

زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته

نگارنده:

دکتر علی ارومیه‌ای

استاد گروه زمین‌شناسی مهندسی

دانشگاه تربیت مدرس



سرشناسه: ارومیه‌ای، علی، ۱۳۳۴ -

عنوان و نام پدیدآور: زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته / نگارنده علی ارومیه‌ای.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ۶۵۵ص: مصور (بخشی رنگی).

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۵۸۹-۰۵-۲

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: واژه‌نامه

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: زمین‌شناسی مهندسی

شماره افزوده: دانشگاه تربیت مدرس. مرکز نشر آثار علمی

رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ از ۴الف/۵۵۷۰۵

رده بندی دیویی: ۶۲۴/۱۵۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۷۲۵۶۳۶

زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته

نگارنده: دکتر علی ارومیه‌ای

ویراستار ادبی و فنی: لیلا نجفی زمان

طراح جلد: مصطفی جانجانی

حروفچینی: سمیه زهانی

شماره انتشار: ۱۸۱

شماره پیاپی: ۲۰۶

تاریخ انتشار: ۱۳۹۳

شمارگان: ۱۰۰۰

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۵۸۹-۰۵-۲

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۵۸۹-۰۵-۲

ناشر: مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس

نوبت چاپ: اول

کارشناس اجرایی: لیلا نجفی زمان

ناظر چاپ: مصطفی جانجانی

لیتوگرافی: ایران گرافیک

چاپ و صحافی: آفتاب

مرکز پخش: نقاط بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران.

دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، صندوق پستی: ۱۴۱۱۵-۳۱۸

تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶ دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲

بها: ۳۸۰۰۰۰ ریال

صحت مطالب کتاب بر عهده نگارنده است.

فهرست مطالب

ق	پیشگفتار
۱	بخش اول کلیات
۳	فصل اول آشنایی با مباحث زمین‌شناسی مهندسی
۴	۱-۱ مقدمه
۶	۲-۱ تاریخچه زمین‌شناسی مهندسی
۹	۳-۱ دامنه فعالیت‌های زمین‌شناسی مهندسی
۱۱	۴-۱ وظایف زمین‌شناسی مهندسی
۱۳	۵-۱ اهمیت مطالعات زمین‌شناسی مهندسی
۱۹	بخش دوم بررسی‌های میدانی
۲۱	فصل دوم شناسایی منطقه‌ای
۲۲	۱-۲ کلیات
۲۵	۲-۲ اهداف شناسایی منطقه‌ای
۲۷	۳-۲ مراحل شناسایی منطقه‌ای
۲۸	۱-۳-۲ مرحله اول، شناسایی مقدماتی
۲۹	۲-۳-۲ مرحله دوم، شناسایی تفصیلی
۳۲	۳-۳-۲ مرحله سوم، شناسایی درحین اجرا و بهره‌برداری
۳۴	۴-۲ فعالیت‌های شناسایی منطقه‌ای
۳۵	۱-۴-۲ مطالعات دفتری
۳۷	۲-۴-۲ بازدیدهای میدانی (صحرائی)

۴۳	۳-۴-۲ نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها
۴۴	۴-۴-۲ ارزیابی اطلاعات به‌دست آمده
۴۵	۵-۴-۲ تهیه گزارش نهایی
۴۷	۵-۲ مدیریت فعالیت‌های شناسایی منطقه‌ای
۴۷	۱-۵-۲ مدیریت برنامه زمانی
۴۸	۲-۵-۲ مدیریت برنامه مالی
۵۱	فصل سوم کاوش‌های سطحی زمین
۵۲	۱-۳ کلیات
۵۴	۲-۳ روش‌های اکتشافی
۵۶	۳-۳ اهمیت کاوش‌های سطحی زمین
۵۸	۴-۳ مطالعات دفتری
۵۸	۱-۴-۳ عکس‌های هوایی
۶۰	۲-۴-۳ تصاویر ماهواره‌ای
۶۲	۳-۴-۳ نقشه‌های توپوگرافی
۶۵	۴-۴-۳ نقشه‌های زمین‌شناسی
۶۵	۵-۳ مطالعات صحرایی
۶۷	۱-۵-۳ چکش زمین‌شناسی
۶۸	۲-۵-۳ چکش اشمیت
۷۰	۶-۳ شناسایی صحرایی کانی‌ها و سنگ‌ها
۷۰	۱-۶-۳ اسنجش سختی کانی‌ها
۷۳	۲-۶-۳ رنگ کانی‌ها و سنگ‌ها
۷۵	فصل چهارم کاوش‌های درونی زمین
۷۶	۱-۴ کلیات
۷۶	۲-۴ شناسایی با مشاهده مستقیم
۷۸	۱-۲-۴ حفر ترانشه
۸۰	۲-۲-۴ حفر چاه اکتشافی
۸۰	۳-۲-۴ حفر تونل اکتشافی

۴۳	۳-۴-۲ نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها
۴۴	۴-۴-۲ ارزیابی اطلاعات به‌دست آمده
۴۵	۵-۴-۲ تهیه گزارش نهایی
۴۷	۵-۲ مدیریت فعالیت‌های شناسایی منطقه‌ای
۴۷	۱-۵-۲ مدیریت برنامه زمانی
۴۸	۲-۵-۲ مدیریت برنامه مالی
۵۱	فصل سوم کاوش‌های سطحی زمین
۵۲	۱-۳ کلیات
۵۴	۲-۳ روش‌های اکتشافی
۵۶	۳-۳ اهمیت کاوش‌های سطحی زمین
۵۸	۴-۳ مطالعات دفتری
۵۸	۱-۴-۳ عکس‌های هوایی
۶۰	۲-۴-۳ تصاویر ماهواره‌ای
۶۲	۳-۴-۳ نقشه‌های توپوگرافی
۶۵	۴-۴-۳ نقشه‌های زمین‌شناسی
۶۵	۵-۳ مطالعات صحرایی
۶۷	۱-۵-۳ چکش زمین‌شناسی
۶۸	۲-۵-۳ چکش اشعیت
۷۰	۶-۳ شناسایی صحرایی کانی‌ها و سنگ‌ها
۷۰	۱-۶-۳ اسنجش سختی کانی‌ها
۷۳	۲-۶-۳ رنگ کانی‌ها و سنگ‌ها
۷۵	فصل چهارم کاوش‌های درونی زمین
۷۶	۱-۴ کلیات
۷۶	۲-۴ شناسایی با مشاهده مستقیم
۷۸	۱-۲-۴ حفر ترانشه
۸۰	۲-۲-۴ حفر چاه اکتشافی
۸۰	۳-۲-۴ حفر تونل اکتشافی

فهرست ج

۸۱.....	۳-۴ شناسایی با حفر گمانه
۸۴.....	۱-۳-۴ حفاری مارپیچی
۸۴.....	۱-۱-۳-۴ ابزار حفاری دستی
۸۶.....	ابزار حفاری مکانیکی
۹۱.....	۲-۳-۴ حفاری شستویی
۹۲.....	۳-۳-۴ حفاری ضربه‌ای
۹۴.....	۴-۳-۴ حفاری دورانی
۹۷.....	۴-۴ ابزار نمونه‌برداری
۹۸.....	۱-۴-۴ ابزار نمونه‌برداری در خاک
۹۹.....	۱-۱-۲-۴ نمونه‌گیر دوکفه‌ای
۱۰۱.....	۲-۱-۴-۴ نمونه‌گیر تک‌جداره پوسته نازک
۱۰۲.....	۳-۱-۴-۴ نمونه‌گیر دو‌جداره پیستونی
۱۰۴.....	۴-۱-۴-۴ نمونه‌گیر استوانه‌ای دو‌جداره
۱۰۴.....	۲-۴-۴ ابزار نمونه‌گیری در سنگ
۱۰۵.....	۱-۲-۴-۴ مغزه‌گیر تک‌جداره
۱۰۵.....	۲-۲-۴-۴ مغزه‌گیر دو‌جداره سخت
۱۰۶.....	۳-۲-۴-۴ مغزه‌گیر دو‌جداره متحرک
۱۰۶.....	۴-۲-۴-۴ مغزه‌گیر سیمی پیوسته
۱۰۷.....	۵-۴ طبقه‌بندی کیفی نمونه‌ها
۱۰۸.....	۱-۵-۴ طبقه‌بندی هورسیلف
۱۰۹.....	۲-۵-۴ طبقه‌بندی آیدل:
۱۱۱.....	۳-۵-۴ طبقه‌بندی استاندارد انگلیس
۱۱۲.....	۶-۴ عوامل مؤثر در کیفیت نمونه‌ها
۱۱۳.....	۱-۶-۴ شیوه حفاری
۱۱۴.....	۲-۶-۴ خصوصیات نمونه‌گیر
۱۱۴.....	۱-۲-۶-۴ نسبت سطحی (Ar)
۱۱۵.....	۲-۲-۶-۴ نسبت فضای درونی (Ic)
۱۱۷.....	۳-۲-۶-۴ نسبت فضای بیرونی (Oc)

- ۱۱۷..... ۴-۲-۶-۴ نسبت بازیافتی (Lr) {
- ۱۱۹..... ۴-۶-۳ شرایط زمین
- ۱۲۳..... ۴-۷-۷ برنامه‌ریزی حفاری‌های اکتشافی
- ۱۲۴..... ۴-۷-۱ تعداد گمانه‌ها
- ۱۲۵..... ۴-۷-۲ فاصله گمانه‌ها
- ۱۲۶..... ۴-۷-۳ عمق گمانه‌ها
- ۱۲۷..... ۴-۷-۳-۱ طرح‌های پی‌سازی
- ۱۳۲..... ۴-۷-۳-۲ طرح‌های سدسازی
- ۱۳۳..... ۴-۷-۳-۳ طرح‌های راه‌سازی
- ۱۳۵..... ۴-۷-۳-۴ تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی
- ۱۳۷..... ۴-۷-۳-۵ دیوارهای حایل
- ۱۳۸..... ۴-۷-۳-۶ پایداری دامنه‌ها
- ۱۳۸..... ۴-۷-۳-۷ طرح‌های ذخایر آبی (مخازن آب پشت سدها)
- ۱۴۰..... ۴-۷-۳-۸ منابع قرضه و ذخایر معدنی
- ۱۴۳..... فصل پنجم کاوش‌های ژئوفیزیکی
- ۱۴۴..... ۵-۱ کلیات
- ۱۴۶..... ۵-۲ روش لرزه‌نگاری
- ۱۴۸..... ۵-۲-۱ موج‌های حجمی
- ۱۴۸..... ۵-۲-۱-۱ موج تراکمی
- ۱۵۰..... ۵-۲-۱-۲ موج برشی
- ۱۵۱..... ۵-۲-۲ موج‌های سطحی
- ۱۵۱..... ۵-۲-۲-۱ موج ریل
- ۱۵۲..... ۵-۲-۲-۲ موج لاری
- ۱۵۳..... ۵-۳ روش اجرای مطالعات لرزه‌نگاری
- ۱۵۳..... ۵-۳-۱ روش لرزه‌نگاری انعکاسی
- ۱۵۵..... ۵-۳-۲ روش لرزه‌نگاری انکساری
- ۱۵۸..... ۵-۳-۳ روش لرزه‌نگاری مستقیم
- ۱۵۸..... ۵-۳-۳-۱ ارزیابی کیفی توده سنگ

۱۵۹.....	۲-۳-۳-۵ ارزیابی خصوصیات تغییر شکل پذیری
۱۶۰.....	۴-۵ روش مقاومت الکتریکی
۱۶۲.....	۵-۵ روش نقل سنجی
۱۶۴.....	۶-۵ روش مغناطیس سنجی
۱۶۷.....	بخش سوم خصوصیات مهندسی خاک‌ها
۱۶۹.....	فصل ششم خصوصیات فیزیکی خاک‌ها
۱۷۰.....	۱-۶ کلیات
۱۷۲.....	۱-۱-۶ تعریف خاک
۱۷۲.....	۲-۱-۶ منشأ خاک‌ها
۱۷۲.....	۱-۲-۱-۶ خاک‌ها با منشأ طبیعی
۱۷۳.....	۲-۲-۱-۶ خاک‌ها با منشأ غیرطبیعی
۱۷۳.....	۳-۱-۶ انواع خاک‌ها
۱۷۳.....	۱-۳-۱-۶ باتوجه به اندازه
۱۷۳.....	۲-۳-۱-۶ باتوجه به ترکیب
۱۷۴.....	۳-۳-۱-۶ باتوجه به یکنواختی
۱۷۴.....	۴-۳-۱-۶ باتوجه به شرایط تشکیل
۱۷۴.....	۲-۶ عوامل مؤثر در تنوع خاک‌ها
۱۷۵.....	۱-۲-۶ نوع هوازدگی
۱۷۶.....	۱-۲-۶-۱ هوازدگی فیزیکی
۱۷۶.....	۲-۱-۲-۶ هوازدگی شیمیایی
۱۷۶.....	۲-۲-۶ عوامل فرسایش
۱۷۶.....	۱-۲-۲-۶ جریان آب‌ها
۱۷۷.....	۲-۲-۲-۶ وزش بادها
۱۷۷.....	۳-۲-۲-۶ حرکت یخچال‌ها
۱۷۷.....	۴-۲-۲-۶ یروی نقل
۱۷۷.....	۳-۶ ساختمان خاک‌ها
۱۷۹.....	۱-۳-۶ ساختمان خاک‌های دانه‌ای

- ۱۸۰..... ۱-۱-۳-۶ ساختمان دانه‌ای منفرد
- ۱۸۰..... ۲-۱-۳-۶ ساختمان لانه زنبوری
- ۱۸۰..... ۲-۳-۶ ساختمان خاک‌های چسبده
- ۱۸۱..... ۱-۲-۳-۶ ساختمان منفرد گسته
- ۱۸۲..... ۲-۲-۳-۶ ساختمان فلوک‌های داریستی
- ۱۸۲..... ۳-۲-۳-۶ ساختمان فلوک‌های کتابی
- ۱۸۲..... ۴-۲-۳-۶ ساختمان فلوک‌های لایه‌ای
- ۱۸۴..... ۴-۶ خصوصیات خاک‌های رسی
- ۱۸۵..... ۱-۴-۶ گروه کائولینت‌ها
- ۱۸۵..... ۲-۴-۶ گروه ابلیت‌ها
- ۱۸۵..... ۳-۴-۶ گروه مونت موریلونیت‌ها
- ۱۸۶..... ۵-۶ شاخص سطحی خاک‌ها
- ۱۸۷..... ۶-۶ ترکیب خاک‌ها
- ۱۸۷..... ۱-۶-۶ روابط حجمی
- ۱۸۸..... ۱-۱-۶-۶ تخلخل
- ۱۸۸..... ۲-۱-۶-۶ نسبت پوکی
- ۱۸۹..... ۳-۱-۶-۶ درصد اشباع شدگی
- ۱۹۰..... ۲-۶-۶ روابط وزنی
- ۱۹۰..... ۱-۲-۶-۶ درصد رطوبت
- ۱۹۱..... ۲-۲-۶-۶ وزن مخصوص ذرات جامد
- ۱۹۱..... ۳-۶-۶ روابط وزنی - حجمی
- ۱۹۳..... ۷-۶ شاخص‌های خمیری خاک
- ۱۹۴..... ۱-۷-۶ شاخص خمیری
- ۱۹۶..... ۲-۷-۶ شاخص روانی
- ۱۹۶..... ۳-۷-۶ فعالیت خاک‌ها
- ۱۹۷..... ۴-۷-۶ نمودار خمیری خاک‌ها
- ۱۹۹..... ۸-۶ آزمایش‌های دانه‌بندی خاک‌ها
- ۱۹۹..... ۱-۸-۶ روش الک کردن

۲۰۲.....	۲-۸-۶ روش نه‌نشینی (آزمایش هیدرومتر)
۲۰۵.....	۹-۶ نحوه انجام آزمایش دانه‌بندی
۲۰۶.....	۱-۹-۶ ترسیم و تفسیر منحنی دانه‌بندی
۲۰۷.....	۱-۱-۹-۶ نمودار الف: خاک خوب دانه‌بندی شده
۲۰۸.....	۲-۱-۹-۶ نمودار ب: خاک بد دانه‌بندی شده
۲۰۸.....	۳-۱-۹-۶ نمودار ج: خاک یا دانه‌بندی ناقص
۲۰۸.....	۲-۹-۶ شاخص‌های منحنی دانه‌بندی
۲۰۸.....	۱-۲-۹-۶ عدد مؤثر
۲۰۹.....	۲-۳-۹-۶ ضریب یک‌نواختی
۲۰۹.....	۳-۲-۹-۶ ضریب خمیدگی
۲۱۳.....	فصل هفتم طبقه‌بندی مهندسی خاک‌ها
۲۱۴.....	۱-۷ کلیات
۲۱۴.....	۲-۷ طبقه‌بندی یونیفاید USCS
۲۱۴.....	۱-۲-۷ نحوه نام‌گذاری
۲۱۵.....	۲-۲-۷ معیارهای مورد استفاده در طبقه‌بندی یونیفاید
۲۲۰.....	۳-۷ طبقه‌بندی آشتو AASHTO
۲۲۱.....	۱-۳-۷ عوامل تأثیرگذار
۲۲۳.....	۲-۳-۷ نحوه نام‌گذاری
۲۲۴.....	۴-۷ طبقه‌بندی خاک‌ها بر مبنای بافت
۲۲۴.....	۱-۴-۷ عوامل تأثیرگذار
۲۲۵.....	۲-۴-۷ نحوه نام‌گذاری
۲۲۷.....	فصل هشتم مقاومت برشی خاک‌ها
۲۲۸.....	۱-۸ مقدمه
۲۲۹.....	۲-۸ معیار گسیختگی مور-کولومب
۲۳۱.....	۳-۸ تعیین زاویه سطح گسیختگی
۲۳۴.....	۴-۸ آزمایش برش مستقیم
۲۳۵.....	۱-۴-۸ تفسیر و تحلیل نتایج آزمایش برش مستقیم

۲۴۰	۵-۸ آزمایش برش سه محوری.....
۲۴۳	۱-۵-۸ آزمایش تحکیم یافته و زهکشی شده.....
۲۴۴	۲-۵-۸ آزمایش تحکیم یافته و زهکشی نشده.....
۲۴۶	۳-۵-۸ آزمایش تحکیم نیافته و زهکشی نشده.....
۲۵۳	۶-۸ آزمایش فشاری غیرمحصور.....
۲۵۶	۷-۸ مسیر تنش.....
۲۵۶	۱-۷-۸ روش ترسیم نمودار $\sigma_1' - \sigma_3'$
۲۵۸	۲-۷-۸ روش ترسیم نمودار $q' - p'$
۲۶۳	فصل نهم تحکیم‌پذیری خاک‌ها.....
۲۶۴	۱-۹ کلیات.....
۲۶۶	۲-۹ اصول نظری تحکیم خاک‌ها.....
۲۶۶	۱-۲-۹ روش اول.....
۲۶۸	۲-۲-۹ روش دوم.....
۲۷۱	۳-۹ آزمایش تحکیم یک بعدی.....
۲۷۲	۱-۳-۹ نمودار نشست - زمان ($S - \log t$).....
۲۷۳	۲-۳-۹ نمودار نسبت پوکی - فشار ($e - \log p$).....
۲۷۵	۴-۹ تاریخچه بارگذاری و انواع رس‌ها.....
۲۷۸	۵-۹ عوامل مؤثر در نمودار $e - \log p$
۲۷۸	۱-۵-۹ تأثیر دست‌خوردگی نمونه.....
۲۸۰	۲-۵-۹ تأثیر نسبت افزایش فشار.....
۲۸۰	۳-۵-۹ تأثیر عامل زمان.....
۲۸۱	۶-۹ محاسبات نشست زمین.....
۲۸۱	۱-۶-۹ نشست در اثر تحکیم اولیه.....
۲۸۳	۱-۱-۶-۹ نشست در رس‌های تحکیم‌یافته معمولی.....
۲۸۴	۲-۱-۶-۹ نشست در رس‌های پیش تحکیم‌یافته.....
۲۸۵	۲-۶-۹ شاخص فشردگی (C_c).....
۲۸۵	۳-۶-۹ شاخص نرم (C_u).....
۲۸۶	۴-۶-۹ نشست در اثر تحکیم ثانویه.....

۲۹۵.....	۷-۹ ضریب تحکیم پذیری.....
۲۹۵.....	۱-۷-۹ روش تغییر شکل - لگاریتم زمان.....
۲۹۶.....	۲-۷-۹ روش تغییر شکل - مجذور زمان.....
۲۹۹.....	فصل دهم تراکم پذیری خاک ها.....
۳۰۰.....	۱-۱۰ کلیات.....
۳۰۰.....	۲-۱۰ مکانیسم عمل تراکم.....
۳۰۲.....	۳-۱۰ آزمایش های تراکم.....
۳۰۲.....	۱-۳-۱۰ آزمایش پروکتور استاندارد.....
۳۰۴.....	۲-۳-۱۰ آزمایش پروکتور اصلاح شده.....
۳۰۸.....	۴-۱۰ عوامل مؤثر در تراکم پذیری خاک ها.....
۳۰۹.....	۱-۴-۱۰ نیروی تراکم.....
۳۰۹.....	۲-۴-۱۰ نوع خاک.....
۳۱۱.....	۵-۱۰ تراکم صحرایی خاک ها.....
۳۱۳.....	۱-۵-۱۰ غلتک های استاتیکی.....
۳۱۳.....	۱-۱-۵-۱۰ غلتک های چرخ صاف فولادی.....
۳۱۴.....	۲-۱-۵-۱۰ غلتک های چرخ صاف بادی.....
۳۱۵.....	۳-۱-۵-۱۰ غلتک های پاچه بزی.....
۳۱۷.....	۴-۱-۵-۱۰ غلتک های مشبک.....
۳۱۸.....	۲-۵-۱۰ غلتک های لرزنده.....
۳۱۹.....	۳-۵-۱۰ غلتک های ضربه ای.....
۳۲۰.....	۴-۵-۱۰ ابزار تراکم سبک.....
۳۲۲.....	۶-۱۰ عوامل مؤثر در تراکم صحرایی خاک ها.....
۳۲۳.....	۱-۶-۱۰ دفعات عبور غلتک.....
۳۲۳.....	۲-۶-۱۰ سرعت حرکت غلتک.....
۳۲۵.....	۳-۶-۱۰ ضخامت لایه ها.....
۳۲۷.....	۷-۱۰ ارزیابی تراکم صحرایی خاک ها.....
۳۲۷.....	۱-۷-۱۰ روش مخروط ماسه.....
۳۳۰.....	۲-۷-۱۰ روش بالن چگالی.....

۳۳۰	۲-۷-۱۰ روش چگالی سنج اتمی
۳۳۳	بخش چهارم: خصوصیات مهندسی سنگ‌ها
۳۳۵	فصل یازدهم خصوصیات زمین‌شناسی سنگ‌ها
۳۳۶	۱-۱۱ کلیات
۳۳۶	۲-۱۱ منشأ سنگ‌ها
۳۳۸	۳-۱۱ سنگ‌های آذرین
۳۳۹	۱-۳-۱۱ کانی‌شناسی سیلیکات‌ها
۳۴۲	۲-۳-۱۱ انواع سنگ‌های آذرین
۳۴۴	۳-۳-۱۱ بافت سنگ‌های آذرین
۳۴۶	۴-۱۱ سنگ‌های دگرگونی
۳۴۶	۱-۴-۱۱ شرایط دگرگونی
۳۴۷	۱-۱-۴-۱۱ تغییرات فشار
۳۴۷	۲-۱-۴-۱۱ تغییرات درجه حرارت
۳۴۸	۲-۴-۱۱ انواع دگرگونی
۳۴۸	۱-۲-۴-۱۱ دگرگونی مجاورتی
۳۴۸	۲-۲-۴-۱۱ دگرگونی ناحیه‌ای
۳۴۹	۳-۲-۴-۱۱ دگرگونی جنبشی
۳۴۹	۳-۴-۱۱ رخساره‌های دگرگونی
۳۵۰	۴-۴-۱۱ کانی‌های سنگ دگرگونی
۳۵۱	۱-۴-۴-۱۱ کانی‌های شاخص
۳۵۱	۲-۴-۴-۱۱ کانی‌های غیرشاخص
۳۵۱	۵-۴-۱۱ بافت سنگ‌های دگرگونی
۳۵۲	۵-۱۱ سنگ‌های رسوبی
۳۵۵	۱-۵-۱۱ سنگ‌های رسوبی آواری
۳۵۷	۱-۱-۵-۱۱ کنگلومرا
۳۵۷	۲-۱-۵-۱۱ ماسه سنگ
۳۵۸	۳-۱-۵-۱۱ لای سنگ‌ها
۳۵۸	۴-۱-۵-۱۱ گل سنگ‌ها

۳۵۹	 ۵-۱-۵-۱۱ شیل ها
۳۵۹	 ۲-۵-۱۱ سنگ های رسوبی شیمیایی
۳۶۰	 ۱-۲-۵-۱۱ سنگ های تبخیری
۳۶۰	 ۲-۲-۵-۱۱ سنگ های غیر تبخیری
۳۶۴	 ۱۱-۵-۳ سنگ های رسوبی آلی
۳۶۶	 ۱-۳-۵-۱۱ سنگ های رسوبی آلی با منشأ گیاهی
۳۶۸	 ۲-۳-۵-۱۱ سنگ های رسوبی آلی با منشأ جانوری
۳۷۰	 ۶-۱۱ طبقه بندی و نام گذاری ماسه سنگ ها
۳۷۰	 ۱-۶-۱۱ روش پتی جان
۳۷۱	 ۲-۶-۱۱ روش فولک
۳۷۱	 ۱-۲-۶-۱۱ ماسه سنگ کوارتزی
۳۷۳	 ۲-۲-۶-۱۱ ماسه سنگ آرکوزی
۳۷۳	 ۳-۲-۶-۱۱ ماسه سنگ سنگ دانه ای (گریواک)
۳۷۳	 ۳-۶-۱۱ روش ترکیب شیمیایی
۳۷۴	 ۴-۶-۱۱ روش محیط تکنیکی
۳۷۴	 ۷-۱۱ طبقه بندی و نام گذاری سنگ های کریاته
۳۷۴	 ۱-۷-۱۱ مواد سازنده
۳۷۶	 ۱-۱-۷-۱۱ مواد آرتوکم
۳۷۶	 ۲-۱-۷-۱۱ مواد آلوکم
۳۷۷	 ۲-۷-۱۱ روش های طبقه بندی
۳۷۷	 ۱-۲-۷-۱۱ روش طبقه بندی فولک
۳۷۸	 ۲-۲-۷-۱۱ روش طبقه بندی دانه ام
۳۸۱	 فصل دوازدهم خصوصیات فیزیکی سنگ ها
۳۸۲	 ۱-۱۲ مقدمه
۳۸۲	 ۲-۱۲ ترکیب ساختاری سنگ ها
۳۸۲	 ۱-۲-۱۲ میزان تخلخل
۳۸۴	 ۱-۱-۲-۱۲ انواع تخلخل در سنگ
۳۸۶	 ۲-۱-۲-۱۲ عوامل مؤثر در تخلخل سنگ ها

- ۳۸۷..... ۱۲-۲-۳ منشأ زمین‌شناسی تخلخل در سنگ
- ۳۸۸..... ۱۲-۲-۴ روش‌های اندازه‌گیری تخلخل سنگ
- ۳۸۹..... ۱۲-۲-۲ وزن واحد حجم (γ)
- ۳۹۰..... ۱۲-۲-۳ وزن مخصوص جامد
- ۳۹۱..... ۱۲-۳ قابلیت جذب آب
- ۳۹۳..... ۱۲-۴ دوام‌پذیری سنگ‌ها
- ۳۹۳..... ۱۲-۴-۱ آزمایش دوام
- ۳۹۶..... ۱۲-۴-۲ آزمایش وارفنگی
- ۳۹۷..... ۱۲-۵-۵ آزمایش سایش (لس‌آنجلس)
- ۳۹۷..... ۱۲-۵-۱ ابزار آزمایش
- ۳۹۸..... ۱۲-۵-۲ مراحل انجام آزمایش
- ۳۹۸..... ۱۲-۵-۳ انجام محاسبات
- ۳۹۹..... ۱۲-۶ قابلیت تورم‌پذیری
- ۴۰۱..... ۱۲-۷ قابلیت لهیدگی سنگ‌ها
- ۴۰۲..... ۱۲-۸ آزمایش ارتعاش فراصوتی
- ۴۰۹..... فصل سیزدهم استقامت سنگ
- ۴۱۰..... ۱۳-۱ کلیات
- ۴۱۰..... ۱۳-۲ آزمایش‌های تعیین استقامت سنگ
- ۴۱۰..... ۱۳-۲-۱ آزمایش تراکم تک‌محوری
- ۴۱۳..... ۱۳-۲-۲ آزمایش تراکم سه‌محوری
- ۴۱۵..... ۱۳-۲-۳ عوامل مؤثر در آزمایش تراکم سه‌محوری
- ۴۱۵..... ۱۳-۲-۳-۱ تغییرات فشار همه‌جانبه
- ۴۱۵..... ۱۳-۲-۳-۲ تغییرات فشار آب منفذی
- ۴۱۵..... ۱۳-۲-۳-۳ جهت‌یابی سطوح ناهمسانی
- ۴۱۷..... ۱۳-۲-۴ معیارهای گسیختگی
- ۴۱۷..... ۱۳-۲-۴-۱ معیار گسیختگی مور
- ۴۱۸..... ۱۳-۲-۴-۲ معیار هوک و براون
- ۴۲۲..... ۱۳-۳ محاسبه ضرایب تغییر شکل‌پذیری سنگ

۴۲۲.....	۱-۳-۱۳ نسبت پواسون (ν)
۴۲۳.....	۲-۳-۱۳ ضریب کشسانی (E)
۴۲۴.....	۳-۳-۱۳ مدول برشی (G)
۴۲۴.....	۴-۳-۱۳ مدول حجمی (K)
۴۲۵.....	۵-۳-۱۳ ضریب کرنش حجمی (ε _v)
۴۲۵.....	۴-۱۳ تفسیر منحنی کامل تنش-کرنش
۴۲۸.....	۵-۱۳ رفتار مکانیکی سنگ ها
۴۲۸.....	۱-۵-۱۳ رفتار کشسانی
۴۲۹.....	۲-۵-۱۳ رفتار خمیری
۴۳۱.....	۳-۵-۱۳ رفتار خزشی
۴۳۴.....	۶-۱۳ مقاومت کششی سنگ ها
۴۳۵.....	۱-۶-۱۳ آزمایش کشش مستقیم
۴۳۶.....	۲-۶-۱۳ آزمایش کشش غیرمستقیم
۴۳۷.....	۱-۲-۶-۱۳ آزمایش بار نقطه‌ای
۴۴۰.....	۲-۲-۶-۱۳ آزمایش برزیلین
۴۴۱.....	فصل چهاردهم خصوصیات سطوح ناپیوستگی توده سنگ ها
۴۴۲.....	۱-۱۴ کلیات
۴۴۲.....	۲-۱۴ منشأ سطوح ناپیوستگی
۴۴۴.....	۱-۲-۱۴ شرایط محیط رسوبی
۴۴۴.....	۲-۲-۱۴ فشارهای تکتونیکی
۴۴۶.....	۳-۲-۱۴ عناصر ساختاری
۴۴۷.....	۴-۲-۱۴ رهایی تنش
۴۴۷.....	۵-۲-۱۴ عوامل فرسایش
۴۴۷.....	۶-۲-۱۴ خصوصیات هندسی سطوح ناپیوستگی
۴۵۰.....	۳-۱۴ تعداد درزه
۴۵۰.....	۱-۳-۱۴ شمارش نقطه‌ای
۴۵۰.....	۲-۳-۱۴ شمارش خطی
۴۵۰.....	۳-۳-۱۴ شمارش صفحه‌ای

۴۵۱	 ۴-۳-۱۴ شمارش حجمی
۴۵۳	 ۴-۱۴ فاصله درزه
۴۵۴	 ۵-۱۴ بازشدگی درزه
۴۵۴	 ۱-۵-۱۴ تأثیر بازشدگی در کیفیت توده سنگ
۴۵۵	 ۲-۵-۱۴ تأثیر بازشدگی در تزریق پذیری توده سنگ
۴۵۷	 ۶-۱۴ پرشدگی درزه
۴۵۸	 ۷-۱۴ ناهمواری درزه
۴۵۹	 ۸-۱۴ تداوم درزه
۴۶۱	 ۱-۸-۱۴ درزه‌های پیوسته
۴۶۱	 ۲-۸-۱۴ درزه‌های ناپیوسته
۴۶۲	 ۱-۲-۸-۱۴ منشأ نه‌تنشی
۴۶۲	 ۲-۲-۸-۱۴ منشأ تکتونیکی
۴۶۲	 ۹-۱۴ آب درزه
۴۶۳	 ۱-۹-۱۴ تأثیر آب و تعادل تنش‌ها
۴۶۵	 ۲-۹-۱۴ تأثیر آب و تغییر رفتار مواد پرکننده
۴۶۵	 ۱۰-۱۴ هوازدگی درزه
۴۶۶	 ۱۱-۱۴ جهت‌یابی درزه
۴۶۶	 ۱۲-۱۴ مقاومت برشی توده سنگ
۴۶۸	 ۱-۱۲-۱۴ آزمایش‌های مقاومت برشی
۴۶۸	 ۱-۱-۱۲-۱۴ آزمایش انحراف صفحه
۴۶۹	 ۲-۱-۱۲-۱۴ آزمایش برش مستقیم
۴۷۱	 ۲-۱۲-۱۴ عوامل مؤثر در مقاومت برشی توده سنگ
۴۷۱	 ۱-۲-۱۲-۱۴ میزان حضور آب
۴۷۱	 ۲-۲-۱۲-۱۴ زاویه شیب سطح ناپیوستگی
۴۷۲	 ۳-۲-۱۲-۱۴ ناهمواری سطح ناپیوستگی
۴۷۳	 ۴-۲-۱۲-۱۴ اثر تنش قائم
۴۷۳	 ۵-۲-۱۲-۱۴ ضخامت و جنس مواد پرکننده سطح ناپیوستگی
۴۷۷	 فصل پانزدهم طبقه‌بندی مهندسی توده سنگ‌ها
۴۷۸	 ۱-۱۵ کلیات

۴۷۸.....	۲-۱۵ طبقه‌بندی بر مبنای بار وارد شده به سنگ
۴۸۲.....	۳-۱۵ طبقه‌بندی سنگ بر مبنای شاخص RQD
۴۸۵.....	۴-۱۵ طبقه‌بندی سنگ به روش RMR
۴۸۶.....	۱-۴-۱۵ عوامل مؤثر در طبقه‌بندی RMR
۴۹۱.....	۲-۴-۱۵ موارد استفاده از طبقه‌بندی RMR
۴۹۴.....	۵-۱۵ طبقه‌بندی سنگ به روش Q-system
۴۹۴.....	۱-۵-۱۵ عوامل تأثیرگذار در طبقه‌بندی Q-system
۵۰۰.....	۲-۵-۱۵ موارد استفاده از روش Q-system
۵۰۱.....	۱-۲-۵-۱۵ پیشنهاد شیوه‌های پایدارسازی تونل
۵۰۳.....	۲-۲-۵-۱۵ تعیین قطر فضای حفاری
۵۰۳.....	۶-۱۵ طبقه‌بندی سنگ به روش GSI
۵۰۴.....	۱-۶-۱۵ شاخص‌های اصلی طبقه‌بندی GSI
۵۰۸.....	۲-۶-۱۵ موارد استفاده از GSI
۵۱۱.....	۷-۱۵ طبقه‌بندی سنگ به روش URCS
۵۱۱.....	۱-۷-۱۵ معیارهای طبقه‌بندی
۵۱۱.....	۲-۷-۱۵ ابزار موارد استفاده
۵۱۲.....	۳-۷-۱۵ روش امتیازبندی
۵۱۳.....	۴-۷-۱۵ نحوه ارزیابی معیارهای طبقه‌بندی
۵۱۹.....	بخش پنجم: نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
۵۲۱.....	فصل شانزدهم نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
۵۲۲.....	۱-۱۶ مقدمه
۵۲۲.....	۲-۱۶ تاریخچه
۵۲۳.....	۳-۱۶ ویژگی‌های نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
۵۲۵.....	۱-۳-۱۶ خصوصیات سنگ‌ها و خاک‌ها
۵۲۵.....	۱-۱-۳-۱۶ خصوصیات زمین‌شناسی
۵۲۵.....	۲-۱-۳-۱۶ خواص فیزیکی
۵۲۵.....	۳-۱-۳-۱۶ خواص مهندسی
۵۲۵.....	۲-۳-۱۶ چگونگی حضور آب

۵۲۶	۱-۲-۳-۱۶ آب‌های سطحی
۵۲۶	۲-۲-۳-۱۶ آب‌های زیرزمینی
۵۲۶	۳-۲-۳-۱۶ شیمی آب
۵۲۷	۳-۳-۱۶ شرایط ناهمواری زمین
۵۲۷	۱-۳-۳-۱۶ نقشه‌های توپوگرافی
۵۲۷	۲-۳-۳-۱۶ نقشه‌های ریخت‌شناسی (مورفولوژی)
۵۲۷	۳-۳-۳-۱۶ نقشه‌های زمین ریخت‌شناسی (ژئومورفولوژی)
۵۲۹	۴-۳-۱۶ خطرهای زمین‌شناسی
۵۲۹	۱-۴-۳-۱۶ لرزه‌خیزی
۵۲۹	۲-۴-۳-۱۶ ناپایداری دامنه‌ها
۵۲۹	۳-۴-۳-۱۶ فعالیت‌های ماگمایی
۵۳۱	۴-۴-۳-۱۶ فرایندهای هوازدگی
۵۳۱	۵-۴-۳-۱۶ فرایندهای فرسایشی
۵۳۱	۶-۴-۳-۱۶ اثرهای زیست محیطی
۵۳۳	۴-۱۶ انواع نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
۵۳۴	۱-۴-۱۶ منظور
۵۳۴	۱-۱-۴-۱۶ نقشه تک‌منظوره
۵۳۴	۲-۱-۴-۱۶ نقشه چندمنظوره
۵۳۵	۲-۴-۱۶ محتوا
۵۳۵	۱-۲-۴-۱۶ نقشه تفکیکی
۵۳۵	۲-۲-۴-۱۶ نقشه جامع
۵۳۵	۳-۴-۱۶ مقیاس
۵۳۵	۱-۳-۴-۱۶ نقشه بزرگ مقیاس
۵۳۶	۲-۳-۴-۱۶ نقشه میان مقیاس
۵۳۶	۳-۳-۴-۱۶ نقشه کوچک مقیاس
۵۳۸	۵-۱۶ طبقه‌بندی واحدهای سنگی
۵۴۰	۱-۵-۱۶ گونه زمین‌شناسی مهندسی (واحد ET)
۵۴۰	۲-۵-۱۶ گونه سنگ‌شناسی (واحد LT)
۵۴۰	۳-۵-۱۶ مجموعه سنگ‌شناسی (واحد LC)

فهرست ف

- ۱۶-۵-۴ رشته سنگ‌شناسی (واحد LS) ۵۴۱
- ۱۶-۶ روش‌های برداشت و نمایش اطلاعات ۵۴۱
- ۱۶-۶-۱ تهیه اطلاعات پایه ۵۴۱
- ۱۶-۶-۲ برداشت‌های نقطه‌ای ۵۴۲
- ۱۶-۶-۱-۱ برداشت‌های نقطه‌ای توده سنگ ۵۴۲
- ۱۶-۶-۲-۲ برداشت‌های نقطه‌ای توده خاک ۵۴۷
- ۱۶-۶-۲-۳ برداشت‌های نقطه‌ای منابع آب ۵۵۰
- ۱۶-۷ معرفی نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی کشور ۵۵۲
- منابع ۵۶۱
- واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۵۷۵
- واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۶۰۳
- نمایه ۶۳۱

پیشگفتار

خداوند متعال را سپاس فراوان می‌گویم که توفیق نگارش این کتاب را به اینجانب عنایت فرمودند. امید است این اثر بتواند به عنوان هدیه‌ای هرچند ناچیز، در راه گسترش علم قرار گیرد. تلاش شد تا آخرین دستاوردهای نوین دانش زمین‌شناسی مهندسی بر مبنای اندوخته‌های تجربی، آموزشی و پژوهشی بیش از ۳۰ سال به رشته تحریر درآمده و برای استفاده به دانشجویان، پژوهشگران، صاحب‌نظران و دست‌اندرکاران کارهایی اجرایی تقدیم شود.

در این اثر از ابزار ترسیمی مانند نمودار، شکل، عکس و جدول کمک گرفته شد تا مطالب علمی کتاب به‌طور ساده و روشن بتواند مورد توجه مخاطبان واقع شود. تمامی شکل‌ها، نمودارها، عکس‌ها و جداول از سوی نگارنده با بهره‌گیری از آخرین فناوری‌های رایانه‌ای ترسیم و تهیه شدند؛ حتی مواردی که از دیگران اقتباس و یا نقل شده‌اند همگی مجدد ترسیم به شکل مطلوب‌تری با ذکر نام مرجع ارائه گردیده‌اند. برخی تصاویر از سایت‌های مختلف با ذکر روز نام سایت ارائه شده‌اند.

ساختار کتاب در پنج بخش تنظیم شده است که بخش اول شامل یک فصل است و در آن مخاطب با مباحث کلی زمین‌شناسی مهندسی آشنا می‌شود. در بخش دوم موضوعات مرتبط با بررسی‌های میدانی بررسی می‌شود که چهار فصل را دربر دارد. موضوع شناسایی منطقه‌ای در فصل دوم، کاوش‌های سطحی زمین در فصل سوم، کاوش‌های زیرزمینی در فصل چهارم و کاوش‌های ژئوفیزیکی در فصل پنجم بررسی می‌شوند. بخش سوم کتاب شامل خصوصیات مهندسی خاک‌هاست که پنج فصل را پوشش می‌دهد. بدین ترتیب خصوصیات فیزیکی خاک‌ها در فصل ششم، طبقه‌بندی مهندسی خاک‌ها در فصل هفتم، مقاومت برشی خاک‌ها در فصل هشتم، تحکیم‌پذیری خاک‌ها در فصل نهم و تراکم‌پذیری خاک‌ها در فصل دهم بررسی

شده‌اند. در بخش چهارم خصوصیات مهندسی سنگ‌ها مطرح می‌شود که شامل پنج فصل است. فصل یازدهم زمین‌شناسی سنگ‌ها، فصل دوازدهم خصوصیات فیزیکی سنگ‌ها، فصل سیزدهم مقاومت سنگ‌ها، فصل چهاردهم ناپیوستگی سنگ‌ها و فصل پانزدهم طبقه‌بندی مهندسی سنگ‌ها را توضیح می‌دهد. در پایان در بخش پنجم، فصل شانزدهم ارائه شده که در آن موضوعاتی در رابطه با نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی مطرح می‌شود.

امید است در آینده دیگر موضوعات زمین‌شناسی مهندسی، کتاب‌هایی با عناوین «کاربردهای زمین‌شناسی مهندسی» و «خطرات زمین‌شناسی مهندسی» نیز در اختیار دانش دوستان قرار گیرد.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از مسئولان حوزه پژوهشی دانشگاه به‌ویژه جناب آقای دکتر فتح‌اللهی معاون محترم پژوهشی، آقایان دکتر دارایی و دکتر نیستانی رؤسای محترم سابق و فعلی مرکز نشر آثار علمی دانشگاه و سایر همکاران آن مرکز به‌ویژه سرکار خانم لیلا نجفی زمان که مسئولیت ویراستاری و نظارت بر اجرا را به عهده داشتند و خانم سمیه زهانی که با حوصله فراوان صفحه‌آرایی را انجام دادند، تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین لازم است از اعضای هیأت علمی گروه زمین‌شناسی مهندسی به‌ویژه آقایان دکتر خامه‌چیان، دکتر نیکودل و دکتر قادری بابت همکاری و ارائه پیشنهادهای مؤثر در ارائه هرچه بهتر مباحث کتاب تشکر و قدردانی کنم. از داوران محترم کتاب برای راهنمایی‌های مؤثر و ویراستاری علمی نیز سپاسگزاری می‌شود.

در پایان از حمایت و همکاری همسر و دخترم به‌دلیل ایجاد فرصت برای تمرکز بیشتر جهت نوشتن این اثر تشکر و قدردانی می‌کنم.

علی ارومیه‌ای

زمستان ۱۳۹۳

تهران، دانشگاه تربیت مدرس