

# مقدمه‌ای بر مدل‌سازی ساختاری در ژئومکانیک

الکساندر ایم. پوزرین

ترجمه

دکتر محمودرضا شیراوند

دکتر علی نورزاد



۱۳۹۹



۷۵۱

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

مقدمه‌ای بر مدل‌سازی ساختاری در ژئومکانیک/ الکساندر ام. پوزرین

ترجمه دکتر محمود رضا شیراوند، دکتر علی نورزاد

Alexander M. Puzrin, *Constitutive Modelling in Geomechanics: Introduction*, Springer, 2012.

ویراستار: مهدی عباسی

حروف‌نگار و صفحه‌آرا: سمیرا دهقان

طراح جلد: امیرشاهرخ فریوسفی

ناظر چاپ: صفر ممیزاد

چاپ: ۱۳۹۹

شمارگان: ۵۰۰

قیمت: ۵۵۰.۰۰۰ ریال

لیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

|                                                                                                                                                                                                                |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| پوزرین، الکساندر ام.، ۱۹۶۵-م.؛ Puzrin, A. M. (Alexander M.)-                                                                                                                                                   | سرشناس               |
| مقدمه‌ای بر مدل‌سازی ساختاری در ژئومکانیک/ الکساندر ام. پوزرین؛ ترجمه دکتر محمود رضا شیراوند، دکتر علی نورزاد؛ ویراستار مهدی عباسی. تهران: دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، ۱۳۹۹. بیست، ۳۴۴ص.؛ نمودار. | عنوان و نام پدیدآور: |
| مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۷۵۱.                                                                                                                                                                   | مشخصات نشر:          |
| ۹۷۸۹۶۴۴۵۷۴۵۹۷                                                                                                                                                                                                  | مشخصات ظاهری:        |
| فیبا                                                                                                                                                                                                           | فروست:               |
| Constitutive modelling in geomechanics: introduction, اصلی: 2012.                                                                                                                                              | شابک:                |
| کتابنامه.                                                                                                                                                                                                      | وضعیت فهرست‌نویسی:   |
| مکانیک سنگ -- الگوهای ریاضی؛ Rock mechanics -- Mathematical models                                                                                                                                             | یادداشت:             |
| Soil mechanics -- مکانیک -- خاک -- الگوهای ریاضی؛ Soil mechanics -- Mathematical models                                                                                                                        | یادداشت:             |
| Mathematical models؛ مکانیک پیوستار؛ Continuum mechanics.                                                                                                                                                      | موضوع:               |
| شیراوند، محمود رضا، ۱۳۵۸-، مترجم                                                                                                                                                                               | شناسه افزوده:        |
| نورزاد، علی، ۱۳۳۹-، مترجم                                                                                                                                                                                      | شناسه افزوده:        |
| دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات                                                                                                                                                                        | شناسه افزوده:        |
| Shahid Beheshti University. Printing & Publishing Center                                                                                                                                                       | رده‌بندی کنگره:      |
| TAY۰۶                                                                                                                                                                                                          | رده‌بندی دیویی:      |
| ۶۲۴/۱۵۱۳۲                                                                                                                                                                                                      | شماره کتابشناسی ملی: |
| ۶۰۷۰۸۸۵                                                                                                                                                                                                        |                      |

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

www.pub.sbu.ac.ir

unipress@mail.sbu.ac.ir

## فهرست مطالب

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| پیشگفتار مترجمان..... | هفده  |
| پیشگفتار نویسنده..... | نوزده |

### بخش اول: مقدمه‌ای بر مکانیک محیط‌های پیوسته

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| فصل ۱. مسائل مقدار مرزی در ژئوتکنیک.....                           | ۳  |
| ۱.۱. اهداف.....                                                    | ۳  |
| ۱.۲. مسائل رایج - رنوتکس.....                                      | ۳  |
| ۱.۲.۱. پی‌ها.....                                                  | ۳  |
| ۱.۲.۲. سازه‌های نگهبان.....                                        | ۳  |
| ۱.۲.۳. شیب‌ها و حفاری‌ها.....                                      | ۴  |
| ۱.۳. فرمول‌بندی یک مسئله مقدار مرزی در مکانیک محیط‌های پیوسته..... | ۴  |
| ۱.۴. آزمایش‌های مقدماتی رایج در ژئوتکنیک.....                      | ۵  |
| ۱.۴.۱. آزمایش تحکیم.....                                           | ۵  |
| ۱.۴.۲. آزمایش برش سه‌محوری.....                                    | ۶  |
| ۱.۵. پیچیدگی رفتار مکانیکی خاک.....                                | ۶  |
| ۱.۶. روابط ساختاری در شکل تانسوری.....                             | ۸  |
| ۱.۷. ساختار بخش اول: مکانیک محیط‌های پیوسته.....                   | ۸  |
| فصل ۲. مباحث مقدماتی در تحلیل تانسورها.....                        | ۱۱ |
| ۲.۱. نمادگذاری اندیسی.....                                         | ۱۱ |
| ۲.۱.۱. اهمیت نمادگذاری اندیسی.....                                 | ۱۱ |
| ۲.۱.۲. نمادگذاری مرتبه اول و دوم.....                              | ۱۱ |
| ۲.۳. اندیس‌های آزاد و تکراری.....                                  | ۱۲ |
| ۲.۴.۱. دلتای کرونکر.....                                           | ۱۳ |
| ۲.۲. اسکالرها و بردارها.....                                       | ۱۴ |
| ۲.۲.۱. تعریف‌ها.....                                               | ۱۴ |
| ۲.۲.۲. تبدیل بردارها.....                                          | ۱۴ |

|    |                                          |
|----|------------------------------------------|
| ۱۶ | ۳.۲.۲. ویژگی‌های تبدیل                   |
| ۱۷ | ۳.۲. تانسورهای مرتبه دوم                 |
| ۱۷ | ۳.۲.۱. تعریف‌ها                          |
| ۱۸ | ۳.۲.۲. قانون تبدیل                       |
| ۱۸ | ۳.۲.۳. ویژگی‌های تبدیل                   |
| ۱۹ | ۳.۲.۴. مفهوم هندسی                       |
| ۲۰ | ۳.۲.۵. معادله مشخصه                      |
| ۲۳ | فصل ۳. تنش‌ها                            |
| ۲۳ | ۳.۱. اصل تنش‌ها                          |
| ۲۳ | ۳.۱.۱. اصل تنش‌ها (اولر - کوشی)          |
| ۲۴ | ۳.۱.۲. تانسور نیوتن                      |
| ۲۴ | ۳.۲. تانسور تنش                          |
| ۲۴ | ۳.۲.۱. تعادل                             |
| ۲۶ | ۳.۲.۲. مؤلفه بای داره تنش به شکل سه بعدی |
| ۲۷ | ۳.۲.۳. تانسور تنش‌ها                     |
| ۲۸ | ۳.۲.۴. تنش‌های عمودی : برش               |
| ۲۹ | ۳.۳. معادلات حرکت                        |
| ۲۹ | ۳.۳.۱. نیروها                            |
| ۳۰ | ۳.۳.۲. تعادل نیروها                      |
| ۳۰ | ۳.۳.۳. تعادل لنگرها                      |
| ۳۰ | ۳.۳.۴. شرایط مرزی                        |
| ۳۱ | ۳.۴. تنش‌های اصلی                        |
| ۳۱ | ۳.۴.۱. تعریف                             |
| ۳۱ | ۳.۴.۲. معادله مشخصه                      |
| ۳۲ | ۳.۴.۳. خواص تنش‌ها و صفحات اصلی          |
| ۳۴ | ۳.۴.۴. تنش‌های برشی اصلی                 |
| ۳۶ | ۳.۵. تغییرناپذیرهای تانسور تنش           |
| ۳۶ | ۳.۵.۱. تغییرناپذیرهای تانسور تنش         |
| ۳۶ | ۳.۵.۲. ضرایب معادله مشخصه                |
| ۳۶ | ۳.۵.۳. روابط بین تغییرناپذیرها           |
| ۳۷ | ۳.۵.۴. تجزیه تانسور تنش                  |
| ۳۷ | ۳.۵.۵. تغییرناپذیرهای تانسور تنش انحرافی |

۳. ۶. تنش‌های هشت‌وجهی (اکتاهدرال) ..... ۳۸

#### فصل ۴. کرنش‌ها ..... ۳۹

۴. ۱. تعریف‌ها ..... ۳۹

۴. ۱. ۱. فرضیه‌ها ..... ۳۹

۴. ۱. ۲. روش لاگرانژ ..... ۳۹

۴. ۱. ۳. روش اویلر ..... ۳۹

۴. ۲. تانسورهای کرنش ..... ۴۰

۴. ۲. ۱. تغییر مکان‌ها ..... ۴۰

۴. ۲. ۲. کرنش‌های لاگرانژ- گرین ..... ۴۱

۴. ۲. ۱. کرنش‌های اویلر- المانسی ..... ۴۲

۴. ۲. ۴. آیا کرنش کُ تانسور است؟ ..... ۴۲

۴. ۲. ۵. تانسور کرنش کوچک کوشی ..... ۴۳

۴. ۳. تفسیر هندسی ..... ۴۴

۴. ۳. ۱. کرنش‌های خطی ..... ۴۴

۴. ۳. ۲. کرنش‌های برشی ..... ۴۵

۴. ۳. ۳. تانسور دَوَران‌های کوچک ..... ۴۶

۴. ۴. معادلات سازگاری ..... ۴۸

۴. ۴. ۱. سازگاری هندسی ..... ۴۸

۴. ۴. ۲. دسته اول معادلات ..... ۴۸

۴. ۴. ۳. دسته دوم معادلات ..... ۴۹

۴. ۴. ۴. بحث ..... ۴۹

۴. ۵. خواص تانسور کرنش ..... ۴۹

۴. ۵. ۱. تبدیل سیستم مختصات  $T_{mn}$  ..... ۵۰

۴. ۵. ۲. معادله مشخصه و کرنش‌های اصلی ..... ۵۰

۴. ۵. ۳. تغییرناپذیرها و روابط آنها ..... ۵۰

۴. ۵. ۴. تجزیه تانسور کرنش ..... ۵۱

۴. ۵. ۵. کرنش‌های هشت‌وجهی (اکتاهدرال) ..... ۵۱

#### فصل ۵. معادلات مکانیک محیط‌های پیوسته ..... ۵۳

۵. ۱. معادلات مکانیک محیط‌های پیوسته ..... ۵۳

۵. ۱. ۱. حرکت ..... ۵۳

۵. ۱. ۲. سازگاری ..... ۵۳

۵. ۱. ۳. تعداد متغیرها و معادله‌ها ..... ۵۴

|    |                                               |
|----|-----------------------------------------------|
| ۵۴ | ۵. ۱. ۴. معادلات ساختاری                      |
| ۵۵ | ۵. ۱. ۵. شرایط اولیه و مرزی                   |
| ۵۶ | ۵. ۱. ۶. ساده‌سازی‌های دینامیکی               |
| ۵۶ | ۵. ۲. مثالی از فرمول‌بندی یک مسئله مقدار مرزی |
| ۵۷ | ۵. ۲. ۱. تعادل                                |
| ۵۷ | ۵. ۲. ۲. سازگاری                              |
| ۵۸ | ۵. ۲. ۳. تعداد مجهولات و معادلات              |
| ۵۸ | ۵. ۲. ۴. معادلات ساختاری                      |
| ۵۸ | ۵. ۲. ۵. شرایط اولیه و مرزی                   |
| ۵۹ | ۵. ۲. ۶. حل مسئله                             |
| ۶۳ | فصل ۶. اجزاء محدود                            |
| ۶۳ | ۶. ۱. مقدمه                                   |
| ۶۴ | ۶. ۲. حل مسائل اجزاء محدود در حالت یک‌بعدی    |
| ۶۵ | ۶. ۲. ۱. گسسته‌سازی                           |
| ۶۵ | ۶. ۲. ۲. توابع شکل                            |
| ۶۶ | ۶. ۲. ۳. معادلات سازگاری                      |
| ۶۷ | ۶. ۲. ۴. روابط ساختاری                        |
| ۶۷ | ۶. ۲. ۵. تعادل یک المان                       |
| ۷۰ | ۶. ۲. ۶. تعادل گره‌ها                         |
| ۷۱ | ۶. ۲. ۷. شرایط مرزی                           |
| ۷۲ | ۶. ۲. ۸. جواب                                 |
| ۷۲ | ۶. ۳. حل مثال اجزای محدود در حالت دینامیکی    |
| ۷۲ | ۶. ۳. ۱. گسسته‌سازی                           |
| ۷۳ | ۶. ۳. ۲. توابع شکل                            |
| ۷۴ | ۶. ۳. ۳. معادلات سازگاری                      |
| ۷۶ | ۶. ۳. ۴. روابط ساختاری                        |
| ۷۶ | ۶. ۳. ۵. تعادل المان                          |
| ۸۰ | ۶. ۳. ۶. تعادل گره‌ها                         |
| ۸۱ | ۶. ۳. ۷. شرایط مرزی                           |
| ۸۲ | ۶. ۳. ۸. جواب                                 |
| ۸۵ | فصل ۷. تفاضل محدود                            |
| ۸۵ | ۷. ۱. مقدمه                                   |

- ۲.۷. حل مثال تفاضل محدود یک‌بُعدی با استفاده از معادلات محلی ..... ۸۷
- ۳.۷. حل مثال تفاضل محدود یک‌بُعدی با استفاده از تعادل المان ..... ۹۰
- ۱.۳.۷. گسسته‌سازی و شرایط اولیه ..... ۹۰
- ۲.۳.۷. معادلات سازگاری ..... ۹۰
- ۳.۳.۷. روابط ساختاری نموی ..... ۹۰
- ۴.۳.۷. تعادل المان ..... ۹۱
- ۵.۳.۷. تعادل گره‌ها ..... ۹۲
- ۶.۳.۷. شرایط مرزی ..... ۹۲
- ۳.۷. معادلات تفاضل محدود حرکت ..... ۹۳
- ۳.۷. جواب ..... ۹۴
- ۴.۷. حل مثال تفاضل محدود دو‌بُعدی ..... ۹۵
- ۱.۴.۷. گسسته‌سازی و روابط اولیه ..... ۹۵
- ۲.۴.۷. معادلات سازگاری ..... ۹۶
- ۳.۴.۷. روابط ساختاری نموی ..... ۹۸
- ۴.۴.۷. تعادل المان ..... ۹۸
- ۵.۴.۷. تعادل گره‌ها ..... ۱۰۰
- ۶.۴.۷. شرایط مرزی ..... ۱۰۱
- ۷.۴.۷. معادلات تفاضل محدود حرکت ..... ۱۰۲
- ۸.۴.۷. جواب ..... ۱۰۳
- فصل ۸. معادلات ترمودینامیک محیط پیوسته** ..... ۱۰۵
- ۱.۸. قوانین ترمودینامیک ..... ۱۰۶
- ۱.۱.۸. قانون اول ترمودینامیک ..... ۱۰۶
- ۲.۱.۸. قانون دوم ترمودینامیک ..... ۱۰۶
- ۳.۱.۸. برگشت‌پذیری و اتلاف ..... ۱۰۸
- ۲.۸. معادلات ترمودینامیک در محیط پیوسته ..... ۱۰۸
- ۱.۲.۸. کار مزدوج ..... ۱۰۹
- ۲.۲.۸. حالت ترمودینامیکی ..... ۱۰۹
- ۳.۲.۸. قانون اول ..... ۱۰۹
- ۴.۲.۸. قانون دوم ..... ۱۰۹
- ۳.۸. محدودیت‌های ترمودینامیکی در معادلات ساختاری ..... ۱۱۰
- ۱.۳.۸. استخراج ..... ۱۱۰
- ۲.۳.۸. توابع انرژی جایگزین ..... ۱۱۱

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۱۱۳ | فصل ۹. مدل سازی رفتار خاک.....                         |
| ۱۱۳ | ۱. ۹. مقدمه.....                                       |
| ۱۱۴ | ۲. ۹. فضای تنش کرنش سه محوری.....                      |
| ۱۱۵ | ۳. ۹. نمونه رفتار سه محوری خاک.....                    |
| ۱۱۷ | ۴. ۹. ساختار بخش دوم: مدل سازی رفتار برگشت پذیر.....   |
| ۱۱۸ | ۵. ۹. ساختار بخش سوم: مدل سازی رفتار برگشت ناپذیر..... |
| ۱۱۸ | ۶. ۹. پیوست ها.....                                    |

### بخش دوم: مدل سازی ساختاری رفتار خاک برگشت پذیر

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ۱۲۱ | فصل ۱۰. رفتار الاستیک همسانگرد.....            |
| ۱۲۱ | ۱. ۱۰. مقادیر.....                             |
| ۱۲۲ | ۲. ۱۰. تعریف ضریب الاستیک.....                 |
| ۱۲۳ | ۳. ۱۰. الاستیسیته خطی همسانگرد.....            |
| ۱۲۳ | ۱. ۳. ۱۰. همسانگویی.....                       |
| ۱۲۴ | ۲. ۳. ۱۰. خطی بودن.....                        |
| ۱۲۶ | ۳. ۳. ۱۰. غیر کوپل بودن.....                   |
| ۱۲۷ | ۴. ۳. ۱۰. ثابت های الاستیک.....                |
| ۱۲۹ | ۴. ۱۰. ترمومکانیک الاستیسیته خطی همسانگرد..... |
| ۱۲۹ | ۱. ۴. ۱۰. هابیرالاستیسیته.....                 |
| ۱۳۱ | ۲. ۴. ۱۰. همسانگردی و ترمومکانیک.....          |
| ۱۳۲ | ۳. ۴. ۱۰. خطی بودن و ترمومکانیک.....           |
| ۱۳۲ | ۴. ۴. ۱۰. غیر کوپل بودن و ترمومکانیک.....      |
| ۱۳۳ | ۵. ۴. ۱۰. محدودیت ثابت های الاستیک.....        |

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۱۳۵ | فصل ۱۱. ناهمسانگردی و کوپل شدگی.....                      |
| ۱۳۵ | ۱. ۱۱. مقدمه.....                                         |
| ۱۳۷ | ۲. ۱۱. رفتار الاستیک خطی ناهمسانگرد متقاطع.....           |
| ۱۳۷ | ۱. ۲. ۱۱. رفتار همسانگرد.....                             |
| ۱۳۹ | ۲. ۲. ۱۱. رفتار ناهمسانگرد متقاطع.....                    |
| ۱۴۰ | ۳. ۲. ۱۱. تبدیل مختصات.....                               |
| ۱۴۲ | ۳. ۱۱. کوپل شدگی و وابستگی سختی به مسیر تنش.....          |
| ۱۴۲ | ۱. ۳. ۱۱. رفتار ناهمسانگرد متقاطع در آزمایش سه محوری..... |
| ۱۴۳ | ۲. ۳. ۱۱. وابستگی سختی به مسیر تنش.....                   |

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۱۴۴ | ۱۱. ۳. ۳. کوپل شدگی                                  |
| ۱۴۴ | ۱۱. ۴. ۳. رابطه بین مدل های ناهمسانگردی و کوپل شدگی  |
| ۱۴۵ | ۱۱. ۴. ۴. ترمومکانیک ناهمسانگردی و کوپل شدگی         |
| ۱۴۵ | ۱۱. ۴. ۱. ناهمسانگردی و ترمومکانیک                   |
| ۱۴۷ | ۱۱. ۴. ۲. کوپل شدگی و ترمومکانیک                     |
| ۱۴۹ | <b>فصل ۱۲. وابستگی سختی به فشار</b>                  |
| ۱۴۹ | ۱۲. ۱. مقدمه                                         |
| ۱۵۰ | ۱۲. ۲. الاستیسیته با وابستگی سختی به فشار            |
| ۱۵۰ | ۱۲. ۲. ۱. هاپوالاستیسیته                             |
| ۱۵۱ | ۱۲. ۲. ۲. وابستگی سختی به فشار                       |
| ۱۵۲ | ۱۲. ۳. ۱. ترمومکانیک وابستگی سختی به فشار            |
| ۱۵۲ | ۱۲. ۳. ۱. ۱. هاپوالاستیسیته و ترمومکانیک             |
| ۱۵۳ | ۱۲. ۳. ۲. هاپوالاستیسیته و ترمومکانیک                |
| ۱۵۴ | ۱۲. ۳. ۳. کوپل شدگی تنش القایی                       |
| ۱۵۵ | ۱۲. ۴. ۱. مدل های سازگار با ترمومکانیک               |
| ۱۵۵ | ۱۲. ۴. ۱. ۱. مدل مدول برشی ثابت                      |
| ۱۵۵ | ۱۲. ۴. ۲. مدل خطی                                    |
| ۱۵۶ | ۱۲. ۴. ۳. مدل قانون توان                             |
| ۱۵۷ | ۱۲. ۴. ۴. فرمولاسیون تنش کلی                         |
| ۱۵۹ | <b>فصل ۱۳. کرنش کوچک غیر خطی</b>                     |
| ۱۵۹ | ۱۳. ۱. مقدمه                                         |
| ۱۶۰ | ۱۳. ۲. ۱. مدل های غیر خطی رفتار کرنش کوچک            |
| ۱۶۱ | ۱۳. ۲. ۱. ۱. رفتار پیش تسلیمی نرمال شده              |
| ۱۶۲ | ۱۳. ۲. ۲. تابع هذلولی                                |
| ۱۶۳ | ۱۳. ۲. ۳. تابع رامبرگ-اسگود                          |
| ۱۶۴ | ۱۳. ۲. ۴. تابع لگاریتمی                              |
| ۱۶۴ | ۱۳. ۳. ۱. مدل سازی رفتار کرنش کوچک برگشتناپذیر       |
| ۱۶۵ | ۱۳. ۳. ۱. ۱. قواعد ماسینگ                            |
| ۱۶۶ | ۱۳. ۳. ۲. مدل سازی رفتار کرنش کوچک سیکلیک و دینامیکی |
| ۱۶۷ | ۱۳. ۳. ۳. مقایسه بین مدل های غیر خطی                 |
| ۱۶۸ | ۱۳. ۳. ۴. چارچوب نظری مناسب                          |
| ۱۶۸ | ۱۳. ۴. ۱. ترمومکانیک کرنش کوچک غیر خطی               |

## پیشگفتار مترجمان

دانش بشر در زمینه مهندسی، شاهد تغییرات شگرفی در چند دهه اخیر بوده است. مکانیک محیط‌های پیوسته و روابط ساختاری در مدل‌سازی خاک‌ها، ابزار لازم و ضروری تحقیق در زمینه‌های گوناگون، از جمله مهندسی عمران و به‌خصوص مهندسی ژئوتکنیک است. به‌رغم کلاسیک بودن بسیاری از مباحث مکانیک محیط‌های پیوسته در رشته مهندسی عمران، بسیاری از جنبه‌های نوین مهندسی و کاربردی تئوری‌های مختلف در مدل‌سازی رفتاری خاک‌ها، بسیار پیچیده و دشوار است و به توصیف ساده و قابل‌فهمی نیاز دارد. در ترجمه این کتاب، چنین رویکردی مدنظر قرار گرفته و سعی شده است ضمن وفاداری به اصل متن، از هرگونه دخل و تصرف نابه‌جا پرهیز شود.

این کتاب، به‌طور کلی، از سه بخش اصلی تشکیل شده است: در بخش اول، مکانیک محیط‌های پیوسته معرفی می‌شود. بخش دوم به مدل‌سازی رفتار خاک برگشت‌پذیر و بخش سوم به مدل‌سازی رفتار خاک برگشت‌ناپذیر می‌پردازد. در این کتاب، ترکیب بسیار مناسبی از مطالب کلاسیک و جدید، در تئوری مکانیک سیال‌های پیوسته و نحوه مدل‌سازی رفتار خاک‌ها که برای انجام تحلیل در نرم‌افزارهای مختلف، اجزا، حدود و تفاضل محدود لازم است، به‌صورت کاربردی ارائه شده است. این کتاب می‌تواند مرجعی مناسب باشد و مباحث درسی موردنیاز را در سطوح مختلف دانشگاهی و تحصیلات تکمیلی عرضه کند. ارائه ساده این مطالب با بهره‌گیری از مثال‌های متنوع، به انتقال مفاهیم به خوانندگان کمک بسیاری خواهد کرد. امید است این ترجمه، به فهم آسان مباحث پیچیده در ژئومکانیک، تسهیل دسترسی و رفع نیازهای دانشجویان، محققان و مهندسان فعال در این رشته یاری رساند.

در پایان، لازم است از همکاری همه عزیزانی که ما را در ترجمه این کتاب یاری رسانده‌اند، سپاسگزارى کنیم. همچنین از زحمات همکاران واحد نشر و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی تشکر می‌کنیم.

محمودرضا شیراوند

علی نورزاد

بهار ۱۳۹۹