



ارتعاشات پیشا و کاربرد آن در مهندسی زلزله

در نرم افزار های

SeismoSignal و MatLab

جلسه هشتم: ارتعاشات پیشا در
سیستم های SDOF و MDOF
و مروری بر روابط آیین نامه ای و
تحلیل ریسک



مرور: حل در حوزه فرکانس

2

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ دانستیم حل سیستم خطی با روش انتگرال دوهامل (تلفیقی) به صورت زیر است:

$$x(t) = \int_0^t f(\lambda)g(t-\lambda)d\lambda$$

زمان انتگرالگیری را می توان بی نهایت در نظر گرفت، چون مقدار شتابنگاشت در بقیه نقاط صفر است. بنابراین

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\lambda)g(t-\lambda)d\lambda$$

با ضرب طرفین معادله در $e^{-i\omega t}$ و انتگرالگیری داریم:

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t}dt = \int_{-\infty}^{\infty} f(\lambda) \left[\int_{-\infty}^{\infty} g(t-\lambda)e^{-i\omega t}dt \right] d\lambda$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} f(\lambda)e^{-i\omega\lambda}d\lambda \int_{-\infty}^{\infty} g(\sigma)e^{-i\omega\sigma}d\sigma$$

$$t - \lambda = \sigma$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$X(\omega) = G(\omega)F(\omega)$$

به G تابع تبدیل محرک ورودی به پاسخ می گویند.

$$G(\omega) = \frac{1}{-m\omega^2 + i c\omega + k}$$



ارتعاشات پیشا در سیستم های SDOF

3

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ حال مباحث آماری را با دینامیکی تلفیق می کنیم. از طرفین انتگرال دوهامل E می گیریم.

$$E[x(t)] = E \left[\int_{-\infty}^{\infty} g(\lambda) f(t - \lambda) d\lambda \right]$$

□ از آجایی که فرض می شود سیستم متعین است داریم:

$$E[x(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} g(\lambda) E[f(t - \lambda)] d\lambda$$

□ با فرض مانا بودن محرک ورودی داریم:

$$E[x(t)] = E[f(t)] \int_{-\infty}^{\infty} g(\lambda) d\lambda \quad \int_{-\infty}^{\infty} g(\lambda) d\lambda = G(0)$$

□ با فرض مانا بودن پاسخ داریم

$$E[x(t)] = G(0) E[f(t)] = \text{constant}$$

□ از آنجایی که فرض می شود محرک ورودی zero mean است پاسخ نیز zero mean خواهد بود. بنابراین

$$E[x(t)] = 0$$

□ در بعضی کتاب ها محرک ورودی را با X ، پاسخ را با Y و تابع تبدیل را با H نشان می دهند. از این پس ما

$$Y(\omega) = H(\omega) X(\omega)$$

نیز از این نام گذاری استفاده می کنیم. یعنی



ارتعاشات پیشا در سیستم های SDOF

4

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ در ارتعاشات پیشا اثبات می شود.

$$S_y(\omega) = |H(\omega)|^2 S_x(\omega)$$

□ بنابراین

$$E[y^2] = \int_{-\infty}^{\infty} |H(\omega)|^2 S_x(\omega) d\omega$$

□ اگر چگالی طیفی محرک ورودی نوفه سفید باشد داریم:

$$E[y^2] = \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{1}{-m\omega^2 + ic\omega + k} \right|^2 S_0 d\omega$$

□ که این انتگرال حل بسته دارد.

$$E[y^2] = \frac{\pi S_0}{kc}$$

□ مفهوم این فرمول ها در شکل بعدی نشان داده شده است.

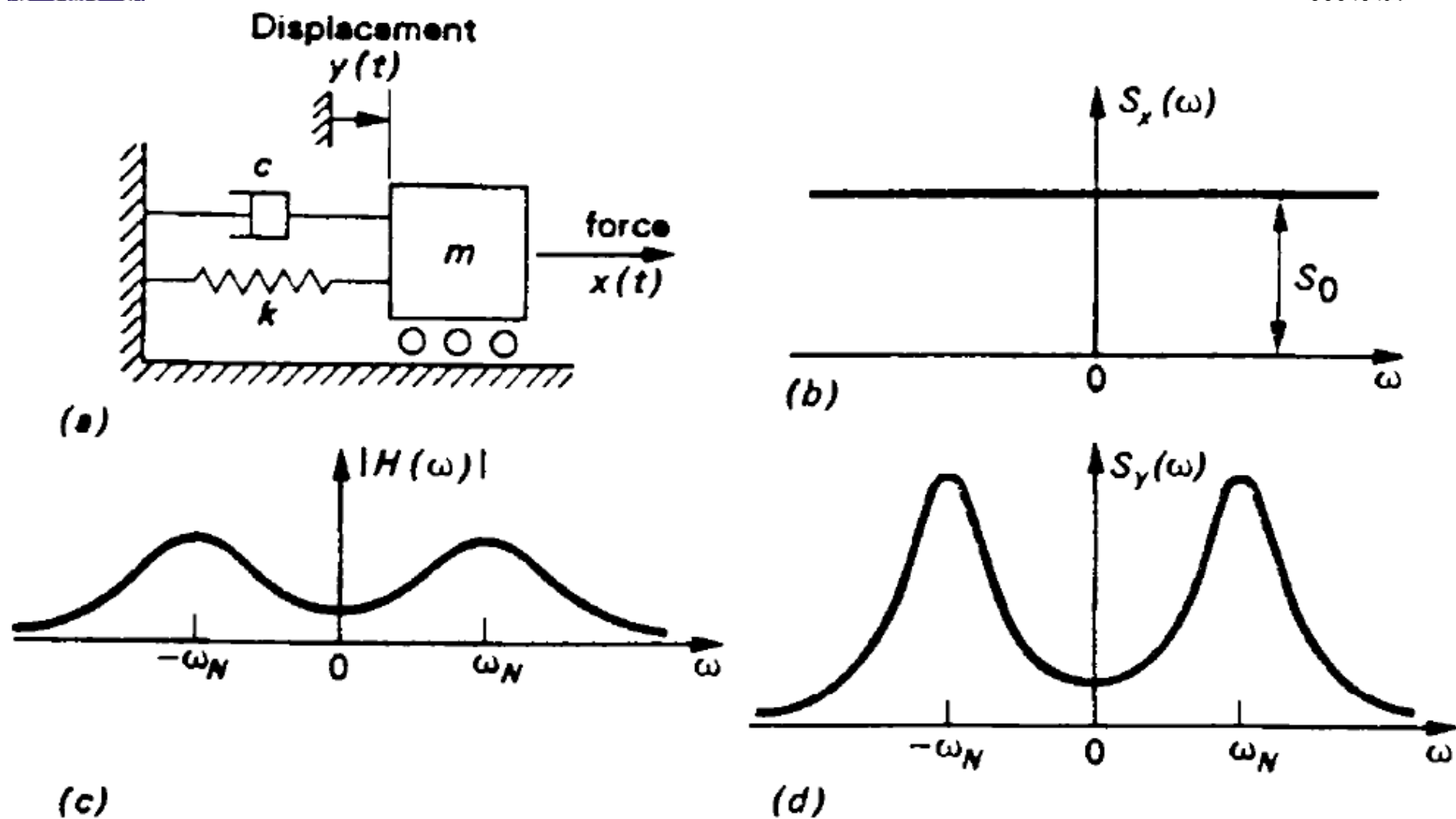


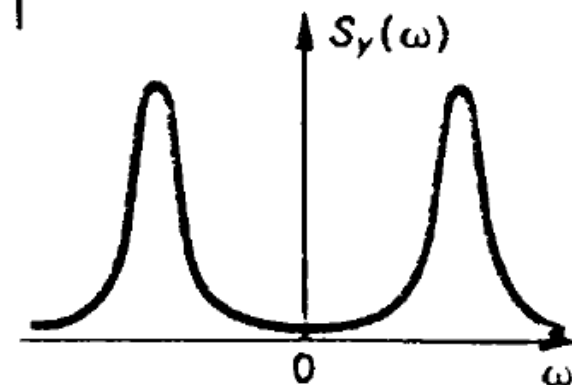
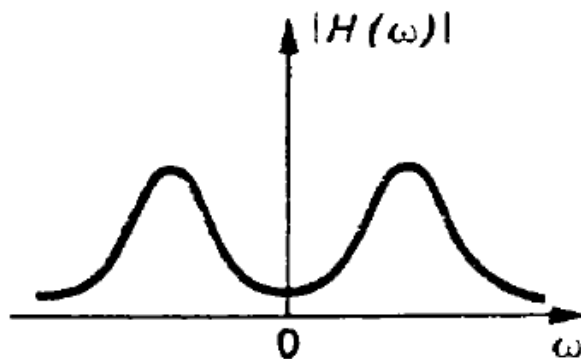
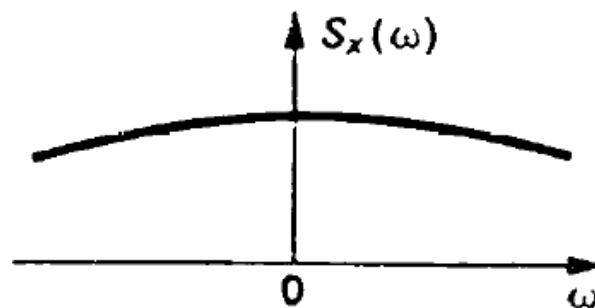
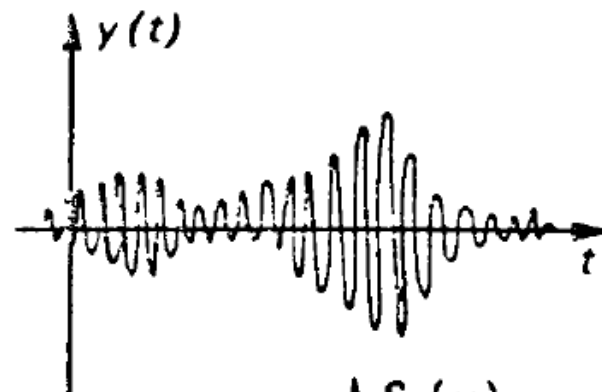
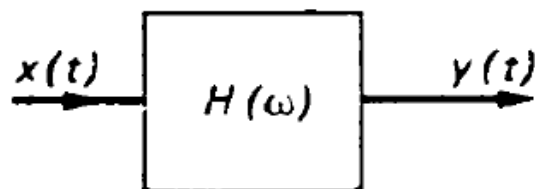
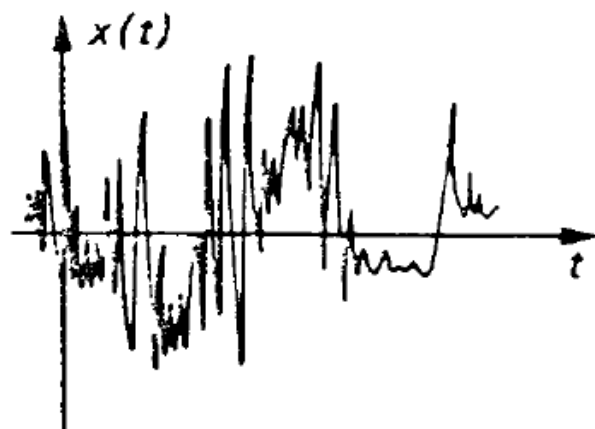
Fig. 7.2 Response spectral density $S_y(\omega)$ for a single degree-of-freedom oscillator subjected to a white noise force input $S_x(\omega) = S_0$.

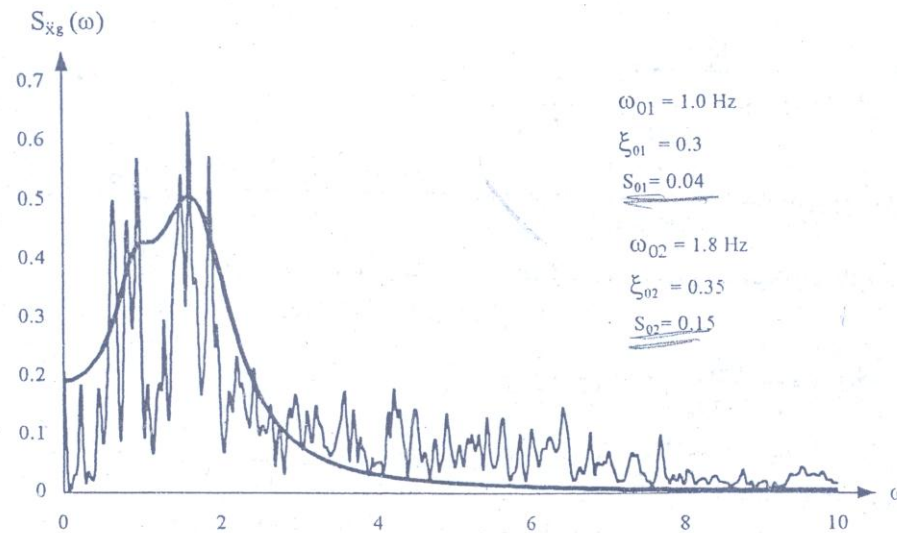
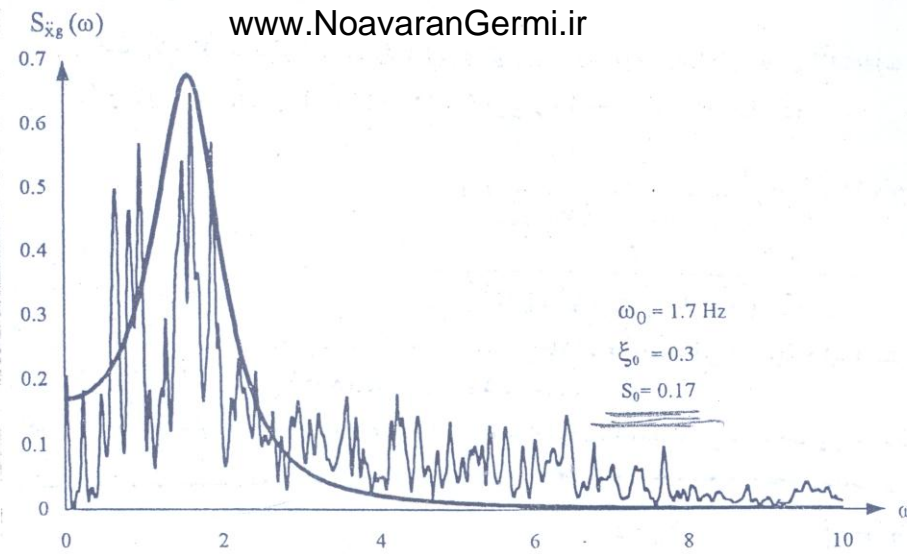
جمع بندی

6

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه





شکل (۶-۸): مدل تابع چگالی طیفی کانایی - تاجیمی سازگار با

چگالی طیفی میانگین زلزله های همپایه شده شکل (۶-۷)



ارتعاشات پیشا در سیستم های MDOF

8

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ معادله حرکت برای یک سیستم چند درجه آزادی به صورت ماتریسی نوشته می شود.

$$\square [M]\{\ddot{Y}(t)\} + [C]\{\dot{Y}(t)\} + [K]\{Y(t)\} = \{P(t)\} \quad \{P(t)\} = -[M]\{r\}\ddot{X}_g(t)$$

$$\square \{Y(t)\} = \sum_{j=1}^N \{\varphi_j\} V_j(t)$$

□ در سیستم های چند درجه آزاد خطی با میرایی کلاسیک می توان از روش آنالیز مودال استفاده کرد. در این روش معادله حرکت برای هر مود به صورت زیر نوشته می شود.

$$\square \ddot{V}_j(t) + 2\zeta_j\omega_j\dot{V}_j(t) + \omega_j^2 V_j(t) = -\gamma_j\ddot{X}_g(t) \quad \gamma_j = \{\varphi_j\}^T \{r\}$$

□ پاسخ آن از روش انتگرال دو هامل به صورت زیر خواهد بود

$$\square \{Y(t)\} = \sum_{j=1}^N \gamma_j \{\varphi_j\} \int_0^t \ddot{X}_g(\tau) h_j(t - \tau) d\tau$$

□ در حالت کلی تر

$$\square \{R(t)\} = \sum_{j=1}^N \gamma_j \psi_j \int_0^t \ddot{X}_g(\tau) h_j(t - \tau) d\tau$$

□ $\{\varphi_j\}$ بردار است ولی ψ_j می تواند بردار یا اسکالر باشد.



ارتعاشات پیشا در سیستم های MDOF

9

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ حال خواص آماری با مباحث دینامیکی ترکیب می شود (همانند آنچه که در مورد سیستم یک درجه آزادی انجام شد).

$$\square E[R(t)] = \sum_{j=1}^N \gamma_j \psi_j E[\ddot{X}_g(t)] H_j(\omega = 0)$$

□ از آنجایی که فرض می شود محرک ورودی zero mean است پاسخ نیز zero mean خواهد بود.

□ با استفاده از خاصیت خود همبستگی داریم

$$\square E[R^2(t)] = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \gamma_j \gamma_k \psi_j \psi_k \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\ddot{X}_g}(\omega) H_j^*(\omega) H_k(\omega) d\omega$$

□ که حالت تعمیم یافته یک درجه آزادی است. اعضای قطری و غیر قطری را جدا می کنیم.

$$\begin{aligned} \square E[R^2(t)] &= \sum_{j=1}^N \gamma_j^2 \psi_j^2 \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\ddot{X}_g}(\omega) |H_j^*(\omega)|^2 d\omega \\ &+ \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{k=j+1}^N \gamma_j \gamma_k \psi_j \psi_k \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\ddot{X}_g}(\omega) H_j^*(\omega) H_k(\omega) d\omega \end{aligned}$$



ارتعاشات پیشا در سیستم های MDOF

10

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ که با انجام یک سری عملیات جبری به صورت زیر در می آید:

$$\square E[R^2(t)] = \sum_{j=1}^N R_j^2 + 2 \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{k=j+1}^N R_{jk}$$

□ که در آن

$$\square R_j^2 = \gamma_j^2 \psi_j^2 \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\ddot{X}_g}(\omega) |H_j(\omega)|^2 d\omega$$

$$\square R_{jk} = \gamma_j \gamma_k \psi_j \psi_k \int_{-\infty}^{+\infty} S_{\ddot{X}_g}(\omega) N(\omega) |H_j(\omega)|^2 |H_k(\omega)|^2 d\omega$$

$$\square N(\omega) = (\omega_j^2 - \omega^2)(\omega_k^2 - \omega^2) + 4\zeta_j \zeta_k \omega_j \omega_k \omega^2$$

□ با استفاده از همبستگی مودها داریم (اولین بار در سال ۱۹۶۹)

$$\square R_{jk} = \rho_{jk} R_j R_k$$

□ در ۴۵ سال اخیر فرمول های مختلفی برای محاسبه ضریب همبستگی ارائه شده است که همگی آن ها با فرض نوفه سفید برای محرک ورودی بوده است. در کورگیان (ایرانی-دانشگاه ایلینوی) در سال ۱۹۸۱ این رابطه را با فرض برابری میرایی های مودی به صورت زیر به دست آورد.

ارتعاشات پیشا در سیستم های MDOF

11

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

$$\rho_{jk} = \frac{8\zeta_n^2 r^{3/2}(1+r)}{(1-r^2)^2 + 4\zeta_n^2 r(1+r)^2}$$

□ که در آن

$$\zeta_n = \zeta_j = \zeta_k \quad \text{و} \quad r = \frac{\omega_k}{\omega_j} \quad \text{و} \quad r = 1 \Rightarrow \rho_{jk} = 1$$

□ که به این روش CQC (Complete Quadratic Combination) می گویند. که در آیین نامه ۲۸۰۰ مورد استفاده قرار گرفته و برای سازه های منظم و برشی روش ساده و قابل قبولی است.

□ در حالت کلی این ضریب تابعی از مشخصات سیستم و محرک ورودی است. ولی بیشترین ارتباط را با نسبت فرکانس های مودی دارد. به طوری که هرچه این فرکانس ها به هم نزدیکتر باشد، همبستگی بیشتر بوده و در نظر گیری اندرکنش مودها لازم تر می باشد.

□ لازم به ذکر است که جمله مربوط به اندرکنش مودها معمولاً منفی است و عملکرد کاهشی دارد.

□ در صورتی که جمله مربوط به اندرکنش مودها حذف شود، روش SRSS به دست می آید.

□ محتمل ترین مقدار پاسخ از جذر $E[R^2(t)]$ به دست می آید (صفحه ۱۱۰ از آیین نامه ۲۸۰۰ - ویرایش ۳).



جمع بندی

- تا به این جا دو روش تاریخچه زمانی و طیفی مورد بررسی قرار گرفت. در این دو روش لازم است مشخصات سازه کاملاً معلوم باشد، بنابراین برای طراحی اولیه سازه ها مناسب نیستند.
- در ادامه روش استاتیکی (شبه استاتیکی یا شبه دینامیکی) مورد بررسی قرار می گیرد که تنها روش برای طراحی اولیه سازه هاست (حتی برج میلاد!).
- روش تحلیل طیفی تا به امروز تنها برای تحلیل خطی سازه ها امکان پذیر است.
- روش تاریخچه زمانی تنها برای یک زلزله خاص قابل انجام است و همانند روش طیفی نمی توان مجموعه ای از زلزله ها در طیف ورودی در نظر گرفت (در عمل تنها ۱۰ درصد از سازه ها با این روش تحلیل می شوند).



روش استاتیکی معادل-تاریخچه

13

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- تا اوایل قرن بیستم نیروهای زلزله در طراحی سازه ها دیده نمی شد. ولی بعد از زلزله سینارجیو ایتالیا نیروی زلزله به صورت یک نیرو در زیر سازه متناسب وزن سازه در نظر گرفته شد. این موضوع در مثال زیر نشان داده شده است.



$$V_b(t) = f(t) = m\ddot{X}_g = \frac{W}{g}\ddot{X}_g = \frac{\ddot{X}_g}{g}W = C.W$$

- تلاش برای محاسبه ضریب C قدمتی صدساله دارد.
- تا قبل از سال ۱۹۸۱ این ضریب با تجربه در نظر گرفته می شد. از سال ۱۹۸۱ که رفتار دینامیکی سازه ها شناخته شده بود، این ضریب به صورت زیر در نظر گرفته شد.

$$C = \frac{ABI}{R}$$

- در این فرمول A شتاب مبنای طرح (با توجه به میزان لرزه خیزی منطقه)، B ضریب بازتاب (پاسخ) سازه (با توجه به مشخصات دینامیکی سازه و نوع خاک)، I ضریب اهمیت سازه (با توجه به سطح خطر مورد نظر) و R ضریب رفتار سازه (با توجه به شکل پذیری و ... سازه)
- ضرایب A و I از تحلیل خطر به دست می آید که در ادامه مرور می شود.
- این روش تنها برای سازه های منظم و برشی قابل استفاده است.

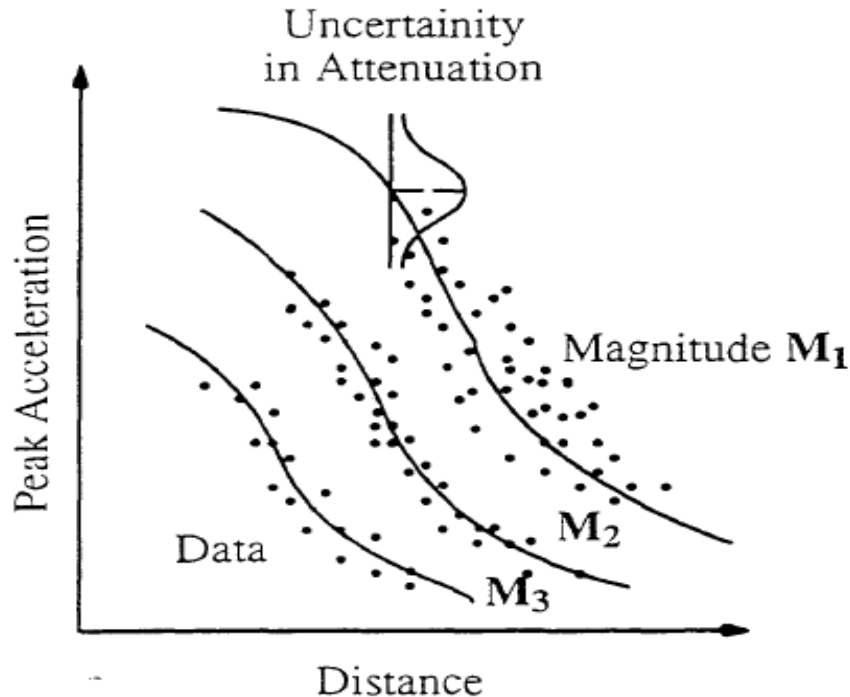
مروری بر تحلیل ریسک

14

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- هدف از تحلیل خطر برآورد خطر زلزله در آینده بر اساس نتایج گذشته است. برای این منظور یکی از پارامترهای شتابنگاشت مثل PGA انتخاب شده و احتمال وقوع آن با توجه به زلزله های گذشته و گسل های فعال محاسبه می شود، که در نهایت نمودار منحنی خطر (Hazard Curve) به دست می آید.
- برای این منظور لازم است رابطه ای بین PGA در محل سایت (در سطح زمین) و پارامترهای موثر بر آن مثل فاصله از گسل، بزرگی زلزله و نوع خاک و ... پیدا کرد. از آنجایی که مقدار PGA با افزایش فاصله کاهش می یابد به آن رابطه کاهندگی می گویند.



- برای پیدا کردن این رابطه لازم است تمام زلزله های موجود در منطقه موردنظر (به شعاع ۱۰۰ تا ۵۰۰ کیلومتر) در نظر گرفته شود. توجه شود که نیازی به شتابنگاشت این زلزله ها نیست و تنها مشخصات آن ها کافی است.
- روابط آماده کاهندگی نیز برای مناطق مختلف وجود دارد (مثل رابطه آشتیانی-زارع).

Major Active Faults of Iran

Khaled Hessami, Farshad Jarnali & Hadi Tabassi
Seismotectonic Department, Seismology Research Centre

Edition: 2003

The active faults of Iran are direct indicators of active crustal deformation due to the on-going continental collision between Arabia and Eurasia. Since Quaternary stratigraphy and geomorphic methods in the study of active faulting, except in very recent years, have been limited to the study of the surface expression and the scarcity of available earthquake data. However, this becomes difficult when studying structurally complex and inhomogeneous collision region such as Iran in which seismicity is not the result of the activity of a few faults but it is due to fault activity in the whole country. In this paper, the active faults of Iran are classified according to the inaccuracy of the macroseismic data of the area, the source of some of the earthquakes have been related to more than one fault. Additionally lack of accurate data for the active faults of Iran is due to the lack of accurate data of active faulting in the area. Obviously even the assumption of highly accurate seismic data will not suffice unless to locate all existing active faults. This is mainly due to: 1) the lack of accurate data of active faults in the Zagros region; 2) the lack of accurate data occurring in the Zagros region; and 2) the gradual movement along many active faults over a long period of time is the result of a creep response which does not result in a

Figure 4. Overview of the distribution of major active faults of Iran and demonstrates the relationship between the slip velocities and compressive axis of the faults. The slip velocities are the average of the eastward and northward velocities in different areas of Iran.

Active faults in Zagros are blind and the focal mechanism solutions of the earthquakes in this region are not sensitive to the presence of the thrust and strike-slip faulting in its basement. Whereas in the rest of the country most active faults are strike-slip faults. The slip velocities of the faults in the northwestern, north-eastern and central Iran imply dominance of strike-slip faulting in a transverse region. Conversely, active faults of Azerbaijan (NW Iran) are transpressive. The locations of individual active faults is difficult. Aside from raised terraces in the shores of the Oman Sea, relocation on active faults in the Makran region is scarce. Also, the locations of faults in the north-eastern and north-western Iran and the individual active faults are yet to be studied. With the current level of information on the faults of Iran, it is not possible to make a generalization about the faults in the entire country. However, it can be generally stated that, in most cases a transpression region governs the active faulting in Iran.

Based on the above discussion, the following conclusions can be drawn:

ACTIVE FAULTS
An active fault is defined as a fault which has moved repeatedly in recent geological time and has the potential for reactivation in the future. Virtually all major faults in Iran are active and thus have great seismic potential. Since study of active faults has not been detailed enough in Iran, and since some damaging earthquakes with magnitude less than 6.5 may not leave ruptures on the ground surface we can not be certain that an area without active faults is completely free of earthquake risk.

Earthquake Faults
During the last 5000 years, surface ruptures associated with large earthquakes have appeared and documented in various places in Iran. Most of these ruptures occurred along the active faults which have moved repeatedly in the Quaternary, thus constituting evidence that these active faults have the potential of reactivating in the future.

Seismogenic Fault
An underground fault which generates an earthquake can be called a seismogenic fault in order to distinguish it from an earthquake fault. This type is seismically identified.

Documented Quaternary Fault: This type is recognized to be active based on observation of offset Quaternary landforms, however, they are not known to be seismically active. This could be due to very long recurrence interval along these faults or resulted from creeping, which continuously move slowly without necessarily causing earthquakes.

EARTHQUAKE DATA

The earthquake data are compiled primarily from the catalogue of centroid moment tensor solutions (CMT), which is nearly complete over the interval 1976-2002 for earthquakes greater than $M_w = 5.5$. All earthquakes with magnitude $m_b \geq 5.8$ or greater that occurred during the period 1948 to 1976 in the area are taken from Chandra (1990). The solutions denoted by numerals are from Q. Shirokova (1962); Q. Isakov (1990); R. Shikharova (1967); and Q. Isakov & M. Kozlov (1986).

Focal Mechanism Solutions

Assignment of Fault Planes
Mechanism solutions for strike-slip faults indicate two steep nodal planes for all cases. The trend of the fault planes when earthquakes are associated with surface ruptures is known from the offset following recent earthquakes. However, it can be known from distribution of aftershocks. Thus there is no ambiguity between the fault

plane and the auxiliary plane in these cases. There is, however, inherent ambiguity between the fault plane and the auxiliary plane when earthquakes have mechanism solutions with a predominance of thrusting and when both nodal planes have nearly the same azimuth, such as most of the mechanism solutions of the earthquakes associated with the Zagros and the observed faults. For these cases the fault plane is known from geological observations and the auxiliary plane is known from the focal mechanism solutions. The auxiliary plane with shallower dip is assumed to be the fault plane. This is in agreement with the northeast dipping structures observed in the Zagros Mountains.

Slip Vectors The slip vector of mechanism solutions for which the fault planes are identified, generally indicate a broad convergence zone in Iran. This convergence is in many cases resulted in oblique motion of crustal material with respect to the trend of the seismic zone. However, the slip vectors of strike-slip and thrust-slip earthquakes indicate that the convergence is partitioned into pure strike-slip motion and pure thrust faulting. Such partitioning can be seen along the Rudbar, Golbaf-Sirch and Main Kopeh-Dagh fault zones. The slip vectors for strike-slip faults in central Iran and Azarbadjan (NW Iran) indicate lateral expulsion of crustal material due east-northeast. However, we could not assign slip vectors to the mechanism solutions of earthquakes associated with the Central Tind Zone, as precise location of epicenters is not known with respect to the location of the seismogenic faults.

Compressive Axis
The direction of the horizontal projection of the maximum principal stress deduced from the focal mechanism solution of the area's earthquakes reveals a characteristic regional stress field along the colliding boundary. However, the distribution of horizontal compressive stress axes in different parts of Iran indicates

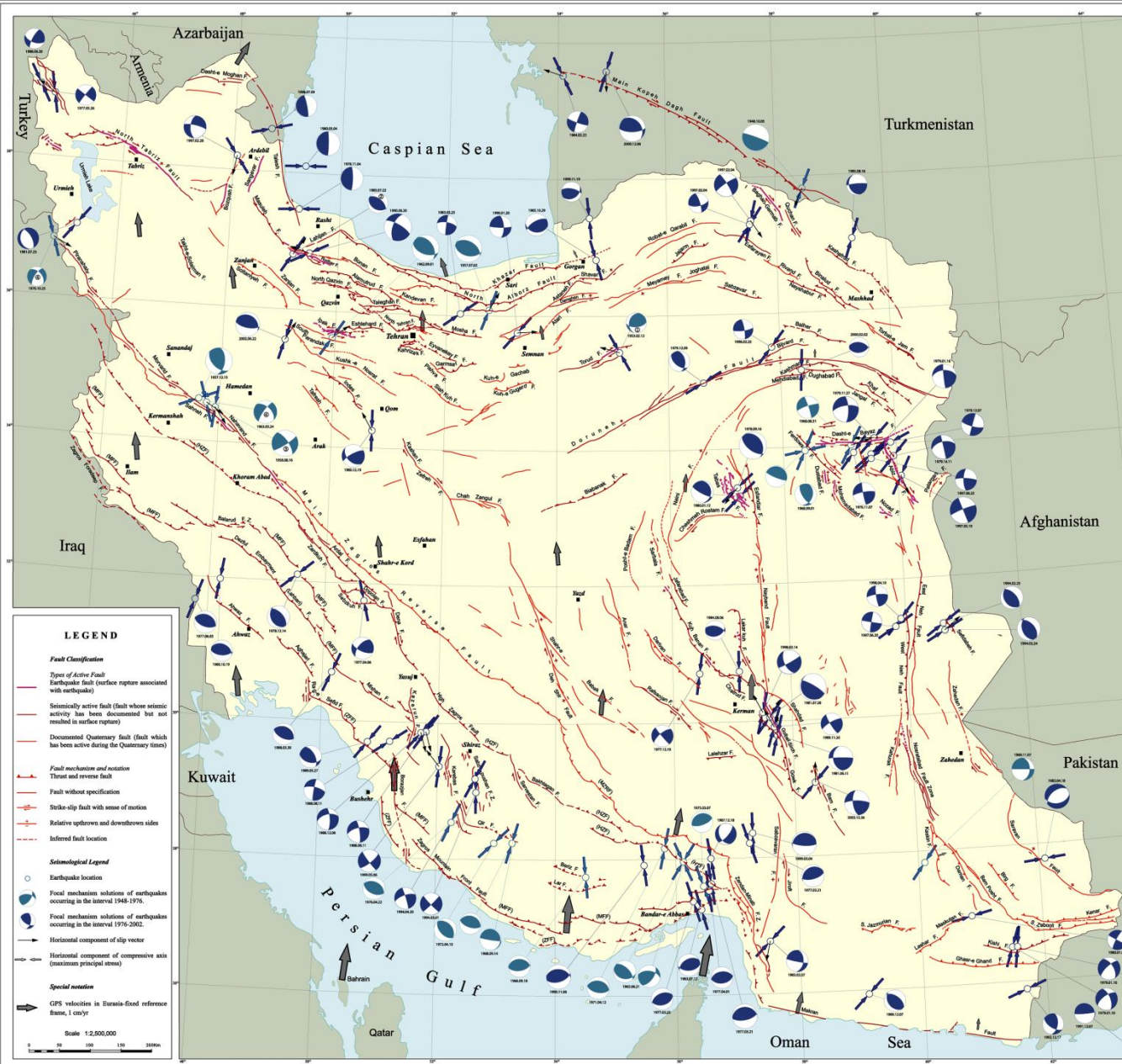
that the focal stress field is not everywhere consistent with the relative motion of the plates. The compressive axes for the earthquakes along the Zagros and the central Iran are approximately N-S, parallel to relative motion of the two plates. However, they are NE-SW for the vast majority of earthquakes in Iran, which is not consistent with the direction of relative plate motion. For the earthquakes in the Zagros Mountains and the Kopet-Dagh region, the compressive axes have roughly a N-NE direction, and on the average, they are nearly perpendicular to the trend of the plate boundary. The compressive axes for earthquakes along the north-southern part of the Zagros deviate from NE to NW but remain perpendicular to the trend of the geological structures. The compressive axes determined for the earthquakes in southwestern corner of the Caspian Sea, which all belong to the north-south trending seismic zone, have E-W trend.

GPS VELOCITIES

GPS horizontal velocities are illustrated for the Iranian GPS stations in Eurasia-fixed reference frame for the period 1999–2001 (adopted from Niloufarban et al., 2003). Preliminary motion estimates show that Arabia moves at 23–25 cm/yr due north relative to Eurasia. However, deformation is distributed differently over several active deforming zones. In eastern Iran shortening is distributed over the Makran subduction complex (up to 1.8 cm/yr) and the Kopet Dagh Mts. (about 0.5 cm/yr). To the west, shortening is distributed over the Zagros (about 0.8 cm/yr) and Alborz Mts.

REFERENCES

This map is based on Ambraseys & Melville, 1982; Berberian, 1976, 1994, 1995; Chandra, 1984; Dziwiewski et al., 1981; Hessami & Jamali, 1996; Huber, 1977; Mohajer-Ashjai et al., 1982; Nilfouzan et al., 2003 and other published sources and available data up to 2003.



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

شه گسله‌های فعال ایران

خالد حسامی، فرشاد جمالی، هادی طبسی
گروه نژاد زمین ساخت - پژوهشکده زلزله شناسی

1542

در این مقاله با استفاده از روش‌های آماری و مدل‌های ریاضی، به بررسی تأثیر تغییرات دما و رطوبت بر رفتار مکانیکی بتن در شرایط محیطی مختلف پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که افزایش دما منجر به کاهش مقاومت فشاری بتن می‌گردد، در حالی که افزایش رطوبت منجر به افزایش مقاومت می‌گردد. این یافته‌ها می‌تواند در طراحی و ساخت سازه‌های بتنی در مناطق با شرایط آب و هوایی مختلف، به کار گرفته شود.

است که یک یوگک هاترین از هر طری زمای اخیر شمسی (اکتوبر ۱۹۷۳) به
 قریب ۱۰۰ کیلومتر از ایدر داشتند و تمام کرم‌های اصلی و بزرگ ایران فعل و باقی‌مانده
 را در این زمان از کرانه‌های شمالی و جنوبی دریای خزر به سوی شمالی‌ترین نقطه‌های
 شرقی، دره‌های مغرب به سوی شرقی و در ۱۹۷۵ به کیلومتر حورانه بودند. باید ملاحظه
 کرد که گسل‌های شمالی‌ترین نقطه‌های شرقی از خط ایران بودند. گسل‌های شمالی ایران به سه

مجموع زمین که در طی زمین‌آزاده‌های بزرگ ۵۰۰ مایه اخیر در مناطق مختلف ایران ایجاد
شود. بیشتر گسیختگی‌های شامشایی شده در طول گسل‌های شمالی روی داده‌اند که به
مر جلیه جا شده‌اند. این واقعیت گویای آن است که این گسل‌های زمین‌آزاده‌ای، پتانسیل
بسیار بالایی دارند.

باعث ایجاد زمین لرزه می شود. ولی با گسیختگی سطحی همراه نمی باشند. گسل لرزه را دسته از گسل زمین لرزه ای متمایز شوند. در شتابی، این دسته از گسلها از لرزه خیزی

گروه از گسلها برپایه مشاهده جابه جایی موارض سطحی کوئرتز استوار است. شاعدری گسلها درست نیست. این موضوع می تواند ناشی از دوره بازگشت بسیار طولانی زمین لرزه

این اثر نقشه عمدتاً از تعلق زمین لرزه های بزرگتر از ۵-۶ به مناطق مستطیل از کانالهای CMT ۷۰۰-۷۵۰ تقریباً کابل است، به دست آمده است. تمام زمین لرزه های بزرگتر از ۵-۶ به این زمین لرزه های بزرگتر از ۵-۶ (۷۵۰) تقسیم گردیده است. متکلم های با

مکتبیسیم یهینه های فعال نژده ای، حل مکتبیسیم کاکونی زمین نژده های روی، داده هر

از زمین آروزه های مربوط به گسلهای امتدادافز در تمام موارد، دوسطح خستگی پرتیب را

به میکروس کپولی تعیین نمود. در جریان صورت، پس از سه ماه می توانست روند صفحه گسلی را در این موارد هنگام تمیز بین صفحه گسلی و صفحه فرضی از پیش وجود ندارد؛ ولی زمین-بال اینها را نوع ترانسمی می یابند و همچنین روند صفحات گسلی را در فرعی تقریباً از یک طرف به طرف دیگر می بینند و فرض به خودی خود ممکن است نظیر این مورد را می توان در این مسئله نمود. برای این موارد، گسلی را در روی ساختارهای زمین شناسی مسئله در این مثال، در زاگرس هنگام کم شبیه گسلی فرض می شود. این فرض با فرض این که در سمت شمال شرقی دریا بزرگ مغالط دارد.

[illegible]

مطابق با این متنی واکسرس الفانی می گفتند: «تعبیر نمودن

[illegible]

حرکت افقی ایستگاههای GPS ایران در یک سیستم مختصاتی که مرکز آن در بوی صفحه گردیده برای یک دوره "دوازده" (۲۰۰۱-۱۹۹۹) تصویر کشیده شده است. دلیل فروپاشی در اولیه از حرکت مشاهده شده نشان می دهد که تغییرات غیرمستقیم یا موسمیاتی (۱۵٪) در فضاها به طرف شمال در حرکت است. با این وصف، تغییرات شکل در ایران به طور عمال تغییرات شکلی توزیع شده است؛ در صورتی، گواهی شد که در بوی دو بخش منطقه شمال و مرکز در سال (۱۵) (محدوده ۵۰) مسافتی متر در سال) توزیع شده است در حالی که (۱۵) مسافتی متر در سال) و کوههای البرز (۱۸) مسافتی متر در سال) توزیع یافته است.

تمام منابع مستفاد شده تا سال ۱۴۰۳، بویژه منابع زیر بهره گرفته شده است: اسمرسی و ۱۳۹۹، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۳؛ چلدار (۱۳۸۴)؛ حسینی و جمالی (۱۳۹۶)؛ یونسکی و همکاران همکاران (۱۳۸۴)؛ نیل فروشن و همکاران (۲۰۰۲) و جوهر (۱۳۹۷).

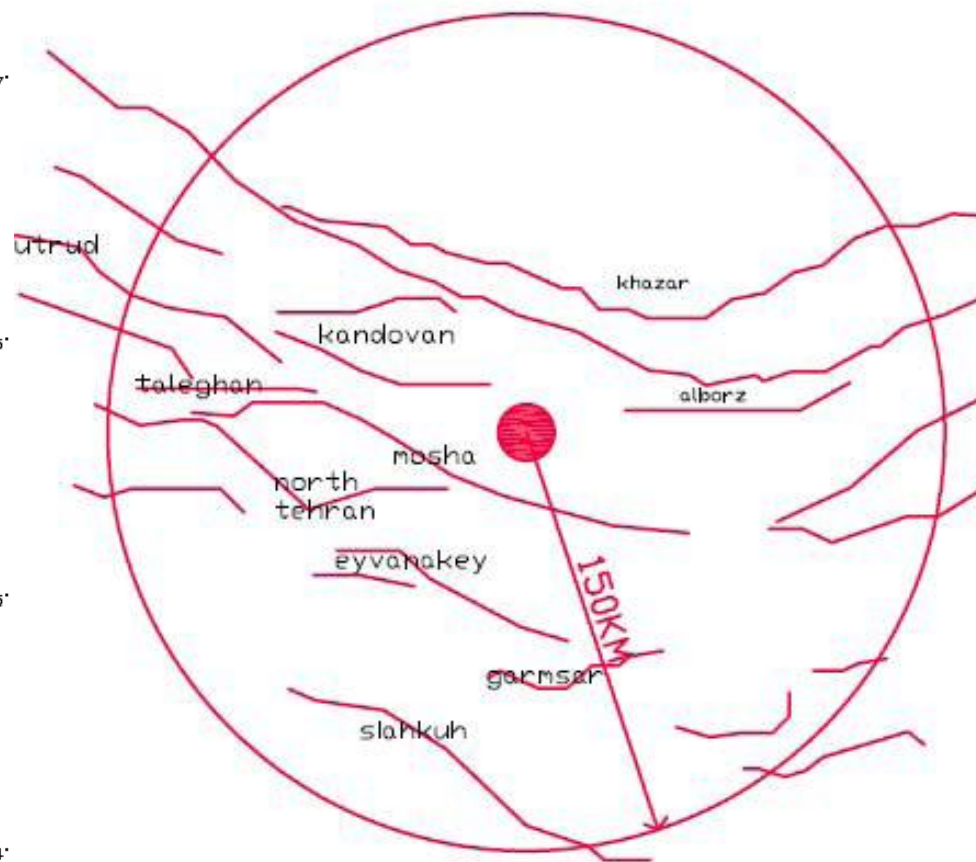
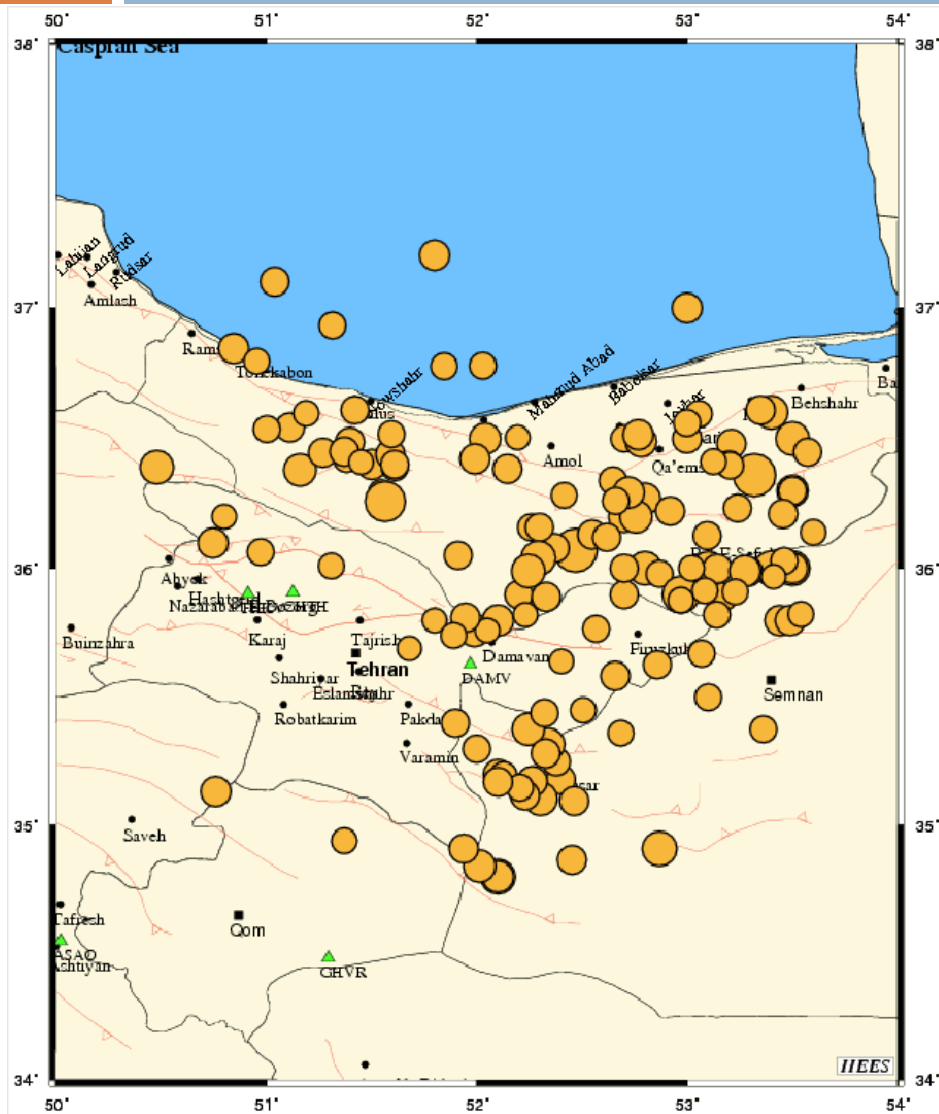
--	--

انتخاب شتابنگاشت ها و گسل های فعال

16

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه



منحنی خطر

17

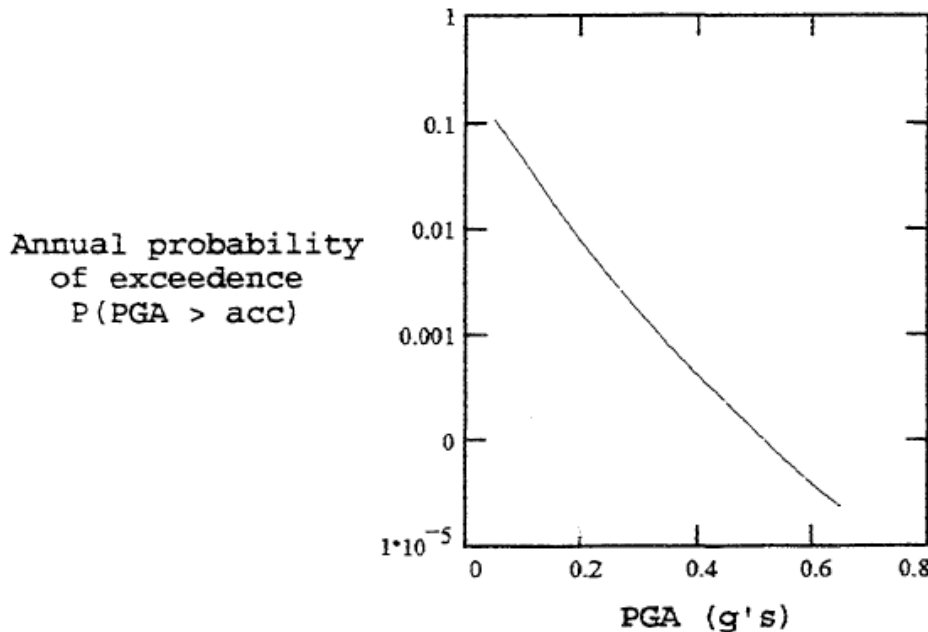
beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

از آنجایی که زلزله فرآیندی احتمالاتی است، لازم است نتایج مربوط به رابطه کاهندگی با توجه به گسل های فعال منطقه با استفاده از تئوری احتمالات تلفیق شود که در نهایت منجر به تولید منحنی خطر می شود.

شکل کلی منحنی خطر به صورت زیر است.

Hazard curve for LINE source
using Boore, Joyner & Fumal
(1993) attenuation expression.



به این روش از محاسبه PGA که به صورت احتمالاتی است به اختصار PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) می گویند.

روش دیگر DSHA (D=Deterministic) است.

محور قائم از منحنی خطر معمولاً به صورت در صد خطر در عمر مفید سازه (معمولاً ۵۰ سال) رسم می شود.



شتاب مبنای طرح (A) و ضریب اهمیت (I)

18

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

- مقدار A در آیین منامه برای ساختمان های معمولی (سطح خطر DBE) ارائه شده است که خطر لرزه خیزی منطقه بستگی دارد. هرچه خطر لرزه خیزی بیشتر باشد منحنی سطح خطر بالاتر از دیگر منحنی ها قرار گرفته و مقدار A (شتاب مبنای طرح) بیشتر می شود.
- بعد از تعیین منحنی خطر مربوط به منطقه مورد نظر می توان مقدار PGA را برای هر درصد خطری به دست آورد. درصد خطر برای ساختمان های معمولی ۱۰ درصد در ۵۰ سال در نظر گرفته می شود. هرچه اهمیت سازه بیشتر باشد درصد خطر کمتری باید در نظر گرفته شود. این موضوع در آیین نامه در ضریب اهمیت سازه بازتاب یافته است.

جدول ۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌فیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰

جدول ۵ ضریب اهمیت سافتمان

طبقه‌بندی سافتمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱/۴
گروه ۲	۱/۲
گروه ۳	۱/۰
گروه ۴	۰/۸



جمع بندی روش استاتیکی معادل

□ مزایا:

1. آسان و بسیار کم هزینه
2. عدم نیاز مدل دینامیکی سازه
3. تنها روش برای طراحی اولیه
4. مناسب برای ساختمان های منظم برشی با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه

□ معایب:

1. دقت کم، به دلیل عدم در نظرگیری توزیع سختی و جرم
2. معمولاً نتایج بیش از حد واقعی
3. عدم بهینه بودن



مراجع (تحلیل ریسک)

20

beheshtikhah@gmail.com

محمد حسین بهشتی خواه

□ Russeell A.GREEN and William J. Hall

"an overview of selected seismic hazard analysis methodologies" , university of ILLIONS at URBANA_CHAMPAIGN URBANA,ILLINOIS,August 1994

□ میر حسینی-سید مجد الدین، "مهندسی ژئوتکنیک لرزه ای" تهران: پژوهشگاه بین المللی لرزه شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۸

□ زارع -مهدی "مقدمه ای بر لرزه شناسی کاربردی" ، تهران: پژوهشگاه بین المللی لرزه شناسی و مهندسی زلزله

□ نیکوکار-مهدی ،عربزاده-بهمن ،آمار و احتمالات کاربردی ،تهران:آزاده ، ۱۳۸۲

□ جزوه درس تحلیل خطر دکتر آشتیانی ، پژوهشگاه بین المللی لرزه شناسی و مهندسی زلزله



مراجع (مهندسی زلزله)

- 1-Chopra, A. K. (1995). *Dynamics of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- 2-Meirovitch, Leonard (2001) *Fundamentals of Vibrations*, McGraw-Hill Companies, Inc., New York, NY.
- 3-Clough, R. W. and Penzien, J. (2003). *Dynamics of Structures*, Computers & Structures, Inc., United States.
- 4-Ghafory-Ashtiany M. *Random Vibrations* (in Farsi). International Institute of Earthquake Engineering and Seismology: Tehran, Iran.