

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته

(چاپ دوم)

نگارنده:

دکتر علی ارومیه‌ای

استاد گروه زمین‌شناسی مهندسی

دانشگاه تربیت مدرس



سرشناسه: ارومیه‌ای، علی، 1334 -

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

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، انتشارات، 1393.

مشخصات ظاهری: 655ص. مصور (بخشی رنگی).

شابک: 978-600-7589-05-2

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: واژه‌نامه

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: زمین‌شناسی مهندسی

شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس، انتشارات

رده بندی کنگره: 1393 8:4 الف/TA705

رده بندی دیویی: 624/151

شماره کتابشناسی ملی: 3725636

زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته (چاپ دوم)

نگارنده: دکتر علی ارومیه‌ای

طراح جلد: دکتر سید نجم الدین امیر شاه کرمی

ویراستار ادبی و فنی: لیلا نجفی زمان

حروفچینی: سمیه زهانی

شماره انتشار: 181

شماره پیاپی: 259

تاریخ انتشار: 1396

شمارگان: 1000

ISBN:978-600-5394-05-2

شابک: 978-600-5394-05-2

ناشر: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

نوبت چاپ: دوم

کارشناس اجرایی: لیلا نجفی زمان

ناظر چاپ: مصطفی جانجانی

لیتوگرافی: ایران گرافیک

چاپ و صحافی: قشقایی

مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران،

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

تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶ دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲

بها: ۴۴۰۰۰۰ ریال

صحت مطالب کتاب بر عهده نگارنده است.

تقدیم بہ
روان پاک پدرو مادرم

فهرست مطالب

پیشگفتار	ق
بخش اول کلیات	1
فصل اول آشنایی با مباحث زمین شناسی مهندسی	3
1-1 مقدمه	4
2-1 تاریخچه زمین شناسی مهندسی	6
3-1 دامنه فعالیت های زمین شناسی مهندسی	9
4-1 وظایف زمین شناسی مهندسی	11
5-1 اهمیت مطالعات زمین شناسی مهندسی	13
بخش دوم بررسی های میدانی	19
فصل دوم شناسایی منطقه ای	21
1-2 کلیات	22
2-2 اهداف شناسایی منطقه ای	24
3-2 مراحل شناسایی منطقه ای	27
1-3-2 مرحله اول، شناسایی مقدماتی	28
2-3-2 مرحله دوم، شناسایی تفصیلی	31
3-3-2 مرحله سوم، شناسایی در حین اجرا و بهره برداری	32
4-2 فعالیت های شناسایی منطقه ای	34
1-4-2 مطالعات دفتری	35
2-4-2 بازدیدهای میدانی (صحرائی)	37

ب زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته

- 43.....3-4-2 نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها
- 44.....4-4-2 ارزیابی اطلاعات به‌دست آمده
- 45.....5-4-2 تهیه گزارش نهایی
- 47.....5-2 مدیریت فعالیت‌های شناسایی منطقه‌ای
- 47.....1-5-2 مدیریت برنامه زمانی
- 48.....2-5-2 مدیریت برنامه مالی
- 51.....فصل سوم کاوش‌های سطحی زمین
- 52.....1-3 کلیات
- 54.....2-3 روش‌های اکتشافی
- 56.....3-3 اهمیت کاوش‌های سطحی زمین
- 58.....4-3 مطالعات دفتری
- 58.....1-4-3 عکس‌های هوایی
- 60.....2-4-3 تصاویر ماهواره‌ای
- 62.....3-4-3 نقشه‌های توپوگرافی
- 65.....4-4-3 نقشه‌های زمین‌شناسی
- 65.....5-3 مطالعات صحرایی
- 67.....1-5-3 چکش زمین‌شناسی
- 69.....2-5-3 چکش اشمیت
- 71.....6-3 شناسایی صحرایی کانی‌ها و سنگ‌ها
- 71.....1-6-3 سنجش سختی کانی‌ها
- 72.....2-6-3 رنگ کانی‌ها و سنگ‌ها
- 75.....فصل چهارم کاوش‌های درونی زمین
- 76.....1-4 کلیات
- 76.....2-4 شناسایی با مشاهده مستقیم
- 78.....1-2-4 حفر ترانشه
- 80.....2-2-4 حفر چاه اکتشافی
- 80.....3-2-4 حفر تونل اکتشافی

فهرست ج

- 81.....3-4 شناسایی با حفر گمانه
- 84.....1-3-4 حفاری مارپیچی
- 84.....1-1-3-4 ابزار حفاری دستی
- 86.....ابزار حفاری مکانیکی
- 91.....2-3-4 حفاری شستشویی
- 92.....3-3-4 حفاری ضربه‌ای
- 94.....4-3-4 حفاری دورانی
- 97.....4-4 ابزار نمونه‌برداری
- 98.....1-4-4 ابزار نمونه‌برداری در خاک
- 99.....1-1-4-4 نمونه‌گیر دوکفه‌ای
- 101.....2-1-4-4 نمونه‌گیر تک‌جداره پوسته نازک
- 102.....3-1-4-4 نمونه‌گیر دوجداره پیستونی
- 104.....4-1-4-4 نمونه‌گیر استوانه‌ای دوجداره
- 104.....2-4-4 ابزار نمونه‌گیری در سنگ
- 105.....1-2-4-4 مغزه‌گیر تک‌جداره
- 105.....2-2-4-4 مغزه‌گیر دوجداره سخت
- 106.....3-2-4-4 مغزه‌گیر دوجداره متحرک
- 106.....4-2-4-4 مغزه‌گیر سیمی پیوسته
- 107.....5-4 طبقه‌بندی کیفی نمونه‌ها
- 108.....1-5-4 طبقه‌بندی هورسیلف
- 109.....2-5-4 طبقه‌بندی آیدل:
- 111.....3-5-4 طبقه‌بندی استاندارد انگلیس (BS-5930-1981)
- 112.....6-4 عوامل مؤثر در کیفیت نمونه‌ها
- 113.....1-6-4 شیوه حفاری
- 114.....2-6-4 خصوصیات نمونه‌گیر
- 114.....1-2-6-4 نسبت سطحی (Ar):
- 115.....2-2-6-4 نسبت فضای درونی (Ic):
- 117.....3-2-6-4 نسبت فضای بیرونی (Oc):

- 117.....: (Lr) نسبت بازیافتی 4-2-6-4
- 119..... شرایط زمین 3-6-4
- 123..... برنامه‌ریزی حفاری‌های اکتشافی 7-4
- 124..... تعداد گمانه‌ها 1-7-4
- 125..... فاصله گمانه‌ها 2-7-4
- 126..... عمق گمانه‌ها 3-7-4
- 127..... طرح‌های پی‌سازی 1-3-7-4
- 132..... طرح‌های سدسازی 2-3-7-4
- 133..... طرح‌های راه‌سازی 3-3-7-4
- 135..... تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی 4-3-7-4
- 137..... دیوارهای حایل 5-3-7-4
- 138..... پایداری دامنه‌ها 6-3-7-4
- 138..... طرح‌های ذخایر آبی (مخازن آب پشت سدها) 7-3-7-4
- 140..... منابع قرضه و ذخایر معدنی 8-3-7-4
- 143..... فصل پنجم کاوش‌های ژئوفیزیکی
- 144..... کلیات 1-5
- 146..... روش لرزه‌نگاری 2-5
- 148..... موج‌های حجمی 1-2-5
- 148..... موج تراکمی 1-1-2-5
- 150..... موج برشی 2-1-2-5
- 151..... موج‌های سطحی 2-2-5
- 151..... موج ريله 1-2-2-5
- 152..... موج لای 2-2-2-5
- 153..... روش اجرای مطالعات لرزه‌نگاری 3-5
- 153..... روش لرزه‌نگاری انعکاسی 1-3-5
- 155..... روش لرزه‌نگاری انکساری 2-3-5
- 158..... روش لرزه‌نگاری مستقیم 3-3-5
- 158..... ارزیابی کیفی توده سنگ 1-3-3-5

فهرست ه

159.....	2-3-3-5 ارزیابی خصوصیات تغییر شکل پذیری
160.....	4-5 روش مقاومت الکتریکی
162.....	5-5 روش ثقل سنجی
164.....	6-5 روش مغناطیس سنجی
167.....	بخش سوم خصوصیات مهندسی خاکها
169.....	فصل ششم خصوصیات فیزیکی خاکها
170.....	1-6 کلیات
172.....	1-1-6 تعریف خاک
172.....	2-1-6 منشأ خاکها
172.....	1-2-1-6 خاکها با منشأ طبیعی
173.....	2-2-1-6 خاکها با منشأ غیرطبیعی
173.....	3-1-6 انواع خاکها
173.....	1-3-1-6 باتوجه به اندازه
173.....	2-3-1-6 باتوجه به ترکیب
174.....	3-3-1-6 باتوجه به یکنواختی
174.....	4-3-1-6 باتوجه به شرایط تشکیل
174.....	2-6 عوامل مؤثر در تنوع خاکها
175.....	1-2-6 نوع هوازدگی
176.....	1-1-2-6 هوازدگی فیزیکی
176.....	2-1-2-6 هوازدگی شیمیایی
176.....	2-2-6 عوامل فرسایش
176.....	1-2-2-6 جریان آبها
177.....	2-2-2-6 وزش بادهای
177.....	3-2-2-6 حرکت یخچالها
177.....	4-2-2-6 نیروی ثقل
177.....	3-6 ساختمان خاکها
179.....	1-3-6 ساختمان خاکهای دانه‌ای

180.....	1-1-3-6	ساختمان دانه‌ای منفرد
180.....	2-1-3-6	ساختمان لانه زنبوری
180.....	2-3-6	ساختمان خاک‌های چسبنده
181.....	1-2-3-6	ساختمان منفرد گسسته
182.....	2-2-3-6	ساختمان فلوک‌های داریستی
182.....	3-2-3-6	ساختمان فلوک‌های کتابی
182.....	4-2-3-6	ساختمان فلوک‌های لایه‌ای
184.....	4-6	خصوصیات خاک‌های رسی
185.....	1-4-6	گروه کائولینت‌ها
185.....	2-4-6	گروه ایلیت‌ها
185.....	3-4-6	گروه مونت‌موریلونیت‌ها
186.....	5-6	شاخص سطحی خاک‌ها
187.....	6-6	ترکیب خاک‌ها
187.....	1-6-6	روابط حجمی
188.....	1-1-6-6	تخلخل
188.....	2-1-6-6	نسبت پوکی
189.....	3-1-6-6	درصد اشباع شدگی
190.....	2-6-6	روابط وزنی
190.....	1-2-6-6	درصد رطوبت
191.....	2-2-6-6	وزن مخصوص ذرات جامد
191.....	3-6-6	روابط وزنی - حجمی
193.....	7-6	شاخص‌های خمیری خاک
194.....	1-7-6	شاخص خمیری
196.....	2-7-6	شاخص روانی
196.....	3-7-6	فعالیت خاک‌ها
197.....	4-7-6	نمودار خمیری خاک‌ها
199.....	8-6	آزمایش‌های دانه‌بندی خاک‌ها
199.....	1-8-6	روش الک کردن

فهرست ز

202.....	2-8-6 روش ته‌نشینی (آزمایش هیدرومتر)
205.....	9-6 نحوه انجام آزمایش دانه‌بندی
206.....	1-9-6 ترسیم و تفسیر منحنی دانه‌بندی
207.....	1-1-9-6 نمودار الف: خاک خوب دانه‌بندی شده
208.....	2-1-9-6 نمودار ب: خاک بد دانه‌بندی شده
208.....	3-1-9-6 نمودار ج: خاک با دانه‌بندی ناقص
208.....	2-9-6 شاخص‌های منحنی دانه‌بندی
208.....	1-2-9-6 عدد مؤثر
209.....	2-2-9-6 ضریب یکنواختی
209.....	3-2-9-6 ضریب خمیدگی
213.....	فصل هفتم طبقه‌بندی مهندسی خاک‌ها
214.....	1-7 کلیات
214.....	2-7 طبقه‌بندی یونیفاید USCS
214.....	1-2-7 نحوه نام‌گذاری
215.....	2-2-7 معیارهای مورد استفاده در طبقه‌بندی یونیفاید
220.....	3-7 طبقه‌بندی آشتو
221.....	1-3-7 عوامل تأثیرگذار
223.....	2-3-7 نحوه نام‌گذاری
224.....	4-7 طبقه‌بندی خاک‌ها بر مبنای بافت
224.....	1-4-7 عوامل تأثیرگذار
225.....	2-4-7 نحوه نام‌گذاری
227.....	فصل هشتم مقاومت برشی خاک‌ها
228.....	1-8 مقدمه
229.....	2-8 معیار گسیختگی مور - کولومب
231.....	3-8 تعیین زاویه سطح گسیختگی
234.....	4-8 آزمایش برش مستقیم
235.....	1-4-8 تفسیر و تحلیل نتایج آزمایش برش مستقیم
240.....	5-8 آزمایش برش سه محوری

- 243..... 1-5-8 آزمایش تحکیم یافته و زهکشی شده
- 244..... 2-5-8 آزمایش تحکیم یافته و زهکشی نشده
- 246..... 3-5-8 آزمایش تحکیم نیافته و زهکشی نشده
- 253..... 6-8 آزمایش فشاری غیرمحصور
- 256..... 7-8 مسیر تنش
- 256..... 1-7-8 روش ترسیم نمودار
- 258..... 2-7-8 روش ترسیم نمودار $q - p'$
- 263..... فصل نهم تحکیم‌پذیری خاک‌ها
- 264..... 1-9 کلیات
- 266..... 2-9 اصول نظری تحکیم خاک‌ها
- 266..... 1-2-9 روش اول
- 268..... 2-2-9 روش دوم
- 271..... 3-9 آزمایش تحکیم یک بعدی
- 272..... 1-3-9 نمودار نشست - زمان ($S - \log t$)
- 273..... 2-3-9 نمودار نسبت پوکی - فشار ($e - \log p$)
- 275..... 4-9 تاریخچه بارگذاری و انواع رس‌ها
- 277..... 5-9 عوامل مؤثر در نمودار $e - \log p$
- 277..... 1-5-9 تأثیر دست‌خوردگی نمونه
- 280..... 2-5-9 تأثیر نسبت افزایش فشار
- 280..... 3-5-9 تأثیر عامل زمان
- 280..... 6-9 محاسبات نشست زمین
- 281..... 1-6-9 نشست در اثر تحکیم اولیه
- 282..... 1-1-6-9 نشست در رس‌های تحکیم‌یافته معمولی
- 284..... 2-1-6-9 نشست در رس‌های پیش تحکیم‌یافته
- 284..... 2-6-9 شاخص فشردگی (C_c)
- 285..... 3-6-9 شاخص تورم (C_s)
- 285..... 4-6-9 نشست در اثر تحکیم ثانویه
- 295..... 7-9 ضریب تحکیم‌پذیری

فهرست ط

295.....	1-7-9 روش تغییر شکل - لگاریتم زمان
296.....	2-7-9 روش تغییر شکل - مجذور زمان
299.....	فصل دهم تراکم پذیری خاک‌ها
300.....	1-10 کلیات
300.....	2-10 مکانیسم عمل تراکم
302.....	3-10 آزمایش‌های تراکم
302.....	1-3-10 آزمایش پروکتور استاندارد
304.....	2-3-10 آزمایش پروکتور اصلاح شده
308.....	4-10 عوامل مؤثر در تراکم‌پذیری خاک‌ها
309.....	1-4-10 نیروی تراکم
309.....	2-4-10 نوع خاک
311.....	5-10 تراکم صحرائی خاک‌ها
313.....	1-5-10 غلتک‌های استاتیکی
313.....	1-1-5-10 غلتک‌های چرخ صاف فولادی
314.....	2-1-5-10 غلتک‌های چرخ صاف بادی
315.....	3-1-5-10 غلتک‌های پاچه‌بزی
317.....	4-1-5-10 غلتک‌های مشبک
318.....	2-5-10 غلتک‌های لرزنده
319.....	3-5-10 غلتک‌های ضربه‌ای
320.....	4-5-10 ابزار تراکم سبک
322.....	6-10 عوامل مؤثر در تراکم صحرائی خاک‌ها
323.....	1-6-10 دفعات عبور غلتک
323.....	2-6-10 سرعت حرکت غلتک
325.....	3-6-10 ضخامت لایه‌ها
327.....	7-10 ارزیابی تراکم صحرائی خاک‌ها
327.....	1-7-10 روش مخروط ماسه
330.....	2-7-10 روش بالن چگالی
330.....	3-7-10 روش چگالی سنج اتمی

233	بخش چهارم: خصوصیات مهندسی سنگ‌ها
335	فصل یازدهم خصوصیات زمین‌شناسی سنگ‌ها
336	1-11 کلیات
336	2-11 منشأ سنگ‌ها
338	3-11 سنگ‌های آذرین
339	1-3-11 کانی‌شناسی سیلیکات‌ها
342	2-3-11 انواع سنگ‌های آذرین
344	3-3-11 بافت سنگ‌های آذرین
346	4-11 سنگ‌های دگرگونی
346	1-4-11 شرایط دگرگونی
347	1-1-4-11 تغییرات فشار
347	2-1-4-11 تغییرات درجه حرارت
348	2-4-11 انواع دگرگونی
348	1-2-4-11 دگرگونی مجاورتی
348	2-2-4-11 دگرگونی ناحیه‌ای
349	3-2-4-11 دگرگونی جنبشی
349	3-4-11 رخساره‌های دگرگونی
350	4-4-11 کانی‌های سنگ دگرگونی
351	1-4-4-11 کانی‌های شاخص
351	2-4-4-11 کانی‌های غیرشاخص
351	5-4-11 بافت سنگ‌های دگرگونی
352	5-11 سنگ‌های رسوبی
355	1-5-11 سنگ‌های رسوبی آواری
357	1-1-5-11 کنگلومرا
357	2-1-5-11 ماسه سنگ
358	3-1-5-11 لای سنگ‌ها
358	4-1-5-11 گل سنگ‌ها
359	5-1-5-11 شیل‌ها

فهرست ک

- 359..... 2-5-11 سنگ‌های رسوبی شیمیایی
- 360..... 1-2-5-11 سنگ‌های تبخیری
- 360..... 2-2-5-11 سنگ‌های غیر تبخیری
- 364..... 11-5-3 سنگ‌های رسوبی آلی
- 366..... 1-3-5-11 سنگ‌های رسوبی آلی با منشأ گیاهی
- 368..... 2-3-5-11 سنگ‌های رسوبی آلی با منشأ جانوری
- 370..... 6-11 طبقه‌بندی و نام‌گذاری ماسه سنگ‌ها
- 370..... 1-6-11 روش پتی جان
- 371..... 2-6-11 روش فولک
- 371..... 1-2-6-11 ماسه سنگ کوارتزیتی
- 373..... 2-2-6-11 ماسه سنگ آرکوزی
- 373..... 3-2-6-11 ماسه سنگ سنگ‌دانه‌ای (گریواک)
- 373..... 3-6-11 روش ترکیب شیمیایی
- 374..... 4-6-11 روش محیط تکنونیک
- 374..... 7-11 طبقه‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌های کربناته
- 374..... 1-7-11 مواد سازنده
- 376..... 1-1-7-11 مواد آرتوکم
- 376..... 2-1-7-11 مواد آلوکم
- 377..... 2-7-11 روش‌های طبقه‌بندی
- 377..... 1-2-7-11 روش طبقه‌بندی فولک
- 378..... 2-2-7-11 روش طبقه‌بندی دانهام
- 381..... فصل دوازدهم خصوصیات فیزیکی سنگ‌ها
- 382..... 1-12 مقدمه
- 382..... 2-12 ترکیب ساختاری سنگ‌ها
- 382..... 1-2-12 میزان تخلخل
- 384..... 1-1-2-12 انواع تخلخل در سنگ
- 386..... 2-1-2-12 عوامل مؤثر در تخلخل سنگ‌ها
- 387..... 3-1-2-12 منشأ زمین‌شناسی تخلخل در سنگ

- 388..... 4-1-2-12 روش‌های اندازه‌گیری تخلخل سنگ
- 389..... 2-2-12 وزن واحد حجم (γ)
- 390..... 3-2-12 وزن مخصوص جامد
- 391..... 3-12 قابلیت جذب آب
- 393..... 4-12 دوام‌پذیری سنگ‌ها
- 393..... 1-4-12 آزمایش دوام
- 396..... 2-4-12 آزمایش وارفتگی
- 397..... 5-12 آزمایش سایش (لس‌آنجلس)
- 397..... 1-5-12 ابزار آزمایش
- 398..... 2-5-12 مراحل انجام آزمایش
- 398..... 3-5-12 انجام محاسبات
- 400..... 6-12 قابلیت تورم‌پذیری
- 402..... 7-12 قابلیت لهیدگی سنگ‌ها
- 403..... 8-12 آزمایش ارتعاش فراصوتی
- 409..... فصل سیزدهم استقامت سنگ
- 410..... 1-13 کلیات
- 410..... 2-13 آزمایش‌های تعیین استقامت سنگ
- 410..... 1-2-13 آزمایش تراکم تک‌محوری
- 413..... 2-2-13 آزمایش تراکم سه‌محوری
- 415..... 3-2-13 عوامل مؤثر در آزمایش تراکم سه‌محوری
- 415..... 1-3-2-13 تغییرات فشار همه‌جانبه
- 415..... 2-3-2-13 تغییرات فشار آب منفذی
- 415..... 3-3-2-13 جهت‌یابی سطوح ناهمسانی
- 417..... 4-2-13 معیارهای گسیختگی
- 417..... 1-4-2-13 معیار گسیختگی مور
- 418..... 2-4-2-13 معیار هوک و براون
- 422..... 3-13 محاسبه ضرایب تغییر شکل‌پذیری سنگ
- 422..... 1-3-13 نسبت پواسون (ν):

فهرست م

- 423.....2-3-13 ضریب کشسانی (E):
- 424.....3-3-13 مدول برشی (G):
- 424.....4-3-13 مدول حجمی (K):
- 425.....5-3-13 ضریب کرنش حجمی (ϵ_v):
- 425.....4-13 تفسیر منحنی کامل تنش - کرنش
- 428.....5-13 رفتار مکانیکی سنگ‌ها
- 428.....1-5-13 رفتار کشسانی
- 429.....2-5-13 رفتار خمیری
- 431.....3-5-13 رفتار خزشی
- 434.....6-13 مقاومت کششی سنگ‌ها
- 434.....1-6-13 آزمایش کشش مستقیم
- 436.....2-6-13 آزمایش کشش غیرمستقیم
- 436.....1-2-6-13 آزمایش بار نقطه‌ای
- 438.....2-2-6-13 آزمایش برزیلین
- 441.....فصل چهاردهم خصوصیات سطوح ناپیوستگی توده‌سنگ‌ها
- 442.....1-14 کلیات
- 442.....2-14 منشأ سطوح ناپیوستگی
- 444.....1-2-14 شرایط محیط رسوبی
- 444.....2-2-14 فشارهای تکتونیکی
- 446.....3-2-14 عناصر ساختاری
- 447.....4-2-14 رهایی تنش
- 447.....5-2-14 عوامل فرسایش
- 447.....6-2-14 خصوصیات هندسی سطوح ناپیوستگی
- 450.....3-14 تعداد درزه
- 450.....1-3-14 شمارش نقطه‌ای
- 450.....2-3-14 شمارش خطی
- 450.....3-3-14 شمارش صفحه‌ای
- 451.....4-3-14 شمارش حجمی

453.....	4-14 فاصله درزه
454.....	5-14 بازشدگی درزه
454.....	1-5-14 تأثیر بازشدگی در کیفیت توده‌سنگ
455.....	2-5-14 تأثیر بازشدگی در تزریق‌پذیری توده‌سنگ
457.....	6-14 پرشدگی درزه
458.....	7-14 ناهمواری درزه
459.....	8-14 تداوم درزه
461.....	1-8-14 درزه‌های پیوسته
461.....	2-8-14 درزه‌های ناپیوسته
462.....	1-2-8-14 منشأ ته‌نشینی
462.....	2-2-8-14 منشأ تکنونیک
462.....	9-14 آب درزه
463.....	1-9-14 تأثیر آب و تعادل تنش‌ها
465.....	2-9-14 تأثیر آب و تغییر رفتار مواد پرکننده
465.....	10-14 هوازدگی درزه
466.....	11-14 جهت‌یابی درزه
466.....	12-14 مقاومت برشی توده‌سنگ
468.....	1-12-14 آزمایش‌های مقاومت برشی
468.....	1-1-12-14 آزمایش انحراف صفحه
469.....	2-1-12-14 آزمایش برش مستقیم
471.....	2-12-14 عوامل مؤثر در مقاومت برشی توده‌سنگ
471.....	1-2-12-14 میزان حضور آب
471.....	2-2-12-14 زاویه شیب سطح ناپیوستگی
472.....	3-2-12-14 ناهمواری سطح ناپیوستگی
473.....	4-2-12-14 اثر تنش قائم
473.....	5-2-12-14 ضخامت و جنس مواد پرکننده سطح ناپیوستگی
477.....	فصل پانزدهم طبقه‌بندی مهندسی توده‌سنگ‌ها
478.....	1-15 کلیات

فهرست س

478.....	2-15 طبقه‌بندی بر مبنای بار وارد شده به سنگ
482.....	3-15 طبقه‌بندی سنگ بر مبنای شاخص RQD
485.....	4-15 طبقه‌بندی سنگ به روش RMR
486.....	1-4-15 عوامل مؤثر در طبقه‌بندی RMR
491.....	2-4-15 موارد استفاده از طبقه‌بندی RMR
494.....	5-15 طبقه‌بندی سنگ به روش Q-system
494.....	1-5-15 عوامل تأثیرگذار در طبقه‌بندی Q-system
500.....	2-5-15 موارد استفاده از روش Q-system
501.....	1-2-5-15 پیشنهاد شیوه‌های پایدارسازی تونل
502.....	2-2-5-15 تعیین قطر فضای حفاری
504.....	6-15 طبقه‌بندی سنگ به روش GSI
504.....	1-6-15 شاخص‌های اصلی طبقه‌بندی GSI
507.....	2-6-15 موارد استفاده از GSI
510.....	7-15 طبقه‌بندی سنگ به روش URCS
511.....	1-7-15 معیارهای طبقه‌بندی
512.....	2-7-15 ابزار موارد استفاده
513.....	3-7-15 روش امتیازبندی
514.....	4-7-15 نحوه ارزیابی معیارهای طبقه‌بندی
519.....	بخش پنجم: نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
521.....	فصل شانزدهم نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
522.....	1-16 مقدمه
522.....	2-16 تاریخچه
523.....	3-16 ویژگی‌های نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
525.....	1-3-16 خصوصیات سنگ‌ها و خاک‌ها
525.....	1-1-3-16 خصوصیات زمین‌شناسی
525.....	2-1-3-16 خواص فیزیکی
525.....	3-1-3-16 خواص مهندسی

ع زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته

- 526..... 2-3-16 چگونگی حضور آب
- 526..... 1-2-3-16 آب‌های سطحی
- 526..... 2-2-3-16 آب‌های زیرزمینی
- 526..... 3-2-3-16 شیمی آب
- 527..... 3-3-16 شرایط ناهمواری زمین
- 527..... 1-3-3-16 نقشه‌های توپوگرافی
- 527..... 2-3-3-16 نقشه‌های ریخت‌شناسی (مورفولوژی)
- 527..... 3-3-3-16 نقشه‌های زمین ریخت‌شناسی (ژئومورفولوژی)
- 529..... 4-3-16 خطرهای زمین‌شناسی
- 529..... 1-4-3-16 لرزه‌خیزی
- 529..... 2-4-3-16 ناپایداری دامنه‌ها
- 529..... 3-4-3-16 فعالیت‌های ماگمایی
- 531..... 4-4-3-16 فرایندهای هوازدگی
- 531..... 5-4-3-16 فرایندهای فرسایشی
- 531..... 6-4-3-16 اثرهای زیست محیطی
- 534..... 4-16 انواع نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
- 534..... 1-4-16 منظور
- 534..... 1-1-4-16 نقشه تک‌منظوره
- 534..... 2-1-4-16 نقشه چندمنظوره
- 535..... 2-4-16 محتوا
- 535..... 1-2-4-16 نقشه تفکیکی
- 535..... 2-2-4-16 نقشه جامع
- 535..... 3-4-16 مقیاس
- 535..... 1-3-4-16 نقشه بزرگ مقیاس
- 536..... 2-3-4-16 نقشه میان مقیاس
- 536..... 3-3-4-16 نقشه کوچک مقیاس
- 538..... 5-16 طبقه‌بندی واحدهای سنگی
- 540..... 1-5-16 گونه زمین‌شناسی مهندسی (واحد ET)

فهرست ف

- 540.....(واحد LT) 2-5-16 گونه سنگ‌شناسی
- 540.....(واحد LC) 3-5-16 مجموعه سنگ‌شناسی
- 541.....(واحد LS) 4-5-16 رشته سنگ‌شناسی
- 541..... 6-16 روش‌های برداشت و نمایش اطلاعات
- 541..... 1-6-16 تهیه اطلاعات پایه
- 542..... 2-6-16 برداشت‌های نقطه‌ای
- 542..... 1-2-6-16 برداشت‌های نقطه‌ای توده سنگ
- 547..... 2-2-6-16 برداشت‌های نقطه‌ای توده خاک
- 550..... 3-2-6-16 برداشت‌های نقطه‌ای منابع آب
- 552..... 7-16 معرفی نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی کشور
- 561..... منابع
- 575..... واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
- 603..... واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
- 631..... نمایه

پیشگفتار

خداوند متعال را سپاس فراوان می‌گوییم 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 30 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 و 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 «خطرهای زمین‌شناسی مهندسی» نیز در اختیار دانش دوستان قرار گیرد.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از مسئولان حوزه پژوهشی دانشگاه به‌ویژه جناب آقای دکتر فتح‌الهی 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 1393

تهران، دانشگاه تربیت مدرس