

# برنامه درسی

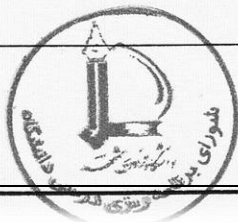
**رشته : ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی**

**دوره : کارشناسی ارشد**

**دانشکده علوم**

مصوب جلسه مورخ ۱۳۹۵/۱۰/۱۳ شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

این برنامه براساس آیین نامه شماره ۲۱/۲۳۸۰۶ وزارت علوم تحقیقات و فناوری در خصوص تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاه های دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی دانشکده علوم تدوین شده و در جلسه مورخ ۱۳۹۵/۱۰/۱۳ شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه به تصویب رسیده است.



## مصوبه شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه فردوسی مشهد

### رشته: ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی

#### مقطع: کارشناسی ارشد

- برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد که توسط اعضای هیات علمی گروه آموزشی زمین شناسی تدوین شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.
- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
  - هر نوع تغییر در برنامه درسی مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه برسد.

مرتضی کرمی

مسئول کمیته تخصصی برنامه درسی دانشگاه

محمد رضا هاشمی

معاون آموزشی دانشگاه

رأی صادره جلسه مورخ ۱۳۹۵/۱۰/۱۳ شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی در مقطع کارشناسی ارشد صحیح است. به واحد ذیربط ابلاغ شود.

محمد کافی

رئیس دانشگاه





معاونت آموزشی

شورای برنامه ریزی درسی

برنامه درسی

دوره: کارشناسی ارشد

رشته: ژئوفیزیک

گرایش: زلزله شناسی

دانشگاه فردوسی مشهد



# فصل اول

## مشخصات کلی



### تعریف رشته:

زلزله‌شناسی از زیر شاخه‌های ژئوفیزیک به شمار می‌رود. این علم به مطالعه زلزله‌ها و انتشار امواج و شناخت ساختمان درونی زمین می‌پردازد. در گستره مطالعاتی این رشته می‌توان تسونامی، آتشفشان، زمین ساخت، زمین لرزه‌های قدیمی و تاریخی و انفجارات همچون انفجارات هسته‌ای را نیز قرارداد.

### هدف رشته:

هدف این رشته رشد علمی و بهره‌وری از آن در زمینه لرزه‌شناسی و زمین لرزه‌شناسی است.

### ضرورت و اهمیت رشته:

با توجه زلزله‌خیز بودن ایران و اهمیت زلزله و تبعات آن بر کشور و جوامعی که در معرض این پدیده مخرب طبیعی هستند، دانش زلزله‌شناسی مورد توجه خاص دولت‌ها و دانشمندان قرار گرفته به طوری که امروزه این رشته در اکثر دانشگاه‌ها برتر و مراکز علمی شاخص تدریس و تحقیق می‌شود.

### نقش، توانایی و شایستگی دانش‌آموختگان:

از دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی انتظار می‌رود که دارای دانش، توانایی و شایستگی لازم در موارد زیر باشند: شبکه‌های لرزه‌نگاری و پردازش داده‌ها و تعیین مشخصات زلزله‌ها، سازو کار کانونی زمین لرزه‌ها و لرزه زمین ساخت ناحیه، انتشار امواج و مطالعه ساختمان‌های زیر سطحی زمین، پیش‌نشانگرها، رفتار زمین در حین زمین لرزه و مطالعات کاهش ریسک و خطر زمین لرزه.

### طول دوره و شکل نظام:

دوره کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی یک برنامه آموزشی پژوهشی شامل دروس نظری، عملی و کار پژوهشی می‌شود. طول دوره کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی حداکثر ۳ سال، شامل ۲ نیمسال و هر نیمسال ۱۶ هفته است.

### تعداد و نوع واحدهای درسی:

تعداد واحدهای درسی، ۱۲ واحد دروس تخصصی - الزامی، ۱۰ الی ۱۲ واحد دروس تخصصی - اختیاری، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان نامه جمعاً ۳۰ الی ۳۲ واحد است. لازم به ذکر است که با توجه به ماهیت بین رشته‌ای کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشجویان با توجه به مقطع کارشناسی خود ملزم به گذراندن بعضی از دروسی بصورت جبرانی می‌باشند.

### شرایط و ضوابط ورود به دوره:

داوطلبان باید مدرک رسمی پایان دوره کارشناسی اعم از پیوسته و ناپیوسته مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را داشته باشند.





## فصل دوم

### واحدهای درسی و جداول دروس



### جدول ۱- دروس جبرانی فارغ التحصیلان کارشناسی فیزیک

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیش نیاز / هم نیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	زمین شناسی عمومی	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	-
۲	زمین شناسی ساختاری	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴	-
۳	محاسبات عددی برای زلزله شناسی	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲	-
<b>جمع کل</b>		۶	۲	۸	۹۶	۶۴	۱۶۰	-

### جدول ۲- دروس جبرانی فارغ التحصیلان کارشناسی زمین شناسی و معدن

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیش نیاز / هم نیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	ریاضیات در ژئوفیزیک	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲	محاسبات عددی برای زلزله شناسی	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲	-
<b>جمع کل</b>		۵	-	۵	۸۰	-	۸۰	-



### جدول ۳- دروس تخصصی الزامی

پیش نیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ردیف
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
	۴۸	-	۴۸	۳	-	۳	تحلیل سری های زمانی ژئوفیزیکی	۱
	۳۲	-	۳۲	۲	-	۲	تئوری انتشار امواج کشسان	۲
	۴۸	۳۲	۱۶	۲	۱	۱	زلزله شناسی ۱	۳
زلزله شناسی ۱	۶۴	۳۲	۳۲	۳	۱	۲	زلزله شناسی ۲	۴
زلزله شناسی ۱	۴۸	۳۲	۱۶	۲	۱	۱	لرزه زمین ساخت	۵
	۲۴۰	۹۶	۱۴۴	۱۲	۳	۹	جمع کل	





### جدول ۳- دروس اختیاری

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات		
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع
۱	مسائل وارون در ژئوفیزیک	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸
۲	لرزه شناسی	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴
۳	زلزله شناسی مهندسی	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۴	زلزله شناسی دستگاهی	۱	۱	۲	۴۸	۳۲	۴۸
	تحلیل سری های زمانی ژئوفیزیکی						
۵	زلزله شناسی جنبش نیرومند زمین	۱	۱	۲	۴۸	۳۲	۴۸
۶	پیش نشانگرهای زلزله	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۷	مبانی زلزله شناسی دیرین	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۸	لرزه زمین ساخت ایران	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۹	ژئوالکتریک	۲	۱	۳	۳۲	۳۲	۶۴
۱۰	مبانی گرانی سنجی	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۱۱	ژئومغناطیس	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۱۲	ژئودینامیک	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۱۳	روش های سن یابی ایزوتوپیک و رادیومتریکی و کاربرد آنها در ژئوفیزیک	۲	-	۲	۳۲	-	۳۲
۱۴	کارگاه های ارتقای مهارت	-	۱	۱	۳۲	۳۲	۳۲

نکته: دانشجویان می توانند با تشخیص کمیته تخصصی مربوطه در صورت لزوم در پژوهش های بین رشته ای از دروس سایر رشته های تحصیلات تکمیلی انتخاب نمایند.





# فصل سوم

## ویژگی‌های دروس



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): زمین‌شناسی عمومی

عنوان درس (انگلیسی): General Geology

نوع درس: جبرانی پیش‌نیاز: دارد

ندارد

تعداد واحد: ۳ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۶۴

## اهداف کلی درس:

هدف کلی این درس آشنایی با کلیات علم زمین‌شناسی است.

## اهداف ویژه درس:

انتظار می‌رود که دانشجو در ارتباط با ساختمان زمین، عوارض سطحی زمین، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی، رسوب‌شناسی، زمان و روش‌های تعیین سن در زمین‌شناسی آشنایی لازم را کسب کند.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

دانشجو با گذراندن این درس به‌طور کلی با دانش زمین‌شناسی و فرایندهای آن آشنا می‌شود، به‌طوری که بتواند نیازهای مورد نیاز در ارتباط با مباحث زلزله‌شناسی را مرتفع کند.

## سرفصل درس:

### الف) نظری

### فصل اول، کلیات:

#### • شناخت سیستم زمین:

تفاوت‌های زمین با دیگر سیاره‌های سنگی منظومه شمسی، منشاء منظومه شمسی و زمین، زمین سیاره پویا، ساختار درونی زمین، پوسته، گوشته و هسته، سنگ کره و سست کره، ناپیوستگی‌های سرعتی، پوسته قاره‌ای و پوسته اقیانوسی، معرفی مقدماتی زمین‌ساخت صفحه‌ای به عنوان نظریه وحدت دهنده در علوم زمین، اصل یونیفرمیتار یا نیسم، شاخه‌های علوم زمین.

#### • زمان زمین‌شناختی:

برداشت‌های کهن از سن زمین، سن نسبی لایه‌ها و توده‌های سنگی، تقسیم‌بندی زمان زمین‌شناسی بدون سن مطلق (بر اساس فسیل‌ها)



تکامل گونه‌های حیاتی کهن)، سن‌یابی رادیومتریک و اضافه کردن سن مطلق به مقیاس زمان زمین‌شناسی، سن زمین.

### فصل دوم، کانی‌شناسی:

کانی چیست، ساختار اتمی ماده، پیوندهای شیمیایی، شعاع اتمی و یونی، قوانین پائولینگ، عدد کوئوردیناسیون، پلی مورفیسم، ایزومورفیسم، محلول جامد، پایداری کانی‌ها و واکنش‌های آنها در نمودارهای P-T و T-X. رده‌بندی کانی‌ها، سختی، چگالی، خواص مغناطیسی، رسانایی الکتریکی، خواص نوری، سیلیکات‌ها، پلیمرشدگی و رده‌بندی ساختاری سیلیکات‌ها، معرفی چند کانی سیلیکات مهم از هر رده، غیر سیلیکات‌ها و رده‌بندی آنها، معرفی چند کانی مهم از رده‌های عناصر آزاد، سولفیدها، اکسیدها، هالیدها، کربنات‌ها، فسفات‌ها و برات‌ها.

### فصل سوم، سنگ‌شناسی:

#### • فعالیت آتشفشانی و سنگ‌های آذرین:

ماگما چیست، سازوکارهای ذوب سنگ‌ها و مکان‌های تشکیل ماگما، ترکیب شیمیایی ماگما، نقش مواد فرار انحلال یافته در ماگما، درصد سیلیس و ویسکوزیته، علل تنوع سنگ‌های آذرین، تفریق ماگما، تبلور جزء به جزء سری‌های واکنشی بون، اشکال توده‌های آذرین نفوذی، فعالیت آتشفشانی و زمین‌ساخت صفحه‌ای، نهشته‌های آتشفشانی، رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌های آذرین بر اساس بافت و ترکیب شیمیایی و کانی‌شناختی.

#### • سنگ‌های رسوبی:

دیاژنز و تشکیل سنگ‌های رسوبی، سنگ‌های آواری، سنگ‌های بیوشیمیایی، سنگ‌های تبخیری.

#### • سنگ‌های دگرگونی:

علل دگرگونی، عوامل فیزیکی و شیمیایی، انواع دگرگونی، بافت سنگ‌های دگرگونی، رخساره‌های دگرگونی (رده‌بندی براساس P-T)، دگرگونی ناحیه‌ای، دگرگونی مجاورتی، اسکارن، دگرگونی و زمین‌ساخت صفحه‌ای.

### فصل چهارم، فرایندهای درونی:

#### • زمین‌لرزه:

توزیع جهانی رومرکزها و رابطه آن با مرز صفحه‌های تکتونیکی، توزیع عمق کانونی و رابطه با مرز صفحه‌ها، سازوکار زمین‌لرزه‌ها.

#### • مغناطیس زمین:

میدان مغناطیسی زمین، مغناطیس سنگ‌های آتشفشانی، مغناطیس سنگ‌های رسوبی، قطبیت مغناطیسی و واژگونی آن، مغناطیدگی در پوسته اقیانوسی، فرضیه گسترش بستر اقیانوس، دیرینه مغناطیس، سرگردانی قطبی و مهاجرت قاره‌ها، فرضیه رانه قاره‌ای.

### فصل پنجم، فرایندهای بیرونی:

#### • هوازدگی (شیمیایی و مکانیکی):



تشکیل خاک و رسوب، حرکت توده‌ای (علت‌های حرکت، رده‌بندی حرکت‌های توده‌ای)

### • حمل و نقل رسوب‌ها و رسوب‌گذاری:

عوامل حمل و نقل: آب (حمل توسط رودخانه‌ها به دریاها) باد، یخچال، انواع رسوب، تخلخل، نفوذپذیری، محیط‌های رسوبی.

### • چرخه آب و آب‌های زیرزمینی:

توزیع آب در زمین، چرخه آب در طبیعت، هیدرولوژی آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، سطح ایستایی، آب خوان، جریان آب زیرزمینی، قانون دارسی، استفاده از آب‌های زیرزمینی، افت سطح ایستایی، عمل آب‌های زیرزمینی ( انحلال کربنات‌ها، تشکیل غارها، کارست، چاه‌های کارستی)، کیفیت آب، آلودگی آب.

### (ب) عملی

آشنایی و مطالعه کانی‌ها و سنگ‌ها و در آزمایشگاه، مشاهده پدیده‌های زمین‌شناسی در صحرا.

### روش یاددهی – یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد	۲۰ درصد	نوشتاری: ۶۰ درصد	۱۰ درصد
		عملکردی:	

### تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- آزمایشگاه زمین‌شناسی فیزیکی (نمونه‌های کانی، سنگ، فسیل و...).

### فهرست منابع:



- Dexter, P., ۲۰۰۱, *Mineralogy*, Prentice-Hall.
- Klein, C., and Hurlbut Jr., C. S., ۱۹۹۹, *Manual of Mineralogy*, John Wiley & Sons.
- Grotzinger, J., Jordan, T., Press, F., Siever, R., ۲۰۰۶, *Understanding Earth*, W.H. Freeman and Company. New York.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., and Tasa, D., ۲۰۰۴, *Earth: An introduction to physical Geology*, Merrill.
- Wyllie, P. J., ۱۹۷۶, *The Way the Earth Works*, John Wiley & Sons.

- مر، ف. (مترجم)، ۱۳۸۵، زمین‌شناسی فیزیکی، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۵۵.

### فهرست مطالعاتی (منابع اینترنتی):

- Wikipedia <https://www.wikipedia.org>
- <http://geology.com/>

- منابع در پایگاه های معتبر اینترنتی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): زمین‌شناسی ساختاری

عنوان درس (انگلیسی): Structural Geology

نوع درس: جبرانی      پیش‌نیاز: دارد      ندارد

تعداد واحد: ۳      نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۶۴

## اهداف کلی درس:

آشنایی با ساختارهای زمین‌شناسی و تحلیل آنها.

## اهداف ویژه درس:

آشنایی با ساختارها، روابط تنش و کرنش، چگونگی گسترش قاره‌ها، نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی، اندازه‌گیری شیب و امتداد ساختارها، طرز کار با کامپاس و استریونت.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

انتظار می‌رود که دانشجو با گذراندن این درس ضمن آشنایی نظری با ساختارهای زمین‌شناسی، همچنین در شناخت و بررسی آنها بر روی نقشه‌هایی زمین‌شناسی و بر روی زمین توانایی لازم را کسب کند.

## سرفصل درس:

الف) نظری

فصل اول، مقدمه:

زمین‌شناسی ساختاری و زمین‌ساخت، تنش، بیضوی تنش، نمودار مور، کرنش، رابطه تنش و کرنش، قانون هوک، عوامل موثر در تغییر شکل سنگ‌ها.



## فصل دوم، زمین ساخت صفحه‌ای:

مشخصه‌های پوسته قاره‌ای و اقیانوسی، سپرها، پلانفرم‌ها، رشته کوه‌ها، فلات‌های برخاسته، کافت‌های قاره‌ای، جزیره‌های آتشفشانی بدون رابطه با فرورانش، کمان‌های جزیره‌ای، حاشیه قاره‌ها، حوضه‌های رسوبی اقیانوسی، محورهای میان اقیانوسی، دراز گودال‌ها، پوسته‌های جنب‌ای و آرام، کوهزایی، خشکی‌زایی، نظریه زمین ساخت صفحه‌ای، جابجایی قاره‌ها، گسترش کف اقیانوس‌ها و سازکار آن و انواع مرز صفحات (امتداد لغز، همگرا، واگرا).

## فصل سوم، ساخت زمین‌شناسی:

چین‌ها، شکستگی‌ها، درزها، گسل‌ها، سازوکار گسل‌ها، ساخت‌های خطی، ساخت‌های غیرتکتونیکی، ناپیوستگی‌ها، تعیین سن نسبی رخدادهای تکتونیکی، ساخت‌های اولیه و ثانویه.

### ب) عملی

آشنایی با نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و نقشه‌های زمین‌شناسی، ارتباط هندسی همبندی‌های نقشه‌های زمین‌ساختی، تهیه مقاطع زمین‌شناسی از روی نقشه‌های زمین‌شناسی و خطوط تراز، طرز کار با کمپاس، طرز کار با استریونت به منظور تحلیل ساخت‌ها.

## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد	۲۰ درصد	نوشتاری: ۶۰ درصد عملکردی:	۱۰ درصد

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- آزمایشگاه زمین‌شناسی ساختاری.





## فهرست منابع:

- Davis, G. H. and Reynolds S. J. ۱۹۹۶, *Structural geology of rocks and regions*, John Wiley & Sons.
- Price, N. J., and Cosgrove, J. W., ۱۹۹۰, *Analysis of Geological Structures*. Cambridge University Press.
- Ragan, D. M., ۱۹۸۵, *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques*, John Wiley & Sons.
- Ramsay, J. G., and Huber, M. I., ۱۹۸۳, *The Techniques of Modern Structural Geology*, Vol. ۱, Strain Analysis, Academic Press.
- Ramsay, J. G., and Huber, M. I., ۱۹۸۷, *The Techniques of Modern Structural Geology*, Vol. ۲, Folds and Fractures, Academic Press.

## فهرست مطالعاتی (منابع اینترنتی):

- Wikipedia <https://www.wikipedia.org>
- <http://geology.com/>

- منابع در پایگاه های معتبر اینترنتی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): ریاضیات در ژئوفیزیک

عنوان درس (انگلیسی): Mathematics in Geophysics

نوع درس: جبرانی      پیش‌نیاز: دارد      ندارد

تعداد واحد: ۳      نوع واحد: واحد نظری ۳ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۴۸

## اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم اساسی ریاضیات کاربردی در ژئوفیزیک

## اهداف ویژه درس:

آشنایی کلی با مفاهیم اساسی ریاضیاتی، طبقه‌بندی و جایگاه‌یابی این مفاهیم و آشنایی با کاربرد آنها در ژئوفیزیک، توان‌یابی تبدیل مسئله فیزیکی به ریاضی، توان‌یابی در تعبیر فیزیکی روابط ریاضی، مهارت‌یابی در حل مسائل ریاضی کاربردی با انتخاب نرم‌افزار مناسب و حل مسائل به وسیله آن.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

از دانشجویانی که در دوره کارشناسی پیش‌زمینه کافی در ریاضیات مورد نیاز برای مباحث ژئوفیزیکی را کسب نکرده‌اند انتظار می‌رود که با گذراندن این درس پیش‌نیاز لازم را دریافت کنند.

## سرفصل درس:

### فصل اول، نگاه ریاضیاتی:

معرفی روند تبدیل مسئله فیزیکی به ریاضی، معرفی انواع متغیرها (ترتیبی / غیر ترتیبی، قطعی / آماری / فازی، ناوابسته / وابسته [زمانی، مکانی، مکانی - زمانی]، پیوسته / گسسته [بردار، ماتریس، تانسور])، معرفی انواع رابطه‌های ریاضی (تابع، معادله جبری، دیفرانسیل، انتگرالی)، بهینه‌سازی، شبکه عصبی، قانون و الگوریتم).

### فصل دوم، آشنایی با متغیرها:



مروری بر متغیرهای پیوسته (تابع در دستگاه‌های دکارتی، قطبی و کروی) / گسسته (بردار، ماتریس، تانسور، توابع برداری) و ویژگی‌ها و عملگرهای مربوط به آنها (انواع ضرب‌های برداری و ماتریسی و تانسوری، گرادیان، دیورژانس، کرل و ...)، مروری بر متغیرهای مکانی، مروری متغیرهای آماری (توصیفگرهای عددی، توزیع‌های احتمال، برازش تابع توزیع احتمال)، مروری بر متغیرهای فازی.

### فصل سوم، دستگاه معادلات جبری:

معرفی دستگاه‌های معین، فرامعین و فرومعین، تعیین شمار پاسخ‌های دستگاه، تعیین حساسیت دستگاه، حل دستگاه معادلات جبری و الگوریتم‌های ویژه برای حل دستگاه‌های خاص (تنک، نواری، و ...)، مروری بر معادلات جبری غیرخطی و روش‌های حل آنها (روش نیوتن - رافسون، روش‌های شبه‌نیوتنی، و ...).

### فصل چهارم، معادلات دیفرانسیل:

مفهوم معادله دیفرانسیل (و مقایسه آن با معادلات جبری)، معرفی انواع معادلات دیفرانسیل (معمولی/پارهای، خطی/غیرخطی)، معادلات دیفرانسیل با شرایط اولیه و مرزی، آشنایی با روش‌های تحلیلی حل معادله دیفرانسیل و بررسی مفهوم پاسخ عمومی و خصوصی، معرفی تابع گرین، به عنوان یک روش حل تحلیلی، معرفی کوتاه روش‌های حل عددی معادلات دیفرانسیل، معرفی کوتاه ویژگی‌های معادلات دیفرانسیل غیرخطی (پایداری و ...).

### فصل پنجم، بهینه‌سازی:

آشنایی با مفهوم بهینه‌سازی و مسئله وارون، معرفی انواع مسائل بهینه‌سازی (کلی/محلی، مقید/نامقید و ...)، معرفی انواع روش‌های بهینه‌سازی.

### فصل ششم، رابطه یابی:

انواع برازش (پارامتری / غیرپارامتری، خطی/غیرخطی)، روند برازش، معرفی روش‌های نوین رابطه یابی (شبکه عصبی، الگوریتم‌های یادگیر ماشینی و ...).

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.



## روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
	نوشتاری: ۶۰ درصد	۲۰ درصد	۲۰ درصد
	عملکردی:		

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

## فهرست منابع:

- Haneberg, W., ۲۰۰۴, *Computational Geosciences with Mathematica*, Springer.
- Snieder, R., ۱۹۹۸, *A Guided Tour of Mathematical Physics*, Samizdat Press.
- Venkateshan S.P., Swaminathan P., ۲۰۱۴, *Computational Methods in Engineering*. Elsevier.



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): محاسبات عددی برای زلزله‌شناسی

عنوان درس (انگلیسی): Numerical Methods for Seismology

نوع درس: جبرانی      پیش‌نیاز: دارد      ندارد

تعداد واحد: ۲      نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

## اهداف کلی درس:

آشنایی با روش‌های عددی بخصوص در حل معادله موج و شبیه‌سازی انتشار موج زلزله.

## اهداف ویژه درس:

آشنایی دانشجویان با روش‌های عددی در تهیه نگاشت لرزه‌ای مصنوعی.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

انتظار می‌رود که دانشجو بعد از اتمام این درس قادر باشد شبیه‌سازی رایانه‌ای انتشار موج زلزله را با روش‌های تفاوت محدود و اجزای محدود به انجام برساند.

## سرفصل درس:

### فصل اول، کلیات و جایگاه درس:

اشاره به حل تحلیلی و عددی معادله موج، ویژگی‌های حل عددی، معرفی انواع روش‌های حل عددی.

### فصل دوم، حل عددی معادله موج با روش تفاوت محدود:

اصول روش، پایداری و پاشیدگی عددی، مثال.

### فصل سوم، حل عددی معادله موج با روش اجزای محدود:

اصول روش، مثال، معرفی روش‌های خاص اجزای محدود برای انتشار موج (روش جزء طیفی).



## فصل چهارم، حل عددی معادلهٔ آیکونال:

معرفی انواع روش‌های حل معادلهٔ آیکونال (پرتابی، خمشی، FDM، FMM، و ...).

## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
		نوشتاری: ۶۰ درصد	۴۰ درصد
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- نرم افزارهای مرتبط با روشهای عددی.

## فهرست منابع:

- Moczko, P., Kristek, J., and Halada, L., ۲۰۰۴, *The Finite-Difference Method for Seismologists (An Introduction, Bratislava)*, (ISBN: ۸۰-۲۲۳-۲۰۰۰-۵), Available at:

<http://www.spice-rtn.org>

<ftp://ftp.seismology.sk/pub/papers/FDM-Intro-SPICE.pdf>

Fichtner, A., ۲۰۱۰, *Full Seismic Waveform Modelling and Inversion*, Springer.



- Gerald, C. F., Wheatley, P. O., ۲۰۰۳, Applied Numerical Analysis, Seventh Edition, Addison-Wesley.

### فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- International Journal for Numerical Methods in Engineering
- Journal of Computational Physics

- معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با محاسبات عددی در زلزله‌شناسی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): تحلیل سری های زمانی ژئوفیزیکی

عنوان درس (انگلیسی): Geophysical time series analysis

نوع درس: تخصصی - الزامی    پیش نیاز: دارد    ندارد

تعداد واحد: ۳    نوع واحد: واحد نظری ۳ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۴۸

### اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم اولیه در تحلیل سری های زمانی، تبدیلات مختلف و طراحی فیلترهای دیجیتال.

### اهداف ویژه درس:

آشنایی با سیگنال ها و سیستم ها، تبدیلات و پردازش داده های لرزه ای.

### توانایی و شایستگی هایی که درس پرورش می دهد:

انتظار می رود که دانشجو با گذراندن این درس توانایی انجام تبدیلات مختلف و پردازش سیگنال های ژئوفیزیکی را کسب کند.

### سرفصل درس:

#### فصل اول، سیگنال ها و سیستم ها:

سیگنال و سیستم های پیوسته و گسسته در زمان، خصوصیات سیگنال ها ( علی بودن، خطی بودن، دو بعدی و سه بعدی، تئوری نمونه برداری)، سیستم خطی تغییر ناپذیر با زمان و پاسخ ضربه، همبخت و همبستگی دو سیگنال.

#### فصل دوم، سری و تبدیل فوریه:

سری های فوریه و تبدیل فوریه پیوسته، تبدیل فوریه گسسته و FFT، خصوصیات تبدیل فوریه. رابطه بین تبدیل فوریه پیوسته و گسسته.





### فصل سوم، تبدیل جند بعدی چند مقیاسی:

تبدیل فوریه دوبعدی و سه بعدی، تبدیل موجک یک بعدی و دو بعدی، تبدیل کرولت.

### فصل چهار، پردازش داده های لرزه‌ای:

پیاپی سازی پردازش لرزه‌ای، حذف دریافتهای اول، فیلتر FK، تبدیل ویولت و کرولت برای حذف نویز، تخمین ویولت و واهمامیخت.

### روش یاددهی – یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۶۰ درصد	۲۰ درصد
		عملکردی:	

### تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- نرم افزارهای مرتبط.

### فهرست منابع:

- Karris, S. T., ۲۰۰۳, *Signals and Systems with MATLAB Applications*, Orchard Publications.
- Manolakis, D. G., and Proakis, J. G., ۲۰۰۶, *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall.



- Oppenheim, A.V., and Schafer, R.W., ۲۰۰۹, *Discrete-time Signal Processing* (۳th Edition). Prentice Hall.
- Lyons, R. G., ۲۰۰۴, *Understanding Digital Signal Processing* (۲th Edition). Prentice Hall.

### فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- IEEE Signal Processing Magazine
- Signal Processing
- Geophysical Prospecting

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با پردازش داده‌های ژئوفیزیکی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): **تئوری انتشار امواج کشسان**

عنوان درس (انگلیسی): **Theory of Elastic Wave Propagation**

نوع درس: تخصصی - الزامی پیش‌نیاز: دارد

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

### اهداف کلی درس:

بررسی نحوه ایجاد امواج لرزه‌ای و انتشار آن در محیط‌های لایه‌ای کشسان.

### اهداف ویژه درس:

کلیات موضوع و جایگاه آن در زلزله‌شناسی، آشنایی با مفاهیم تنش و کرنش، معادلات موج، حل و تحلیل معادله موج و نظریه پرتو.

### توانایی و شایستگی هایی که درس پرورش می‌دهد:

درک بهتر از تولید و انتشار امواج لرزه‌ای.

### سرفصل درس:

#### فصل اول، کلیات و جایگاه درس:

توصیف پدیده حرکت و انواع آن در زلزله (معرفی پدیده انتشار موج)، مروری بر روش‌های الگوسازی ریاضی پدیده حرکت (مکانیک محیط‌های پیوسته و گسسته)، معرفی معادلات بنیادین حرکت ذره و معادله نهایی موج، معرفی ارتباط نگره پرتو و اصل فرما و قانون اسنل با معادله موج.

#### فصل دوم، آشنایی با متغیرهای حرکتی:

معرفی مفهوم تنش و کرنش.



## فصل سوم، معادلات بنیادین حرکت و معادله موج:

معرفی معادلات تعادل، سینماتیک، و رفتاری (با تأکید بر رفتار کشسان خطی همسانگرد، معرفی رفتار همسانگرد جانبی و ارتوتروپیک)، یافتن معادله موج کشسانی، یافتن معادله موج فشاری (صوتی).

## فصل چهارم، حل تحلیلی معادله موج برای محیط بینهایت (امواج درونی):

معرفی پتانسیل‌های جابه‌جایی و حل بر مبنای تجزیه هلمهولتز.

## فصل پنجم، حل تحلیلی معادله موج برای محیط نیمه‌بینهایت (امواج سطحی):

حل معادله موج برای یافتن امواج ریلی و لاول، بررسی پاشیدگی امواج سطحی.

## فصل ششم، نگره پرتو:

استخراج معادله آیکونال (موج صوتی و کشسانی)، قانون اسنل و اصل فرما از معادله موج، معرفی روابط بازتاب و شکست.

## روش یاددهی – یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد	۳۰ درصد	نوشتاری: ۶۰ درصد	
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه و دیتا پروژکتور؛



## فهرست منابع (مجلات علمی پژوهشی):

- Shearer, P. M., ۲۰۰۹, Introduction to Seismology, Cambridge University Press.
- Stein, S., and Wysession, M., ۲۰۰۳, An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure, Blackwell publishing, pp.۵۰۰.
- Pujol, J., ۲۰۰۳, Elastic Wave Propagation and Generation in Seismology, Cambridge University Press
- Seismic Ray Tracing, V. Cervený, Cambridge University Press.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Journal of the Acoustical Society of America
- Journal of Applied Physics
- Journal of Geophysical Research

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با ژئوفیزیک و آکوستیک



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): زلزله‌شناسی ۱

عنوان درس (انگلیسی): Earthquake Seismology ۱

نوع درس: تخصصی - الزامی پیش‌نیاز: دارد ○ ندارد ●

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۱ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۴۸

## اهداف کلی درس:

ارائه درس به صورت نظری و عملی است و هدف اصلی آن آشنایی با مفاهیم اولیه زلزله‌شناسی و پارامترهای مبنایی زلزله‌ها است.

## اهداف ویژه درس:

آشنایی با کلیات زلزله‌شناسی و فرآیندهای مرتبط با زلزله، پرتو موج و ساختمان درونی زمین، و همچنین هدف درس در کلاس‌های عملی نحوه تشخیص فازهای متداول روی لرزه‌نگاشت‌ها و تعیین پارامترهای اولیه (تعیین مکان و بزرگی) زلزله‌های محلی، ناحیه‌ای و دور از اهداف ویژه درس زلزله‌شناسی ۱ است.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

انتظار می‌رود که دانشجویان پس از گذراندن درس زلزله‌شناسی ۱ علاوه بر آشنایی با مفاهیم پایه‌ای در زلزله‌شناسی در تشخیص فازهای لرزه‌ای و تعیین مشخصات یک زمین‌لرزه (تعیین محل و بزرگی) دانش و توانایی لازم را دریافت کرده باشند.

## سرفصل درس:

### الف) نظری

#### فصل اول، کلیات و مقدمه:

مروری بر تاریخچه دانش زلزله‌شناسی، اهداف زلزله‌شناسی، انجمن‌ها و مراکز ملی و بین‌المللی زلزله‌شناسی، مروری بر زمین ساخت صفحه‌ای، لرزه‌خیزی جهان، ساختمان زمین و لرزه‌خیزی ایران.

#### فصل دوم، عوامل و فرآیندهای مرتبط با رخداد زمین‌لرزه:

شامل گسل‌های زمین‌ساختی، آتشفشان، تسونامی، زمین‌لغزش، و زمین‌لرزه‌های القایی.



## فصل سوم، مقدمه ای بر تئوری پرتو و ساختمان سرعتی زمین:

پارامتر پرتو، امواج لرزه‌ای (حجمی) در زمین کروی و مدل‌های زمین، مسیر پرتو لرزه‌ای، زمان سیر پرتو، فازهای لرزه‌ای، توزیع سرعت، و ارون سازی منحنی‌های زمان فاصله.

## فصل چهارم، پارامترهای زلزله:

ایستگاه‌ها و شبکه‌های لرزه‌ای، لرزه‌نگاشت‌ها و قرائت فازهای مختلف، تعیین محل زمین لرزه (تعیین پارامترهای زمانی و مکانی)، و اندازه زمین لرزه (شدت و بزرگی)، گشتاور لرزه‌ای، رابطه بزرگی و انرژی و گشتاور لرزه‌ای، سازوکار کانونی زمین لرزه‌ها.

## ب) عملی

آشنایی با شبکه‌های لرزه‌نگاری، بازدید از یک ایستگاه لرزه‌نگاری و مرکز شبکه لرزه‌نگاری، آشنایی با نگاشت زمین لرزه، قرائت فازهای متداول بر روی نگاشت‌ها، تعیین پارامترهای اصلی زمین لرزه (مکان و زمان وقوع، بزرگی). تعیین سازوکار زمین لرزه با استفاده از اولین قطبش موج P.

## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰		نوشتاری: ۶۰	۲۰
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- دسترسی به یک شبکه و داده‌های ایستگاه‌های لرزه‌نگاری، نرم افزارهای مرتبط.



## فهرست منابع:

- Lay, T., and Wallace, T. C., ۱۹۹۵, Modern Global Seismology, Academic Press.
- Stein, S., and Wysession, M., ۲۰۰۳, *An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure*, Blackwell Publishing.
- Shearer, P., ۲۰۰۹, Introduction to Seismology, Cambridge University Press.
- Bormann, P., ۲۰۰۲, *IASPEI: New manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Bulletin of the Seismological Society of America
- Journal of Geophysical Research (JGR) Solid Earth
- Geophysical Journal International

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی





## مشخصات

عنوان درس (فارسی): زلزله‌شناسی ۲

عنوان درس (انگلیسی): Earthquake Seismology ۲

عنوان پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱

ندارد

نوع درس: تخصصی - الزامی پیش‌نیاز: دارد

تعداد واحد: ۳ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۴۸

### اهداف کلی درس:

ارائه درس بصورت نظری و عملی است و هدف اصلی آن، بعد از آشنایی دانشجویان با مفاهیم مقدماتی زلزله‌شناسی در درس زلزله‌شناسی ۱، یادگیری مفاهیم پیشرفته در زلزله‌شناسی است.

### اهداف ویژه درس:

آشنایی با سامانه‌های لرزه‌نگاری و پاسخ دستگاهی، آمار و احتمال زمین‌لرزه‌ها، نحوه تعیین پارامترهای چشمه زلزله و تانسور ممان، نوفه لرزه‌ای، بعضی از روشهای مطالعه آیزوتروپی و ساختار زمین.

### توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

انتظار می‌رود که دانشجو با شناخت و اعمال پاسخ دستگاهی، تحلیل طیفی نگاشت‌های لرزه‌ای (سیگنال و نوفه)، تعیین سازوکار و پارامترهای چشمه توانایی لازم را کسب کرده و همچنین با روش‌های تعیین ساختار زمین آشنا شده باشد.

### سرفصل درس:

#### الف) نظری

#### فصل اول، لرزه‌نگاری:

سامانه لرزه‌نگاری، پاسخ دستگاهی، بازه فرکانس و محدوده دامنه امواج زمین‌لرزه‌ها با بزرگی و فواصل متفاوت.

#### فصل دوم، امواج سطحی:

امواج سطحی، سرعت گروه و فاز، پراکندگی (dispersion) و کاهیدگی امواج سطحی، منحنی‌های پراکندگی.



## فصل سوم، آمار و احتمال در زمین لرزه‌ها:

ارتباط بزرگی و فراوانی زلزله‌ها، ارتباط بین بزرگی و فراوانی زمانی پس لرزه‌ها.

## فصل چهارم، چشمه لرزه‌ای:

چشمه‌های نقطه‌ای و گسلی، مدل‌های الاستوستاتیکی مدل الاستودینامیکی، تانسور گشتاور لرزه‌ای. الگوی تشعشی امواج  $P$ ،  $S$ ، تعیین جهت گیری صفحه گسل (حل صفحه گسل)، هندسه شکست برشی، مدل‌های مختلف شکست و راستا گرایی (directivity).

## فصل پنجم، تحلیل طیفی نکاشت لرزه‌ای:

تعیین پارامترهای چشمه زمین لرزه (فرکانس گوشه، گشتاور لرزه‌ای و بزرگی گشتاوری، متوسط جابجایی، طول گسیختگی، افت استرس).

## فصل ششم، نوفه‌های لرزه‌ای:

مطالعه نوفه‌ها در حوزه زمان و فرکانس، انواع نویزهای محیطی و خصوصیات آنها، مدل‌های جهانی نوفه، روش‌های کاهش نوفه و افزایش نسبت سیگنال به نوفه.

## فصل هفتم، روش‌های متداول جهت شناخت ساختمان زمین:

توموگرافی زمان سیر امواج لرزه‌ای، پراکندگی سرعت فاز و گروه امواج سطحی، توابع گیرنده، آنیزوتروپی لرزه‌ای با استفاده از جدایش امواج برشی.

## فصل هشتم، مقدمه‌ای بر مدل سازی امواج زلزله:

تئوری ایجاد لرزه‌نگاشت مصنوعی، امواج حجمی، امواج سطحی، تابع زمانی چشمه.

### ب) عملی

پاسخ دستگاهی، حل صفحه گسل، تعیین الگوی انتشار موج  $P$  و  $S$  بر روی استریونت با استفاده از موقعیت ایستگاه‌ها نسبت به حل صفحه گسل. تعیین پارامترهای چشمه (گشتاور لرزه‌ای، متوسط جابجایی، طول گسیختگی و افت استرس) با استفاده از طیف لرزه‌ای، نوفه‌های لرزه‌ای (طیف).

## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛



دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد		نوشتاری: ۷۰ درصد	۲۰ درصد
		عملکردی:	

### تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- دسترسی به یک شبکه و داده‌های ایستگاه‌های لرزه‌نگاری، نرم افزارهای مرتبط.

### فهرست منابع:

- Lay, T., and Wallace, T. C., ۱۹۹۵, Modern Global Seismology, Academic Press.
- Stein, S., and Wysession, M., ۲۰۰۳. *An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure*, Blackwell Publishing.
- Shearer, P., ۲۰۰۹, Introduction to Seismology, Cambridge University Press.
- UDÍAS, A., ۱۹۹۹, Principles of Seismology, Cambridge University Press.
- Aki K, Richards P., ۲۰۰۲, Quantitative Seismology, University Science Books.
- Bormann, P., ۲۰۰۲, *IASPEI: New manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany.
- Havskov, J. and Alguacil, G., ۲۰۰۴. *Instrumentation in earthquake seismology*, Springer.



- Havskov, J., Ottemoller, L., ۲۰۱۰. Routine Data Processing in Earthquake Seismology. With Sample Data, Exercises and Software, Springer.

### فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Bulletin of the Seismological Society of America
- Journal of Geophysical Research (JGR) Solid Earth
- Geophysical Journal International

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): لرزه زمین ساخت

عنوان درس (انگلیسی): Seismotectonics

عنوان پیش نیاز: زلزله شناسی ۱

نوع درس: تخصصی - الزمی پیش نیاز: دارد

تعداد واحد: ۳ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۴۸

## اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم لرزه زمین ساخت.

## اهداف ویژه درس:

آشنایی با مفاهیم لرزه زمین ساختی، حرکات نسبی صفحات تکتونیکی و فرآیندهای مرتبط، گسلش و زمین لرزه‌ها، پیش‌بینی‌های زمین ساختی زمین لرزه و کلیاتی از لرزه زمین ساخت ایران.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

انتظار می‌رود که دانشجو پس از اتمام درس لرزه زمین ساخت رابطه بین رویداد زلزله و فرایندهای تکتونیکی را تحلیل کند.

## سرفصل درس

### الف) نظری

#### فصل اول، مقدمه:

- مفهوم لرزه زمین ساخت؛
- مفهوم صفحات تکتونیکی و قطعات لیتوسفری؛
- لرزه زمین ساخت و نقش آن در کاهش خطرپذیری زمین لرزه‌ها.

#### فصل دوم، کینماتیک صفحه:

- حرکات نسبی صفحات تکتونیکی؛



- ژئودزی بر اساس تجهیزات فضایی؛
- حرکات مطلق صفحات.

## فصل سوم، لرزه زمین ساخت مقایسه‌ای:

### ۱- نواحی اقیانوسی:

- الف. مراکز گسترش؛
  - ب. هندسه گسل‌های انتقالی و پشته‌ها؛
  - ج. تکامل لیتوسفر اقیانوسی؛
  - د. فرآیند‌ها و زمین‌لرزه‌های مرتبط با گسل‌های انتقالی و پشته‌ها.
- زون‌های فرورانشی:
  - الف. زمین‌لرزه‌های مرتبط با صفحه فرورانده شده؛
  - ب. زمین‌لرزه‌های مرتبط با گودال بین صفحات.
  - زمین‌ساخت و زمین‌لرزه‌های داخل صفحه اقیانوسی
  - الف. موقعیت زمین‌لرزه‌های داخل صفحه اقیانوسی؛
  - ب. نیروها و تنش‌ها در لیتوسفر اقیانوسی؛
  - ج. شرایط و محدودیت‌ها در ویسکوزیته مانتل.

### ۲- نواحی قاره‌ای:

- زون‌های مرزی صفحه قاره‌ای؛
- تغییر شکل لرزه‌ای، غیر لرزه‌ای، تدریجی؛
- زمین‌لرزه‌های داخل صفحه قاره‌ای.
- مثال‌هایی از فعالیت‌های لرزه‌ای در نواحی تکتونیکی مختلف

## فصل چهارم، گسلش و تغییر شکل در زمین:

- رفتارشناسی؛
- شکست و اصطکاک در سنگ؛
- جریان شکل‌پذیر؛
- زمین‌لرزه‌ها و اصطکاک در سنگ‌ها؛
- زمین‌لرزه‌ها و تغییر شکل ناحیه‌ای؛



- مدل‌های تجمع و رهایی تنش.

### فصل پنجم، زمین لرزه‌ها:

- مقدمه‌ای بر تعیین مکانیزم‌های کانونی:
  - الف. هندسه گسل؛
  - ب. الگوهای انتشار امواج حجمی؛
  - ج. نمایش استرنوگرافیک صفحه گسل؛
  - د. نمایش تحلیلی هندسه گسل.
- تنسورهای گشتاور:
  - الف. نیروهای معادل؛
  - ب. نیروهای منفرد؛
  - ج. زوج‌های نیرو؛
  - د. جفت زوج‌های نیرو؛
  - ه. تنسورهای گشتاور زمین لرزه؛
  - و. تنسورهای گشتاور ایزوتروپ و CLVD؛
  - ز. معکوس‌سازی تنسور گشتاور؛
  - ح. تفسیر تنسورهای گشتاور.
- ژئودزی در زمین لرزه‌ها:
  - الف. اندازه‌گیری تغییر شکل زمین؛
  - ب. تغییر شکل همزمان با زمین لرزه؛
  - ج. مطالعات زلزله‌شناسی همراه با ژئودزی؛
  - د. تغییر شکل بین دو زمین لرزه و چرخه لرزه‌ای.
- پارامترهای منشاء:
  - الف. بزرگی‌ها و گشتاور؛
  - ب. افت تنش و انرژی زمین لرزه.
- آمار زمین لرزه:
  - الف. روابط بزرگی و تعداد زمین لرزه‌ها؛
  - ب. پس لرزه‌ها؛
  - ج. احتمالات در زمین لرزه؛
  - د. توزیع تنش و زلزله‌های جهانی؛
  - ه. فعالیت‌های لرزه‌ای کنونی در دنیا.



## فصل ششم، پیش‌بینی‌های بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت زمین‌لرزه‌ها:

- آماری؛
- تکنیکی؛
- فیزیکی؛
- پیش‌نشانگرها.

## فصل هفتم، مقدمه‌ای بر لرزه‌زمین‌ساخت ایران:

- معرفی استان‌های لرزه‌زمین‌ساختی ایران؛
- گسل‌های شناخته‌شده زمین‌لرزه‌ای؛
- زمین‌لرزه‌های ویرانگر گذشته؛
- ارزیابی توان گسلش و لرزه‌زایی.

### ب) عملی

بررسی دگرریختی نهشته‌ها و گسل‌های کواترنر در صحرا، تهیه نقشه لرزه‌زمین‌ساختی منطقه، تحلیل و تخمین توان لرزه‌زایی گسل.

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد		نوشتاری: ۷۰ درصد	۲۰ درصد
		عملکردی:	





## تجهيزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

## فهرست منابع:

- Stein, S., and Wysession, M., ۲۰۰۳, *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*, Blackwell publishing, pp.۵۰۰.
- Zong, A., and Stephansson, O., ۲۰۱۰, *Stress field of the crust*, Springer publishing, pp. ۳۲۷.
- Scholz, C.H., ۲۰۰۲, *The Mechanics of Earthquakes and Faulting*, Cambridge University press, pp.۴۶۴.
- Different papers on Seismotectonics of Iran.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Tectonophysics
- Journal of Geophysical Research (JGR) Solid Earth
- Tectonics

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): مسائل وارون در ژئوفیزیک

عنوان درس (انگلیسی): Inverse Problem in Geophysics

نوع درس: تخصصی - اختیاری - پیش نیاز: دارد

تعداد واحد: ۳ نوع واحد: واحد نظری ۳ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۴۸

### اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم اساسی در تئوری وارون برای حل مسائل ژئوفیزیکی.

### اهداف ویژه درس:

آشنایی با مسایل وارون خطی و غیر خطی، بررسی و تحلیل عدم قطعیت و رزولوشن در مسایل وارون.

### توانایی و شایستگی هایی که درس پرورش می دهد:

انتظار می رود که دانشجو توانایی انجام و درک روش های استخراج مدل های ژئوفیزیکی از طریق وارون سازی داده ها را کسب نماید.

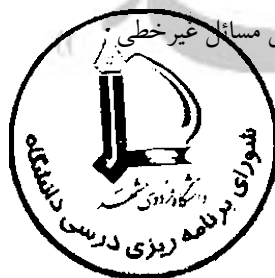
### سرفصل درس:

#### فصل اول، نگاهی اجمالی بر نظریه معکوس خطی:

مروری بر ریاضیات پایه، کمترین نرم، گسسته سازی، تجزیه مقادیر منفرد (SVD)، حل مسائل خطی، انتخاب پارامترهای مرتب سازی.

#### فصل دوم، مسائل وارون غیر خطی:

مبانی حل مسائل وارون غیر خطی، الگوریتم وارون سازی: برنامه های کاربردی، محاسبه حساسیت و مشتقات Frechet، مسائل وارون و مشتقات تفاضلی، محاسبات عمومی ناجورشدگی (misfit) و نرم مدل، تکنیک های بهینه سازی برای حل مسائل غیر خطی (سریع ترین کاهش، گرادیان مزدوج، BFGS و غیره)، روش های مونت کارلو.



### فصل سوم، تحلیل عدم قطعیت:

تخمین پارامتر و تحلیل عدم قطعیت، تحلیل رزولوشن و عدم قطعیت در مسائل معکوس.

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۶۰ درصد	۲۰ درصد
		عملکردی:	

### تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

### فهرست منابع:

- Scales, J., and Smith, M., ۱۹۹۷, *Geophysical Inverse Theory*. Samizdat Press.
- Tarantola, A., ۱۹۸۷, *Inverse Problem Theory: Methods for Data Fitting and Model Parameter Estimation*, Elsevier
- Nocedal, J., and Wright., S. J., ۱۹۹۹, *Numerical Optimization*, Springer
- Iyer, H.M., and K. Hirahara (Eds.), ۱۹۹۳, *Seismic Tomography Theory and Practice*, Chapman & Hall, New York.
- Gubbins, D., ۲۰۰۴, *Time Series Analysis and Inverse Theory for Geophysics*, Cambridge University Press.



## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Reviews of Geophysics
- Geophysical Prospecting
- Geophysics

• مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با ژئوفیزیک



دانشگاه فرزدوسی مشهد



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): لرزه شناسی

عنوان درس (انگلیسی): Seismology

نوع درس: تخصصی - اختیاری - پیش نیاز: دارد

ندارد

تعداد واحد: ۳ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۶۴

## اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم اولیه انتشار موج در لایه بندی های مختلف و روش های مختلف عملیات لرزه نگاری.

## اهداف ویژه درس:

مفاهیم تئوری انتشار امواج لرزه ای، چشمه ها و گیرنده های امواج، لرزه نگاری شکست مرزی و بازتابی و درون چاهی.

## توانایی و شایستگی هایی که درس پرورش می دهد:

آشنایی دانشجویان با مبانی و کاربرد لرزه شناسی اکتشافی.

## سرفصل درس:

### الف) نظری

#### فصل اول، مروری بر مفاهیم تئوری انتشار امواج لرزه ای:

تنش، کرنش، قانون هوک، ضرایب کشسانی، معادله موج، اصل هویگنس، قانون اسنل، انواع امواجی که در لرزه ثبت می شوند. سرعت گروه و سرعت فاز، چگالی انرژی، گسترش هندسی، جذب انرژی، افزایش انرژی در سطوح جدایی دو لایه، مقاومت صوتی، ضریب بازتاب و عبور انرژی.

#### فصل دوم، چشمه های انرژی، گیرنده ها و دستگاه های ثبت لرزه ای:

چشمه های ضربه ای و ارتعاشی و مشخصه حاصل از آنها، ژئوفون ها و هیذروفون ها و مشخصه آنها، دستگاه های ثبت داده های لرزه ای و مشخصات آنها.



### فصل سوم، لرزه نگاری شکست مرزی:

نمودارهای زمان- مسافت موج شکست مرزی برای مدل‌های دولایه و سه لایه تخت و شیبدار، آشنایی با عملیات، محدودیت‌ها.

### فصل چهارم، لرزه نگاری بازتابی:

منحنی بازتابی- مسافت امواج بازتابی برای حل مدل‌های ساده تخت و شیبدار، نمودارهای زمان-مسافت امواج پراشیده و تکراری، برنامه‌ریزی عملیات لرزه‌ای بازتابی دوبعدی، روش‌های عملیات لرزه دو بعدی در خشکی و دریا، نوفه‌ها، آرایه گیرنده‌ها، آرایه چشمه‌ها.

### فصل پنجم، لرزه نگاری درون چاهی:

روش‌های عملیات لرزه‌ای پایین چاهی، بالا چاهی، بین چاهی و VSP با دور افت صفر.

### ب) عملی

برداشت و پردازش داده‌های لرزه‌ای و اندازه‌گیری سرعت امواج لرزه‌ای در نمونه‌های آزمایشگاهی.

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد		نوشتاری: ۶۰ درصد	۳۰ درصد
		عملکردی:	

### تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- تجهیزات کار میدانی برداشت لرزه‌ای؛



## فهرست منابع:

- Dobrin, M. B., and Savit, C. H., ۱۹۸۸. *Introduction to Geophysical Prospecting*. McGraw-Hill.
- Sheriff, R. E., and Geldart, L. p., ۱۹۹۵. *Exploration Seismology*, Cambridge University Press.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E. ۱۹۹۸. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press.
- Water, K. H., ۱۹۸۱. *Reflection seismology*, John Wiley & Sons.
- Udias, A., ۱۹۹۹. *Principles of Seismology*, Cambridge University Press.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Geophysical Prospecting
- Journal of Applied Geophysics
- Near Surface Geophysics

• مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با ژئوفیزیک اکتشافی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): زلزله‌شناسی مهندسی

عنوان درس (انگلیسی): Engineering Seismology

نوع درس: تخصصی - اختیاری پیش‌نیاز: دارد

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۱/۲ واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

## اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم زلزله‌شناسی مهندسی و پارامترهای مورد استفاده در طراحی سازه‌ها جهت سازگاری با حرکات زمین و پایداری سازه‌ها در برابر زمین‌لرزه.

## اهداف ویژه درس:

شناخت پارامترهای حرکت زمین در حین زمین‌لرزه، بررسی اثرات ساختگاه، طیف پاسخ، تخمین پارامترهای حرکت زمین و برآورد و تحلیل خطر زلزله.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

از دانشجو انتظار می‌رود با گذراندن این درس توانایی لازم برای تعیین پارامترهای زمین‌لرزه‌ای جهت پروژه‌های مهندسی و تحلیل خطر زمین‌لرزه را کسب کند.

## سرفصل درس:

### فصل اول، مقدمه:

اهداف زلزله‌شناسی مهندسی، شدت زلزله و ارتباط بین نقشه‌های هم‌شدت زلزله با نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی.

### فصل دوم، پارامترهای حرکت زمین:

پارامترهای حرکت زمین در سری‌های زمانی شتاب، سرعت و جابجایی. پارامترهای طیفی، مدت دوام، پیروید غالب، شدت کل، شدت آریاس، سرعت مطلق تجمعی.





## فصل سوم، اثر ساختگاه:

تعریف اثر ساختگاه بررسی شواهد و روش‌های تعیین اثر ساختگاه.

## فصل چهارم، طیف پاسخ:

تعریف طیف پاسخ، انواع طیف پاسخ، طیف پاسخ نرمال، شبه طیف پاسخ، استفاده از طیف پاسخ در تحلیل لرزه‌ای سازه‌ها، طیف‌های ترکیبی جابجایی-سرعت-شتاب (نمودارهای سه سویه)، طیف طرح، روش‌های تهیه طیف طرح.

## فصل پنجم، تخمین پارامترهای حرکت زمین:

روابط کاهیدگی برای تخمین حداکثر دامنه شتاب و سرعت حرکت زمین، روابط کاهیدگی طیفی، تخمین طیف پاسخ.

## فصل ششم، برآورد خطر زلزله:

تعیین چشمه‌های لرزه‌زا (خطی، سطحی، حجمی)، روش‌های تحلیل خطر احتمالی و تعیینی، تخمین سطوح مختلف زلزله، پهنه‌بندی خطر زلزله.

## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد		نوشتاری: ۷۰ درصد	۲۰ درصد
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دینا پروژکتور.



## فهرست منابع:

- Bozorgnia, Y., and Bertero, V. V., ۲۰۰۴. Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering, (Coordinating Editors). CRC Press.
- Kramer, S, L. ۱۹۹۶. Geotechnical earthquake engineering, New Jersey: Prentice Hall.
- Hu, Y-X., Liu, S-C., and Dong, W., *E&FN Spon*, London, ۱۹۹
- Chen, W-F., Scawthorn, C. ۲۰۰۲. *Earthquake Engineering Handbook*, CRC Press, ۲۰۰۲.
- Chopra, A., Hall, P., ۲۰۰۱. *Introduction to Structural Dynamics and Earthquake Engineering*.
- Dorwick, D., Wiley, ۲۰۰۳. *Earthquake Risk Reduction*, New York, NY.
- Newmark, N. and Rosenblueth, E., ۱۹۷۸. *Fundamentals of Earthquake Engineering*, Prentice Hall, New York, NY.

- خواجهوی رضا (مترجم) ۱۳۹۱، تی. کی. داتا (نویسنده) اصول و روش‌های تحلیل لرزه‌ای سازه‌ها. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

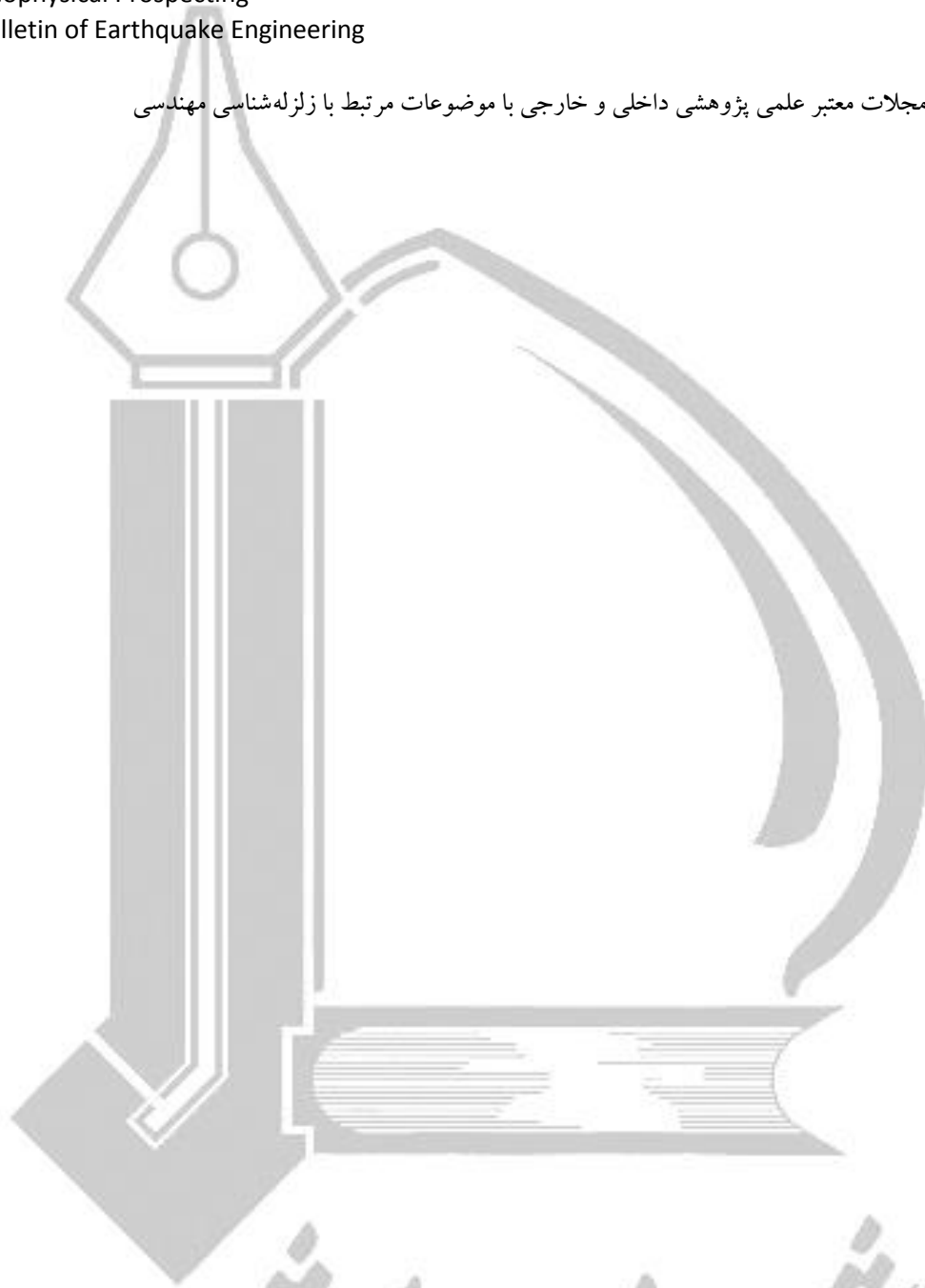
## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Bulletin of the Seismological Society of America



- Geophysical Prospecting
- Bulletin of Earthquake Engineering

• مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی مهندسی



دانشگاه فروردوسی مشهد



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): زلزله‌شناسی دستگاهی

عنوان درس (انگلیسی): Instrumental Seismology

نوع درس: تخصصی - اختیاری پیش‌نیاز: دارد ● ندارد ○ عنوان پیش‌نیاز: تحلیل سری‌های زمانی ژئوفیزیکی.

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۱ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۴۸

### اهداف کلی درس:

آشنایی با تجهیزات و کارکرد ایستگاه‌ها و شبکه‌های لرزه‌نگاری.

### اهداف ویژه درس:

تعیین مشخصات تجهیزات لرزه‌نگاری و سنجش عملکرد آنها، قابلیت نصب و راه‌اندازی ایستگاه لرزه‌نگاری.

### توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

دانشجو توانایی شناخت و کار با سامانه‌های لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری و داده‌های زمین لرزه‌ای را کسب می‌کند.

### سرفصل درس:

#### الف) نظری

#### فصل اول، مقدمه:

تاریخچه دستگاه‌های لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری، معرفی انواع لرزه‌سنج‌ها، ثبات‌ها و کاربرد آنها.

#### فصل دوم، مبانی نظری لرزه‌سنج‌ها:

اصول و انواع لرزه‌سنج‌ها (کوتاه دوره، بلند دوره و باند پهن-تک مؤلفه، سه مؤلفه، درون چاهی، اقیانوسی، لرزه‌یاب (Geophone) و آب لرزه‌یاب (Hydrophone)، معادله حرکت لرزه‌سنج و میرایی نوسانات آن، مفهوم محدوده دینامیکی، پاسخ فرکانسی، نویز دستگاهی.



## فصل سوم، سیستم‌های لرزه‌نگاری:

انواع داده‌های لرزه‌نگاری، پاسخ سیستم‌های لرزه‌نگاری، کالیبراسیون لرزه سنج‌ها، اهمیت کالیبراسیون و روش‌های مختلف انجام آن.

## فصل چهارم، شبکه‌های و آرایه‌های لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری:

معرفی انواع شبکه‌های لرزه‌نگاری (دائمی، موقت، virtual)، معرفی انواع روش‌های انتقال داده از ایستگاه به مرکز شبکه، شبکه‌ها و آرایه‌ها برای اهداف خاص (مهندسی، نظامی، صنعتی)، عوامل ایجاد خطا در شبکه‌های لرزه‌نگاری، جانمایی ایستگاه‌های لرزه‌نگاری و عوامل مؤثر بر کیفیت داده‌های لرزه‌نگاری، نوبه لرزه‌ای و حد استاندارد آن.

### ب) عملی

تعیین پاسخ یک سیستم لرزه‌نگاری، سنجش عملکرد تجهیزات، کالیبراسیون، تصحیحات دستگاهی، شنایی با سامانه‌های لرزه‌نگاری (ایستگاه و شبکه)، طراحی شبکه و تعیین محل ایستگاه، راه اندازی یک ایستگاه لرزه‌نگاری، استخراج داده‌ها و پردازش اولیه آنها، کنترل کیفیت سیگنال ثبت شده.

## روش یاددهی – یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد		نوشتاری: ۶۰ درصد	۳۰ درصد
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به امکانات سخت افزاری لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری.



## فهرست منابع:

- Aki, K., and Richards, P. G., ۲۰۰۲. *Quantitative Seismology*, Freeman.
- Scherbaum, F., ۲۰۰۷. *Of Poles and Zeros - Fundamentals of Digital Seismology*, ۲Ed. Springer.
- Havskov, J., Alguacil, G., ۲۰۰۴. *Instrumentation in Earthquake Seismology*. Springer.
- Havskov, J., Ottemoller, L., ۲۰۱۰. *Routine Data Processing in Earthquake Seismology*, Springer.
- Bormann, P., ۲۰۱۲. *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice*. GeoForschungs Zentrums Potsdam.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Bulletin of the Seismological Society of America
- Seismological Research Letters
- Seismic Instruments

• مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی مهندسی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): زلزله‌شناسی جنبش نیرومند زمین

عنوان درس (انگلیسی): Strong-motion Seismology

عنوان پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱

نوع درس: تخصصی - اختیاری / پیش‌نیاز: دارد / ندارد

تعداد واحد: ۲ / نوع واحد: واحد نظری ۱ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۴۸

## اهداف کلی درس:

دانشجویان با اصول پردازش شتاب‌نگاشت‌ها، مطالعه چشمه زمین‌لرزه‌ها، روابط کاهیدگی و شبیه‌سازی زمین‌لرزه‌ها آشنا می‌شوند.

## اهداف ویژه درس:

آشنایی با پردازش شتاب‌نگاشت‌ها، تحلیل طیفی، روابط کاهیدگی و شبیه‌سازی جنبش نیرومند زمین.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

انتظار می‌رود که دانشجو توانایی پردازش و تحلیل داده‌های شتاب حرکت زمین در حین زمین‌لرزه را پیدا کند.

## سرفصل درس:

### (ب) نظری

#### فصل اول، مقدمه:

معرفی شبکه‌های شتاب‌نگاری جهان و ایران و تاریخچه آنها در مطالعات زلزله‌شناسی مهندسی.

#### فصل دوم، مبانی پردازش شتاب‌نگاشت‌ها:

آشنایی با داده‌های شتاب‌نگاری، کاتالوگ‌ها و قالب‌بندی داده‌ها، تصحیحات شتاب‌نگاشت‌ها.

#### فصل سوم، تحلیل طیفی شتاب‌نگاشت‌ها:

مطالعه خصوصیات چشمه، بزرگای ممان، فرکانس گوشه، افت تنش.



## فصل چهارم: کاهیدگی

مطالعه کاهیدگی حداکثر جنبش زمین و کاهیدگی طیفی.

## فصل پنجم، شبیه‌سازی جنبش نیرومند زمین:

بررسی روش‌های مختلف شبیه‌سازی جنبش نیرومند زمین در حین زلزله و پارامترهای مؤثر.

### ب) عملی

پردازش داده‌های شتاب‌نگاری و محاسبات سری‌های زمانی و طیفی.

## روش یاددهی یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد		نوشتاری: ۶۰ درصد	۳۰ درصد
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

## فهرست منابع:

- Kanai, K., ۱۹۸۳. *Engineering Seismology*, University of Tokyo Press.

- Chiou, S. J., Bolt, B. A., ۱۹۹۱. Erdik, M. O., Toksoz, M. N. (eds), ۱۹۸۷. *Strong Ground Motion*





*Seismology NATO ASI Series*, Reidel Publishing Company.

- Bolt, A. B, ۱۹۸۷. *Seismic Strong Motion Synthetics*, Academic Press.
- Hudson, D. E., ۱۹۶۹ "Strong Motion Earthquake Accelerograms, Digitized and Plotted Data", Vol. I- Uncorrected Accelerograms, *Earthquake Engineering Research Center*, California Institute of Technology, Pasadena.
- Hudson, D. E., Brady, A. G., Trifunac, M. D., and V jayaraghavan, A., "Strong-Motion Earthquake Accelerograms, Vol. II Corrected Accelerograms, and Integrated Ground Velocity and Displacement Curves", *Earthquake Engineering Research Center*, California Institute of Technology, Pasadena.
- Hudson, D.E., Trifunac, M.D. and Brady, A.G. (۱۹۷۲). "Strong-Motion Accelerograms, Vol. III, Response Spectra", *Earthquake Engineering Research Center*, California Institute of Technology, Pasadena.
- Hudson, D. E., Trifunac, M. D., Udwadia, F. E., V jayaraghavan, A., and Brady, A. G., ۱۹۷۲. "Strong-Motion Earthquake Accelerograms, Fourier Amplitude Spectra, Vol. IV". *Earthquake Engineering Research Center*, California Institute of Technology, Pasadena.

### فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Bulletin of the Seismological Society of America
- Journal of Seismology
- Bulletin of Earthquake Engineering

• مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی مهندسی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): پیش‌نشانگرهای زلزله

عنوان درس (انگلیسی): Earthquake Precursors

عنوان پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز: دارد ● ندارد ○

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

## اهداف کلی درس:

آشنایی با پیش‌نشانگرهای زلزله.

## اهداف ویژه درس:

شناخت انواع پیش‌نشانگرهای زلزله، روش‌های پایش و مدل‌های تجزیه و تحلیل پیش‌نشانگرها و هشدار زلزله.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

گذراندن این درس در ارتقای توانایی دانشجو برای پژوهش‌های پیشرفته در مباحث پیش‌نشانگرهای زلزله کمک می‌کند.

## سرفصل درس:

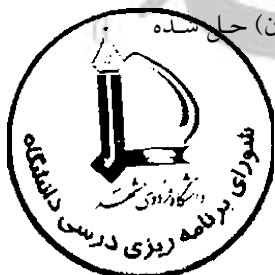
### الف) نظری

#### فصل اول، مقدمه:

تعریف و تاریخچه پیش‌بینی و پیش‌نشانگرهای زلزله، ساختار پیش‌بینی زلزله (پیش‌بینی‌های آماری، زمین‌ساختی و فیزیکی)، چرخه زمین‌لرزه، قانون تجمع تنش زمین‌ساختی، گاف لرزه‌ای، مهاجرت فعالیت پوسته.

#### فصل دوم، انواع پیش‌نشانگرهای زلزله:

دگرشکلی سطح زمین، تغییرات میدان مغناطیسی زمین، تغییرات مقاومت الکتریکی زمین، تغییرات سرعت امواج لرزه‌ای، تغییرات نسبت  $V_p$  به  $V_s$ ، تغییرات مقدار  $b$ ، بی‌هنجاری آهنگ و الگوی لرزه‌خیزی، تغییرات مقدار گازهای رادیواکتیو (رادون) حل‌شده در آب زیرزمینی، رفتار غیرعادی حیوانات، و...



### فصل سوم، روش‌های پایش پیش‌نشانگرهای زلزله:

پایش پیش‌نشانگرها در دوره‌های تاریخی، پایش پیش‌نشانگرها در دوره جدید، تجهیزات اندازه‌گیری و پایش پیش‌نشانگرها و چیدمان آنها.

### فصل چهارم، مدل‌ها و تجربه‌ها:

مدل اتساع (Dilatancy model)، سازوکار فیزیکی اتساع، مدل پخش اتساع در محیط‌های آبدار و خشک، دگرشکلی زمین و تغییر پارامترهای فیزیکی، زمان پیش‌نشانگری (precursor time)، رابطه میان بزرگی زمین‌لرزه و زمان پیش‌نشانگری، تجربه‌های زمان پیش‌نشانگری برای پیش‌نشانگرهای مختلف در ایران و جهان.

### فصل پنجم، زلزله‌های قابل پیش‌بینی و هشدار زلزله:

تشریح نمونه‌هایی از زمین‌لرزه‌های پیش‌بینی شده در دنیا با تأکید بر پیش‌نشانگرهای آنها، هشدار (warning) زلزله و سطوح آن، سامانه‌های هشدار زلزله، آمادگی در برابر زلزله برای کاهش خطرپذیری.

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۸۰ درصد	
		عملکردی:	

### تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

### فهرست منابع:



- Kasahara, K., ۱۹۸۱. *Earthquake mechanics*, Cambridge University Press.
- Keller, E. A., and Pinter, N., ۱۹۹۶. *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape*, Prentice Hall.
- Kisslinger, C., and Sasaki, Z., ۱۹۸۰. *Earthquake Precursors*. Amer Geophysical Union.
- Wyss, M., ۱۹۹۱, *Evaluation of Proposed Earthquake Precursors*, Amer Geophysical Union.
- Zongjin, M., Zhengxiang, F., Yingzhen, Z., Chengmin, W., Guomin, Z., and Defu, I., ۱۹۹۰. *Eearthquake Prediction: nine major earth earthquakes in China*. Seismological Press Beijing.

### فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Geophysical Research Letters
- Seismological Research Letters
- Journal of Seismology

• مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): **مبانی زلزله‌شناسی دیرین**

عنوان درس (انگلیسی): **Fundamentals of Paleoseismology**

نوع درس: تخصصی - اختیاری پیش‌نیاز: دارد      ندارد      عنوان پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱

تعداد واحد: ۲      نوع واحد: واحد نظری / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

### اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم و واژه‌های دیرینه زلزله‌شناسی و کاربرد آنها در زلزله‌شناسی و زمین‌ساخت فعال.

### اهداف ویژه درس:

شناخت گسل‌های فعال، روش‌های مطالعات صحرائی، تعیین سن زمین‌لرزه‌ها، و کاربرد داده‌های زلزله‌شناسی دیرین.

### توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

توانایی کاربرد زلزله‌شناسی دیرین در زلزله‌شناسی و زمین‌ساخت فعال.

### سرفصل درس:

#### فصل اول، مقدمه:

هدف و تاریخچه زلزله‌شناسی دیرین، نشانه زمین‌لرزه‌های دیرین، دسته‌بندی شواهد دیرینه زمین‌لرزه (شواهد اولیه و شواهد ثانویه زلزله‌های دیرین)، ناکامل بودن داده‌های دیرین زمین‌لرزه‌ها، نقش زلزله‌شناسی دیرین در تخمین خطر زلزله.

#### فصل دوم، گسل‌های فعال:

گسله‌ها، پدیده‌های مهم گسلی، فعالیت گسل‌ها و روش‌های بررسی آن (ژئودتیک، لرزه‌ای، تاریخی، زمین‌شناسی)، روش‌های زلزله‌شناسی دیرین جهت تعیین چشمه‌های لرزه‌ای فعال (نقشه برداری، تحلیل زمین ریخت‌شناسی، تحقیقات زیرسطحی، سنجش از دور)، نرخ فعالیت و دوره تکرار.



## فصل سوم، تکنیک‌های صحرایی در زلزله‌شناسی دیرین:

استفاده از کاتالوگ‌ها و تجربه‌های امروزی، مطالعه دگرشکلی، نقشه‌برداری چینه‌شناختی، تکنیک‌های ژئوفیزیکی برای مشخص کردن ویژگی‌های زمین‌شناسی زیرسطحی در زون‌های گسلی و شناسایی گسل‌های پنهان شامل متدهای لرزه‌ای رادار نفوذ (GPR)، روش‌های مغناطیسی و گرانشی، انواع حرکات توده‌ای (زمین لغزش، خزش، جریان واریزه‌ای، سنگ‌ریزش)، ترانسه‌زنی (تعیین محل، تدارکات برای گودبرداری، انواع روش‌های گودبرداری، خطرات تراشه‌زنی، آماده‌سازی برای تهیه نگاره، تشخیص و علامت گذاری محل‌های برخورد)، حفاری و نمونه‌برداری، تفسیر نگاره‌ها، رویدادهای چندباره، تعیین زمان وقوع رویدادها.

## فصل چهارم، تعیین سن زلزله‌های دیرین:

تعیین سن نسبی براساس شواهد زمین ریخت‌شاسی و چینه‌شناسی، تعیین سن مطلق رسوبات و خاک‌ها به کمک روش‌های مختلف (کربن ۱۴، لومینسانس گرمایی، لومینسانس نوری، سایر روش‌ها).

## فصل پنجم، کاربرد داده‌های زلزله‌شناسی دیرین:

روش‌های تعیین بزرگی زلزله‌های دیرین، نرخ لغزش زلزله‌های دیرین و رویداد مجدد زمین‌لرزه‌ها، قطعه‌بندی گسل‌ها، مدل‌های مختلف رویداد مجدد زمین‌لرزه، برآورد خطر زلزله.

## فصل ششم، مطالعات صحرایی:

تشریح نمونه‌هایی از مطالعات انجام یافته در ایران و جهان.

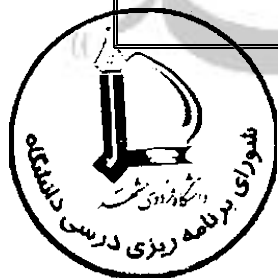
## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۸۰ درصد	
		عملکردی:	



## تجهيزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

## فهرست منابع:

- Keller, M., and Pinter, N., ۱۹۹۶, Active Tectonics, Academic Press.
- McCalpin, J. P., (ed). ۲۰۰۹, Paleoseismology, Academic Press.
- McCalpin, J. P., (ed). ۱۹۹۶, Paleoseismology, Academic Press.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Journal of Geophysical Research
- Tectonophysics
- Geophysical Journal International

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با زلزله‌شناسی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): لرزه زمین ساخت ایران

عنوان درس (انگلیسی): Seismotectonics of Iran

نوع درس: تخصصی - اختیاری پیش نیاز: دارد

ندارد

عنوان پیش نیاز: لرزه زمین ساخت

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

## اهداف کلی درس:

آشنایی با لرزه زمین ساخت نواحی مختلف ایران.

## اهداف ویژه درس:

شناخت ایالت های لرزه زمین ساختی ایران.

## توانایی و شایستگی هایی که درس پرورش می دهد:

انتظار می رود که دانشجو توانایی تجزیه و تحلیل و ارتباط میان رویداد زمین لرزه و فرآیندهای تکتونیکی در ایران را کسب کند.

## سرفصل درس:

### فصل اول، مقدمه:

ساختار درونی زمین، ساختار سرعتی پوسته، دگرشکلی پوسته و گوشته، دگرشکلی شکننده و شکل پذیر، محیط های زمین ساختی، سازو کار کانونی زمین لرزه ها و تحلیل تنش و کرنش.

### فصل دوم: ایالت های لرزه زمین ساختی ایران

تاریخچه تقسیم بندی ایران به ایالت های لرزه زمین ساختی، معیارهای تعیین ایالت های لرزه زمین ساختی (معیارهای زمین شناسی و تکتونیکی، معیارهای زلزله شناسی، معیارهای ژئوفیزیکی، معیارهای ژئودتیکی).

### فصل سوم، لرزه زمین ساخت البرز:

جایگاه زمین ساختی، زمین شناسی و چینه شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین خوردگی، الگوی لرزه خیزی، ساختارهای فعال،





گسل‌ها و زون‌های زمین‌لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌های شاخص و ویژگی‌های آنها، جنبش افقی، جنبش قائم، زمین‌لرزه‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی، افزایش کرنش (لغزش).

### فصل چهارم، لرزه زمین ساخت شمال ایران (کپه داغ، بینالود و ...):

جایگاه زمین‌ساختی، زمین‌شناسی و چینه‌شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین‌خوردگی، الگوی لرزه‌خیزی، ساخت‌های فعال، گسل‌ها و زون‌های زمین‌لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌های شاخص و ویژگی‌های آنها، جنبش افقی، جنبش قائم، افزایش کرنش (لغزش)، الگوی گسلش.

### فصل پنجم، لرزه زمین ساخت شمال غرب ایران:

جایگاه زمین‌ساختی، زمین‌شناسی و چینه‌شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین‌خوردگی، الگوی لرزه‌خیزی، ساخت‌های فعال، گسل‌ها و زون‌های زمین‌لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌های شاخص و ویژگی‌های آنها، جنبش افقی، جنبش قائم، افزایش کرنش (لغزش)، الگوی گسلش.

### فصل ششم، لرزه زمین ساخت زاگرس:

جایگاه زمین‌ساختی، زمین‌شناسی و چینه‌شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین‌خوردگی، الگوی لرزه‌خیزی، ساخت‌های فعال، گسل‌ها و زون‌های زمین‌لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌های شاخص و ویژگی‌های آنها، جنبش افقی، جنبش قائم، افزایش کرنش (لغزش)، دگرشکلی لرزه‌ای و بی‌لرزه، تکتونیک وارون (Inverse Tectonics) خطواره عمان و زون گذار زاگرس - مکران.

### فصل هفتم، لرزه زمین ساخت مکران و جنوب شرق ایران:

جایگاه زمین‌ساختی، زمین‌شناسی و چینه‌شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین‌خوردگی، الگوی لرزه‌خیزی، ساخت‌های فعال، گسل‌ها و زون‌های زمین‌لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌های شاخص و ویژگی‌های آنها، جنبش افقی، جنبش قائم، کاف لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی، مکران، کمان آتشفشانی تفتان-بزمان-سلیمان، لرزه‌خیزی فرونشست جازموریان.

### فصل هشتم، لرزه زمین ساخت ایران مرکزی و شرق ایران:

جایگاه زمین‌ساختی، زمین‌شناسی و چینه‌شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین‌خوردگی، الگوی لرزه‌خیزی، ساخت‌های فعال، گسل‌ها و زون‌های زمین‌لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌های شاخص و ویژگی‌های آنها، جنبش افقی، جنبش قائم، کاف لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌ها، لرزه‌خیزی پیرامون بلوک لوت، چرخش سامانه‌های گسلی.

### فعالیت جنبی:

مشاهده میدانی گسل‌های زمین‌لرزه‌ای، بازدید از یک منطقه با سابقه رویداد زمین‌لرزه مخرب



## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۸۰ درصد	
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

## فهرست منابع:

- Ambraseys, N.N., and C.P. Melville, ۱۹۸۲. *A History of Persian Earthquakes*. Cambridge University Press.
- Berberian, M. ۲۰۱۴. *Earthquakes and coseismic surface faulting on the Iranian Plateau, A historical, social and physical approach*. Amsterdam: Elsevier.
- Yeats, R. S., Sieh, K. & Allen, C. R. ۱۹۹۶. *The Geology of Earthquakes*, Oxford University Press

## فهرست مطالعاتی:

- مقالات منتشر شده در مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با لرزه زمین‌ساخت ایران



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): ژئوالکتریک

عنوان درس (انگلیسی): Geoelectrics

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز: دارد

تعداد واحد: ۳ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۶۴

## اهداف کلی درس:

آشنایی با خواص الکتریکی سنگ‌ها و روشهای مختلف ژئوالکتریک در تعیین مقاومت ویژه.

## اهداف ویژه درس:

آشنایی دانشجویان با خواص الکتریکی سنگ‌ها و کانی‌ها، روش‌های برداشت ژئوالکتریک و تفسیر داده‌ها، کاربرد ژئوالکتریک.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

طراحی عملیات یک بعدی، برداشت داده‌های مقاومت ویژه و تفسیر یک بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریک.

## سرفصل درس:

### الف) نظری

#### فصل اول، خواص الکتریکی سنگها و کانیها:

خواص الکتریکی، انواع رسانش، مقطع ژئوالکتریک لایه‌ای و خواص آن، مقاومت ویژه الکتریکی و محدوده تغییرات آن، ثابت دی الکتریک، انواع رسانش، ارتباط مقاومت ویژه با پارامترهای مختلف (تخلخل، اشباع شستگی، محتوی رس و مقاومت ویژه آب داخل حفره سنگ‌ها)، روابط ارجی، طبقه‌بندی سنگ‌ها با توجه به مقاومت ویژه.

#### فصل دوم، دیگر روش‌های الکتریکی:

- چشمه‌های طبیعی؛

پتانیل خودزا، تلوریک، مگنوتلوریک.



• چشمه‌های مصنوعی؛

EM, VLF, موج پیوسته (CW), AFMAG, GPR, IP.

### فصل سوم، مبانی نظری روش مقاومت ویژه:

پتانسیل در محیط‌های همگن، تک الکتروود جریان در عمق و در سطح، دو الکتروود جریان در سطح، الکتروودهای خطی در سطح، توزیع جریان در عمق، واپیچش شارش جریان در سطح مشترک تخت، نظریه تصویر، تک الکتروود جریان در سطح (حالت دو لایه)، سیستم چهار الکتروودی، فاکتور هندسی، تعیین معادله آباک دو لایه برای آرایه‌های مختلف (ونر، شلومبرژه، دوقطبی-دوقطبی)، مجانب‌ها.

### فصل چهارم، آرایه‌های مقاومت ویژه:

ونر، شلومبرژه، سه نقطه (گرادیان)، شعاعی، اتصال به جرم، قطبی-قطبی (نیم ونر)، دوقطبی-دوقطبی، قطبی-دوقطبی.

### فصل پنجم، روش‌های برداشت و تفسیر داده‌های مقاومت ویژه:

پروفیل زنی ونر، جداسازی عرضی (CDT) سونداژزنی، تفسیر خام، تفسیر به روش مجانب، وارون سازی یک بعدی با تطبیق منحنی صحرائی با آباک دو لایه، انواع منحنی‌های صحرائی سه لایه، تخمین حداقل عمق سنگ کف، استفاده از نقاط مینیمم و ماکزیمم، منحنی‌های کمکی سه لایه (A, Q, H, K)، اصل برابری، اصل اختفا، خطاهای حاصل از گسل در تفسیر، روش‌های تعیین تغییرات جانبی مقاومت ویژه (پروفیل زنی)، ترکیب سونداژزنی و پروفیل زنی (شبه مقطع)، وارون‌سازی دوبعدی.

### فصل ششم، کاربرد روش مقاومت ویژه:

آب‌های زیرزمینی (سازند سخت و نرم)، اکتشافات معادن، ساختارهای شیبدار، گسل قائم، اجسام استوانه‌ای شکل.

### (ب) عملی

آشنایی با دستگاه‌های اندازه‌گیری، داده‌برداری، تفسیر داده‌ها

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.



## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
۱۰ درصد		نوشتاری: ۶۰ درصد	۳۰ درصد
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- دستگاه ژئوالکتریک و لوازم مربوط.

## فهرست منابع:

- Keller, G. V., and Frischknecht, F. C., ۱۹۸۲. *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*. Pergamon Press.
- Milsom, J., ۱۹۹۶. *Field Geophysics*, John Wiley & Sons.
- Patra, H. P., Nath, S. K., ۱۹۹۹. *Schlumberger Geoelectric Sounding in Ground Water*. Balkema Publishers.
- Kaufman, A. A., and Anderson, B. I., ۲۰۱۰. *Principles of Electric Methods in Surface and Borehole Geophysics*, Elsevier.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E. ۱۹۹۸. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press.
- Zhdanov, M. S., and Keller G. V., ۱۹۹۴. *The Geoelectrical Methods in Geophysical Exploration*, Elsevier.

## فهرست مطالعاتی:

- مقالات منتشر شده در مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با ژئوالکتریک و کاربرد آن



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): مبانی گرانی سنجی

عنوان درس (انگلیسی): Elementary Gravimetry

نوع درس: اختیاری پیش نیاز: دارد

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

## اهداف کلی درس:

آشنایی با مفاهیم اولیه در گرانی سنجی و روش های مختلف عملیات گرانی سنجی.

## اهداف ویژه درس:

انتظار می رود که دانشجو با داده های گرانی و تصحیحات گرانی و بی هنجاری، اندازه گیری های گرانی و تعبیر و تفسیر آنها آشنا شود.

## توانایی و شایستگی هایی که درس پرورش می دهد:

آشنا شدن با مبانی نیروی جاذبه و استفاده عملی از داده های گرانی و تصحیحات مربوط.

## سرفصل درس:

### الف) نظری

#### فصل اول، میدان و پتانسیل:

قانون گرانش جهانی نیوتون، ثابت جهانی گرانش، روش تعیین ثابت جهانی گرانش، واحد شتاب گرانی، میدان گرانشی، پتانسیل گرانشی، میدان گرانی، خواص تابع پتانسیل، معادله لاپلاس، معادله پواسون، سطح تراز، خطوط نیرو، سطوح هم پتانسیل، انحنای قائم و روش تعیین آن، شکل ریاضی زمین (بیضوی)، میدان گرانی نرمال، شتاب گرانی نرمال، انحراف قائم، فرمول محاسبه گرانی نرمال، موجواریگی زمینوار، فرمول برونز.

#### فصل دوم، تصحیح های گرانی و بی هنجاری ها:



تصحیح دستگاهی (رانه)، تصحیح هوای آزاد، تصحیح صفحه بوگه، تصحیح توپوگرافی (زمینگان)، تصحیح عرض جغرافیایی، تصحیح پری-پوانکاره، بی‌هنجاری‌های گرانی، بی‌هنجاری هوای آزاد، بوگه ساده، بوگه کامل.

### فصل سوم، هم‌ایستایی (ایزوستازی):

تعریف هم‌ایستایی، فرضیه‌های هایفورد-پرات، ایری-هیسکانن، ویننگ ماینز، تصحیح هم‌ایستایی.

### فصل چهارم، کشند (جزر و مد):

تعریف کشند، محاسبه مربوط به کشند، تصحیح کشند، روی اندازه‌گیری‌های گرانی، کشند اقیانوسی، کشند پوسته.

### فصل پنجم، اندازه‌گیری‌های گرانی:

اندازه‌گیری بر روی شبکه‌های گرانی، اندازه‌گیری‌های پروفیلی، انواع شبکه‌های اندازه‌گیری (شبکه‌های محلی، شبکه‌های کشوری، شبکه‌های منطقه‌ای، شبکه‌های جهانی)، کالبزنی دستگاه‌های گرانی، خط کالبزنی گرانی، کالبزنی با استفاده از تغییرات عرض جغرافیایی، کالبزنی با استفاده از تغییرات ارتفاع، خط کالبزنی گرانی ایران.

### فصل ششم، دستگاه‌های اندازه‌گیری گرانی و گرادیان سنج‌ها:

دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری گرانی مطلق، آونگ‌ها (آونگ ریاضی، آونگ برگشت‌پذیر)، تصحیح‌های مربوط به آونگ‌های برگشت‌پذیر، روش سقوط و پرتاب آزاد، نمونه‌ای از دستگاه‌های تعیین گرانی مطلق، گرانی سنج‌ها، نوع خطی، نوع ناپایدارنما، گرانی سنج‌های ویژه (دریایی، هوایی، ثابت کشند)، گرادیان سنج‌ها، ترازوی اتووش، شتاب‌سنج‌ها

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۸۰ درصد	
		عملکردی:	



## تجهيزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- دستگاه اندازه گیری گرانی سنج.

## فهرست منابع:

- Blakely, R. J., ۱۹۹۶, Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications, Cambridge University Press.
- Dobrin, M. B., and Savit, C. H., ۱۹۸۸. Introduction to Geophysical Prospecting. McGraw-Hill.
- Grant. F. S., and West, G. F., ۱۹۶۵. Interpretation Theory in Applied Geophysics, McGraw-Hill.
- Heiskanen, W. A., and Moritz, H., ۱۹۶۷, Physical Geodesy. Freeman and Company.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E. ۱۹۹۸. Applied Geophysics, Cambridge University Press.
- تلفورد و همکاران، ژئوفیزیک کاربردی، ترجمه به زبان فارسی توسط دکتر حسین زمردیان، حسن حاجب حسینی، جلد اول، چاپ چهارم ۱۳۹۲، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Reviews of Geophysics
- Geophysical Prospecting
- Journal of Applied Geophysics

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با ژئوفیزیک اکتشافی





## مشخصات

عنوان درس (فارسی): ژئومغناطیس

عنوان درس (انگلیسی): Geomagnetism

نوع درس: تخصصی - اختیاری پیش نیاز: دارد

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

### اهداف کلی درس:

آشنایی با علم ژئومغناطیس.

### اهداف ویژه درس:

در طی این درس دانشجویان با میدان مغناطیسی زمین، تغییرات میدان مغناطیسی، دستگاه‌های اندازه‌گیری میدان مغناطیسی، روش‌های اکتشاف به روش مغناطیسی آشنا خواهند شد.

### توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

آشنایی با میدان مغناطیسی زمین و مؤلفه‌های آن در هر نقطه از سطح زمین، تغییرات میدان مغناطیسی و دستگاه‌های اندازه‌گیری میدان و اکتشافات مغناطیسی.

### سرفصل درس:

#### الف) نظری

#### فصل اول، میدان اصلی:

پتانسیل و میدان دوقطبی مغناطیسی، تجزیه میدان به مؤلفه‌های آن، قطب‌های مغناطیسی کره زمین، ماده در میدان مغناطیسی، واحدها، منحنی هیستریزس، طبقه‌بندی مواد، آزمایش گوس، هارمونیک‌های کروی و ضرایب گوس، علل مغناطیس بودن کره زمین، تئوری دینام مغناطیسی، مگنتو هیدرودینامیک.

#### فصل دوم، تغییرات میدان مغناطیسی:



تغییرات طولانی میدان، تغییرات زودگذر، فصول ژئومغناطیسی، رصدخانه‌های مغناطیسی، اندیس‌های مغناطیسی، طوفان مغناطیسی، شفق قطبی، تقسیم سطح از استوا تا قطب به ۳ منطقه.

### فصل سوم، حرکت ذرات باردار:

در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، انواع حرکت‌ها، فیزیک پلاسما، کمرندهای وان‌آلن.

### فصل چهارم، یونسفر:

جریان‌های الکتریکی یونسفر، رابطه یونسفر با تغییرات میدان مغناطیسی، روش‌های مطالعه یونسفر.

### فصل پنجم، دستگاه‌های اندازه‌گیری:

در رصدخانه‌ها، در اکتشافات، در دیرینه مغناطیس.

### فصل ششم، اکتشافات به روش مغناطیسی:

روش‌های برداشت داده‌ها، پردازش داده‌ها، تفسیر داده‌ها.

### فصل هفتم، مغناطیس سنگ‌ها و دیرینه مغناطیس:

تعاریف فیزیکی، بازماندهای مغناطیسی، دیرینه مغناطیس، وارونگی میدان، کاربردهای دیرینه مغناطیس.

### فصل هشتم، مغناطیس فضایی:

مگنتوسفر، خورشید باد.

### فصل نهم، هدایت الکتریکی لایه‌های کره زمین:

ضریب هدایت الکتریکی، شار گرمایی، تغییرات شعاعی هدایت الکتریکی و مدل‌های ارائه شده، تغییرات جانبی هدایت الکتریکی (اکتشافات به روش EM).

### (ب) عملی

آموزش کار با دستگاه مغناطیس سنج پروتون و GPS، طراحی عملیات برداشت مغناطیسی، برداشت داده‌های مغناطیسی، پردازش و تفسیر داده‌ها، تهیه گزارش عملیات اکتشاف مغناطیسی، آموزش کار با دستگاه پذیرفتاری سنج.



## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۸۰ درصد	
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور؛
- دستگاه‌های مغناطیس‌سنج.

## فهرست منابع:

- Campbell, W. H., ۲۰۰۳, *Introduction to Geomagnetics Fields*, Cambridge University Press.
- Merrill, R.T. and McElhinney, M. W., and Mcfadden, P. L., ۱۹۹۸. *The Magnetic Field of the Earth*, Academic Press.
- Parkinson, W. D., ۱۹۸۳. *Introduction to Geomagnetism*, Elsevier.
- Chapman, S., and Bartels, J., ۱۹۴۰. *Geomagnetism*, Vols ۱ and ۲, Oxford University Press.
- Lanza, R. Meloni, A., ۲۰۰۶. *The Earth's Magnetism*, Springer.
- Jacobs, J. A., ۱۹۸۹, *Geomagnetism*, Vols, ۱, ۲ and ۳, Academic Press.



فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Reviews of Geophysics
- Geophysical Prospecting
- Journal of Applied Geophysics

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با ژئوفیزیک اکتشافی



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): ژئودینامیک

عنوان درس (انگلیسی): Geodynamics

نوع درس: اختیاری پیش‌نیاز: دارد

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

## اهداف کلی درس:

آشنایی با مباحث دینامیک زمین.

## اهداف ویژه درس:

این درس فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی در چرخه مانتل (mantle convection) و چگونگی ارتباط آن با تکتونیک صفحه‌ای و پدیده‌های زمین‌شناسی مانند گسترش کف اقیانوس، آتشفشان‌ها، گسل‌ها و زمین‌لرزه‌ها در برمی‌گیرد.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

انتظار می‌رود که دانشجو با گذراندن این درس ارتباط بین مباحث ژئودینامیکی با وقوع زمین‌لرزه‌ها و آتشفشان‌ها را کسب کند.

## سرفصل درس:

### فصل اول، وشکسانی کشسانی (ویسکوالاستیسیته):

مدل‌های ژئولوژی، ممان و معادلات پواسون، حل معادلات ممان و پواسون از طریق بسط هماهنگ‌های کروی، حل‌های اسفروئیدی و توروئیدی برای حالت غیر قابل تراکم، زمانهای معکوس Relaxation برای مدل‌های زمین غیرقابل تراکم، بارگذاری زمین، بارگذاری داخلی (زمین‌لرزه، نواحی فرورانش)، بارگذاری سطحی (جرم نقطه‌ای و نیروی کشند)، جابجایی و آشفته‌گی در پتانسیل گرانشی، روش تقریبی برای هماهنگ‌های درجه بالا، اعداد لای و بار.

### فصل دوم، مدل‌های چند لایه‌ای:

مدل‌های تحلیلی برای زمین چند لایه‌ای وشکسانی کشسان کروی، گرانیوی یکنواخت مانتل و لیسفر الاستیک، گرانیوی Conves مانتل و لیسفر الاستیک و ویسکوالاستیک.



### فصل سوم، سرگردانی قطبی و $I_p$ ایجاد شده توسط بارگذاری ورقه‌های یخی:

سرگردانی واقعی قطب (TPW)، تعیین گرانیروی مانتل از داده‌های TPW و  $I_p$ ، تغییرات عمقی گرانیروی مانتل دولایه‌ای، گرانیروی مانتل فوقانی، دوره‌های عصر یخبندان و مسیر سرگردانی قطبی، اثرات تغییرات فازی در مقابل لایه‌بندی شیمیایی، ارتباط بین گرانیروی مانتل و تباین چگالی.

### فصل چهارم، آشکارسازی میدان گرانی وابسته به زمان و تغییر جهانی:

تغییرات در مؤلفه موج بلند ژئوئید توسط روش‌های SLR، ارتباط بین گرانیروی مانتل تحتانی و عدم توازن جرم.

### فصل پنجم، تغییرات سطح دریا:

تغییرات سطح دریا و بی‌هنجاری‌های گرانی و ژئوئید به علت دوران بین یخبندان نوسانات سطح دریا در اثر سرگردانی قطب‌ها، تغییرات سطح دریا در اثر فرورانش.

### فصل ششم، زمین‌ساخت صفحه‌ای:

تنش و کرنش در دو و سه بعد، لیتوسفر، نواحی فرورانش، گسل‌های امتداد لغز، نقاط داغ و جریان‌های مانتل قاره‌ها، دیرینه مغناطیس و حرکات صفحات، اتصالات سه گانه، دوره Wilson، فعالیت‌های آتشفشانی و جریان‌های گرمایی.

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۸۰ درصد	
		عملکردی:	



## تجهيزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

## فهرست منابع:

- Davies, G. F., ۲۰۰۸. *Dynamic Earth*, Cambridge University Press.
- Turcotte, D. L., and Schubert, G., ۲۰۰۲. *Geodynamics*, Cambridge University Press.
- Vermeersen, B., Sabadini, R., ۲۰۰۴. *Global Dynamics of the Earth*, Kluwer Academic Publishers.
- Watts, A. B., ۲۰۰۱, *Isostasy and Flexure of the Lithosphere*, Cambridge University Press.

## فهرست مطالعاتی (مجلات علمی پژوهشی):

- Reviews of Geophysics
- Journal of Geodynamics
- Geochemistry, Geophysics, Geosystems

- مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با ژئودینامیک



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): روش‌های سن یابی ایزوتوپیک و رادیومتریکی و کاربرد آنها در ژئوفیزیک

عنوان درس (انگلیسی): Isotopic and Radiometric Dating and Their Application in Geophysics

ندارد

نوع درس: تخصصی - اختیاری پیش‌نیاز: دارد

تعداد واحد: ۲ نوع واحد: واحد نظری ۲ / واحد عملی ۰

تعداد ساعت: ۳۲

## اهداف کلی درس:

آشنایی با روش‌های سن یابی و کاربردهای آنها در دیرینه زلزله‌شناسی و دیرینه اقلیم‌شناسی در ایران و جهان.

## اهداف ویژه درس:

آشنایی با روش‌های سن یابی ایزوتوپیک و رادیومتریکی و کاربرد های آن در دیرینه زلزله‌شناسی و دیرینه اقلیم‌شناسی و باستان‌شناسی.

## توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

توانایی در سن یابی جهت مطالعات دیرینه زلزله‌شناسی.

## سرفصل درس:

### الف) نظری

#### فصل اول: مقدمه

اهداف درس، تعریف، اهمیت و تاریخچه، انواع روش‌های سن یابی نسبی و مطلق و بازه زمانی و دقت و مزایا و محدودیت‌های آنها، اهمیت و تاریخچه دیرینه‌شناسی در علوم زمین.

#### فصل دوم: روش‌های سن یابی ایزوتوپیک

رادیوکربن، کاسموژنیک، پتاسیم-آرگون، آرگون-آرگون، روش‌های سری اورانیوم.





## فصل سوم: روش‌های سن یابی رادیومتریکی

لومینسانس گرمایی، لومینانس نوری، لومینسانس تک دانه، الکترون اسپین رزونانس، فیشن ترک.

## فصل چهارم: کاربردها

- مطالعات خطرات طبیعی (زلزله، سونامی، آتشفشان، سیل و خشکسالی)؛
- دیرینه اقلیم‌شناسی؛
- باستان‌شناسی؛
- تحقیقات مشترک دیرینه زلزله‌شناسی - دیرینه اقلیم‌شناسی و باستان‌شناسی؛
- مهندسی سازه.

توضیح: در موارد فوق مثال‌هایی از مطالعات انجام شده در ایران و جهان ارائه خواهد شد.

## روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه اطلاعات، نگرش‌ها و مهارت‌ها در ارتباط با محتوای مطالب درس؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و سمینار به صورت فردی یا گروهی.

## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
۲۰ درصد		نوشتاری: ۸۰ درصد	
		عملکردی:	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- رایانه، دیتا پروژکتور.

## فهرست منابع:

- Noller, J.S., J.M. Sowers, and W.R. Lettis (۲۰۰۰). *Quaternary Geochronology: Methods and Applications*. American Geophysical Union, Washington, DC.



- Rink WJ, Thompson J. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. Springer. ۲۰۱۳.

## فهرست مطالعاتی:

- مقالات منتشر شده در مجلات معتبر علمی پژوهشی داخلی و خارجی با موضوعات مرتبط با سن یابی ایزوتوپیک و رادیومتریک



## مشخصات

عنوان درس (فارسی): کارگاه‌های ارتقای مهارت

عنوان درس (انگلیسی): Skill Workshops

نوع درس: اختیاری      پیش‌نیاز: دارد      ندارد

تعداد واحد: ۱      نوع واحد: واحد نظری / واحد عملی ۱

تعداد ساعت: ۳۲

### اهداف کلی درس:

متخصصین صنعت در این کارگاه‌ها دانش و نرم‌افزارهای کاربردی که در صنعت مورد استفاده به روز است را به دانشجویان آموزش می‌دهند.

### اهداف ویژه درس:

کسب مهارت‌های اشتغال و ارتباط با صنعت.

### توانایی و شایستگی‌هایی که درس پرورش می‌دهد:

هدف کسب مهارت‌های لازم برای فارغ‌التحصیلان رشته زلزله‌شناسی جهت اشتغال می‌باشد.

### روش یاددهی - یادگیری:

استاد: یاددهی با ارائه مطالب و نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای کاربردی به روز و مورد نیاز صنعت؛

دانشجو: یادگیری فعال با انجام تکالیف و پروژه به صورت فردی یا گروهی.



## روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
		نوشتاری: ۴۰ درصد	۴۰ درصد
		عملکردی: ۲۰ درصد	

## تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

متناسب با موضوع کارگاه.

### فهرست منابع:

متناسب با موضوع کارگاه.

### فهرست مطالعاتی:

متناسب با موضوع کارگاه.

