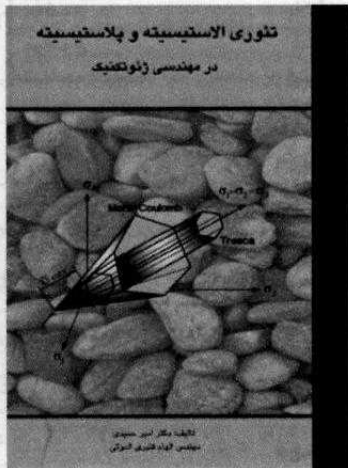


۱۴۸۱۵۲۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته در مهندسی ژئوتکنیک

تألیف

دکتر امیر حمیدی

(عضو هیات علمی دانشگاه خوارزمی)

مهندس الهام قنبری الموتی

(کارشناس ارشد مهندسی ژئوتکنیک)



|                     |   |                                                          |
|---------------------|---|----------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | : | حمیدی، امیر، ۱۳۵۳                                        |
| عنوان و نام پدیدآور | : | تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته در مهندسی ژئوتکنیک / تألیف |
| مشخصات نشر          | : | امیر حمیدی، الهام قنبری                                  |
| مشخصات ظاهری        | : | تهران: سیمای دانش ۱۳۹۴                                   |
| شابک                | : | ۲۹۲ ص                                                    |
| فهرست نویسی         | : | ۷-۲۵۳-۱۲۰-۶۰۰-۹۷۸                                        |
| موضوع               | : | فیفا                                                     |
| موضوع               | : | ارتجاع (فیزیک)                                           |
| موضوع               | : | پلاستیسیته                                               |
| موضوع               | : | خاک - مکانیک                                             |
| شناسه انجمن         | : | قنبری، الهام، ۱۳۶۵                                       |
| رده بندی کنگره      | : | ۹۱۳۹۴ ت ۸ ح ۱ / ۹۳۱ QA                                   |
| رده بندی دیویی      | : | ۵۳۱/۳۸۲                                                  |
| کتابشناسی ملی       | : | ۴۰۹۵۰۵۶                                                  |

## تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته در مهندسی ژئوتکنیک

|             |                          |
|-------------|--------------------------|
| تألیف:      | دکتر امیر حمیدی          |
| ناشر:       | مهندس الهام قنبری الموتی |
| ناشر همکار: | انتشارات سیمای دانش      |
| نوبت چاپ:   | انتشارات آذر             |
| تیراژ:      | اول/ ۱۳۹۴                |
| لیتوگرافی:  | ۱۱۰۰ نسخه                |
| چاپخانه:    | باختر                    |
| صحافی:      | مهراد - ۱۱۷۲۰ ۶۶۴        |
| شابک:       | مهراد                    |
| قیمت:       | ۷-۲۵۳-۱۲۰-۶۰۰-۹۷۸        |
|             | ۲۰۰۰۰ تومان              |

کلیه حقوق این اثر برای انتشارات سیمای دانش محفوظ است.

انتشارات سیمای دانش: خیابان انقلاب - ابتدای خیابان ۱۲ فروردین  
 پلاک ۳۱۸ - تلفن: ۶۶۴۶۴۷۷۹  
 فروشگاه سیمای دانش: ۶۶۴۶۰۵۴۵  
 انتشارات آذر: ۶۶۴۶۵۸۳۰  
 کتابفروشی عصر دانش: ۱ / ۶۶۴۹۳۷۰  
 کتابفروشی پرهمام: ۶۶۴۶۸۲۳۵

## پیشگفتار

امروزه مدلسازی عددی به کمک نرم افزارهای مختلف، نقش بسزایی در تحلیل و طراحی سازه‌های ژئوتکنیکی دارد. به منظور دستیابی به یک طرح مهندسی و کارآمد، به داده‌های معتبری که شامل تنش‌ها و کرنش‌ها می‌باشند نیازمندیم و لازمه این امر پیش بینی دقیق رفتار خاک و اثر متقابل آن بر سازه می‌باشد. در سالهای اخیر مدل‌های رفتاری برای پیش بینی رفتار خاک در شرایط گوناگون توسعه بسیاری یافته‌اند. از جمله این شرایط میتوان به بارگذاری استاتیکی و دینامیکی که منجر به ایجاد تغییرشکلهای الاستیک و پلاستیک در خاک می‌شود، وضعیتهای متفاوت ساختاری خاک مانند سیمانتهای یون، رفتار غیر ایزوتروپ و تغییرات رفتاری با افزایش یا کاهش دما اشاره نمود. مدل رفتاری مناسب نیز با توجه به شرایط مختلفی که برای خاک وجود دارد، متغیر می‌باشند.

از آنجایی که معادلات ریاضی یک مدل رفتاری که در مدلسازی عددی وارد می‌شود عموماً بر اساس تانسور است، تنش و کرنش تعریف می‌شوند تا معرف شرایط رفتاری یک المان از ماده باشد، دانستن مفاهیم مربوط به تانسورها و عملیات ریاضی مربوط به آن اهمیت فراوانی می‌یابد. در این کتاب ابتدا به تعریف مفاهیم مذکور پرداخته می‌شود. سپس مبانی الاستیسیته و مهمترین مدلهای رفتاری الاستیک معرفی خواهند شد. در بحث الاستیسیته مدل‌های رفتاری در خصوص فلزات و پس از آن خاکها توصیف می‌گردند. از این جمله می‌توان به مدلهای موهر-کولمب و دراگر-پراگر که امروزه در تمامی نرم افزارهای ژئوتکنیکی کاربرد دارند را ذکر نمود. همچنین مدل‌های پلاستیسیته بر مبنای تئوری حالت بحرانی در خاک و رفتار سخت شونده آن، مدل‌های کلاسیک و مدل‌های کلاسیک نیز به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند.

علاوه بر موارد ذکر شده، در دهه های اخیر مدلسازی های ژئوتکنیکی در موارد خاص تر مورد پژوهش واقع شده است. از جمله این موارد می‌توان به مدلسازی رفتار خاک های مخلوط، خاک های غیر اشباع، خاکهای سیمانته و مدلسازی رفتار ترمومکانیکی اشاره نمود. در این کتاب نحوه مدلسازی این فرایندها نیز مورد بررسی قرار گرفته و تاثیرات آنها بر پارامتر های مختلف مکانیکی خاک ارزیابی می‌گردد.

کتاب حاضر به دلیل شمول مباحث تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته و مدلهای رفتاری گوناگون مورد استفاده در مسائل مهندسی ژئوتکنیک، برای دانشجویان مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری این رشته قابل استفاده و کاربرد می‌باشد. همچنین مهندسان طراح نیز می‌توانند در خصوص استفاده از مدلهای رفتاری مناسب در طرح و آنالیز عددی سازه های ژئوتکنیکی، از مدل های معرفی شده استفاده

نمایند. در جهت بهبود کیفیت مطالب و ارتقای هر چه بیشتر آن، استفاده از نظرات اساتید محترم دانشگاه و همکاران گرامی باعث کمال افتخار خواهد بود و دوستان می‌توانند هرگونه پیشنهاد خود را به ایمیل (hamidi@khu.ac.ir) ارسال نمایند.

در پایان لازم است از عزیزانی که در جمع بندی و تهیه بخشهای مختلفی از کتاب همکار نموده اند و مجالی برای نام بردن از ایشان نیست قدردانی گردد. در این ارتباط، بویژه از آقایان مهندس تورچی و مهندس خزاعی، کمال تشکر و قدردانی را داریم. امید است این کتاب گامی موثر در استفاده هر چه صحیح تر از مفاهیم تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته در مسائل مهندسی ژئوتکنیک باشد.

امیر حمیدی

الهام قنبری

پاییز ۹۴

www.ketab.ir

|    |                                                        |
|----|--------------------------------------------------------|
| ۱۵ | ۱- فصل یک: کلیات مدلسازی رفتار خاکها.....              |
| ۱۵ | ۱-۱- مقدمه.....                                        |
| ۱۷ | ۲-۱- تعیین قوانین رفتاری مواد.....                     |
| ۱۹ | ۳-۱- قوانین رفتاری، نیاز کلیدی تحلیلهای تنش- کرنش..... |
| ۲۱ | ۲- فصل دوم: مبانی حساب تانسورها.....                   |
| ۲۱ | ۱-۲- مقدمه.....                                        |
| ۲۱ | ۲-۲- اندیس ها.....                                     |
| ۲۲ | ۱-۲-۲- اندیس موثر.....                                 |
| ۲۲ | ۲-۲-۲- اندیس :اد.....                                  |
| ۲۳ | ۳-۲- دلتای کرونگر.....                                 |
| ۲۴ | ۴-۲- نشان جابجایی.....                                 |
| ۲۵ | ۵-۲- عملیاتی با استناد از نماد اندیس ها.....           |
| ۲۵ | ۱-۵-۲- جابجایی.....                                    |
| ۲۶ | ۲-۵-۲- ضرب.....                                        |
| ۲۶ | ۳-۵-۲- فاکتورگیری.....                                 |
| ۲۶ | ۴-۵-۲- انقباض.....                                     |
| ۲۷ | ۶-۲- تانسورها.....                                     |
| ۲۷ | ۱-۶-۲- مولفه های تانسور.....                           |
| ۲۸ | ۲-۶-۲- جمع تانسورها.....                               |
| ۲۹ | ۳-۶-۲- حاصلضرب دایادیک، تانسوری یا باز.....            |

|         |                                                           |
|---------|-----------------------------------------------------------|
| ۳۰..... | ۲-۶-۴- حاصلضرب دو تانسور.....                             |
| ۳۱..... | ۲-۶-۵- حاصلضرب اسکالر تانسورها.....                       |
| ۳۱..... | ۲-۶-۶- ترانسپوز یک تانسور.....                            |
| ۳۲..... | ۲-۶-۷- تانسور متعامد.....                                 |
| ۳۲..... | ۲-۶-۸- مولفه های تانسور در دستگاه مختصات تبدیل یافته..... |
| ۳۳..... | ۲-۶-۹- تانسورهای متقارن و پادمقارن.....                   |
| ۳۴..... | ۲-۶-۱۰- رده کان.....                                      |
| ۳۴..... | ۲-۷- مقدریر ویژه و بردارهای ویژه.....                     |
| ۳۶..... | ۲-۸- نامتغیرهای یک تانسور.....                            |
| ۳۸..... | ۲-۹- عملیات ریاضی بر روی تانسورها.....                    |
| ۴۱..... | ۳- فصل سوم: تغییرشکل ها و تانسور کرنش.....                |
| ۴۱..... | ۳-۱- مقدمه.....                                           |
| ۴۱..... | ۳-۲- تعاریف مختلف کرنش.....                               |
| ۴۱..... | ۳-۲-۱- تعریف کرنش کوشی.....                               |
| ۴۲..... | ۳-۲-۲- تعریف کرنش گرین.....                               |
| ۴۲..... | ۳-۲-۳- تعریف کرنش آلمانسی.....                            |
| ۴۲..... | ۳-۳- تانسور کرنش.....                                     |
| ۴۳..... | ۳-۴- تانسور دوران.....                                    |
| ۴۴..... | ۳-۵- نامتغیرهای تانسور کرنش.....                          |
| ۴۶..... | ۳-۶- تجزیه تانسور کرنشی.....                              |
| ۴۷..... | ۳-۶-۱- نامتغیرهای تانسور کرنش انحرافی.....                |

|    |                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------|
| ۴۷ | ۳-۱-۱-نامتغیر اول تانسور کرنش انحرافی.....                   |
| ۴۷ | ۳-۱-۲-نامتغیر دوم تانسور کرنش انحرافی.....                   |
| ۴۹ | ۳-۱-۳-نامتغیر سوم تانسور کرنش انحرافی.....                   |
| ۵۰ | ۳-۷-کرنش های اصلی.....                                       |
| ۵۵ | ۳-۸-تانسور کرنش برای برخی از حالات خاص تغییر شکل.....        |
| ۵۹ | ۴-فصل چهارم: نیروها و تانسور تنش.....                        |
| ۵۹ | ۴-۱-مقدمه.....                                               |
| ۶۰ | ۴-۲-تانسورهای تانسور تنش.....                                |
| ۶۱ | ۴-۳-تجهیز تانسور تنش.....                                    |
| ۶۲ | ۴-۴-نامتغیرهای تانسور تنش انحرافی.....                       |
| ۶۴ | ۴-۵-تصویر تنش بر یک سطح.....                                 |
| ۶۶ | ۴-۶-مولفه های برشی و نرمال بر یک صفحه.....                   |
| ۶۷ | ۴-۷-تنش های اصلی.....                                        |
| ۷۳ | ۴-۹-شرایط خاص اعمال تنش.....                                 |
| ۷۷ | ۵-فصل پنجم: رفتار مکانیکی خاک ها و مبانی مدل سازی رفتار..... |
| ۷۷ | ۵-۱-مقدمه.....                                               |
| ۷۷ | ۵-۲-رفتار غیر خطی.....                                       |
| ۷۹ | ۵-۳-شکل کلی قوانین رفتاری.....                               |
| ۷۹ | ۵-۴-مشخص نمودن پارامترهای رفتاری.....                        |
| ۸۱ | ۵-۵-مسیر تنش.....                                            |
| ۸۷ | ۶-فصل ششم: مبانی الاستیسیته.....                             |

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۸۷  | ۱-۶ - مقدمه                                  |
| ۸۷  | ۲-۶ - تئوری انتشار امواج در محیط الاستیک     |
| ۸۸  | ۱-۲-۶ - روابط تنش-نیرو                       |
| ۸۹  | ۲-۲-۶ - روابط کرنش-تغییر شکل                 |
| ۹۰  | ۳-۲-۶ - روابط تنش-کرنش                       |
| ۹۳  | ۴-۲-۶ - امواج طولی                           |
| ۹۴  | ۵-۲-۶ - رج و چشی                             |
| ۹۵  | ۶-۲-۶ - سرعت ذرات در ناحیه تحت تنش           |
| ۹۶  | ۷-۲-۶ - انعکاس امواج الاستیک در انتهای میله  |
| ۹۹  | ۸-۲-۶ - ارتعاش طولی میله های کوتاه           |
| ۹۹  | ۱-۸-۲-۶ - میله دو سر آزاد                    |
| ۱۰۰ | ۲-۸-۲-۶ - میله دو سر گیردار                  |
| ۱۰۲ | ۳-۸-۲-۶ - شرایط مرزی یک سر گیردار-یک سر آزاد |
| ۱۰۳ | ۹-۲-۶ - معادله موج در فضای سه بعدی           |
| ۱۰۶ | ۳-۶ - مدل های الاستیک مرتبه اول و دوم        |
| ۱۰۸ | ۲-۳-۶ - مدل الاستیک کوچی                     |
| ۱۰۹ | ۳-۳-۶ - مدل های کوچی مرتبه اول               |
| ۱۰۹ | ۴-۳-۶ - محاسبه ثوابت $\alpha_1$ و $\alpha_2$ |
| ۱۰۹ | ۱-۴-۳-۶ - شرایط برش خالص                     |
| ۱۱۰ | ۲-۴-۳-۶ - شرایط تنش هیدرواستاتیک             |
| ۱۱۳ | ۳-۴-۳-۶ - حالت کرنش صفحه ای                  |

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| ۱۱۴ | ۶-۳-۴-۴-حالت تنش صفحه ای                          |
| ۱۱۵ | ۶-۳-۴-۵-حالت تنش تک محوری                         |
| ۱۱۶ | ۶-۳-۴-۶-حالت کرنش تک محوری                        |
| ۱۱۷ | ۶-۳-۵-مدل های الاستیک گرین                        |
| ۱۱۹ | ۶-۳-۶-مدل های الاستیک گرین مرتبه اول              |
| ۱۲۱ | ۶-۳-۷-مدل های الاستیک کوشی مرتبه دوم              |
| ۱۲۲ | ۳-۱-۷-آزمایش کرنش تک محوری                        |
| ۱۲۳ | ۶-۳-۷-۲-آزمایش برش ساده                           |
| ۱۲۴ | ۶-۳-۷-۳-بین امتزهای مدل در شرایط برش خالص         |
| ۱۲۴ | ۶-۳-۸-مدل های الاستیک گرین مرتبه دوم              |
| ۱۲۵ | ۶-۳-۸-۱-شرایط کرنش تک محوری                       |
| ۱۲۶ | ۶-۳-۸-۲-شرایط برش ساده                            |
| ۱۲۹ | ۷- فصل هفتم: مبانی پلاستیسیته                     |
| ۱۲۹ | ۷-۱- مقدمه                                        |
| ۱۳۰ | ۷-۲- مرور تاریخچه پیدایش و توسعه تئوری پلاستیسیته |
| ۱۳۱ | ۷-۳- معیار تسلیم                                  |
| ۱۳۱ | ۷-۴- فضای تنش های- وسترگارد                       |
| ۱۳۳ | ۷-۵- معیارهای تسلیم در پلاستیسیته فلزات           |
| ۱۳۳ | ۷-۵-۱- معیار تسلیم ون میزس                        |
| ۱۳۵ | ۷-۵-۲- معیار ترسکا                                |
| ۱۳۷ | ۷-۶- رفتار پس از تسلیم                            |

|       |                                                            |     |
|-------|------------------------------------------------------------|-----|
| ۷-۷   | تاثیر مسیر تنش                                             | ۱۳۸ |
| ۷-۸   | تعیین کرنشهای پلاستیک                                      | ۱۴۰ |
| ۷-۸-۱ | رابطه تنش-کرنش لوی-میزس                                    | ۱۴۰ |
| ۷-۸-۲ | رابطه تنش-کرنش پرندتل-ریوس                                 | ۱۴۱ |
| ۷-۸-۳ | تعیین کرنشهای پلاستیک حجمی                                 | ۱۴۲ |
| ۷-۸-۴ | کرنش حجمی و سخت شوندگی پلاستیک                             | ۱۴۵ |
| ۷-۸-۵ | کشش رشی پلاستیک                                            | ۱۵۱ |
| ۷-۸-۶ | تابع پتانسیل پلاستیک                                       | ۱۵۲ |
| ۷-۸-۷ | تعامل و برهمکنش                                            | ۱۵۲ |
| ۷-۹   | رفتار پتانسیل پلاستیک                                      | ۱۵۵ |
| ۷-۱۰  | کار پلاستیک                                                | ۱۵۷ |
| ۷-۱۱  | سخت شوندگی پلاستیک                                         | ۱۵۷ |
| ۷-۱۲  | ارتباط تنش-کرنش در پلاستیسیته عمومی                        | ۱۵۸ |
| ۷-۱۳  | شکل سطح تسلیم                                              | ۱۵۹ |
| ۸     | فصل هشتم: کاربرد پلاستیسیته در مدلسازی رفتار مکانیک خاک ها | ۱۶۱ |
| ۸-۱   | مقدمه                                                      | ۱۶۱ |
| ۸-۲   | معیار گسیختگی موهر-کولمب                                   | ۱۶۲ |
| ۸-۳   | تعیین پارامترهای معیار                                     | ۱۶۴ |
| ۸-۴   | مدل دراگر-پراگر                                            | ۱۶۴ |
| ۸-۵   | تعیین پارامترها                                            | ۱۶۴ |
| ۸-۶   | محدودیت‌های مدل دراگر-پراگر                                | ۱۶۵ |

- ۱۶۶..... ۷-۸- بروز رفتار سخت شونده در خاک
- ۱۷۰..... ۸-۸- ارتباط تنش- کرنش در معیار دراگر-پراگر
- ۱۷۳..... ۹-۸- مبانی حالت بحرانی در خاک ها
- ۱۷۷..... ۱۰-۸- مدل الاستوپلاستیک کم کلی
- ۱۷۷..... ۱۰-۸-۱- مدل کم کلی
- ۱۸۱..... ۱۰-۸-۲- محاسبات مدل کم کلی: سه محوری زهکشی شده فشاری معمولی
- ۱۸۸..... ۱-۸-۳- محاسبات مدل کم کلی: سه محوری زهکشی نشده فشاری معمولی
- ۱۹۴..... ۱۱-۸- نکات کلی در خصوص مدل کم کلی
- ۱۹۴..... ۱۱-۸-۱- ادا سطح تسلیم
- ۱۹۷..... ۱۱-۸-۲- مدل کم کلی با نسبت فواصل
- ۱۹۹..... ۱۱-۸-۳- تعیین معادله رفتاری مدل کم کلی
- ۲۰۰..... ۱۲-۸- مدل پلاستیسیته عمومی ناست و مکاران (۱۹۹۰)
- ۲۰۰..... ۱۲-۸-۱- مدلسازی رفتار خاکهای رسی
- ۲۰۱..... ۱۲-۸-۲- مدلسازی رفتار خاکهای ماسه ای
- ۲۰۲..... ۱۳-۸- مدل های دارای کلاhek
- ۲۰۳..... ۱۳-۸-۱- سطح تسلیم ثابت
- ۲۰۳..... ۱۳-۸-۲- سطح تسلیم پیش رونده یا کلاhek
- ۲۱۳..... ۹- فصل نهم: روابط مقاومت-تساع در خاکها
- ۲۱۳..... ۹-۱- مقدمه
- ۲۱۳..... ۹-۲- تابع پتانسیل پلاستیک، قانون جریان و ارتباط تنش-تساع
- ۲۱۶..... ۹-۲-۱- ارتباط تنش-تساع در شرایط کرنش سطح

|          |                                                              |
|----------|--------------------------------------------------------------|
| ۲۲۳..... | ۲-۲-۹-معادلات انرژی در مدل کم کلی اولیه و اصلاح شده          |
| ۲۲۶..... | ۳-۲-۹-مدل تنش-اتساع راو                                      |
| ۲۲۹..... | ۳-۹-روابط تنش-اتساع در خاکهای مخلوط درشت دانه                |
| ۲۳۴..... | ۱-۳-۹-تأثیر تراکم نسبی                                       |
| ۲۳۵..... | ۲-۳-۹-تأثیر درصد شن دانه                                     |
| ۲۳۷..... | ۳-۳-۹-دانه بندی خاک                                          |
| ۲۳۹..... | ۳-۹-۴-تأثیر سه ماتاسیون بر اتساع خاکهای مخلوط                |
| ۲۴۵..... | ۱-۱۰-فصل دهم: مبانی مدلسازی پیشرفته رفتار مکانیکی خاکها      |
| ۲۴۵..... | ۱-۱۰-۱-مقدمه                                                 |
| ۲۴۵..... | ۱-۱۰-۲-مدلسازی رفتار مکانیکی خاکهای سیمانه                   |
| ۲۴۹..... | ۱-۱۰-۱-مرور رفتار خاکهای سیمانه در بارچوب مفاهیم حالت بحرانی |
| ۲۵۳..... | ۱-۱۰-۲-ارائه و توسعه یک مدل رفتاری برای خاکهای سیمانه        |
| ۲۶۱..... | ۱-۱۰-۳-فشار آب حفره ای                                       |
| ۲۶۴..... | ۱-۱۰-۴-کرنشهای حجمی                                          |
| ۲۶۵..... | ۱-۱۰-۳-مدلسازی رفتار ترمودینامیکی خاکهای رسی                 |
| ۲۶۶..... | ۱-۱۰-۳-۱-تأثیر دما بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک رس        |
| ۲۶۶..... | ۱-۱۰-۳-۱-۱-تأثیر دما بر وزن مخصوص                            |
| ۲۶۶..... | ۱-۱۰-۳-۲-حدود اثر برگ                                        |
| ۲۶۶..... | ۱-۱۰-۳-۳-نفوذ پذیری                                          |
| ۲۶۷..... | ۱-۱۰-۳-۴-مقاومت برشی خاک                                     |
| ۲۶۷..... | ۱-۱۰-۳-۵-تغییر حجم در شرایط زهکشی شده                        |

- ۱۰-۳-۱-۶- فشار آب حفره ای در شرایط زهکشی نشده..... ۲۶۷
- ۱۰-۳-۲- مدل سازی رفتار ترمومکانیکی رس اشباع..... ۲۶۸
- ۱۰-۳-۲-۱- فرضیات مدل سازی رفتاری ..... ۲۶۸
- ۱۰-۳-۲-۲- تعیین کرنش های حجمی ..... ۲۷۱
- ۱۰-۳-۲-۳- تعیین کرنش های برشی ..... ۲۷۴
- ۱۰-۳-۲-۴- قانون جریان ..... ۲۷۴
- ۱۰-۲-۵- سطح تسلیم ..... ۲۷۶
- ۱۰-۳-۳- رفتار ترمومکانیکی خاکهای غیر اشباع ..... ۲۸۳
- ۱۰-۳-۳-۱- مدل سازی رفتار ترمومکانیکی حالت غیر اشباع ..... ۲۸۳
- ۱۰-۳-۳-۲- اصلاح نسبت تنش های عمودی برای مکش ..... ۲۸۴
- ۱۰-۳-۳-۳- اصلاح تابع تسلیم برای مکش ..... ۲۸۵