



جمهوری اسلامی ایران
وزارت فرهنگ و آموزش عالی
شورای عالی برنامه ریزی

مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس
دوره دکتری ژئوفیزیک

با ۵ گرایش
الکترومغناطیس - زلزله شناسی - زمین گرمایی -
گرانی سنجی - لرزه شناسی



گروه علوم پایه

مصوب سیصد و هشتاد و یکمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی
مورخ ۱۳۷۸/۷/۱۱

گرایش الکترومغناطیس



بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه آموزشی دوره دکتری ژئوفیزیک



کمیته تخصصی:

گرایش: در ۵ گرایش: (الکترومغناطیس،

زلزله شناسی، زمین گرایی،

گرانی سنجی، لرزه شناسی)

کد رشته:

گروه: علوم پایه

رشته: ژئوفیزیک

دوره: دکتری

شورای عالی برنامه ریزی در سیصد و هشتاد و یکمین جلسه مورخ ۱۳۷۸/۷/۱۱ براساس طرح دوره دکتری ژئوفیزیک که توسط گروه علوم پایه تهیه شده و به تأیید رسیده است، برنامه آموزشی این دوره را در سه فصل (مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس) به شرح پیوست تصویب کرده، و مقرر می دارد:

ماده ۱) برنامه آموزشی دوره دکتری ژئوفیزیک از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند لازم الاجرا است.
الف: دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت فرهنگ و آموزش عالی اداره می شوند.

ب: مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت فرهنگ و آموزش عالی و براساس قوانین، تأسیس می شوند و بنابراین تابع مصوبات شورای عالی برنامه ریزی می باشند.
ج: مؤسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

ماده ۲) این برنامه از تاریخ ۷۸/۷/۱۱ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می شوند لازم الاجرا است.

ماده ۳) مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس دوره دکتری ژئوفیزیک در سه فصل مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس برای اجرا به معاونت آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی ابلاغ می شود.

آمار و احتمال پیشرفته
(Advanced Statistics and Probability)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : مروری بر مفاهیم اساسی آمار و احتمال، کاربرد مفاهیم آماری در زلزله، فرایندهای پیشا (راندوم) هدف آمار ریاضی، جمع آوری اطلاعات و نمایش نمونه‌ها، نمودارهای آماری.

فصل ۱- معیارهای متداول

معیارهای تمرکز و پراکندگی، انحراف معیار، گشتاورها، آزمایش فرآیند و متغیرهای پیشا (راندوم)، برآمد و پیشامد، تعبیرهای مختلف احتمال، قوانین شمارش، پیشامدهای مستقل، احتمالات شرطی و مستقل.

فصل ۲- توابع چگالی و احتمال توزیع

تابع چگالی احتمال، تابع توزیع احتمال، فرآیندهای پیشا (راندوم)، توزیعهای گسسته و پیوسته، تابعهای چگالی و توزیع، امید ریاضی، میانگین و واریانس فرآیندهای پیشا، کواریانس و ضریب همبستگی، ضرایب رگرسیون، حدود مقادیر ضرایب همبستگی، کومولان‌ها.

فصل ۳- توزیعهای جدا

فرآیندها و متغیرهای جدا، توزیعهای مهم جدا (دو جمله‌ای، پواسن، فوق هندسی و ...)، تابع چگالی و توزیع متغیرهای پیشا (راندوم) جدا، نمونه‌گیری و اعداد پیشا (راندوم)، قضیه حد مرکزی، ارتباط بین توزیعهای مختلف، تصحیح پیوستگی.

فصل ۴- توزیعهای پیوسته

فرآیندها و متغیرهای پیوسته، توزیعهای مهم پیوسته (نمایی، گاما، مثلث، بتا، کشی، گامبل و ...)، نمونه‌گیری از توزیعهای پیوسته، تابع چگالی و توزیع احتمال متغیرهای پیشا (راندوم) پیوسته، توزیعهای مرکب، توزیعهای دو بعدی و چند بعدی، تابع توزیع تجمعی احتمال، استقلال استوکاستیک، منحنی رگرسیون، ارتباط بین توزیعهای مختلف، نمونه‌گیری از توزیعهای پیوسته.

فصل ۵- برآوردها

برآورد پارامترها، یافته‌های یک نمونه پیشا (راندوم)، نظریه برآورد و روشهای برآوردیابی، فاصله اطمینان برای یک پارامتر، آزمون آماری، آزمونهای فرض (X^2 و T و F و ...)، تبدیل Z فیشر، کاربرد توزیعهای مختلف.

فصل ۶- مقدمه‌ای بر ژئواستاتستیک (geostatistics)

ژئواستاتستیک، برآوردهای (نقطه‌ای، انتگرالی و دیفرانسیلی)، معرفی متغیرها، مدلسازی، کواریانس و واریوگرام، پیش شرطهایی برای برآورد، برآورد ژئواستاتستیک، تجزیه و تحلیل ژئواستاتستیک، برآورد با بکارگیری مدل‌های فیزیکی، بازسازیهای شرطی و غیر شرطی، چند مثال کاربردی.



رأی صادره سیصد و هشتاد و یکمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی

مورخ ۱۳۷۸/۷/۱۱

در خصوص برنامه آموزشی دوره دکتری ژئوفیزیک

۱) برنامه آموزشی دوره دکتری ژئوفیزیک با ۵ گرایش (الکترومغناطیس، لرزه‌شناسی، زمین‌گرمایی، گرانیتسنجی، لرزه‌شناسی) که از طرف گروه علوم پایه پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به تصویب رسید.

۲) این برنامه از تاریخ تصویب قابل اجرا است

رأی صادره سیصد و هشتاد و یکمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۸/۷/۱۱ در مورد برنامه آموزشی دوره دکتری ژئوفیزیک صحیح است، به مورد اجرا گذاشته شود.

دکتر مصطفی معین

وزیر فرهنگ و آموزش عالی



دکتر مهدی گلشنی

رییس گروه علوم پایه

رونوشت: به معاونت محترم آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی
خواهشمند است به واحدهای مجری ابلاغ فرمایید.

دکتر سید محمد کاظم نائینی

دبیر شورای عالی برنامه ریزی

منابع پیشنهادی :

Cramdell, 1993, *Intronduction to Random Vibration*.

David, M., 1988, *Handbook of applied advanced geostatistical ore reserve estimation*: Elsevier, Amsterdam.

Fisher, R. A., 1958, *Statistical methods for research workers*: Hafner, New York.

Hohn, M. E., 1988, *Geostatistics and petroleum geology*: Van Nostrand Reinhold.

Parzen, E., 1960, *Modern probability theory and its applications*: Wiley, New York.



۳- نحوه پذیرش دانشجو

شرایط عمومی ورود دانشجویان مطابق آیین‌نامه دوره دکتری مصوب شورایعالی برنامه‌ریزی می‌باشد. داوطلبان باید دارای یکی از مدارک کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، معدن، فیزیک، و زمین‌شناسی (گرایش تکتونیک) معتبر و مورد تأیید وزارت فرهنگ و آموزش عالی باشند. پذیرش دانشجویان از طریق برگزاری آزمون اختصاصی کتبی و مصاحبه علمی توسط واحد اجراکننده برنامه صورت می‌پذیرد.

۴- انتخاب استاد راهنما

استاد راهنما به تقاضای دانشجو و موافقت کتبی استاد (راهنما) و با تصویب کمیته (شورای) تحصیلات تکمیلی گروه ذریبط، قبل از آغاز دوره دکتری یا حداکثر تا پایان نیمسال اول سال تحصیلی، تعیین خواهد شد. همچنین به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید کمیته (شورای) تحصیلات تکمیلی حداکثر ۲ نفر از اعضاء هیأت علمی دارای ضوابط مندرج آیین‌نامه مصوب دوره دکتری شورایعالی برنامه‌ریزی و یا از صاحب نظران و محققان برجسته دارای مدرک دکتری به عنوان اساتید مشاور می‌توانند تعیین شوند.

۵- امتحان جامع

دانشجویانی که حداقل ۲۴ واحد آموزشی را با موفقیت به اتمام رسانیده باشند، لازم است در امتحان جامع که به صورت کتبی و شفاهی برگزار می‌شود شرکت کنند. این امتحان زیر نظر کمیته (شورای) تحصیلات تکمیلی گروه ذریبط و طبق آیین‌نامه مصوب دوره دکتری شورایعالی برنامه‌ریزی برگزار خواهد شد. میانگین کل نمرات امتحان جامع نباید کمتر از ۱۵ باشد. دانشجویانی که میانگین کل نمرات امتحان جامع آنها کمتر از ۱۵ باشد تنها یک بار دیگر می‌توانند در این امتحان شرکت نمایند.

۶- مدرک تحصیلی

به فارغ‌التحصیلان این دوره مدرک دکتری ژئوفیزیک داده می‌شود.



برنامه دوره دکتری ژئوفیزیک

۱- اهداف

دوره دکتری ژئوفیزیک برنامه‌ای است آموزشی - پژوهشی مرکب از دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و پژوهشی در زمینه ژئوفیزیک جهت تربیت دانش‌آموختگان که با احاطه یافتن به زمینه‌های مدون ژئوفیزیک و آشنایی با آخرین پیشرفت‌ها بتوانند به کمک روشهای نوین پژوهش با نوآوری خود نیازهای کشور را برآورند و در گسترش مرزهای دانش ژئوفیزیک مؤثر باشند.

از اهداف عمده این برنامه می‌توان موارد زیر را نام برد:

- شناخت خواص فیزیکی درون زمین و فضای پیرامون آن و به کارگیری جهت نیل به توسعه پایدار کشور؛
- تحقیق در مبانی نظری و تجربی گرایشهای مختلف ژئوفیزیک؛
- تعلیم و تربیت نیروهای متخصص جهت تأمین نیاز مراکز آموزشی، پژوهشی، خدماتی و عمرانی کشور؛
- فراهم نمودن زمینه‌های آشنایی دانشجویان علوم زمین با مسائل فنی و تحقیقی ژئوفیزیکی ایران؛
- جذب و هدایت نیروهای جوان در اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مورد نیاز کشور.



۲- مراحل و مدت دوره

مطابق آیین‌نامه دوره دکتری مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی، برنامه دکتری ژئوفیزیک شامل دو مرحله آموزشی و پژوهشی است که جمع واحدهای این دو مرحله ۴۸ واحد می‌باشد. حداکثر و حداقل مدت مجاز تحصیل مطابق آیین‌نامه دوره دکتری مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی می‌باشد. این دوره با توجه به امکانات موجود در یک یا چند گرایش از گرایشهای ژئوفیزیک شامل الکترومغناطیس، زلزله‌شناسی، زمین‌گرایی، گرانسنجی و لرزه‌شناسی دایر می‌گردد.

مرحله آموزشی از زمان پذیرفته شدن دانشجو در امتحان ورودی آغاز و با برگزاری امتحان جامع و قبولی در آن خاتمه می‌یابد. این مرحله شامل گذراندن ۲۴ واحد درسی از فهرست دروس مربوط به گرایش انتخابی می‌باشد. دانشجو می‌تواند با تشخیص و تأیید استاد راهنما ۳ واحد از واحدهای مذکور را از گرایشهای دیگر این برنامه انتخاب کند. انتخاب کلیه دروس به پیشنهاد استاد راهنمای دانشجو و با تصویب کمیته (شورای) تحصیلات تکمیلی گروه ذیربط می‌باشد. اگر دانشجویی تعدادی از واحدهای درسی لازم را در دوره کارشناسی ارشد نگذرانده باشد، موظف است به تشخیص استاد راهنما و تأیید کمیته (شورای) تحصیلات تکمیلی گروه ذیربط کمبود واحدهای درسی خود را تحت عنوان واحدهای جبرانی در مرحله آموزشی جبران نماید. حداکثر تعداد واحدهای جبرانی ۱۶ واحد بوده و حداقل نمره قبولی، بدون احتساب در میانگین کل نمرات دانشجو در هر درس، ۱۲ از ۲۰ می‌باشد. به ازاء هر ۸ واحد جبرانی یک نیمسال تحصیلی به مدت مجاز مرحله آموزشی افزوده می‌شود.

مرحله پژوهشی بطور رسمی پس از موفقیت در امتحان جامع آغاز و با تصویب موضوع رساله، تدوین و دفاع از آن پایان می‌پذیرد لکن دانشجو می‌تواند با توافق استاد راهنما تحقیقات اولیه مرحله پژوهشی خود را در حین مرحله آموزشی آغاز نماید. تعداد واحدهای رساله ۲۴ واحد در نظر گرفته می‌شود.

جداول دروس گرایشها



جدول ۱- دروس دوره دکتری ژئوفیزیک (به ترتیب حروف الفبا)
گرایش الکترومغناطیس

کد درس	عنوان درس	تعداد واحد		جمع واحد
		نظری	عملی	
۱	آمار و احتمال پیشرفته	۳		۳
۲	الکترو مغناطیس پیشرفته	۳		۳
۳	تحلیل سریهای زمانی پیشرفته	۳		۳
۴	توموگرافی و چاه‌نگاری الکتریکی پیشرفته	۳		۳
۵	تئوری پتانسیل	۳		۳
۶	خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها	۳		۳
۷	دینامیک شارهای ژئوفیزیکی	۳		۳
۸	دیرینه مغناطیس	۳		۳
۹	روشهای پیشرفته اکتشافی در ژئوالکترونیک	۳		۳
۱۰	روشهای پیشرفته اکتشافی در ژئومغناطیس	۳		۳
۱۱	روشهای عددی در ژئوفیزیک	۳		۳
۱۲	روشهای فرکانس خیلی پائین	۳		۳
۱۳	روشهای معکوس در حل مسائل ژئوفیزیکی	۳		۳
۱۴	روشهای مگنتوتلوریک	۳		۳
۱۵	ژئودینامیک پیشرفته	۳		۳
۱۶	ژئودینامیک شیمیائی	۳		۳
۱۷	ژئوفیزیک و محیط زیست	۳		۳
۱۸	سنجش از دور و ژئوفیزیک	۳		۳
۱۹	سیستم جهانی موضع یابی	۳		۳
۲۰	فیزیک درون زمین	۳		۳
۲۱	مطالعات اختصاصی	۳		۳
۲۲	مغناطیس زمین	۳		۳



جدول ۲- دروس دوره دکتری ژئوفیزیک (به ترتیب حروف الفبا)
گرایش زلزله‌شناسی

کد درس	عنوان درس	تعداد واحد		جمع واحد
		نظری	عملی	
	آمار و احتمال پیشرفته	۳		۳
	تحلیل سریهای زمانی پیشرفته	۳		۳
	تئوری چشمه زلزله	۳		۳
	خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها	۳		۳
	روشهای پرتو لرزه‌ای	۳		۳
	روشهای پیش‌بینی زلزله	۳		۳
	روشهای عددی در ژئوفیزیک	۳		۳
	روشهای معکوس در حل مسائل ژئوفیزیکی	۳		۳
	زلزله‌شناسی پیشرفته	۳		۳
	زلزله‌شناسی جنبش شدید زمین	۲	۱	۳
	زلزله‌شناسی دیرین	۲	۱	۳
	زلزله‌شناسی مهندسی و تحلیل خطر	۲	۱	۳
	زلزله‌شناسی و انفجارات هسته‌ای	۳		۳
	ژئودینامیک پیشرفته	۳		۳
	سنجش از دور و ژئوفیزیک	۳		۳
	سیستم جهانی موضع‌یابی	۳		۳
	شبکه‌های عصبی و کاربرد آن در زلزله‌شناسی	۳		۳
	فیزیک درون زمین	۳		۳
	لرزه زمین‌ساخت پیشرفته	۲	۱	۳
	لرزه‌شناسی باند پهن	۲	۱	۳
	لرزه‌نگارها و شبکه‌های لرزه‌نگاری	۲	۱	۳
	مدلسازی در زلزله‌شناسی	۳		۳
	مطالعات اختصاصی	۳		۳
	مکانیک زلزله و گسلش	۳		۳



جدول ۳- دروس دوره دکتری ژئوفیزیک (به ترتیب حروف الفبا)
گرایش زمینگرمائی

کد درس	عنوان درس	تعداد واحد	
		نظری	عملی
۳	آمار و احتمال پیشرفته	۳	
۳	تحلیل سریهای زمانی پیشرفته	۳	
۳	توموگرافی و چاهنگاری الکتریکی پیشرفته	۳	
۳	تئوری پتانسیل	۳	
۳	خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها	۳	
۳	دینامیک شارهای ژئوفیزیکی	۳	
۳	روشهای پیشرفته اکتشافی در زمینگرمائی	۳	
۳	روشهای عددی در ژئوفیزیک	۳	
۳	روشهای مگنتوتلوریک	۳	
۳	ژئودینامیک پیشرفته	۳	
۳	ژئودینامیک شیمیائی	۳	
۳	ژئوفیزیک و محیط زیست	۳	
۳	سنجش از دور و ژئوفیزیک	۳	
۳	سیستم جهانی موضع یابی	۳	
۳	فیزیک درون زمین	۳	
۳	کاربرد ایزوتوپها در علوم زمین	۳	
۳	مطالعات اختصاصی	۳	
۳	مطالعات زمینگرمائی	۳	



جدول ۴- دروس دوره دکتری ژئوفیزیک (به ترتیب حروف الفبا)
گرایش گرانسنجی

کد درس	عنوان درس	تعداد واحد		جمع واحد
		نظری	عملی	
	آمار و احتمال پیشرفته	۳		۳
	تحلیل سریهای زمانی پیشرفته	۳		۳
	تئوری پتانسیل	۳		۳
	تئوری ژئودتیک	۳		۳
	خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها	۳		۳
	دینامیک شارهای ژئوفیزیکی	۳		۳
	روشهای عددی در ژئوفیزیک	۳		۳
	روشهای معکوس در حل مسائل ژئوفیزیکی	۳		۳
	ژئودینامیک پیشرفته	۳		۳
	ژئودینامیک شیمیائی	۳		۳
	ژئوفیزیک و محیط زیست	۳		۳
	سنجش از دور و ژئوفیزیک	۳		۳
	سیستم جهانی موضع یابی	۳		۳
	فیزیک درون زمین	۳		۳
	کاربرد ایزوتوپها در علوم زمین	۳		۳
	کشند (جزر و مد) زمین	۳		۳
	گرانسنجی دریایی	۳		۳
	مطالعات اختصاصی	۳		۳



جدول ۵- دروس دوره دکتری ژئوفیزیک (به ترتیب حروف الفبا)
گرایش لرزه‌شناسی

کد درس	عنوان درس	تعداد واحد	
		نظری	عملی
۵	آمار و احتمال پیشرفته	۳	
۶	پروفیل لرزه‌ای قائم و توموگرافی لرزه‌ای	۳	
	تحلیل سریهای زمانی پیشرفته	۳	
	خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها	۳	
	روشهای پرتو لرزه‌ای	۳	
	روشهای عددی در ژئوفیزیک	۳	
	روشهای معکوس در حل مسائل ژئوفیزیکی	۳	
	روشهای مگنتوتلوریک	۳	
	ژئودینامیک پیشرفته	۳	
	ژئوفیزیک و محیط زیست	۳	
	سنجش از دور و ژئوفیزیک	۳	
	سیستم جهانی موضع یابی	۳	
	فیزیک درون زمین	۳	
	لرزه‌شناسی در خشکی	۳	
	لرزه‌شناسی در دریا	۳	
	لرزه‌شناسی و انفجارات	۳	
	مطالعات اختصاصی	۳	
	مکانیک زلزله و گسلش	۳	



جدول و سرفصل دروس
دوره دکتری ژئوفیزیک



فهرست کلی دروس گرایشهای مختلف دوره دکتری ژئوفیزیک (به ترتیب حروف الفبا)

ردیف	کد درس	عنوان درس	تعداد واحد		جمع واحد
			عملی		
۱		آمار و احتمال پیشرفته	۳		۳
۲		الکترومغناطیس پیشرفته	۳		۳
۳		پروفیل لرزه‌ای قائم و توموگرافی لرزه‌ای	۳		۳
۴		تحلیل سریهای زمانی پیشرفته	۳		۳
۵		توموگرافی و چاه‌نگاری الکتریکی پیشرفته	۳		۳
۶		تئوری پتانسیل	۳		۳
۷		تئوری چشمه زلزله	۳		۳
۸		تئوری ژئودتیک	۳		۳
۹		خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها	۳		۳
۱۰		دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	۳		۳
۱۱		دیرینه مغناطیس	۳		۳
۱۲		روشهای پرتولرزه‌ای	۳		۳
۱۳		روشهای پیش‌بینی زلزله	۳		۳
۱۴		روشهای پیشرفته اکتشافی در زمینگرمانی	۳		۳
۱۵		روشهای پیشرفته اکتشافی در ژئوالکترونیک	۳		۳
۱۶		روشهای پیشرفته اکتشافی در ژئومغناطیس	۳		۳
۱۷		روشهای عددی در ژئوفیزیک	۳		۳
۱۸		روشهای فرکانس خیلی پائین	۳		۳
۱۹		روشهای معکوس در حل مسائل ژئوفیزیکی	۳		۳
۲۰		روشهای مگنتوتلوریک	۳		۳
۲۱		زلزله‌شناسی پیشرفته	۳		۳
۲۲		زلزله‌شناسی جنبش شدید زمین	۲	۱	۳
۲۳		زلزله‌شناسی دیرین	۲	۱	۳
۲۴		زلزله‌شناسی مهندسی و تحلیل خطر	۲	۱	۳
۲۵		زلزله‌شناسی و انفجارات هسته‌ای	۳		۳
۲۶		ژئودینامیک پیشرفته	۳		۳



الکترومغناطیس پیشرفته
(Advanced Electromagnetic)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش نیاز :

فصل ۱ - میدان شبه ایستا در توده‌های با لایه موازی

دوقطبی مغناطیسی عمودی در سطح یک نیم فضای یکنواخت، معادلات برای میدان در سطح یک توده لایه‌ای، رفتار میدان هنگامی که اثر متقابل بین جریانهای القا شده ناچیز است، میدان دوقطبی مغناطیسی در محدوده پارامترهای کوچک $\frac{r}{\delta}$ ، دوقطبی مغناطیسی عمودی در سطح توده لایه‌ای هنگامیکه پارامتر $\frac{r}{\delta}$ بزرگ است، مرحله پیشین میدان فراگذر در سطح یک توده لایه‌ای، مرحله اخیر میدان فراگذر در توده لایه‌ای، میدان مغناطیسی یک دو قطبی مغناطیسی عمودی واقع در داخل یک لایه، میدان یک دو قطبی مغناطیسی عمودی در حضور یک صفحه افقی هادی، یک دو قطبی افقی مغناطیسی در سطح یک توده لایه‌ای، یک دو قطبی الکتریکی عمودی در سطح زمین.

فصل ۲ - رفتار میدان در یک توده با سطح مشترک استوانه‌ای

میدان دو قطبی مغناطیسی عمودی در محور گمانه، مؤلفه یک چهارم، میدان Qb در محدوده پارامترهای کوچک: زونار $|k_p| < 1$ و $|k_p| < 1$ ، رفتار میدان در محدوده پارامترهای کوچک $\frac{r}{\delta}$ مغناطیسی در محور گمانه در دور، رفتار یک میدان نایستا در محور گمانه، دوقطبی مغناطیسی در محور گمانه هنگامیکه ساختار دارای ضخامت معین باشد، میدان یک چرخه جریان در اطراف یک هادی استوانه‌ای، معادله انتگرال برای میدان ناشی از جریانهای القا شده.

فصل ۳ - میدان جریانهای القا شده در حضور یک هادی محدود شده

یک کره هادی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، معادلات برای میدان ناشی از جریانها در یک هادی محدود شده، رفتار میدان ناشی از جریانها در یک هادی محدود شده، میدانهای ناشی از جریانها در یک هادی محدود شده و در یک توده احاطه شده.

فصل ۴ - رفتار میدان الکترومغناطیس (قطبش E-و H)

H- میدان مغناطیسی در حضور یک هادی محدود شده (حد فرکانس پائین)، استوانه دوار در یک توده یک-واخت (قطبش E-)، میدان الکتریکی و مغناطیسی (قطبش E-).

منابع پیشنهادی :

Wait, J. R., 1962, Electromagnetic waves in stratified media: MacMillan, New York.

Kaufman, A. A., and Keller, G. V., 1989, Induction logging: Elsevier, Amsterdam.

Wait, J. R., 1982, Geoelectromagnetism: Academic Press, New York.

Kaufman, A. A., 1993, Geophysical field theory and method: Part C, Academic Press, San Diego.



تحلیل سری‌های زمانی پیشرفته
(Advanced Time Series Analysis)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : تحلیل و مدل‌سازی قابل اطمینان از سیستم در حوزه زمان و فرکانس، هموار کردن و تعدیل دوره‌ای، روشهای فهرقرائی (رگرسیون)، عملگر تفاضل وارونه، پیش‌بینی و میانگین متحرک.

فصل ۱- ایستایی

مقدمه، چند مثال، تولید سریهای گوسی، ایستایی - پیش‌بینی و سریهای نامعین، نمایش کلی خطی، پیش‌بینی، تخمین‌های نمونه. مدل‌های سری زمانی (چند مدل ساده، تخمین، پیش‌بینی، ارزیابی مدل، انتخاب مدل، شناسایی و تطبیق)، هموار کردن نمایی، شبیه‌سازی. مدل کلی حالت فضا (مقدمه، ویژگیهای مدل‌های حالت فضا، شناسایی و تعیین)، ارزیابی تابع احتمال، بزرگ کردن تابع احتمال، پیش‌بینی کردن.

فصل ۲- مدل‌های آرما

مقدمه، ایستایی، تغییر ناپذیری و شناسایی، ویژگیهای ایستایی آرما (ARMA)، تخمین، مدل‌های ناپایستا، انتخاب مدل، پیش‌بینی مدل‌های ARMA، ارزیابی مدل، مدل‌های دوره‌ای ARMA، شبیه‌سازی از مدل‌های ARMA.

فصل ۳- ساختار مدل‌های حالت فضا

مقدمه، چند مدل دیگر ساختاری، ویژگیهای مدل‌های ساختاری، تخمین، مقابله کردن بر شناختی و پیشگویی، انتخاب مدل، ارتباطات: مدل‌های ARMA، مدل‌های ساختاری و هموار نمودن نمایی، مدل‌های سری زمانی Bayesian، مدل‌های ساختاری - بخشی از ابزار تحلیل‌گر.

فصل ۴- روشهای تحلیل حوزه فرکانس

مقدمه، چند تعریف، دوره‌ها، امواج، تحلیل فوریه، سریهای گسسته و پیوسته : پدیده الیاسینگ، تحلیل فوریه - سریهای فوریه، تبدیل فوریه گسسته (DFT)، تبدیل Z، تبدیل فوریه سریع (FFT)، یک طیف اکتشافی طیف، مثالهایی از طیف، نمایش طیف، فیلترهای خطی، پیش‌بینی، نمونه‌گیری و پدیده الیاسینگ، تبدیلهای ترکیبهای سریها.

فصل ۵- تخمین در حوزه فرکانس

نمودار تناوبی (پریودوگرام)، کاربردهای پریودوگرام، تخمین طیف (تخمین‌های غیر پارامتری، پنجره‌های تأخیری، ویژگیهای نمونه‌گیری از طیف هموار شده تخمینی، چند مثال، تخمینهای طیفی پارامتری، تخمین در حوزه فرکانس).

فصل ۶- موارد متفرقه

مقدمه، تبدیلهای جبران مقادیر مفقود، ترکیب کردن متغیرهای توضیحی در مدل‌های سری زمانی، سریهای چندگانه (حوزه فرکانس، مدل‌های غیر خطی و غیر استاندارد).



منابع پیشنهادی :

- Box, G.E.P. and Jenkins, G., 1976, Time series analysis - Forecasting and control: Holden-Day, San Francisco.
- Brockwell, P.J. and Davis, R.A., 1990, Time Series - Theory and methods: Springer, NewYork.
- Findley, D.F., 1981, Applied time series analysis - II: Academic Press.
- Granger, C. and Anderson, A.P., 1978, An introduction to bilinear time series models: Vandenhoeck and Ruprecht, Gottingen.
- Jaacek, G., and Swift, L., 1993, Time Series : Forecasting, simulation and applications: Ellis Horwood Limited.





توموگرافی و چاه‌نگاری الکتریکی پیشرفته

(Advanced Electrical Tomography and Electrical Logging)

کد درس

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه: اصول توموگرافی و چاه‌نگاری الکتریکی، توموگرافی الکتریکی به روش مقاومت ویژه، چاه‌نگاری الکتریکی به روشهای متناوب، معادلات پایه میدان الکترومغناطیس، میدان الکتریکی جریان مستقیم، میدان الکترومغناطیس جریان متناوب.

فصل ۱- ویژگیهای توموگرافی الکتریکی

انتخاب آرایه‌های الکترودی و سیستم اندازه‌گیری، تهیه مقاطع رایانه‌ای با استفاده از شیوه‌میزان حساسیت، ارزیابی آرایه‌ها در توموگرام بدست آمده، آثار شکل آرایه، ابعاد آرایه‌ها و آثار طول خط، آثار ترکیب آرایه‌های سه بعدی یا مرکب، روشهای ریاضی در توموگرافی الکتریکی، مدل‌سازی.

فصل ۲- مبانی سنگ‌شناسی برای نگارهای الکتریکی و الکترومغناطیسی

مقاومت الکتریکی سنگها، رخدادهای طبیعی قطبش سنگها، قطبش سنگها، خصوصیات مغناطیسی سنگها.

فصل ۳- نگارهای الکتریکی غیر متمرکز

مقاومت ظاهری الکتریکی سنگها، روشهایی برای حل مستقیم مسائل، تعبیر و تفسیر داده‌های مقاومت ظاهری الکتریکی، تغییرات کوچک مقاومت ظاهری الکتریکی، نگار جریان.

فصل ۴- نگارهای الکتریکی متمرکز

نگار متباعد (divergent log)، نسخه‌های مختلف نگار جانبی، کنترل موقعیت، حل تقریبی مسئله مستقیم نگار جانبی، تأثیر چاه، زون آغشته و بسترهای اطراف، پاسخ نگار جانبی، نگار جانبی ریز، کاربردهایی از نگار جانبی.

فصل ۵- نگارهای الکترومغناطیس

نگار القایی، نگارهای موج الکترومغناطیس، روش موج رادیویی در چاه.

فصل ۶- روشهایی براساس کنش‌های الکتروشیمیایی سنگها

اندازه‌گیری پتانسیل خودزا، نگار الکتروپتانسیل و نگار جفت پتانسیل گالوانیک، نگار پتانسیل القایی.

فصل ۷- مفاهیم کلی روشهای چاه‌نگاری الکتریکی و الکترومغناطیسی

مبانی تعبیر و تفسیر ژئوفیزیکی مقاومت ظاهری الکتریکی، نگار القایی و نگار جانبی بکمک رایانه، غلبه یافتن بر حل ناپایداری.

منابع پیشنهادی :

- Gorbachev, Yu. I., 1995, Well logging, fundamentals of methods: John Wiley and Sons.
- Dakhnov, V., 1981, Electrical and magnetic well logging: Nedra, Moscow.
- Fok, V. D., 1933, Theory of well logging: Gostoptekhizdat, Moscow.
- Latyshova, M., 1991, A practical guide in the interpretation of log responses: Nedra Moscow.
- Daily, W., and Owen, E., 1991, Cross-borehole resistivity tomography: Geophysics, 56, 1228-1235.
- Shima, H., 1992, 2D and 3D resistivity image reconstruction using cross-hole data: Geophysics, 57, 1270-1281.

تئوری پتانسیل
(Potential Theory)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- میدانهای پتانسیل ژئوفیزیکی

اندازه‌گیری میدان پتانسیل برای اکتشاف کانی و هیدروکربن، نقش پردازش رقمی سیگنال، یک مقایسه با پردازش سیگنال لرزه، پیش درآمد، نمادها.

فصل ۲- سیگنال‌ها و مدل‌های میدان پتانسیل

میدان پتانسیل در فضای آزاد بدون منبع، میدان پتانسیل در فضای پر شده از منبع، مدل‌های دو بعدی چشمه دو بعدی، مدل‌های سه بعدی چشمه، مدل‌های تصادفی (سطح جدایش کتره‌ای، مدل تصادفی، توده کتره‌ای).

فصل ۳- طیف توان و کاربردهای آن

مقدمه، طیف میدانهای کتره‌ای، میدانهای گسسته پتانسیل، تخمین طیف توان، تخمین عمق از طیف شعاعی، طیف زاویه‌ای، تحلیل‌های همدوس.

فصل ۴- فیلتر کردن رقمی نقشه‌ها - ۱

فیلترهای رقمی دو بعدی، اجرای فیلترهای رقمی، فیلتر کردن برای برانبارش سیگنال، فیلترهای رقمی برای عملگرهای تحلیلی، تبدیل به قطب و استوا، تبدیل به سطح صاف، حذف اثر پستی و بلندی، فیلترهای وینر.

فصل ۵- فیلتر کردن رقمی نقشه‌ها - ۲

فیلتر کردن وارونه، وارونگی کمترین مربعات (توزیع دو بعدی)، وارونگی کمترین مربعات (سه بعدی)، تحلیل داده‌های هوائی.

فصل ۶- تخمین پارامتر

تخمین همانندی بیشینه (ML)، تخمین پارامترهای منبع ML، کمترین مربعات وارونه (غیر خطی).

منابع پیشنهادی :

Sheriff, R. E., 1989, Geophysical methods: Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York.

MacMillan, W. D., 1986, The theory of the potential: Dover Publications, New York.

Kay, S. M., 1989, Modern spectrum analysis: Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York.

Cordell, L., and Grauch, V. J. S., 1985, Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan basin - The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps: SEG, Tulsa, OK.

Hancock, I. C., and Wintz, P. A., 1966, Signal detection theory: McGraw-Hill, New York.

Naidu, P. S., and Mathew, M. P., 1998, Analysis of geophysical potential fields: Elsevier.



خواص فیزیکی و مکانیکی سنگها (Physical and Mechanical Properties of Rocks)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : طبقه‌بندی سنگها، اندیس خواص فیزیکی سنگ، طبقه‌بندی سنگ برای مقاصد مهندسی.

فصل ۱- استحکام و گسیختگی سنگ

خواص الاستیک کانیهای تشکیل دهنده سنگ، خواص الاستیک سیال درون حفره، نتایج آزمایشگاهی سرعت انتشار امواج الاستیک در سنگها، تئوریهای مربوط به سرعت انتشار امواج الاستیک در سنگها، گسیختگی سنگ، روشهای آزمایشگاهی در تعیین استحکام سنگ، کاربرد منحنی تنش - واتنیدگی، گسیختگی موهر - کولمب، اثر آب، تنش مؤثر اصلی در گسیختگی، گسیختگی تجربی، اثر اندازه بر استحکام سنگهای ناهمسانگرد.

فصل ۲- تنش اولیه و تغییر شکل سنگها

تنش اولیه، روشهای اندازه‌گیری تنشهای درجا، موقعیت درزه‌ها، آزمایش شکاف، زبری شکاف، روابط بین جابجایی و استحکام، اثر فشار آب، ضرائب الاستیک، اندازه‌گیری خاصیت تغییر شکل بوسیله آزمایشهای استاتیک، اندازه‌گیری دینامیکی، سنگهای شکافدار، اثر زمان بر تغییر شکل سنگ.

فصل ۳- تضعیف امواج لرزه‌ای

خواص غیرالاستیکی اجزای تشکیل دهنده سنگهای اشباع از گاز و مایع، نتایج آزمایشگاهی تضعیف امواج الاستیک در سنگها، تأثیر فرکانس بر تضعیف موج، تضعیف امواج در سنگهای آذرین و رسوبی متخلخل، روابط بین نسبتهای QP/QS و VP/VS، سازوکارهای تضعیف و تئوریه‌ها، خواص غیر کشسانی ماتریس سنگ، افت انرژی، سازوکارهای تضعیف در اثر سیال درون حفره‌ها و ترکها.

فصل ۴- خواص الکتریکی سنگها

تعاریف، هدایت الکتریکی، قطبش دی‌الکتریک، هدایت ویژه الکتریکی و permittivity، خواص الکتریکی کانیها و سیال درون حفره‌ها، خواص الکتریکی سنگهای متراکم و خشک، خواص الکتریکی سنگهای اشباع از سیال متخلخل و درزه‌دار، بررسی معادلات آرشی، قطبش القایی، عوامل ایجاد کننده اثرهای IP، برخی نتایج آزمایشگاهی، permittivity سنگها، ناهمسانگردی خواص الکتریکی.

فصل ۵- خواص مغناطیسی سنگها

خواص مغناطیسی کانیها، کانیهای دیامگنتیک، پارامگنتیک و فرومگنتیک. خواص مغناطیسی سیالات، خواص مغناطیسی سنگها، همبستگی بین susceptibility و میزان مواد مغناطیسی، تأثیر اندازه شکل و دانه‌های سنگ، تأثیر ساختار سنگ بر susceptibility، تأثیر دما و تنش بر خاصیت مغناطیسی، مغناطیس شدگی باقیمانده طبیعی

(NRM).



منابع پیشنهادی :

- Schön, J. H., 1996, Physical properties of rocks - Fundamentals and principles of petrophysics: Handbook of Geophysical Exploration, Seismic exploration V. 18. Elsevier, New York.
- White, J. E., 1983, Underground Sound - Application of seismic waves: Elsevier, New York.
- Bourbie, T., Coussy, O., and Zinszner, B., 1987, Acoustics of porous media: Gulf Publishing Company.
- Johnston, D. H., and Toksöz, M. N., 1981, Seismic wave attenuation: Society of Exploration Geophysicists, Geophysics Reprint Series No. 2, Tulsa, Oklahoma.
- Tarling, T. H., and Hrouda, D. H., 1993, The magnetic anisotropy of rocks: Chapman and Hall, London.
- Goodman, R. E., 1989, Introduction to rock mechanics: John Wiley and Sons.
- Wittke, W., 1990, Rock mechanics - theory and applications with case histories : Springer-Verlag.
- Charlez, P. A., 1997, Rock mechanics - petroleum application volume 2: Editions Technip, Paris.



دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی
(Geophysical Fluid Dynamics, GFD)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

مقدمه : تعریف شاره، رفتار شاره و خواص فیزیکی آن

فصل ۱- مفهوم پیوستگی در شاره‌ها

دیدگاه‌های اولری و لگرانژی در حرکت شاره، خط جریان، خط مسیر، خط اثر، تابع جریان، بردار سرعت، تاوایی مشتق نیروهای مؤثر در حرکت شاره (نیروهای سطحی و نیروهای جسمی).

فصل ۲- نیروی گرادیان فشار

نیروهای سطحی (نیروی گرادیان فشار، نیروی اصطکاک). نیروهای جسمی (نیروی گرانشی، نیروی لورنتز در حرکت شاره‌های هادی در میدان مغناطیسی).

فصل ۳- شتاب شاره (نیروهای اینرسی)

مشتق کلی (یا اساسی) (substantive derivative)، اثر سیستم غیر اینرسی (مثل سیستم چرخان)، نیروهای کوریالیس و گریز از مرکز، معادله ناویر-استوک (معادله اندازه حرکت)، جریان مانا (steady flow).

فصل ۴- معادله پیوستگی (بقای جرم)

شرط تراکم ناپذیری.

فصل ۵- معادله بقای انرژی

معادله گرما، تقریب بوسینسک.

فصل ۶- آنالیز ابعادی معادلات حاکم

پارامترهای مهم بدون بعد، شباهت دینامیکی.

فصل ۷- پایداری در دینامیک شاره‌ها

پایداری لایه مرزی، پایداری همرفتی.

فصل ۸- همرفت گرمایی

اثر چسبندگی (viscosity) و پخش مولکولی گرمایی، عدد ریلی، همرفت بینارد، شبیه سازی فیزیکی در آزمایشگاه.

فصل ۹- همرفت درگوشته زمین

مدلهای تئوری برای حرکات گوشته زمین، پلومهای گوشته.

فصل ۱۰- شبیه سازی

شبیه سازی فیزیکی (آزمایشگاهی) و عددی حرکات همرفتی در زمین.

فصل ۱۱- معادلات

معادله حرکت برای یک شاره هادی در میدان مغناطیسی (MHD)، معادلات ماکسول، مکانیسم دینام خود متحرک (self excited dynamo)، همرفت و پخش خطوط نیرو.



منابع پیشنهادی :

Tritton, D. J. 1988, Physical fluid dynamics: Oxford Univ. Press.

Officer, C. 1974, Introduction to theoretical geophysics: Springer - Verlag.

Runcorn, K. 1975, Mantle convections: Academic Press.



دیرینه مغناطیس (Paleomagnetism)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : مغناطیس سنگ و کانی‌های مغناطیسی (آهن و نیکل - آهن، مروری بر titanomagnetite سری مغناطیس titanohaematite, Magnetite, Pyrrhotite, Goethite)، دیرینه مغناطیس (مغناطیس شدگی اولیه و ثانویه، برداشت دیرینه مغناطیس و تفسیر آن، جنبه‌های دیگر دیرینه مغناطیس).

فصل ۱ - حرکات صفحه‌ای و واژگونی قطبی میدان مغناطیسی زمین

جنبش‌شناسی دو بعدی (plane) و فضای سرعت، صفحات سه گانه و پایداری نقطه اتصال سه گانه، صفحات روی کره (نمایش برداری چرخش صفحه، تعیین حرکات در مقیاس جهانی، حرکات مطلق صفحات)، حرکات صفحه در مقیاس زمان زمین‌شناسی (بازسازی قاره‌ای، سیر تکاملی قطب شمال)، چرخشهای محدود صفحه (تغییر قطب صفحات با زمان، روشهای بازسازی هندسی، ماتریس چرخش محدود)، عوامل بوجود آورنده واژگونی قطبیت میدان، مدت زمان واژگونی، طول دوره‌های قطبیت عادی و واژگونی، مقیاس زمان زمین‌شناسی براساس واژگونی قطبیت، جنبه‌شناسی مغناطیسی.

فصل ۲ - نمونه برداری از سنگها برای دیرینه مغناطیس

روشهای نمونه برداری (نمونه برداری سنگ، رسوبات دریاچه، نمونه برداری برای Archaeomagnetism، رسوبات غیر متراکم - گل و غیره، آماده سازی نمونه آزمایشگاه)، روشهای تعیین جهت گیری (نمونه‌های دستی، هخزه‌های حفاری، قطب‌نمای خورشیدی).

فصل ۳ - اندازه گیری NRM سنگها

مغناطیس شدگی نمونه‌های سنگ (میدان مغناطیسی نمونه غیر کروکی، ناهمگنی مغناطیس شدگی، تاریخچه توسعه مغناطیس سنجی سنگها)، دستگاههای Magnetostatic (مغناطیس سنج ایستا، سیستم Parastatic، کاربرد، Feedback، کالبرنی و اندازه گیری NRM، استفاده از دریاهای Fluxgate)، مغناطیس سنج Spinner (جنبه‌های عمومی طراحی، توسعه مغناطیس سنجهای Spinner، کالبرنی و اندازه گیری)، مغناطیس سنج Cryogenic (اصول عملیات، مغناطیس سنج‌های Cryogenic نوع CCL، SCT، سایر مغناطیس سنجهای Cryogenic، اعتبار اندازه گیریهای NRM ضعیف)، سایر مغناطیس سنجها (تجهیزات Archaeomagnetic، اندازه گیریهای در long-core، مغناطیس سنجهای Ballistic، مغناطیس سنجهای تجربی، مغناطیس سنجهای مقیاس کوچک، اندازه گیری NRM سرزمین).

فصل ۴ - آزمونهای آزمایشگاهی و صحرائی برای ثبات میدان

آزمونهای صحرائی (داده‌های مشاهده‌ای، آزمون Fold، آزمون کنگلومرا، تماسهای Baked، پروفیل‌های مغناطیسی)، آزمونهای آزمایشگاهی.



فصل ۵ - روشهای مغناطیس زدایی

مغناطیس زدایی بکمک میدان متناوب (ملاحظات عملی، تجهیزات، پاره‌ای از جنبه‌های مغناطیس زدایی بکمک میدان متناوب)، مغناطیس زدایی گرمایی (مغناطیس زدایی با میدان صفر، مغناطیس زدایی حرارتی پله‌ای، مغناطیس زدایی پیوسته)، سایر روشهای مغناطیس زدایی (مغناطیس زدایی شیمیایی، مغناطیس زدایی حرارت پائین، مغناطیس زدایی با فشار).

فصل ۶ - نمایش و تحلیل داده‌ها

نمایش جهت‌های NRM، داده‌های مغناطیس زدایی و تفسیر آنها (تحلیل داده‌های مغناطیس زدایی، ثبات اندیس‌ها)، آمار (جهت میانگین، NRM - حرکت تقدیمی و دایره اطمینان (Confidence)، آزمون درجه خوبی برازش، آزمون درجه کاتورگی، ترکیب مشاهدات از واحد سنگ، اهمیت آماری آزمون موقعیت Fold محاسبه قطب).

فصل ۷ - مشخص کردن کانی‌های مغناطیسی و حاملان NRM

تحلیل گرمایی، روشهای شیمیایی، روش مغناطیس‌شدگی رسوبی، داده‌های اضافه بر کانی‌های مغناطیسی، حالت مغناطیسی کانی‌های مغناطیسی.

فصل ۸ - شدت NRM

رسوبات، سنگهای آذرین، روشهای Paleointensity (روش Thellier-Thellier، روش Single-heating، دگرسانی کانی‌شناسی، روش مغناطیس باقی‌مانده Anhyserctic)، نمایش داده‌ها.

منابع پیشنهادی:

- Collinsou, D. W., 1983, Methods in rock magnetism and paleomagnetism-techniques and instrumentation: Chapman and Hall.
- Sleep, N. H., and Fujita, K., 1997, Principles of geophysics: Balckwell Science.
- McElhinny, M. W., 1973, Paleomagnetism and plate tectonic: Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Cox, A. Ed., 1973, Plate tectonics and geomagnetic reversal: W. H. Freeman, San Francisco.
- Cox, A., 1986, Plate tectonics: Blackwell Scientific publications.



روشهای پیشرفته اکتشافی در ژئوالکتربیک
(Advanced Electrical Prospecting Methods)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

مقدمه : قوانین تفسیر برای سونداژزنی یک بعدی. تطبیق منحنی‌های سونداژزنی جریان مستقیم.

فصل ۱ - تفسیر مستقیم

شبه وارونگی (Pseudo inversion) سونداژ بوسیله تابع انتقال، تفسیر مستقیم سونداژ، تعریف توابع عدم برازش، روش مونت‌کارلو، تفسیر مستقیم مونت‌کارلو، تفسیر مستقیم بوسیله بهینه‌سازی گوس، روش مارکوارت - لونبرگ، تفسیر مستقیم زهدی.

فصل ۲ - تفسیر جامع سه بعدی

تفسیر مستقیم به روش کمترین مربعات، روش بیشترین شیب کاهش، روش نیوتن، روش تفسیر برای Conjugate gradient مستقیم غیر خطی (منظم شده کمترین مربعات)، محاسبه ماتریس مشتق فرجت (Frechet) حالت یک بعدی یا دو بعدی، مدل ژئوالکتربیک غیر همگن.

فصل ۳ - مدلسازی به روش تفاضلهای محدود جهت تعیین محل بی‌هنجاریها

حل معادله لاپلاس بوسیله تفاضلهای محدود، شرایط مرزی، روشهای تکرار ژاکوب، روشهای تکرار گوس - سیدال، روش SOR، حل معادله پواسن، اعتبار حل عددی، ماتریس tridiagonal، الگوریتم توماس، روش ADI.

فصل ۴ - مدلسازی به روش اجزاء محدود جهت تعیین محل بی‌هنجاریها

روش گالرکین، انتگرال‌گیری جزء به جزء، اجزاء مثلثی، شبکه اجزاء محدود، ساختن ماتریس رسانائی، معادله conductance، ماتریس رسانائی جزء، ماتریس رسانائی کلی (Global conductance)، شرایط مرزی، معادله پواسن.

فصل ۵ - مدلسازی سه بعدی به روش اجزاء محدود

بی‌هنجاریهای سه بعدی. اثر شیب در مطالعات مقاومت ویژه الکتریکی.

فصل ۶ - اندازه‌گیری الکتریکی عمیق در مطالعات طبقات زمین

منابع پیشنهادی :

Zhdanov, M. S., and Keller, G. V., 1994, The geoelectrical methods in geophysical exploration: Elsevier.

Sahbi, H., Jongmans, D. and Chartier R., 1997, Theoretical study of slope effects in resistivity surveys and applications: Geophysical prospecting, 45, 795-808.

Yangul, S. H., 1996, Electrical methods in geophysical exploration of deep sedimentary basins: Chpman and Hall.

Lapidus, L. and Pimder, G. F., 1982, Numerical solution of partial differential equations in science and engineering: John Wiley and Sons.



روشهای پیشرفته اکتشافی در ژئومغناطیس (Advanced Magnetic Exploration Methods)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- یادآوری مبانی روشهای مغناطیس‌سنجی

مقاهیم مغناطیس‌شدگی‌های القائی و بازماند در حضور میدان مغناطیس زمینی، میدان مغناطیسی کل زمین و مؤلفه‌ها آن (Earth's Ambient Field)، میادین باقیمانده و ناحیه‌ای (Residual & Regional Fields)، خودپذیری مغناطیسی سنگها و کانیها (Susceptibilities)، آنومالیهای مغناطیسی محلی در اکتشاف توده‌های زیر سطحی، پارازیتها و تصحیحات داده‌های مغناطیس‌سنجی، انواع دستگاههای سنتی مغناطیس‌سنجی اکتشافی شامل سیستمهای فلاکس‌گیت (Fluxgate)، پروتونی، پمپ نوری و گرادایومترهای زمینی و هوابردی، انواع دستگاههای مدرن مغناطیس‌سنجی اکتشافی میکروپروسسوری شامل سیستمهای TM4 و Geometrix G-858 و ...

فصل ۲- پردازشهای صحرائی مغناطیسی

طراحی برداشتهای زمینی و اپتیمم فواصل ایستگاهی و پروفیل، رابطه طول موج آنومالیهای توده‌های زیر سطحی با عمق، پهنا و شکل آنها، پارامترهای مؤثر در شکل آنومالیهای مغناطیسی توده‌های زیرسطحی، برداشتهای گرادایومتری، قدرت تفکیک افقی (Horizontal Resolution) داده‌های گرادایومتری مؤلفه قائم میدان مغناطیسی، برداشتهای هوابردی میدان کل و گرادایومتری میدان قائم، طراحی فواصل بهینه شبکه برداشت هوایی (خطوط پرواز).

فصل ۳- روشهای مدرن با قابلیت تفکیک بالا در اکتشافات مغناطیسی

"High Resolution Magnetic Techniques"

تفاوتهای بین تکنیکهای با قدرت تفکیک بالا و سیستم‌های سنتی، بحث در خصوص مسئله کم بودن تعداد داده‌های ایستگاهی و مشکلات تغییر آنها (Under Sampling Issues)، برتوبهای تکنیکهای با قدرت تفکیک بالا (High Definition Magnetics) مزیت‌های فنی - اقتصادی روشهای HDM در مقایسه با روشهای سنتی، معرفی سیستمهای چهار سنسوری پمپ نوری (quad-sensor TM4 system)، سیستم با قدرت تفکیک بالای هلیکوپتری (GRI-Helimag HDM System)، سیستم پیوسته Geometrics G858 Optically pumped Magnetometer تعبیر و تفسیر داده‌های HDMS، معرفی روش گرادایومتری با قدرت تفکیک بالا شامل سیستمهای گرادایومتری زمینی، دریائی و هوابردی (Vertical Gradient Aeromagnetic Surveys)، قدرت تفکیک قائم سیستمهای گرادایومتری زمینی و هوایی، رابطه بین ارتفاع سنسورها و نسبت سیگنال، به پارازیت.

فصل ۴- تکنیکهای پردازش تصویری داده‌های با قدرت تفکیک بالا

(Advanced Image Processing Techniques)

اهمیت بکارگیری تکنیکهای پردازش تصویری بر روی داده‌های مغناطیسی با قدرت تفکیک بالا، برجسته‌سازی در بعدی و سه بعدی ساختمانهای میکروتکتونیکی در داده‌های HDM، روشهای میانگین‌گیری پیکسلی (Pixel Averaging Techniques) جهت حذف پارازیتها با طول موج کوتاه (فرکانس بالا)، فیلتراسیون تصویری یک، دو و سه بعدی داده‌های HDM و گرادایومتری، کاربرد تکنیکهای با قدرت تمایز رنگی بالا (کاربرد طیف با بیش از ۲۵۶ رنگ)، تغییر یافته‌های با قدرت تفکیک بالا از قبیل ساختمانهای گسلی، خطواره‌های ساختمانهای فاز یک (دایکهای



نازک) و اثرات پارازیت‌های ساخت بشر از قبیل حفاظ‌های فلزی، لوله‌های فلزی و... (cultural noises).

فصل ۵- معرفی و کاربرد روش گمانه‌زنی عمیق Geomagnetic Deep Sounding GDS

مبانی تئوریک و فیزیکی روش GDS، یادآوری سری‌های زمانی و طیف توانی آنها، تغییرات زمانی میدان منطاطیسی زمین (time variations of Earth's ambient field)، طیف پارازیت‌ها در GDS، پدیده القاء الکترومغناطیسی در کنداکتورهای زیر سطحی، رابطه دوره تناوب و عمق و شکل توده‌های مساوی زیر سطحی، دستکاه‌های بکارگرفته شده، توابع تبدیل (transfer functions)، امتداد بردارهای القاء (induction arrows)، تهیه نقشه‌های بزرگی و توزیع بردارهای القاء، مدل‌سازی یک و دو بعدی داده‌های GDS (روش‌های عددی تقریب صفحه نازک thin sheet و اجزاء محدود (finite element)، تعبیر و تفسیر داده‌های GDS و تعیین مقطع ژئوالکتریک عمیق.

منابع پیشنهادی :

- Baranov, W., 1975, Potential Fields and their transformations in Applied Geophysics, Geoexploration Monographs, Series 1-No.6.
- Berdichevsky, M.N., and Zhdanov, M.S., 1984, Advanced theory of deep Geomagnetic Sounding Elsevier, Amsterdam.
- Davis, A., 1996, Advances an High Definition Geophysics in Australian Society of Exploration Geophysics, Issue No.61.
- Mathworks, 1994, Matlabs Image processing Toolbox, version 4, Mathwarks inc.
- Meillieroux, J.L., 1966, Electromagnetism and the Earth's Interior, Elsevier, New York.
- Parkinson, W.D., 1983, Introduction to Geomagnetism, Scottish Academic Press, Edinburgh, Scotland.
- Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., and vetterling, W.T., 1986. Numerical recipes: the art of scientific computing. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rikitake, T., 1966, Electromagnetism and the Earth's Interior, Elsevier, New York.
- Scintrex, 1993 a, Cs-2 cesium magnetometer operating Manual, Scintrex Co., Canada.
- Stanley, J.M., 1982, New Magnetometer Technology and its application to Archaeological Exploration, in Archaeometry-An Australian perspective, ANV Press.



روشهای عددی در ژئوفیزیک
(Numerical Methods in Geophysics)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

مقدمه : محاسبات عددی و کامپیوتر، مروری بر مفاهیم اساسی، تعریف خطا و انواع خطا، انباشتگی خطا در محاسبات.

فصل ۱- مروری بر روشهای عددی

محاسبات تفاضلهای منتهای، درونیابی و برون‌یابی، حل معادلات غیر خطی، قوانین گس (Gas Laws)، روشهای تجزیه و تحلیل خطی، روشهای حل تکراری، روش نیوتن-رفسون، روش مولر، روشهای حل چند جمله‌ایها، حل دستگاههای معادلات خطی، بکارگیری ماتریسها، روشهای حذفی، دستگاههای معادلات غیر خطی.

فصل ۲- چند جمله‌ایها و توابع

تجزیه و تحلیل و نسبت دادن یک منحنی، چند جمله‌ایهای لاگرانژ، اختلافات تقسیم شده، روشهای درونیابی (نیوتن، گوس، لاگرانژ، اتیکن، سیل)، چند جمله‌ای اسپلین (Spline)، برآورد چند جمله‌ای سطوح، مشتق‌گیری عددی، مشتق‌گیری بکمک جدولهای تفاضلی، روشهای برون‌یابی، انتگرال‌گیری عددی با تأکید بر انتگرال‌گیری به روش نیوتن-کوتس، انتگرال‌گیری رامبرگ، انتگرال‌گیری به روش گوس، انتگرال‌های چندگانه.

فصل ۳- معادلات دیفرانسیل

روشهای عددی برای حل معادلات دیفرانسیل معمولی، روش سریهای تیلور، روش اویلر و تصحیح شده این روش، روشهای رانگ-کوتا، ملاکهای همگرایی، خطا و گسترش آن، مقایسه روشهای حل معادلات دیفرانسیل با شرایط مرزی، روشهای باقیمانده وزنی، حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی (سه‌می‌گون و هذلولی‌گون)، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، مقادیر ویژه با تکرار (روش توانی)، مقادیر ویژه با روش QR.

فصل ۴- روش اجزاء منتهای

روش اجزاء منتهای و کاربرد آن در بررسی یک جسم پیوسته الاستیک، جداسازی بوسیله اجزاء محدود، شرایط مرزی، سیستم قابل تجزیه استاندارد، توابع شکل، انواع مختلف اجزاء کاربردی، روابط مستقیم و تعمیم آنها، روش انرژی کرنش، بکارگیری قوانین اندیس گذاری در بررسی مسائل الاستیک، مشتقات و روابط تانسوری، ماتریس سختی، بررسی حالتهای تنش و کرنش صفحه‌ای و تقارن محوری، چند مثال جهت ارزیابی دقت، بررسی حالت سه بعدی.

فصل ۵- روش اجزاء منتهای و حالتهای غیر خطی

بکارگیری روش اجزاء منتهای در بررسی حالتهای غیر خطی، روشهای تکراری، حالت پلاستیک، نمودارهای تنش و کرنش، ملاکهای شکست، قوانین نرم‌شدگی و سخت‌شدگی، فرمولهای اساسی لغزش، بررسیهای ویسکوالاستیسیتی و ویسکوپلاستیسیتی، چند مثال کاربردی.



فصل ۶- روش اجزاء منتهای و هدایت گرمایی

بکارگیری روش اجزاء منتهای در بررسی هدایت گرمایی، حل معادله هدایت گرمایی، تجزیه و تحلیل مسائل پخش و انتقال، معادله جریان حرارتی حرکت یکنواخت، معادله لاپلاس، معادله پواسون، بررسی مسائل مربوط به مقادیر ویژه و مسائل ارتعاشی برای حالت‌های کرنش صفحه‌ای و الاستوپلاستیک، بررسی معادله حرکت، مسائل غیر خطی.
منابع پیشنهادی :

Gerald, C. F., 1994, Applied numerical analysis: World Student Series.

Griffiths, D. V. and Smith, I. M., 1991, Numerical methods for engineers: Blackwell Co.

Phillips, G. M. and Taylor, P. J., 1980, Theory and application of numerical analysis: Academic Press.

Zienkiewicz, O. C. and Taylor, R. L., 1991, The finite element method: McGraw-Hill Book Co.



روشهای فرکانس خیلی پائین
(VLF Methods)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : هدف، تاریخچه، باند فرکانسی مورد استفاده، عمق مورد بررسی، زمینه‌های کاربردی. گسیلنده‌های VLF.

فصل ۱- ترازهای سیگنال و نوفه VLF

پارامترهای مؤثر در امواج رادیویی که با باند فرکانسی VLF منتشر می‌شوند. نوفه‌های جوی در محدوده فرکانسی VLF.

فصل ۲- پاسخ موج تخت از مدل زمین با لایه بندی افقی

نیم فضای همگن (مقاومت ظاهری، میل موج (wave tilt))، نیم فضای همگن (میدانهای زیر سطح زمین)، مدل زمین لایه لایه (مقاومت ظاهری در سطح)، مدل زمین دو لایه (میدانها و جریانهای زیر سطح زمین).

فصل ۳- پاسخ موج تخت از هدفهای دو بعدی

قطبیدگی E و H، تماس قائم (قطبیدگی H)، تماس قائم (قطبیدگی E، زاویه میل و بیضویت)، تماس شیب‌دار، تماس قائم با تشکیلات روی رسانا، منشور مدفون، دایک قائم و ضخیم (رسانا و مقام)، دایک قائم و نازک (تغییر پاسخ با رسانایی)، دایک نازک (تغییر پاسخ با شیب)، دایک قائم (تغییر پاسخ با عمق)، دایک قائم پوشیده شده با تشکیلات رسانا، دایک قائم با گسترش عمقی محدود، دایکهای رسانا، دایک قائم و مقاوم، ساختارهای (structures) حد فاصل سنگ کف و تشکیلات رویی، بی‌هنجاریهای با قطبیدگی معکوس.

فصل ۴- پاسخ موج تخت از اهداف سه بعدی

پاسخ میدان مغناطیسی، پاسخ میدان الکتریکی.

فصل ۵- بکارگیری گسیلنده‌های محلی

گسیلنده دو قطبی الکتریکی متصل به زمین، گسیلنده حلقه بزرگ.

فصل ۶- روشهای پردازش داده‌ها و تفسیر نتایج

برگردان داده‌ها به روش یک بعدی و دو بعدی، آشنایی با نرم‌افزارهای موجود، تعیین پارامترهای مؤثر بر نتایج تفسیر.

فصل ۷- کاربردها

تعیین رگه‌های سولفیدی نهنفته، پی‌جویی زونارهای گسلی، تعیین آلودگی آبهای زیرزمینی.

منابع پیشنهادی :

Nabighian, M. N., Ed., 1991, Eleccromagnetic methods in applied geophysics: 1 - 2, Society of Exploration Geophysicists.

Kaufman, A. A., and Keller, G. V., 1981, The magnetotelluric sounding method: Elsevier, N. Y.

Watt, A. D., 1967, VLF radio engineering: Pergamon Press, New York.



روشهای معکوس در حل مسائل ژئوفیزیکی
(Inverse Problems in Geophysics)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیشنهاد :

مقدمه: آشنائی و کاربرد مسئله معکوس در حالت گسسته و تعاریف.

فصل ۱- مسئله کلی معکوس در حالت گسسته

فضای مدل و فضای داده، حالت‌های اطلاعات، اطلاعات بدست آمده از نظریه‌های فیزیکی (حل مستقیم مسئله)، تعریف حل مسئله معکوس، استفاده از حل مسئله معکوس، حالت‌های خاص.

فصل ۲- روشها

روش سعی و خطا، روشهای مونته کارلو، جستجو برای محدوده مدلهای قابل قبول، محاسبه غیر خطی واریانس‌ها، شبیه‌سازی بادوام، روش مونته کارلو از طریق محاسبات عددی.

فصل ۳- معیار روش کمترین مربعات (l_2 -norm)

تعاریف کمترین مربعات، روشهای تحلیل در کمترین مربعات، تجزیه و تحلیل قدرت تفکیک و خطا، ریاضیات کمترین مربعات حالت گسسته، روشهای قدرت تفکیک، فرمولهای ویژه برای مسائل خطی، فرمولهای ویژه برای مسائل قابل خطی شدن.

فصل ۴- مقادیر معیار کمترین مربعات (l_1 -norm) و معیار کمترین (l_∞ -norm)

قاعده l_p (l_p -norm)، معیار (l_1 -norm) برای قدرت تفکیک، معیار l_1 -norm و روش فرود سریع، معیار l_1 -norm و روشهای برنامه‌ریزی خطی، روش معکوس با استفاده از چگالی احتمالی کوشی، معیار l_∞ -norm برای قدرت تفکیک در مسال معکوس، قاعده l_∞ -norm و روش فرود سریع، معیار l_∞ -norm و روشهای برنامه‌ریزی خطی.

فصل ۵- مسئله کلی

مراحل کاتوره‌ای و فضاهای وابسته، حل مراحل کلی کاتوره‌ای.

فصل ۶- معیار کمترین مربعات در فضاهای وابسته

عملگرهای کوواریانس و فضاهای عملی، عملگرهای مشتق و عملگرهای ترانسپوز شده در فضاهای وابسته، روشها و قدرت تفکیک، مثال (مسئله معکوس و توموگرافی تجزیه X-ray)، مثال (معکوس موجک‌های صوتی، و تحلیل قدرت تفکیک و خطا، حل تفصیلی).

منابع پیشنهادی :

Backus, G., and Gilbert, F., 1967, Numerical applications of a formalism for geophysical inverse problems: Geophys. J.R. Astron. Soc., 13, 247-276.

Menke, W., 1984, Geophysical data analysis - discrete inverse theory: Academic Press.

Cuer, M., and Bayer, R., 1980, Fortran routines for linear inverse problems: Geophysics, 45, 1706-1779.

Tarantola, A., 1987, Inverse problem theory, methods for data fitting and model parameter estimation: ELSEVIER.



روشهای مگنتوتلوریک (Magnetotelluric Methods)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : هدف، تاریخچه، نکات قوت و ضعف روش، باند فرکانسی و عمق مورد بررسی، کاربردها.

قسمت اول - چشمه طبیعی

فصل ۱- مبانی تئوری

معادلات ماکسول، معادلات موج برای زمین همگن، حل دو قطبی الکتریکی افقی متصل به زمین، حل دو قطبی مغناطیسی عمودی، حل برای زمین ناهمگن، تانسور امپدانس و tipper (حالت‌های دو بعدی و تقریباً دو بعدی)، حالت کلی سه بعدی، اثرات ایستا توپوگرافی و منطقه‌ای، تعاریف دیگر مقاومت و مقاومت ظاهری، اثر چشمه و CSAMT، مقاومت ظاهری در CSAMT برداری.

فصل ۲- دستگاهها، تجهیزات و عملیات صحرائی

چشمه‌ها، دریابه‌ها، مبانی ریاضی و فیزیکی دستگاهها.

فصل ۳- پردازش و تفسیر داده‌های مگنتوتلوریک

مفاهیم و ملاحظات کلی، طیفهای auto و cross. حل معادلات مقاومت ظاهری و tipper، چشمه‌های دور، خطاها و نوفه‌ها، تحلیل تانسوری برای ساختگاه‌های (Sites) سه بعدی، تصویر سازی (Imaging) و پردازشهای محیطه زمانی، تهیه گستره مقاومتها و عمق بدست آمده، تهیه مدل لایه‌بندی برای منطقه، تطابق مدل نهایی با اطلاعات زمین‌شناسی منطقه، تعیین جهت مؤثر امتداد لایه، جبران اثرات ایستایی.

قسمت دوم - چشمه‌های قابل کنترل با باند فرکانسی شنوایی (CSAMT)

مقدمه : هدف، شرح روشهای CSAMT، تاریخچه توسعه روش، کاربردها.

فصل ۴- طراحی و تدارکات عملیات صحرائی

تدارکات اساسی، تجهیزات، نوفه‌های الکتریکی، آلاینش‌های محیطی، اندازه‌گیریهای اسکالر - برداری و تانسوری، مؤلفه‌های بهینه برای اندازه‌گیری، ملاحظات پوشش تصویر افقی، عمق مورد بررسی، ملاحظات مربوط به دقت، ملاحظات مربوط به چگالی داده‌ها، ملاحظات مربوط به زمین‌شناسی، چشمه‌های حلقوی در مقایسه با دو قطبی، مقاومت ظاهری سیم، ملاحظات اقتصادی، چه زمانی باید از CSAMT استفاده کرد.

فصل ۵- تفسیر داده‌های دور از چشمه

انواع داده‌های CSAMT، پردازش داده‌ها، نمایش داده‌ها، تحلیل نوفه‌ها، تفسیرهای یک - دو و سه بعدی، نکاتی کلی در مورد مدل سازی، اثرات استاتیک و توپوگرافی، اثرات IP بر روی داده‌های CSAMT، تفسیر اثرات محیطی.

فصل ۶- اثرات چشمه

اثرات امواج غیر تخت، Source Over Print، اثر سایه، مقایسه با MT.



فصل ۷- کاربردها

اکتشافات نفتی، زمین گرمایی، اکتشافات سولفورهای متراکم، اکتشافات طلا، اکتشافات اورانیم، مطالعه آبهای زیرزمینی.

منابع پیشنهادی :

Nabighian, M. N., Ed., 1991, Eleceromagnetic method in applied geophysics: 1 - 2, Sociey of Exploration Geophysicists.

Koufman, A. A., and Keller, G. V., 1981, The magnetotelluric sounding method; Elsevier, N.Y.

Vozoff, K., Ed., 1986, Magnetotelluric methods: Society of Exploration Geophysicists.



ژئودینامیک پیشرفته
(Advanced Geodynamics)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش نیاز :

فصل ۱ - زمین ساخت صفحه‌ای

مقدمه، سنگ کره، رشد حاشیه صفحه، فرورانش، گسل‌های دگرگون، قاره‌ها، دیرینه مغناطیس و حرکت صفحه‌ای، اتصال سه گانه، چرخه ویلسون، برخوردهای بین قاره‌ای، آتشفشانی و شارش دما، لرزه‌خیزی و حالت تنش در سنگ کره، سازوکار رانش، سیاره‌شناسی تطبیقی، ماه، تیر، مریخ، فوبوس و دیوموس، ونوس، ماهواره‌های گالیله.

فصل ۲ - تنش و کرنش در اجسام جامد

مقدمه، نیروهای پیکیری و نیروهای سطحی، تنش در دو بعد، تنش در سه بعد، فشارها در داخل عمق سیاره‌ها، اندازه‌گیری تنش، اندیشه‌های بنیادی در باره کرنش، اندازه‌گیری کرنش.

فصل ۳ - کشسانی و خمش

مقدمه، کشسانی خطی، تنش تک محوری، کرنش تک محوری، تنش مسطح، کرنش مسطح، برش خالص و برش ساده، تنش همسانگرد، خمش دو بعدی یا انحنای دو بعدی صفحات، خمیدگی صفحات تحت گشتاور و بار عمودی اعمال شده، خم شدن صفحه تحت بار افقی، تغییر شکل چینه روئی یک توده آذرین نفوذی، کاربرد سنگ کره زمین، بار متناوب، پایداری سنگ کره زمین تحت بار پایانی، خمش سنگ کره کشسان در یک شیار اقیانوس، خمش و ساختار نواحی رسوبی.

فصل ۴ - انتقال دما

مقدمه، قانون فوریه از هدایت دما، اندازه‌گیری شارش دمای سطح زمین، تولید دما بوسیله زوال عنصرهای پرتوزا، هدایت یکنواخت یک بعدی دما همراه تولید حجمی دما، یک پروفیل هدایت حرارت برای نرم کره، زمین گرمائی قاره‌ها، هدایت شعاعی دما در یک کره یا قشر کره‌ای، حرارت‌ها در داخل ماه، هدایت یکنواخت دو یا سه بعدی، حرارت زیر سطحی بواسطه حرارت و پستی و بلندی سطحی دوره‌ای، هدایت دما وابسته به زمان و یک بعدی، گرمایش دوره‌ای یک مدل نیم فضای نیمه بینهایت، تغییرات روزانه و فصلی در حرارت زیر سطحی، گرمایش یا سرمایش همزمان یک نیم فضای نیمه بینهایت، سرمایش سنگ کره اقیانوس، مسئله استفان، استحکام یک دایک یا سیل، معادله هدایت دما در یک توده متحرک، اثرات حرارتی فرسایش و رسوبگذاری، هدایت غیر یکنواخت یک بعدی در یک محدوده بینهایت، تنشهای حرارتی، پستی و بلندی کف اقیانوس، تغییرات در سطح دریا، تاریخچه فروافت و حرارتی حوزه‌های رسوبی، گرمایش یا سرمایش یک مدل نیم فضای نیمه بینهایت توسط سطح ثابت شارش دما، حرارت ناشی از اصطکاک در گسلها، جزایر آتشفشانی و ذوب در سطح تخته فرورانش، زمین گرمائی نرم کره و عایقهای گرما، ساختار حرارتی سنگ کره فرو رانده شده.



فصل ۵- گرانیتی

مقدمه، شتاب جاذبه بیرونی نسبت به چرخش واپیچیده زمین، شتاب گریز از مرکز و شتاب گرانیتی، پتانسیل گرانیتی و زمینواره، گشتاور لختی، بی‌هنجاریهای سطحی گرانیتی، فرمول گرانیتی بوگه، برگردان داده‌های گرانیتی جبران، میدان گرانیتی حاصل از توزیع تناوبی جرم در یک سطح، جبران بواسطه خمش سنگگره، بی‌هنجاریهای ایزوستازی، جبران مدلها و بی‌هنجاریهای مشاهده شده زمینواره.

فصل ۶- مکانیک سیالات

مقدمه، کانال شارش یک بعدی، پادشارش سست کره، شارش لوله‌ای، شارش‌های آبخیز فورانی، شارش از میان لوله‌های آتشفشانی، بقای شارش در دو بعد، تعادل نیروی المانی در دو بعد، کشانه، بازگشت پس‌یخچالی، زاویه فرورانش، تشکیل گنبد نمکی، چین‌خوردگی، شارش استوک، شارش لوله بعلاوه دما، مدل آبخیز برای چنمه‌های گرم، همرفت دما، تحلیل‌های پایداری خطی برای شروع همرفت دما در یک لایه از سیال از زیر حرارت داده شده، نظریه لایه مرزی برای دامنه معین همرفت دما، نیروهائیکه صفحات زمین‌ساخت را حرکت می‌دهند، گرمایش بوسيله پراکندگی چسبندگی.

فصل ۷- تغییر شکل سنگ

مقدمه، کشسانی، خزش پخش، خزش تغییر محل، شارش‌های برشی سیالات با تغییر شکل‌های دما و وابستگی تنش، دگرشکلی گوشته، اثرات دگر شکلی همرفت و سرمایه زمین، دگر شکلی پوسته، کشسانی گرانروی، رفتار کشسان تمام پلاستیک.

فصل ۸- گسلش

مقدمه، دسته‌بندی گسله‌ها، اصطکاک در گسله، نظریه گسلش اندرسون، صفحات رورانده و سراسیبی گرانیتی، چسب لغز و برگشت کشسان، گسل سن اندریاس، گسل آنا تولی شمال، چند راه حل کشسان برای گسلش امتداد لغز، پخش تنش، خزش کنش ورشده گرمائی در گسله‌ها.

فصل ۹- شارش در اجسام متخلخل

مقدمه، قانون دارسی، مدل‌های تراوانی، شارش در بسترهای آبد، شارش در بسترهای نامحدود آبد، شکل هندسی آتشفشانها، معادلات بقاء جرم، اندازه حرکت و انرژی شارش در یک جسم متخلخل، فرارفت یک بعدی گرما در یک جسم متخلخل، همرفت گرمائی یک لایه متخلخل، زبانه‌های گرمائی در جسم متخلخل اشباع از سیال، مدل متخلخل شارش برای کوچ ماگما، همرفت دو فاز.

منابع پیشنهادی :

- Bird, J. M., 1980, Plate tectonics: American Geophysical Union, Washington, D.C.
Wyllie, P. J., 1971, The dynamic earth: John Wiley, New York.
Bomford, G., 1962. Geodesy: Oxford University Press, London.
Timoshenko, S. and Goodier, J. N., 1970, Theory of elasticity: McGraw-Hill, New York.
Jaeger, J. C., 1969, Elasticity, Fracture, and Flow: 3rd Ed., Methuen, London.
Ramberg, H., 1967, Gravity - deformation and earth's crust: Academic Press, London.
Turcotte, D., and Schubert, G., 1982, Geodynamics, applications of continuum physics to geological problems: John Wiley and Sons.



ژئودینامیک شیمیائی
(Chemical Geodynamics)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- کلیات

رفتار عناصر (دما، گداز، میل ژئوشیمیائی، پتانسیل یونی، چگالی)، فراوانی عناصر در زمین، عناصر اصلی، عناصر کمیاب، تفریق زمین اولیه بر پایه رفتار عناصر و چگونگی ایجاد ساختار لایه لایه زمین، تشکیل هسته زمین و اثرهای آن.

فصل ۲- ترکیب شیمیائی گوشته و مذابهای حاصل از آن

روش‌های تخمین ترکیب گوشته، گوشته بالائی، (همگن یا ناهمگن) گوشته پائینی، ماگماهای ناشی از گوشته، بازالت‌های پشته میان اقیانوسی (MORB) و تشکیل پوسته اقیانوسی، لکه‌های داغ (بازالت‌های جزایر اقیانوسی، کیمبرلیت‌ها و الماس، بازالت‌های قلیایی، بازالت‌های سیلی قاره‌ای، آندزیت، کوماتی‌ایت‌ها.

فصل ۳- ویژگیهای نواحی چشمه ماگماها در گوشته

سنگهای الترامافیک، پیرولیت، اکلوزیت، عمق منابع‌های گوشته‌ای، متاسوماتیسم (تغییرات شیمیائی) گوشته و منابع‌های گوشته‌ای غنی شده، بالا آمدن گندهایی از گوشته عمیق، مدل‌سازی عناصر کمیاب.

فصل ۴- ایزوتوپ‌ها

ایزوتوپ‌های سرب، ایزوتوپ‌های استرونیوم و ثودیومیوم، پارادکس سرب، تکوین ایزوتوپی گوشته، ایزوتوپ‌های اکسیژن، ایزوتوپهای گازهای نادر، قندهای ایزوتوپی در زایش ماگما، مدل‌های زایش ماگما در گوشته، مسئله ماگماهای اولیه.

فصل ۵- تکوین گوشته

مدلهای پتروژنز گوشته، تکوین پترولوژیکی گوشته، لایه بندی شیمیائی گوشته، ماهیت فرآیندهای غنی کننده و تهی سازنده، نقش اختلاط ماگماها، ذوب شدگی در گوشته غنی شده، اقیانوس ماگما، ناهمگنی گوشته.

فصل ۶- ایجاد ماگماها از دیدگاه زمینساخت صفحه‌ای

آتشفشانی در مرزهای واگرا (تشکیل MORB)، مرزهای همگرا (جزایر کمائی، کمانهای ماگمایی در حاشیه فعال قاره‌ها)، آتشفشانی درون صفحه‌ای.

منابع پیشنهادی :

Anderson, D.L.M 1989, Theory of the Earth, Blackwell Scientific Publications.

Richardsons, S.M. and McSween, Jr., H.Y., 1989, Geochemistry : Pathways and processes, Prentice Hall.

Wilson, M., 1989, Igneous petrogenesis : a global tectonic approach, Unwin Hyman.



ژئوفیزیک و محیط زیست
(Environmental Geophysics)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه: هدف و تعریف، توسعه شهرنشینی و رشد روزافزون شهرهای صنعتی، سهم مراکز صنعتی در آلوده کردن محیط زیست، اهمیت شناسایی منابع آلاینده و ضرورت کنترل آلودگی.

فصل ۱ - محیط زیست

تعریف، موضوع بحث و علوم وابسته، استانداردها و قوانین زیست محیطی، زیر مجموعه‌های تشکیل دهنده محیط زیست شامل: محیط خاک (اجزاء تشکیل دهنده خاک، خواص خاک و اهمیت آن در زندگی بشر، انواع خاک از نظر کاربردی، آلودگی خاک، آرایش خاک بوسیله عناصر سنگین مانند Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn). محیط آب (چرخه هیدرولوژی، هیدرولوژی آبهای سطحی، هیدرولوژی آبهای زیرزمینی، نقش سنگ بستر در ترکیبات شیمیایی آبهای زیرزمینی، آلاینده‌های آب و منابع بوجود آورنده آنها). محیط هوا (اصول فیزیکی و شیمیایی، آلاینده‌های هوا و مقادیر استاندارد و مجاز آنها، منابع ساکن و متحرک عناصر آلاینده هوا).

فصل ۲ - منابع عمده آلودگی‌های محیط زیست

فاضلاب شهری و صنعتی، زباله‌های شهری و صنعتی، زباله‌های خطرناک، تابش‌های یونساز.

فصل ۳ - روشهای ژئوفیزیکی و شناسایی آلودگی‌های محیط زیست

روشهای ژئوفیزیکی برای مطالعه آبهای زیرزمینی، روشهای ژئوفیزیکی برای ردیابی مسیر انتقال و محدوده گسترش آلودگیها در زیر سطح زمین، روشهای ژئوفیزیکی برای تشخیص نشت مواد آلاینده از مخازن و لوله‌های مدفون در زمین، روشهای ژئوفیزیکی برای تعیین محل اجسام آلاینده دفن شده در زیر زمین.

فصل ۴ - روشهای ژئوفیزیکی و کنترل آلودگی‌های محیط زیست

روشهای ژئوفیزیکی برای تعیین درزه و شکافها بعنوان مسیرهای انتقال مواد آلاینده سطحی به مخازن زیرزمینی، روشهای ژئوفیزیکی برای ارزیابی محل تعیین شده جهت دفن زباله‌های اتمی و غیر اتمی.

منابع پیشنهادی:

Ward, S. H., Ed., 1994, Geotechnical and environmental geophysics: Volumes 1-3, Society of Exploration Geophysicists.

Mackenzie L. D., and Cornwell, D. A., 1991, Introduction to environmental engineering: 2nd ed., McGraw-Hill.

Aswathanarayana, U., 1995, Geoenvironment - An introduction: A. A. Balkema Co.

Mumtaz A. U., and Acar, Y. B., Ed., 1992, Enviromental geotechnology: A.A. Balkema Co.



سنجش از دور و ژئوفیزیک
(Remote Sensing and Geophysics)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : هدف و تعریف، توسعه سنجش از راه دور، اصول بنیادی، یک نمونه برنامه سنجش از راه دور، مزیت‌ها و محدودیتها.

فصل ۱- اصول و مبانی فیزیکی

طبیعت تابش EM، مبانی تابش و چشمه‌ها، اصطلاحات فنی تابش، تابش اجسام تیره، طیف الکترومغناطیسی، انرژی قابل دسترس برای سنجش، تأثیرات جوّی، پراکنش جوّی، جذب جوّی، انتشار جوّی، سازوکار فعل و انفعال انرژی در زمین، سازوکار بازتابش، سازوکار انتقال، سازوکار جذب، انتشار مربوط به زمین.

فصل ۲- طیف کانی‌ها و سنگها

پاسخ طیفی و علائم طیفی، ترتیبات پایه‌ای جمع‌آوری داده‌های طیفی در آزمایشگاه و اصطلاحات فنی، مراحل مولکولی اتم در جامدات که منجر به تشکیل ترکیبات در طیف می‌شوند، طیف مشترک اجزاء اصلی یونی در قسمتهای مختلف از طیف EM، طیف کانی‌ها، طیف سنگها، طیف حاصل از آزمایشگاه در مقابل طیف حاصل در محل، طیف اجسام طبیعی معمول، روشهای اندازه‌گیری طیف در محل عکسبرداری؛ مقدمه، دوربین‌ها، فیلترها، ترکیبهای فیلم فیلتر برای عکسبرداری طیف زونار، عکسبرداری عمودی و مایل، قدرت تفکیک عکسبرداری، مأموریت‌های عکسبرداری.

فصل ۳- سیستمهای تصویری و تشعشع سنجها

مقدمه، رسیدن انرژی به گیرنده (ملاحظات نسبت علامت به نوفه)، گیرنده‌های غیر تصویری، گیرنده‌های تصویری، گیرنده‌های تصویری فضا برد، محصولات داده‌های اسکنر. مفاهیم هندسی عکسها و تصاویر، انحرافهای هندسی، دوربین و مباحث شکلهای برجسته، مباحث اندازه‌گیری و مساحی از روی عکسهای هوایی، جزئیات انتقال پهنه‌سنج و نقشه‌کشی.

فصل ۴- کیفیت تصویر و مبانی تعبیر و تفسیر

رفتار با عکسها و تصاویر، اصول و مبانی تعبیر و تفسیر، کاربردها. تعبیر و تفسیر داده‌ها در محدوده بازتابش خورشیدی؛ مقدمه، ملاحظات میزان انرژی جهت سنجش در محدودهٔ SOR ، بدست آوردن داده‌ها در محدودهٔ بازتابش خورشیدی، پردازش داده‌های تصویر از بازتابش خورشیدی، تعبیر و تفسیر، روش لومینگس (Luminix) هدف‌های کاربردی در زمین‌شناسی و ژئوفیزیک. تعبیر و تفسیر داده‌ها در محدودهٔ فرو سرخ دمائی؛ مقدمه، انرژی شعاعی زمین (ملاحظات پایه‌ای، سنجش، باند وسیع دما و تفسیر داده‌ها، سنجش چند طیفی TIR یا الگوی طیفی انتشار، سنجش LIDAR).



فصل ۵ - محدوده ریز موج

گیرنده‌های ریز موج؛ مقدمه، گیرنده‌های ریز موج غیر فعال و تشعشع‌سنجی، گیرنده‌های ریز موج فعال و رادارهای تصویری. تفسیر از شبیه‌سازی SLAR؛ مقدمه، خصوصیات تصویر SLAR، برگشت رادار، داده‌های تصویری SLAR پردازش شده و پردازش نشده، تفسیر، هدفهای کاربردی در زمین‌شناسی و ژئوفیزیک.

فصل ۶ - پردازش داده‌ها، یکپارچه نمودن و کاربردها

پردازش رقمی تصویر؛ مقدمه، تصحیح تصویر، ثبت تصویر، برانبارش تصویر، تقسیم‌بندی تصویر، رده‌بندی تصویر رقمی، سیستمهای پردازش تصویر. کاربردهای زمین‌شناسی؛ مقدمه، زمین ریخت‌شناسی، ساختار، کانی‌شناسی، ترتیب چینه‌ای و نسبت‌های ستی، اکتشاف کانی، اکتشاف نفت، پی‌جویی‌های آبهای زیرزمینی، پی‌جویی‌های گسل حاوی آب، پی‌جویی‌های زمین‌شناسی مهندسی، کاربردهای انرژی‌های آتشفشانی و گرمایی، کاربردهای محیطی، کاربردهای ژئودینامیکی.

فصل ۷ - ترکیب داده‌های سنجش از راه دور و دیگر داده‌های مربوط به زمین (الگوی GIS)

کامل کردن و یکپارچه نمودن پی‌جویی‌های چند منظوره زمین‌شناسی و ژئوفیزیک، سیستم اطلاعات، انواع موقعیت جغرافیائی، منابع داده‌های زمین در GIS چندگانه، خصوصیتها و مقیاسهای اندازه‌گیری در دسته داده‌ها و یکپارچه نمودن تفسیر، سنجش از راه دور در چشم‌انداز اکتشافات زمین‌شناسی و ژئوفیزیک.

فصل ۸ - اینترفرومتری رادار

بررسی تغییر شکل پوسته با استفاده از امواج رادار قبل و بعد از گسلش زمینلرزه‌ای، تحلیل امواج رادار، مدل‌سازی و مقایسه با نتایج حاصل از داده‌های اینترفرومتری.

منابع پیشنهادی :

- Fischetti, T.L., 1981, The application of space technology to geodynamics - an overview: Int. Geosci. Remote Sens. Symp. (IGARSS), IEEE, Vol 1 Digest.
- Gupta, Ravi P., 1991, Remote sensing geology: Springer-Verlag.
- Kondratyev, K.Y., Kozoderov, V.V., and Smokty, O.L., 1992, Remote sensing of the earth from space - Atmospheric correction: Springer-Verlag.



سیستم جهانی موضع یابی
(Global Positioning System (GPS))

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش نیاز :

مقدمه : مبدأ اندازه گیری، توسعه روشهای تعیین موقعیت، تاریخچه سیستم تعیین موقعیت جهانی.

فصل ۱- نظر اجمالی GPS

مفاهیم پایه، بخش فضا، بخش کنترل، بخش استفاده کننده، سیستمهای مراجع (مقدمه، سیستمهای مختصات، سیستمهای زمانی)، مدارهای ماهواره (مقدمه، توصیف مدار، تعیین مدار، بخش مدار)، سیگنال ماهواره (ساختار سیگنال، پردازش سیگنال).

فصل ۲- موقعیت های مشاهده پذیر

بدست آوردن داده ها، ترکیب داده ها، تأثیرات جو، تأثیرات مربوط به نسبیت، مسیرهای چندگانه، دورافت مرکزی فاز آنتن و تغییرات، ژئوئید، بیضوی چرخان، موقعیت بیضوی و برگردان مشاهدات، جو به اختصار، مولفه های انتشار امواج، اثرهای یون سپهری بر روی نقاط مشاهده پذیر GPS، اثرهای تریسفری بر روی نقاط مشاهده پذیر GPS، مسیرهای چندگانه و مرکز فاز.

فصل ۳- اندازه گیری بوسیله GPS

مقدمه، برنامه ریزی یک اندازه گیری GPS، روش اندازه گیری، پردازش داده ها، گزارش اندازه گیری. مدل های ریاضی برای تعیین موقعیت؛ تعیین موقعیت نقطه، تعیین موقعیت نسبی.

فصل ۴- پردازش داده ها

مؤلفه ها، مدل های استوکاستیک و ریاضی، انتشار میانگین و واریانس - کوواریانس، معادله مشاهدات و مدل های معادله شرط، پارامترهای وزن دار و شرایط بین پارامترها، تبدیلهای کمینال و قیدی، تبدیلهای کمترین مربعات، تعدیل آشکارسازی بلاندر، پردازش داده، تطبیق فیلتر کردن و هموار نمودن، تطبیق کردن مدل های ریاضی تعدیل شبکه، GPS، تعدیل دقت.

فصل ۵- تبدیل نتایج GPS

مقدمه، تبدیلهای مختصات، تبدیلات همگونی، ترکیب داده های GPS و داده های زمینی، مفهوم نقطه ثابت (Fiducial Point).

فصل ۶- فاکتورهای نرم افزار

مقدمه، انتقال داده، پردازش داده، کنترل کیفیت، تطبیق شبکه، مدیریت پایگاه (اطلاعات، موارد بایگانی، نابلتهای نرم افزار، فهرست رسیدگی برای فاکتورهای نرم افزار).

فصل ۷- کاربردهای GPS

استفاده کلی از GPS، نصب شبکه کنترل، قابلیت های بین سیستمی GPS. مفاهیم جدید کاربرد، ارتباط بین دقت و دسترسی، بهبود ارتباط جمعی ماهواره ها، اصلاحات سخت افزاری و نرم افزاری، نتایج.



منابع پیشنهادی :

- Ackroyd, N., and Lorimer, R., 1990, Global navigation - a GPS user's guide: Loyd's of London.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtengger, H., and Collins, 1992, Global positioning system: Springer-Verlag.
- Hehl, k., Hein, G. W., Landau, H., and Ertel M.,1991, An integrated airborne navigation and gravity recovery system-verification of GPS-determined vertical disturbing acceleration accuracy:
- ICD-Glonass, 1995, Global navigation satellite system interface control document: Coordinational Scientific Information Center of Russian Space Forces (KNITS VKS), Moscow, Rubland.
- Leick, A., 1990, GPS satellite surveying: John Wiley and Sons Inc.



فیزیک درون زمین
(Physics of the Earth's Interior)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش نیاز :

مقدمه : اهمیت مطالعه ساختار مواد در فشار زیاد برای درک ساختار درونی زمین و سایر سیارات.

فصل ۱- زمین، ماه و سیاره‌های شبیه آنها

نظریه‌های تشکیل سیاره‌ها، شهابسنگها، جو سیاره‌ها، ترکیب سیاره‌های زمینی، سیاره‌شناسی مقایسه‌ای، ترکیب کلی زمین، تحول درون زمین، منشأ پوسته، منشأ گوشته و هسته، کانی‌شناسی گوشته، ماه.

فصل ۲- پوسته، گوشته و هسته زمین

پوسته، سنگکره لرزه‌ای، منطقه سرعت کم در گوشته بالایی، مدل‌های کانی‌شناختی برای عمق‌های ۵۰ تا ۴۰۰، هسته، کیلومتر، منطقه گذر از گوشته بالایی به گوشته پائینی، ترکیب گوشته پائینی، منطقه هسته، میدان "D" ترازمندی گوشته - مغناطیسی.

فصل ۳- ترمودینامیک و معادلات حالت

روابط بنیادی ترمودینامیکی، معادله‌های نظری حالت، روابط گرونینز، اثر دما بر مدولهای کپه‌ای، انبساط گرمایی و ناهماهنگی، تبدیل‌های همدم - بی‌دررو، محاسبه چگالی در زمین، معادله حالت کرنش پایاندار (متناهی)، ارزش‌های فشار صفر، خواص لرزه‌ای گوشته پائینی، معادله حالت، پارامتر لرزه‌ای، اثر ترکیب و فاز، پتانسیل دافعه، موج شوکی.

فصل ۴- کشسانی و ژئوفیزیک حالت جامد

ثابت‌های کشسانی جامدات همسانگرد، مشتق‌های دما و فشار مدولهای کشسانی، اثرهای دمای ذاتی و غیر ذاتی، قندهای لرزه‌ای بر ترمودینامیک گوشته پائینی، تصحیح دما بر خواص کشسانی، خواص کشسانی مواد مرکب، مایعات.

فصل ۵- خواص ناکشسانی و ترابری مواد زمین

رسانندگی گرمایی، پخش و وکشسانی، دمای همولوگ، جابجایی در شبکه بلور و خزش، سنگکره، ضخامت کشسانی مؤثر سنگکره، ذوب سنگها و منشاء ماگما، شعاع یونی.

فصل ۶- ترکیب شیمیایی گوشته و چشمه‌های ماگما

روش‌های تخمین ترکیب شیمیایی گوشته، گوشته بالایی، گوشته پائینی، ماگماها، بازالت‌ها، لکه‌های داغ، عمق چشمه‌های ماگما، تغییر ترکیب گوشته، ناهمگنی گوشته، صعود مواد در گوشته، لایه‌بندی شیمیایی گوشته، ماهیت فرآیندهای غنی‌شدگی و تهی‌شدگی گوشته، مدل‌های مربوط به تحول گوشته از زمان تشکیل کره زمین.

فصل ۷- تغییرات فاز و کانی‌شناسی گوشته و مدل‌های زمین

یون‌ها و ساختار بلوری، چندریختی در ماده بلورین، کانی‌ها و فازهای گوشته، ترازمندی فاز در سیستم‌های گوشته، محاسبه روابط فاز، تبدیل فازهای هم فشار و تغییرات جانبی خواص فیزیکی در گوشته، تاخت‌های فرورانده شده سنگکره در گوشته، مدل‌های لرزه‌ای زمین، مدل‌های گرمایی، مدل‌های کانی‌شناختی.



منابع پیشنهادی :

Anderson, D. L., 1989, Theory of the earth: Blackwell Scientific Publications.

Poirier, J. P., 1991, Interoduction to the Physics of the earth's interior: Cambridge University press.

Ringwood, A. E., 1975, Composition and petrology of the earth's mantle: McGraw-Hill Book Company.

Ulmer, G. C. (ed), 1971, Research techniques for high pressure and high temperature: Springer-Verlag.



مطالعات اختصاصی

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

در صورتی که استاد راهنما تشخیص دهد دانشجو در ارتباط با موضوع پایان‌نامه خود لازم است یک درس تخصصی را بگذراند که قبلاً در برنامه دوره دکتری پیش‌بینی نشده است، عنوان و سرفصل آن را جهت بررسی و تصویب به کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی پیشنهاد می‌کند. مقررات گذراندن این درس مطابق نکات مندرج در برنامه است.



مغناطیس زمین (Geomagnetism)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- کلیات

میدان ژئومغناطیسی، اجزاء تشکیل دهنده میدان، یادآوری اصول فیزیکی مغناطیس، مقوله‌های اندازه‌گیری ژئومغناطیسی، دستگاه‌های ژئومغناطیس، رصدخانه مغناطیسی، تغییرات میدان (روزانه و طولانی)، هامورنیک‌های کروی.

فصل ۲- تحلیل میدان اصلی بکمک هامونیک‌های کروی

تحلیل گوسی و تکرارهای آن، تحلیل بوسیله دو قطبی Schmidt، هامونیک مرتبه اول، دستگاه مختصات ژئومغناطیسی و زمان، میدان ناشی از دو قطبی واقع در مرکز، مرکز مغناطیسی، میدان C خارج از مرکز، حملات با مرتبه‌های بالاتر، تحلیل بوسیله میدان با Dyson و Furner خارجی و میدان غیر پتانسیلی، کاهش منشأ داخلی در بالای سطح زمین، تغییرات طولانی، چند قطبی‌ها.

فصل ۳- تحلیل تغییرات مغناطیسی بکمک هامونیک‌های کروی

عبارت کلی برای پتانسیل تغییرات روزانه، فرض عدم وابستگی به طول جغرافیایی، روش Chapman برای D_{st} تحلیل S، مقایسه آن با سایر روشهای تحلیل، جدا سازی عبارتهای داخلی و خارجی، تحلیل میدان L و وجه تشابه L و S، تحلیل بروش McNish، تحلیل بروش Hasegawa، تحلیل میدان.

فصل ۴- تئوریهای میدان اصلی و تغییرات طولانی آن

مسئله میدان ناشی از مغناطیس شدگی یکنواخت، فرض مغناطیس شدگی دائمی، جریانهای داخلی، اثرات ژئومغناطیسی، بارهای الکتریکی دوار، رفتار تغییرات طولانی در تئوریهای مربوط به میدان اصلی، اثرات مغناطیسی حرکت زمین و جریانهای اقیانوسی، میدانهای خارجی، هیدرودینامیک مغناطیسی، میدانهای Poloidal, Toroidal، واپاشی آزاد (free decay) در کوره رسانای یکنواخت، امواج Alfvén، دیناموی هیدرومغناطیسی، ملاحظات انرژی.

فصل ۵- القای الکترومغناطیسی در داخل زمین

تئوری جریانهای Eddy، ساختار رسانایی کره زمین، بی‌هنجاریهای رسانایی، اهمیت رسانایی الکتریکی، القا بوسیله قسمتهای میدانهای S و L و D، مدل هسته یکنواخت منطبق با میدانهای S و L، تأثیر لایه‌های سطحی، توزیع جریان القایی در هسته، تراوایی مغناطیسی داخل زمین، القا توسط میدانهای غیر تناوبی، القا توسط میدان ویژه زمان طوفان، D_{st} مدل هسته غیر یکنواخت منطبق با میدانهای S و D_{st} ، توزیع رسانایی در داخل زمین.

فصل ۶- تئوری تغییرات مغناطیسی روزانه مربوط به ماه و خورشید

تئوری دیناموی S و L، تئوریهای دیامغناطیسی و جریان رانه مربوط به S، یونش جوی و تغییرات روزانه مغناطیسی.



فصل ۷- تئوری طوفانهای مغناطیسی و Aurorae

مفاهیم و واقعیتهای اساسی، طبیعت عوامل خورشیدی، پیشروی طوفانی ذرات خورشیدی و یونیزه شده به neutral داخل میدان مغناطیسی زمین، آشفتگی سطح طوفان نزدیک شونده و فاز اول طوفان و مغناطیسی، بحث کمی فاز اول، فاز اصلی طوفان مغناطیسی، Aurorae دیگر جنبه‌های طوفانهای مغناطیسی، تئوری نور ماورا بنفش طوفانهای مغناطیسی و Aurorae، محل جریانهای D بین منطقه‌ای، قسمت قطبی سیستم جریان D، جنبه‌های بی قاعده آشفتگی‌های مغناطیسی D_i ، انرژی پتانسیل مغناطیسی و انرژی میدان، انرژی میدانهای مغناطیسی بر هم نهیده، تغییر انرژی میدان حین طوفانهای مغناطیسی.

منابع پیشنهادی :

Chapman, S., and Bartels, J., 1951, Geomagnetism I-II: Clarendon Press, Oxford.

Parkinson, W. D., 1983, Introduction to geomagnetism: Scottish Academic Press.

Jacobs, J. A. Ed., 1991, Geomagnetism 1-4: Academic Press.



گرایش زلزله‌شناسی



تئوری چشمه زلزله
(Earthquake Source Theory)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

مقدمه : تئوری چشمه زمین‌لرزه، شرایط فیزیکی و چگونگی ایجاد امواج لرزه‌ای.

فصل ۱ - نمایش چشمه زمین‌لرزه‌ها بصورت تئوری

تئوری الاستو دینامیک، تانسورهای ممان لرزه‌ای، تانسورهای ممان نقطه‌ای، تفسیر ساده فیزیکی ممان لرزه‌ای، تانسور ممان معادل یک حلقه جابجائی، امتدادهای ویژه تانسور ممان، چشمه‌های محدود و تانسورهای ممان مرتبه‌های بالا.

فصل ۲ - مروری بر مدل‌های دینامیک گسلها

مدلهای زمین لرزه‌ها، تئوری تشکیل درزه‌ها، مکانیک جبهه شکستگی، تعادل انرژی زمین‌لرزه، مدل‌های چشمه‌های پیچیده.

فصل ۳ - مروری بر تئوری انتشار لرزه

انتشار لرزه از یک گسل صفحه‌ای (انتشار امواج حجمی از گسل صفحه‌ای با لغزش)، بعضی خواص عمومی از انتشار در میدان دور (far-field).

فصل ۴ - سینماتیک زمین لرزه در میدان دور (far field)

شکل موج جابجائی در محیط همگن و همسانگرد نامحدود، شکل موج جابجائی در محیط ناهمگن و همسانگرد با استفاده از تقریب گسترش هندسی، خواص عمومی شکل موج جابجائی در میدان دور، رفتار طیف لرزه‌ای در فرکانسهای پائین. یک مدل گسل با انتشار یکطرفه، ایجاد و گسترش و توقف شکستگی.

فصل ۵ - سینماتیک زمین لرزه در میدان (near field)

لرزه نگاشتهای مصنوعی از یک چشمه معین در محیط همگن و همسانگرد نامحدود، حرکات با فرکانسهای بالا نزدیک یک گسل در حال شکستگی.

فصل ۶ - دینامیک شکستگی

روابط بین استرس و لغزش برای یک ترک در حال گسترش، میدان نزدیک یک ترک بیضوی در حال گسترش، طیف میدان دور یک ترک دایروی.

منابع پیشنهادی :

Aki, K., and Richards, P. G., 1980, Quantitative seismology theory and methods, 1 - 2: W.H. Freeman and Co., New York.

Kanamori, H., and Bowchi, E., 1982, Earthquakes - Observation, theory and interpretation: North-Holland Publishing Co., Amsterdam.

Lay, T., and Wallace, T. C., 1995, Modern global seismology: Academic Press.



روشهای پیش‌بینی زلزله (Earthquake Prediction Methods)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : مفاهیم کلی، اهداف.

فصل ۱- کلیات

معانی پیش‌بینی، زمینه تاریخی و اسطوره‌ای، رفتار حیوانات، پرندگان و حشرات، تغییرات هواشناسی غیر معمول، تغییرات آبهای زیرزمینی، تغییرات میدان مغناطیسی، سایر علائم، مثالها. زمینه تاریخی، ایجاد پژوهشگاهها در دنیا، بررسی زمینلرزه‌های مهم، برنامه‌های پیش‌بینی زمینلرزه‌ها در دنیا، زمینه‌های فعالیتهای علمی پیش‌بینی زمینلرزه‌ها (پیش‌نشانگرها)، تقسیم‌بندی پیش‌نشانگرها، کارهای مساحی (geodetic)، اندازه‌گیری‌های جزرومد، اندازه‌گیری حرکات پیوسته پوسته، زلزله‌خیزی، اندازه‌گیری سرعت امواج لرزه‌ای، گسلهای فعال و چینه‌ها، کارهای ژئومغناطیس، بررسی ژئوالکتربیک، آزمایشات بر روی شکستن سنگها.

فصل ۲- بررسی پیش‌نشانگرها

تغییرات خشکی با استفاده از مساحی (geodetic)، گزارشهای نمونه، روش مثلث‌بندی، روش تغییرات فاصله (geodiameter)، روش تغییرات ارتفاع، بی‌هنجاریهای زمینهای بالا آمده در زمینلرزه‌ها، تغییرات ارتفاع خشکی نسبت به سطح آزاد دریاها. تغییرات عوامل فیزیکی، تغییرات سرعت امواج لرزه‌ای، تغییرات نسبت V_p/V_s ، مانده‌های زمانی، ناهماهنگی V_s ، تغییرات کلاسیکی ژئومغناطیس، پدیده سیمومغناطیس، تغییرات ژئومغناطیس به علت دخالت بشر، تئوری تکتومگنتیک، تغییرات ژئومغناطیسی آنومالیاها، تغییرات مقاومت الکتریکی زمین.

فصل ۳- بررسیهای تکتونیکی و زلزله‌خیزی

خزش گسلها (Creep)، گذشته - حال و آینده، پادگانه‌های ساحلی *costal terraces*، بازگشت الاستیک، چرخه دگرشکلی پوسته، تجمع استرین، مرز انتقال، مناطق فرورانش، مشاهدات مغناطیسی دریائی، همرفتی جبهه، ایجاد پوسته دریائی، مناطق زلزله‌خیز، پیش‌بینی لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها، توفانهای زمینلرزه‌ای.

فصل ۴- تجربه‌های آزمایشگاهی

شکست سنگها، ترکهای ریز، گسیختگی اصلی، آزمایشهای تحت فشار، خواص فیزیکی سنگها در واکنش زیاد، مدل اتساع، مدل شکل‌گیری، مدل‌های بارگذاری، تغییرات در سرعت امواج الاستیک، تغییرات در مقاومت الکتریکی، مدل‌های خشک، مدل‌های تراشباع.

فصل ۵- تئوری پیش‌بینی زمینلرزه

پیش‌بینی آماری زمینلرزه، محدودیتهای آنها، روشهای آماری وابسته به نظریه مقادیر *extrem*، وابستگی بین اتفاق زمینلرزه و سایر پدیده‌ها، پیش‌بینی بزرگا، پیش‌بینی زمانی، نسبت ریسکی براساس احتمال، واکنش نهائی و احتمال وقوع زمینلرزه، نتایج آماری و احتمالی آن، احتمال براساس مدل اتساع. نتایج آمار زمینلرزه‌های پیش‌نشانگر



(precursors)، دسته‌بندی زمینلرزه‌های پیشین، هیستوگرامها براساس زمان، دسته‌بندی مختلف بزرگا، چهار مرحله [پیش‌بینی زمینلرزه (پیش‌بینی آماری (از زمینلرزه‌های پیشین)، پیش‌بینی بلند مدت زمینلرزه (جمع‌شدگی واکنش)، پیش‌بینی کوتاه و میان مدت (مدل اتساع) و پیش‌بینی آتی و کوتاه مدت (مرحله بدون درنگ برای گسیختگی اصلی)].

فصل ۶- بهینه‌کردن کنترل زمینلرزه

راههای اصلی طبقه‌بندی تحقیق در پیش‌بینی زمینلرزه، در کجاها باید به پیش‌بینی مبادرت کرد. تزریق آب، دریاچه‌های ساختگی و زمینلرزه، برداشت معادن و زمینلرزه، آموزش مردمی، قوانین ساخت و ساز بناها.

منابع پیشنهادی :

Wyss, M., Ed., 1975, Earthquakes prediction and rock mechanism: Birkhauser Verlag Basel Und Stuttgart.

Zongjin, M., et al., 1990, Earthquake prediction: Seismological press, Springer Verleg.

Rikitake, T., 1976, Earthquake prediction: Elsevier Scientific Pub. Co.



زلزله‌شناسی پیشرفته
(Advanced Earthquake Seismology)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : آشنائی با روشهای پیشرفته محاسبه پارامترهای زمینلرزه، تعیین ابعاد گسلش، ساختمان درون زمین، خصوصیات چشمه‌های زمین لرزه‌ای.

فصل ۱- روشهای پیشرفته تعیین پارامترهای زمینلرزه

روشهای محاسبه انرژی و شدت و افت استرس، تعیین بزرگی و گشتاور لرزه‌ای، محاسبه تانسورممان، تعیین ابعاد گسلش، تعیین سرعت و جهت شکستگی، محاسبه مقدار جابجائی.

فصل ۲- ساختمان درون زمین

تعیین سرعت و ضخامت لایه‌های پوسته، انواع توموگرافی، کاربرد توموگرافی در مطالعه پوسته زمین، کاربرد توموگرافی در مطالعه گوشته زمین، کاربرد توموگرافی در مطالعه هسته زمین.

فصل ۳- امواج سطحی

خصوصیات اساسی امواج سطحی، جذب امواج سطحی، پراکندگی امواج سطحی، محاسبه تابع گرین، امواج لاو و ریلی منتشره از یک چشمه نقطه‌ای با ممان دلخواه، نوسان آزاد زمین، نوسان آزاد ناشی از یک چشمه نقطه‌ای شکل.

فصل ۴- دریا لرزه (tsunami)

ایجاد دریا لرزه (با منشأ زمینلرزه‌ای و سایر علل)، رابطه انرژی زمینلرزه با دریا لرزه، محاسبه بزرگی زمینلرزه با بکارگیری دریالرز، محاسبه سازوکار چشمه زمینلرزه با استفاده از دریالرز، انتشار دریالرز (انکسار و پراکندگی)، سیستمهای هشدار دهنده دریا لرزه.

فصل ۵- چگونگی شکستگی در زمینلرزه‌ها

مطالعه نسبت دامنه‌های P و S، پلاریزه شدن امواج S، کاربرد امواج حجمی پیروید بلند، کاربرد امواج سطحی، روش تانسور ممان ثقل.

فصل ۶- مکانیک پس لرزه‌ها

مکانیسم ممکن برای رخداد پس لرزه‌ها، توالی زمینلرزه‌ها روی یک گسل، مدل ناهمواری سطح گسل (اسپریتی)، مدل مرزی (باری)، مدل رخداد پس لرزه‌ها براساس رشد آهسته ترک، پس لرزه‌های خارج از صفحه گسل، توزیع فضایی پس لرزه‌ها و جابجایی در اثر زلزله اصلی، روابط آماری و تجربی در مورد پس لرزه‌ها، آهنگ کاهش پس لرزه‌ها، سازوکار پس لرزه‌ها.

منابع پیشنهادی :

Aki, K., and Richards, P. G., 1980, Quantitative seismology theory and methods, 1 - 2: W.H. Freeman and Co., New York.

Kanamori, H., and Bowchi, E., 1982, Earthquakes - Observation, theory and interpretation: North-Holland Publishing Co., Amsterdam.

Lay, T., and Wallace, T. C., 1995, Modern global seismology: Academic Press.



زلزله‌شناسی جنبش شدید زمین
(Strong Motion Seismology)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری عملی (۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی)
پیش‌نیاز :

فصل ۱- مروری بر زلزله‌شناسی مهندسی

تاریخچه دستگاههای شتابنگاری، شبکه‌های شتابنگاری جهان، شبکه شتابنگاری ایران.

فصل ۲- مبانی پردازش شتابنگاشتها

شتابنگاشتهای آنالوگ، شتابنگاشتهای رقمی، تدوین کاتالوگ داده‌های شتابنگاری، آشنائی با داده‌های شتابنگاری ایران.

فصل ۳- مطالعه سرچشمه زمین لرزه براساس داده‌های جنبش شدید زمین

مطالعه اثر جهت یافتگی و بررسی جنبش شدید زمین در حوزه نزدیک گسلهای لرزه‌زا (رفتار غیر خطی)، مطالعه افت تنش در نواحی مختلف ایران و مقایسه با نتایج حاصله در نواحی دیگر.

فصل ۴- اثرهای ساختگاه و سرچشمه و مسیر بر جنبش شدید زمین

تغییرات مکانی - زمانی حرکات شدید زمین، مکانی - زمانی حرکات توانمند زمین طبقه‌بندی جنس خاک برای استفاده در مطالعه خطر زمین‌لرزه و کاربرد آن در رابطه‌های کاهندگی، مطالعات انجام شده در ایران و سنایسه با مطالعات انجام شده در ژاپن، ایالات متحده و اروپا.

فصل ۵- دوام و انرژی جنبش شدید زمین

روشهای مختلف محاسبه دوام و انرژی جنبش، مطالعه دوام در نواحی مختلف ایران.

فصل ۶- مطالعه کاهندگی در ژرفای پوسته و در نزدیک سطح (K,Q)

بررسی کاهندگی در فرکانس بالا، مروری بر اثرهای سرچشمه و ساختگاه در کاهندگی‌های ژرفی و نزدیک سطح در پوسته، بررسی مقادیر مختلف K,Q و تغییرات آنها در نواحی مختلف ایران، مقایسه مقدار آنها با نواحی دیگر جهان.

فصل ۷- مدل‌های کاهندگی جنبش شدید زمین

کاهندگی پارامترهای بیشینه کاهندگی مقدارهای طیفی، مدل‌های کاهندگی در نواحی مختلف جهان، معرفی مدل‌های کاهندگی برای نواحی مختلف لرزه زمین ساختی ایران.

فصل ۸- مطالعه طیف پاسخ جنبش شدید زمین

تهیه طیف طرح، روشهای مختلف ارائه طیف طرح، آشنائی با مطالعات انجام شده در ایران برای ارائه طیف طرح در نواحی مختلف، مقایسه طیف طرح ایران با طیفهای اروپائی، ژاپن و ایالات متحده.

فصل ۹- آشنائی با نرم‌افزارهای موجود برای مطالعه جنبش شدید زمین

پردازش داده‌های شتابنگاری، محاسبات طیفی، مطالعه مقدار خطر در پهنه‌های مختلف.



منابع پیشنهادی :

- Bard, P.Y., 1995, New methods for earthquakes resistance design: IIEES Pub.
Bullen, B. and Bolt, 1985, an introduction to the theory of seismology: Cambridge Press.
Hudson, H., 1980, Reading and interpretation of strong motion accelerograms: EERI Pub.
Kanai, K., 1982, Engineering Seismology: Tokyo Univ Press.
Lay T., and Wallace, T.C. 1985, Modern global seismology: Academic Press.



زلزله‌شناسی دیرین (Paleoseismology)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری و عملی (۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی)

پیش‌نیاز :

مقدمه و کلیات

تعریف و هدف زلزله‌شناسی دیرین، تاریخچه زلزله‌شناسی دیرین، رابطه زلزله‌شناسی دیرین با مطالعات دیگر تکتونیک جدید (نئوتکتونیک)، شواهد لرزه‌شناسی دیرین، طبقه‌بندی شواهد، تخمین بزرگی و دقت زمان رویداد زمینلرزه‌های دیرین، کاربرد داده‌های زلزله‌شناسی دیرین.

فصل ۱- زمین‌شناسی لرزه‌ای

ریخت‌شناسی گسل‌های فعال، عوارض مرتبط با رژیم‌های مختلف فعال تکتونیک، روش‌های مختلف برای اندازه‌گیری فعالیت، (مورفومتری)، سن‌یابی و نوع گسلش به کمک اندازه‌گیری فرسایش و هندسه افزاز گسلی، زمین‌لرزه‌های مخرب و آثار سطحی آنها.

فصل ۲- زلزله‌شناسی دیرین در محیط‌های تکتونیک

زلزله‌شناسی دیرین در محیط‌های تکتونیک کششی، فشاری و امتداد لغز، شواهد زمین‌ریخت‌شناسی زلزله‌های دیرین در محیط‌های تکتونیک مختلف، شواهد چینه‌شناسی زلزله‌های دیرین.

فصل ۳- تعیین سن زلزله‌های دیرین

تعیین سن براساس شواهد زمین‌ریخت‌شناسی و چینه‌شناسی (تعیین سن نسبی)، تعیین سن با استفاده از روش‌های تعیین سن مطلق.

فصل ۴- کاربرد داده‌های زلزله‌شناسی دیرین در مطالعات تکتونیک جدید و برآورد خطر زمینلرزه

روش‌های تعیین بزرگی زلزله‌های دیرین، نرخ لغزش زلزله‌های دیرین و رویداد مجدد زمینلرزه‌ها، قطعه‌بندی (segmentation) گسله‌ها، مدل‌های مختلف رویداد مجدد زمینلرزه‌ها، زلزله‌شناسی دیرین در حال و آینده.

فصل ۵- مطالعات صحرایی در بررسی زلزله‌های دیرین

روش‌های مختلف حفر ترانشه و نمونه‌برداری، تشریح نمونه‌هایی از مطالعات انجام یافته در دنیا.

فصل ۶- چین‌های فعال

روش‌های شناسایی چین‌های فعال، عوارض مرتبط با چین‌های فعال، روش‌های دیرینه لرزه‌شناسی و چین‌های فعال، چین‌های فعال در ایران و جهان.

منابع پیشنهادی :

Keller, M., 1997, Active tectonics, Academic Press, Inc.

McCalpin, J.P. (ed), 1996, Paleoseismology, Academic Press, Inc.

Wallace, R.E. (chairman), 1986, Active Tectonics, National Academic Press.



زلزله‌شناسی مهندسی و تحلیل خطر (Engineering Seismology and Seismic Risk)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری و عملی (۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی)

پیش‌نیاز :

مقدمه : تعریف، موضوع و هدف زلزله‌شناسی مهندسی و ارتباط آن با زلزله‌شناسی، دستگاههای شتابنگاری، پردازش و تصحیح داده‌های شتابنگاری، خطر، خطرپذیری، آسیب‌پذیری و کاربرد تحلیل خطر در مهندسی زلزله و برنامه‌ریزی.

فصل ۱- مطالعات برنامه‌ریزی

کاتالوگ زلزله‌ها (تاریخی و دستگاهی)، ارزیابی کاتالوگ زلزله‌ها (بررسی کامل بودن اطلاعات، عدم قطعیت، پارامترهای بزرگی، رومرکز و عمق کانونی زلزله‌ها)، اطلاعات مهلززه‌ای، برآورد پارامترهای زلزله‌خیزی (λ)، β و M_{max} ، دوره بازگشت زلزله، ایالت‌های لرزه زمینساختی، چشمه‌های لرزه‌ای و مدل نمودن آنها (نقطه‌ای، خطی و سطحی)، تابع چگالی احتمال بزرگی زلزله $f(M)$.

فصل ۲- جنبش شدید زمین و کاهندگی

شتابنگاشت، تصحیح شتابنگاشت‌ها، پارامترهای شتاب و جنبش شدید زمین، تعریف کاهندگی، پارامترهای مؤثر در کاهندگی (نوع گسل، اثر جهت یافتگی، اثر سرچشمه، اثر مسیر، اثر ساختگاه، اثر محل ثبت نگاشت)، مدل‌های کاهندگی، روش تدوین رابطه کاهندگی، کاهندگی حداکثر شتاب، کاهندگی طیف، مدل‌های کاهندگی در ایران، مدل‌های کاهندگی در جهان (ایالات متحده، اروپا، ژاپن).

فصل ۳- برآورد خطر زلزله

برآورد خطر زلزله به روش تعیین (deterministic)، برآورد خطر به روش احتمال اندیشانه (Probabilistic)، منحنی خطر، دوره بازگشت، خطر سالیانه، میزان خطر برای عمر مفید سازه، سطحهای خطر زمینلرزه: سطح بیشینه زمینلرزه باورکردنی (MCE)، محتملترین زمینلرزه ممکن (MPE)، زمینلرزه مبنای طراحی (DBE یا OBE)، زمینلرزه قطع ایمن (SSE)، پهنه‌بندی زمینلرزه‌ای (پهنه‌بندی شدت، پهنه‌بندی شتاب ...)، روشهای ریز پهنه‌بندی خطوط هم شدت.

فصل ۴- تهیه طیف طرح

تعریف طیف، طیف پاسخ - طیف طرح، روش تهیه طیف پاسخ و طیف طرح، طیف طرح با خطر ثابت (constant hazard spectra)، طیف طرح خطر یکنواخت (uniform hazard spectra)، طیف طرح مصنوعی (نیومارک - هال، نیومارک، طیف طرح غیر الاستیک، کاربرد طیف طرح).

فصل ۵- تحلیل آسیب‌پذیری و تحلیل خطرپذیری

خطرپذیری، عوامل مؤثر در خطرپذیری، آسیب‌پذیری، ارزیابی آسیب‌پذیری، برآورد خطرپذیری، روشهای کنترل و کاهش خطرپذیری، خطرات ثانویه (سیلاب، زمین لغزش، آتش‌سوزی)، کاربرد تخمین تلفات، عدم قطعیت در تخمین تلفات و خسارتها، بررسی و تهیه نقشه‌های هم شدت، بررسی عدم قطعیت در نقشه‌های هم شدت، بررسی نقشه‌های هم شدت در ایران.



منابع پیشنهادی :

Coburn, A. and Spence, R., 1992, Earthquake protection: John Wiley and Sons Ltd, Chichester, England.

Green A.R., and Hell, W. 1994, an overview of Selected Seismic hazard analysis Methodologies: Univ of Illinois.

Hu, Y.X., Liu, S.C. and Dong, W., 1996, Earthquake engineering: E and FN Spon, London.

Reiter, L., 1990, Earthquake hazard Analysis: Columbia University Press, New York.

Ambraseys, N.N., 1988, Engineering seismology: Earthq. Eng. Struc. Dyn., Vol., 17, 1-105.



زلزله‌شناسی و انفجارات هسته‌ای
(Nuclear Explosion and Seismology)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

مقدمه : تاریخچه آزمایشات هسته‌ای و معاهدات منع آزمایشات، بمبهای A و H، طراحی بمب، اهمیت سیاسی، نظامی و تکنیکی آزمایشات سلاحهای اتمی، انفجارات هسته‌ای برای مقاصد صلح‌آمیز، آشنایی با مرکز بین‌المللی داده و سیستم نظارت بین‌المللی.

فصل ۱ - زلزله‌شناسی پایه

ساختار زمین، امواج لرزه‌ای حجمی و سطحی و پوسته‌ای، منحنی‌های زمان سیر، تضعیف امواج، مقیاسهای بزرگی، تقسیم‌بندی وقایع؛ محلی، ناحیه‌ای، دور، عمیق و کم عمق، لرزه‌خیزی کره با تأکید بر لرزه‌خیزی کشورهای دارای تکنولوژی هسته‌ای و محلهای آزمایشات گذشته، روابط توزیع بزرگی، الگوهای زمانی - مکانی وقایع، ایستگاهها و شبکه‌های لرزه‌نگاری، آرایه و اساس طراحی.

فصل ۲ - چشمه‌های لرزه‌ای زمین لرزه و انفجار

مدلهای چشمه انفجار، مدل‌های چشمه زمین‌لرزه، مقایسه بین مدل‌های چشمه زمین لرزه و چشمه انفجار، مدلسازی لرزه‌نگارتهای حاصل از انفجارات هسته‌ای.

فصل ۳ - پردازش داده‌های لرزه‌ای

آشکار سازی، اندازه‌گیری پارامترهای سیگنال، تشخیص فاز و تشکیل واقعه برای ایستگاههای سه مؤلفه‌ای و آرایه‌ها، تعیین محل با ترکیب آرایه‌ها و ایستگاههای سه مؤلفه‌ای، روشهای پردازش اتوماتیک و دستی، کالیبراسیون شبکه.

فصل ۴ - روشهای تفکیک انفجارات اتمی، شیمیایی و زمین لرزه‌ها از یکدیگر و تخمین قدرت انفجار

جنبه‌های آماری، محل واقعه، نسبت بزرگی امواج سطحی به امواج حجمی، محتوای فرکانسی سیگنال، نسبت‌های طیفی فازها، طیف کنگره‌دار شده، اولین حرکت موج P، سازوکار کانونی، تهییج نسبی فازهای لرزه‌ای، معیارهای مقایسه‌ای با وقایع یا گروه وقایع دیگر، مشخصه‌های ناحیه‌ای، طول ثبت، پیچیدگی سیگنال، تعیین روابط قدرت انفجار - دامنه نظری، تعیین روابط قدرت انفجار - بزرگی تجربی.

فصل ۵ - روشهای کاهش دامنه سیگنالهای لرزه‌ای حاصل از انفجارات زیرزمینی تا پائین حد آستانه آشکار سازی روش جدا سازی (decoupling)، روش انفجارات چندگانه (multiple explosions)، روش پنهان کردن انفجار در زمین لرزه (hide-in-earthquake).

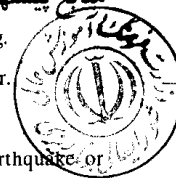
منابع پیشنهادی :

Ben-Menahem, A., Jit Singh, Sarva, 1981, Seismic waves and sources: Springer-Verlag.

Dahlamn, O., Israelson, H., 1977, Monitoring underground nuclear explosions: Elsevir.

Group of Scientific Experts, 1994, Operations: GSETT-3 Documentation, Vol.2.

Husebye, Eysteins S., Mykkeltveit, Suein, 1981, Identification of seismic sources-earthquake or underground explosion: D. Reidel Publishing company.



شبکه‌های عصبی و کاربرد آن در زلزله‌شناسی
(Neural Networks and Application of Soft Computing in Seismology)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- مروری بر الگوریتمهای هوشمند و شبکه‌های مصنوعی

الگوریتمهای ژنتیک، سیستمهای خبره (expert system)، سیستمهای فازی، simulated annealing سیستمهای neuro-fuzzy، شبکه‌های عصبی hybrid.

فصل ۲- شبکه‌های عصبی استاتیک و دینامیک

شبکه عصبی تک لایه (perceptron)، شبکه عصبی چند لایه (multi-layer perceptron)، توابع پایه شعاعی و شبکه عصبی RBF (radial basis function)، شبکه عصبی Kohonen's self organizing map، شبکه عصبی Hopfield Carpenter/Grossberg.

فصل ۳- روشهای یادگیری و نحوه آموزش شبکه

یادگیری به روش perceptron، یادگیری به روش پس انتشار خطا (error back-propagation)، آموزش به روش با سرپرستی (supervised learning) آموزش به روش بدون سرپرستی (unsupervised learning).

فصل ۴- پیش پردازش و استخراج ویژگی‌ها

کاهش ابعاد داده‌های ورودی به شبکه (dimensionality reduction) به روشهای؛ طیفی بر فازهای ناحیه‌ای، استفاده از Cepstrum، نسبتهای طیفی O، نسبت طیفی سیگنال به نوفه، استفاده از بزرگی و نسبتهای M_L/M_S ، M_T/M_S ، ویژگیهای طیفی؛ فرکانس کناری، شیب و تراز ثابت.

فصل ۵- کاربرد شبکه‌های عصبی

طبقه‌بندی سیگنالهای لرزه‌ای (classification)، تخمین پارامترها، تشخیص فاز، آشکارسازی، تفکیک (discrimination) انفجارات اتمی زیرزمینی از زمین لرزه‌ها با بزرگی پائین، تشخیص الگو و خوشه‌یابی برای توزیع زمانی، مکانی و بزرگی.

فصل ۶- آشنایی با نرم‌افزارهای کاربردی

آشنایی با جعبه ابزارهای شبکه عصبی و DSP نرم‌افزار Matlab، آشنایی با نرم‌افزار Explorenet. منابع پیشنهادی :



Bitto, J., Magora, N., Hush, D., Chael, E., 1989. Seismic Event Discrimination Using Neural Networks: Twenty-Third Asilomar Conference on Signals & Computers. Maple Press.

Dai, H., and MacBeth, C., 1995. Automatic picking of seismic arrivals in local earthquake data using an artificial neural network: Geophys. J. Int., 120, 758-774.

Dysart, PAUL S., and PULLI, jay J., 1990. Regional Seismic Event Classification A the Noreess Array: Seismological Measurements And the Use of Trained Neural Networks: BSSA, 80, No.6, 1910-1933.

-
- Hao-ding, Gu., and Wen-fu, Sun., 1993, Self-Organization and Evolution of Seismicity: Chinese Journal of Geophysics, 35, No.1, 57-70.
- Huang Z. Shimeld J., Williamson M., and Katasube., 1996, Permeability prediction with artificial neural network modelling in the Venture gas field, offshore eastern Canada: Geophysics, 61, No. 2, 422-436.
- Kim, W.Y., Aharonian, V., Lerner-Lam, A. L., and Richards, P.G., 1997, Discrimination of Earthquakes and Explosions Southern Russia Using Regional High-Frequency Three-component Data from the IRIS/JSP Caucasus Networks: BSSA, 87, No. 3, 569-588.
- Tsvang, S.L., Pinsky, V.I., and Husebye, E.S., 1993, Enhanced seismic source discrimination using NORESS recordings form Eurasian events: Geophys. J. Int., 112, 1-14.
- Wang, J., and Teng, T., 1997, Identification and Picking of S Phase Using an Artificial Neural Networks: BSSA, 87, No.5, 1140-1147.



لرزه زمینساخت پیشرفته (Advanced Seismotectonics)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری و عملی (۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی)

پیش‌نیاز :

مقدمه : ساختار درونی زمین، ترکیب زمین، پوسته قاره‌ای، پوسته اقیانوسی، گوشته، هسته، شواهد زمینلرزه‌ای، ساختار سرعتی زمین، دگرشکلی پوسته و گوشته، دگرشکلی شکننده و خمیری، ایزوستازی، شارش گرمایی زمین، پارامترهای زمینلرزه، امواج لرزه‌ای، محل‌های رویداد زمینلرزه‌ها، ساز و کار زمینلرزه‌ها، سازوکار حرکت صفحه‌های زمینساختی، فرضیه تکتونیک صفحه‌ای، فرضیه انبساط زمین، محیط‌های تکتونیکی، کاربرد حل کانونی در تحلیل‌های تنش و کرنش.

فصل ۱- لرزه زمینساخت محیط‌های تکتونیکی فشاری

مناطق فرورانش، دگرشکلی درونی قطعات فرو رونده، لرزه‌خیزی مناطق فرورانش، لرزه‌خیزی کم عمق در مناطق فرورانش، سازوکار زمینلرزه‌های عمیق، لرزه‌خیزی دور از قطعه فرو رونده، مثالهایی از زمینلرزه‌ها در مناطق فرو رانش. مناطق برخورد قاره‌ای، لرزه‌خیزی مناطق برخورد قاره‌ای، سازوکار زمینلرزه‌ها در مناطق برخورد قاره‌ای، تفکیک مؤلفه‌های برخورد قاره‌ای مایل (partitioning)، مثالهایی از زمینلرزه‌ها در مناطق برخورد قاره‌ای.

فصل ۲- لرزه زمینساخت محیط‌های تکتونیکی کششی

پشته‌های میان اقیانوسی، کافت‌های قاره‌ای، لرزه‌خیزی در رژیم‌های کششی قاره‌ای و اقیانوسی، سازوکار زمینلرزه‌ها در رژیم‌های کششی، مثالهایی از زمینلرزه‌ها در محیط‌های کششی.

فصل ۳- لرزه زمینساخت محیط‌های تکتونیکی امتداد لغز

گسله‌های تبدیلی (transform) و تراگذر (transcurrent)، لرزه‌خیزی در سیستم‌های تبدیلی و تراگذر، سازوکار زمینلرزه‌ها در محیط‌های تکتونیکی امتداد لغز، مثالهایی از زمینلرزه‌ها در محیط‌های امتداد لغز.

فصل ۴- لرزه زمینساخت محیط‌های درون قاره‌ای

محیط‌های درون قاره‌ای متأثر از جنبش در مرز صفحات (plate boundary related)، محیط‌های میان صفحه‌ای (midplate)، لرزه‌خیزی در محیط‌های درون قاره‌ای، سازوکار زمینلرزه‌ها در محیط‌های درون قاره‌ای، مثالهایی از زمینلرزه‌ها در محیط‌های درون قاره‌ای.

فصل ۵- زمین‌شناسی لرزه‌ای

لغزش لرزه‌ای و بیلرزه، گسله‌های جنبنا، گسله‌های با توان جنبش، قطعه‌بندی گسله‌ها، گسله‌های فعال، ساختارهای مرتبط با زمینلرزه‌های مخرب (coseismic structures)، چرخه دگرشکلی پوسته، مرحله بین لرزه‌ای، مرحله پیش از لرزه، مرحله همزمان با لرزه، مرحله پس از لرزه. شواهد زمین‌ریختی زمینلرزه‌های گذشته، روش‌های دیرینه لرزه‌شناسی. زمینلرزه‌های سرشتی (characteristic)، مهاجرت گسلش و زمینلرزه.

فصل ۶- لرزه زمینساخت ایران

ایالت‌های لرزه زمینساختی ایران، تاریخچه تقسیم بندی ایرانزمین به ایالت‌های لرزه زمینساختی، معیارهای تعیین ایالت‌های لرزه زمینساختی، معیارهای زمین‌شناسی و تکتونیکی، معیارهای زلزله‌شناسی، معیارهای ژئوفیزیکی،

ویژگیهای ایالت‌های لرزه زمینساختی ایران زمینلرزه‌های شاخص در هر ایالت لرزه زمینساخت، لرزه‌خیزی ایالت‌های لرزه زمینساختی ایران، بررسی خطر زمینلرزه در ایالت‌های لرزه زمینساخت ایران.
منابع پیشنهادی :

Keary, P. and Vine, F. J., 1996, Global tectonics : Blackwell Science (2nd ed.).

Lay, T. and Wallace, T. C., 1995, Modern global seismology : Academic Press.

Scholz, C. H., 1990, The mechanics of earthquakes and faulting : Cambridge University Press.

Yeats, R. S., Sieh, K. and Allen, C. R., 1997, The geology of earthquakes: Oxford University Press.



لرزه‌شناسی باند پهن
(Broad-Band Seismology)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری عملی (۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی)

پیش‌نیاز :



فصل ۱ - لرزه‌شناسی باند پهن

تاریخچه، اصل تعادل نیرو و سیستم‌های فیدبک، ویژگیهای تکنیکی و مزیت‌های لرزه‌سنج باند پهن، مشخصات سیستم لرزه‌نگار باند پهن در حوزه زمان و فرکانس، رقمی‌کننده‌های با قدرت تفکیک بالا، تحلیل چند لرزه‌سنج باند پهن نوعی.

فصل ۲ - پردازش لرزه‌نگاشتهای باند پهن

بازسازی لرزه‌نگاشتهای باند پهن، پردازش در حوزه فرکانس، پردازش در حوزه زمان، بازسازی band-limited، بازسازی با تحلیل لرزه‌نگاشتهای آنالوگ در حوزه زمان، انتخاب فیلترهای بهینه، شبیه‌سازی سیستم‌های لرزه‌نگاری؛ شبیه‌سازی در حوزه فرکانس، شبیه‌سازی در حوزه زمان، تبدیل impulse invariant، تبدیل step invariant و ramp invariant فیلترهای recursive، شبیه‌سازی سیستم‌های گالوانومتر - لرزه‌سنج، شبیه‌سازی لرزه‌نگار Wood-Anderson، بازسازی با استفاده از شبیه‌سازی.

فصل ۳ - تعیین پارامترهای اولیه با به‌کارگیری لرزه‌نگاشت باند پهن

آشکار سازی سیگنال، اندازه‌گیری زمان رسید فازه‌های مختلف، تعیین پلاریته موج P، تعیین دوره و دامنه امواج حجمی و سطحی، انتگرالگیری برای تبدیل سرعت به جابجایی، تحلیل پلاریزاسیون لرزه‌نگاشت؛ الگوریتم‌ها، تعیین آزیموت، زاویه برخورد و slowness کاربرد در تعیین نوع موج، کاربرد در تعیین زمان رسید، کاربرد در تعیین طول زمانی پالس.

فصل ۴ - تفسیر لرزه‌نگاشتهای باند پهن

تعیین بزرگی در مقیاس امواج حجمی و سطحی، بزرگی محلی، تعیین گشتاور لرزه‌ای در حوزه زمان، تخمین انرژی، استخراج پارامترها به روش طیفی، مدلسازی چشمه و ساختار زمین با استفاده از لرزه‌نگاشتهای باند پهن، مدلسازی ساختارهای با ناهمگنی جانبی با استفاده از لرزه‌نگاشتهای باند پهن، مطالعه ساختارهای ناهمسانگرد با استفاده از لرزه‌نگاشتهای باند پهن، کاربرد لرزه‌نگاشتهای باند پهن در تفکیک انفجارات اتمی.

منابع پیشنهادی :

- Buttkus, Burkhard, 1986, Ten years of the Grafenberg Array; Defining the frontiers of broad band seismology: Geologisches Jahrbuch Reihe E, Geophysik, Heft 35.
- Plesinger, A., Hellmeg, M., and Seidl, D., 1986, Interactive high-resolution polarization analysis of broad-band seismogram: J. Geophys, 59, 129-139.
- Seidl, S., 1980, The simulation problem for broad-band seismograms: J. Geophys., 48, 84-93.
- Seidl, D., Hellmeg, M., 1988, Restoration of broad-band seismograms (Part II): Signal moment determination: J. Geophys, 54, 114-122.

-
- Seidl, D., Stammer, W., 1984, Restoration of broad-Band seismograms (Part I): J. Geophys., 54, 114-122.
- Sutton, G.H., Latham, G.V., 1968, Analysis of feedback-Controlled Seismometer: J. Geophys. Res., 18, No. 69, 3865-3882.
- Wielandt, E., 1989, Very broad-band seismometry, (Digital Seismology and Fine modelling of the lithosphere, Edited by: R. Cassinis, G. Nolet & G.F. Panza): Plenum.



لرزه‌نگارها و شبکه‌های لرزه‌نگاری

(Seismographs and Seismological Networks)

کد درس :



تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری عملی (۲ واحد نظری و ۱ واحد عملی)
پیش‌نیاز :

مقدمه : تاریخچه، گستره‌دینامیکی و فرکانسی سیگنالهای لرزه‌ای، نوبه دستگاهی و طبیعی، مشخصه دینامیکی و فرکانسی لرزه‌سنجها، دستگاههای ثبات آنالوگ و دیجیتال.

فصل ۱ - اصول کار لرزه‌سنجها

معادلات حرکت لرزه‌سنج فایم و افقی، پاسخ معادله حرکت لرزه‌سنج، تابع پاسخ فرکانس، تابع تبدیل لرزه‌سنج مکانیکی، لرزه‌سنجهای بلند دوره، لرزه‌سنجهای سه محوری، انواع تراگذر، لرزه‌سنجهای الکترومغناطیسی، اصل تعادل نیرو، لرزه‌سنجهای الکترونیکی، تابع تبدیل لرزه‌سنج کنترل شده با فیدبک، تحلیل چند لرزه‌سنج متداول.

فصل ۲ - تعیین پاسخ دستگاهی و کالیبراسیون دستگاههای لرزه‌نگاری

سیستمهای LTI، تابع انتقال سیستمهای LTI، پاسخهای فرکانسی حقیقی و مختلط، روشهای تصحیح FAP, PAZ و FIR، کالیبراسیون مطلق و نسبی، روشهای کالیبراسیون، تعیین ثابتهای لرزه‌سنج، استفاده از میز لرزان، استفاده از پیل مقاومتی Maxwell، تعیین پاسخ فرکانسی با اعمال جریان سینوسی، تعیین پاسخ فرکانسی با اعمال موج با تابع گذرا به روش برگردان.

فصل ۳ - طراحی شبکه‌ها و آرایه‌های لرزه‌نگاری و شتابنگاری

انواع شبکه‌های لرزه‌نگاری، محلی، ناحیه‌ای و کره‌ای، طراحی بهینه شبکه‌های لرزه‌نگاری و شتابنگاری، ویژگیهای محل ساختگاه ایستگاه لرزه‌نگاری، روشهای مطالعه نوبه، اصول طراحی آرایه‌های لرزه‌نگاری.

فصل ۴ - آشنائی با لرزه‌نگارها و شبکه‌های لرزه‌نگاری

تعیین پارامترهای دستگاهی شامل پارامترهای trigger و ثبت، انتخاب فیلتر، نرخ نمونه‌برداری، بهره پردازش اولیه در ایستگاه سه مولفه‌ای، پردازش اولیه در ایستگاه آرایه، نحوه کار و پارامترهای شبکه برای تشکیل واقعه، پردازش اتوماتیک داده‌های شبکه، پردازش دستی، کالیبراسیون شبکه، کنترل کیفیت داده، تهیه بولتن و کنترل بولتن، ارتباطات و مدیریت داده و شبکه، مدیریت عملیات لرزه‌نگاری.

منابع پیشنهادی :

- Aki, K., Richards, P.G., 1980, Quantitative Seismology, Theory & Methods: Freeman.
- Chapman, M.C., Snoke, J.A., 1988. A procedure for calibrating short-period telemetered seismograph systems: BSSA, 78, 2077-2088.
- Gibowicz, S.J., Kijkom A., 1994, An introduction to mining seismology: Academic Press.
- Group of Scientific Experts, 1994, Operations: GSETT-3 Documentation, Vol. 2.
- Oppenheim, A., Willsky, A.S., Yound, I.T., 1983, Signal and systems. Prentice-Hall.
- Scherbaum, F., 1996, Of Poles Zeros, Fundamentals of Digital Seismology: Kluwer Academic, Publishers.

Wielandt, E., 1989, Very broad band seismometry, (Digital seismology and fine modelling of the lithosphere, Edited by: R. Cassinis, G. Nolet & G.F. Panza): Plenum.

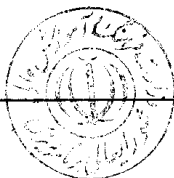
Willmore, F.L., 1979, Manual of Seismological Observatory Practice. Pub., World Data Center A for Solid Earth Geophysics: Report Se-20.



مدلسازی در زلزله‌شناسی
(Earthquake Modelling)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :



فصل ۱ - چشمه لرزه‌ای

نیروی متمرکز شده در محیط همگن، چشمه‌های نقطه‌ای Dipolar روابط Somigliann, Betti و Volterra، هئندسه سطح گسل، چشمه‌های Dipolar در محیط‌های همگن، توزیع تنش بر روی یک حفره کروی و چشمه‌های معادل آنها، تشعشع از چشمه متحرک محدود، تشعشع امواج کشسان به وسیله چشمه‌های حجمی.

فصل ۲ - انتشار امواج لرزه‌ای

امواج تخت در محیط همگن و انعکاس و عبور در یک مرز تخت، انعکاس و شکست امواج کروی، مسأله Lamb، امواج سطحی در یک محیط با ناهمگنی قائم، نوسانات آزاد زمین، امواج حجمی در محیط با خواص وابسته به عمق، انتشار امواج لرزه‌ای در محیط با ناهمگنی جانبی، انتشار امواج لرزه‌ای در محیط ناهمسانگرد، انتشار امواج در محیط غیرالاستیک.

فصل ۳ - تولید لرزه نگاشتهای مصنوعی

نظریه پرتو، روش پرتو تعمیم یافته، روش انعکاسی، روش WKBJ، روش عدد موج ناپیوسته، روش تمام موج.

فصل ۴ - مسأله برگردانی در زلزله‌شناسی

برگردانی زمان - سیر، فرمول Herglotz-Wiechert، برگردانی زمان سیر برای ساختار با لایه کم سرعت، مسأله برگردانی برای لرزه‌نگاشت انعکاسی، برگردانی لرزه‌نگاشتهای انعکاسی، فرمول برگردانی برای حالت ناپیوسته، فرمول برگردانی برای حالت پیوسته، مسأله برگردانی برای سیستم خطی شده، فضای داده و مدل، برگردانی تعمیم یافته، خطا و قدرت تفکیک برگردانی تعمیم یافته، برگردانی maximum-likelihood، برگردانی stochastic روشهای Gilbert و Backus، محدودیت به علت غیر خطی بودن، خطاهای غیر گوسی.

فصل ۵ - مدلسازی شکل موج زمین لرزه و تعیین پارامترهای چشمه

مدلسازی امواج حجمی، مدلسازی امواج سطحی، حل تانسورمان، مدلسازی زمین لرزه‌های مرکب، مدلسازی داده‌های strong-motion، مطالعات ناهمگنی، ناهمسانگردی و خواص غیرالاستیک با روش مدلسازی شکل موج.

منابع پیشنهادی :

- Aki, A., and Richards, P.G., 1980, Quantitative seismology: Freeman, San Francisco.
- Ben Menahem, A., Singh, S. J., 1981, Seismic waves and sources: Springer. Verlag, New York.
- Bouchon, M., 1979, Discrete wavenumber representation of elastic wavefield in three-space dimensions: J. Geophy. Res., 84, 3609-3614.
- Cassinis, R., Nolet, G., Panza, G.F., 1989, Digital seismology and fine modelling of the lithosphere: Plenum.

-
- Chapman, C.H., 1974, The turning point of elastodynamic waves: *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 39, 613-621.
- Cormier, V.F., 1980, The synthesis of complete seismograms in an Earth model specified by radially inhomogeneous layers: *BSSA*, 70, 691-716.
- Doornbos, Dark, J., 1988, *Seismological algorithms: computational methods and computer Programs*: Academic Press.
- Fuchs, K., and Muller, G., 1971, Computation of synthetic seismograms with the reflectivity method and comparison with observations: *Geophys. J.*, 23, 417-433.
- Gilbert, F., and Helmberger, D.V., 1972, Generalized ray theory for a layered sphere: *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 27, 57-80.
- Kennett, B.L.N., 1983, *Seismic wave propagation in stratified media*: Cambridge University Press.
- Kostrov, B.V., DAS, Shamahita, 1988, *Principles of earthquake source mechanics*: Cambridge University Press.
- Tarantolla, A., 1987, *Inverse problem theory*: Elsevier. Amsterdam.



گرایش زمین‌گرمایی



روشهای پیشرفته اکتشافی در زمینگرمایی
(Advanced Geothermal Prospecting Techniques)

کد درس :



تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- طبیعت منابع زمینگرمایی

چشمه گرمایی، مخزن با تخلخل، سیال، طبقه‌بندی سیستمهای زمینگرمایی (geopressured, convective), (hot-rock, radiogenic).

فصل ۲- مدل برای سیستمهای هیدروترمال با دمای بالا

مشخصه‌های کلی سیستمهای هیدروترمال (سیستمهای همرفت، آب و بخار، شیو قائم دما و فشار، نفوذپذیری، عوامل مؤثر در دگرسانی خواص فیزیکی سنگهای بستر (دما، ترکیبات سیال، نفوذپذیری، فشار، نوع سنگ و زمان).

فصل ۳- روشهای ژئوفیزیکی برای اکتشافات زمینگرمایی

روشهای گرمایی (شیوگرمایی، شارش گرما، برداشتهای تانسوری، shallow-temperature, روشهای (thermal-infrared imaginery, snow-melt photography, روشهای AMT, EM, نردهای، MT, روشهای تانسوری، روشهای پتانسیل خودزا (SP) گرانی، روشهای مغناطیسی، روشهای لرزه‌ای سطح (microseisms, teleseisms, شکسته مرزی، بازتابی)، روشهای radiometric (طیف‌سنجی پرتوهای گاما)، چاه پیمایی ژئوفیزیکی، به چاه، VSP، روشهای الکتریکی چاه به چاه، روشهای EM توموگرافی الکتریکی.

فصل ۴- کاربردها

شیو زمینگرمایی، تخمین رسانایی گرمایی، تعیین عمق و ابعاد منابع گرمایی، شبیه‌سازی سیستم گرمایی و شارش گرمایی، تعیین پتانسیل گرمایی، اکتشافات اورانیوم.

فصل ۵- روشهای ژئوشیمیایی

تهیه نقشه دگرسانی گرمایی، عناصر کمیاب در خاک، دگرسانی زغال‌سنگ، دماسنجی با استفاده از ترکیب آب چشمه‌های آب گرم، دماسنجی با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار، دماسنجی کانی‌شناختی.

منابع پیشنهادی :

Wright P. M., et al., 1985, State-of-the-art geophysical exploration for geothermal resources: Geophysics, 50, 2666-2696.

Buntebarth, G., 1984, Geothermics: Springer-Verlag.

Dobrin, M.B. and Savit, C.H., 1988, Introduction to geophysical prospecting: 4th ed., McGraw-Hill.

Faure, G, 1986, Principles of isotope geology: John Wiley and Sons.

مطالعات زمینگرمایی
(Geothermal studies)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش نیاز :



فصل ۱- کلیات

مشاهدات مربوط به گرم بودن درون زمین، منابع گرمای درون زمین، تاریخچه پیدایش زمین به عنوان یک سیاره و منابع ایجاد گرمای اولیه در آن.

فصل ۲- اصول انتقال گرما

شکل‌های مختلف انتقال گرما (رسانایی، همرفت، تابش)، خواص فیزیکی مواد زمین (ضریب رسانایی گرمایی سنگها و اندازه گیری آن)، شیو زمین گرمایی و محاسبه آن، محاسبه شار گرمایی زمین (رابطه فوریه)، انجام تصحیح‌های لازم.

فصل ۳- شار گرمایی زمین

شار گرمایی زمین در قاره‌ها و اقیانوسها، تغییرات شیو زمینگرمایی با عمق، شار گرمایی کل زمین و ارتباط آن با سایر مشخصات فیزیکی زمین، انتقال گرما در درون زمین، جنبه‌های گرمایی زمینساخت صفحه‌ای.

فصل ۴- منابع انرژی زمینگرمایی

شرایط منبع، وجود سنگ مخزن و پوش سنگ، انواع منابع زمینگرمایی (منابع بخار و منابع آبگرم، منابع سنگ داغ و خشک)، توزیع جهانی منابع انرژی زمینگرمایی (با بهره‌برداری جهانی انرژی زمینگرمایی).

فصل ۵- بهره‌برداری از انرژی زمینگرمایی

استفاده از آبگرم معدنی در استخرها، آبگرم برای گرمایش ساختمانها، استفاده کشاورزی از منابع کم دما، تبدیل انرژی زمینگرمایی به الکتریسیته، بهره‌برداری از بخار داغ، آبگرم و منابع خشک و داغ.

فصل ۶- اثر بهره‌برداری از انرژی زمینگرمایی بر محیط زیست

ورود گازها و مواد جامد محلول به جو، آبهای جاری و محیط اطراف، نشست آبگرم به محیط اطراف؛ سر و صدای خروج گازهای تحت فشار، نشست زمین بر اثر بهره‌برداری، ته نشینی مواد کانی در لوله‌ها و توربین‌ها، خوردگی شیمیایی در آنها و دفع زباله‌های ته نشستی.

منابع پیشنهادی :

Buntebarth, G., 1984, Geothermics: Springer-Verlag.

Cermak, V., and Rybach, L., ed., 1962, Terrestrial heat flow and the lithosphere structure: Springer-Verlag.

Jessop, A. M., 1990, Thermal geophysics: Elsevier.

Kappelmeyer, O., and Haenel, R., 1974, Geothermics with special references to application: Gebruner Borntraeger.

گرایش گرانی سنجی



تئوری ژئودتیک
(Theory of Geodetic)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- منشأ، ساختار و شکل زمین

فصل ۲- مبنای نظریه پتانسیل

اصول نظریه میدان، توابع هماهنگ، پتانسیل نیوتونی، مسائل مقدار مرزی نظریه پتانسیل.

فصل ۳- سطوح مرجع، سیستمهای مختصات

سطح تراز، سطح اسفروئید، سطح بیضوی، سیستمهای مختصات، سیستمهای ارتفاعی.

فصل ۴- پتانسیل مزاحم

فرمول برونز، مسئله سومین مقدار مرزی برای ژئوئید، مسئله سومین مقدار مرزی برای سطح فیزیکی زمین، بسط

پتانسیل مزاحم برحسب هماهنگی‌های کروی، بی‌هنجاری گرانی در فضای خارج.

فصل ۵- تعیین ژئوئید با روش گرانی

فرمول استوکس، تعیین عملی مؤلفه‌های انحراف قائم و موجگانی ژئوئید.

فصل ۶- تعیین ژئوئید با روشهای آستروگراویمتری

ترازیابی آسترو-ژئودتیک، ترازیابی آسترو-گراویمتری.

فصل ۷- تعیین سطح فیزیکی زمین

مسئله مولودنسکی، تعیین پتانسیل مزاحم با کاربرد فرمول گرین، حل معادله انتگرال اصلی، تحلیل هندسی حل

معادله مولودنسکی.

فصل ۸- بیضوی چرخان به عنوان سطح مرجع ژئودزی

پارامترهای بیضوی مرجع، معادلات پارامترهای بیضوی چرخان.

فصل ۹- خمها بر روی سطح بیضوی

خطوط مختصات، مقاطع نرمال، خط ژئودتیک.

فصل ۱۰- برگردان مشاهدات ژئودتیک بر روی سطح بیضوی مرجع

برگردان مشاهدات نجومی، برگردان مشاهدات سمتی، برگردان مشاهدات سربو بر روی نرمال بیضوی، برگردان

فواصل بر روی بیضوی.

فصل ۱۱- روشهای مبنایی برای توسعه شبکه‌های ژئودزی به کمک ماهواره‌های مصنوعی

مؤلفه‌های مدار ماهواره‌های مصنوعی، ماهواره‌های مصنوعی ژئودتیک، روشهای مشاهده ماهواره‌ها، مثلث‌بندی

فضایی، شبکه‌های برداری.



فصل ۱۲ - تعیین شکل زمین با استفاده از اندازه‌گیریهای آسترو-ژئودتیک و گرانیسنجی
تعیین ژئوئید، تعیین ثابت‌های فیزیکی زمین، تعیین میدان گرانی و پارامترهای بیضوی عمومی زمین.

فصل ۱۳ - تعیین حرکت‌های اخیر پوسته زمین با روش‌های ژئودتیک
مقدمه، ترازبایی هندسی تکراری، شبکه‌های مثلث‌بندی برای تعیین حرکت‌های افقی پوسته زمین، روش‌های آسترو-ژئودتیک تعیین حرکت قاره‌ها، حرکت‌های قطب، کاربرد لیزر و مشاهدات رادیویی برای تعیین حرکت قاره‌ها، سایر روش‌های تعیین حرکت پوسته.

فصل ۱۴ - دورنمای آینده در سایه کوشش‌های اخیر ژئودزی
منابع پیشنهادی :

Dragomir, V., Ghitau, D., Mihailescu, M. and Rotaru, M., 1982, Theory of the earth's shape:
Elsevier.

Rapp, R. and Sanso F., 1990, Determination of geoid present and future: symposia, 106, IUGG,
Springer-Verlag.

Magnetzki, W.A., Browar, W.W. and Schimbirew, B.P., 1964, Theoric der figur der erde:
VEB-Verlag, Berlin.

Vanicek, 1981, Geodesy the Concept.



کاربرد ایزوتوپ‌ها در علوم زمین
(Isotrops in Earth Sciences)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :



فصل ۱- کلیات

تاریخچه تخمین سن زمین و نقش کشف پرتوزایی در سن‌یابی مطلق، ساختار درونی اتم (جدول هسته‌ها، وزن اتمی، پایداری هسته و فراوانی ایزوتوپ‌ها، سازوکار واپاشی ایزوتوپ‌های ناپایدار و مبانی ریاضی آن، طیف‌سنجی جرمی، میل ژئوشیمیایی عناصر، نحوه پراکندگی عناصر در زمین)، هسته‌های پرتوزا و تولید گرما در زمین.

فصل ۲- پرتوزایی

واپاشی پرتوزا، ملاک برای پرتوزایی‌های قابل استفاده، نیم‌عمرهای ^{147}Sm , ^{87}Rb , ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U

فصل ۳- روشهای تجربی

طیف‌سنجی جرمی، رقیق‌شدگی ایزوتوپی، روش $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ ، روش $^{39}\text{Ar} - ^{40}\text{Ar}$ ، روش $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ ، روش $^{147}\text{Sm} - ^{143}\text{Nd}$ ، روش ^{147}Sm ، روش $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ ، روشهای $^{143}\text{Nd} - ^{147}\text{Sm}$ و $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$.

فصل ۴- تعیین عمر کانیها و سنگهای دست نخورده

روش $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ ، مناسب بودن کانیها برای کار با $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ ، مناسب بودن سنگهای یک پارچه برای تحلیل‌های $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ ، کانیهای که عمر $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ بالایی می‌دهند، روش $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ ، مناسب بودن کانیها برای کار با $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ ، مناسب بودن سنگهای یک پارچه برای تحلیل‌های $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ ، ایجاد خط همزمان $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ ، روشهای $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ و $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$ ، تعیین عمر کانیها بوسیله رد شکافتهای فسیلی.

فصل ۵- تعیین عمر کانیها و سنگهای دست خورده

روشهای $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ و $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ ، روش $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ سنگ یک پارچه، $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ، روشهای $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ و $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$ ، تعیین عمر $^{207}\text{Pb} - ^{235}\text{U}$ و $^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}$ سنگ یک پارچه.

فصل ۶- روش $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ و ترموکرونولوژی

مزیت‌ها در مقایسه با روش $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ ، دمای بسته شدن کانی‌های مختلف بر روی ^{40}Ar ، ترموکرونولوژی و تعیین آهنگ فرآخاست رشته کوهها.

فصل ۷- کاربرد ایزوتوپهای پرتوزا به عنوان ردیاب در فرآیندهای تکوینی زمین

تکوین نسبت‌های ایزوتوپی $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ و $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در زمین و شهابسنگ‌ها.

فصل ۸- کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار

جزء به جزء شدن ایزوتوپ‌های پایدار در طی فرآیندهای زمین‌شناختی و زیست‌شناختی، ایزوتوپ‌های ^{18}O ، ^{13}C و ^2H ، به عنوان ردیاب آب، کربن و گوگرد در فرآیندهای طبیعی، ردیابی آلاینده‌های محیط زیست، مطالعه پیشینه تغییرات جهانی آب و هوا در طول تاریخ زمین.

منابع پیشنهادی :

Faure, G., 1986, Principles of isotope geology: 2nd ed., John Wiley and Sons.

York, D., and Farquhar., R. N., 1972, The earth's age and geochronology: Pergamon Press, Oxford.

McDaugall, I. and Harrison, T.M., 1988, Geochronology and thermochronology by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method: Oxford University Press, New York.



کشند (جزر و مد) زمین
(The Earth Tide)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

فصل ۱- پتانسیل کشندی

مقدمه، مؤلفه‌های نیروی کشندی، کشند ژئوئید، تخمین عددی اثرهای کشندی، مبانی نجومی کشند، طیف کشندی، تابع سکتوریال، امواج نیمروزه، تابع تسرال - امواج روزانه، تابع زونال - امواج با دوره طولانی، طبقه‌بندی سیستماتیک امواج کشندی.

فصل ۲- رابطه بین نظریه کشند و نظریه حرکت تقدیمی - ناوشی

مقدمه، محاسبه گشتاور نیروی حرکت تقدیمی - ناوشی، معادلات نیروی تقدیمی - ناوشی (تقریب اول)، ناوش روزانه محور چرخش در داخل زمین تا تقریب اول، نتیجه‌گیری.

فصل ۳- عددهای لاو و توصیف تغییر شکل‌های کشندی

پتانسیل حاصل از برآمدگی. رابطه بین اعداد h و k ، دامنه کشنده‌های اقیانوسی و دریاچه‌ای، انحراف قائم در رابطه با پوسته، تغییرات شدت میدان گرانی. بسط‌های خطی، سطحی و حجمی. حرکت چاندری قطب.

فصل ۴- نظریه‌های کلونین و هرگ لوتس در مورد کشند

کشایندی کروی، نظریه کلونین برای زمین همگن ناتراکمی، زمین چندگن و تراکم‌پذیر.

فصل ۵- نظریه دینامیکی هسته مایع

نظریه مولودنسکی، نظریه جفریز - ویسانت، توسعه‌های نظری جدید.

فصل ۶- آنالیز کشند

روشهای تاریخی، روش داروین، روش لاپروت، روشهای رایانه‌ای.

فصل ۷- مقایسه عمومی نتایج نظری و تجربی

پروفیل‌های جهانی کشند، اثرهای اقیانوسی و چندگنی سنگ سپهر در اندازه‌گیریهای گرانی، نقاط آمفی درومیک، تعیین تجربی اثرهای دینامیکی هسته مایع، تعیین تجربی اثر تخت‌شدگی و چرخش زمین بر روی عامل δ ، امواج نیمروزه در مؤلفه‌های افقی، امواج سکتوریال M_3 ، کشندهای زونال با دوره طولانی، تغییرات زمانی پارامترهای کشندی.

فصل ۸- اثرهای کشند در نجوم

اثر تغییرات قائم در مشاهدات مبنایی نجومی، تغییرات دوره‌ای سرعت چرخش زمین، نقش تغییر شکل چسبنده کشندی در چرخش زمین، پژوهشهای پیشرفته در نجوم.

فصل ۹- کشند زمین، مدارهای ماهواره‌ای و ناوبری فضایی

فصل ۱۰- کشند بر روی سطح ماه



فصل ۱۱ - موارد گوناگون دیگر

کشند به عنوان ایجاد کننده زمینلرزه، کشند به عنوان ایجاد کننده فورانهای آتشفشانی، استفاده از دستگاههای ثبت کشند برای پیش‌بینی حوادث، اثر کشند زمین سخت بر روی کشندهای اقیانوسی، مشاهدات بر روی کف اقیانوسها، اثر کشندهای زمین و اقیانوس بر روی کشند جوی نیمروز ماه، میدان مغناطیس، مرکز بین‌المللی جزر و مد (کشند) زمین (ICET).

منابع پیشنهادی :

Melchior, 1966, The earth tide: Pergamon Press.

Melchior, 1983, The tides of the planet earth: Pergamon Press.



گرانیسنجی دریایی
(Marine Gravity)

کد درس :

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش نیاز :



فصل ۱- مقدمه

هدف اندازه‌گیری گرانی، ارزیابی و آنالیز اندازه‌گیری گرانی، توسعه تاریخی گرانیسنجی.

فصل ۲- شتاب گرانی و پتانسیل (ژئوئید و بیضوی مرجع)

شتاب گرانی، پتانسیل گرانی، ژئوپتانسیلها و ژئوئید، اسفروئید و بیضوی، تعیین ژئوئید بوسیله اندازه‌گیریهای گرانی، انحراف قائم، تعیین ژئوئید بوسیله مدارهای ماهواره‌ای، پتانسیلهای ژئوئیدی و ضرایب هماهنگهای کروی، شکل یک زمین هیدروستاتیکی.

فصل ۳- کشند زمین و تغییر شکلهای کشندی

پتانسیلهای کشندی، تغییرات گرانی در اثر کشند، ارتفاع کشند اقیانوسی در مقایسه با سنجه‌های کشندی، تغییرات ارتفاع در مقایسه با پوسته.

فصل ۴- دستگاههای اندازه‌گیری گرانی

گرانیسنجهای پایدار، گرانیسنجهای ناپایدار، گرانیسنجهای دریایی، گرانیسنج لاکوست و رمبرگ، گرانیسنجهای کشندی، گرانیسنج کشندی لاکوست، گرانیسنج کشندی GS-25، گرادایومترها، ترازوهای پیچشی.

فصل ۵- روشهای تحلیلی تفسیری هنجاریهای گرانی

بی‌هنجاریهای منطقه‌ای و باقیمانده، بی‌هنجاریهای میدان منطقه‌ای، روشهای مشتق دوم و بالاتر، روشهای مجموعه‌ای برای اشکال هندسی، سایر اجسام، تخمین عمق بیشینه، تعیین جرم کل، روشهای انتگرال خطی، اجسام دو بعدی، اجسام سه بعدی، روشهای عددی (دو بعدی و سه بعدی).

فصل ۶- بررسیهای گرانیسنجی دریایی

بی‌هنجاریهای گرانی و مقاطع ساختاری، بی‌هنجاریهای گرانی بر روی پشته‌های اقیانوسی، بی‌هنجاریهای گرانی بر روی ترانسه‌های اقیانوسی، بی‌هنجاریهای ایزوستازی در مرزهای قاره‌ای - اقیانوسی، بی‌هنجاریهای گرانی در دریای مدیترانه شرقی، میدان گرانی منطقه‌ای بر روی اقیانوس اطلس.

منابع پیشنهادی :

- Cochran, J. R. and Talwani M., 1977, Free-air gravity anomalies in the worlds oceans: Geophysics, J. R. Astron. SOC, 50.
- Dehlimzer, P., 1978, Marine gravity: Elsevier.
- Graf, A. and Schulze, R., 1961, Improvements on the sea gravimeter: GSS-Z, J. Geophysics. Res. 66:1813-1821.

گرایش لوزه‌شناسی



پروفیل لرزه‌ای قائم و توموگرافی لرزه‌ای
(Vertical Seismic Profiling and Seismic Tomography)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :



قسمت اول - پروفیل لرزه‌ای قائم (VPS)

مقدمه : هدف، مفهوم پروفیل لرزه‌ای قائم، فرق اساسی VSP با پروفیل لرزه‌ای سطحی (افقی)، اشکال مختلف برداشت، مفهوم VSP (چشمه در فاصله ثابت از گمانه (offset VSP) چشمه در فواصل متعدد از گمانه کنترل). walkaway VSP توموگرافی لرزه‌ای، توموگرافی لرزه‌ای با چشمه طبیعی و چشمه مصنوعی.

فصل ۱- تجهیزات لازم برای برداشت VSP

چشمه‌های انرژی (دینامیت، چشمه ضربه‌ای سطحی، ارتعاشگر، تفنگ بادی (air gun)، چشمه‌های امواج برشی)، گیرنده‌های درون چاهی، کابل و سیستم ثبت داده‌ها.

فصل ۲- مشکل نوفه در VSP

جفت شدگی گیرنده، امواج کابل، مشکلات ناشی از تنبوش گمانه، امواج لوله‌ای (مبانی ریاضی، بازتاب و عبور، منابع ایجاد کننده، مشخصه‌های فرکانسی)، نوفه‌های سطحی حاصل از منابع غیر لرزه‌ای.

فصل ۳- عملیات صحرائی برای برداشت VSP

تست مقایسه‌ای چشمه‌های لرزه‌ای، تست گیرنده‌ها، تدارک انرژی بصورت تابعی از عمق برداشت، فاصله نمونه‌برداری زمانی، فاصله نمونه‌برداری عمقی، تست جفت شدگی گیرنده‌ها با سازند و جهت‌گیری آنها، پیشگیری از امواج لوله‌ای، رکورد تکراری بمنظور انجام برانبارش در اعماق ثابت، ثبت موجک در مجاورت چشمه.

فصل ۴- پردازش داده‌های VSP

پردازش‌های مقدماتی (کالبرنی زمان سیر و دامنه، تصحیح جهت‌گیری گیرنده‌ها، تعیین زمان سیر اولین رسیده‌ها، تصحیح واگرایی کروی)، تصحیح‌های ایستا، برانبارش قائم، برانبارش داده‌های ثبت شده در عمق ثابت، پردازش دامنه، حذف مدهای خاصی از موج، تعیین سرعت متوسط و فاصله‌ای، فیلتر سرعت (F-K)، فیلتر مقدار میانه، حذف امواج پایین رونده، طراحی عملگر دیکانولوشن بکمک امواج پایین رونده، پردازش موجک، برانبارش افقی، فیلتر بیشترین همدوسی، درون‌یابی و برون‌یابی داده‌ها.

فصل ۵- کاربردهای VSP

تعیین ضرایب بازتاب و مقاومت ظاهری صوتی، تعیین عمق بازتابنده‌های لرزه‌ای، مقایسه داده‌های VSP با لرزه‌نگاشتهای مصنوعی، دقت افقی و منطقه فرنل، مطالعه دامنه امواج لرزه‌ای، تعیین خواص فیزیکی سنگ، جذب امواج لرزه‌ای، چینه‌شناسی لایه‌های نازک، تعیین ناهمگنی سرعت، تعیین محل گسل، فراهم آوردن امکان تشخیص امواج اولیه از تکراری.

قسمت دوم - توموگرافی لرزه‌ای

مبانی ریاضی (تبدیل Radon، تئوری پرتو لرزه‌ای)، مقایسه توموگرافی لرزه‌ای و پزشکی، دستگاه‌ها و عملیات صحرائی برداشت لرزه‌ای (چشمه انرژی، گیرنده‌ها، دستگاه ثبات، آرایش‌های مختلف چشمه و گیرنده)، پردازش داده‌های توموگرافی، کاربردهای توموگرافی در مهندسی و معدن.

منابع پیشنهادی :

- Hardage, B. A., 1985, Vertical seismic profiling - part A. Principles: 2nd ed., Handbook of Geophysical Exploration, Geophysical Press.
- Galperin, E. I., 1985, Vertical seismic profiling and its exploration potential: D. Reidl Publishing Co..
- Balch A. H., and Myung W. L., Ed., 1984, Vertical seismic profiling technique, applications and case histories: International Human Resources Development Corporation, Boston.
- Iyer H. M., and Hiraharan, K., Ed., 1993, Seismic tomography - theory and practice: Chapman and Hall.
- Nolet, G., Ed., 1987, Seismic tomography with applications in global seismology and exploration geophysics: D. Reidl Publishing Co.
- Boyer, S. and Mari, J., 1997, Seismic surveying and well logging: Editions Techniq, Paris.



روشهای پرتو لرزه‌ای
(Seismic Ray Methods)

کد درس :



تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

مقدمه: اهمیت نقش مسئله انتشار موج در شاخه‌های مختلف ژئوفیزیکی

فصل ۱- اصول پایه روش پرتو

سریه‌های پرتو، سیستم پایه معادلات در نظریه پرتو، معادلات دیفرانسیل برای تابع فاز و برای ضرایب دامنه، مختصات پرتو، معادلات انتقال در مختصات پرتو و حل آنها، عبارات راهنما در سریه‌های پرتو، امواج لرزه در محیط همگن با سطح جدائی منحنی، بیان نهائی برای عبارات راهنمای یک موج ناایستا، تعیین شکل سیگنال، ارتباط معادله حرکت با معادله موج، اصول موضعی، توضیحات قطعی در بسط پرتو و توجیه دقت در آن.

فصل ۲- محاسبه پرتوها، زمان مسافت‌ها و دامنه‌های پرتو

ملاحظات کلی، سیستم مسیر پرتو، محاسبه دامنه‌های عبارات راهنما، محاسبه گسترش هندسی بر حسب مشتقات جزئی، تقریب محاسبه گسترش هندسی، محاسبه گسترش هندسی بر حسب شعاع انحنای جبهه موج، مسائل کمکی، مثالهای عددی.

فصل ۳- لرزه‌نگاشتهای نظری

معرهای مختلف لرزه‌نگاشتهای نظری، ساختمان لرزه‌نگاشتهای نظری، تولید و انتخاب امواج اصلی، تعدیل لرزه‌نگاشت‌های نظری، مثالهای عددی.

فصل ۴- روشهای پرتو برای محیط ناهمسانگرد

سیستم معادلات پایه نظریه پرتو برای محیط ناهمگن و ناهمسانگرد، معادلات دیفرانسیل برای معادله فاز و معادلات انتقال، سیستمهای پرتو موج، دامنه‌های پرتو عبارات راهنما، محیط همسانگرد عرضی، مثالهای عددی.

فصل ۵- روش پرتو با یک ایکونال مرکب

اصول اصلی روش، موج سطحی در یک مرز منحنی با پاکیری متغیر، موج سطحی ریلی، بعضی مسائل دیگر، تولید موج سطحی بوسیله چشمه نقطه‌ای، امواج سطحی در ساختار لایه‌ای با تغییر جانبی توسط الگوهای دیگر.

فصل ۶- محدوده رفتار غیر عادی میدانهای موج مرکب

مثالهایی از میدان غیر عادی پرتو، زونار سایه، انتخاب مقیاسها، بسط مجانب برای پرتوهای خزشی، زونارسایه، میدان منبع نقطه‌ای، مسائل مختلف.

فصل ۷- حالتی اعتبار روش پرتو و بعضی از تبدیلات آن

حالتی اعتبار روش پرتو، حالتی روش پرتو با ایکونال پیچیده برای پی‌جویی انتشار موج سطحی.

منابع پیشنهادی :

Cerveny, V., Molotkov, I. A., Psencik, I., 1977, Ray method in seismology: Univerzita Karlova, Praha.

Officer, Ch., B., 1974, Introduction to theoretical geophysics: Springer Verlag.

Smith, W. D., 1975, The application of finite element analysis to body wave propagation problems: Geophys. J. R. Astr. Soc., 42, 747-768.

لرزه‌شناسی در خشکی (Land Seismic)

کد درس :



تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیش‌نیاز :

فصل ۱- یادآوری

تاریخچه تکاملی شاخه لرزه (روشها و تجهیزات)، تئوری امواج لرزه‌ای، تفکیک امواج در حد فاصل، هندسه مسیر امواج لرزه‌ای، دامنه موج و عوامل مؤثر در آن، تئوری نمونه‌برداری و پدیده الیاسینگ، چشمه - گیرنده و دستگاههای ثبات، انواع آرایشهای چشمه و گیرنده، مبانی تئوری آرایه‌ها.

فصل ۲- طراحی برداشت لرزه‌ای

تعیین پارامترهای برداشت با در نظر گرفتن محدودیتهای (ژئوفیزیکی، دستگاهی، محیطی، اقتصادی و مسائل مربوط به تعبیر و تفسیر مقاطع لرزه‌ای)، پارامترهای خاص برداشت سه بعدی (اندازه Bin، تعیین فاصله خطوط چشمه، تعیین فاصله خطوط گیرنده، تعیین اندازه Patch فعال، تعیین تعداد گیرنده‌های فعال بازای هر چشمه، تعیین نحوه حرکت Patch و همپوشی Patch‌های مجاور، تعیین Fold ظاهری، تعیین Fold برحسب زاویه سمت، تعیین گستره فاصله چشمه و گیرنده در هر Bin، تعیین گستره زاویه سمت در هر Bin، لحاظ نمودن مایگرشن (Aperture)، آرایشهای خاص برداشت سه بعدی (مستعادم، حلقه‌ای، دایره‌ای، شطرنجی (checkerboard) Swath, Swath، موزی، Zigzag و آرایشهای جدید)، استفاده از مدل‌سازی برای ارزیابی کارایی و پارامترهای تعیین شده برای برداشت.

فصل ۳- مبانی ریاضی و مفاهیم فیزیکی مراحل عمده پردازش داده‌های لرزه‌ای

حضور لایه‌های ناهمگن سطحی (اثرات تخریبی این لایه‌ها، روشهای متفاوت برای تعیین آنها، روشهای اعمال تصحیح مربوط به آنها)، حضور امواج ناخواسته (انواع فیلترهای فرکانس، فیلترهای دی‌کانولوشن (فیلترهای وارونه و نر، فیلترهای وارونه براساس حداقل مربعات، حداقل فاز، فیلتر بهینه و نر (Spiking، پیش‌بینی کننده، تغییر شکل دهنده، (Prewhitening)، فیلترهای دوبعدی (حوزه فرکانس - عدد موج (F-K)، حوزه فرکانس - فاصله (F-X)، برانبارش اریب $(P - \tau)$ ، توزیع سرعت (انواع سرعت بازه‌ای، سرعت متوسط، سرعت برانبارش، سرعت مایگرشن)، رابطه بین سرعتهای مختلف، اهمیت مدل سرعت در مطالعات لرزه‌ای، روشهای تعیین سرعتها)، برونراند شیب (ضرورت انجام DMO، اصول تئوری DMO، DMO بوسیله تبدیل فوری، DMO بوسیله روشهای انتگرال‌گیری، DMO برای سرعتهایی که با عمق تغییر می‌کنند)، مایگرشن (اصول و مبانی تئوری مایگرشن‌های کیرشلف، تفاضل متناهی، حوزه فرکانس - عدد موج، حوزه فرکانس - فاصله)، ضرورت انجام مایگرشن، تفاوت اساسی بین مایگرشن قبل از برانبارش و مایگرشن بعد از برانبارش، مایگرشن و پدیده الیاسینگ در حیطه مکان، مایگرشن و نوفه‌های محیطی، مایگرشن و طول پروفیل لرزه‌ای، مایگرشن در زمان و عمق، مایگرشن سه بعدی (مایگرشن در دو مرحله، مایگرشن در یک مرحله).

فصل ۴- تعبیر و تفسیر مقاطع لرزه‌ای

استفاده از نتایج سایر روشها و اطلاعات منطقه‌ای موجود، AVO، چینه‌شناسی لرزه‌ای، مشخصه‌های لحظه‌ای مقاطع لرزه‌ای (دامنه، فاز و فرکانس)، روشهای مختلف نمایش مقاطع لرزه‌ای سه بعدی (مقطع هم زمان، مقطع هم عمق، مقاطع در امتدادهای دلخواه، تصاویر سه بعدی از ساختارهای زمین‌شناسی)، چینه‌شناسی، تله‌های ساختمانی و چینه‌ای، شناسایی محل تجمع هیدروکربورها.

فصل ۵- کاربردهای لرزه در خشکی

کاربردهای لرزه در مهندسی (انواع کاربرد، مشخصات دستگاهها و تجهیزات، محدوده فرکانسی و عمق مورد بررسی، آرایش‌های مختلف صحرائی، مسائل و مشکلات خاص ناشی از گستره عمق مورد بررسی، چند مثال). کاربردهای لرزه در اکتشافات نفتی (مشخصات دستگاهها و تجهیزات، محدوده فرکانسی و عمق مورد بررسی، آرایشهای مختلف صحرائی، مشکلات خاص ناشی از گستره عمق مورد بررسی، چند مثال). کاربردهای لرزه در مطالعه پوسته (مشخصات دستگاهها و تجهیزات، محدوده فرکانسی و عمق مورد بررسی، آرایشهای مختلف صحرائی، مشکلات خاص ناشی از گستره عمق مورد بررسی، چند مثال).

منابع پیشنهادی :

Sheriff, R. E., and Geldart, L., P., 1994, Exploration Seismology, Cambridge University Press.

Waters, K. H., 1981, Reflection Seismology, John Wiley and Sons, Inc.

Yilamz, O., 1987, Seismic data Processing: Society of Exploration Geophysicists.



لرزه‌شناسی در دریا
(Marine Seismic)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :



مقدمه : شرایط فیزیکی محیط دریا، زمینه‌های کاربردی لرزه‌شناسی در دریا، تفاوت‌های اساسی لرزه در دریا و خشکی، محدودیت‌های روش لرزه در دریا.

فصل ۱- انتشار امواج مکانیکی در سیال و هندسه مسیر امواج

امواج در حالت کلی، امواج با فرکانس ثابت، پرتو و جبهه موج، تأثیر حد فاصل دو محیط در انتشار موج، امواج الاستیک، تفکیک انرژی موج بین امواج مختلف در حد فاصل، اثر سطح آب بعنوان موجبر، یادآوری هندسه مسیر امواج شکسته مرزی و بازتابی.

فصل ۲- دستگاه‌ها و تجهیزات عملیات لرزه‌ای در دریا

گیرنده (هیدروفون، مشخصات فیزیکی و الکترونیکی هیدروفون، تست پاسخ هیدروفون (فرکانس و میرایی)، آرایه‌های مختلف هیدروفون‌ها). کابل (انواع، کنترل عمق کابل، دستگاه نشان دهنده عمق، تعیین جهت‌گیری کابل، نوبه‌های مربوط به کابل). چشمه (Air Gun, Sparker, Flexotir, Maxipulse, Detonating Cord, Gas Gun, Water Gun, Steam Gun, Vibroseis). آرایه‌های مختلف چشمه‌ها، عمق چشمه و گیرنده (اثر شبح). دستگاه‌های ثبت (مفاهیم اولیه، اجزاء اصلی، نوبه دستگاهی، فیلتر، بزرگنمایی، مبدل A/D، گستره دینامیکی، فرمت داده‌های ثبت شده، کانالهای فعال). کشتی و قایق‌های حامل تجهیزات.

فصل ۳- طراحی برداشت داده‌های لرزه‌ای دو بعدی در دریا

تعیین پارامترها (تحلیل نوبه، نوع آرایش، برداشت مقدماتی، بررسی کارایی آرایه‌ها (در حوزه، بهینه فرکانس)، شناسایی شیب‌ها و اثر، سرعت beaming کردن پارامترهای برداشت (فرکانس گیرنده و پارامترهای چشمه)، fold حرکت کشتی یا قایق). تعیین موقعیت (سیستم‌های ناوبری، طراحی ناوبری، دقت، فاصله، زمان‌یابی، هزینه و تعداد کشتی یا قایق) برداشت در آب‌های کم عمق.

فصل ۴- طراحی برداشت داده‌های لرزه‌ای سه بعدی در دریا

دلایل و انگیزه‌های بکارگیری روش سه بعدی، تعیین فاصله نمونه‌گیری در زمان و مکان، CMP binning، تعیین migration aperture، محدودیتهای پردازش در تعیین پارامترهای برداشت (تصحیحات ایستا، حذف نوبه، آنالیز سرعت، حذف امواج تکراری، محتوای فرکانسی سیگنال، درون‌یابی، مایگرشن)، محدودیتهای ژئوفیزیکی در تعیین پارامترهای برداشت (عمق هدف، باند فرکانسی مورد نیاز، شیب، توزیع سرعت، زاویه سمت)، روشهای برداشت (پروفیل‌های دو بعدی موازی، بکارگیری چشمه در مسیرهای دایره‌ای، روشهای جدید).

فصل ۵ - پردازش داده‌های حاصل از دریا

آماده سازی مقدماتی داده‌ها (همبستگی داده‌های حاصل از چشمه‌های ارتعاشگر، بررسی کیفیت رکوردها، بررسی تطبیذگی تریس‌ها، انتقال اطلاعات هندسی عملیات برداشت به تریس‌ها)، پردازش‌های قبل از برانبارش (اعمال تقویت‌های تابع زمان و مکان، جبران اثر انبساط کروی، تعیین زمان اولین رسیده‌ها و تهیه مدل برای لایه‌های کم سرعت، تصحیحات ایستا، دیکانولوشن، حذف شیخ، اعمال فیلترهای مناسب برای حذف نوفه‌ها و امواج ناخواسته، آنالیز سرعت، تصحیح برونراد نرمال، تصحیح ایستای باقیمانده، تصحیح پرونراند شیخ، برانبارش افقی)، پردازش‌های بعد از برانبارش (تعیین سرعت مایگرشن، مایگرشن زمانی، مایگرشن عمقی، تحلیل‌های AVO).

فصل ۶ - تعبیر و تفسیر مقاطع لرزه‌ای حاصل از دریا

روشهای دستی و کامپیوتری تعبیر و تفسیر مقاطع لرزه‌ای، تغییرات لیتولوژی و مقاطع لرزه‌ای، تشخیص لیتولوژی، چینه‌شناسی لرزه‌ای، structural features.

منابع پیشنهادی :

- Yilmaz, O., 1987, Seismic data processing: Tulsa Society of Exploration Geophysicists.
- Sheriff, R. E., and Geldart, L. P., 1995, Exploration seismology, 2nd ed.: Cambridge University Press.
- Waters, K. H., 1987, Reflection seismology. A tool for energy resource exploration, 3rd ed.: Wiley-Interscience Publication.
- Badley, M. E., 1985, Practical seismic interpretation: Prentice-Hall, Inc.



لرزه‌شناسی و انفجارات
(Seismic and Explosions)

کد درس :

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :



مقدمه: مواد منفجره و پردازش انفجار

فصل ۱- خواص مواد منفجره

قدرت و انرژی، سرعت انفجار، چگالی، فشار انفجار، پایداری، مقاومت آب، حساسیت، انتقال انفجار، بیحس کردن، مقاومت در حرارت کم، بخارها.

فصل ۲- مواد منفجره صنعتی

عوامل انفجار خشک، ژلهای آب، شیرابه‌ها، آمونیم نیترات سنگین، دینامیت ژلاتینی، دینامیت دانه‌ای، مواد منفجره مجاز، پودرهای سیاه، مواد منفجره دو مؤلفه‌ای.

فصل ۳- معیارهای انتخاب مواد منفجره

هزینه ماده منفجره، قطر ماده منفجره، خصوصیات سنگ، حجم سنگی که باید منفجر شود، وضعیت جوی، وجود آب، مشکلات محیطی، بخارها، شرایط امن، فشارهای مواد منفجره، مشکلات تهیه.

فصل ۴- مفاهیم اساسی روی سنگ و تأثیرات لرزه از یک انفجار

خصوصیات سنگ‌ها، امواج لرزه، یک زمینه کلی، مجموعه فاکتورهای طبیعی و فنی در تأثیرات لرزه‌ای از یک انفجار، ترکیب‌های ویژه در انتشار امواج لرزه‌ای حاصل از انفجار القائی.

فصل ۵- طیف فرکانس حاصل از ارتعاشات لرزه‌ای

خصوصیات طیفی امواج لرزه از انفجار القائی، طیف دامنه، فرکانس برای روشهای مختلف از اثر متقابل امواج تنش، طیف فرکانسی حاصل از ارتعاشات لرزه‌ای بواسطه انفجار مواد کروی.

فصل ۷- اثرات لرزه بواسطه انفجار مواد استوانه‌ای

اسلوب‌شناسی پی‌جوئی، ارتباط بین پارامترهای موج و شکل مواد منفجره، خصوصیات دینامیکی موج در زونهای نزدیک و دور به یک انفجار، مراقبت ایمنی از ساختارها در حین انفجارهای ممتد توسط مواد استوانه‌ای.

فصل ۸- کاهش بزرگی اثرات لرزه‌ای از انفجار القائی با استفاده از محافظ مصنوعی

انتشار امواج کشسان در یک محافظ، نتایج پی‌جوئی‌های تجربی، اداره کردن اثرات القائی لرزه توسط انفجار.

منابع پیشنهادی :

Dobrin, M., B., Simon, R.F., and Lawrence, P., 1951, Rayleigh waves from small explosions; Trans. Am. Geophys. Union, 32, 822-832.

Dowding, C. H., 1985, Blast vibration monitoring and control, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, NJ.

Grood fellow, K., 1990, Special Report: Geophysical Activity in 1990: The Leading Edge, 9 No.11, 549-72.

Jimeno, C. L., Jimeno, E.L., and Carced, F.J.A., 1987, Drilling and blasting of rocks, A.A. Balkema.

Kuzmenko, A.A., Vorobev, V.D., Denisyuk, I.I., and Dauetas, A.A, 1990, Seismic effects of blasting in rocks, A.A. Balkema.

McCready, H., J., 1949, Shot-hole characteristics in reflection seismology: Geophysics, 50,373-381.



مکانیک زلزله و گسلش

(Mechanics of Earthquake and Faulting)

کد درس :



تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیش‌نیاز :

فصل ۱- مروری بر مفاهیم اساسی مکانیک اجسام پیوسته

محاسبات برداری و تانسوری، جابجایی و سرعت، میزان تغییرات زمانی، شتاب، حرکات یکنواخت و لغزشی، حرکت جسم صلب، حرکت و دگر شکلی، تانسور تغییر دگر شکلی، دگر شکلی محدود و تانسورهای تغییر شکل، تغییر شکل و چرخش (rotation)، تانسورهای تغییر سرعت و گردش (spin)، جریان ساده، قوانین بقا (جرم، انرژی، ممان)، اصول کار واقعی.

فصل ۲- رفتار مکانیکی سنگها

رفتار مواد و مدل‌های رفتاری، شکستگی در مواد، خواص مکانیکی سنگها، مکانیسمهای دگر شکلی و مدهای شکستگی، نقشه‌های مکانیسم دگر شکلی، بررسیهای آزمایشگاهی دگر شکلی سنگها (اصول، تکنیکها)، قوانین اساسی تجربی جریان، مثالهایی از بررسیهای انجام شده بر روی سنگهای مختلف (کوارتز، الیوین، فلدسپار، آمفیبولیت و...)، اثرات فشار، اندازه دانه و محیط شیمیایی بر روی حرکت یکنواخت لغزشی، مکانیک دگر شکلی طبیعی سنگها.

فصل ۳- گسیختگی شکننده و اصطکاک سنگ (Brittle fracture and friction of rock)

مفاهیم تئوری، تئوری گریفیتز، (Griffith theory)، مکانیسمهای شکستگی، مطالعات تجربی مقاومت سنگ، انرژیهای شکستگی (fracture energies)، بررسی استرسها در رژیمهای مختلف، قوانین استرس مؤثر، تماس سطوح، اصطکاک داخلی، بررسیهای تجربی در مورد اصطکاک، اثرات میزان تغییر روی اصطکاک، انتقال پایداری اصطکاک، بررسی مسائل دینامیکی.

فصل ۴- مکانیک ورنولوژی گسلها

چهارچوب مکانیکی، تئوری گسلش اندرسون، تئوری گسلش روراندۀ هوبرت - رابی، شکل‌گیری و رشد گسلها، گسله سنگها و ساختارها، گسله سنگها و مکانیسمهای دگر شکلی، فابریک و سطوح، مدل زونهای برشی، آثار ترمومکانیکی گسلش، مقاومت زونهای گسلی پوسته، ریخت‌شناسی گسل و آثار مکانیکی ناهمگنی، توپوگرافی و ریخت‌شناسی گسل، آثار مکانیکی بی‌نظمی گسلها.

فصل ۵- مکانیک زمین‌لرزه‌ها

تبادل دینامیکی، انتشار ترکهای برشی، پدیده‌های وابسته به زمین‌لرزه، روابط مقیاس زمین‌لرزه، مشاهدات مربوط به زمین‌لرزه‌ها، مطالعات انجام شده، توالی زمین‌لرزه‌ها، رویداد مجدد زمین‌لرزه.

فصل ۶- کاربرد روشهای عددی (مدلسازی)

روابط اساسی، روابط استرس - استرین برای حالت‌های مختلف، پارامترهای چشمه، مدل‌های کاربردی دو بعدی و سه بعدی، مدل حرکت زمین و توابع سرعت، چند مثال.

منابع پیشنهادی :

Jaeger, J. C., and Cook, N. G. W., 1976, Fundamentals of rock mechanics: 2nd ed., Chapman and Hall, London.

Ranalli, G., 1987, Rheology of the earth: Allenand Unwin, U.S.A.

Scholz, C. H., 1990, The mechanics of earthquakes and faulting: Cambridge University Press.

