جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری

برنامه درسی

(بازنگری شده)

دوره: دکتری

رشته: ژئوفیزیک

گرایش: لرزه شناسی

گروه : علوم پایه

مصوبه جلسه شماره ۹۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱

کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

بسم الله الرّحمن الرّحیم

عنوان برنامه: ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی

۱- برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی در جلسه شماره ۹۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی تصویب شد.

۲- برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ جایگزین برنامه درسی دوره دکتری رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی مصوب جلسه شماره ۳۸۱ مورخ ۱۳۷۸/۰۷/۱۱ شورای عالی برنامه ریزی می شود.

۳- برنامه درسی مذکور از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ برای تمامی دانشگاه ها ومؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند برای اجرا ابلاغ می شود.

۴- این برنامه درسی از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن قابل بازنگری است.

عبدالرحیم نوه‌ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

فصل اول

به نام خدا

برنامه دوره دکتری رشته ژئوفیزیک

گرایش: لرزه‌شناسی

(Seismology)

تعریف و اهداف

دوره دکتری ژئوفیزیک- لرزه‌شناسی دوره‌ای آموزشی- پژوهشی شامل دروس نظری، عملی و کار پژوهشی است که برای تربیت لرزه‌شناسان مسلط به دانش روز تعریف شده‌است. دانش‌آموختگان این رشته با احاطه‌یافتن به آخرین پیشرفت‌های علمی در این زمینه بایستی بتوانند با روش‌های نوین پژوهش و نوآوری، نیازهای علمی و پژوهشی کشور را تأمین نموده و در گسترش مرزهای دانش لرزه‌شناسی موثر باشند.

اهداف عمده این برنامه درسی شامل موارد زیر است:

- افزایش آگاهی درباره ساختار زمین، خواص فیزیکی آن و ارایه تصویری دقیق از ساختارهای زیرسطحی
- فراهم آوردن بستر مناسب برای پژوهش‌های نظری و تجربی در زمینه‌های مختلف لرزه‌شناسی (نفت و مهندسی)
- تعلیم و تربیت نیروهای متخصص برای تأمین نیاز مراکز آموزشی، پژوهشی و خدماتی
- هدایت دانشجویان برای اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مورد نیاز کشور

ضرورت و اهمیت

با توجه به وجود منابع هیدروکربنی غنی در کشور و ضرورت مطالعات علمی و پژوهشی برای شناسایی و اکتشاف این منابع از طرفی و ضرورت مطالعه ساختگاه پروژه‌های مهندسی از طرف دیگر، اهتمام به تربیت نیروهای متخصص در مقطع دکتری و بومی‌سازی دانش پیشرفته لرزه‌شناسی در کشور را می‌طلبد.

طول دوره و شکل نظام

شکل نظام به صورت ترمی- واحدی خواهد بود. هر واحد نظری معادل ۱۶ ساعت و هر واحد عملی معادل ۳۲ ساعت در طول یک نیمسال تحصیلی تدریس می‌شود.

طول دوره حداکثر ۵ سال می‌باشد و به دو مرحله آموزشی و پژوهشی مستقل از هم تقسیم می‌شود و با دفاع از رساله پایان می‌پذیرد.

تعداد و نوع واحدها

تعداد کل واحدهای درسی و رساله در این دوره ۳۶ واحد به شرح زیر است:

الف) دروس الزامی ۹ واحد

ب) دروس اختیاری ۶ واحد

ج) رساله ۲۱ واحد

اگر دانشجویی تعدادی از واحدهای درسی لازم را در دوره کارشناسی ارشد نگذرانده باشد، موظف است به تشخیص استاد راهنما و تأیید شورای تحصیلات تکمیلی گروه، کمبود واحدهای درسی خود را به عنوان واحدهای جبرانی تا سقف مصوب (۶ واحد)، در ابتدای مرحله آموزشی، بگذراند.

شرایط لازم برای اجرا

اجرای این رشته در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی- پژوهشی‌ای امکان‌پذیر است که حداقل دارای سه نیروی متخصص با درجهٔ دکتری ژئوفیزیک در زمینه لرزه‌شناسی بوده و دو نفر از آنها مرتبه علمی دانشیار یا استاد داشته باشند. همچنین، دارا بودن آزمایشگاه مستقل با تجهیزات لازم و فضای آموزشی مناسب برای این منظور الزامی است.

شرایط عمومی ورود دانشجویان به دوره دکتری ژئوفیزیک- لرزه‌شناسی مطابق ضوابط و مقررات وزرات علوم، تحقیقات و فناوری می‌باشد.

فصل دوم

جدول دروس الزامی

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات		
			نظری	عملی	جمع
۳۱۴	پردازش پیشرفته داده‌های لرزه‌ای بازتابی	۳	۴۸	-	۴۸
۳۱۵	تفسیر پیشرفته داده‌های لرزه‌ای بازتابی	۳	۴۸	-	۴۸
۳۰۹	روش‌های وارون در حل مسائل ژئوفیزیکی	۳	۴۸	-	۴۸

جدول دروس اختیاری*

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات		
			نظری	عملی	جمع
۳۰۲	** تحلیل سری‌های زمانی پیشرفته	۳	۴۸	-	۴۸
۳۱۶	** خواص فیزیکی سنگ‌ها	۳	۴۸	-	۴۸
۳۱۷	مدل‌سازی انتشار امواج کشسان	۳	۴۸	-	۴۸
۳۱۸	توموگرافی لرزه‌ای	۳	۴۸	-	۴۸
۳۱۹	تشخیص الگوهای لرزه‌ای	۳	۴۸	-	۴۸
۳۱۳	مباحث ویژه (مطالعات اختصاصی)	۳	۴۸	-	۴۸

* دانشجو می‌تواند با تایید استاد راهنما و موافقت گروه آموزشی، از دروس مقطع دکتری سایر رشته‌های مجموعه ژئوفیزیک، ویا رشته‌های علوم پایه و مهندسی، درس مورد نیاز را انتخاب نماید.

** دروس اختیاری- الزامی

فصل سوم

عنوان درس به فارسی: پردازش پیشرفته داده‌های لرزه‌ای بازتابی

عنوان درس به انگلیسی: Advanced Reflection Seismic Data Processing

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت: ۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه ○ آزمایشگاه○ سمینار○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با اصول نظری روش‌های نوین پردازش پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی آشنا می‌شوند.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول ـ واترکیب داده‌ها

روشهای واترکیب رکوردهای چشمه مشترک مربوط به چشمه‌های همزمان

فصل دوم ـ روش‌های منظم‌سازی و درون‌یابی

پیشگوی f-x-y، منظم‌سازی در حوزه تبدیل‌ها (فوریه، رادون، کرولت، ...)، درون‌یابی پنج بعدی

فصل سوم ـ تضعیف نوفه‌های همدوس و تصادفی

روش‌های تضعیف نوفه‌های تصادفی: فیلترهای دوجانبه و میانگین غیرمحلی، فیلترهای f-x-y، فیلترها برپایه تنکی (در حوزه‌های موجک، کرولت، ...)

روش‌های تضعیف نوفه‌های همدوس خطی: فیلتر سرعتیf-k، فیلتر τ-p

حذف امواج تکراری به روش‌های تبدیل رادون هذلولی، تبدیل رادون سهمی، روش SRME

فصل چهارم ـ تصحیح استاتیک

استاتیک‌های دوره‌بلند: روش‌های تصحیح استاتیک با توموگرافی داده‌های شکست‌مرزی

استاتیک‌های دوره‌کوتاه: اصل همخوانی با سطح، روش برپایه بیشینه‌سازی توان برانبارش، روش برپایه بیشینه‌سازی تنکی، روش برپایه تداخل‌سنجی

فصل پنجم ـ روش‌های نوین تعیین مدل سرعت و برانبارش

تحلیل سرعت، تصحیح NMO و برانبارش (CMP، CDP و CRS)

فصل ششم ـ روش‌های جبران جذب و پاشش

مدل‌های ریاضیاتی Q، تخمین Q، فیلترهای وارون Q

فصل هفتم ـ روش‌های واهامیخت

واهامیخت ضربه‌ای تنک، واهامیخت تعقیب پایه و تعقیب تطابق، واهامیخت تک کاناله و چند کاناله، واهامیخت کور و ناکور، واهامیخت مانا و نامانا

فصل هشتم ـ روش‌های مهاجرت

مهاجرت پس از برانبارش و DMO، مهاجرت پیش از برانبارش(زمانی و عمقی)، مهاجرت کمترین مربعات

فصل نهم ـ پردازش داده های لرزه ای خاص

مقدمه‌ای بر پردازش داده‌های لرزه‌ای سه مولفه‌ای و داده‌های چهاربعدی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1- Yilmaz, O., 2001, Seismic Data Analysis: Processing, Inversion and Interpretation of Seismic Data (Vols. 1 & 2), SEG, Tulsa Oklahoma.
2- Wang, Y., 2008. Seismic Inverse Q Filtering. Blackwell, Oxford.
3- Boashash, B. (Editor), 2015, Time-frequency Signal Analysis and Processing: A Comprehensive Reference, 2nd Edition, Elsevier, Academic Press.
4- Biondi, B., 2006, 3D Seismic Imaging, SEG Series: Investigations in Geophysics, Ed., G. Gardner.
5- Ulrych, T. J., and M. D. Sacchi, 2005, Information-based Inversion and Processing with Applications, Elsevier Science.

فهرست مطالعات:

عنوان درس به فارسی: تفسیر پیشرفته داده‌های لرزه‌ای بازتابی

عنوان درس به انگلیسی: Advanced Reflection Seismic Data Interpretation

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت: ۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه○ آزمایشگاه○ سمینار○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با اصول نظری روش‌های نوین تفسیر داده‌های لرزه‌ای بازتابی آشنا می‌شوند.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول ـ اصول اولیه

مفاهیم لرزه‌ای(تیونینگ، حدتفکیک، تبدیل زمان به عمق، رکورد هم زاویه، مقاومت صوتی، مقاومت کشسانی)، مفاهیم زمین شناسی(گسل‌ها، ساختارهای نمکی، درزه و شکاف‌ها، رخساره‌ها، سازندهای نفتی ایران، پارامترهای مخزن)، اطلاعات چاه (چاه‌نگاره ها، چک شات، پروفیل لرزه‌ای قائم)، مفاهیم آماری، مفاهیم بصری (نمایش موجک‌وار، نمایش چگالی متغیر، رنگ، شفافیت، اسلایس (اینلاین، کراس لاین و هم زمان) ، نمایشRGB، تفسیر مبتنی بر کامپیوتر)

فصل دوم ـ تفسیر ساختمانی

استخراج موجک (روشهای آماری و قطعی تخمین موجک)، تطابق اطلاعات چاه و مقطع لرزه‌ای (تصحیح چک شات، تولید لرزه نگاشت مصنوعی، نشانگرهای سنگ شناسی و افق‌های لرزه‌ای)، تفسیر افق لرزه‌ای، تفسیر گسل، پاسخ لرزه‌ای پدیده های زمین شناسی(گسل، گنبد نمکی، توالی چینه‌ای، گوه، شکستگی، کانال ها، دودکش گازی، ریف ها)، منابع نامتعارف هیدروکربنی (هیدرات‌های گازی، نفت شیل، گاز شیل)

فصل سوم ـ تحلیل نشانگرها

نشانگرها (نشانگرهای لحظه‌ای، نشانگرهای فرکانسی، نشانگرهای همدوسی، نشانگرهای هندسی، نشانگرهای آماری)، تحلیل چند نشانگری (تحلیلPCA و روش‌های دیگر کاهش ابعاد، شبکه های عصبی نظارتی، شبکه های عصبی غیر نظارتی)؛ مثال‌هایی از مطالعات موردی

فصل چهارم ـ تفسیر چینه‌شناسی

مفاهیم چینه‌شناسی (لیتواستراتیگرافی، بیواستراتیگرافی، کورونواستراتیگرافی)؛ پیکربندی لرزه‌بازتابی؛ سیستم تراکت‌ها (system tracts)؛ زمین‌ریخت‌شناسی لرزه‌ای، چینه‌شناسی توالی لرزه‌ای (تبدیل ویلر، تعیین سن نسبی رسوبات، انتقال سن از چاه به داده‌های لرزه‌ای)، تله‌های نفتی چینه‌ای

فصل پنجم ـ تخمین پارامترهای مخزن

وارون‌سازی پس از برانبارش (استخراج مقاومت صوتی)، وارون‌سازی پیش از برانبارش (استخراج مقاومت کشسانی، سرعت موج فشارشی، سرعت موج برشی، چگالی، نشانگرهای AVO)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1- Avseth, P., T. Mukerji, and G. Mavko, 2005, Quantitative seismic interpretation, Applying Rock Physics Tools to Reduce Interpretation Risk, Cambrige University Press.
2- Badley, M. E., 1985, Practical Seismic Interpretation, International Human Resources Development Corporation.
3- Chopra, S., and K. J. Marfurt, 2007, Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization, Geophysical Developments, no. 1, SEG.
4- Davies, R. J., 2007, Seismic Geomorphology: Applications to Hydrocarbon Exploration and Production, Geological Society of London.
5- Doyen P., 2010, Seismic Reservoir Characterization: An Earth Modeling Perspective, EAGE Publications bv.
6- Sen, M. K., 2006, Seismic Inversion, SPE Publications, Dallas, USA.
7- Veeken, P.C.H., 2007, Seismic Stratigraphy, Basin Analysis and Reservoir Characterization, Elsevier Science.

فهرست مطالعات:

عنوان درس به فارسی: روش‌های وارون در حل مسائل ژئوفیزیکی

عنوان درس به انگلیسی: Inverse Methods in Geophysical Problems

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت: ۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه ○ آزمایشگاه○ سمینار○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با اصول نظری روش‌های حل مسائل وارون ژئوفیزیکی آشنا می‌شوند.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول ـ مروری بر جبر خطی

فضاهای برداری، بردار و ماتریس، تعامد، ضرب داخلی و نرم، استقلال خطی و رتبه (Rank)، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، تجزیه مقادیر تکین (SVD).

فصل دوم ـ مروری بر آمار و احتمالات

احتمال و متغیرهای تصادفی، مقدار چشم داشتی و واریانس، توزیع‌های مشترک(joint distributions)، توزیع‌های چند متغیره، احتمال شرطی، تئوری بیز (Bayesian)

فصل سوم ـ رگرسیون

مقدمه ای بر مسائل وارون ژئوفیزیکی، رگرسیون خطی و غیرخطی، رگرسیون ℓ_1 ، ℓ_2، ℓ_p

فصل چهارم ـ مسائل وارون خطی

رتبه ناقص و بد- شرطی، منظم‌سازی و ارتباط آن با تخمین بیزی، فضاهای داده و مدل، تخمین بیشینه درستنمایی و اطلاعات اولیه، منظم‌سازی خطی و غیرخطی، SVD قطع شده، منظم‌سازی تیخونوف، منظم‌سازی تغییرات کلی (TV)، منظم‌سازی بر مبنای تنکی (Sparsity)، روش کمترین مربعات وزندار تکراری (IRLS)

فصل پنجم ـ حلگرهای تکراری و مسائل بزرگ مقیاس

مساله نیازمندی حافظه، روش تکراری Landweber، روش گرادیان مزدوج (CG)، روش CG برای کمترین مربعات (CGLS)، روش زیرفضای کریلوف (Krylov)

فصل ششم ـ روش‌های تخمین پارامتر منظم‌سازی

روش اصل تفاوت و مربع کای (χ^2)، روش خم L، روش اعتبار سنجی متقابل تعمیم‌یافته (GCV)، روش SURE

فصل هفتم ـ مسائل وارون غیرخطی

وارون کمترین مربعات غیرخطی، روش گرادان مزدوج غیرخطی، روش تندترین کاهش (steepest descent)، روش نیوتن، روش اکام (Occam)

فصل هشتم ـ روش‌های بهینه‌سازی جهانی

روش‌های مونت-کارلو، روش‌های تبلور شبیه‌سازی شده، الگوریتم‌های ژنتیک

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1- Hansen, P. C., 1999, Rank-Deficient and Discrete Ill-Posed Problems: Numerical Aspects of Linear Inversion. Philadelphia, PA: SIAM.
2- Aster, R. C., B. Borchers, H., C. H. Thurber, 2013, Parameter Estimation and Inverse Problems, 2nd Edition, Elsevier.
3- Menke, W., 2012, Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory. 3rd Edition, Elsevier.
4- Richardson, R. M., and G. Zandt, 2003, Inverse Problems in Geophysics, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.
5- Sen, M. K., and P. L. Stoffa, 2013, Global Optimization Methods in Geophysical Inversion, Cambridge University Press.
6- Tarantola, A., 2005, Inverse Problem, Theory and Methods for Model Parameter Estimation, SIAM.
7- Zhdanov, M. S., 2015, Inverse Theory and Applications in Geophysics, 2nd Edition, Elsevier Science.

عنوان درس به فارسی: تحلیل سری‌های زمانی پیشرفته

عنوان درس به انگلیسی: Advanced Times Series Analysis

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت:۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه○ آزمایشگاه○ سمینار○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با اصول نظری روش‌های پیشرفته تحلیل سری‌های زمانی آشنا می شوند.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول- مروری بر سری‌های زمانی ژئوفیزیکی

سیگنال‌ها، سیستم‌ها، همامیخت و همبستگی، سری فوریه و تبدیل فوریه، تبدیل لاپلاس و تبدیل z .

فصل دوم ـ نمونه‌برداری و بازسازی سیگنال‌ها

تئوری نمونه‌برداری شانون- نایکویست، کوانتش، کوانتش یکنواخت و غیریکنواخت، تابع اعوجاج، درون‌یابی با تابع سینک، درون‌یابی برپایه بهینه‌سازی، نمونه‌برداری فشرده.

فصل سوم- تحلیل سیگنال در حوزه فرکانس

تبدیل z چیرپ، تبدیل هیلبرت، روش‌های برپایه سیگنال تحلیلی، روش‌های تخمین طیف توان، تخمین طیف توان برپایه مدل، تخمین طیفی برپایه زیرفضای ویژه - تحلیل.

فصل چهارم- تبدیل‌های زمان- فرکانس و زمان- مقیاس

تبدیل گابور، تبدیل فوریه زمان کوتاه، تبدیل S، تبدیل S تعمیم‌یافته، تبدیل‌های زمان- فرکانس درجه دوم، تبدیل هیلبرت- هوانگ، تبدیل موجک پیوسته، چارچوب‌ها، تحلیل چند مقیاسی (موجک‌های متعامد، کرولت و ...)

فصل پنجم- روش‌های تحلیل سیگنال در حوزه زمان

فیلتر کردن و بهبود سیگنال (هموارسازی همامیختی، فیلترهای غیرخطی)، آشکارسازی لبه، آشکارسازی الگو.

فصل ششم- روش‌های تضعیف نوفه‌های تصادفی و ضربه‌ای

خصوصیات آماری نوفه‌های تصادفی، فیلترهای همامیختی، فیلترهای دوجانبه، فیلترهای میانگین غیرمحلی، فیلترهای انقباضی، فیلترهای جورسازی بلوک‌های سه‌بعدی، خصوصیات آماری نوفه‌های ضربه‌ای، فیلترهای میانه، روش‌های مقاوم برای تخمین پارامتر.

فصل هفتم- مدل‌های تصادفی سیگنال‌ها

متغیرهای تصادفی و گشتاورهای آماری مربوطه، خود همبستگی و همبستگی متقابل فرایند های تصادفی در ورودی- خروجی سیستم های LTI در حوزه های زمان و فرکانس، بردارهای تصادفی، نامساوی چبیشف و کاربرد آن، نامساوی چرنف و کاربرد آن، قضیه اعداد بزرگ در شکل‌های قوی و ضعیف، قضیه حد مرکزی و اثرات آن.

فصل هشتم- فرایندهای تصادفی و خواص تصادفی سیگنال‌ها

مفهوم فرایند تصادفی، گشتاورهای آماری فرایندهای تصادفی زمان گسسته و زمان پیوسته، شرایط ایستایی SSS و WSS و WSSچرخشی، مفهوم ارگادیسیتی و روابط مربوطه، پاسخ سیستم LTI به فرآیند تصادفی، نمونه برداری فرآیندهای تصادفی.

فصل نهم- تحلیل فرآیندهای تصادفی

بسط KL یک فرآیند تصادفی برحسب توابع اورتونرمال، فرآیندهای زنجیره‌ای مارکوف، فرآیندهای تصادفی خودبازگشتی (AR)، فرآیندهای تصادفی متوسط متحرک (MA)، فرآیندهای تصادفی ARMA.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1- Mallat, S., 2008, A Wavelet Tour of Signal Processing, 3rd Edition, The Sparse Way. Elsevier.
2- Soman, K. P., N. G. Resmi, and K. I. Ramachandran, 2010, Insight into Wavelets: From Theory to Practice. PHI Learning, New Delhi.
3- Boashash, B. (Editor), 2015, Time-Frequency Signal Analysis and Processing: A Comprehensive Reference. 2nd Edition, Elsevier.

4- Allen, R. L., and D. W. Mills, 2004, Signal Analysis Time, Frequency, Scale, and Structure. Wiley-IEEE Press.
5- Gubbins, D., 2004, Time-Series Analysis and Inverse Theory for Geophysicists. Cambridge University Press.
6- Papoulis, A. and S. U. Pillai, 2002, Probability, Random Variables and Stochastic Processes, Mc-Graw Hill.

فهرست مطالعات:

عنوان درس به فارسی: خواص فیزیکی سنگ‌ها

عنوان درس به انگلیسی: Physical Properties of Rocks

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت:۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه○ آزمایشگاه○ سمینار○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با خواص مربوط به فضای حفره، چگالی سنگ‌ها، خواص کشسانی و خواص غیرکشسانی سنگ‌ها، و همچنین، خواص الکتریکی و مغناطیسی سنگ‌ها آشنا می‌شوند.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول ـ مقدمه

طبقه بندی زمین شناسی سنگ‌ها، طبقه بندی فیزیکی سنگ‌ها، همگنی و ناهمگنی، همسانگردی و ناهمسانگردی

فصل دوم ـ خواص مربوط به فضای حفره

تخلخل، سطح داخلی ویژه، تراوایی، ترشوندگی، فشار موئینگی

فصل سوم ـ چگالی سنگ‌ها

چگالی کانی‌ها، چگالی سیالات درون حفره‌ها، چگالی بالک سنگ‌ها

فصل چهارم ـ خواص کشسانی سنگ‌ها

ضرایب کشسانی و قانون هوک، خواص کشسانی کانی‌ها، خواص کشسانی سیالات، سرعت امواج در سنگ‌های آذرین و دگرگونی، سرعت امواج در سنگ‌های رسوبی، اثر کانی‌شناسی و تخلخل بر سرعت، روابط تجربی سرعت- تخلخل و سرعت- چگالی، اثر سیال درون حفرات و اشباع بر سرعت، اثر فشار بر سرعت، اثر دما بر سرعت، روابط تجربی بین VP و VS ، ناهمسانگردی سرعت، ارتباط بین ناهمسانگردی موج برشی و موج تراکمی، تئوری‌های مربوط به سرعت انتشار موج در سنگ‌ها، حدها برای ضرایب کشسانی،

مدل‌های مربوط به بسته‌بندی کروی، مدل‌های اینکلوژنی، مدل‌های مربوط به سنگ‌های دارای شکستگی، مدل‌های گاسمن و بیوت

فصل پنجم ـ خواص غیرکشسانی سنگ‌ها

تضعیف امواج لرزه‌ای در سنگ‌ها، بررسی نتایج آزمایشگاهی تضعیف امواج در سنگ‌ها، سازوکارهای تضعیف امواج در سنگ‌ها

فصل ششم ـ خواص الکتریکی سنگ‌ها

هدایت الکتریکی و گذردهی الکتریکی(Permittivity) سنگ‌ها، خواص الکتریکی‌کانی‌ها و سیال درون حفرات، خواص الکتریکی سنگ‌های تمیز اشباع از سیال، خواص الکتریکی ماسه سنگ‌های شیلی، خواص دی‌الکتریک سنگ‌ها

فصل هفتم ـ خواص مغناطیسی سنگ‌ها

خواص مغناطیسی کانی‌ها و سیالات درون حفرات، خواص مغناطیسی سنگ‌های اشباع از سیال، همبستگی بین پذیرفتاری مغناطیسی (Susceptibility) و میزان مواد مغناطیسی، مغناطیس‌شدگی باقیمانده طبیعی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1- Mavko, G., Mukerji, T., and Dvorkin, J., 2009, The Rock Physics Handbook, 2nd Edition, Cambridge University Press.
2- Schön, J. H., 1996, Physical Properties of Rocks-Fundamentals and Principle of Petrophysics: Handbook of Geophysical Exploration, Seismic Exploration, Vol. 12, Elsevier.
3- Schön, J. H., 2011, Physical Properties of Rocks- A Workbook: Handbook of Petroleum Exploration and Production, Vol. 8, Elsevier.
4- Sheriff, R. E., and Geldart, L., 1995, Exploration Seismology, Cambridge University Press.
5- White, J. E., 1983, Underground Sound, Application of Seismic Wave, Elsevier.

عنوان درس به فارسی: مدل‌سازی انتشار امواج کشسان

عنوان درس به انگلیسی: Elastic Wave Propagation Modeling

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت: ۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه○ آزمایشگاه○ سمینار ○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با اصول نظری، روش‌های اجرایی و کاربردهای مدل‌سازی انتشار امواج کشسان آشنا می‌شوند.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول ـ مقدمه

اهمیت و کاربردهای مدل‌سازی انتشار امواج کشسان، دسته بندی انواع روش‌های مدل‌سازی انتشار امواج کشسان بر اساس کاربردها و روش‌های اجرایی.

فصل دوم ـ معادلات حاکم بر انتشار امواج لرزه‌ای

روابط تنش- کرنش و تئوری کشسانی خطی؛ استخراج معادله امواج کشسان برای محیط های همگن/ناهمگن، همسانگرد/ناهمسانگرد، سیالات؛ امواج تخت کشسان منتشر شونده در محیط های همگن/ناهمگن، همسانگرد/ناهمسانگرد، سیالات؛ تقریب فرکانس بالای معادله امواج کشسان واستخراج معادله آیکونال

فصل سوم ـ روش‌های عددی حل معادله امواج کشسان

معرفی روش‌های عددی مرسوم جهت حل معادله موج به عنوان یک معادله دیفرانسیل جزیی (PDE)، (تفاضل متناهی (FD)، المان محدود (FE)، اجزاء طیفی (SE)، شبه طیفی (PE)، حل مستقیم (DS) و گالرکین غیر پیوسته (NCG))

روش تفاضل متناهی (FD): گسسته‌سازی مدل (شبکه های منظم و استگر) و تقریب‌های مختلف مشتق عددی (استنسیل ها)؛ معادلات گسسته در حیطه های زمان و فرکانس و حل عددی آنها، بررسی پایداری و پاشندگی عددی، شرایط مرزی (فیزیکی و

جاذب) و اثر چشمه، اثر جذب محیط (Dissipative Media)

روش اجزاء طیفی (SE): مبانی روش‌های مبتنی برالمان محدود، گسسته‌سازی معادلات انتگرالی و حل عددی آنها به ازاء هر جزء و سرهم بندی ماتریس کل، محاسبه ماتریس‌های سختی و جرم، شرایط مرزی (فیزیکی و جاذب) و اثر چشمه، اثر جذب محیط (Dissipative Media)، بررسی پایداری و پاشندگی عددی، مقایسه دقت و کارایی محاسباتی روش‌هایSEوFD

فصل چهارم ـ روش‌های عددی ردیابی پرتو

معادلات پرتو، روش‌های شوتینگ مبتنی بر معادلات پرتو، روش‌های ردیابی پرتو بر مبنای خمش پرتو (ردیابی پرتو دو نقطه‌ای)، روش‌های حل معادله آیکونال (روش‌های مبتنی بر شبکه مانند FD، روش FMM و سایر روش‌های مشابه)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1- Aki, K., and Richards, P., 2002, Quantitative Seismology: Theory and Methods, W.H. Freeman & Co.
2- Cerveny, V., 2001, Seismic Ray Theory, Cambridge University Press.
3- Fichtner, A., 2010. Full Seismic Waveform Modeling and Inversion. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4- Rawlinson, N., Hauser, J. and Sambridge, M., 2008, Seismic Ray Tracing and Wavefront Tracking in Laterally Heterogeneous Media, Advances in Geophysics, Volume 49. Series: Advances in Geophysics, Elsevier.

فهرست مطالعات:

عنوان درس به فارسی: توموگرافی لرزه‌ای

عنوان درس به انگلیسی: Seismic Tomography

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت: ۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه○ آزمایشگاه○ سمینار ○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با اصول نظری، روش‌های اجرایی و کاربردهای توموگرافی لرزه‌ای آشنا می شوند و روش‌های توموگرافی زمان سیر خطی و غیر خطی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. در نهایت، مباحث توموگرافی شکل موج لرزه‌ای ارائه خواهد شد.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول ـ مقدمه

جایگاه توموگرافی در لرزه‌شناسی اکتشافی، تاریخچه توموگرافی لرزه‌ای، دسته بندی روش‌های توموگرافی لرزه‌ای (از لحاظ کاربردها و روش‌های اجرایی و ملزومات آنها از دیدگاه ریاضی و نوع داده‌ها و پارامترها).

فصل دوم ـ روش‌های مدل‌سازی انتشار امواج کشسان

مروری بر معادله امواج کشسان، مروری بر روش‌های مدل‌سازی انتشار امواج لرزه‌ای به روش تفاضل متناهی در حیطه زمان و فرکانس، روش‌های عددی حل معادله آیکونال و محاسبه مسیر پرتوها به روش تفاضل متناهی (FD) و پیشروی سریع (FMM)

فصل سوم ـ توموگرافی زمان سیر لرزه‌ای

توموگرافی خطی: توموگرافی زمان سیر با فرض پرتوهای مستقیم به عنوان یک مساله وارون خطی، بررسی خصوصیات ریاضی مساله، روش‌های حل تکراری مانند ART، SIRT و CG، مثال عددی

توموگرافی غیرخطی: توموگرافی زمان سیر با فرض پرتوهای غیر مستقیم به عنوان یک مساله وارون غیر خطی، منظم سازی مسائل

توموگرافی غیرخطی، محاسبه ماتریس حساسیت، روش‌های توموگرافی بر مبنایadjoint-state، مثال عددی

فصل چهارم ـ توموگرافی شکل موج (FWI) لرزه‌ای

تاریخچه روش‌های توموگرافی شکل موج (FWI) در لرزه‌شناسی اکتشافی، بیان مساله FWI به عنوان یک مساله بهینه‌سازی محلی در حیطه زمان و فرکانس، الگوریتم‌های نیوتن و گاوس- نیوتن در حل مساله FWI، مفهوم و طریقه محاسبه گرادیان و هشین (Hessian) در FWI، منظم سازی و پیش شرط گذاری‌مساله‌FWI، مثال عددی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1. Aki, K., and Richards, P., 2002, Quantitative Seismology: Theory and Methods, W.H. Freeman & Co.
2. Aster, R. C., Borchers, B. and Thurber, C. H., 2013, Parameter Estimation and Inverse Problems, Academic Press.
3. Fichtner, A., 2010. Full Seismic Waveform Modeling and Inversion. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
4. Lehmann, B., 2007, Seismic Traveltime Tomography for Engineering and Exploration Applications, EAGE Publications bv.
5. Nolet, G., 1987, Seismic Tomography with Applications in Global Seismology and Exploration Geophysics, D. Reidel Publ. Co.
6. Rawlinson, N., Hauser, J. and Sambridge, M., 2008, Seismic Ray Tracing and Wavefront Tracking in Laterally Heterogeneous Media, Advances in Geophysics, Volume 49. Series: Advances in Geophysics, Elsevier.

فهرست مطالعات:

1. Hansen, C., 1998, Rank-Deficient and Discrete Ill-Posed Problems, Numerical Aspects of Linear Inversion, SIAM .
2. Nolet, G., 2008. A Breviary of Seismic Tomography, Cambridge University Press.

عنوان درس به فارسی: تشخیص الگوهای لرزه‌ای

عنوان درس به انگلیسی: Seismic Pattern Recognition

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

تعداد ساعت: ۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه ○ آزمایشگاه○ سمینار○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با اصول نظری روش‌های تشخیص الگوهای لرزه‌ای آشنا می‌شوند.

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول ـ مروری بر احتمال شرطی

نظریه احتمال، توابع چگالی احتمال، توزیع های آماری و احتمال شرطی و قانون بیز، روش‌های پارامتری و روش‌های غیر پارامتری، روش‌های مبتنی بر فاصله، روش‌های مبتنی بر چگالی داده

فصل دوم ـ مفاهیم تشخیص الگو

فضای ویژگی، خوشه بندی، کلاسه بندی، رگرسیون و تخمین حالت، روش‌های نظارتی، غیر نظارتی و شبه نظارتی، اپراتورهای تک کلاسه، اپراتورهای دو کلاسه و اپراتورهای چند کلاسه

فصل سوم ـ استخراج و انتخاب ویژگی

روش‌های استخراج نشانگرهای لرزه‌ای، انتخاب بهترین نشانگرها، نشانگرهای ترکیبی، روش کراس پلات، روش تحلیل مولفه‌های اساسی خطی و غیر خطی (PCA، KPCA، Fischer و ...)

فصل چهارم ـ آموزش در روش های نظارتی

کمترین مربعات ، تندترین کاهش، گرادیان مزدوج، بیشترین تشابه و تخمین پارامترهای بیزین

فصل پنجم ـ روش‌های کلاسه بندی

روش های سریع (LDA و QDA و روش گاوسی تک و چند تابعی)، روش‌های شبکه عصبی مصنوعی (تابع فعال‌سازی، توپولوژی شبکه عصبی، شبکه MLP، شبکه RBF)، روش‌های ماشین بردار پشتیبان (مفهوم بردار پشتیبان، داده های مرزی و مرز، هسته شعاعی و چندجمله‌ای، بهینه سازی هسته)، روش‌های فازی(مفاهیم فازی، تابع عضویت، سیستم تداخل فازی، سیستم ممدانی و سیستم سوگونو، سیستم تداخل فازی – عصبیANFIS)

فصل ششم ـ روش‌های خوشه‌بندی

خوشه‌بندی به روش سلسله مراتبی، خوشه بندیK-means، خوشه بندیFuzzy C-means، خوشه بندیFuzzy GK، خوشه بندیFuzzy GG

فصل هفتم ـ مطالعات موردی در لرزه‌شناسی

انتخاب افق، تحلیل سرعت، انتخاب زمان‌های رسید، تعیین محل گسل‌ها، تعیین مکعب لرزه‌ای دودکش گازی/گنبد نمکی/گسل، تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

1- Aminzadeh, F., and P. de Groot, 2006, Neural Networks and other Soft Computing Techniques with Applications in The Oil Industry, EAGE Publications.
2- Devijver, P. A., and J. Kittler, 1980, Pattern Recognition: A Statistical Approach, Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, NJ.
3- Fukunaga, K., 1990, Introduction to Statistical Pattern Recognition, 2nd Ed., Academic Press, New York.
4- Höppner, F., F. Klawonn, R. Kruse, and T. Runkler, 1999, Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification, Data Analysis and Image Recognition, Wiley IBM PC Series.
5- Huang, K.-Y., 2001, Syntactic Pattern Recognition for Seismic Oil Exploration, World Scientific Pub Co Inc.

فهرست مطالعات:

6- Poulton, M.M., (Editor), 2001, Computational Neural Networks for Geophysical Data Processing, Pergamon.
7- Sandham, W., and Leggett, M., (Editors), 2003, Geophysical Applications of Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic, Series: Modern Approaches in Geophysics, Springer Netherlands.

عنوان درس به فارسی: مباحث ویژه (مطالعات اختصاصی)

عنوان درس به انگلیسی: Special Topics

تعداد واحد: ۳

نوع درس: نظری

تعداد ساعت:۴۸

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز:-

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد● سفر علمی○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار●

اهداف کلی درس: با توجه به موضوع رساله دکتری، در صورتی که دروس موجود در برنامه‌های درسی دکتری مباحث مورد نیاز انجام رساله را پوشش نداده باشند، دانشجو می‌تواند با هماهنگی و تایید استاد راهنما، متقاضی درس مباحث ویژه (مطالعات اختصاصی) شود. در این صورت، لازم است سرفصل درس با عنوان و محتوای مورد نیاز توسط استاد درس تهیه و پس از تایید گروه آموزشی، مطابق مقررات آموزشی، اجرایی شود.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: ✓	