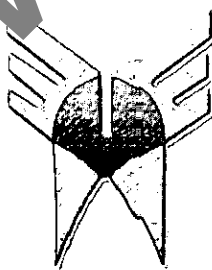


روشهای ژئوفیزیکی مورد استفاده در تعیین خصوصیات ژئوتکنیکی ساختگاه

عباس عباسزاده شهری

روشنک رجب‌لو



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد دماوند

معاونت پژوهش و فناوری

تقدیم به:

◆ همسرانمان که آنها را هدیه خداوند به خود می‌دانیم. آنها بهترین باور ما

بودند و توفیق خویش را در این مقطع نتیجه صبر، بردباری، زحمات و

کارهای ایشان می‌دانیم.

◆ دو رشته مهربان که کلبه‌ای بر فراز فله‌های محبت و ایثار دارند:

پدر. نماد ملامت و ابراری مادر. مظهر مهر، صفا و گذشت

◆ ارواح شهادت‌ان اسلامی، مخصوصاً شهید غلامحسین بنی‌عباس

شهری

◆ آنانی که از شور رنگینی لب‌ها و تشنه آموختن، آنان که محتاج رسیدن

هستند و از پیشی گرفتن می‌سازند. آنان که مایلند از گذشته بیاموزند، از

حال لذت ببرند و خود را مهیا سازند.

پیشگفتار

در قرن حاضر تمامی رشته‌های علوم به سرعت شگفت‌انگیزی رشد یافته‌اند و روز به روز بر پیچیدگی و در نتیجه تخصصی شدن آنها افزوده می‌شود. روح کاوشگر انسان برای یافته‌ها، اختراعات و ابداعات نوین سیری‌پذیر نیست، لذا ما شاهد بسط و تکوین روز افزون علوم مختلف هستیم. برخی از علوم مانند ریاضیات، فیزیک و فلسفه قدمت دیرینه‌ای دارند که در حال حاضر نیز به حیات خویش ادامه داده و پا به پای علوم جدید نظیر اقتصاد در حال رشد هستند. شاید بتوان ادعا کرد که در بین علوم، ریاضیات پایه‌ای‌ترین علم برای سایر علوم می‌باشد. زیرا اصول و قواعد ریاضی با وجود ریشه‌های تاریخی و آثار آمیزش به ندرت تغییر و ابطال گردیده‌اند بلکه روز به روز شاخه‌های جدیدی بر این علم قدیمی اضافه شده است. بنابراین سایر علوم با تمسک به ریاضیات می‌کوشند به استوار برای اصول و قوانین علمی خویش مهیا سازند. به عبارت دیگر هر علم به بیشتر اصول و قوانین ریاضیات برای اثبات و یا تشریح اهداف خویش استفاده نماید در بین دانشمندان آن علم، مورد پذیرش بیشتری قرار می‌گیرد. علوم تجربی نیز به دلیل ماهیت تجربی، از ریاضیات به عنوان اصلی‌ترین ابزار خویش استفاده می‌کنند و دانشمندان این رشته از علوم می‌کوشند با تطبیق مشاهدات و تجربیات خویش با اصول ریاضی در این رشته و گسترش این علوم کمک نمایند.

مجموعه‌ای که پیش روی شماست حاصل آنچه بود که در توان ما نبود نه آنچه که می‌خواستیم. اکنون که به لطف خداوند متعال نگارش این کتاب پایان یافته است، بر خود واجب می‌دانیم که از زحمات کلیه افرادی که در طول مدت تدوین و گردآوری این اثر ما را از راهنمایی و تشریک مساعی خویش بی‌نصیب نگذاشته و در انجام آن یاری و مساعدت نموده‌اند خالصانه تشکر نماییم.

نگارندگان تشکر و سپاسگذاری ویژه خود را از آقای دکتر بیژن اسفندیاری شیخ-شیبانی استاد دانشگاه تهران خالصانه اعلام داشته و از خداوند منان برای ایشان آرزوی ایامی شاد توأم با خوشبختی و عمر پر برکت و با عزت را مسئلت دارند. مولفان، ضمن سپاس قلبی از آقایان محمدرضا ترکاشوند، حمیدرضا ملکشاه، هادی کریمی و هادی عباس زده که مشاوره با ایشان به آموخته‌های ما بسیار افزود، تقدیر و تشکر ویژه خویش را از سرکار خانم «موسوی» (حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند)، آقای دکتر حمیدرضا حسینی دانا معاونت پژوهشی محترم واحد دماوند و سرکار خانم جنبشی که زحمت پیگیری‌های اداری آن را بر عهده داشتند اعلام نموده و کمال تشکر، امتنان و سپاسگذاری را از آنها داریم.

دکتر عباس عباس زاده شهری

روشنک رجب‌لو

۱۳۹۰

مقدمه

ژئوفیزیک مانند سایر گرایش‌ها در رشته‌ای واقع پلی است از فیزیک به زمین‌شناسی. این رشته بیشتر بر روی لایه‌های مختلف زمین، فشارهای وارد بر هریک از طرف سطوح دیگر و نتایج این بر هم کنش‌ها بحث می‌کند و لذا می‌توان ارتباط نزدیکی بین ژئوفیزیک و زمین‌شناسی مهندسی و مهندسی عمران در نظر گرفت. اکتشافات ژئوفیزیکی، لرزه‌نگاری و مطالعات لرزه‌ای سدها، مطالعات ژئوفیزیک کوهانه‌ها و نیروگاه‌ها، دریافت و جمع‌آوری اطلاعات مراکز علمی مربوط به زمین‌لرزه و پردازش این اطلاعات و نیز بررسی و تحلیل پیش‌نشنگ زمین‌لرزه و امکان‌سنجی پیش‌بینی وقوع و یا عدم وقوع آن، بررسی و تحلیل اخبار و شایعات مربوط به وقوع زمین‌لرزه نیز در این رشته بررسی می‌شود. بررسی چگونگی تشعشع معدن و ذخایر زیرزمینی نظیر نفت و گاز نیز از مواردی است که این رشته در بر می‌گیرد. این رشته بازار کار خوبی را در مراکز تحقیقات زمین‌شناسی و به ویژه زلزله‌شناسی و لرزه‌نگاری برای دانش‌آموختگان خود فراهم کرده است. از سوی دیگر کاربرد مستقیم این علم در اکتشافات نفت و گاز نیز صنایع نفتی را به شدت به جذب دانش‌آموختگان این رشته علاقه‌مند نموده است.

کتاب حاضر که بر مبنای مفاهیم رشته‌های ژئوفیزیک، ژئوتکنیک و مکانیک سنگ به رشته تحریر درآمده تا بتواند به دانشجویان و افراد علاقه‌مند در فهم اصول و قوانین مرتبط با این علوم کمک نماید برای دانشجویان رشته‌های زمین‌شناسی، مهندسی معدن و مهندسی عمران به عنوان یک مرجع قابل قبول در درس ژئوفیزیک توصیه می‌گردد. تدوین، گردآوری و تالیف این کتاب بیش از یک سال به طول انجامید و در مرحله تکمیلی توسط هشتمین جلسه شورای انتشارات منطقه ۱۲ دانشگاه آزاد

اسلامی ایران در اسفند ماه ۱۳۸۹ و با شماره نامه ۱۲/۱۶۴۳۶ به تاریخ
۱۳۸۹/۱۲/۲۵ و پس از داوری و انجام تصحیحات مورد نیاز، با اخذ مجوز چاپ
آماده انتشار گردید.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر ژئوفیزیک

۱-۱. مقدمه	۲
۱-۲. ژئوفیزیک و روش‌های آن	۳
۱-۳. انواع روش‌های ژئوفیزیکی	۹
۱-۱-۱. روش حرارت سنجی	۹
۱-۳-۱. روش الکترومغناطیس	۹
۱-۳-۳. روش سکنیکی	۱۰
۱-۳-۳-۱. روش‌های الکتریکی با چشمه طبیعی	۱۰
۱-۳-۳-۱-۱. روش لوریکی	۱۱
۱-۳-۳-۱-۲. روش سکتوریک	۲
۱-۳-۳-۲. روش‌های الکتریکی با چشمه مصنوعی	۲
۱-۳-۳-۲-۱. روش مقاومت سنجی	۱۲
۱-۳-۳-۲-۲. روش پلاریزاسیون القایی	۱۳
۱-۳-۳-۲-۳. روش اتصال به جرم	۱۴
۱-۳-۳-۲-۴. روش مغناطیس سنجی مقاومت ویژه	۱۵
۱-۳-۳-۲-۵. روش پلاریزاسیون القایی مغناطیسی	۱۵
۱-۳-۳-۲-۶. روش تشدید مغناطیسی هسته‌ای	۱۶
۱-۳-۴. کاوش گرانی سنجی	۱۷
۱-۳-۵. کاوش مغناطیسی	۱۸
۱-۳-۶. بررسی‌های لرزه‌نگاری	۲۰
۱-۳-۶-۱. لرزه‌شناسی انکساری (شکستی)	۲۱

۲۲	۱-۳-۶-۲. لرزه‌شناسی انعکاسی (بازتابی).....
۲۹	۱-۳-۷. روش رادار نفوذی به زمین (GPR).....

فصل دوم: ژئوتکنیک، مکانیک خاک و مکانیک سنگ

۲-۱	مقدمه.....
-----	------------

۲-۲	زمین‌لرزه و ژئوتکنیک.....
-----	---------------------------

۲-۱-۳۴	تضعیف زمین‌لرزه.....
--------	----------------------

۲-۲-۴	تقریب زمین‌لرزه.....
-------	----------------------

۲-۳-۳۵	شدت زمین‌لرزه.....
--------	--------------------

۲-۳-۳۶	مکانیک خاک.....
--------	-----------------

۲-۴-۳۸	خاک در کاربردهای مهندسی.....
--------	------------------------------

۲-۵-۳۹	خاک کشاورزی.....
--------	------------------

۲-۶-۴۰	خواص فیزیکی، شیمیایی و مینرالی سنی خاک‌ها.....
--------	--

۲-۷-۴۲	تعیین شرایط زمین.....
--------	-----------------------

۲-۸-۴۴	کاربرد مکانیک خاک.....
--------	------------------------

۲-۹-۴۶	مکانیک سنگ و مباحث آن.....
--------	----------------------------

فصل سوم: ژئوفیزیک ژئوتکنیک

۳-۱	مقدمه.....
-----	------------

۳-۲	دلیل کاربرد ژئوفیزیک ژئوتکنیکی.....
-----	-------------------------------------

۳-۳	برخی روش‌های مورد استفاده متداول ژئوفیزیک ژئوتکنیکی.....
-----	--

۳-۳-۱	لرزه‌نگاری انکساری (شکستی).....
-------	---------------------------------

۳-۳-۲	لرزه‌نگاری انعکاسی (بازتابی).....
-------	-----------------------------------

۳-۳-۳	تجزیه و تحلیل چند کاناله امواج سطحی (MASW).....
-------	---

۳-۳-۴	ریز لرزه‌های انکساری (ReMi).....
-------	----------------------------------

۵۸	۳-۳-۵. توموگرافی لرزه‌ای چاه به چاه.....
۵۸	۳-۳-۶. رادارهای نفوذ کننده در زمین (GPR)
۶۰	۳-۳-۷. گرانی سنجی
۶۱	۳-۳-۸. مغناطیس سنجی
۶۱	۳-۳-۹. مقاومت ویژه الکتریکی
۶۲	۳-۳-۱۰. پلاریزاسیون القایی (IP)
۶۴	۳-۳-۱۱. پتانسیل خودزا (SP)
۶۴	۳-۳-۱۲. الکترومغناطیس (EM)
۶۷	۳-۴. کاربرد روش مپول و رایج ژئوفیزیک در ژئوتکنیک
۷۴	۳-۵. انتخاب روش‌های مناسب ژئوفیزیکی
۷۵	۳-۵-۱. گام اول: آماده‌سازی داده‌ها و مراجع و کتب راهنما
	۳-۵-۲. گام دوم: انتخاب روش و ابزارهای مناسب بر مبنای ساختگاه و خصوصیات
۷۵	هدف
۸۱	۳-۶. روش‌ها و کاربردها
۸۳	منابع

فهرست تصاویر و نمودارها

فصل اول

- شکل (۱-۱). انواع روش های ژئوفیزیک..... ۴
- شکل (۱-۲). اخه های مختلف ژئوفیزیک علمی..... ۷
- شکل (۱-۳). انواع برداشت های ژئوفیزیکی..... ۸
- شکل (۱-۴). جزئیات و چگونگی انجام روش چاه پیمایی..... ۸
- شکل (۱-۵). خلاصه ای از روش های ژئوفیزیک..... ۱۴
- شکل (۱-۶). جزئیات و چگونگی روش الکترود مغناطیس..... ۱۵
- شکل (۱-۷). دستگاه اندازه گیری گرانی و نتیجه نهایی حاصل از کاوش گرانی -
سنجی..... ۱۸
- شکل (۱-۸). جزئیات روش کاوش مغناطیس سنجی به همراه ابزار اندازه گیری و
نتیجه نهایی حاصل از برداشت..... ۱۹
- شکل (۱-۹). نتیجه کاوش مغناطیسی در یافتن حفرت های از فلزات مدفون..... ۲۰
- شکل (۱-۱۰). نتیجه کاوش مغناطیسی در مکانیابی چاه های نفت..... ۲۰
- شکل (۱-۱۱). جزئیات چگونگی انجام و تحلیل روش کاوش لرزه نگاری
انکساری..... ۲۵
- شکل (۱-۱۲). نحوه انجام و چگونگی اندازه گیریها در روش کاوش لرزه نگاری
بازتابی..... ۲۶
- شکل (۱-۱۳). عملیات لرزه نگاری اکتشافی از نوع بازتابی به همراه نحوه آرایش
ژئوفون ها..... ۲۶
- شکل (۱-۱۴). نحوه انجام روش درون گمانه ای به همراه تجهیزات مورد نیاز آن..... ۲۷

- شکل (۱-۱۵). نحوه انجام روش درون گمانه‌ای به همراه تجهیزات مورد نیاز آن و نحوه محاسبه سرعت موج برشی در صحرا و آزمایشگاه..... ۲۸
- شکل (۱-۱۶). نحوه انجام عملیات لرزه‌نگاری سطحی به همراه چگونگی قرارگیری و ارتباط ژئوفون‌ها..... ۲۹
- شکل (۱-۱۷). GPR از نوع SIR 3000 - 100 MHz و GPR از نوع SIR 3000 - 400 MHz..... ۳۰

- شکل (۱-۱۸). تفسیر روش کاوش GPR در شناسایی ساختارهای زیرسطحی..... ۳۰
- شکل (۱-۱۹). نحوه تاثیر منابع زیرسطحی بر امواج رادار..... ۳۱

فصل دوم

- شکل (۲-۱). گرافیک تغییرات زمین بر رفتار سازه در مقابل زلزله..... ۳۵
- شکل (۲-۲). تقسیم‌بندی خاک‌ها بر مبنای منشأ زمین‌شناسی..... ۳۹
- شکل (۲-۳). چگونگی انتخاب خاک‌ها برای شالوده‌های مهندسی..... ۴۱
- شکل (۲-۴). خواص مکانیکی خاک‌ها..... ۴۲
- شکل (۲-۵). عوامل اصلی تعیین کننده محیط زمین..... ۴۳
- شکل (۲-۶). کاربردهای مکانیک خاک..... ۴۷
- شکل (۲-۷). مباحث مطرح در مکانیک سنگ..... ۴۹
- شکل (۲-۸). کاربردهای مکانیک سنگ..... ۴۹

فصل سوم

- شکل (۳-۱). عدم توانایی آشکار سازی یک ساختار منفرد و محصور در زمین شناسی به کمک عملیات حفاری دورانی..... ۵۴
- شکل (۳-۲). انجام عملیات لرزه‌نگاری انکساری..... ۵۶
- شکل (۳-۳). انجام عملیات لرزه‌نگاری انعکاسی..... ۵۶
- شکل (۳-۴). انجام عملیات MASW..... ۵۷

- شکل (۳-۵): انجام عملیات ReMi ۵۹
- شکل (۳-۶): انجام عملیات توموگرافی لرزه‌ای چاه به چاه ۵۹
- شکل (۳-۷): روش انجام عملیات رادارهای نفوذ کننده در زمین (GPR) ۵۹
- شکل (۳-۸): پروفیل عمود بر لایه، حاصل از GPR ۶۰
- شکل (۳-۹): روش انجام عملیات رادارهای نفوذ کننده در زمین (GPR) ۶۰
- شکل (۳-۱۰): روش انجام عملیات رادارهای نفوذ کننده در زمین (GPR) ۶۰
- شکل (۳-۱۱): تشریح عملیات گرانی سنجی ۶۱
- شکل (۳-۱۲): توصیف روش مغناطیس سنجی ۶۲
- شکل (۳-۱۳): داده‌های جمع‌آوری شده مغناطیس در سوئیس و تفسیر زیرسطحی
منطبق و سازگار با آنچه از نظر تئوری کاملاً دقیق ولی از نظر زمین‌شناسی نامعقول و
بی معنی است ۶۳
- شکل (۳-۱۴): انجام عملیات مقاومت ویژه الکتریکی ۶۳
- شکل (۳-۱۵): تشریح روش پلار سنجی القایی (IP) ۶۴
- شکل (۳-۱۶): توصیف روش SP ۶۵
- شکل (۳-۱۷): توصیف و تشریح انجام روش EM ۶۵
- شکل (۳-۱۸): نتیجه حاصل از کاربرد روش‌های زمین‌فیزیکی مورد استفاده ۸۲

فهرست جداول

فصل اول

جدول (۱-۱). خلاصه روش‌ها و پارامتر قابل اندازه‌گیری..... ۳

فصل دوم

جدول (۱-۲). کاربردهای اکتشاف ژئوفیزیکی..... ۴

جدول (۱-۳). خلاصه دانستیهای مورد نیاز در مورد خاک..... ۴۵

فصل سوم

جدول (۳-۱). کاربردهای ژئوفیزیکی در مطالعات ژئوتکنیکی..... ۵۱

جدول (۳-۲). کاربرد روش‌های ژئوفیزیکی در مطالعات محیطی..... ۵۲

جدول (۳-۳). خلاصه ۱۲ روش ژئومتریک مورد استفاده در بررسی‌های

ژئوتکنیک..... ۶۶

جدول (۳-۴). کاربرد روش‌های ژئوفیزیکی در پروژه‌های ژئوتکنیکی..... ۶۸