www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com

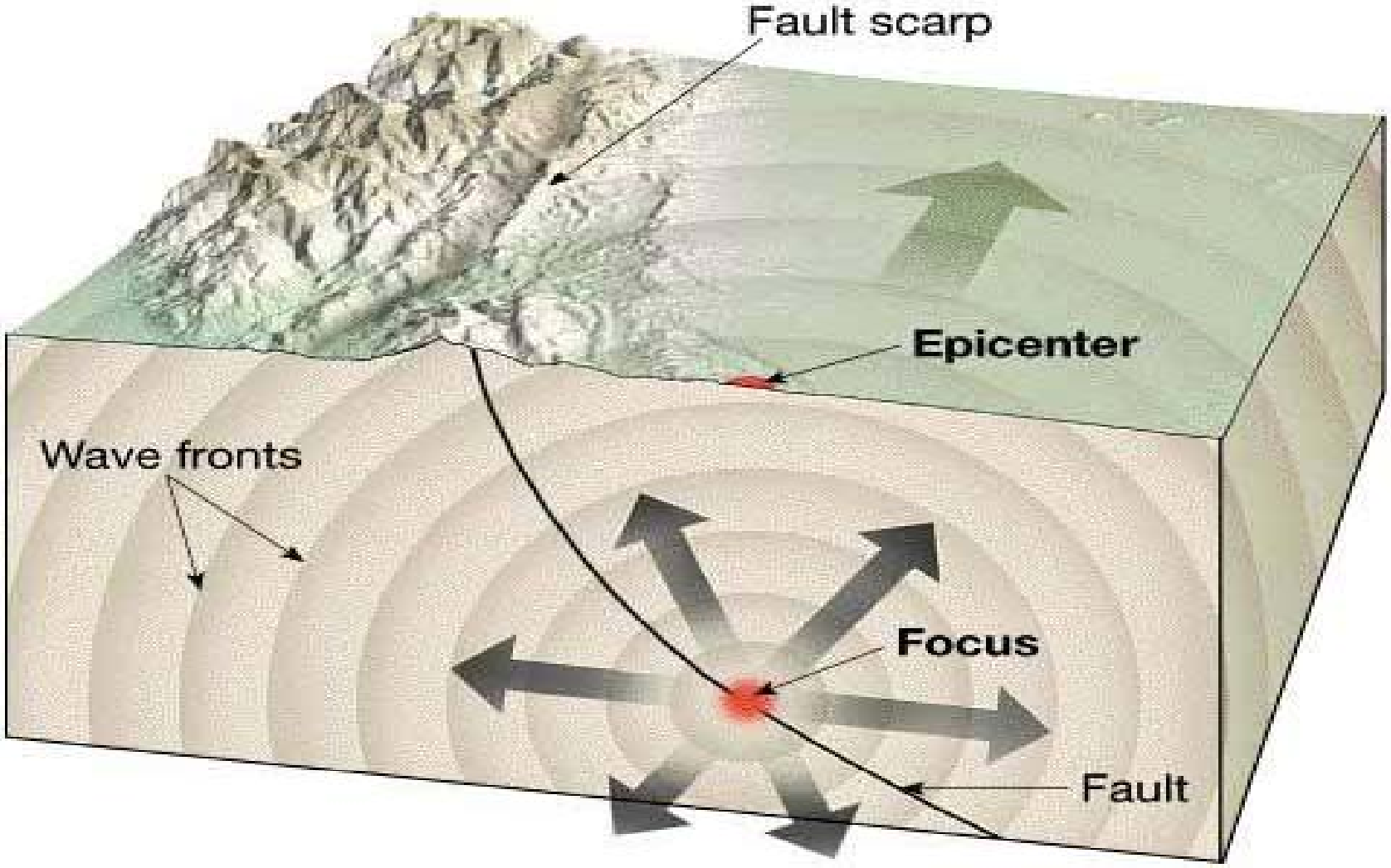
زلزله شناسي
رشته زمين شناسي

- ۲ واحد نظري

- منبع درس: كتاب زلزله شناسي انتشارات دانشگاه پيام نور
  تأليف شهاب توكلي

- تهيه كننده: محمد رضا سردار شيباني مركز مشهد

زلزله شناسی



طرح کلی درس

دراین درس مطالب زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

- هدف و سیر تکاملی زلزله شناسی
- لرزه خیزی و ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران
- تانسور، تنش و واتنش و ضرایب الاستیک
- منشأ زمین لرزه ها ، مدلها و سرچشمه های لرزه زا
- انواع امواج و فازهای لرزه ای

طرح کلی درس

- شدت و بزرگی زمین لرزه و سنجش مشخصات زمین لرزه
- پیش بینی و پیشگیری زمین لرزه
- بررسی ساز و کار کانونی زمین لرزه ها

جایگاه زلزله شناسی در علوم زمین

زلزله شناسی بعنوان یکی از درسهای اختیاری رشته زمین شناسی در مطالعات زیر نقشی اساسی دارد:

- شناخت ساختمان درونی زمین
- آگاهی از ویژگیهای زمین لرزه بعنوان یک پدیده مخرب
- پیشگیری و پیش بینی زمین لرزه
- طراحی سازه های مقاوم در برابر زمین لرزه
- ساز و کار ایجاد زمین لرزه ها

هدفهای کلی

هدف از ارائه این درس بیان آگاهیهای لازم در زمینه های زیربرای دانشجویان است :

- آشنایی با ویژگیهای زمین لرزه بعنوان یک پدیده طبیعی
- شناخت نواحی لرزه زمین ساخت ایران
- آشنایی با امواج کشسانی و انتشار آنها
- توانایی شناخت منشأ زمین لرزه ها
- آگاهی از ساختمان درونی زمین

هدفهای کلی

- آشنایی با شدت و بزرگی زمین لرزه و اندازه گیری آنها
- شناخت نحوه پیش بینی و پیشگیری زمین لرزه ها
- نحوه مقابله با زمین لرزه
- شناخت و حل ساز و کار کانونی زمین لرزه ها

فصل اول

- کلیات
- هدف زلزله شناسی
- تاریخچه و سیر تکاملی زلزله شناسی

کلیات

- اهمیت شناسایی زمین لرزه بعنوان یک پدیده مخرب
- علم لرزه شناسی و شاخه های مختلف آن :

زلزله شناسی ساختمانی

مهندسی زلزله شناسی

لرزه سنجی

هدف زلزله شناسی

هدفهای زلزله شناسی از نظر زمین شناس ها:

۱- مشخص کردن مناطق زلزله خیز روی زمین از نظر جغرافیایی

۲- توزیع عمق کانون زمین لرزه ها

۳- شناخت ساختمان درونی زمین

۴- کسب اطلاعات درباره مکانیسم زمین لرزه ها

تاریخچه و سیرتکاملی زلزله شناسی

- نخستین دستگاه آشکار کننده زمین لرزه در سال ۱۳۲ میلادی
- بررسی اثرات زمین لرزه ها بر روی ساختمانها در قرن هفدهم و هجدهم
- تحولات مهم زلزله شناسی در قرن نوزدهم:
- شناسایی معادلات موجهای الاستیک
- ساخت اولین لرزه نگارها

تاریخچه زلزله شناسی

- تثبیت موقعیت علم زلزله شناسی در بین سایر علوم در قرن بیستم
- شناسایی امواج سطحی
- تهیه جدولهای زمان – مسافت
- ساخت لرزه سنج های دقیقتر
- تعیین سرعت امواج لرزه ای
- گسترش شبکه های لرزه نگاری لرزه نگاشتهای رقمی

فصل دوم

- سرگذشت لرزه خیزی ایران
- لرزه خیزی و زمین ساخت ایران
- ایالت های لرزه – زمین ساخت ایران

سرگذشت لرزه خیزی ایران

دوره قبل از اسلام :

- آثار باستان شناسی قدیمیترین زمین لرزه در بوئین زهرا در هزاره سوم پیش از میلاد
- شواهدی بر زمین لرزه ها در نامه های پادشاهان در هزاره های بعد
- ثبت نخستین زمین لرزه در تاریخ در سده چهارم پیش از میلاد در ری

سرگذشت لرزه خیزی ایران

دوره بعد از اسلام:

- وجود شواهد فراوانی بر زمین لرزه های ویرانگردر نواحی بسیاری از ایران
- ثبت دستگاهی زمین لرزه ها از سال ۱۸۵۶

سرگذشت لرزه خیزی ایران

نکاتی ازتاریخ لرزه خیزی ایران:

- تکرار زمین لرزه ها در مناطق قبلی
- وجود خلأهای لرزه ای در بعضی مناطق
- کمبود اطلاعات از مناطق کم جمعیت
- نبود اطلاعات از منطقه کرمان
- پراکندگی الگوی لرزه خیزی در زاگرس

سرگذشت لرزه خیزی ایران

- حفظ آثار تاریخی در ایران مرکزی نشانه ای از نبود زمین لرزه های مخرب در این منطقه
- فعالیت های لرزه ای شدید با دوره های آرامش محلی در تبریز
- زلزله های فراوان در مناطق شرقی ایران مانند نیشابور
- آثار بازمانده اندک از منطقه کپه داغ
- هلال ایران بعنوان زلزله خیزترین مناطق ایران

لرزه خیزی و زمین ساخت ایران

- لرزه خیز بودن تمام فلات ایران
- انطباق موقعیت لرزه خیزی ایران بر موقعیت زمین ساختی آن
- قرار داشتن ایران بر روی کمربند لرزه خیز آلپین

لرزه خیزی و زمین ساخت ایران

- پهنه های اصلی منطقه:

پهنه عربستان

پهنه ایران

پهنه اوراسیا

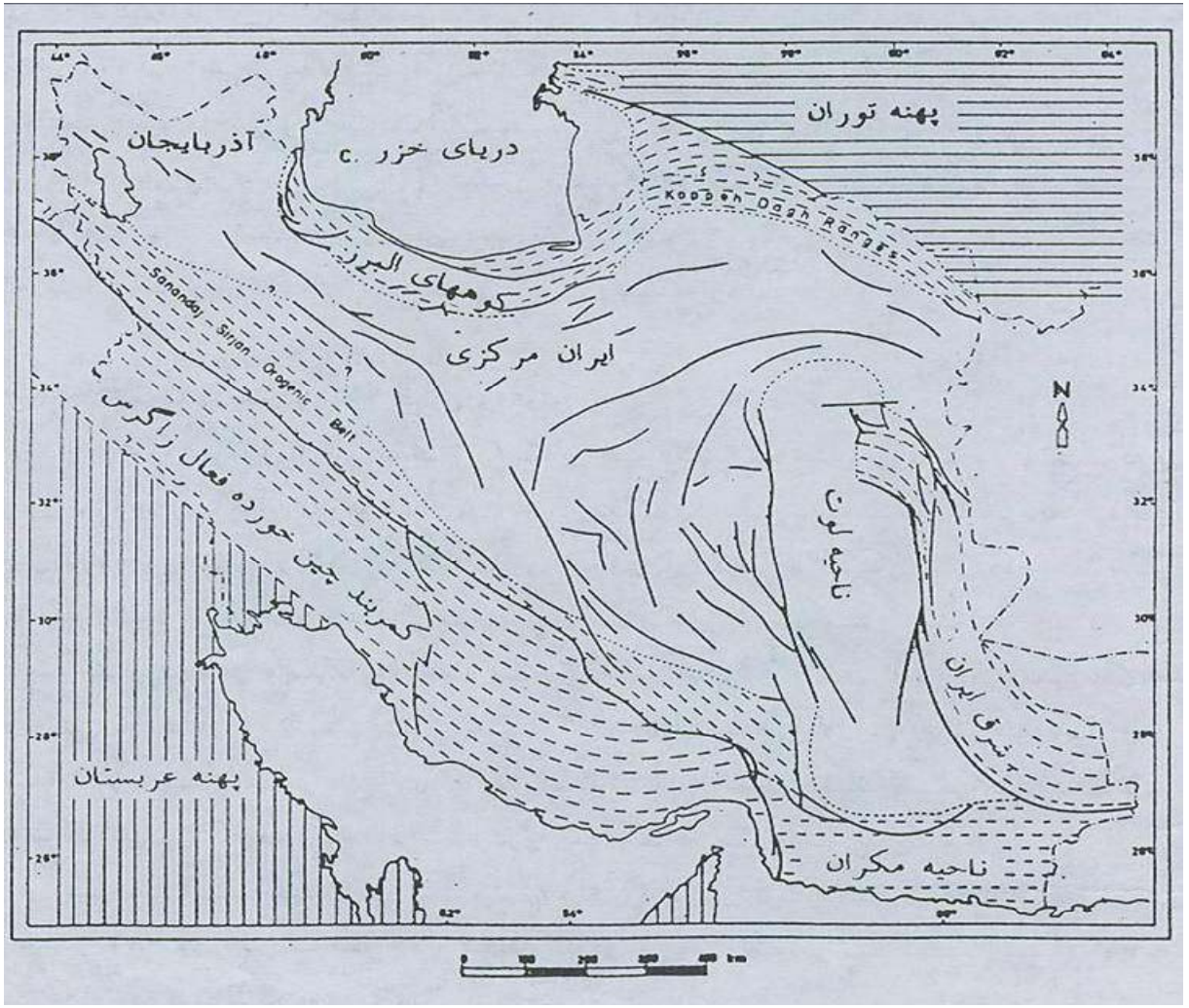
- حرکت پهنه های عربستان و ایران و رانده شدن صفحه عربستان به زیر صفحه ایران
- وجود اکثر فعالیتهای لرزه ساختی در امتداد گسلهای فعال

لرزه خیزی و زمین ساخت ایران

مناطق لرزه زمین ساخت اصلی ایران

- ناحیه زاگرس
- ناحیه ایران مرکزی
  - گستره آذربایجان و مرکزی
  - گستره لوت
  - گستره شرق ایران
  - گستره مکران
- ناحیه البرز
- ناحیه کپه داغ

ایالتهای اصلی لرزه زمین ساخت ایران



ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- کمربند چین خورده فعال زاگرس

- زاگرس مرتفع(رورانده) و کمربند چین خورده(کوهپایه ای)

- نیروهای فشارشی ناشی از حرکت صفحه عربستان به سمت شمال شرق

- مکانیسم زمین لرزه های زاگرس بصورت گسلش معکوس یا راندگی با شیب زیاد (۴۰ تا ۵۰ درجه)

- موازی بودن امتداد راندگیها با کمربند زاگرس

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- کمربند چین خورده زاگرس

- عمقی بودن زمین لرزه های زاگرس در ارتباط با جبه بالایی یا پی سنگ پر کامبرین

- ارتباط داشتن زلزله هایی که در رسوبات بالایی پی سنگ پر کامبرین اتفاق می افتند با تغییر شکلهای رسوبات یا حرکت لایه های نمکی و دیاپیریسم

- لرزه خیزی کنونی زاگرس در اثر فعالیت دوباره گسلهای نرمال قدیمی

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- کمربند چین خورده زاگرس

- عواملی که باعث عدم ارتباط بین زمین لرزه ها و زمین ساخت در این ناحیه می باشند:

عدم وجود داده های کافی

عدم وجود رابطه معلوم بین پی سنگ پرکامبرین و رسوبات

- کمربند زاگرس بطور کلی لرزه خیز و دارای رژیم لرزه ای مستمر و پیوسته است

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- ناحیه ایران مرکزی

- ناحیه ای به شکل یک مثلث معکوس که مرز شمالی آن را رشته کوه البرز و حد جنوبی آن را گسل اصلی زاگرس تشکیل می دهند
- رژیم لرزه ای ناپیوسته و پراکنده
- کمربند ساختمانی سنندج – سیرجان و رشته کوههای شتری بعنوان بخشهای دیگری از ایران مرکزی

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- ایران مرکزی

- ایران مرکزی ناحیه لرزه ای غیر خطی با فعالیتهای لرزه ای پراکنده با بزرگی های زیاد

- زمین لرزه ها از نوع کم عمق، در مواردی متوسط و درون پوسته هستند

- عدم وجود شواهد کافی بعلت وجود کویرهای بزرگ در این منطقه

- قرار داشتن مناطق مهم لرزه ای ایران مرکزی در امتداد گسلهای فعال

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- ایران مرکزی

- گسلهای مهم منطقه ایران مرکزی :

درونه، کوه بنان، نای بند و گوک، ایپک و ...

- رژیم لرزه ای ناپیوسته و پراکنده در ناحیه لوت

- گستره به شدت چین خورده شرق ایران که بخش میانی آن آرام ولی بخشهای شمالی و جنوبی آن لرزه خیزند

- گستره مکران که با آمیزه رنگین کرتاسه بالایی و فیلیش ائوسن مشخص می شود با رژیم پراکنده لرزه ای و زمین لرزه های با بزرگی ۵/۳ تا ۸ و عمق کانونی تا ۱۰۰ کیلومتر

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- ناحیه البرز

- راستای محور ساختهای منطقه البرز در بخش غربی و بخش شرقی آن
- زمین لرزه های البرز اغلب بزرگ و از نوع کم عمق تا متوسط هستند
- دوره آرامش زمین لرزه های البرز از زاگرس بیشتر است
- مکانیسم اغلب زمین لرزه ها از نوع راندگی است
- بخش شرقی البرز از بخش غربی آن در قرن بیستم لرزه خیز تر است

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- ناحیه البرز

- تخریب چند باره بسیاری از نقاط این منطقه در اثر زمین لرزه
- تقسیم بخش شمالی البرز به البرز شمال شرق و البرز شمال غرب
- تقسیم بخش جنوبی البرز به البرز جنوب غرب و البرز جنوب شرق

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- ناحیه کپه داغ

- ناحیه مرزی میان ایران و ترکمنستان

- اتصال شاخه شمال شرقی البرز به کپه داغ

- کمربندی کوهستانی با طول ۶۰۰ کیلومتر و عرض ۲۰۰ کیلومتر

- جدایی کوههای کپه داغ در سمت شمال شرق از سپر پایدار توران توسط گسل اصلی کپه داغ با تغییر مکان راستگرد

ایالتهای لرزه زمین ساخت ایران

- ناحیه کپه داغ

- منطقه فعال لرزه خیزی با زمین لرزه های کم عمق
- گستردگی حد جنوبی آن تا جنوب البرز و ایران مرکزی
- کوتاه شدگی ساختمان پوسته در کپه داغ همراه با گسلش راندگی و چپ گرد در غرب و راستگرد در شرق

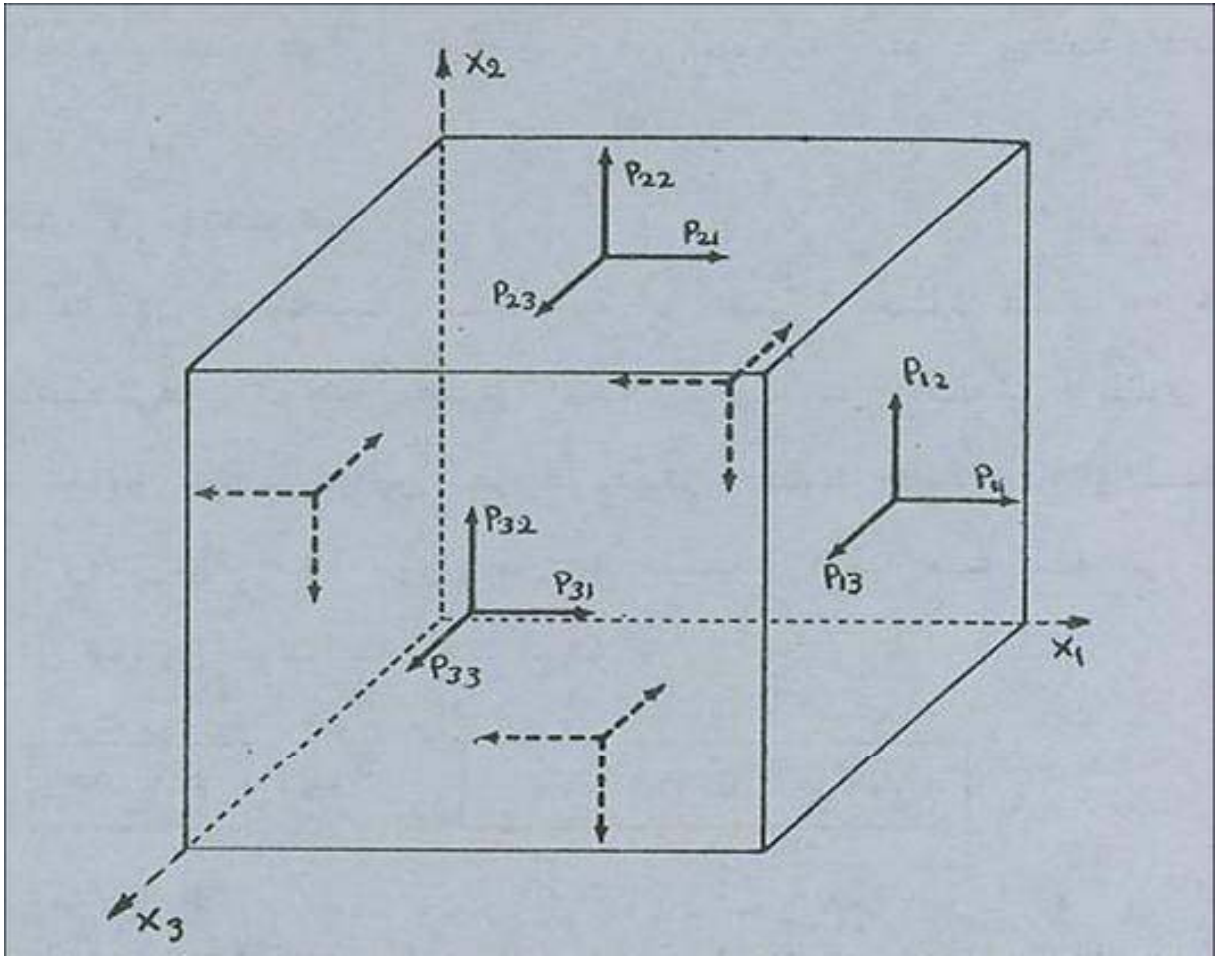
فصل سوم

- نمادهای تانسوری
- تنش و واتنیدگی
- مولفه های تنش و تانسور تنش
- مولفه های واتنیدگی و تانسور واتنیدگی
- روابط تنش و واتنیدگی
- ضرایب کشسانی
- مولفه های تنش و واتنیدگی بر حسب تغییر مکان

نمادهای تانسوری

- تانسور و کاربرد آن در علوم مختلف
- مولفه های تانسور در یک فضای سه بعدی
- شاخص و مرتبه یک تانسور
- تانسور متقارن
- تکرار یک شاخص در یک تانسور
- عملگر دلتای کرانکر

مولفه هاي تنش بر روي عنصركوچكي از جسم



تنش و واتنیدگی

- خاصیت کشسانی
- تعریف تنش
- تنش های برشی و تنش های نرمال
- واتنیدگی :

تغییر حجم بدون تغییر شکل

تغییر شکل بدون تغییر حجم

تنش و واتنیدگی

واتنیدگی

- تغییر حجم بدون تغییر شکل
- تغییر شکل بدون تغییر حجم

مولفه های تنش و تانسور تنش

- مولفه های تنش و شاخص های آن
- مولفه های تنش نرمال و مولفه های تنش برشی
- تنش های اصلی
- متقارن بودن تانسور تنش
- ماتریس ۹ مولفه ای تنش

مولفه های واتنیدگی و تانسور واتنیدگی

- وجود یک مولفه تانسور واتنیدگی به ازای هر مولفه تانسور تنش
- تانسور مرتبه دوم و متقارن واتنیدگی با ۹ مولفه

روابط بین تنش و واتنیدگی

قانون هوک یا رابطه خطی بین تنش و واتنیدگی

$$P = Ce$$

$$P_{ij} = C_{ijkl} \cdot e_{kl}$$

- ضریب کشسانی، تانسور مرتبه چهار
- قانون هوک برای یک محیط همگن و همسانگرد

$$P_{ij} = \partial_{ij} \lambda\theta + 2\mu e_{ij}$$

- اگر $\theta=0$، مولفه های برشی خالص بدون تغییر حجم

ضرایب کشسان

- ضریب برشی

نسبت بین تنش برشی و واتنیدگی ناشی از آن

$$\mu = Pij / eij$$

$$i \neq j$$

ضرایب کشسان

- ضریب یانگ

نسبت تنش نرمال به واتنیدگی نرمال

$$E = P_{ij} / e_{ij} \qquad i=j$$

ضرایب کشسان

- ضریب بالک

نسبت تنشهای همه جانبه نرمال به تغییر حجم جسم

$$K = P_{ii} / e_{ii}$$

عکس این ضریب تراکم پذیری نام دارد

ضرایب کشسان

- ضریب پواسون

نسبت تغییر نسبی عرض یا قطر یک جسم به تغییر نسبی طول آن

$$\sigma = e22 / e11$$

ضرایب کشسان

- ضریب لامه

- تعریف فیزیکی خاصی ندارد
- می توان آن را با ضریب بالک مقایسه نمود

ضرایب کشسان

در سیالات که در برابر برش مقاومت ندارند:

$$\mu = 0$$

$$б = 0.5$$

$$K = \lambda$$

فصل چهارم

- منشأ وقوع زمین لرزه ها
- زمین لرزه های با منشأ غیر زمین ساخت
- زمین لرزه های با منشأ زمین ساخت
- گسلش و فرآیند گسلش
- مدلهای دینامیکی گسلش
- سرچشمه های لرزه زا
- الگوی رهایی انرژی

منشأ وقوع زمین لرزه ها

-انواع زمین لرزه ها از لحاظ منشأ:

زمین لرزه های با منشأ غیر زمین ساخت

زمین لرزه های با منشأ زمین ساخت

منشأ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ غیر زمین ساخت

- زمین لرزه های آتشفشانی

نوع A

نوع B

نوع انفجاری

- نسبت به زمان رویدادهایی منفرد و مجزا از یکدیگر هستند و رفتار هارمونیک دارند

منشأ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ غیر زمین ساخت

-زمین لرزه های فروریزشی

- در اثر ریزش های سطحی یا زیر زمینی ایجاد می شوند مانند زمین لغزشها یا سنگ ریزشها یا فرو ریختن غارهای زیر زمینی

- بیشتر محلی و کوچک می باشند

منشأ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ غیر زمین ساخت

- زمین لرزه های القایی

در اثرجمع شدن آب در مخازن پشت سدها

در بعضی موارد بزرگ و مخرب هستند

- توجیه زمین لرزه های القایی:

الف: تغییر تنشهای کلی و موثر در نتیجه بار گذاری یا بار برداری

ب: کاهش مقاومت سنگها در اثر تزریق سیالات و افزایش فشار در درز و شکافها و خلل وفرج آنها

منشأ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ زمین ساخت

- کمربندهای زمین لرزه

- کمربند حاشیه اقیانوس آرام

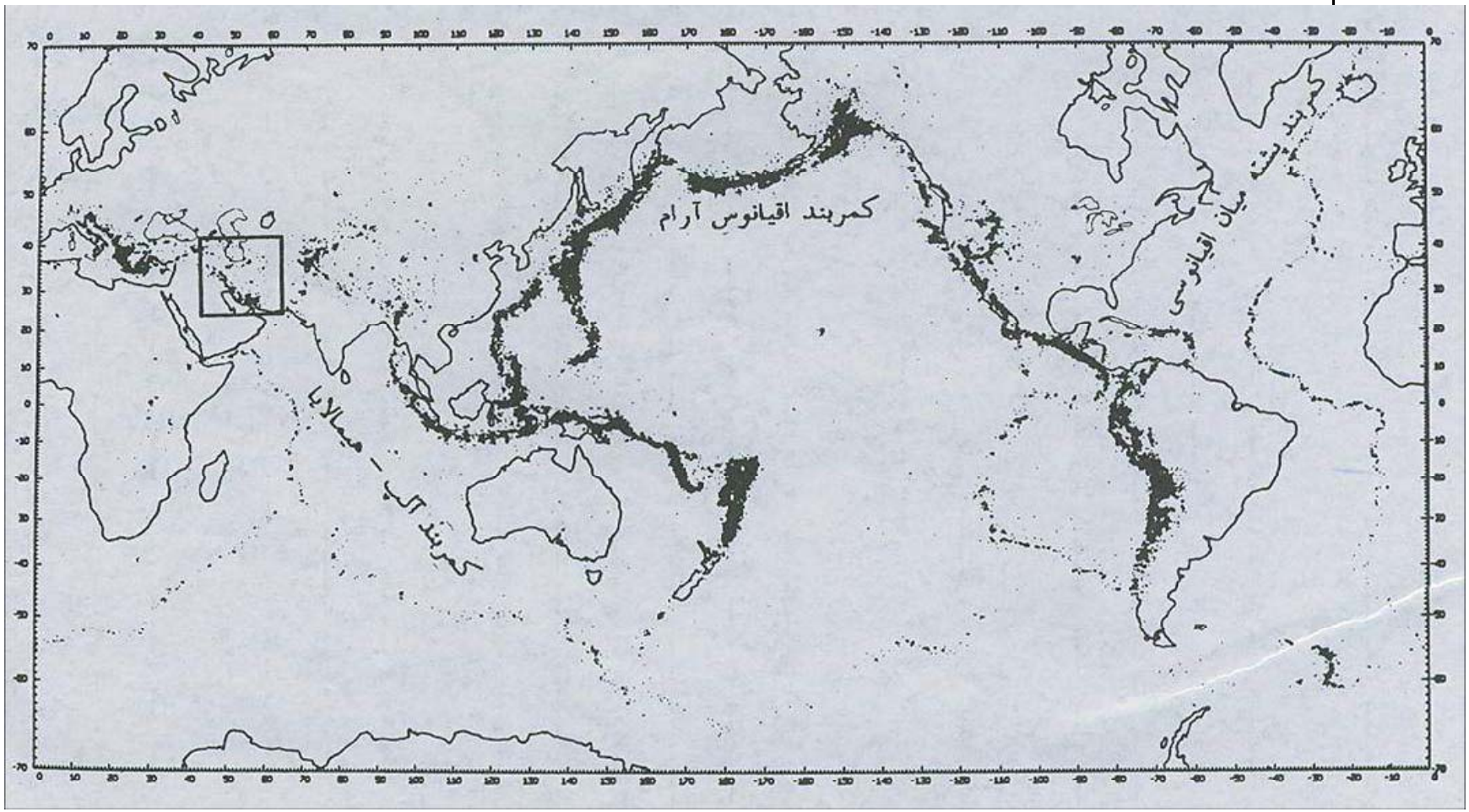
- کمربند پشته میان اقیانوسی (پشته آتلانتیک)

- کمربند آلپ – هیمالیا

- بیشترین عمق کانونی زمین لرزه ها ۷۵۰ کیلومتر است

- زلزله های عمیق بر روی کمربند اقیانوس آرام پراکنده اند

توزيع جغرافيايي مراكز سطحي زمين لرزه ها



منشآ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ زمین ساخت

- کاهش تعداد زمین لرزه ها با بزرگی آنها

- نظریه زمین ساخت صفحه ای و زمین لرزه ها:

- لیتوسفر و آستنوسفر

- تقسیم لیتوسفر به چند صفحه

- حرکت صفحات با سرعت ۲ تا ۱۰ سانتیمتر در سال

منشأ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ زمین ساخت

-انواع مرزهای صفحات

- مرزهای واگرا مانند پشته های میان اقیانوسی
- مرزهای همگرا مانند گودال های اقیانوسی
- مرزهای امتداد لغز مانند گسلهای ترانسفورم

منشأ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ زمین ساخت

- مرزهای همگرا بعنوان مخرب ترین مرزها
- پدیده فرورانش و ناحیه بنیوف – واداتی در مرزهای همگرا
- مرزهای واگرا بعنوان حاشیه های زاینده صفحه ها

منشأ وقوع زمین لرزه ها

- زمین لرزه های با منشأ زمین ساخت

-تعریف زمین لرزه زمین ساختی

-انواع زمین لرزه های زمین ساختی بر حسب عمق کانونی:

الف – زمین لرزه های با عمق کانونی کم ۷۰-۰ کیلومتر

ب – زمین لرزه های با عمق کانونی متوسط ۳۰۰ – ۷۱ کیلومتر

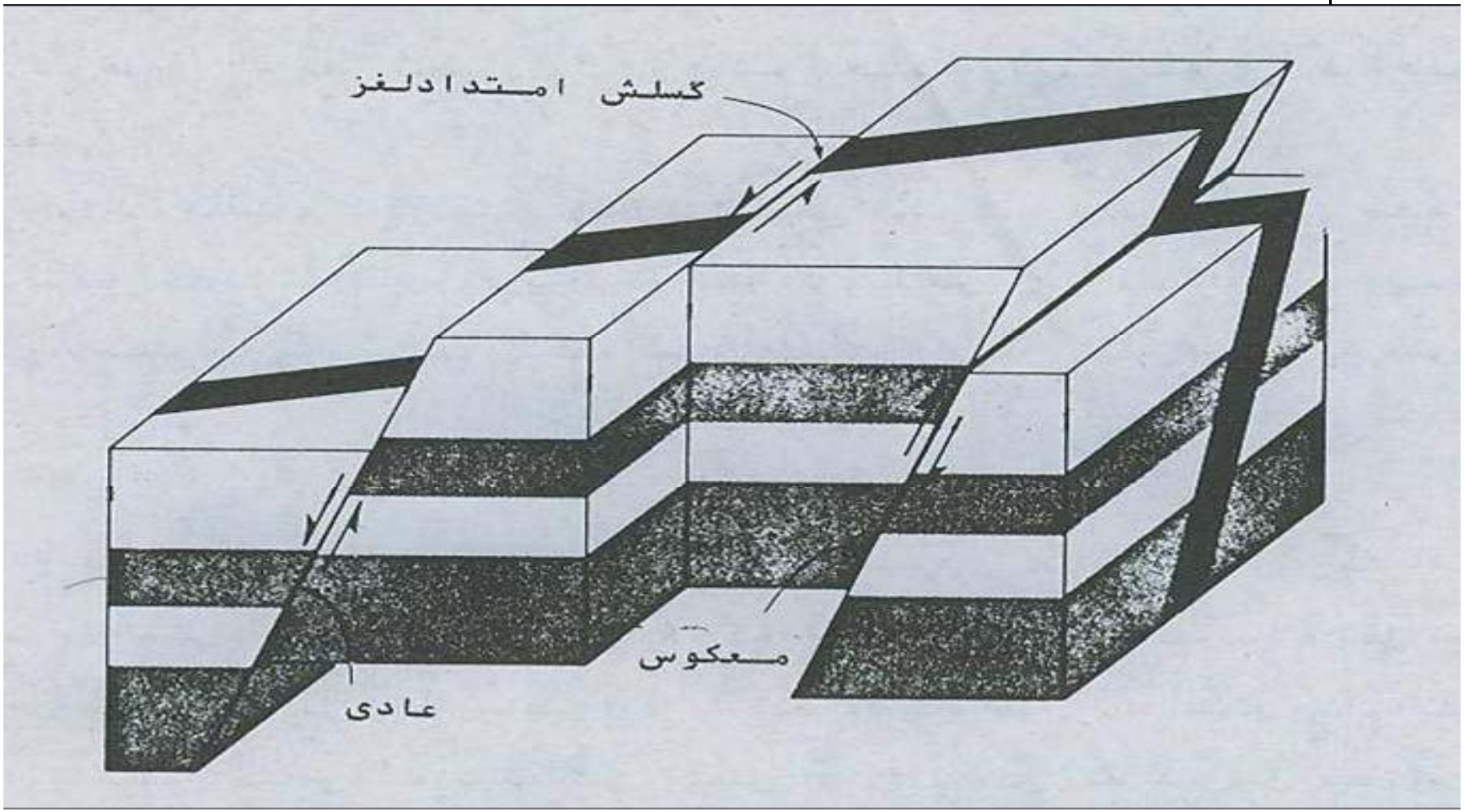
پ – زمین لرزه های با عمق کانونی زیاد بیش از ۳۰۰ کیلومتر

گسلش و فرآیند گسلش

انواع گسلها از نظر تغییر مکان و نوع حرکت:

- گسل عادی
- گسل معکوس
- گسل امتدادلغز

سه نوع حرکت اصلي گسلش



مدلهای دینامیکی گسلش

- مدل راید یا بازگشت کشسان

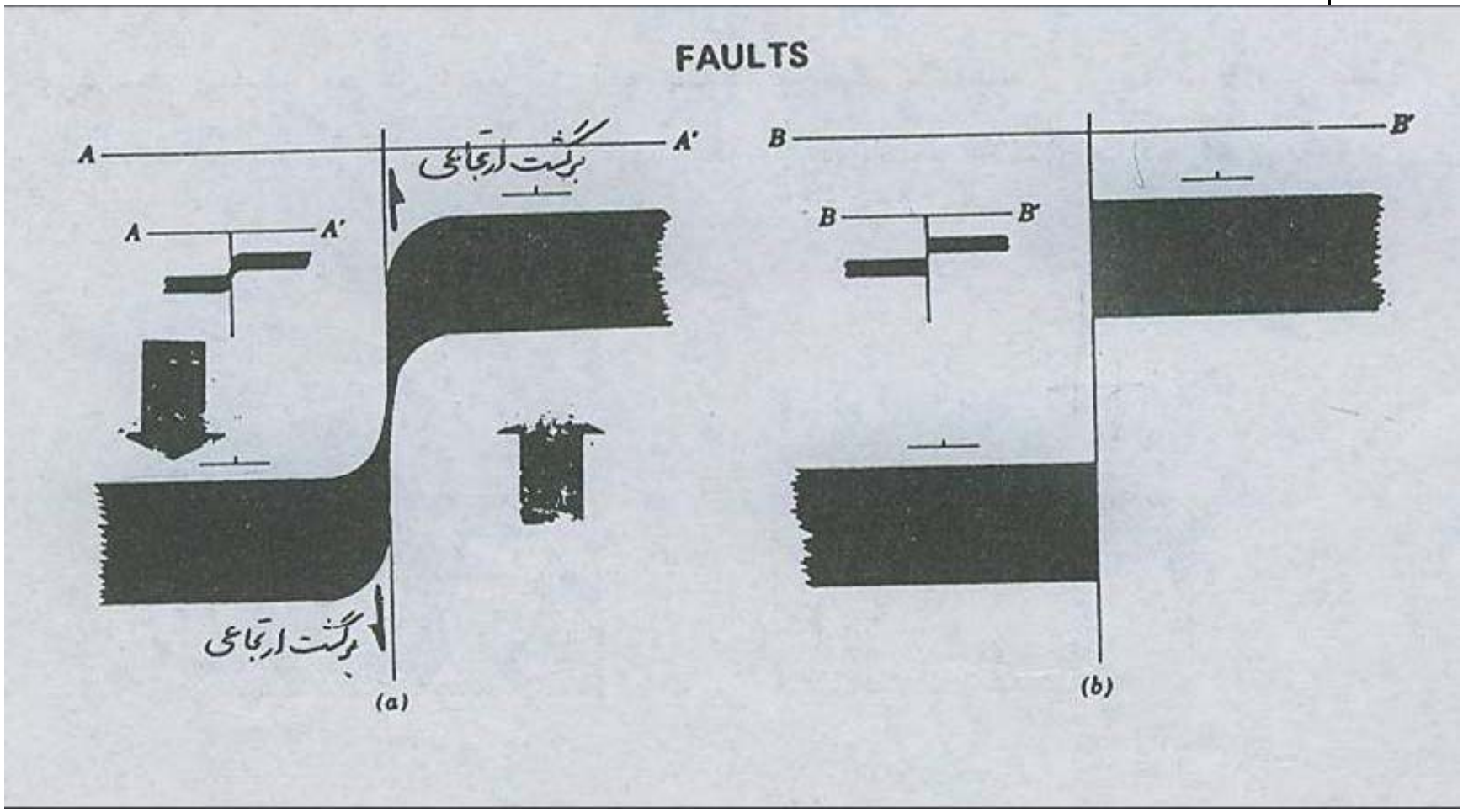
- تجمع تنش ها در سنگها در طی سالیان دراز و تغییر شکل کشسان سنگها ناشی از آن،

- بیشتر شدن تنشها از حد مقاومت سنگ، حرکت توده های سنگ دو طرف گسل و ایجاد امواج کشسانی

- عبور ارتعاشات حاصل از درون زمین و ایجاد زمین لرزه

بازگشت توده های سنگ به حالت تعادل اولیه

نحوه وقوع گسلش بر اساس نظریه راید



مدلهای دینامیکی گسلش

- مدل آکی

- مدلهایی که نحوه شکست و لغزش را بر روی سطح گسل توصیف می کنند

- مدل مناطق تنیده

نواحی بشدت تنیده شده می شکنند و انرژی لرزه ای با فرکانس های بالا ایجاد می کنند

مدلهای دینامیکی گسلش

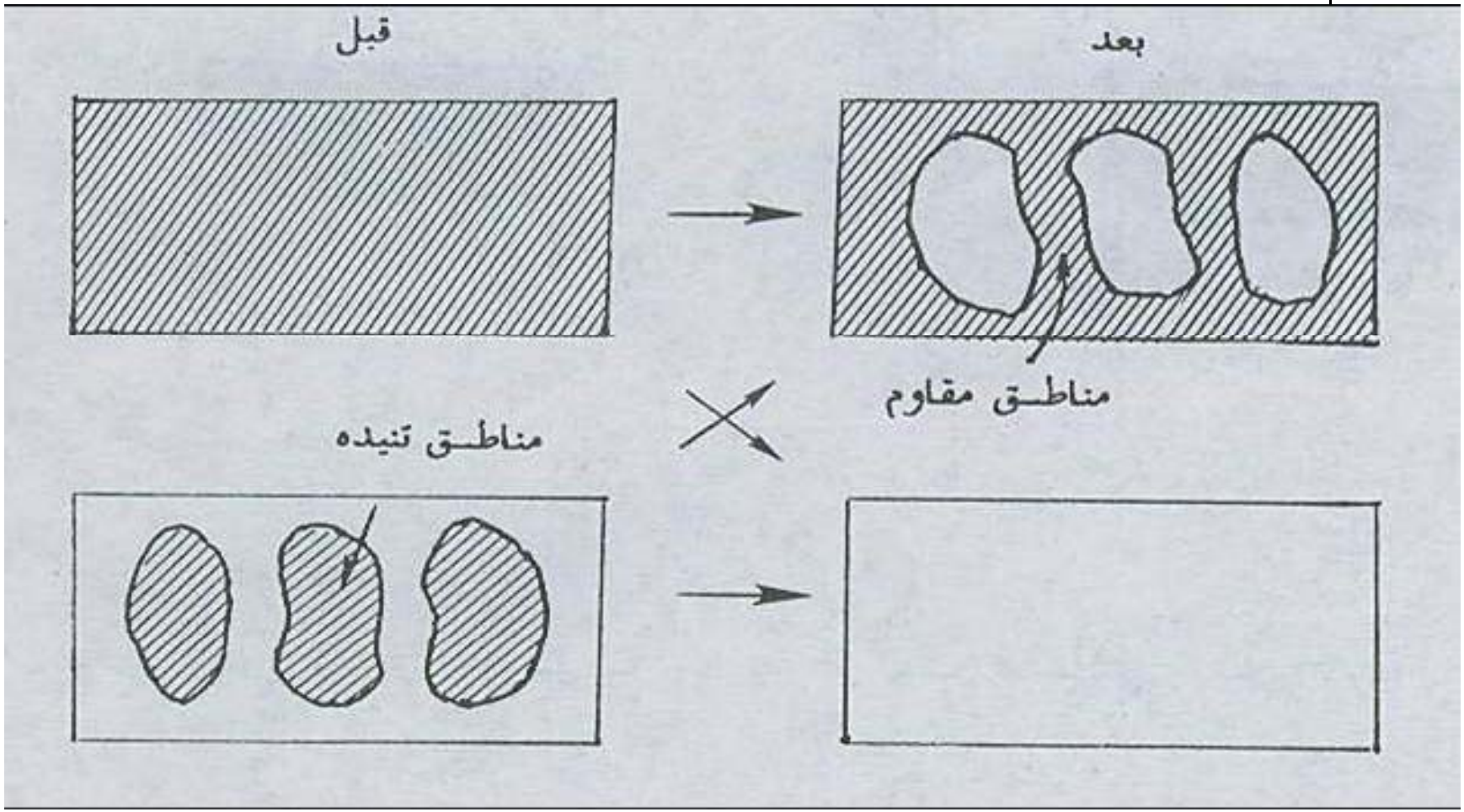
- مدل آکی

- مدل مناطق مقاوم

- بخش های ضعیف روی سطح گسل در طی زمین لرزه می شکنند

- نواحی مستحکم تر بدون شکست می مانند و ممکن است در طی زمین لرزه های بعدی یا پس لرزه ها بشکنند

نحوه وقوع گسلش بر اساس مدل آکي



سرچشمه های لرزه زا

- موقعیتهایی که از نظر زمین ساختی قادر به ایجاد زمین لرزه های بسیاری می باشند
- گسلها بعنوان یکی از مهمترین چشمه های لرزه زا
- انواع گسلها از نظر میزان فعالیت های لرزه ای

الف: گسلهای فعال

با فعالیت لرزه زایی در طی کوارترنر

ب: گسلهای غیر فعال

بدون فعالیت لرزه زایی در طی کوارترنر

سرچشمه های لرزه زا

- سرچشمه های خطی

- گسلهای لرزه زای کوارترنر
- برای توجیه گسلهای قائم و نزدیک به قائم

سرچشمه های لرزه زا

- سرچشمه های نقطه ای

- یکایک زمین لرزه های رویداده در یک پهنه یا گستره است که گسلهای آن دیده شده یا شناخته شده نیست

- کاربرد این مدل برای زمین لرزه هایی است که بتوان آزاد شدن انرژی را در یک نقطه منفرد درون زمین و بسیار دور از ساختگاه در نظر گرفت

سرچشمه های لرزه زا

- سرچشمه های پهنه ای

- پهنه هایی پوشیده از مراکز زمین لرزه ها که گسلهایی در ارتباط با آنها شناخته نشده است

- معمولاً در ارتباط با نواحی فرو رانش هستند

الگوی رهایی انرژی

- تجمع انرژی در طی سالها و قرنها و آزادی آن در طی چند ثانیه
- فرآیند شکست چند گانه یعنی شکست بی قاعده و بی نظم همراه با یک سری تغییر مکانها و گسیختگی های جزئی برای زمین لرزه های بزرگ
- هر چه میزان یکنواختی توده سنگی کمتر باشد، رهایی انرژی تدریجی تر و توزیع انرژی نسبت به زمان گسترده تر است

الگوی رهایی انرژی

- پیش لرزه ها

- زمین لرزه های کوچکی که هفته ها، روزها و حتی دقایقی قبل از زمین لرزه بزرگی اتفاق می افتند
- در مناطقی که سازند های سنگی یکنواخت هستند زمین لرزه های بزرگ معمولاً با پیش لرزه ها همراه نیستند
- پیش لرزه ها با نزدیک شدن به زمان وقوع لرزش اصلی بیشتر می شوند

الگوی رهایی انرژی

- پس لرزه ها

- زمین لرزه هایی کوچکتر از زمین لرزه اصلی که تا روزها، هفته ها و حتی سالها پس از زمین لرزه اصلی ادامه دارند

- فراوانی این زمین لرزه ها با زمان کاهش می یابد

- توجیه پس لرزه ها و پیش لرزه ها با استفاده از مدل آکی

الگوی رهایی انرژی

- فوج لرزه

- مجموعه ای از تعداد زیادی زمین لرزه های کوچک که در یک ناحیه محدود و در دوره زمانی یک هفته تا بیشتر از چند ماه اتفاق می افتند و گویای هیچ زمین لرزه بزرگی نمی باشند

- زمین لرزه های آتشفشانی معمولاً بصورت فوج لرزه هستند

- معمولاً فراوانی لرزه ها تا یک حد ماکزیمم افزایش و سپس بتدریج کاهش می یابد

فصل پنجم

- امواج لرزه ای
- کاهش دامنه امواج لرزه ای با فاصله
- بازتاب و شکست موجهای لرزه ای
- شناسایی ساختمان درونی زمین با استفاده از موجهای لرزه ای
- مسیر انتشار امواج لرزه ای

امواج لرزه ای

-انتشار انرژی آزاد شده در اثر گسیختگی در بخش فعال شده گسل (با سرعت حدود ۳ کیلومتر در ثانیه)

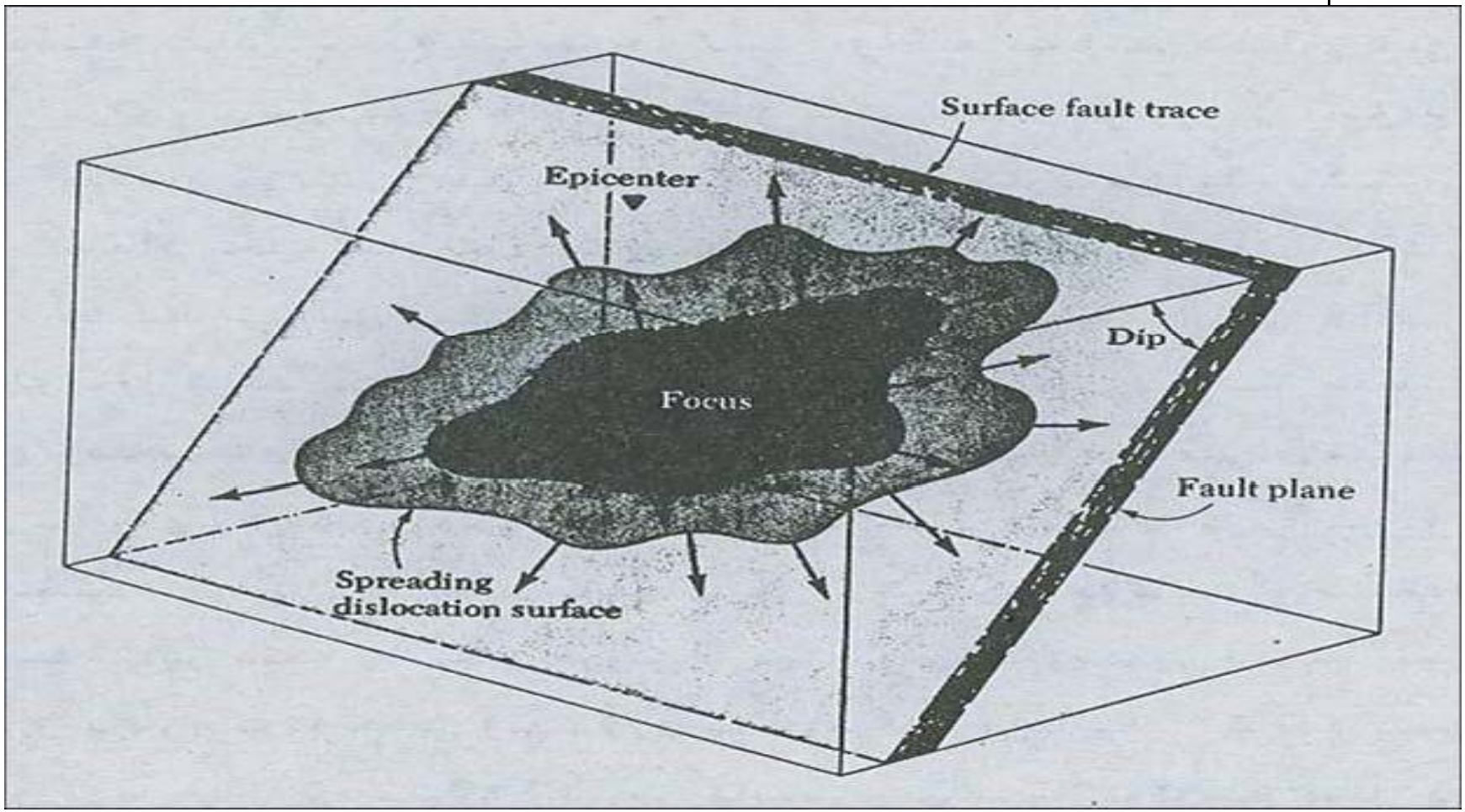
- تداخل این امواج در فاصله های دور و ایجاد زنجیره های پیچیده ای از امواج لرزه ای

- کانون زمین لرزه اولین نقطه تولید امواج لرزه ای روی سطح گسل

- رومرکز تصویر قائم کانون روی سطح زمین

- عمق کانونی فاصله بین مرکز درونی و مرکز سطحی

نمايشي ساده از كانون، عمق كانوني و مركز سطحي



امواج لرزه ای

- امواج پیکری

امواجی که از پیکره و درون اجسام عبور می کنند و به دو نوع موج P و موج Sتقسیم می شوند

امواج لرزه ای

- موج P

یک موج تراکمی یا کششی مشابه امواج صوتی

راستای ارتعاش ذرات در جهت انتشار موج است

اولین موجی است که به ایستگاه لرزه نگاری می رسد

موج اولیه نیز نامیده می شود

امواج لرزه ای

- موج S

یک موج عرضی یا برشی است

دومین موجی است که روی لرزه نگاشت ها ثبت می شود

موج ثانویه نیز نامیده می شود

از سیالات عبور نمی کند

به دو مولفه قائم و افقی قطبیده می شود

امواج لرزه ای

- امواج سطحی

- انتشار در امتداد سطوح آزاد زمین یا سطوح ناپیوستگی
- امواج مرزی یا امواج هدایت شده نیز نام دارند
- مشابه چین و شکن های سطح آب یک دریاچه
- تغییرمکانهای ناشی از آنها بصورت نمایی کاهش می یابد

امواج لرزه ای

- انواع امواج سطحی: LR

الف: موج ریلی

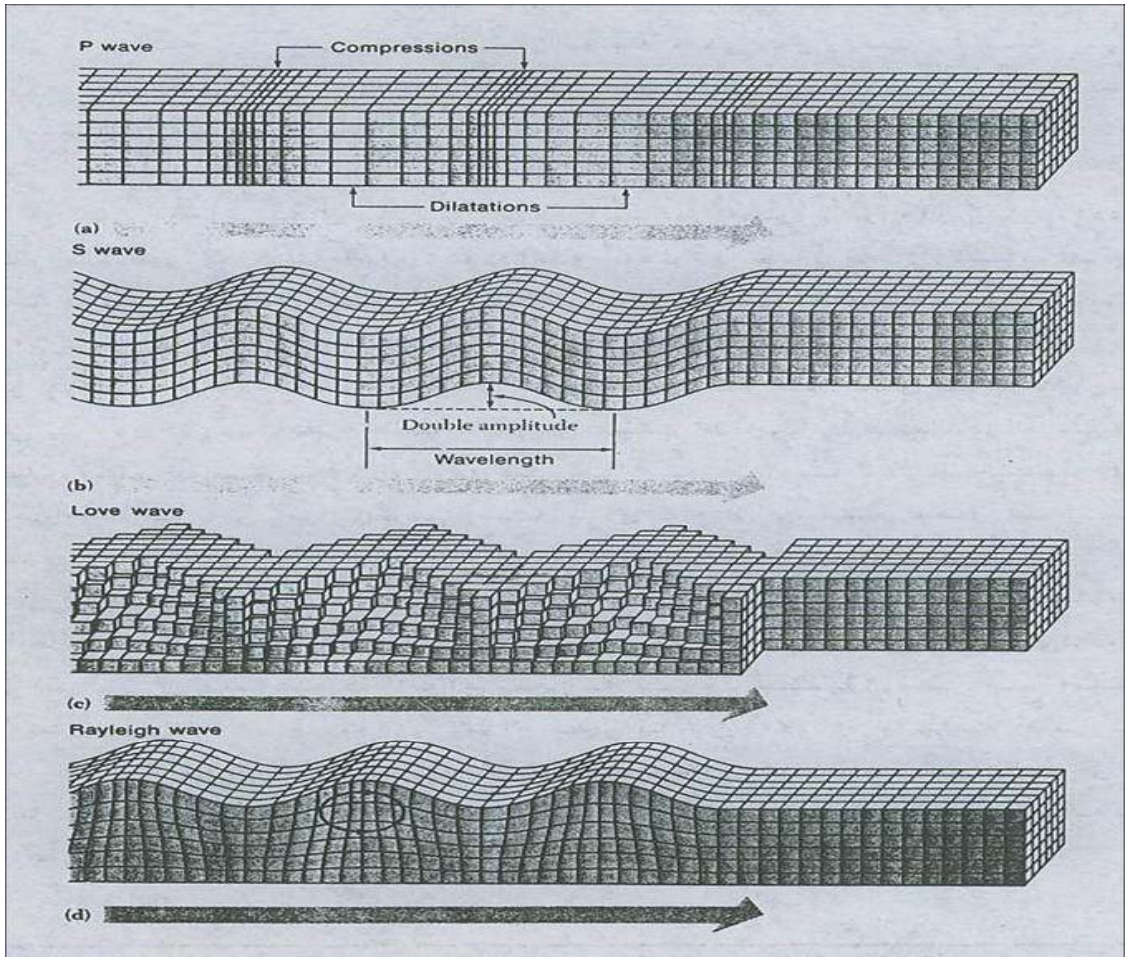
- حرکت ذرات بصورت یک بیضوی واپس گرا است
- در یک صفحه عمود بر انتشار موج
- ترکیبی از دو مولفه موج P و موج برشی Sv است

امواج لرزه ای

ب : موج لاو LQ

- حرکت ذرات مانند موج SH است
- در راستای عمود بر انتشار موج و در صفحه افقی
- زودتر از موج ریلی ثبت می شود
- بر روی لرزه نگاشتهای افقی قابل ثبت است

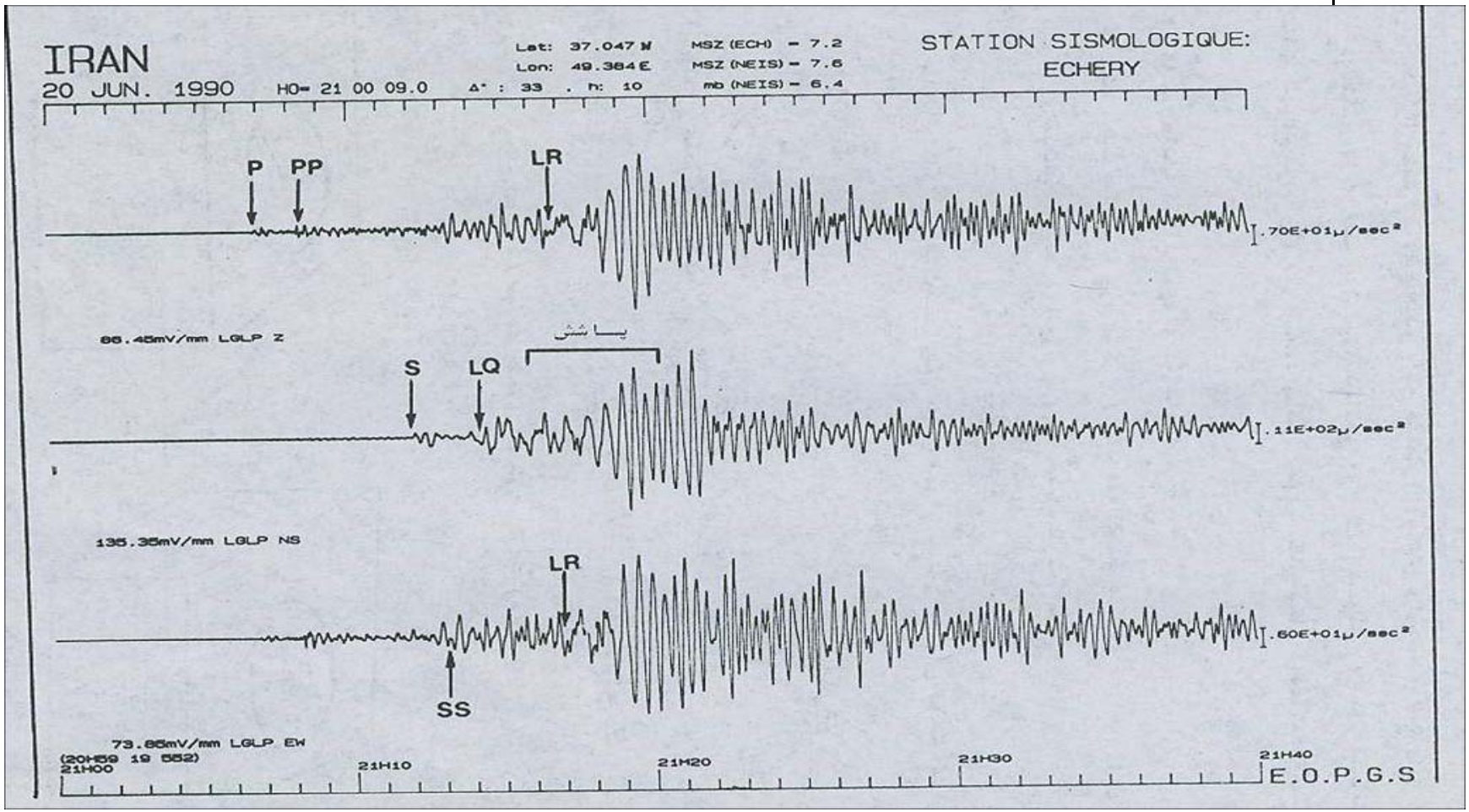
شكلهاي مختلف انتشار امواج لرزه اي



امواج لرزه ای

- تشخیص زمین لرزه های کم عمق از زمین لرزه ای عمیق با استفاده از دامنه امواج سطحی
- پاشش امواج سطحی

لرزه نگاشتهاي يك زمين لرزه دور، فازهاي اصلي و پديده پاشش



کاهش دامنه امواج لرزه ای با فاصله

- چگالی امواج لرزه ای امواج پیکری و امواج سطحی
- نحوه انتشار امواج سطحی

بازتاب و شکست موجهای لرزه ای

- تغییر ماهیت موج طولی یا عرضی در هنگام تابش یا بازتاب

- رابطه اسنل برای بازتاب و شکست موج P
- رابطه اسنل برای بازتاب و شکست موج S

شناسایی ساختمان داخلی زمین با استفاده از امواج لرزه ای

- نیاز به وجود یک مدل از ساختمان درونی زمین
- استفاده از انتشار امواج لرزه ای برای دستیابی به این مدل
- بخش های درونی زمین:

  پوسته، جبه، هسته
- ناپیوستگیهای بین بخش های درونی زمین

ساختمان درونی زمین

- پوسته

- مرز پوسته و جبه
- سرعت موج طولی در پوسته و هنگام ورود به جبه
- ضخامت پوسته در زیر قاره ها، کوهها و اقیانوسها
- لایه بالایی گرانیتی و لایه زیرین بازالتی در پوسته
- مرز بین پوسته بالایی و زیرین
- نبود لایه گرانیتی در زیر اقیانوس ها

ساختمان درونی زمین

- جبه

- مرز بالایی و پایینی جبه
- سرعت موج طولی در هنگام ورود و خروج از جبه
- جبه بالایی و جبه زیرین
-

ساختمان درونی زمین

-جبه بالایی

- عمق مرزپایینی جبه بالایی
- ناپیوستگیهای اعماق ۴۰۰ و ۶۵۰ کیلومتری در جبه بالایی
- وجود لایه کم سرعت در جبه بالایی

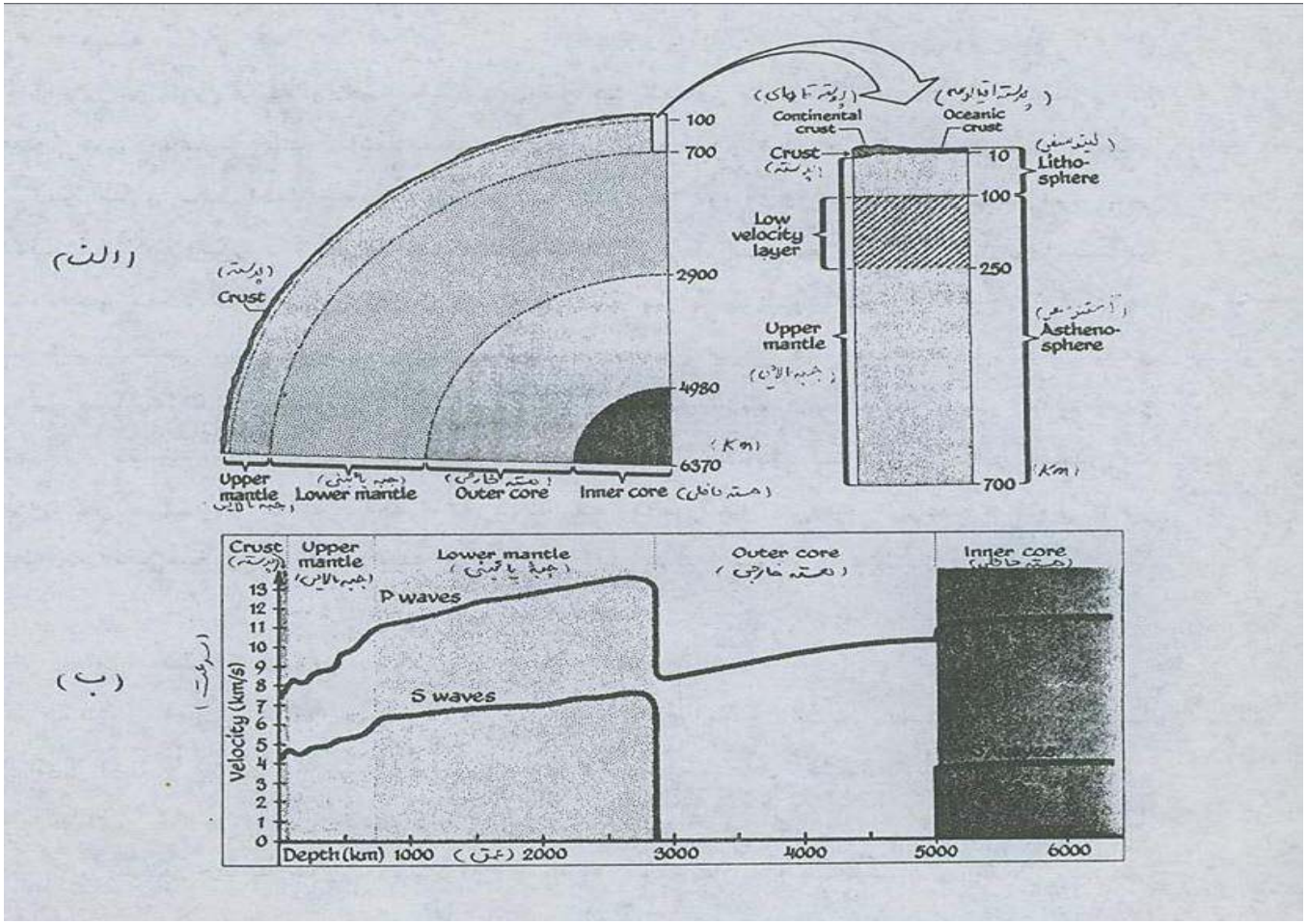
ساختمان درونی زمین

- جبه زیرین
- مرز پایینی جبه زیرین
- تغییر سرعت امواج لرزه ای در جبه زیرین
- بود بازتاب کننده امواج در جبه زیرین

ساختمان درونی زمین

- هسته
- شعاع هسته زمین
- حد فاصل مشخص بین جبه و هسته
- افت شدید سرعت موج طولی در مرز جبه و هسته
- عبورنکردن امواج عرضی از هسته
- هسته خارجی مایع و هسته داخلی جامد

الف: مدل ساختماني زمين
ب: تغييرات سرعت امواج لرزه اي با عمق



مسیر انتشار امواج لرزه ای

- انتشار امواج لرزه ای مشابه انتشار امواج نوری
- افزایش سرعت امواج لرزه ای با عمق و تبدیل پرتوهای لرزه ای به خطوط منحنی شکل
- فازهای لرزی
- Δ یا فاصله بین کانون و ایستگاه

مسیر انتشار امواج لرزه ای

تقسیم بندی زمین لرزه ها از نظر فاصله بین ایستگاه تا کانون سطحی:

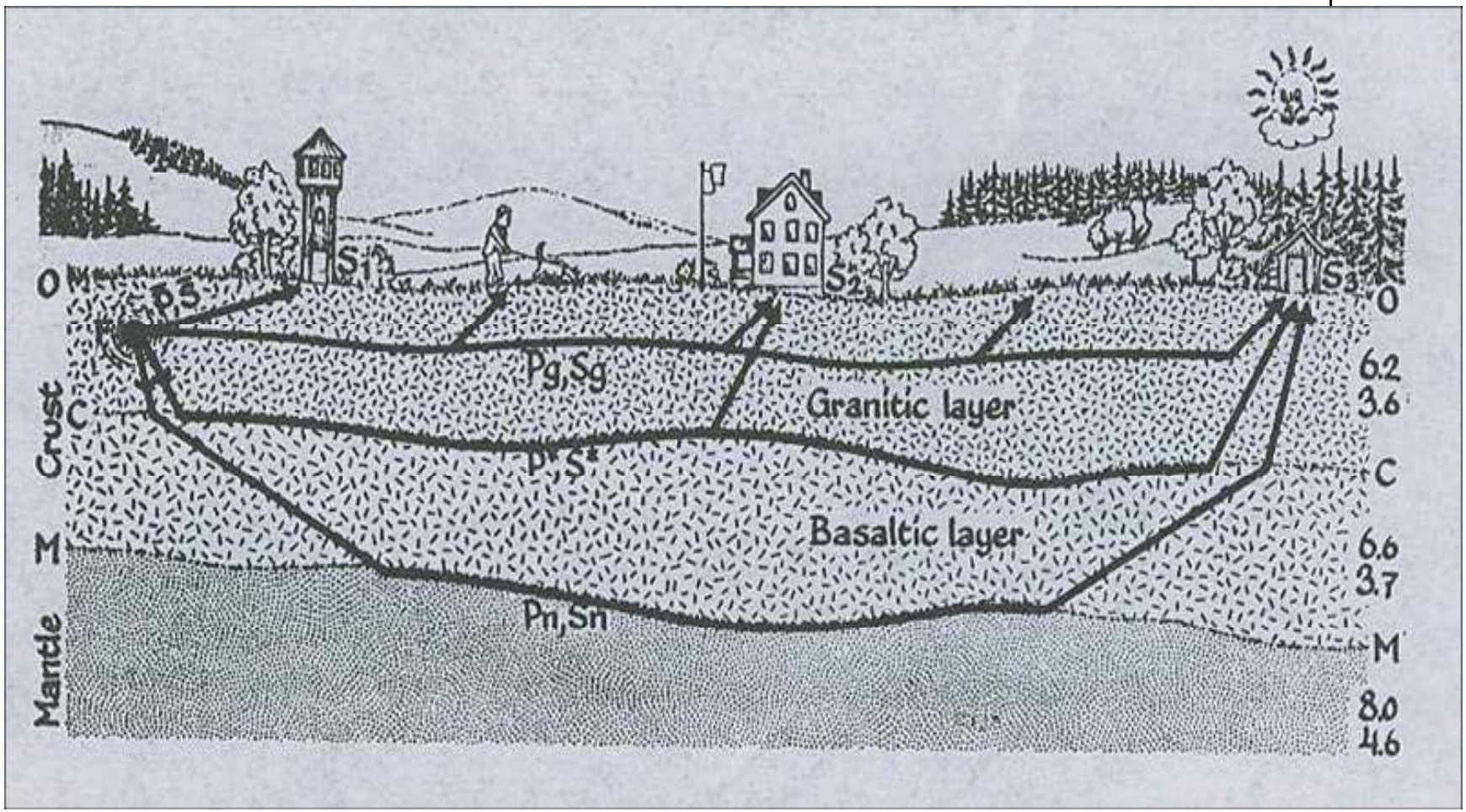
- فازهای درون پوسته (۰ تا ۱۰ درجه)
- فازهایی که از جبه عبور کرده اند (۱۰ تا ۱۰۳ درجه)
- فازهایی که ازدرون هسته عبور کرده اند (بیش از ۱۰۳ درجه)

مسیر انتشار امواج لرزه ای

- -امواج لرزه ای ثبت شده در فاصله ۱۰> Δ > ۰(امواج پوسته ای)

- صرف نظر کردن از انحنای زمین
- فاز P
- فاز S
- فاز Pg
- فاز Sg
- فاز Pn
- فاز Sn

مدل دو لايه اي پوسته با سطوح ناپيوستگي نامنظم



مسیر انتشار امواج لرزه ای

- علل نامناسب بودن یک مدل یک لایه ای برای پوسته
- فازهای Pb و Sb
- فازهای دریافتی تا فاصله ۲۰۰ کیلومتری
- فارهای دریافتی در فاصله بیشتر از ۲۰۰ کیلومتر
- فازهایی که در زمین لرزه ای دریایی دیده نمی شوند

مسیر انتشار امواج لرزه ای

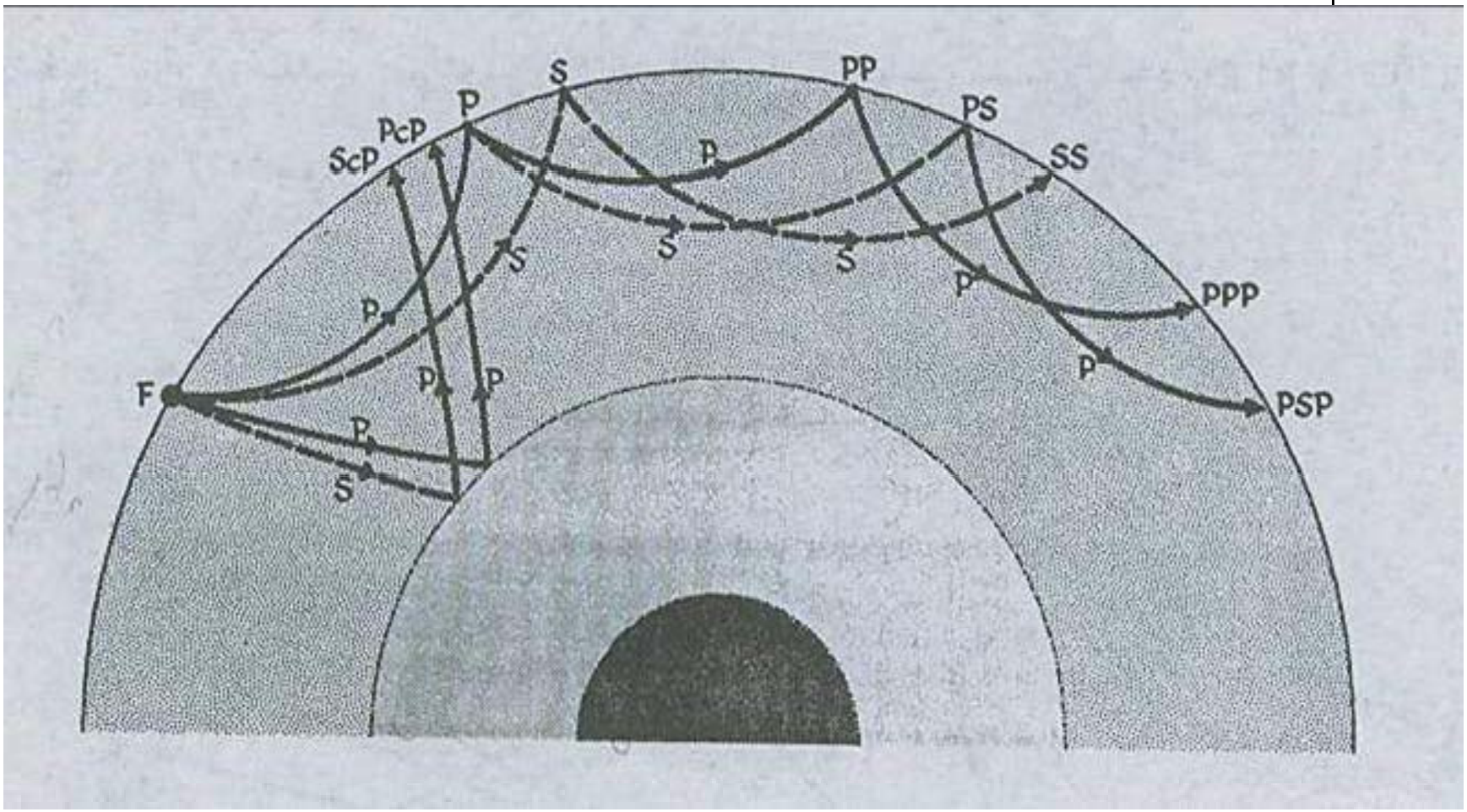
- شناسایی فازها با استفاده از اختلاف زمان دریافت فازهای مختلف
- فازهای عمقی و اهمیت آن در تعیین عمق کانونی
- فاز Lg
- فازRg

مسیر انتشار امواج لرزه ای

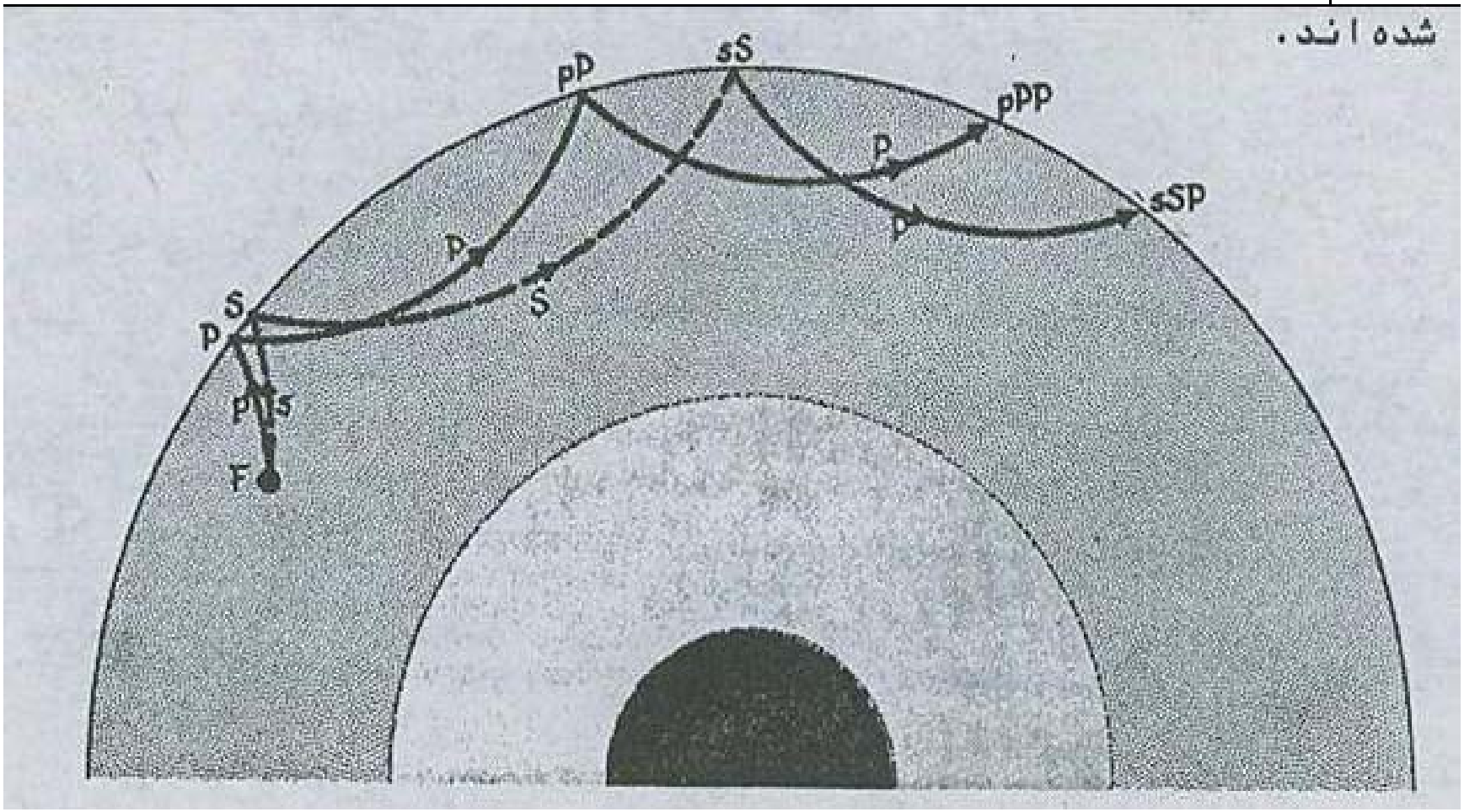
- امواج لرزه ای ثبت شده در فاصله ۱۰۳ > Δ > ۱۰

- در نظر گرفتن کرویت زمین
- فازهای اصلی
- فازهای بازتاب شده
- فاز بازتاب شده ا سطح حدفاصل جبه و هسته خارجی
- فازهای عمقی

مسیرهای انتشار امواج بازتابی و مستقیم



مسیرهای انتشار فازهای عمقی



مسیر انتشارامواج لرزه ای

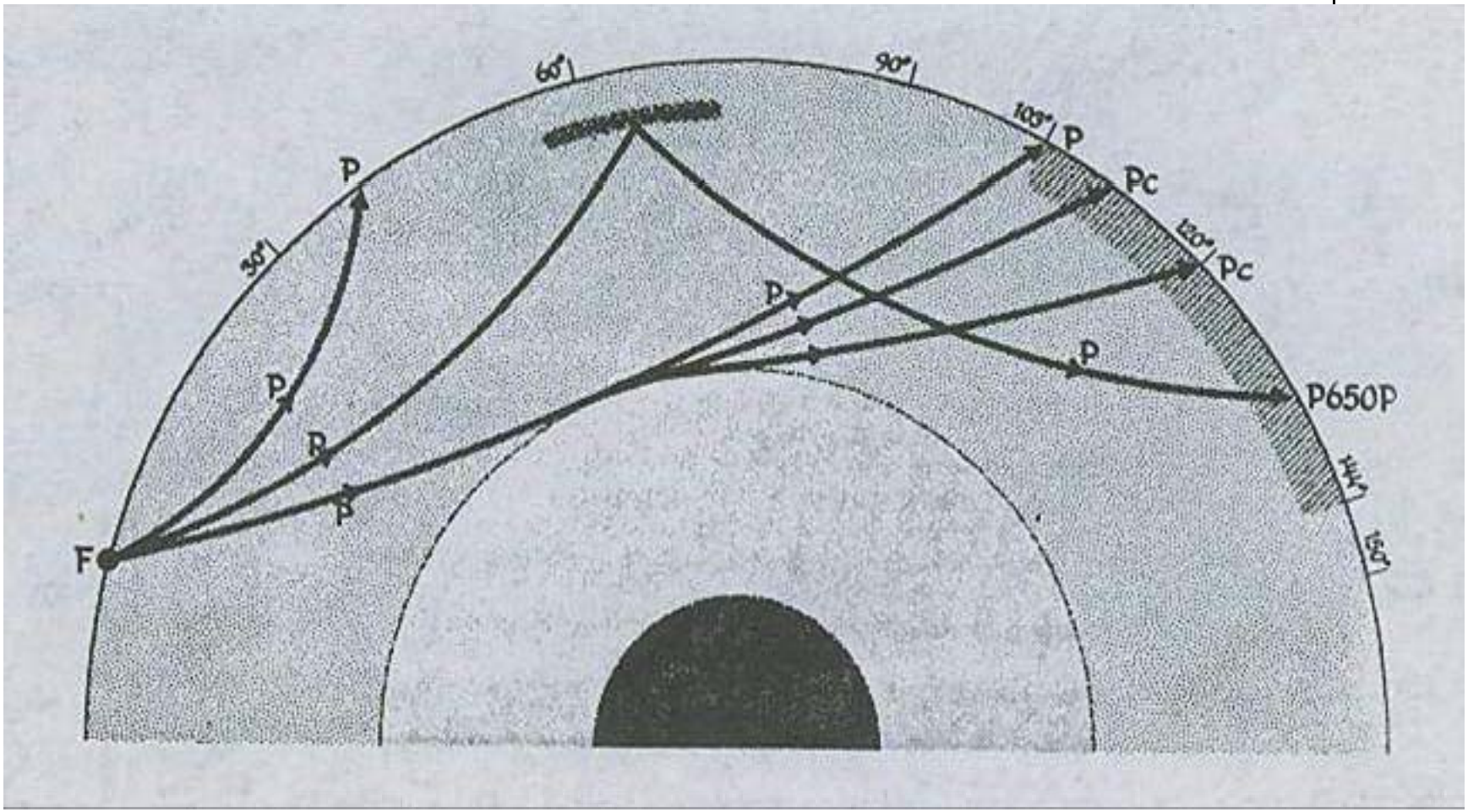
- امواج لرزه ای ثبت شده در فاصله $\Delta > ۱۰۳$

- امواجی که از سطوح حد فاصل اعماق ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلومتری بازتاب شده اند

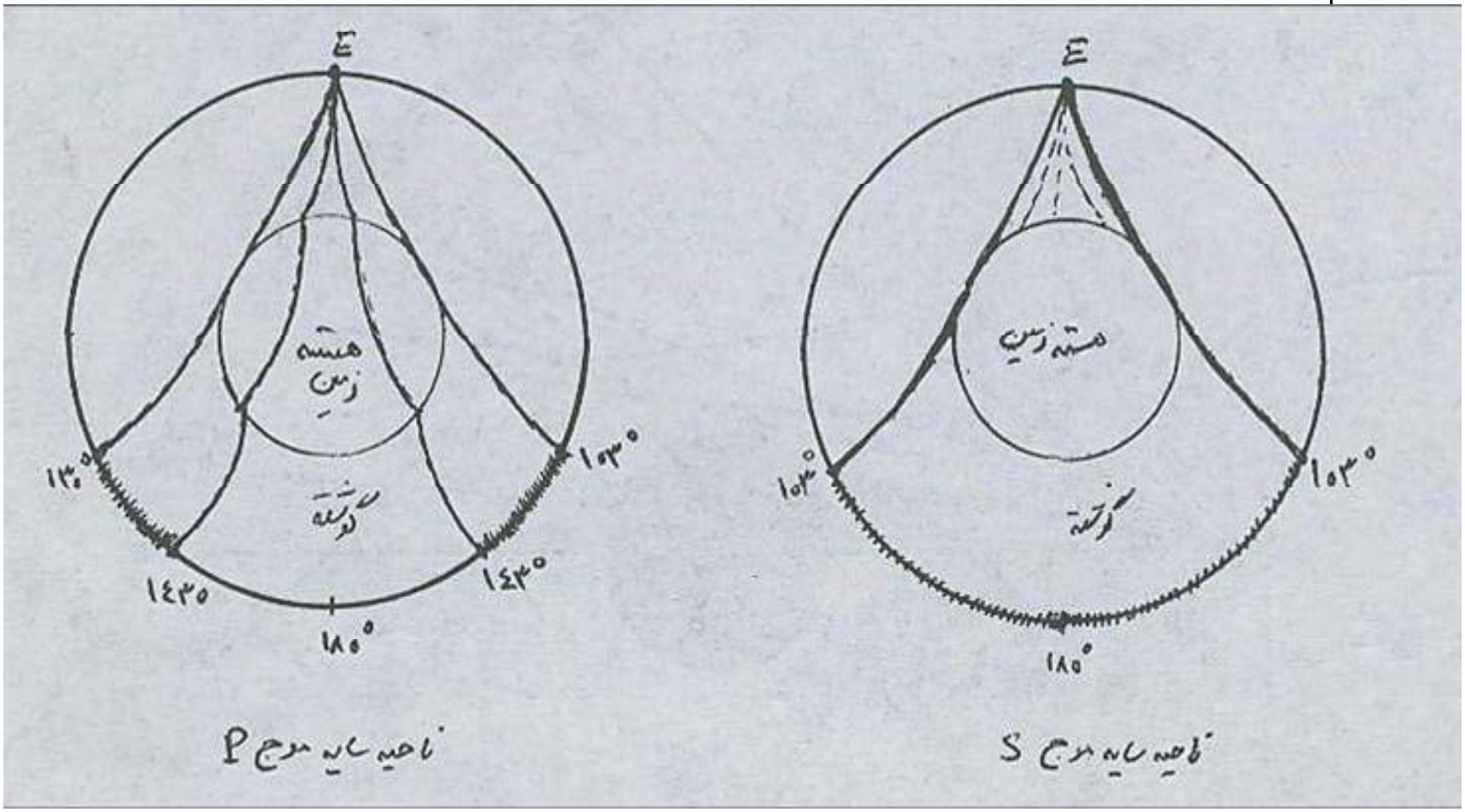
- ناحیه سایه موج P

- ناحیه سایه موج S

امواج پراشیده و بازتاب شده از عمق ۶۵۰ کیلومتری و ناحیه سایه



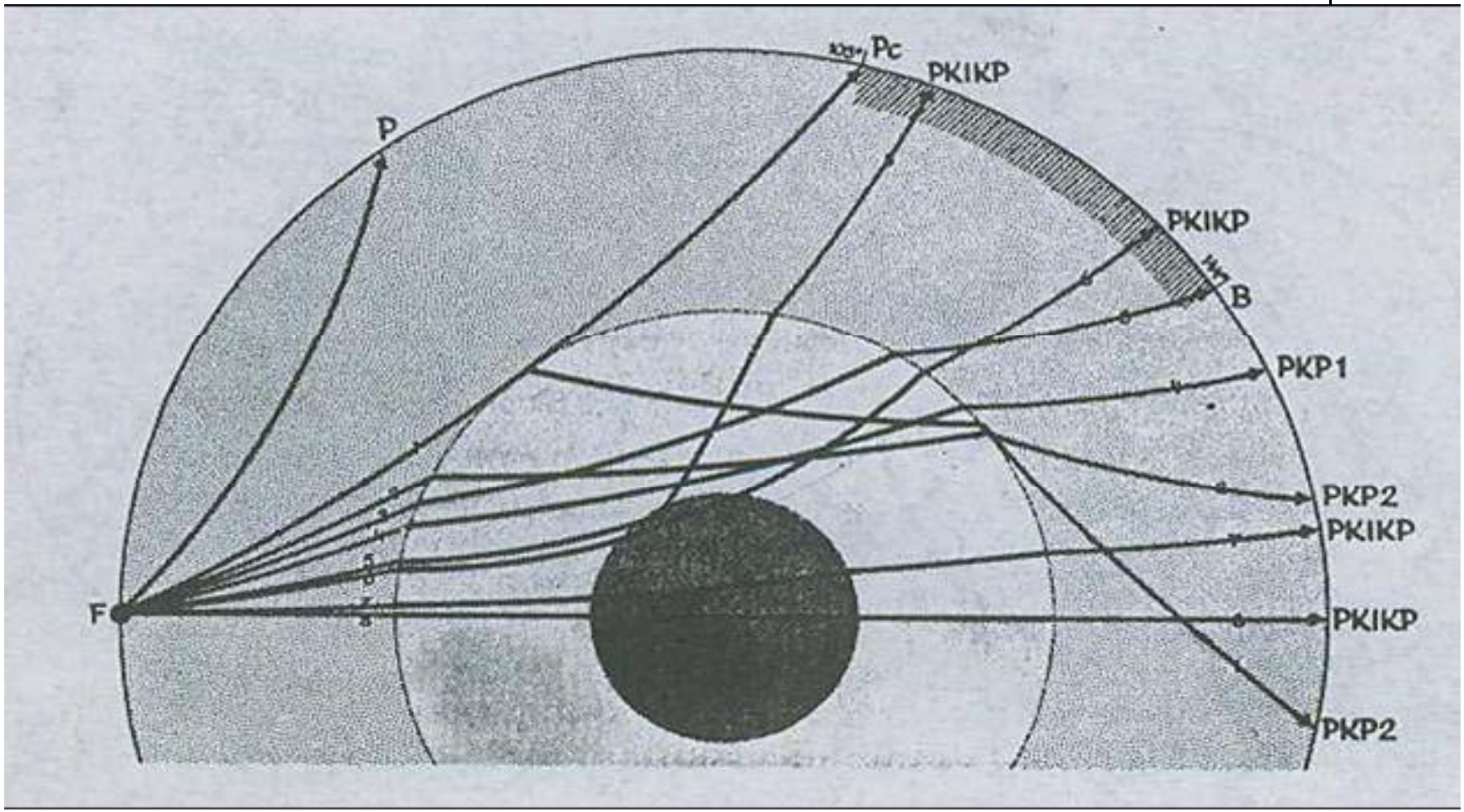
ناحیه سایه موج P
ناحیه سایه موج S



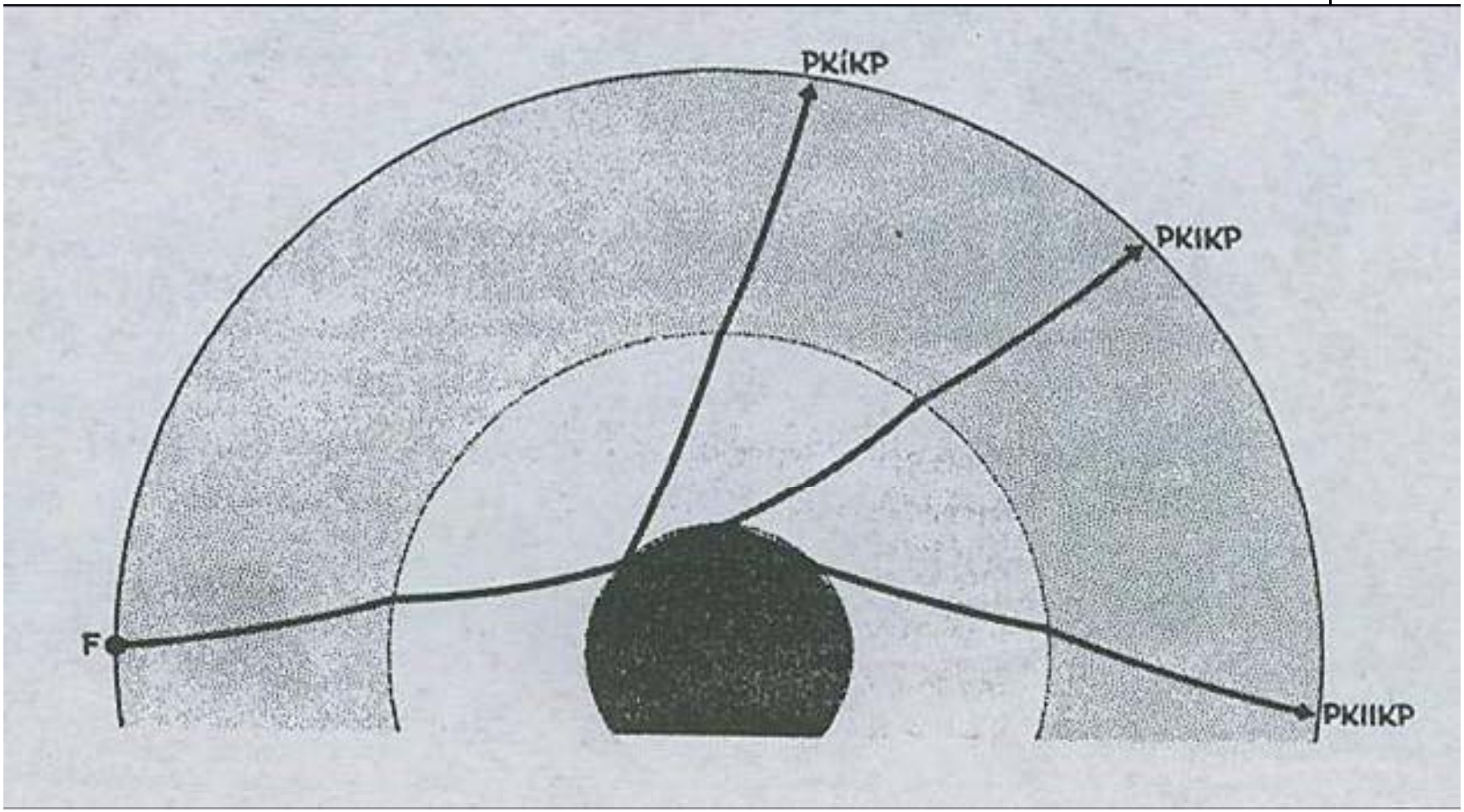
مسیر انتشار امواج لرزه ای

- فازهای هسته ای
- فازهایی که از هسته خارجی عبور می کنند
- فازهایی که از هسته داخلی عبور می کنند
- فازهایی که از سطح خارجی هسته داخلی بازتاب می کنند
- امواجی که در درون هسته سیال به دام افتاده و چند بار بازتاب می کنند

مسير فازهايي كه از درون هسته عبور كرده اند



مسير انتشار فازهاي لرزه اي كه از هسته مي گذرند



فصل ششم

- اندازه زمین لرزه ها
- سنجش زمین لرزه ها
- منحنی های زمان – مسافت
- لرزه سنجی و لرزه نگاشتها

اندازه زمین لرزه ها

- رابطه مستقیم انرژی جمع شده در سنگها و انرژی آزاد شده در هنگام زمین لرزه
- لزوم داشتن مقیاسی برای سنجش و رده بندی زمین لرزه ها
- مقیاسهای سنجش زمین لرزه ها:

شدت زمین لرزه

بزرگی زمین لرزه

اندازه زمین لرزه ها

- شدت زمین لرزه

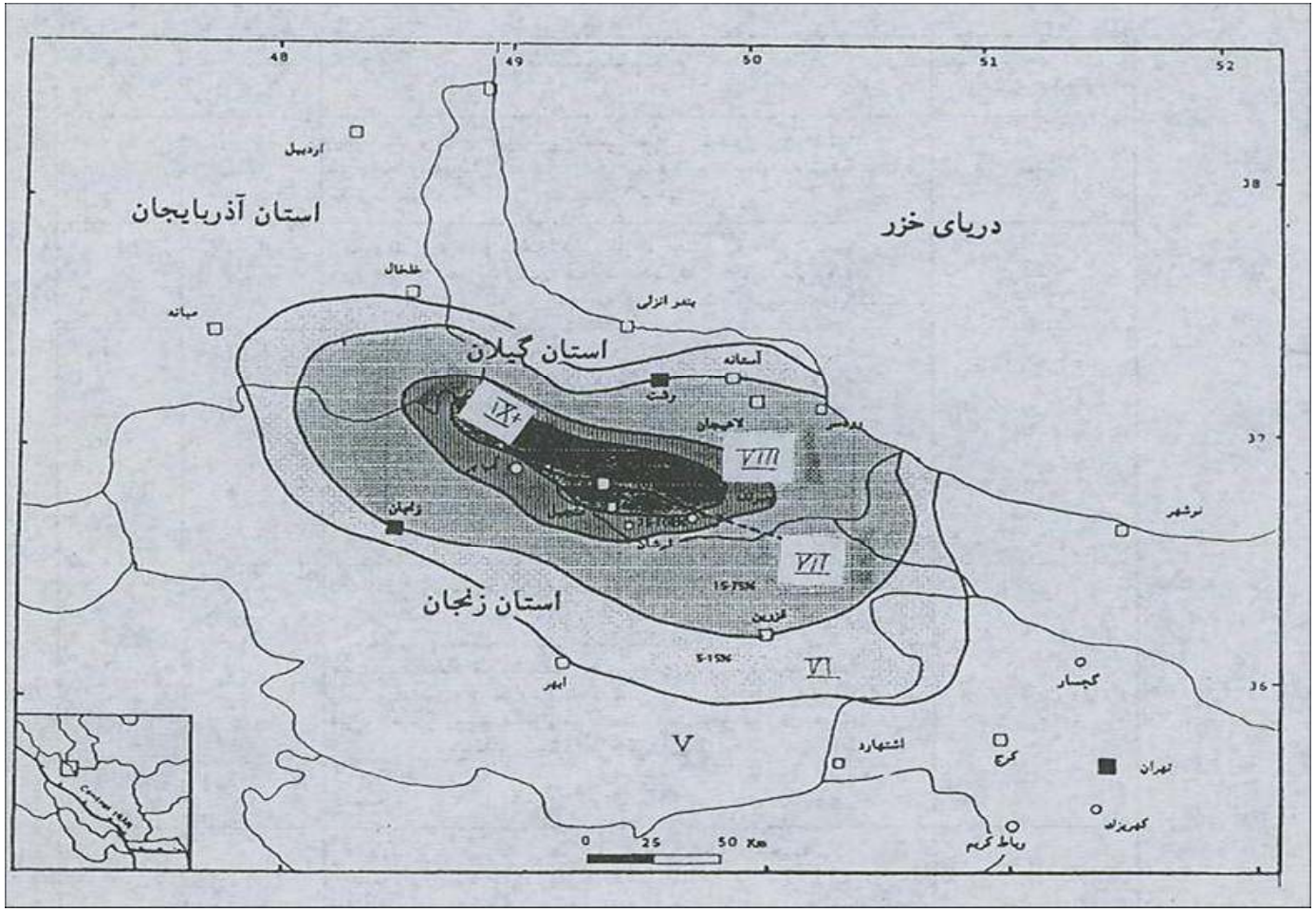
- تعریف شدت زمین لرزه
- شدت کمیتی مشاهده ای و غیر دستگاهی و تابع فاصله تا کانون زمین لرزه است
- شدت با فاصله از کانون زمین لرزه رابطه عکس دارد

اندازه زمین لرزه ها

- شدت زمین لرزه

- خطوط هم لرز
- مقیاس روسی- فورل
- مقیاس مرکالی و مقیاس اصلاحی شدت مرکالی
- منحنی های هم لرز و ناحیه میان لرز
- کشیدگی خطوط هم شدت

نقشه خطوط هم شدت زمین لرزه ۱۳۶۹ منجیل

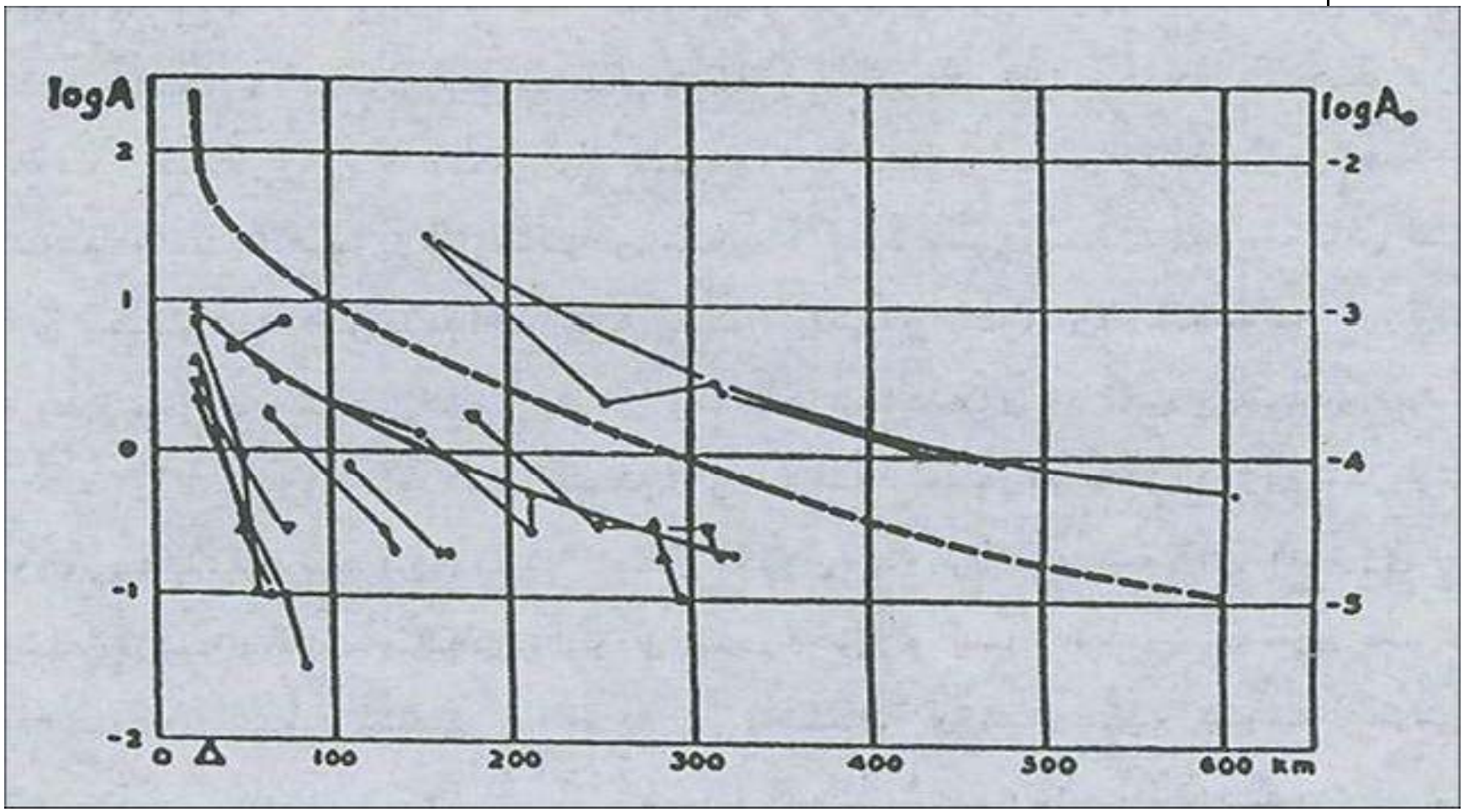


اندازه زمین لرزه ها

- بزرگای زمین لرزه

- لزوم بیان یک مقیاس دستگاهی و مستقل از فاصله برای زمین لرزه
- استفاده از لگاریتم بیشترین دامنه زمین لرزه ها برای رده بندی آنها توسط واداتی
- رسم دامنه زمین لرزه های ثبت شده بر حسب فاصله از مرکز سطحی برای زمین لرزه های گوناگون و تشابه روند نمودارهای حاصل

مبناي محاسبه بزرگاي زمين لرزه هاي محلي



اندازه زمین لرزه ها

- بزرگی زمین لرزه ها

- قرار دادن اختلاف لگاریتم دامنه زمین لرزه ها نسبت به لگاریتم زمین لرزه های استاندارد بعنوان مبنای سنجش بزرگای زمین لرزه

- بزرگای محلی ML

- زمین لرزه صفر یا مبنا

اندازه زمین لرزه ها

- بزرگای زمین لرزه

- مثبت بودن بزرگی زمین لرزه
- ۱۰ برابرشدن دامنه بزرگترین موج زمین لرزه با ازای هر واحد افزایش بزرگی
- ریکتر واحد بزرگای زمین لرزه

اندازه زمین لرزه

- بزرگای زمین لرزه

- بزرگی زمین لرزه با استفاده ازموج سطحی و موج پیکری
- قرار دادن سرعت جنبش زمین (A / T) به جای دامنه برای حذف ۲۰ ثانیه ای دوره تناوب

$$Ms=Log(A/T)+aLog(D)+b$$

$$Mb=Log(A/T)+Q(h,D)$$

اندازه زمین لرزه

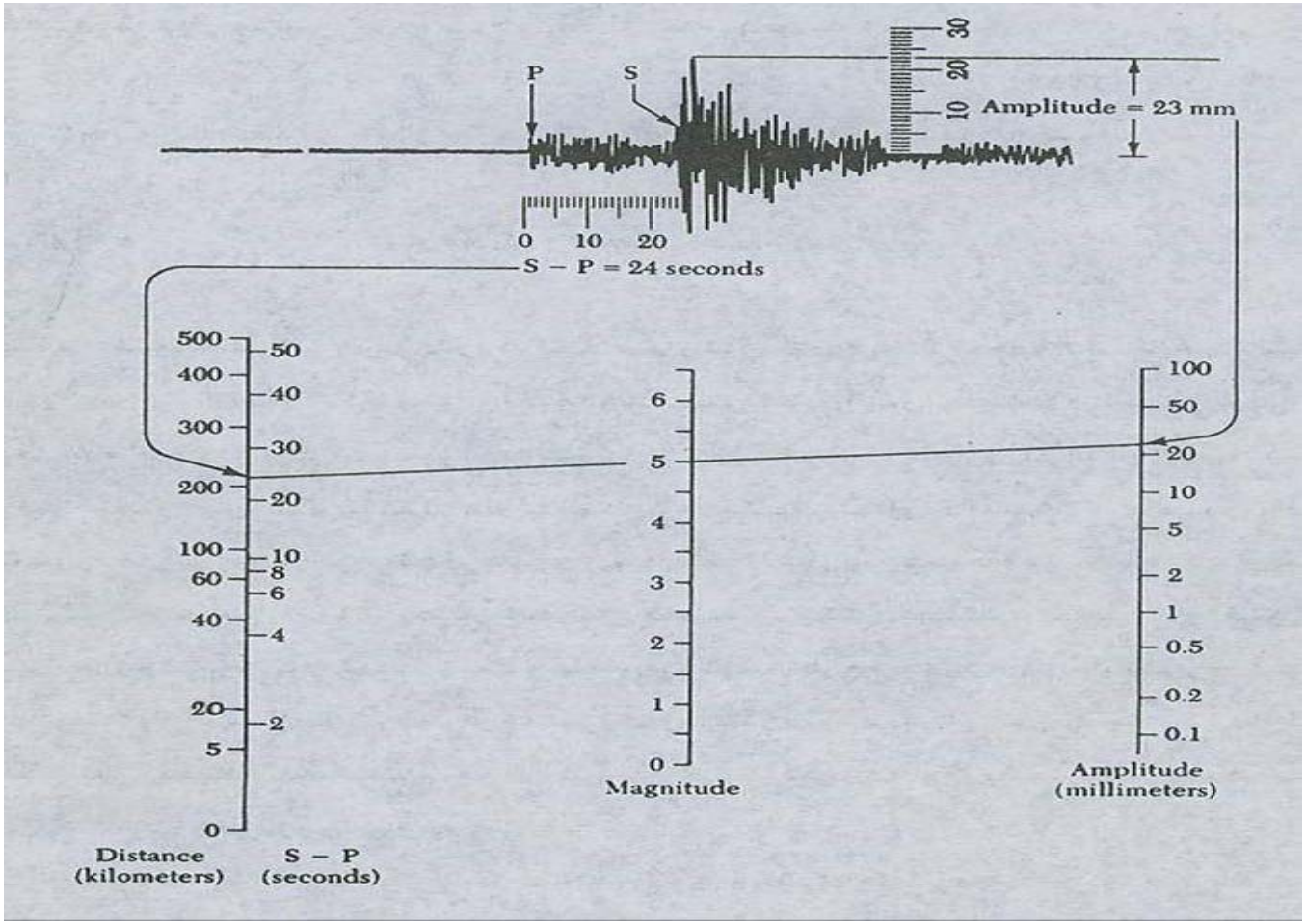
- بزرگی ازمین لرزه

- رابطه خطی Ms,Mb

$$Mb=a+b\ Ms$$

- روش ریکتر برای تعیین بزرگای محلی

محاسبه بزرگاي محلي با استفاده از روش ريكتر



اندازه زمین لرزه

- انرژی زمین لرزه

- انرژی رها شده در چشمه زمین لرزه

$$\text{Log Es}=11.8+1.5\ \text{Ms}$$

- ۳۲ برابر شدن انرژی رها شده با افزایش یک واحد بزرگا

- رابطه فراوانی زمین لرزه ها با بزرگی

$$\text{Log}(N)=a-b\ M$$

سنجش زمین لرزه

- تعیین کانون بعنوان نخستین گام مطالعه زمین لرزه ها
- چهار پارامتر اصلی یک زمین لرزه

طول جغرافیایی کانون سطحی

عرض جغرافیایی کانون سطحی

عمق کانونی

زمان رویداد

سنجش زمین لرزه با استفاده از یک ایستگاه لرزه نگاری

- تخمین فاصله و عمق کانونی زمین لرزه

- خواندن زمان رسیدن موج طولی و عرضی و محاسبه فاصله کانونی

اگر $D=Vp.Vs / Vp-Vs (ts-tp)$

$Vp=8 , VP=4$ Km/sec

$D=Vp(ts-tp)$

$D=8(ts-tp)$

سنجش زمین لرزه با استفاده از یک ایستگاه لرزه نگاری

- تخمین فاصله و عمق کانونی زمین لرزه

- اهمیت شناخت سرعت امواج لرزه ای در پوسته

- یکسان بودن فاصله کانونی و فاصله رو مرکزی در زمین لرزه های سطحی

سنجش زمین لرزه با استفاده از یک ایستگاه لرزه نگاری

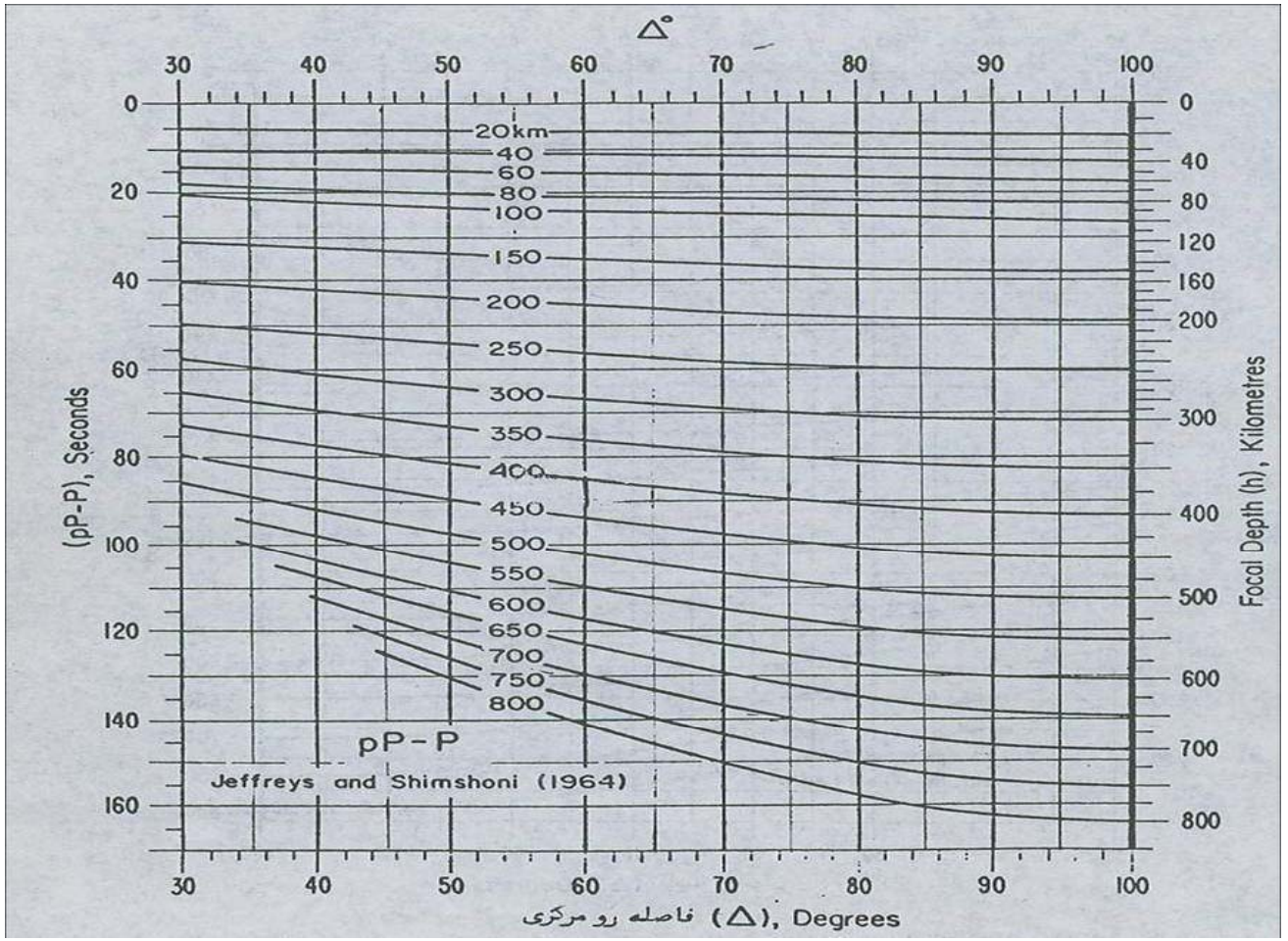
- تخمین عمق کانونی با استفاده از فازهای عمقی

- تعریف فازهای عمقی

$$Ho = Vp / 2 (tpP – tp)$$

- استفاده از نمودارهای جفریز- شیمشونی برای بدست آوردن عمق کانونی زمین لرزه

نمودارتعیین عمق کانونی با استفاده از فاز عمقی



سنجش زمین لرزه با استفاده از یک ایستگاه لرزه نگاری

- تعیین سمت مرکز سطحی زمین لرزه

- سمت زمین لرزه

- نحوه تعیین سمت زمین لرزه با استفاده از یک فاز مشخص روی لرزه نگاشت

سنجش زمین لرزه با استفاده از یک ایستگاه لرزه نگاری

- زمان رویداد زمین لرزه

- زمان رویداد یا زمان چشمه زمین لرزه

- محاسبه زمان رویداد زمین لرزه با فرض

$$Vp / Vs=\sqrt{3}$$

$$VpTp=(VpVs/Vp-Vs)(ts-tp)$$

$$Tp=1.366 (ts-tp)$$

$$to=tp-Tp$$

سنجش زمین لرزه با استفاده از چند ایستگاه لرزه نگاری

- تعیین فاصله و عمق کانونی زمین لرزه

- به دست آوردن فاصله کانونی برای سه ایستگاه

- رسم سه دایره با شعاعهای فاصله های کانونی به دست آمده

- محل تلاقی سه دایره کانون سطحی زمین لرزه است

- به دست آوردن عمق کانونی برای هر ایستگاه از رابطه

$$Ho=\sqrt{\Delta^2 + D^2}$$

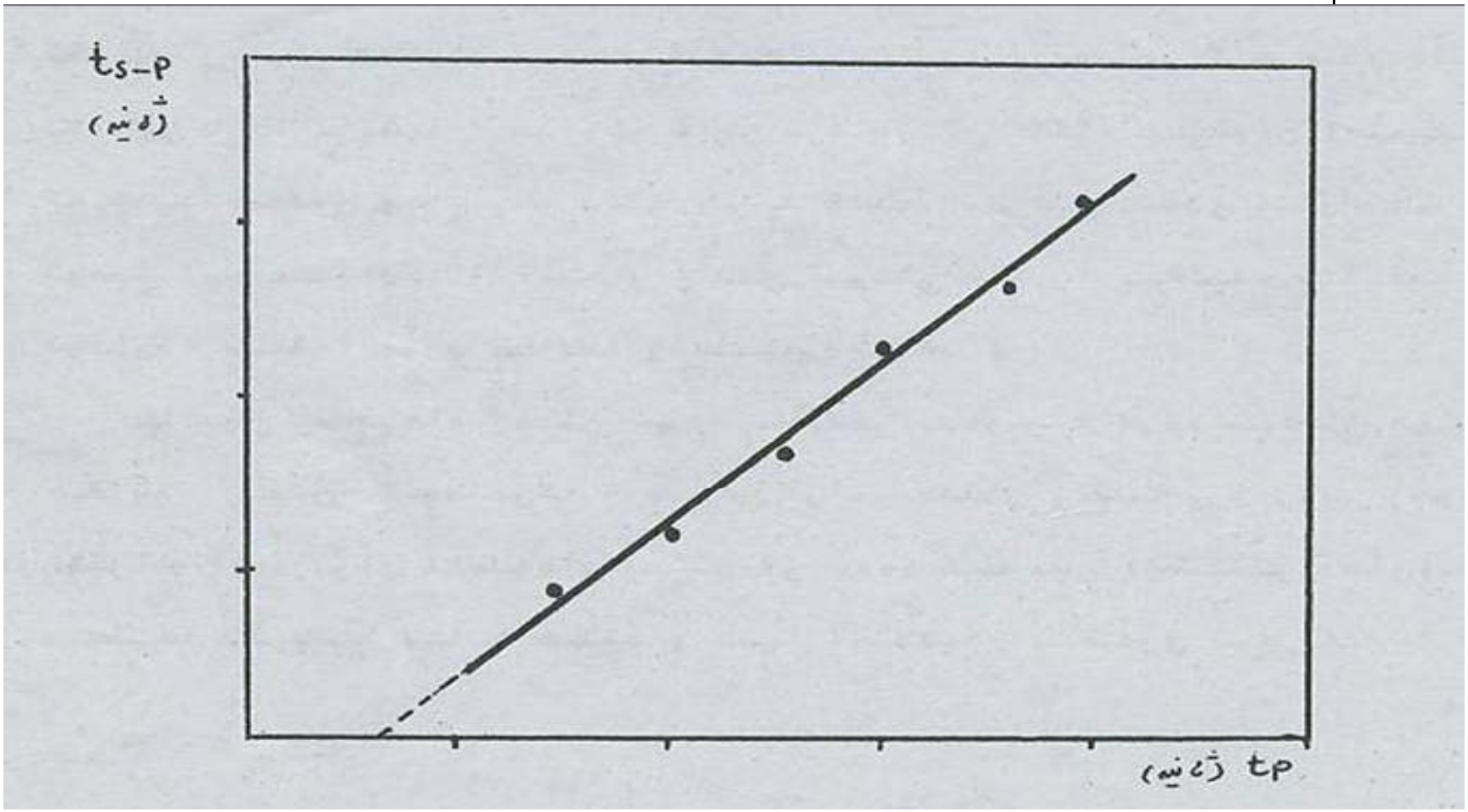
سنجش زمین لرزه با استفاده از چند ایستگاه لرزه نگاری

- تعیین زمان رویداد زمین لرزه

-تهیه جدولی از زمان های دریافت اولین موج طولی در ایستگاه های مختلف

- رسم نموداری که محور افقی آن tp و محور عمودی آن t(s-p) است که محل تقاطع آن با محور افقی نشاندهنده زمان رویداد زمین لرزه است

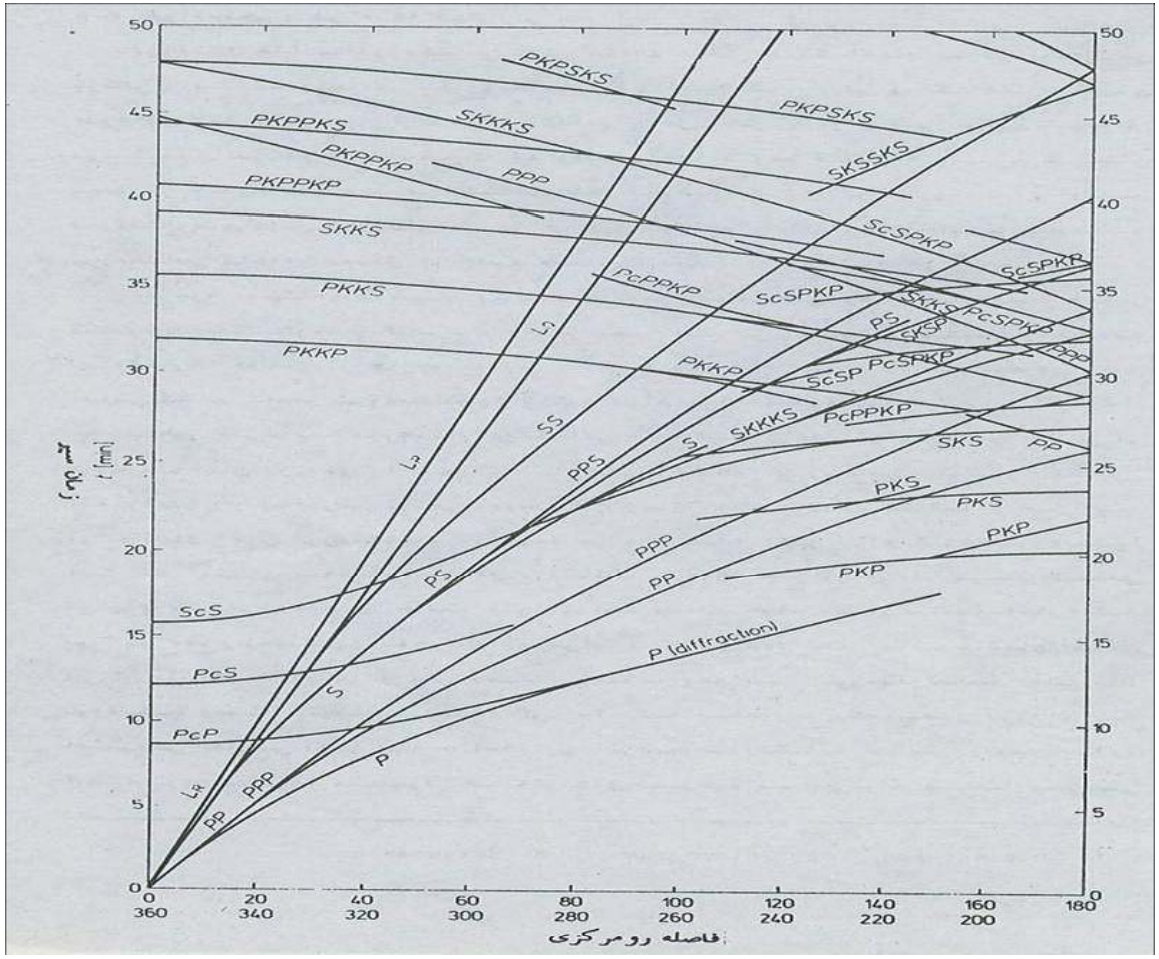
محاسبه زمان رویداد زمین لرزه با روش چند ایستگاهي



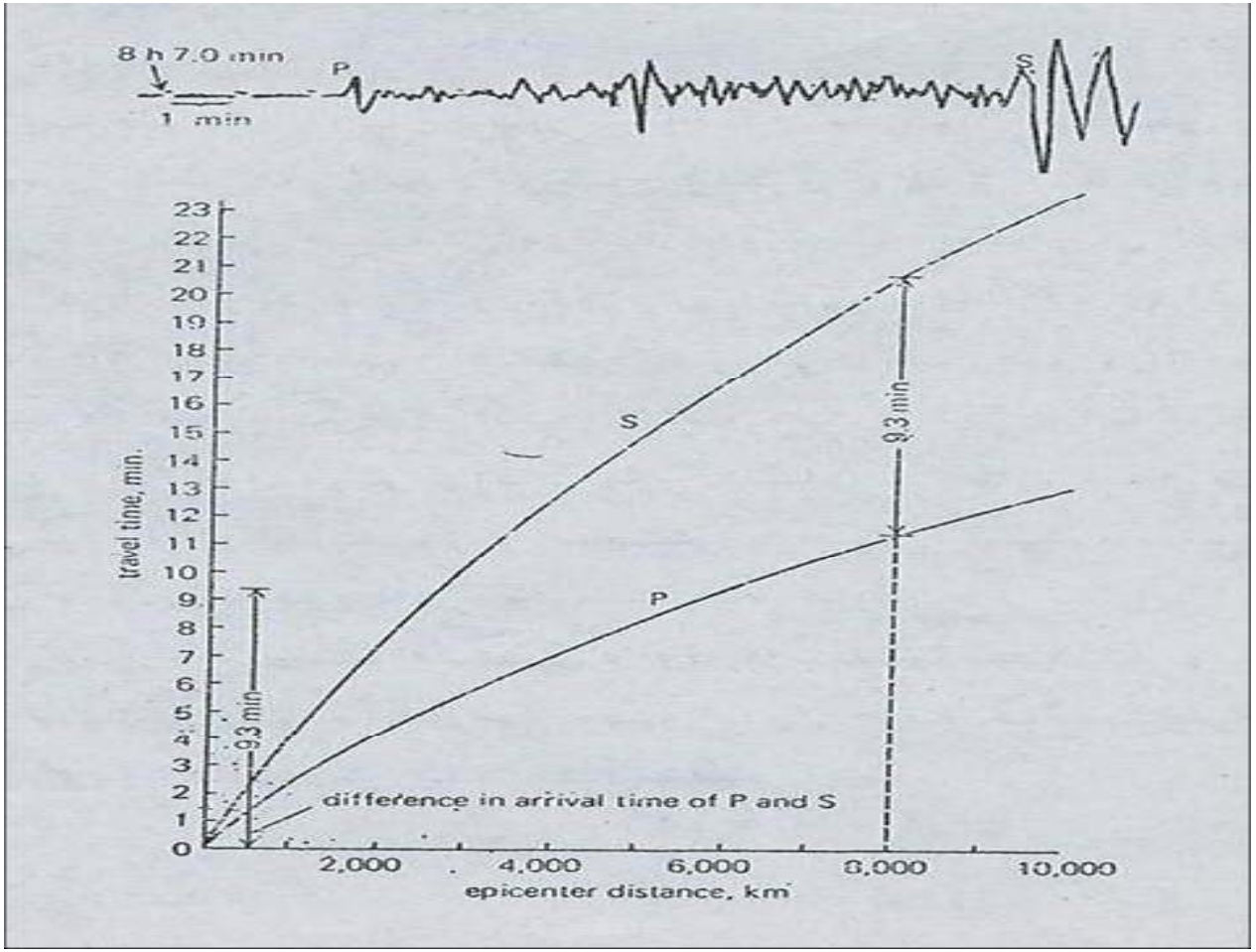
منحنی زمان سیر

- نحوه رسم منحنی زمان سیر
- تعیین مرکز سطحی زمین لرزه با استفاده از منحنی های زمان سیر
- دلایل عدم انطباق زمانهای روی یک لرزه نگاشت با منحنی های زمان سیر
- انحنای منحنی های زمان سیر موجهای پیکری
- مستقیم بودن منحنی های موج مستقیم

منحني هاي زمان سير جفريز - بولن



استفاده از منحنی های زمان سیر برای تعیین فاصله زمین لرزه



لرزه سنجی و لرزه نگاشتها

- اهمیت لرزه نگارها در دستیابی به مناطق دور از دسترس زمین
- لرزه نگار، لرزه نگاشت و لرزه سنج
- پایگاه کامل
- روشهای ثبت موجهای لرزه ای در لرزه نگارها
- مشخص بودن زمان بر روی لرزه نگاشت

لرزه سنجی ولرزه نگاشتها

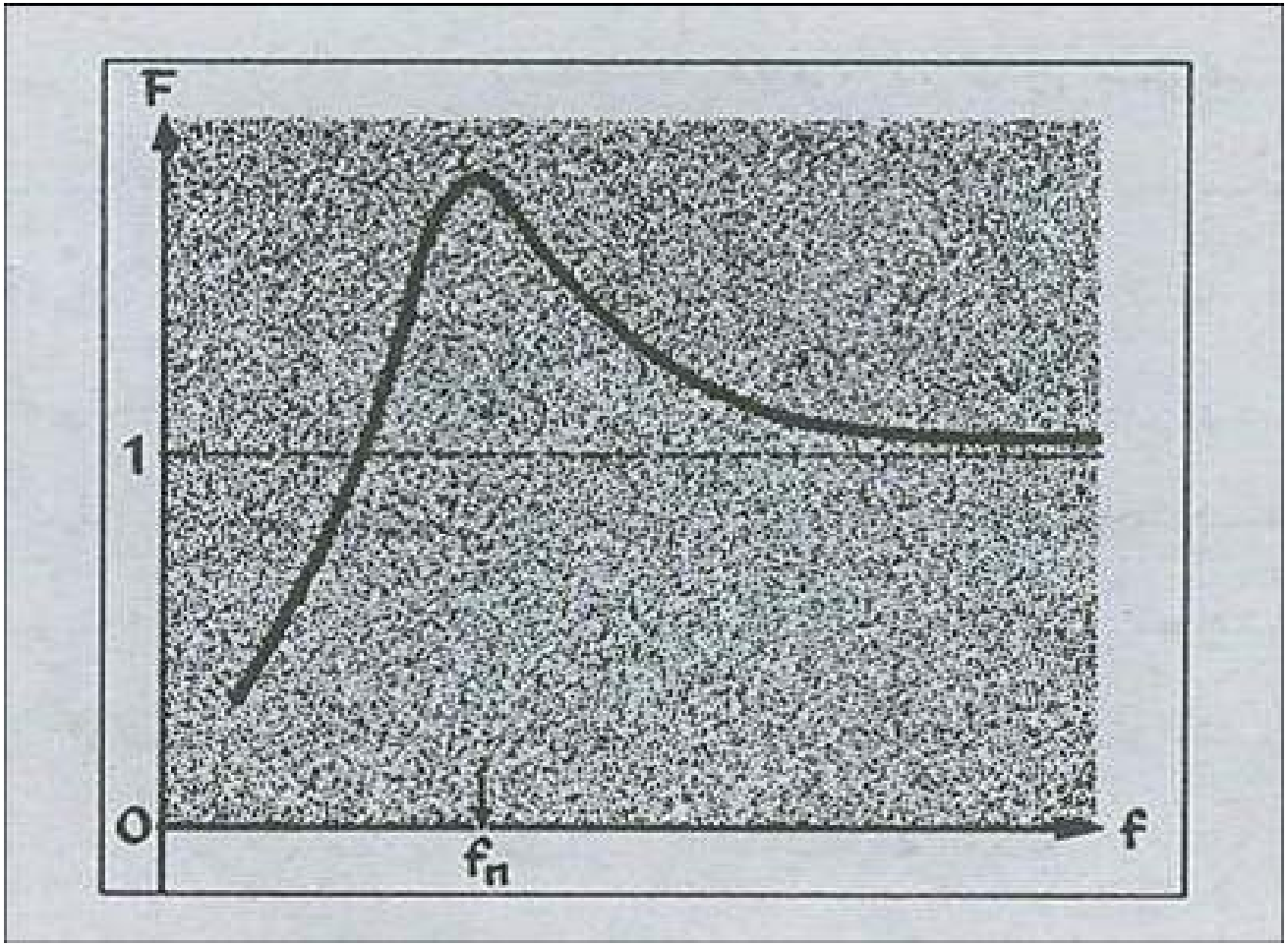
- ویژگیهای فرکانسی لرزه سنج ها

- فرکانس طبیعی آونگ

- ارتباط فرکانس نوسان زمین با فرکانس طبیعی آونگ

- ارتباط نگاشت ثبت شده با دوره آونگ ودوره حرکت زمین

نمودار بستگي دامنه يك آونگ به صورت تابعي از فركانس ارتعاش زمين



لرزه سنجی و لرزه نگاشتها

- ویژگیهای فرکانسی لرزه سنج ها

- انواع لرزه سنج ها و کاربرد هریک

- تأثیر بزرگنمایی بر روی شکل لرزه نگاشت

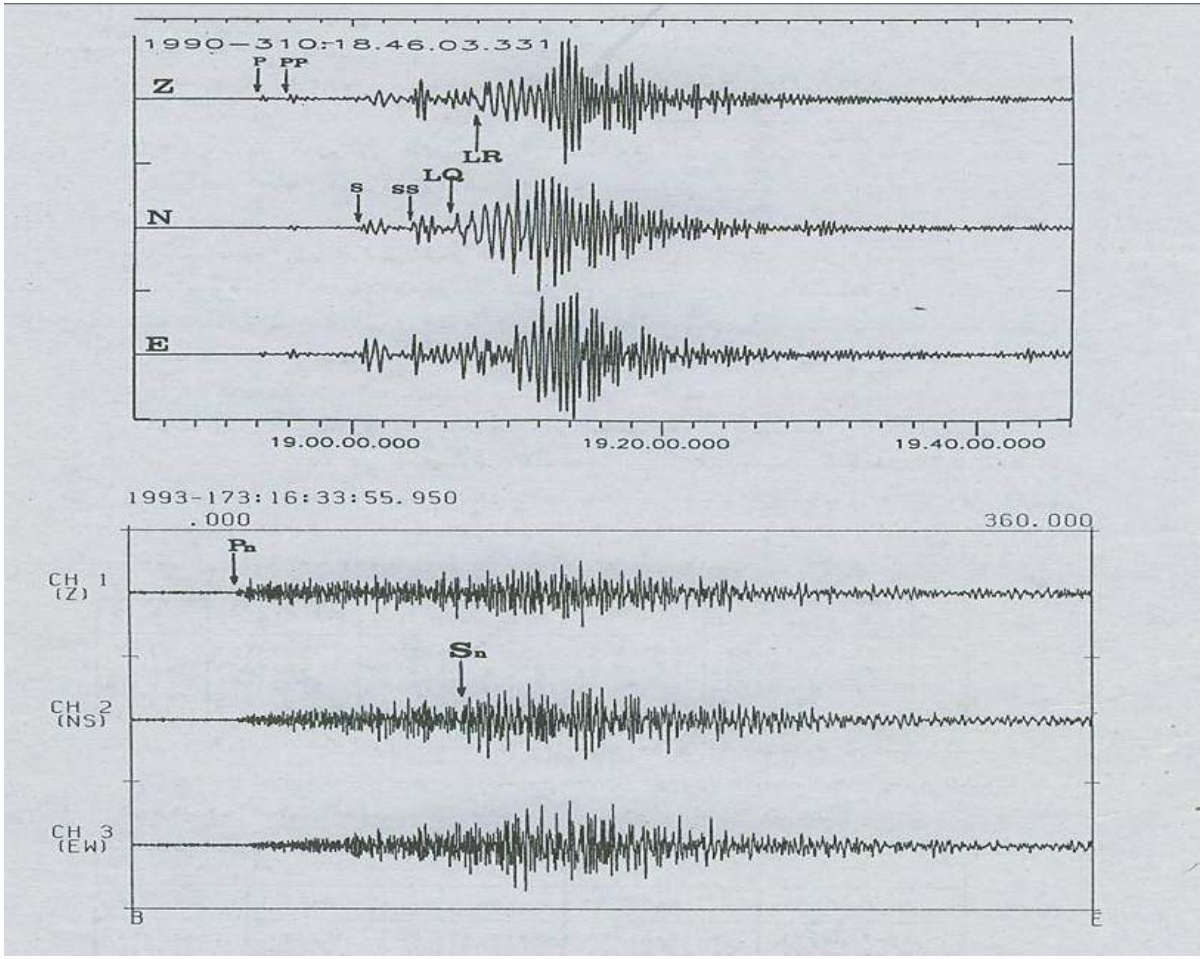
لرزه سنجی و لرزه نگاشتها

- نگاشتهای رقمی

- ثبت رقمی

- مزیتهای دستگاه های ثبت رقمی

نمونه هایی از لرزه نگاشتهای رقمی دوره بلند و دوره کوتاه



فصل هفتم

- پیش بینی زمین لرزه ها
- پیش نشانگرهای زمین لرزه ها
- مدلهای فیزیکی پیش بینی
- پیش بینی زمین لرزه ها در ایران
- خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی
- مقابله با زمین لرزه

پیش بینی زمین لرزه

- مشکلات پیش بینی زمین لرزه
- تعریف پیش بینی زمین لرزه
- پتانسیل دراز مدت زمین لرزه
- اهمیت گستره زمانی در پیش بینی زمین لرزه

پیش بینی زمین لرزه

- پیش بینی دراز مدت یا منطقه ای

- هدفهای پیش بینی دراز مدت

الف- مقاوم سازی سازه ها

ب- انتشار آئین نامه های جدید ساختمانی

پ- اجرای عملیات اضطراری آموزش مردم

ت- ترسیم طرح های کمک رسانی

- مناطق آرام یا بی لرزه

پیش بینی زمین لرزه

- پیش بینی کوتاه مدت

-هدفهای پیش بینی کوتاه مدت

الف- تجهیز امکانات کمک رسانی در هنگام وقوع زمین لرزه

ب- تنظیم روشهای تخلیه مناطق پر خطر

پ- توقف عملیات صنایع خطرناک

ت- تخلیه مناطق ساحلی

پیش نشانگرهای زمین لرزه

- تغییر در سرعت امواج لرزه ای

- تغییر سرعت امواج لرزه ای در نتیجه تغییر خواص فیزیکی سنگهای تحت تنش
- کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی سرعت موج P مدتی قبل از زمین لرزه و برگشت آن به سرعت عادی لحظاتی قبل از زمین لرزه اصلی

پش نشانگرهای زمین لرزه

- تغییر شکل پوسته

- تغییر شکل پوسته ناشی از واتنیدگی
- تغییر شکل به صورت بالا آمدگی، پایین افتادگی یا کج شدگی
-

پیش نشانگرهای زمین لرزه

- انتشار گاز رادون

- افزایش غلظت گاز رادون قبل از وقوع زمین لرزه

پسش نشانگرهای زمین لرزه

- تغییر در تراز سطح دریا

- تأثیر شرایط جوی بر سطح تراز دریا

پیش نشانگرهای زمین لرزه

- تغییر در سرشت لرزه خیزی

- بی هنجاری در سرشت لرزه خیزی به صورت

  بروز پیش لرزه ها

  فعالیتهای لرزه ای بی هنجار

  وقفه های لرزه ای

  افزایش یا کاهش فعالیتهای لرزه ای

  تغییر در ضریب پتانسیل لرزه خیزی b

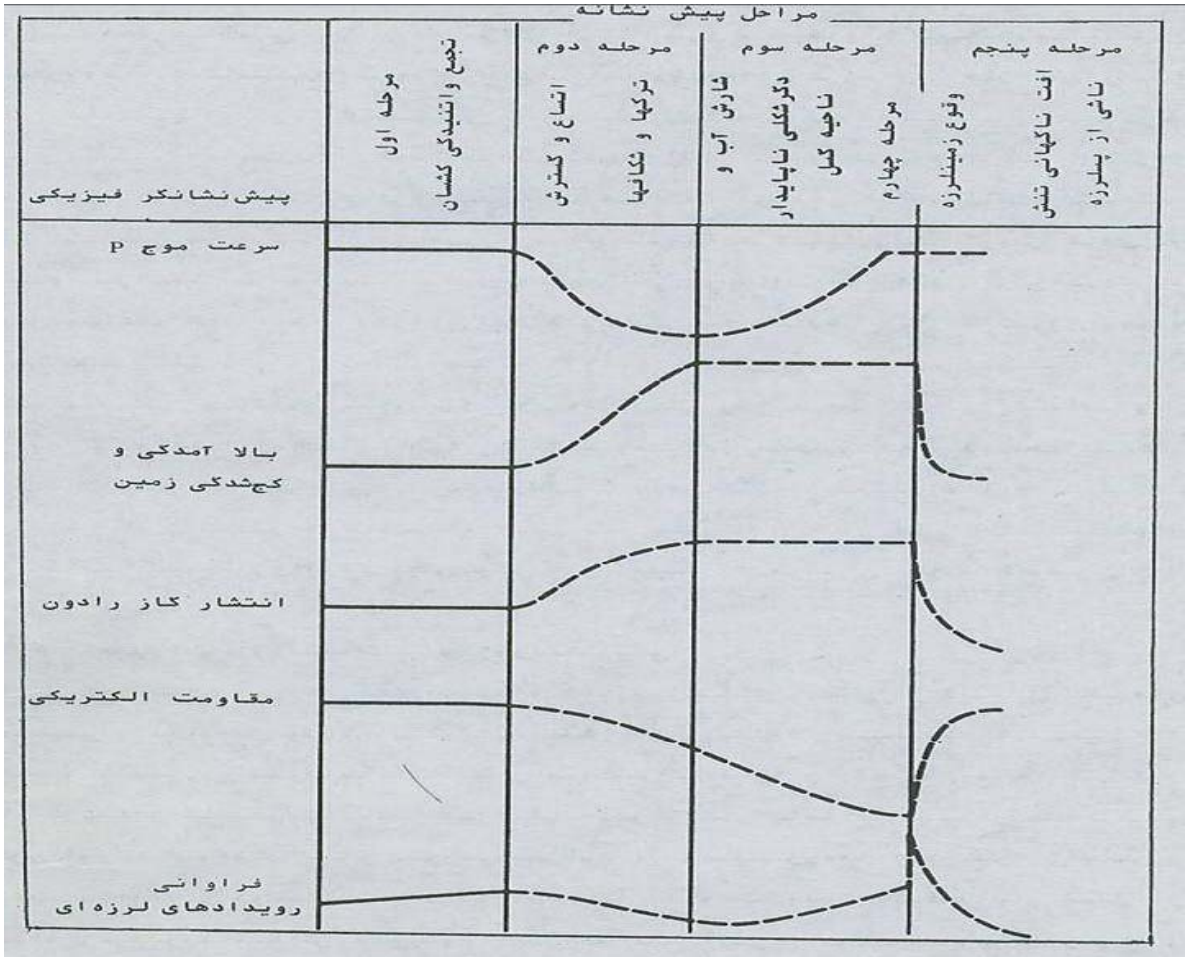
  مهاجرت کانون زمین لرزه ها

پیش نشانگرهای زمین لرزه

- تغییرات ژئومغناطیسی و ژئو الکتریکی

- افزایش در میدان مغناطیسی و کاهش مقاومت ویژه الکتریکی قبل از وقوع زمین لرزه

پیش نشانگرهاي زمين لرزه



مدلهای فیزیکی

- مدل اتساع – پاشیدگی (مدل امریکایی)

و مدل اتساع – ناپایداری (مدل روسی)

- سه مرحله دو مدل امریکایی و روسی
- مشابهتها و تفاوتهای دو مدل
- ارتباط مدت زمان پدیده های پیش نشانگر با بزرگی زمین لرزه

پیش بینی زمین لرزه ها در ایران

- پیش گوئیهای قدیمی از سده هفتم پیش از میلاد
- وجود نمونه هایی از پیشگویی زمین لرزه در زمانهای جدیدتر که اغلب با بی توجهی مردم رو به رو شده اند
- توجه به پیامدهای اقتصادی و اجتماعی پیش بینی زمین لرزه

خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

- پیشگیری از خطر زمین لرزه

- وقوع زمین لرزه های بزرگ در گذشته و آینده در ایران
- پیشگیری از زمین لرزه و فعالیتهای وسیعی که در این چهار چوب باید صورت گیرد

خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

- ارزیابی خطر زمین لرزه

- وقوع یک زمین لرزه با بزرگی ۷ در هر ۵ سال در ایران
- امکان پذیر نبودن پیش بینی زمین لرزه ها در حال حاضر
- لزوم ارزیابی و برآورد مشکلات شهرها درهنگام وقوع زمین لرزه

خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

- ارزیابی خطر زمین لرزه

- انجام مطالعات تفصیلی لرزه زمین ساخت و تهیه نقشه های خطر درازمدت
- پهنه بندی لرزه ای، سناخت مناطق آرام و امکان پیش بینی زمین لرزه
- مواردی که در هر برنامه پیشگیری از زمین لرزه باید مورد توجه قرار گیرد

خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

- برنامه ریزی و کنترل کاربری اراضی

- دو هدف اساسی پیشگیری از زمین لرزه
- توجه به خطر پذیری یک منطقه در کنار معیارهای اقتصادی
- پهنه بندی کاربری اراضی

خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

- کاهش خطر زمین لرزه

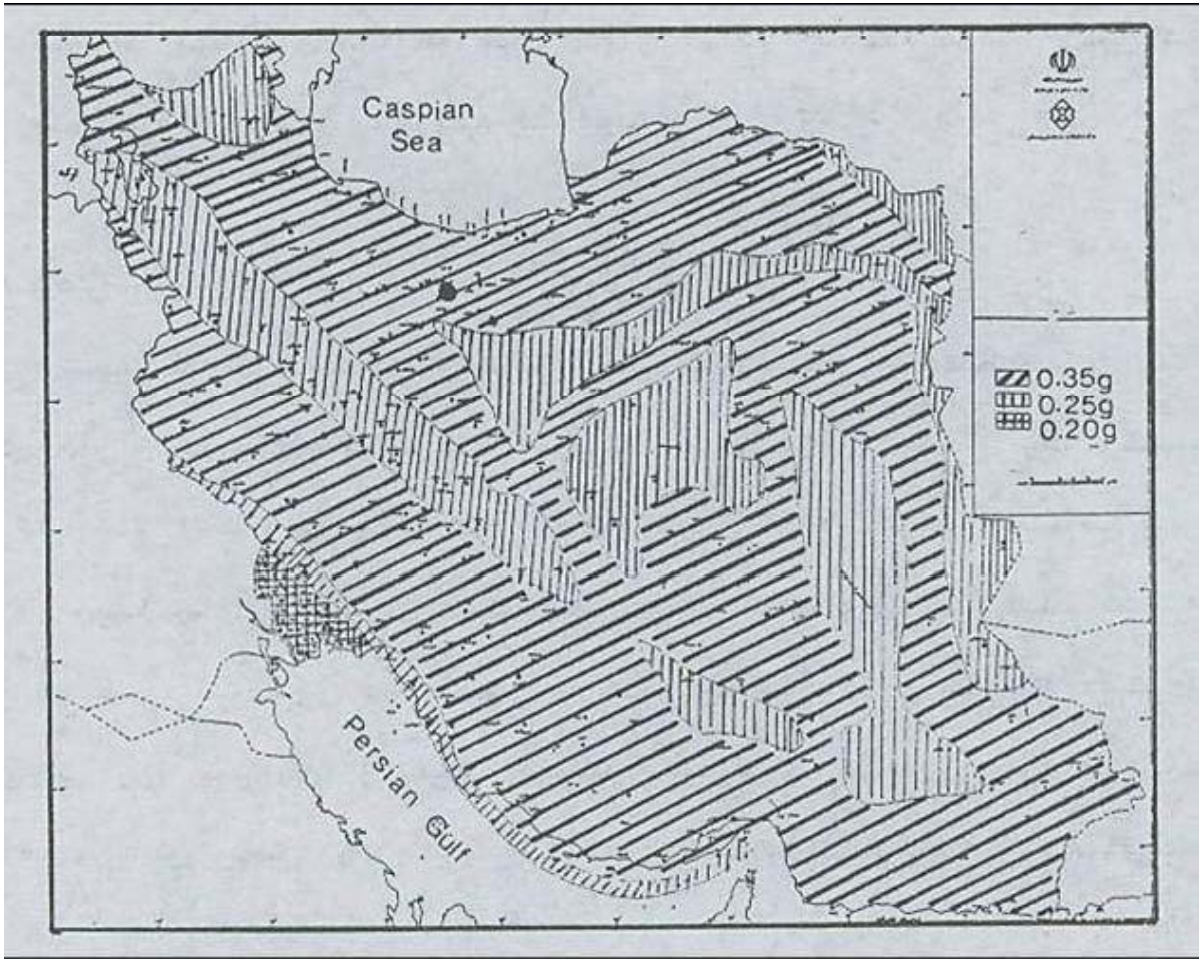
- حفظ جان انسانها،هدف اولیه هر برنامه کاهش خطر زمین لرزه
- کاهش دادن زیانهای اقتصادی بعنوان هدف ثانویه
- بخش اعظم زیانهای جانی و مالی زمین لرزه در اثر تخریب سازه های ضعیف

خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

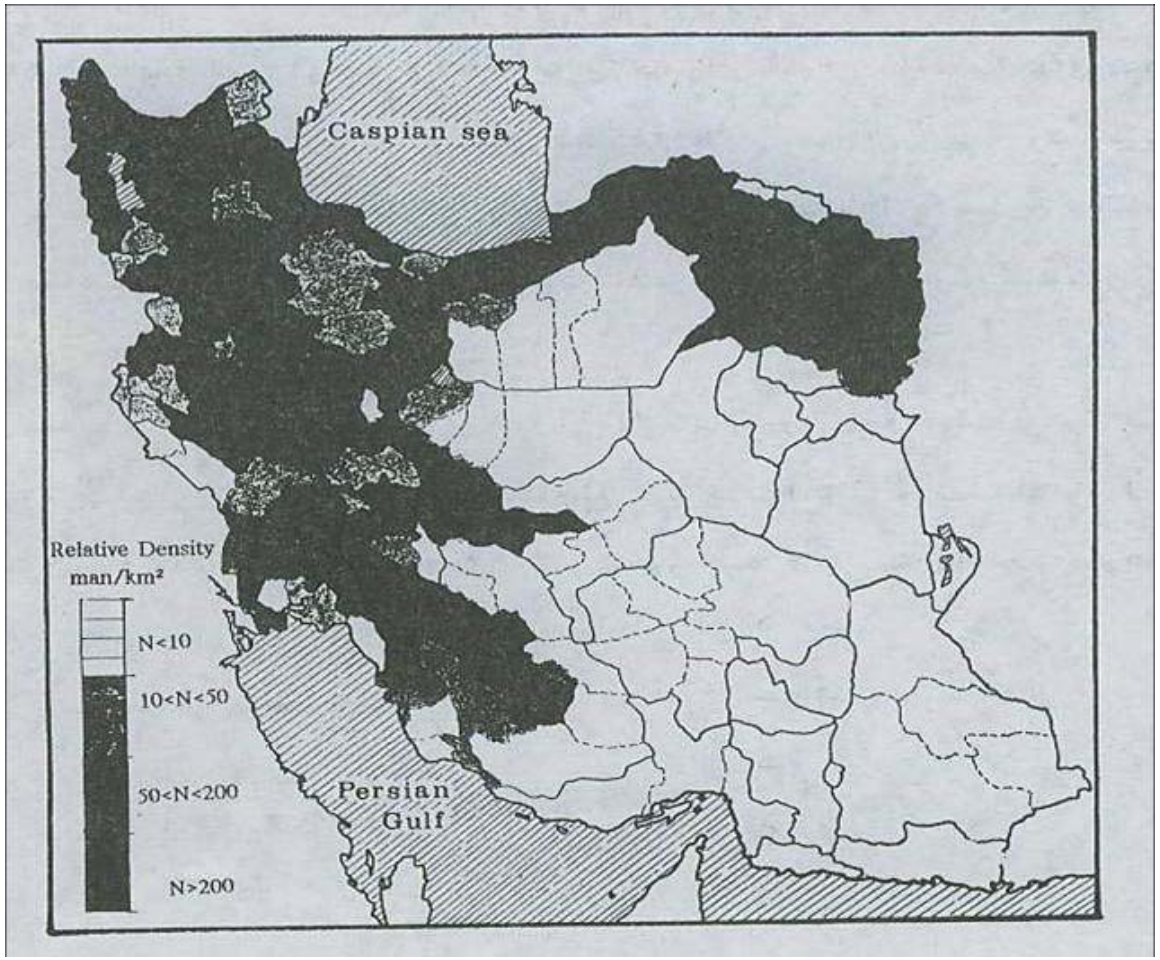
- کاهش خطر زمین لرزه

- تقسیم بندی کشور ایران به پهنه های خطر لرزه ای
- قرارگرفتن بیش از ۹۰% سطح ایران و مناطق جمعیتی و صنعتی و سدها در پهنه خطر لرزه ای درجه اول
- مطالعات مورد لزوم برقراری معیارهای طراحی مقاوم در برابر زمین لرزه ها برای سازه ها

نقشه مقدماتي پهنه بندي لرزه اي ايران



توزيع تراكم نسبي جمعيت در ايران



خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

- آمادگی در برابر خطر زمین لرزه

- ساختمان سازی مقاوم و آماده سازی افرادی که در ساختمانهای نامقاوم زندگی می کنند
- آماده سازی سرویسهای اضطراری و آموزش افراد دفاع شهری جهت آمادگی در برابر زمین لرزه

خطر زمین لرزه و برنامه ریزی همگانی

- آمادگی در برابر خطر زمین لرزه

- تعریف آمادگی در برابر حادثه در یک کشور

- مواردی که باید در آموزش دراز مدت زمین لرزه مورد توجه قرار گیرد

مقابله با زمین لرزه

- پیش از وقوع زمین لرزه

اقداماتی که قبل ازوقوع زمین لرزه باید انجام شوند

- بررسی مکانها از لحاظ آسیب پذیری از زمین لرزه
- محکم کردن وسایل سنگین
- تهیه نقشه ای از خانه و شناخت مکانهای امن آن
- اطلاع از نحوه قطع جریان برق، آب و گاز

و ...

مقابله با زمین لرزه

- هنگام وقوع زمین لرزه

اقداماتی که در هنگام وقوع زمین لرزه باید انجام شوند

- حفظ آرامش و خونسردی
- خارج نشدن با عجله از ساختمان
- دور شدن از پنجره ها درداخل ساختمان
- پناه گرفتن در محل مناسبی مانند زیر میزیا کنار دیوار

و ...

مقابله با زمین لرزه

- پس از وقوع زمین لرزه

اقداماتی که پس از وقوع زمین لرزه باید انجام شوند

- یافتن و کمک رسانی به آسیب دیدگان
- کنترل قطع جریان آب، برق و گاز
- باز نگاه داشتن خیابانها جهت کمک رسانی
- حفظ آمادگی برای پس لرزه ها

و ...

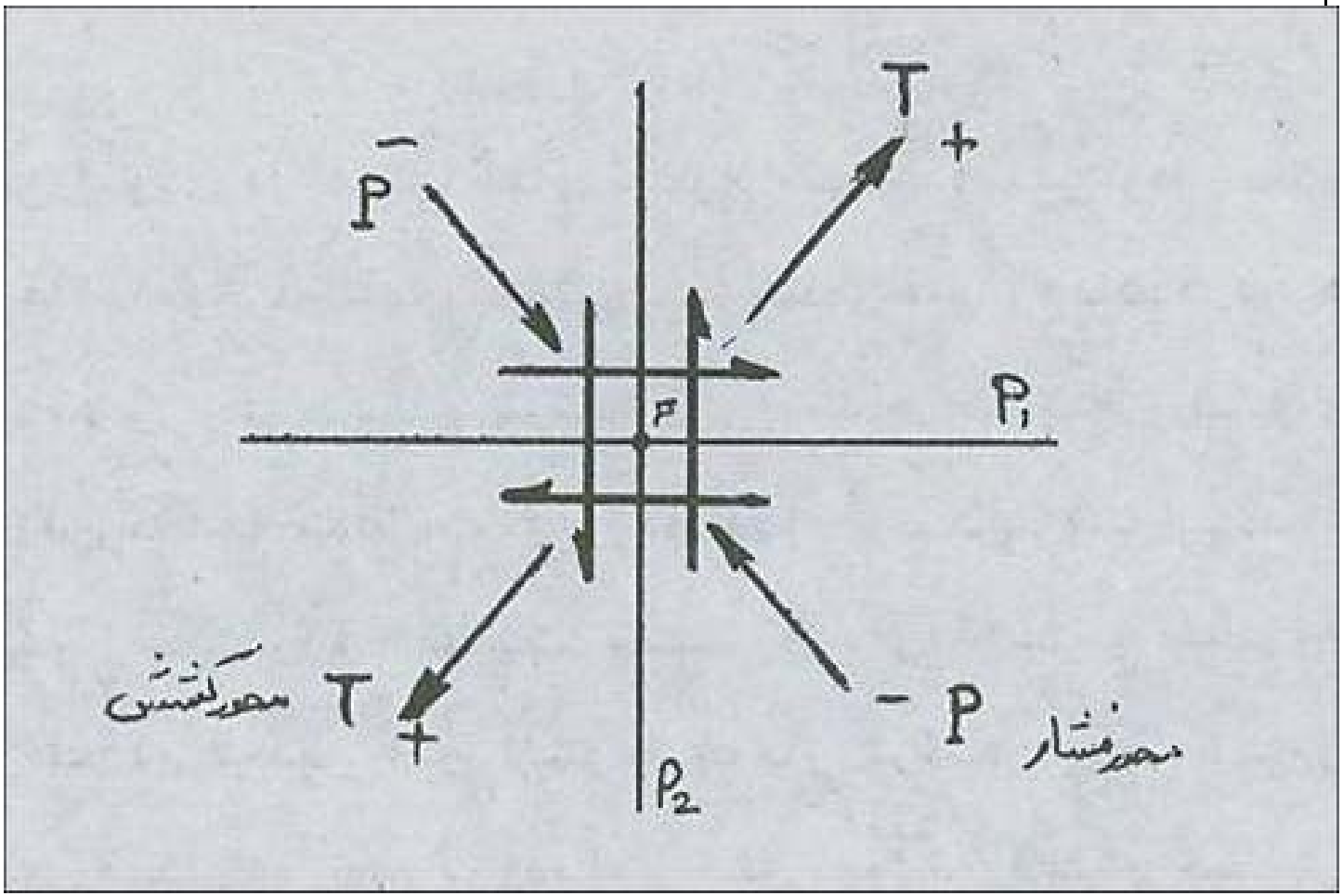
فصل هشتم

- حل مکانیسم کانونی زمین لرزه
- الگوهای تشعشع موجهای لرزه ای
- مدل های دینامیکی اولین جنبش زمین لرزه
- کاربرد شبکه های استریوگرافیکی در حل مکانیسم کانونی زمین لرزه

حل مکانیسم کانونی زمین لرزه

- استفاده از امواج زمین لرزه برای پی بردن به ساز وکار آن
- حل مکانیسم کانونی زمین لرزه
- راستا و شیب گسل
- مدل دو زوجی معادل برای حل مکانیسم زمین لرزه
- الگوی تشعشع موجهای لرزه ای برای شناخت صفحه گسل

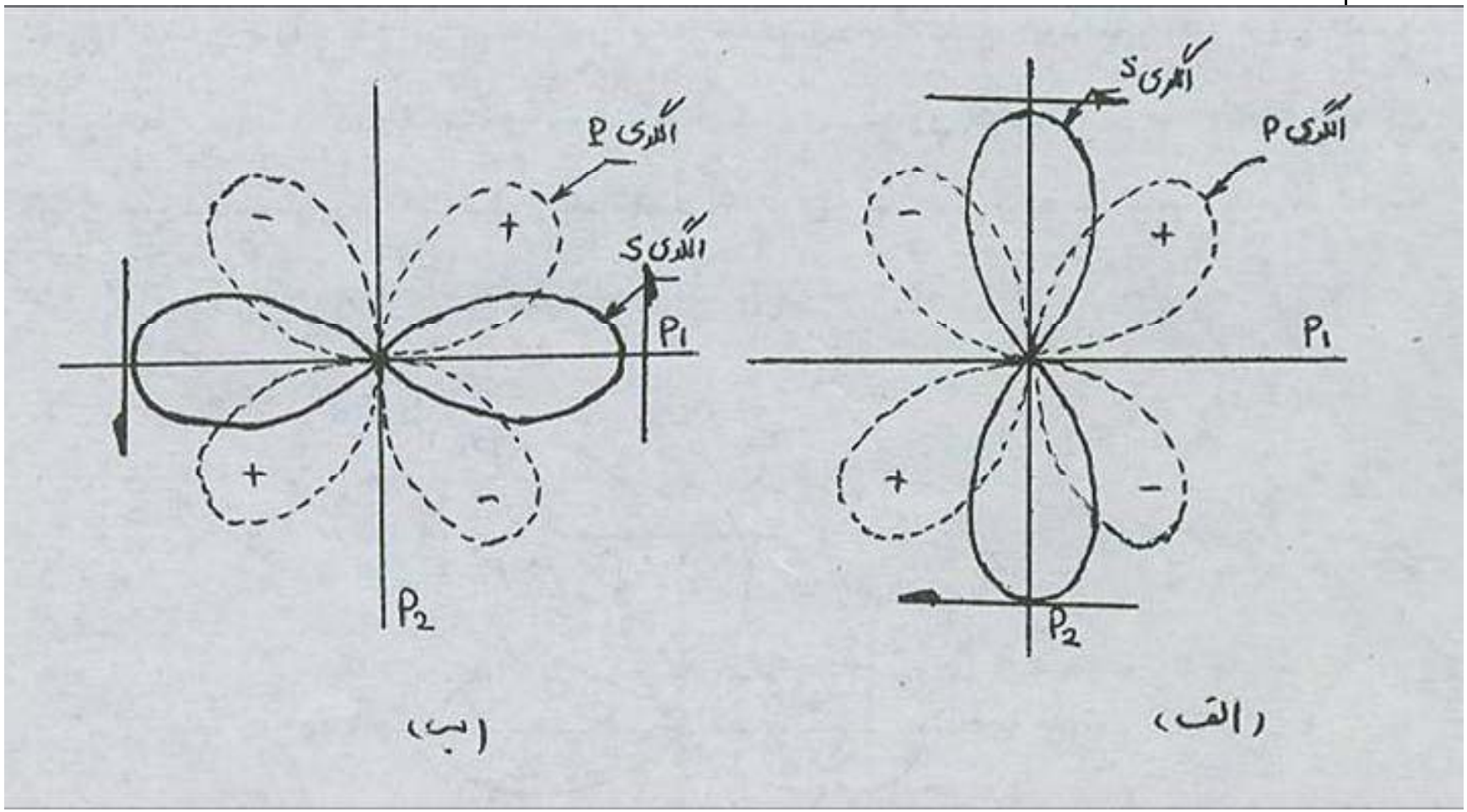
مدل دو زوجي معادل حاكم در نقطه كانوني



الگوهای تشعشع موجهای لرزه ای

- الگوی تشعشع حاصل از یک انفجار زیرزمینی
- الگوی تشعشع ناشی از فروریزش متقارن یک حفره زیرزمینی
- الگوی تشعشع انرژی لرزه ای موجهای P و S برای یک جفت نیرو در امتداد دو صفحه اصلی و فرعی

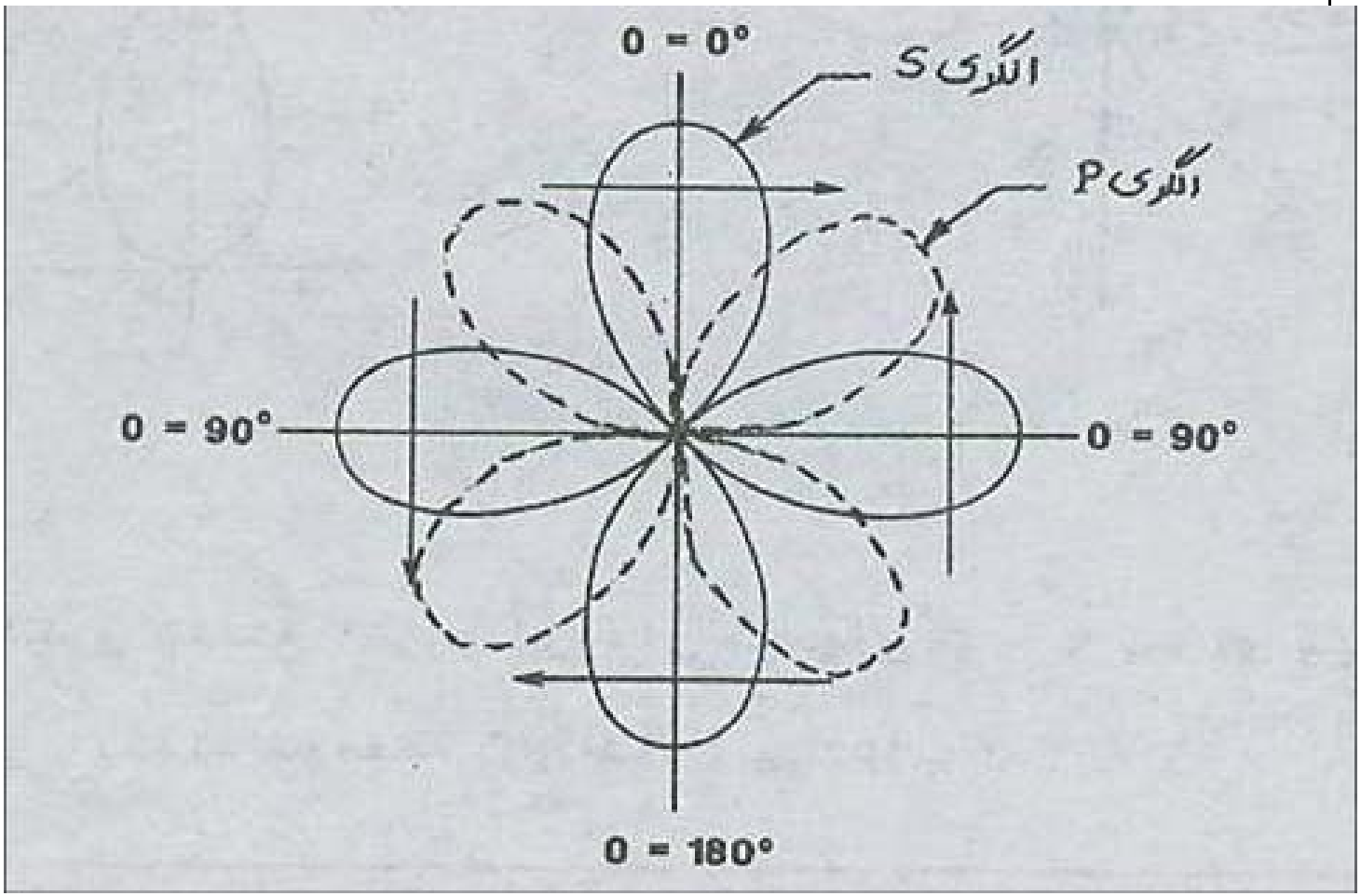
الگوي تشعشع انرژي موجهاي طولي و عرضي براي يك جفت نيرو



الگوی تشعشع موجهای لرزه ای

- نحوه تغییر دامنه موج P نسبت به خط اثر گسل
- نحوه تغییر دامنه موج S نسبت به خط اثر گسل
- تفکیک سطح گسل از سطح فرضی با استفاده از نحوه توزیع انرژی موج S

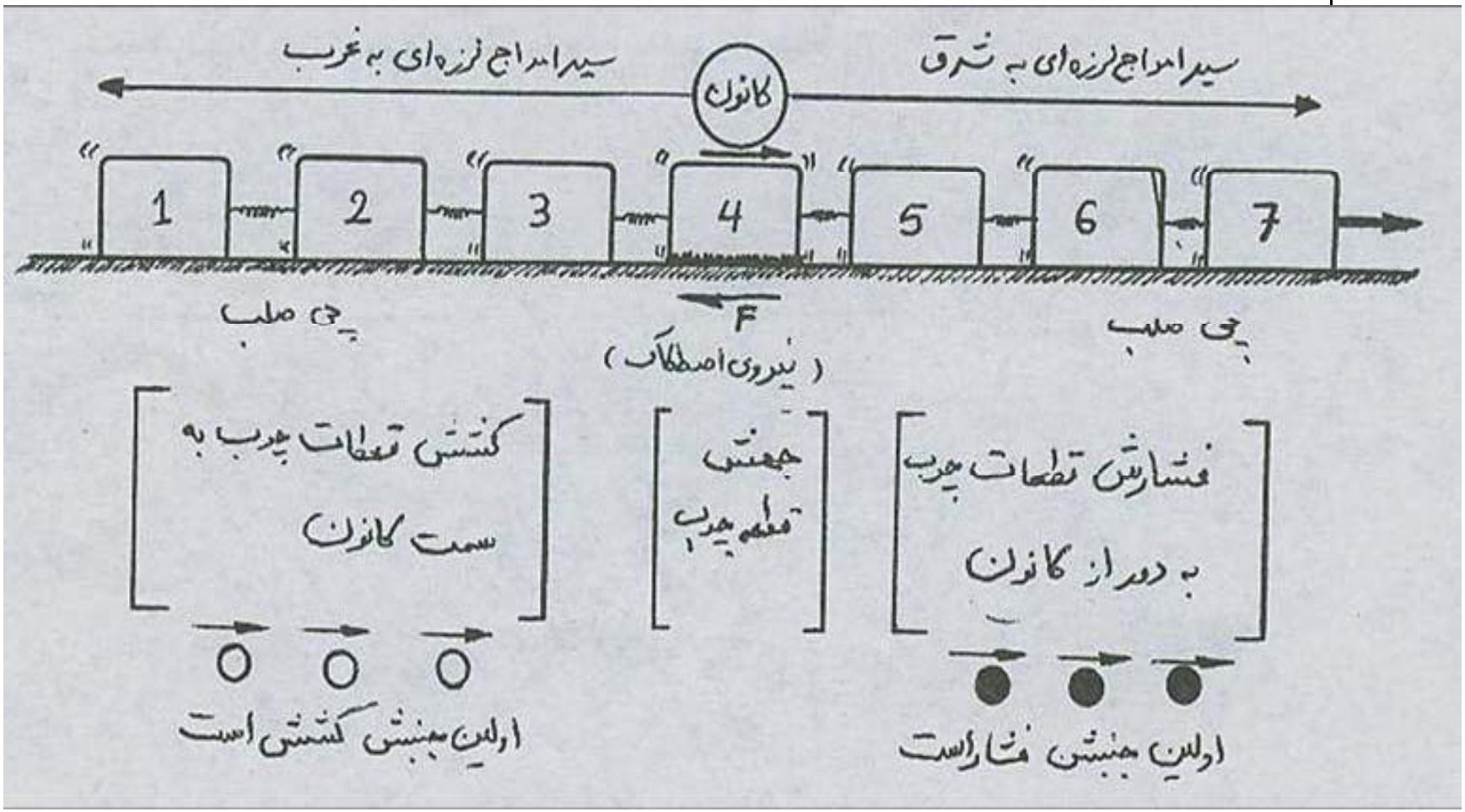
توزيع انرژي لرزه اي امواج طولي و عرضي براي يك مدل دو زوجي نيرو



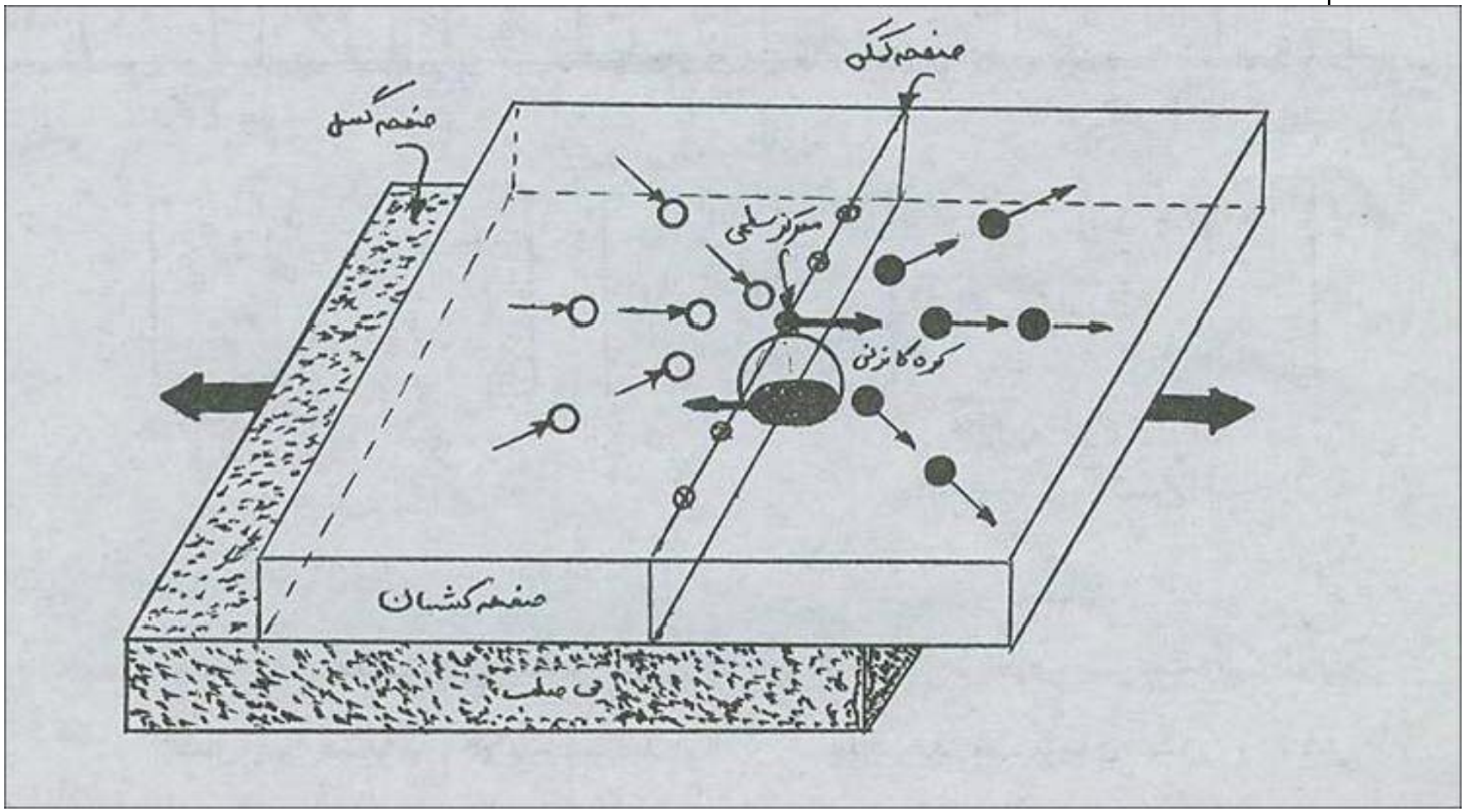
مدلهای دینامیکی اولین جنبش زمین لرزه

- مدلی از یک سری قطعات متصل به یکدیگر که می تواند نحوه حرکت گسل و ایجاد ضربان های فشاری وکششی ناشی از اولین جنبش را نشان دهد
- مدل دوبعدی حرکت یک صفحه کشسان روی یک صفحه صلب
- تعیین راستای بردار لغزش

مدل دينامیکي يراي توصيف نحوه حرکت بر روي گسل در هنگام وقوع زمين لرزه



اولين جنبشها در يك مدل دو بعدي زمين لرزه



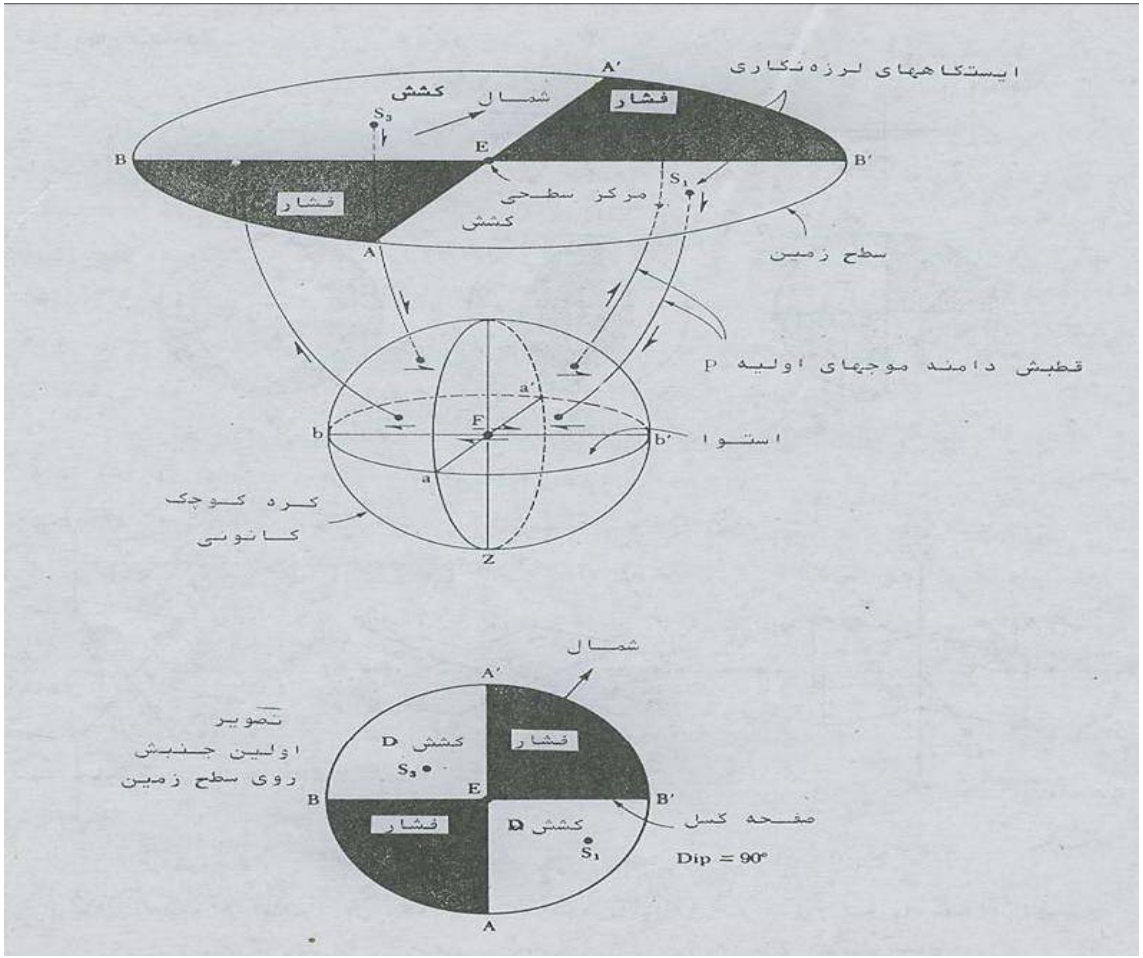
مدلهای دینامیکی اولین جنبش زمین لرزه

- مدل دو بعدی با دو صفحه کشسان
- مدل سه بعدی یا کره کانونی برای داشتن تصویری سه بعدی از زمین لرزه
- زاویه میل و زاویه سمت زمین لرزه
- صفحه های خنثی و محور خنثی

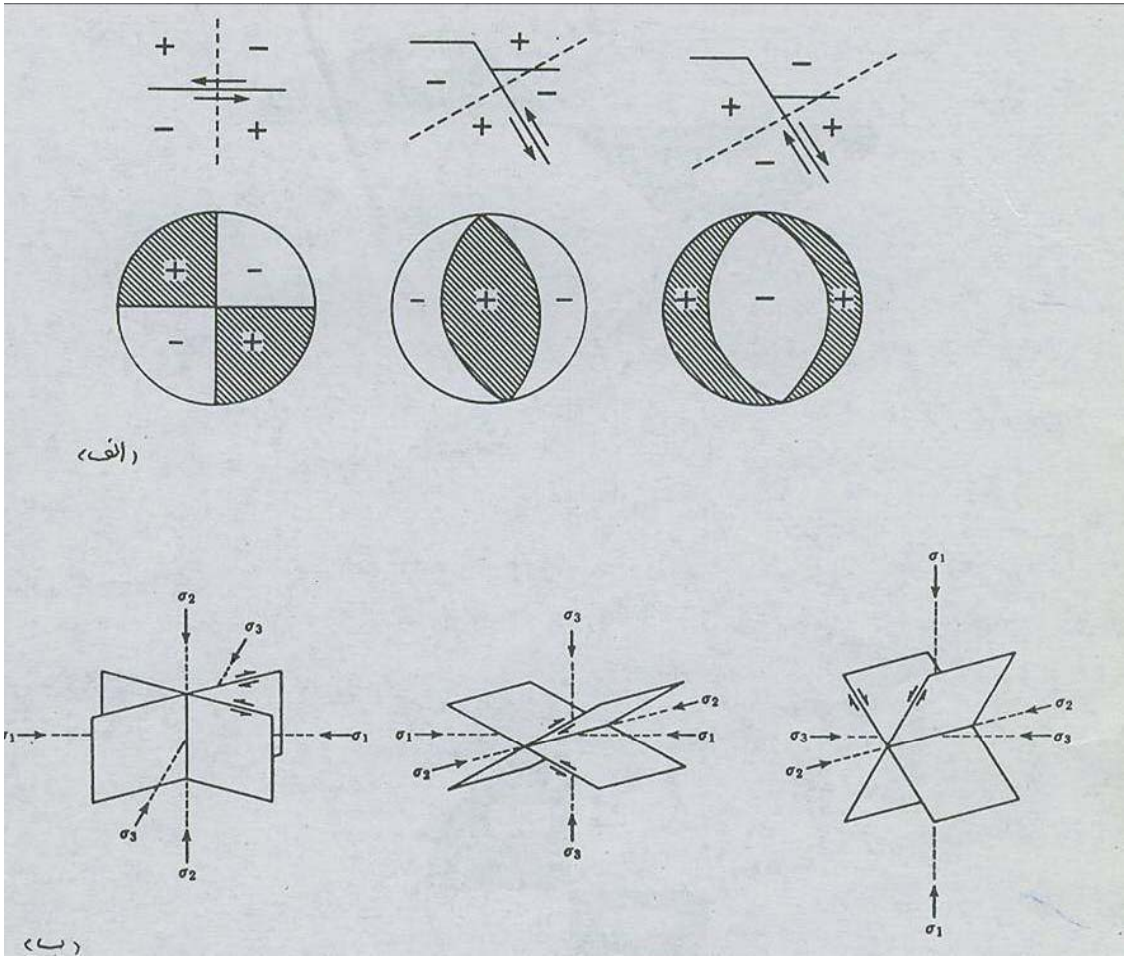
کاربرد شبکه های استریوگرافیکی در حل مکانیسم کانونی

- استفاده از شبکه استریو گرافیک و شبکه هم مساحت و پیاده کردن نقاط تراکم و کشش بر روی آن و سپس جدا کردن مناطق تراکم و کشش با استفاده از دو صفحه عمود بر هم
- تشخیص نوع گسل با استفاده از شکلهای به دست آمده

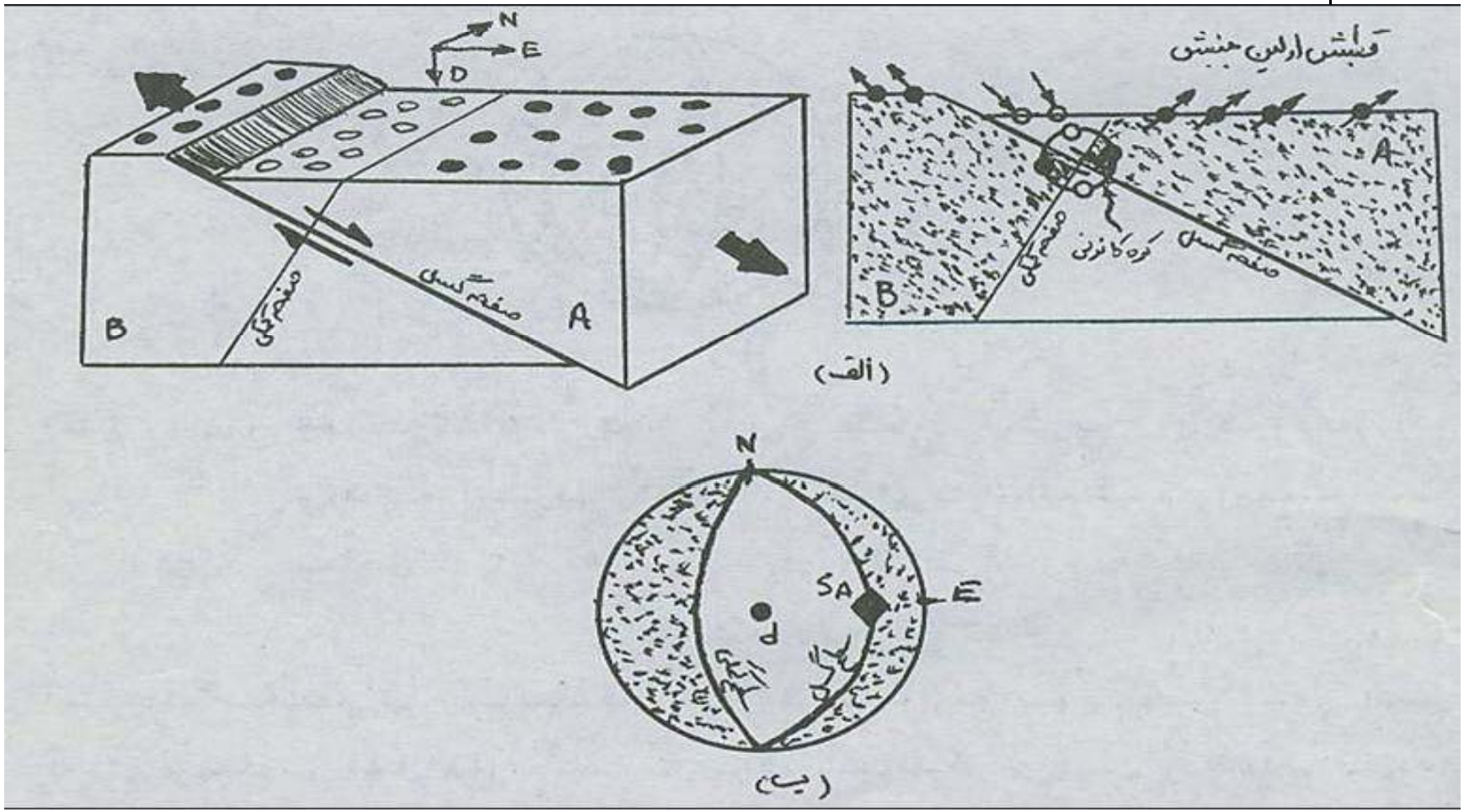
چگونگي تصوير كردن كره كانوني بر روي زمين



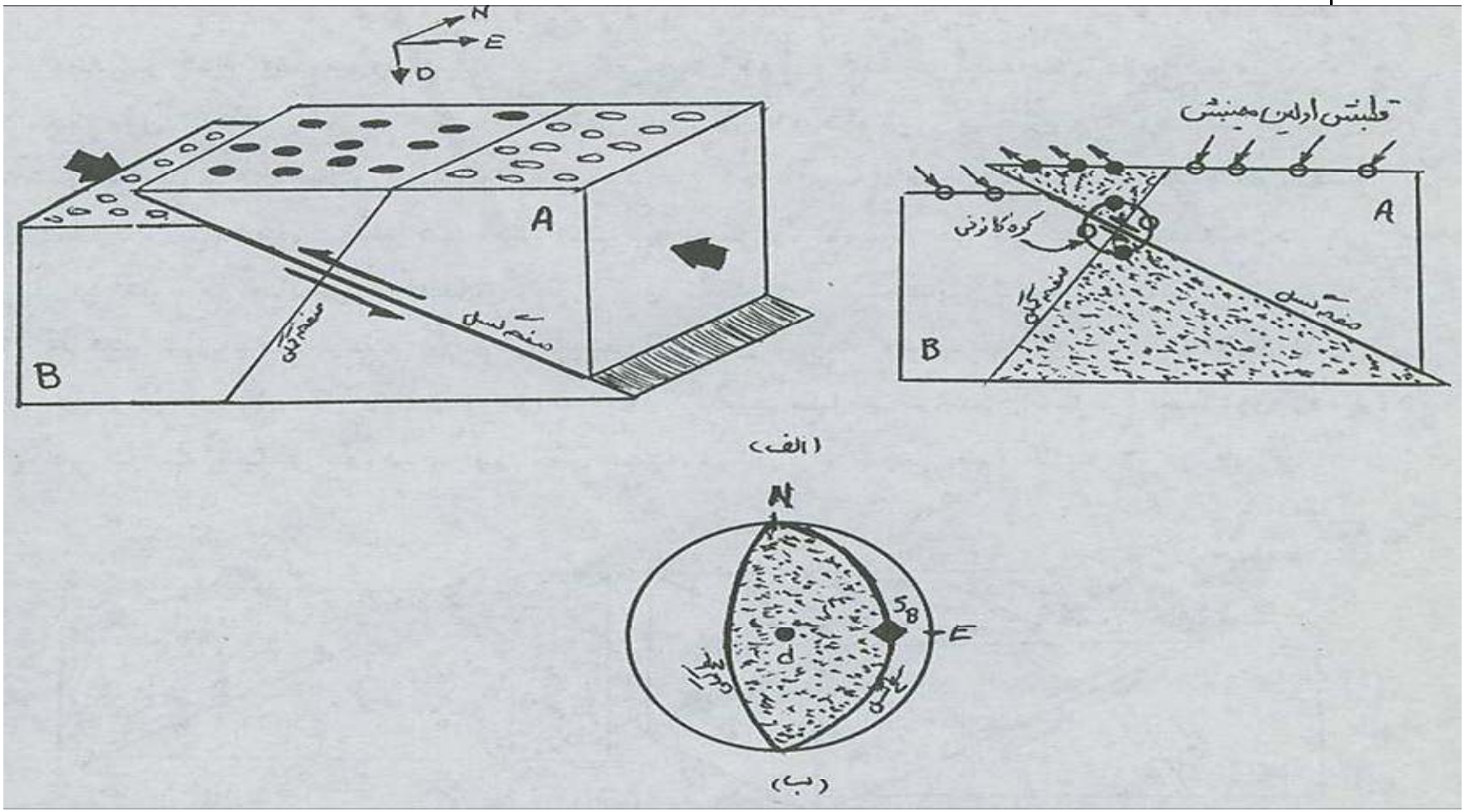
حل مکانیسم کانونی برای انواع گسلها



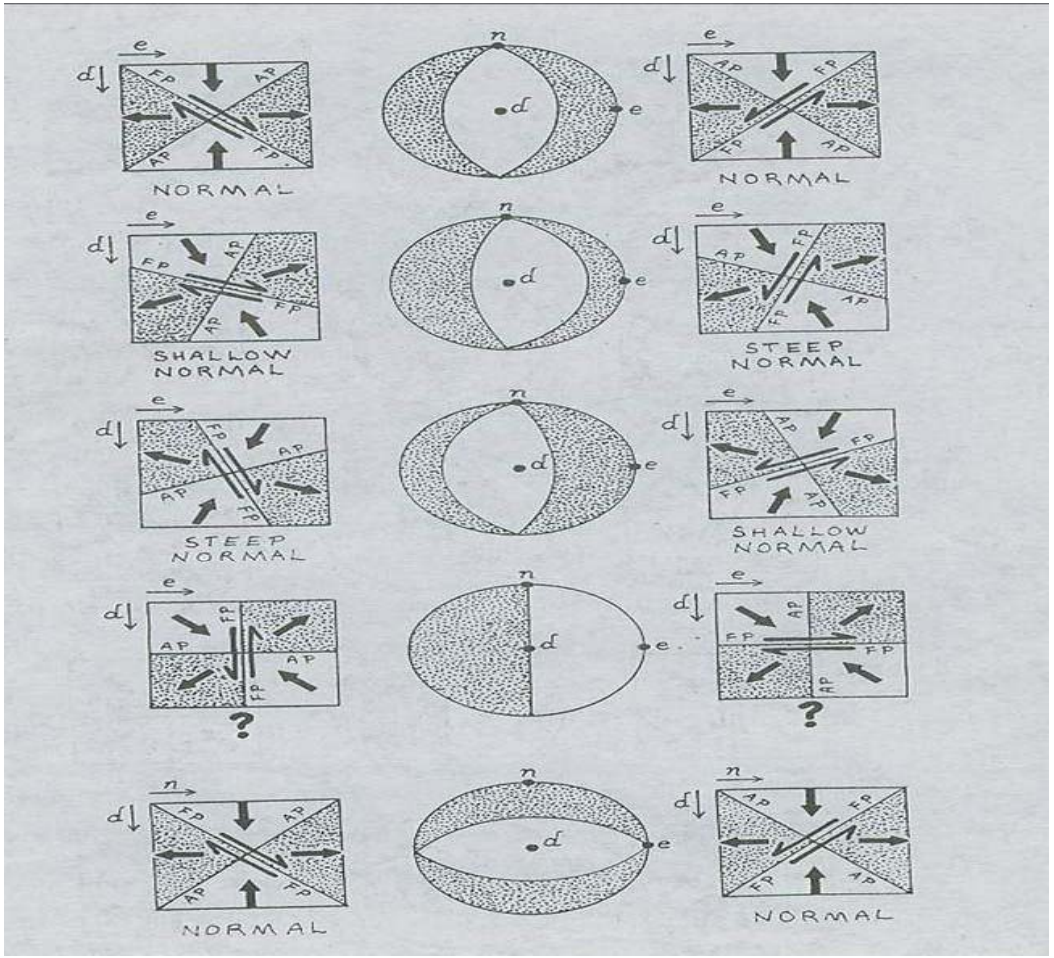
بررسي يك گسلش عادي



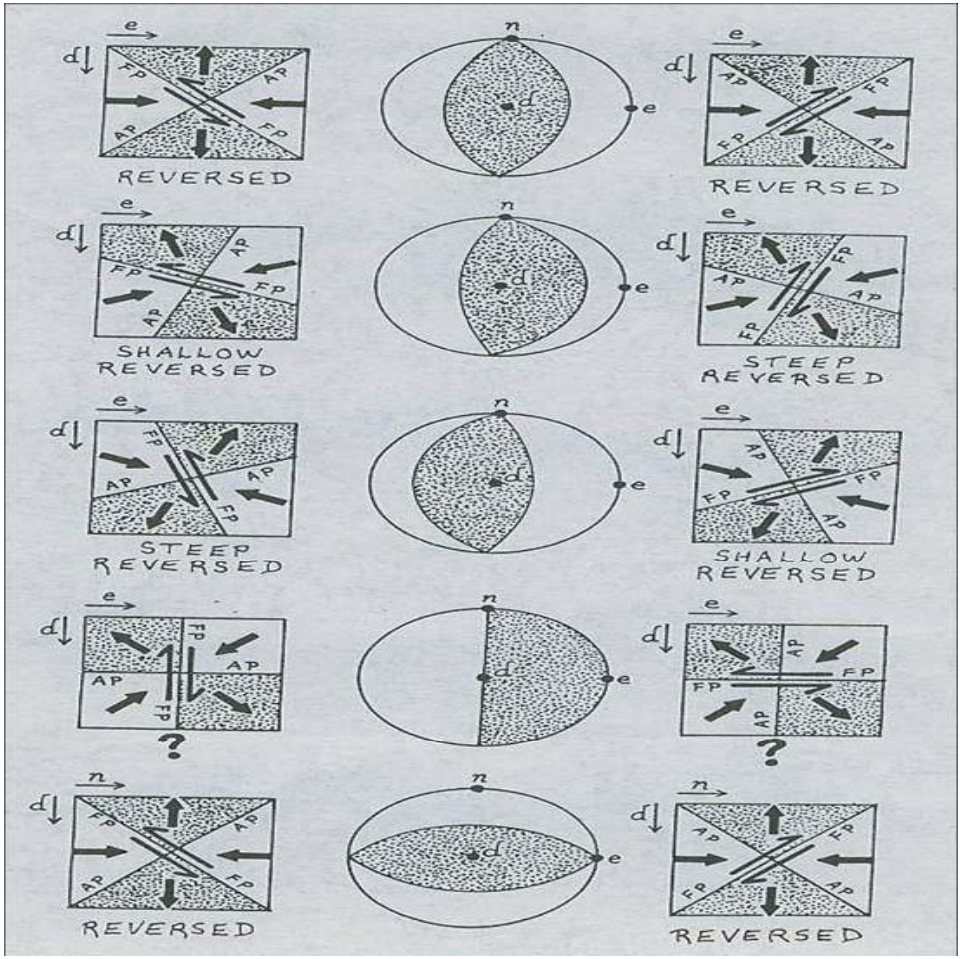
بررسي يك گسلش معكوس



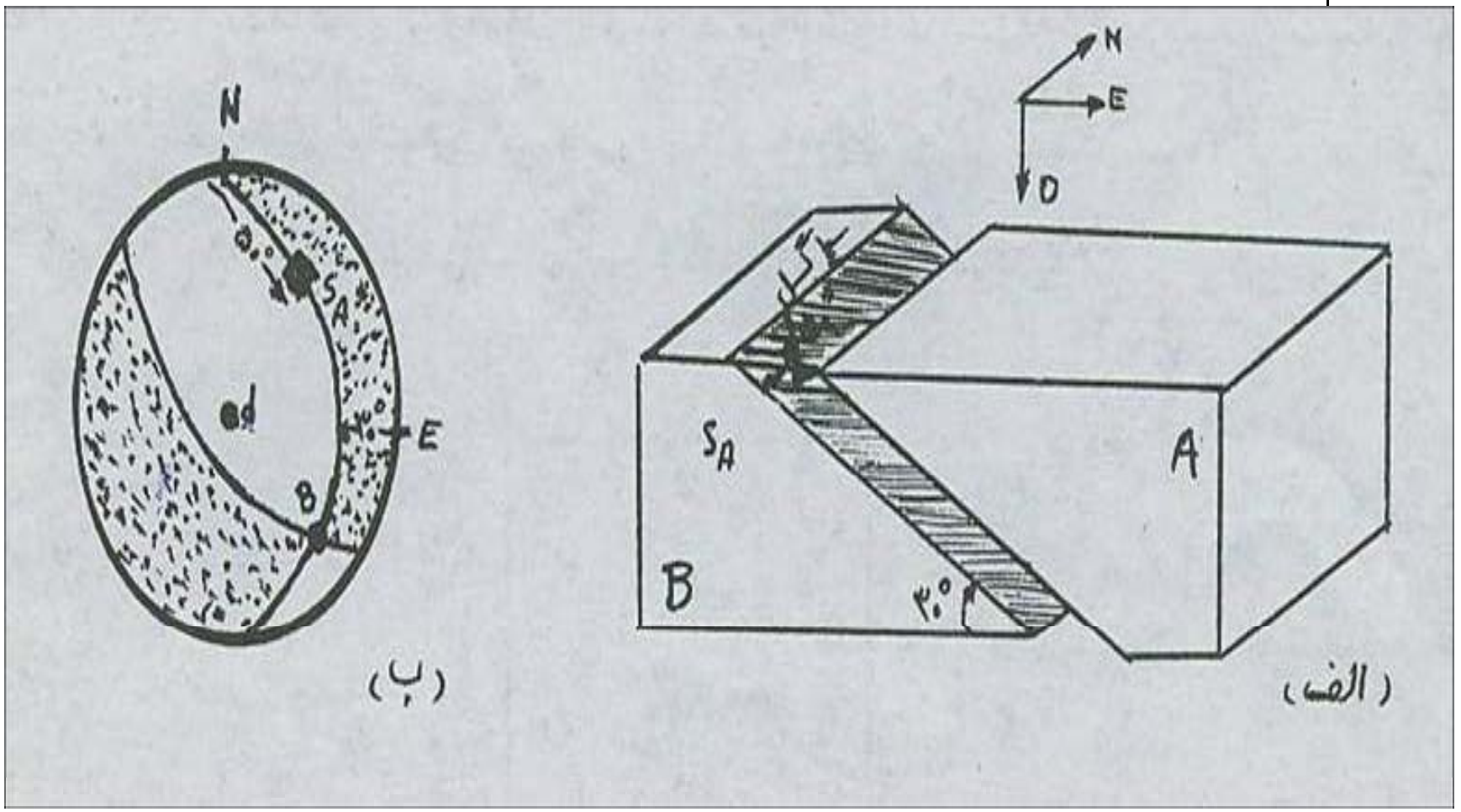
حل مكانيسم كانوني گسل عادي



حل مكانيسم كانوني گسلش معكوس



بررسي يك گسل مورب لغز



www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com