروگاهها و ...

□ SMA-1 آنالوگ (ایران)

□ SMA-2

□ SMP-1

□ SMA-3

□ PDR-1

□ DSP-3

□ DSA-3

□ SSA-2 دیجیتال (ایران)

□ CMG-5TD

□ Guralp – پیشرفته ترین

SMA-1

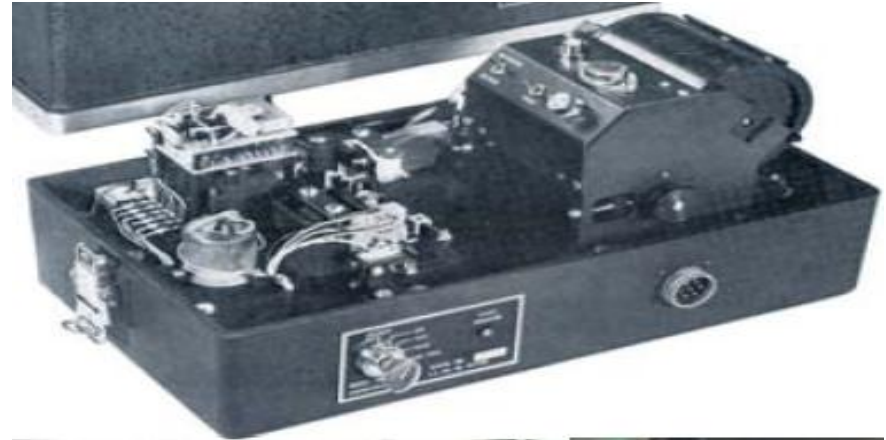
Strong Motion Accelerograph

6,000 installed in 70 countries

Dynamic Range: 0.01g to 1.0g

Natural Frequency = 25Hz

Optical Recording
on 70mm film



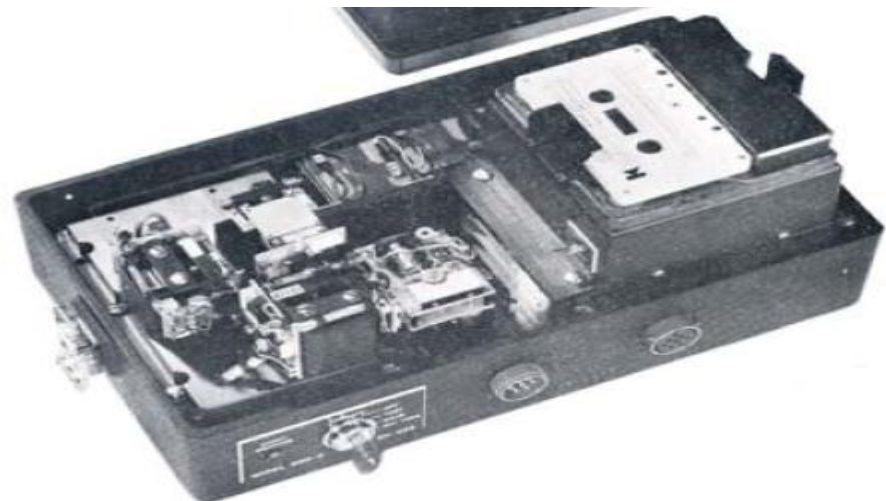
SMA-2

Strong Motion Accelerograph

Dynamic Range: 0.01g to
1.0g

Natural Frequency = 25Hz

Magnetic Tape Recording



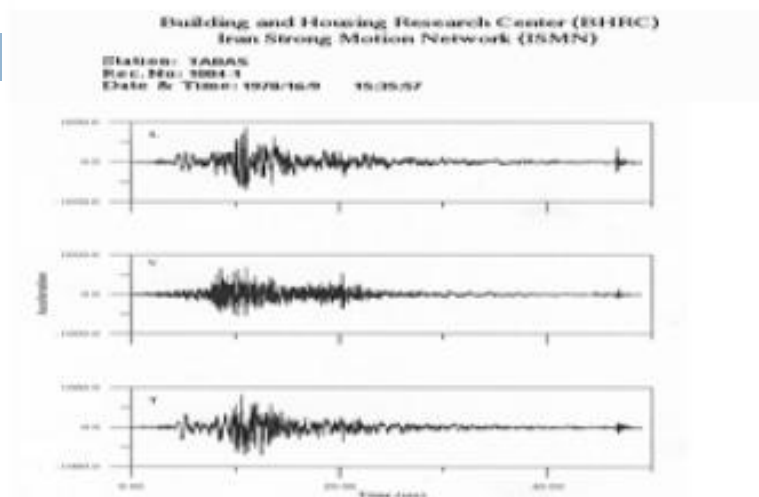
SSA-2

Full Scale Range	$\pm 1.0\gamma$. (3, 1 & 2 γ optionαλ)
Natural Frequency	50 Hz*
Bandwidth	DC to 50 Hz (3dB point)
Damping	70% critical*
Operating temperature	-20° to 70°C (0° to 160°F)

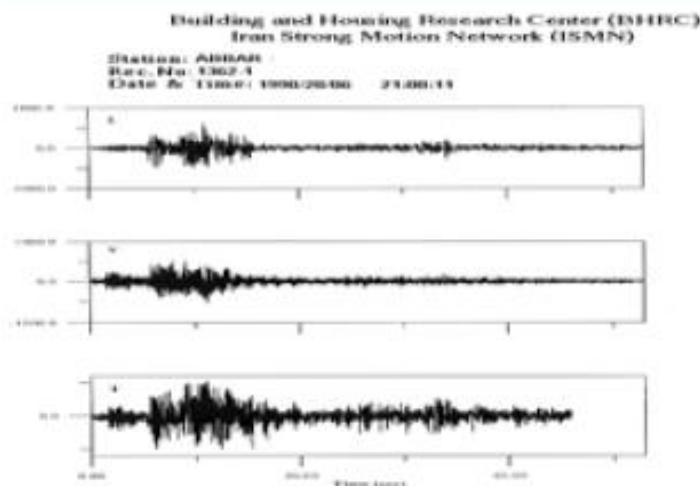


رکوردهای مهم ثبت شده با SSA-2 و SMA-1

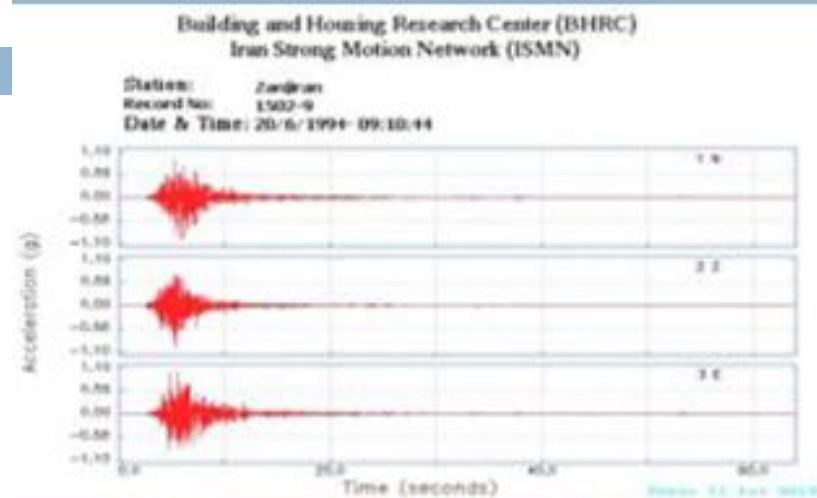
27



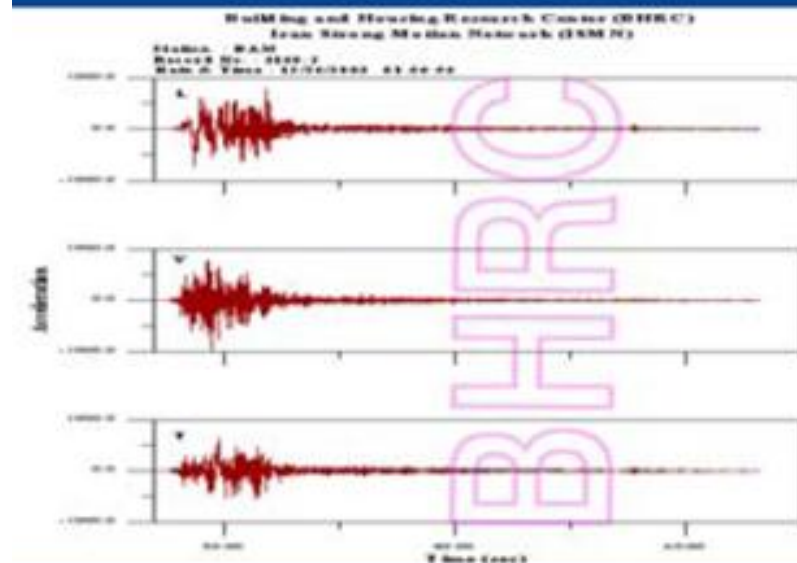
Tabas earthquake (16 September 1978)



Rudbar Earthquake (20 June 1990)



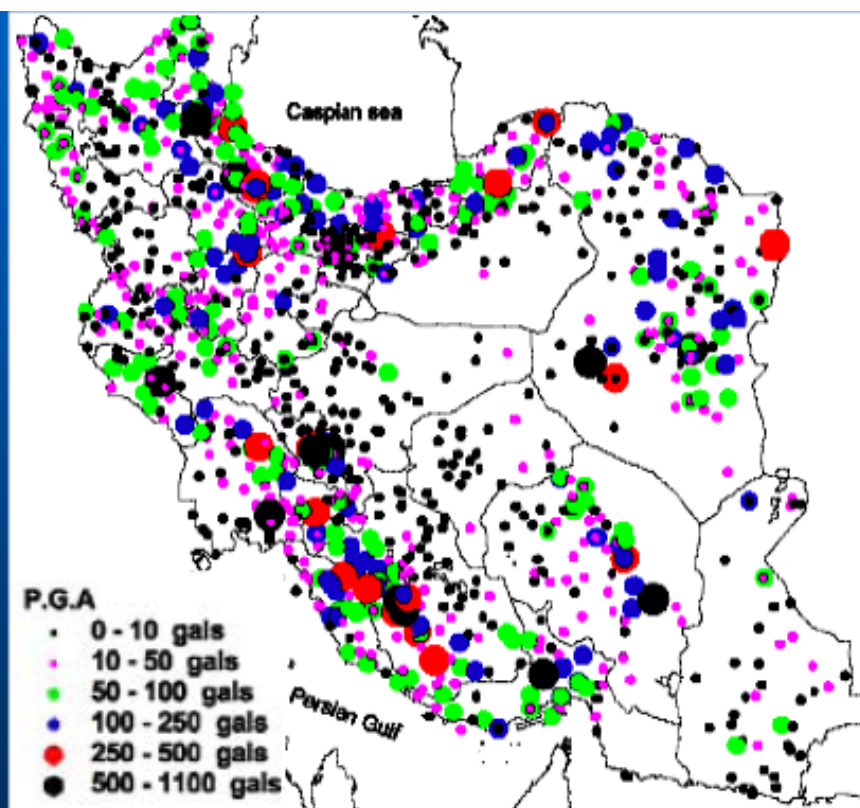
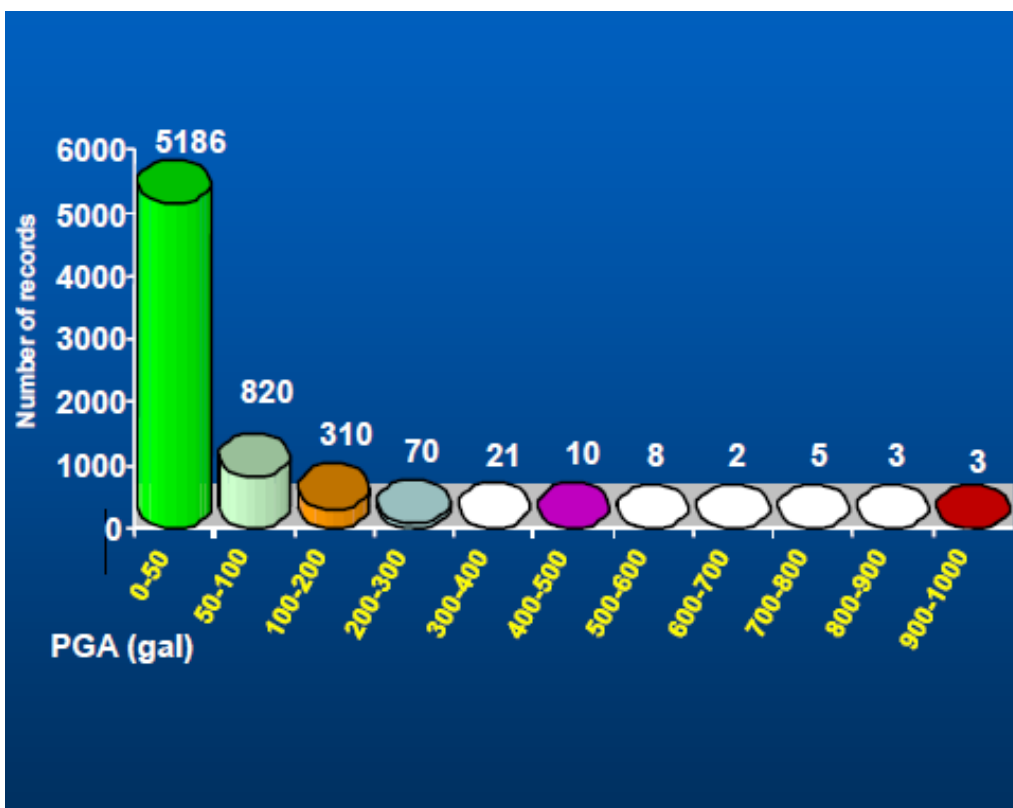
Zanjiran earthquake(June_20, 1994)



Bam earthquake (December 26, 2003)

توزیع رکورد های ثبت شده در ایران

28



شتابنگاشت ثبت شده

29

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

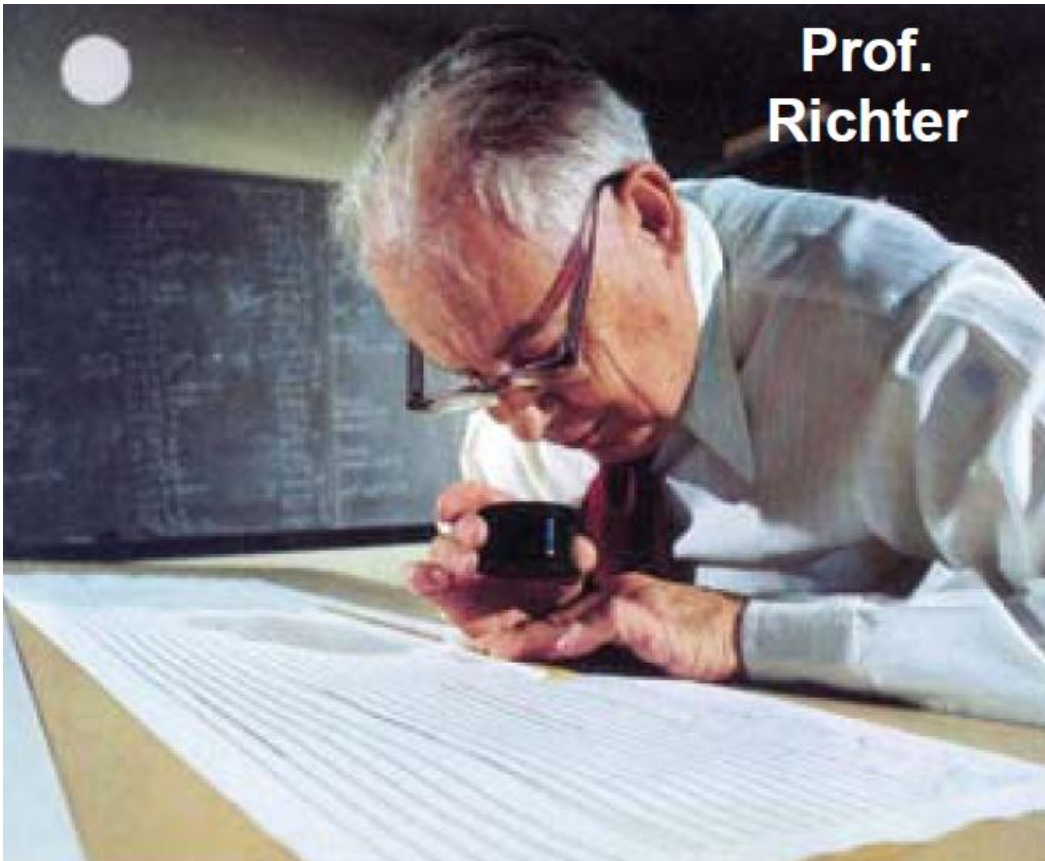
□ رکورد ثبت شده به چه پارامترهایی وابسته است؟

1. شرایط تکتونیکی

2. نوع خاک

3. توپوگرافی

4. سازه



نمونه ای از رکورد ثبت شده

30

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

