

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

زیر شناسی مهندسی

(ویژه دانشجویان رشته‌ی مهندسی عمران و معدن)

تألیف:

دکتر حمید مهرنهاد

سرشناسه	:	مهرنهاد، حمید- ۱۳۳۷
عنوان و نام پدیدآور	:	زمین‌شناسی مهندسی (ویژه دانشجویان رشته‌های مهندسی عمران و معدن) / تألیف: حمید مهرنهاد
مشخصات نشر	:	اردکان: آرتاکاوا، ۱۳۹۵
مشخصات ظاهری	:	۲۶۹ص: مصور(بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۶۶۷۷-۵۸-۳
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	زمین‌شناسی مهندسی (ویژه دانشجویان رشته‌های مهندسی عمران و معدن)
رده بندی کثرت	:	۱۳۹۵ م، ۹/ز/۵/۷۰۵ TAY
رده بندی دیویی	:	۶۲۴/۱۵۱



زمین‌شناسی مهندسی
(ویژه دانشجویان رشته‌های مهندسی عمران و معدن)

ناشر	:	آرتاکاوا
ناظر چاپ	:	حمید صادقی
نوبت چاپ	:	اول- ۱۳۹۵
شمارگان	:	۲۰۰۰ نسخه
صفحه‌آرایی	:	محمد دشتی رحمت‌آبادی
طراح جلد	:	حسن دشتی
ویراستار	:	حسین انتظاری زارچ
قیمت	:	۱۲۰۰۰۰ ریال
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۶۶۷۷-۵۸-۳

ISBN: 978-600-6677-58-3

پیش‌گفتار

انتخاب محل احداث سازه‌های مهندسی یکی از مهم‌ترین مراحل اجرای پروژه‌های عمرانی بالاخص پروژه‌های مهمی مانند سدها، تونل‌ها و خطوط انتقال نیرو می‌باشد. نامناسب بودن بسیاری از پی‌های سنگی و بالا رفتن هزینه‌ها در انجام حفاری‌های زیرزمینی و خسارت‌های وارده در جاده‌ها و نیز مشکلات به‌وجود آمده در ساختگاه سدهای بتنی نمونه‌هایی از عدم توجه به موضوع انتخاب صحیح محل احداث سازه‌ها می‌باشد. با گذشت زمان با توجه به اهمیت موضوعات یاد شده اهمیت زمین‌شناسی مهندسی مطرح گردید و کاربرد وسیعی در زمینه‌های مهندسی پیدا کرده است. زمین‌شناسی مهندسی برانده است در تهیه طرح و اجرای پروژه‌های مهمی همچون سدها، نیروگاه‌ها، بزرگراه‌ها، مسیرهای راه‌آهن که مهندسان سازه با مسائلی از قبیل نوع فونداسیون و مصالح ساختمانی مورد نیاز روبرو می‌شوند، راه‌حل‌های مناسبی را ارائه نماید. به همین علت زمین‌شناسی مهندسی را می‌توان شاخه‌ای از علم زمین‌شناسی دانست که اطلاعات زمین‌شناسی را با انجام آزمایشات میدانی و آزمایشگاهی برای حل مسائل مهندسی در اختیار مهندسين طراحان قرار می‌دهد.

کتاب حاضر به منظور آشنایی دانشجویان رشته مهندسی عمران، مهندسی معدن تهیه و با هدف استفاده در پروژه‌های عمرانی تدوین شده است. محتوای کتاب با توجه به سوابق تحصیلی و حرفه‌ای نگارنده و بیش از بیست و پنج سال سابقه تدریس در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد عمران و با در نظر گرفتن شرایط، نیازها و برنامه‌های مصوب تهیه شده است. در اینجا لازم می‌دانم از همکاری خرم مهندسین بهر نجاتی، فاطمه وطن‌پرست پاریزی و لیلا هاشم‌زاده صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

و من الله توفیق

حمید مهرنهاد

فهرست

فصل اول: تعریف علم زمین‌شناسی	۱
۱-۱- تعریف علم زمین‌شناسی	۱
۲-۱- زمین‌شناسی مهندسی	۳
۳-۱- مراحل انجام مطالعات برای انتخاب محل پروژه	۴
فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی	۱۱
۱-۲- کلیات	۱۱
۲-۲- پیدایش زمین	۱۲
۳-۲- شکل زمین	۱۴
۴-۲- قطبین، استوا، مدارات نصف‌النهارات	۱۵
۵-۲- مختصات جغرافیایی زمین	۱۶
۶-۲- ساختمان زمین	۱۶
۱-۶-۲- اتمسفر	۱۶
۱-۱-۶-۲- تروپوسفر	۱۷
۲-۱-۶-۲- تروپوپوز	۱۷
۳-۱-۶-۲- استراتوسفر	۱۷
۴-۱-۶-۲- یونیسفر	۱۷
۲-۶-۲- هیدروسفر	۱۸
۳-۶-۲- لیتوسفر	۱۹
۱-۳-۶-۲- پوسته	۱۹
۲-۳-۶-۲- گوشته یا جبه	۲۰
۳-۳-۶-۲- هسته	۲۱
فصل سوم: مصالح زمین‌شناسی (کانی‌ها)	۲۳
۱-۳- کانی‌شناسی	۲۳
۲-۳- تعریف بلور	۲۴

- ۳-۳- سیستم تبلور..... ۲۴
- ۳-۳-۱- سیستم مکعبی..... ۲۵
- ۳-۳-۲- سیستم تتراگونال..... ۲۵
- ۳-۳-۳- سیستم ارتورومبیک..... ۲۶
- ۳-۳-۴- سیستم مونوکلینیک..... ۲۷
- ۳-۳-۵- سیستم تری کلینیک..... ۲۷
- ۳-۳-۶- سیستم هگزاگونال..... ۲۸
- ۳-۳-۷- سیستم رموئندریک یا تری گونال..... ۲۹
- ۳-۴-۱- آنیزوتروپی و خواص مکانیکی کانی ها..... ۲۹
- ۳-۴-۱-۱- سام آنیزوتروپی..... ۲۹
- ۳-۴-۲- اجسام و اشکال..... ۳۰
- ۳-۴-۳- هم شکلی در کانی ها (انزومورفسم)..... ۳۰
- ۳-۴-۴- ایزوتروپی..... ۳۰
- ۳-۵- شناسایی کانی ها..... ۳۰
- ۳-۶-۱- مشخصات فیزیکی و ظاهری کانی ها..... ۳۱
- ۳-۶-۱-۱- شکل کانی ها..... ۳۱
- ۳-۶-۲- تجمع کانی ها..... ۳۱
- ۳-۶-۳- کلیواژ در کانی ها..... ۳۲
- ۳-۶-۴- شکستگی در کانی..... ۳۲
- ۳-۶-۵- وزن مخصوص..... ۳۳
- ۳-۶-۶- سختی..... ۳۳
- ۳-۶-۷- جلا..... ۳۴
- ۳-۶-۸- رنگ و رنگ خاکه کانی ها..... ۳۴
- ۳-۶-۹- شفافیت..... ۳۶
- ۳-۷- پیدایش کانی ها..... ۳۶
- ۳-۸- ترکیب و خواص شیمیایی کانی ها..... ۳۷

۳۷.....	۹-۳- ساختمان کانی‌های سیلیکاتی.....
۳۹.....	۱۰-۳- کانی‌های سیلیکاتی.....
۴۰.....	۱-۱۰-۳- گروه فلدسپات‌ها.....
۴۱.....	۲-۱۰-۳- گروه میکا.....
۴۱.....	۳-۱۰-۳- گروه پیروکسن‌ها.....
۴۲.....	۴-۱۰-۳- گروه آمفیبول.....
۴۳.....	۵-۱۰-۳- گروه اولیوین.....
۴۳.....	۶-۱۰-۳- سیلیسیس.....
۴۳.....	۱۱-۳- کانی‌های غیر سیلیکاتی.....
۴۴.....	۱-۱۱-۳- کربنات‌ها.....
۴۴.....	۲-۱۱-۳- سولفات‌ها.....
۴۶.....	۳-۱۱-۳- کلرورها.....
۴۶.....	۴-۱۱-۳- سولفورها.....
۵۱.....	فصل چهارم: مصالح زمین‌شناسی / سنگ‌ها.....
۵۱.....	۱-۴- سنگ‌شناسی.....
۵۱.....	۲-۴- تعریف سنگ.....
۵۲.....	۳-۴- تفکیک و طبقه‌بندی سنگ‌ها.....
۵۲.....	۴-۴- سنگ‌های آذرین.....
۵۲.....	۱-۴-۴- مشخصات کلی سنگ‌های آذرین.....
۵۴.....	۲-۴-۴- مراحل انجماد ماگما و تشکیل سنگ‌های آذرین.....
۵۶.....	۳-۴-۴- اشکال مختلف توده‌های آذرین نفوذی.....
۵۹.....	۴-۴-۴- ساخت در سنگ‌های آذرین.....
۶۰.....	۵-۴-۴- بافت در سنگ‌های آذرین.....
۶۱.....	۶-۴-۴- خانواده‌های مهم سنگ‌های آذرین.....
۶۱.....	۱-۶-۴-۴- رپولیت - گرانیت.....
۶۳.....	۲-۶-۴-۴- سینیت - تراکیت.....

- ۴-۴-۳- دیوریت- آندزیت..... ۶۵
- ۴-۴-۴- گابرو- بازالت..... ۶۶
- ۴-۴-۵- سنگ‌های فوق بازیک و اولترابازیک..... ۶۸
- ۴-۴-۶- سنگ‌های آذرآواری یا پیروکلاستیک..... ۶۸
- ۴-۵- سنگ‌های رسوبی..... ۶۸
- ۴-۵-۱- مشخصات کلی (خواص عمومی) سنگ‌های رسوبی..... ۶۹
- ۴-۵-۲- سنگ‌های رسوبی تخریبی..... ۶۹
- ۴-۵-۳- مراحل تشکیل سنگ‌های رسوبی تخریبی..... ۷۰
- ۴-۵-۳-۱- فرسایش و تخریب سنگ‌ها..... ۷۱
- ۴-۵-۳-۲- انتقال مواد فرسایش یافته..... ۷۲
- ۴-۵-۳-۳- ته‌نشست و رسوبگذاری مواد فرسایش یافته..... ۷۳
- ۴-۵-۳-۴- مرحله سخت شدن با دیاژنز..... ۷۳
- ۴-۵-۴- بافت در سنگ‌های رسوبی..... ۷۴
- ۴-۵-۵- ساخت در سنگ‌های رسوبی..... ۷۵
- ۴-۵-۶- تقسیم‌بندی سنگ‌های رسوبی تخریبی..... ۷۸
- ۴-۵-۶-۱- سنگ‌های آواری دانه‌درشت (سنگ‌ها با رودیت‌ها)..... ۷۸
- ۴-۵-۶-۲- سنگ‌های آواری دانه متوسط (سنگ‌ها)..... ۸۰
- ۴-۵-۶-۳- سنگ‌های آواری دانه ریز (لوتیت‌ها یا آریزولان‌ها با بلیت‌ها)..... ۸۱
- ۴-۵-۷- سنگ‌های رسوبی شیمیایی..... ۸۳
- ۴-۵-۸- ساخت در سنگ‌های رسوبی شیمیایی..... ۸۳
- ۴-۵-۹- تقسیم‌بندی سنگ‌های رسوبی شیمیایی..... ۸۴
- ۴-۵-۱۰- سنگ‌های رسوبی آلی یا بیوشیمیایی..... ۸۷
- ۴-۵-۱۱- ساخت در سنگ‌های آلی..... ۸۸
- ۴-۵-۱۲- تقسیم‌بندی سنگ‌های بیوشیمیایی..... ۸۸
- ۴-۶- سنگ‌های دگرگونی..... ۸۹
- ۴-۶-۱- عوامل دگرگونی..... ۸۹

- ۹۱..... ۴-۶-۲- انواع دگرگونی حرارتی- فشاری
- ۹۱..... ۴-۶-۲-۱- دگرگونی ناحیه‌ای یا عمومی
- ۹۳..... ۴-۶-۲-۲- دگرگونی مجاورتی
- ۹۳..... ۴-۶-۳- ساخت و بافت سنگ‌های دگرگونی
- ۹۴..... ۴-۶-۴- ساخت‌های مهم در سنگ‌های دگرگونی
- ۹۵..... ۴-۶-۵- بافت‌های مهم در سنگ‌های دگرگونی
- ۹۶..... ۴-۶-۶- لایه‌بندی سنگ‌های دگرگونی
- ۹۶..... ۴-۶-۱- سنگ‌های دارای تورق
- ۹۸..... ۴-۶-۱- سنگ‌های بدون تورق
- ۱۰۷..... فصل پنجم: عوامل تغییر دهنده پوسته زمین
- ۱۰۷..... ۵-۱- ژئودینامیک زمین
- ۱۰۷..... ۵-۲- عوامل خارجی تغییر دهنده زمین یا ژئودینامیک بیرونی
- ۱۰۸..... ۵-۳- فرسایش
- ۱۰۸..... ۵-۳-۱- هوازدگی
- ۱۰۹..... ۵-۳-۲- مهمترین عوامل مؤثر در هوازدگی
- ۱۱۰..... ۵-۳-۳- انواع هوازدگی
- ۱۱۱..... ۵-۳-۳-۱- هوازدگی فیزیکی
- ۱۱۳..... ۵-۳-۳-۲- هوازدگی شیمیایی
- ۱۱۶..... ۵-۳-۳-۳- هوازدگی زیستی
- ۱۱۶..... ۵-۳-۴- فرسایش توسط باد
- ۱۱۹..... ۵-۳-۵- فرسایش توسط آب‌های هرز و باران
- ۱۲۰..... ۵-۳-۶- فرسایش توسط رودخانه‌ها (آب‌های جاری)
- ۱۲۵..... ۵-۳-۷- فرسایش توسط یخچال
- ۱۲۷..... ۵-۳-۸- فرسایش توسط اقیانوس‌ها و سواحل
- ۱۲۸..... ۵-۳-۹- فرسایش توسط آب‌های زیرزمینی
- ۱۳۱..... ۵-۳-۱۰- فرسایش توسط انسان

۱۳۱	۴-۵- عوامل درونی تغییردهنده زمین یا ژئودینامیک درونی
۱۳۲	۵-۵- فرآیندهای ساختمانی
۱۳۲	۵-۵-۱- زمین‌شناسی ساختمانی
۱۳۲	۵-۵-۲- اهمیت زمین‌شناسی ساختمانی در پروژه‌های مهندسی
۱۳۳	۵-۵-۳- عوامل به وجود آورنده ساختمان‌های زمین‌شناسی
۱۳۶	۵-۵-۴- عوامل مؤثر در رفتار سنگ‌ها در برابر تنش
۱۳۶	۵-۵-۴-۱- عوامل ذاتی سنگ
۱۳۸	۵-۵-۴-۲- عوامل محیطی
۱۳۹	۵-۵-۵- ساختمان‌های زمین‌شناسی
۱۳۹	۵-۵-۵-۱- چین‌ها
۱۴۴	۵-۵-۵-۲- گسل‌نگی‌ها یا شکستگی‌ها
۱۵۱	۵-۵-۵-۳- نشانه‌های تشخیص گسل
۱۵۱	۵-۵-۵-۴- مشخصه‌های سطح گسل
۱۶۵	فصل ششم: زمین لرزه
۱۶۵	۶-۱- مقدمه
۱۶۵	۶-۲- تعریف زلزله
۱۶۶	۶-۳- مکانیسم وقوع زمین‌لرزه
۱۶۶	۶-۴- زلزله‌های با منشأ زمین‌ساختی
۱۶۷	۶-۴-۱- فرضیه تکتونیک صفحه‌ای
۱۶۹	۶-۴-۲- زلزله‌های درون صفحه‌ای
۱۷۲	۶-۴-۳- زلزله‌های مرتبط با آتشفشان
۱۷۲	۶-۵- زلزله‌های با منشأ غیر زمین‌ساختی
۱۷۲	۶-۵-۱- زلزله‌های القایی
۱۷۳	۶-۵-۲- زلزله‌های فروریزشی
۱۷۳	۶-۵-۳- زلزله‌های مرتبط با زمین لغزش‌ها
۱۷۳	۶-۵-۴- زلزله‌های مربوط به برخورد اجرام آسمانی به زمین