

# گرانیت‌ها

پتروالژی، محیط تکتونیکی، طبقه‌بندی

ترجمه و تالیف :

عبدالناصر فضل‌نیا

امین جعفری

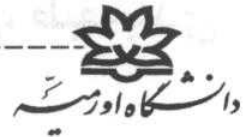
فضل نیا، عبدالناصر.

گرانیت ها ، پترولوژی ، محیط تکنولوژی ، طبقه بندی / ترجمه و تالیف  
عبدالناصر فضل نیا و امین جعفری .-، ارومیه : دانشگاه ارومیه ، ۱۳۹۵  
۴۰۰ ص. : مصور .- (انتشارات دانشگاه ارومیه: ۱۵۸ )

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۴۸-۴۹-۱

۱- گرانیت ها - میانبارها. الف. جعفری ، امین ، مترجم نویسنده  
همکار ب. جوان. ج. فروست.

شماره ملی: ۳۱۲۲۱ - ۱۳۹۵ ، ۴۶۲، / ۴۶۲، QE



عنوان: گرانیت ها ، پترولوژی ، محیط تکنولوژی ، طبقه بندی  
ترجمه و تالیف : عبدالناصر فضل نیا و امین جعفری

ناشر: دانشگاه ارومیه

سال نشر: ۱۳۹۵

سری انتشارات: ۱۵۸

شمارگان: ۱۰۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۴۸-۴۹-۱

قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

## پیشگفتار

هدف از تدوین این کتاب، تهیه کردن یک مجموعه درسی تقریباً کاملی از یافته‌های سنگ‌شناسی در مورد گرانیتهای برای دانشجویان دوره کارشناسی زمین‌شناسی و معدن و کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، گرایش‌های پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی است. این اثر می‌تواند برای دانشجویان دوره دکتری پترولوژی که بر روی گرانیتهای تحقیق می‌نمایند نیز مفید باشد.

این اثر سعی دارد تا بر اساس یافته‌های محققین مختلف پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی به تقسیم‌بندی‌های - سوم، پتروگرافی، ژئوشیمی، پتروژنز و مکان‌های جغرافیایی رخداد انواع گرانیتهای بپردازد. علاوه بر این مجموعه به عواملی می‌پردازد که باعث شکل‌گیری یک توده آذرینی بزرگ گرانیتهی با ترکیب سنگ‌شناختی متنوع منجر شده است. در تمامی بخش‌های این کتاب با استدلال‌های قوی مسائل مختلف تکامل مجموعه‌های گرانیتهی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا خوانندگان مختلف اشاره متفاوت تشکیل این دسته از سنگ‌ها آشنا شوند.

بدیهی است که این مجموعه خالی از غص نخواهد بود و به همین علت از خوانندگان محترم تقاضا می‌شود تا کاستی‌های موجود را به نویسندگان اطلاع دهند تا در چاپ‌های بعدی اثری مفیدتر ارایه گردد.

عبدالناصر فضل‌نیا

امین جعفری

آبان ۱۳۹۵

## فهرست مطالب

### فصل اول: مفاهیم کلی

|    |                                                             |
|----|-------------------------------------------------------------|
| ۲  | ۱-۱- هدف از طبقه‌بندی گرانیتوئیدها و اهمیت شناخت آنها ..... |
| ۳  | ۱-۲- نگاهی بر گذشته سنگ‌های گرانیتوئیدی .....               |
| ۸  | ۱-۳- تعریف و شناخت سنگ‌های گرانیتوئیدی .....                |
| ۱۲ | ۱-۴- ترکیب معدال گرانیتوئیدها .....                         |
| ۱۴ | ۱-۵- رخنه‌های کلی گرانیتوئیدها .....                        |
| ۱۷ | ۱-۶- کانی‌شناسی گرانیتوئیدها .....                          |
| ۱۸ | ۱-۷- ترکیب اوتوپ گرانیتوئیدها .....                         |

### فصل دوم: منشاء و دای گرانیتوئیدی

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| ۲۳ | ۲-۱- مقدمه .....                                         |
| ۲۳ | ۲-۲- گرانیتی شدن .....                                   |
| ۲۴ | ۲-۳- تبلور جزء به جزء ماگمای بازالتی .....               |
| ۲۷ | ۲-۴- دورگه‌ای شدن .....                                  |
| ۲۹ | ۲-۵- آناتکسی .....                                       |
| ۳۳ | ۲-۶- خلاصه‌ای از پتروژنز انواع سنگ‌های گرانیتوئیدی ..... |

### فصل سوم: تقسیم‌بندی الفبایی گرانیتوئیدها

|    |                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------|
| ۳۶ | ۳-۱- مقدمه .....                                                  |
| ۳۷ | ۳-۲- گرانیتوئیدهای نوع I و M .....                                |
| ۳۸ | ۳-۲-۱- مشخصات و ویژگی‌های گرانیتوئیدهای نوع M .....               |
| ۴۳ | ۳-۲-۲- ویژگی‌های ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای نوع I .....             |
| ۴۳ | ۳-۲-۳- ویژگی‌های سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی گرانیتوئیدهای نوع I ..... |
| ۴۴ | ۳-۲-۴- محل رخداد و پتروژنز گرانیتوئیدهای نوع I .....              |
| ۴۷ | ۳-۲-۵- تقسیم‌بندی گرانیتوئیدهای نوع I .....                       |
| ۴۷ | ۳-۲-۵-۱- گرانیتوئیدهای نوع I دما بالا .....                       |

|    |                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------|
| ۴۹ | ..... گرانیتوئیدهای نوع I دما پایین                             |
| ۵۰ | ..... تفاوت‌های پتروگرافی گرانیتوئیدهای دما بالا و دما پایین    |
| ۵۱ | ..... گرانیتوئیدهای نوع S                                       |
| ۵۲ | ..... ویژگی‌های ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای نوع S                  |
| ۵۴ | ..... ویژگی‌های سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی گرانیتوئیدهای نوع S      |
| ۵۵ | ..... محل رخداد و پتروژنز گرانیتوئیدهای نوع S                   |
| ۵۶ | ..... تقسیم‌بندی گرانیتوئیدهای پرآلومینوس                       |
| ۵۸ | ..... گرانیتوئیدهای پرآلومینوس حاوی مسکویت (MPGs)               |
| ۵۹ | ..... گرانیتوئیدهای پرآلومینوس حاوی کوردیریت (CPGs)             |
| ۵۹ | ..... ژنز گرانیتوئیدهای آنکلیک پرآلومینوس                       |
| ۶۴ | ..... گرانیتوئیدهای نوع A                                       |
| ۶۴ | ..... محل رخداد و پتروژنز گرانیتوئیدهای نوع A                   |
| ۶۷ | ..... ویژگی‌های ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای نوع A                  |
| ۶۹ | ..... ویژگی‌های سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی گرانیتوئیدهای نوع A      |
| ۷۳ | ..... نمودارهای تمایزی گرانیتوئیدهای نوع A                      |
| ۷۸ | ..... طبقه‌بندی گرانیتوئیدهای نوع A                             |
| ۷۹ | ..... گرانیتوئیدهای متآلومینوس آلکالی                           |
| ۷۹ | ..... گرانیتوئیدهای پرآلکان آلکالی و آلکالی‌کلسیک               |
| ۸۰ | ..... گرانیتوئیدهای متآلومینوس و پرآلومینوس آلکالی‌کلسیک        |
| ۸۱ | ..... گرانیتوئیدهای پرآلومینوس و متآلومینوس کالک آلکالی         |
| ۸۱ | ..... گرانیتوئیدهای فروئن کلسیک                                 |
| ۸۱ | ..... گرانیتوئیدهای نوع C                                       |
| ۸۴ | ..... گرانیتوئیدهای نوع H                                       |
| ۸۶ | ..... تقسیم‌بندی گرانیتوئیدهای نوع H                            |
| ۸۷ | ..... محیط تکنیکی گرانیتوئیدهای نوع H                           |
| ۹۰ | ..... مقایسه گرانیت‌های نوع I و S (جدول)                        |
| ۹۲ | ..... خصوصیات ژئوشیمیایی گرانیت‌های نوع I-S-M-A (جدول و نمودار) |

## فصل چهارم: گونه‌شناسی گرانیتوئیدهای پرآلومینوس در کمرندهای کوهزایی

### درون قاره‌ای

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ۹۵  | ۴-۱- مقدمه                                     |
| ۹۷  | ۴-۲- تقسیم‌بندی سری‌های پرآلومینوس             |
| ۹۶  | ۴-۲-۱- گرانیتوئیدهای شدیداً پرآلومینوس (hP)    |
| ۹۷  | ۴-۲-۲- گرانیتوئیدهای با پرآلومینوس متوسط (mP)  |
| ۹۷  | ۴-۲-۳- گرانیتوئیدهای کمتر پرآلومینوس (IP)      |
| ۹۸  | ۴-۲-۴- گرانیتوئیدهای پرآلومینوس شدت فلسیک (fP) |
| ۹۹  | ۴-۳- نوع رتولیت و منشأ سری‌های پرآلومینوس      |
| ۱۰۱ | ۴-۴- خلاصه                                     |

### فصل پنجم: محیط‌تکتونیکی تشکیل گرانیتوئیدها

|     |                                                                    |
|-----|--------------------------------------------------------------------|
| ۱۰۴ | ۵-۱- تمایز تکتونیکی رایج‌ترینها                                    |
| ۱۰۴ | ۵-۱-۱- مقدمه                                                       |
| ۱۰۴ | ۵-۱-۲- سنگ‌های گرانیتوئیدی کوهزایی                                 |
| ۱۰۵ | ۵-۱-۳- سنگ‌های گرانیتوئیدی غیرکوهزایی                              |
| ۱۰۶ | ۵-۱-۴- ویژگی‌های کانی‌شناسی                                        |
| ۱۰۸ | ۵-۱-۵- ویژگی‌های شیمیایی                                           |
| ۱۱۱ | ۵-۱-۶- نمودارهای تمایزی بر اساس عناصر اصلی                         |
| ۱۱۶ | ۵-۱-۷- خلاصه                                                       |
| ۱۱۷ | ۵-۲- نمودارهای تمایزی عناصر کمیاب برای تفسیر تکتونیکی گرانیتوئیدها |
| ۱۱۷ | ۵-۲-۱- مقدمه                                                       |
| ۱۱۸ | ۵-۲-۲- گرانیت‌های پشته‌های اقیانوسی (ORG)                          |
| ۱۱۹ | ۵-۲-۳- گرانیت‌های کمان آتشفشانی (VAG)                              |
| ۱۲۰ | ۵-۲-۴- گرانیت‌های درون صفحه‌ای (WPG)                               |
| ۱۲۱ | ۵-۲-۵- گرانیت‌های برخوردی (COLG)                                   |
| ۱۲۳ | ۵-۲-۶- نمودارهای تمایز تکتونیکی                                    |
| ۱۲۶ | ۵-۲-۷- گرانیت‌های بعد از برخورد (post-COLG)                        |

|     |                                                                              |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۲۷ | ۵-۲-۸- پلاژیوگرانیت‌های پشته‌های اقیانوسی نوع بالای بخش فرورانشی (SSZ) ..... |
| ۱۲۸ | ۵-۲-۹- آثار تجمع بلوری در گرانیت‌ها .....                                    |
| ۱۲۸ | ۵-۲-۱۰- خلاصه .....                                                          |
| ۱۲۹ | ۵-۳- منابع مرتبط با محیط‌های نکتونیک گرانیتوئیدها .....                      |
| ۱۲۹ | ۵-۳-۱- مقدمه .....                                                           |
| ۱۳۰ | ۵-۳-۲- منابع گوشته‌ای .....                                                  |
| ۱۳۰ | ۵-۳-۲-۱- ترکیب استئوسفر گوشته .....                                          |
| ۱۳۱ | ۵-۳-۲-۲- ترکیب گرانیت لیوسفری .....                                          |
| ۱۳۱ | ۵-۳-۲-۳- ذوب گوشته .....                                                     |
| ۱۳۱ | ۵-۳-۳- منبع متغیر پوسته .....                                                |
| ۱۳۱ | ۵-۳-۳-۱- ترکیب پوسته .....                                                   |
| ۱۳۲ | ۵-۳-۳-۲- ذوب بخشی پوسته .....                                                |
| ۱۳۲ | ۵-۳-۳-۳- شار مواد فرار .....                                                 |
| ۱۳۳ | ۵-۳-۴- واکنش بین منابع گوشته‌ای - پوسته‌ای .....                             |
| ۱۳۳ | ۵-۳-۴-۱- واکنش بین گوشته - پوسته .....                                       |
| ۱۳۳ | ۵-۳-۴-۲- همضم، جداسازی و همگن‌سازی ماگمایی (MAH) .....                       |
| ۱۳۳ | ۵-۳-۴-۳- آرایش، تبلور جزء به جزء (AFC) .....                                 |
| ۱۳۴ | ۵-۳-۵- محیط‌های نکتونیک .....                                                |
| ۱۳۴ | ۵-۳-۵-۱- پشته‌های میان اقیانوسی .....                                        |
| ۱۳۵ | ۵-۳-۵-۲- کمان‌های آتشفشانی .....                                             |
| ۱۳۶ | ۵-۳-۵-۳- محیط‌های درون صفحه‌ای .....                                         |
| ۱۳۸ | ۵-۳-۵-۴- محیط‌های برخوردی .....                                              |
| ۱۴۰ | ۵-۳-۵-۵- تفکیک محیط‌های نکتونیک .....                                        |
| ۱۴۴ | ۵-۳-۶- خلاصه .....                                                           |
| ۱۴۶ | ۵-۴- تقسیم‌بندی نکتونیک پیچر .....                                           |
| ۱۴۶ | ۵-۴-۱- نوع اقیانوسی .....                                                    |
| ۱۴۷ | ۵-۴-۲- نوع آندین .....                                                       |
| ۱۴۷ | ۵-۴-۳- نوع هرسی‌نین .....                                                    |

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۱۴۸ | ..... ۵-۴-۴ نوع کالدونین                |
| ۱۴۸ | ..... ۵-۴-۵ نوع نیجره                   |
| ۱۴۹ | ..... ۵-۵- تقسیم‌بندی تکتونیکی میدلموست |
| ۱۴۹ | ..... ۵-۵-۱ نوع اقیانوسی                |
| ۱۴۹ | ..... ۵-۵-۲ نوع کوردیلرن                |
| ۱۵۰ | ..... ۵-۵-۳ نوع کالدونین                |
| ۱۵۰ | ..... ۵-۵-۴ نوع هیمالیا                 |
| ۱۵۰ | ..... ۵-۵-۵ نوع باربرتون                |
| ۱۵۱ | ..... ۵-۵-۶ نوع توسیتی                  |
| ۱۵۱ | ..... ۵-۵-۷ نوع آلکالی نرمال            |
| ۱۵۱ | ..... ۵-۵-۸ نوع هیپاسیک                 |

## فصل ششم: بررسی ارتباط بین انواع گرانیتوئیدها

|     |                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| ۱۵۳ | ..... ۶-۱ مقدمه                                                   |
| ۱۵۴ | ..... ۶-۲ تقسیم‌بندی گرانیتوئیدها (شاخص‌های پتروگرافیکی و صحرایی) |
| ۱۵۴ | ..... ۶-۲-۱ گرانیتوئیدهای (MPG) و (PG)                            |
| ۱۵۴ | ..... ۶-۲-۲ گرانیتوئیدهای (ACG) و (MCG)                           |
| ۱۵۵ | ..... ۶-۲-۳ گرانیتوئیدهای (PTG) و (PAG)                           |
| ۱۵۸ | ..... ۶-۳ منشأ ماگماها در سنگ‌های گرانیتوئیدی                     |
| ۱۶۱ | ..... ۶-۴ محیط ژئودینامیکی گرانیتوئیدها                           |
| ۱۶۳ | ..... ۶-۵ خلاصه                                                   |

## فصل هفتم: تقسیم‌بندی ژئوشیمیایی گرانیتوئیدها

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۱۶۶ | ..... ۷-۱ مقدمه                                    |
| ۱۶۷ | ..... ۷-۲ عدد آهن یا ( $Fe^*$ )                    |
| ۱۶۹ | ..... ۷-۳ شاخص اصلاحی آلکالی - آهنی (MALI)         |
| ۱۷۰ | ..... ۷-۴ شاخص اشباع آلومینیوم (ASI)               |
| ۱۷۱ | ..... ۷-۵ گروه‌های گرانیتوئیدی اصلی                |
| ۱۷۲ | ..... ۷-۶ مثال‌هایی برای انواع سنگ‌های گرانیتوئیدی |

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۱۷۲ | ۷-۶-۱- گرانیتوئیدهای پرآلومینوس              |
| ۱۷۳ | ۷-۶-۲- گرانیت‌های کردیلرین                   |
| ۱۷۴ | ۷-۶-۳- گرانیت‌های نوع A                      |
| ۱۷۵ | ۷-۶-۴- گرانیت‌های کالدونین                   |
| ۱۷۶ | ۷-۶-۵- گرانیتوئیدهای کمربند چین خورده لاجلان |
| ۱۷۷ | ۷-۶-۶- گنیس‌های TTG آرکئن                    |
| ۱۷۸ | ۷-۷- خلاصه                                   |

## فصل هشتم: ویژگی‌های ژئوشیمیایی ماگمازایی زون‌های برخوردی

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۱۸۳ | ۸-۱- مقدمه                              |
| ۱۸۴ | ۸-۲- تقسیم‌بندی ماگمازاا برخوردی        |
| ۱۸۶ | ۸-۳- ویژگی‌های شیمیایی نمری‌های برخوردی |
| ۱۹۰ | ۸-۴- محل منابع ماگمازایی برخوردی        |
| ۱۹۷ | ۸-۵- بحث                                |
| ۱۹۹ | ۸-۶- خلاصه                              |

## فصل نهم: انواع سری سنگ‌های گرانیتوئیدی

|     |                                                                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۰۱ | ۹-۱- تفکیک سری‌های گرانیتوئیدی مختلف و سنگ‌های مرتبط                          |
| ۲۰۱ | ۹-۱-۱- مقدمه                                                                  |
| ۲۰۲ | ۹-۱-۲- گرانیتوئیدهای سری کالک‌آکالن                                           |
| ۲۰۴ | ۹-۱-۳- گرانیتوئیدهای سری آلکالن                                               |
| ۲۰۵ | ۹-۱-۴- گرانیتوئیدهای سری تولیتی                                               |
| ۲۰۵ | ۹-۱-۵- فازهای متحرک و گرانیتوئیدهای مرتبط                                     |
| ۲۰۶ | ۹-۱-۶- زمین‌شناسی اقتصادی سری‌های گرانیتوئیدی                                 |
| ۲۰۷ | ۹-۱-۷- خلاصه                                                                  |
| ۲۰۷ | ۹-۲- تفسیر پترولوژیکی سری‌های گرانیتوئیدی با استفاده از مشخصه‌های چند کاتیونی |
| ۲۱۰ | ۹-۳- سری مگنتیتی و سری ایلمنیتی گرانیتوئیدها (ایشی‌هارا، ۱۹۷۷)                |
| ۲۱۰ | ۹-۳-۱- مقدمه                                                                  |
| ۲۱۱ | ۹-۳-۲- ویژگی‌های کانی‌شناسی سری‌های گرانیتوئیدی                               |

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۲۱۴ | ..... ۹-۳-۳ مطالعه ژنتیکی سری های گرانیتوئیدی |
| ۲۱۶ | ..... ۹-۳-۴ خلاصه                             |

## فصل دهم: زیرکن و پترولوژی گرانیتوئیدها

|     |                                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۱۹ | ..... ۱۰-۱ مقدمه                                                                |
| ۲۲۲ | ..... ۱۰-۲ گرانیت های با منشاء پوسته ای یا عمدتاً پوسته ای                      |
| ۲۲۲ | ..... ۱۰-۲-۱ لوکوگرانیت های غنی از آلومین برجا                                  |
| ۲۲۳ | ..... ۱۰-۲-۲ مونزوگرانیت ها و گرانودیوریت های نیمه برجا                         |
| ۲۲۳ | ..... ۱۰-۲-۳ مونزوگرانیت ها و گرانودیوریت های غنی از آلومین                     |
| ۲۲۵ | ..... ۱۰-۳ گرانیت های با منشاء پوسته ای و گوشته ای (دورگه)                      |
| ۲۲۵ | ..... ۱۰-۳-۱ گرانیت های سری کالک آلکالن                                         |
| ۲۲۶ | ..... ۱۰-۳-۲ گرانیت های سری ساب آلکالن                                          |
| ۲۲۶ | ..... ۱۰-۴ گرانیت های منشاء سرشته ای یا عمدتاً گوشته ای (گرانیت های غیرکوهزایی) |
| ۲۲۶ | ..... ۱۰-۴-۱ گرانیت های آلکالن                                                  |
| ۲۲۷ | ..... ۱۰-۴-۲ گرانیت های تولیت                                                   |
| ۲۳۲ | ..... ۱۰-۵ خلاصه                                                                |

## فصل یازدهم: تقسیم بندی سنگ های سری با توجه به آلودگی ناحیه ای و

### منطقه ای در باتولیت کالیفرنیا

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| ۲۳۴ | ..... ۱۱-۱ مقدمه                 |
| ۲۳۵ | ..... ۱۱-۲ ویژگی های سنگ شناسی   |
| ۲۳۶ | ..... ۱۱-۳ شیمی بیوتیت           |
| ۲۳۸ | ..... ۱۱-۴ مجموعه های کانایی     |
| ۲۴۳ | ..... ۱۱-۵ خلاصه ویژگی گرانیت ها |
| ۲۴۳ | ..... ۱۱-۶ خلاصه                 |

## فصل دوازدهم: ماهیت بیوتیت های ماگماهای پرآلومینوس، کالک آلکالن و

### آلکالن

|     |                  |
|-----|------------------|
| ۲۴۹ | ..... ۱۲-۱ مقدمه |
|-----|------------------|

|     |                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| ۲۴۹ | ۱۲-۲- نمودارهای تمایزی .....                                             |
| ۲۵۰ | ۱۲-۲-۱- نمودار $\text{FeO}^* - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ..... |
| ۲۵۱ | ۱۲-۲-۲- نمودار $\text{FeO}^*$ در مقابل $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....     |
| ۲۵۲ | ۱۲-۲-۳- نمودار $\text{MgO}$ در مقابل $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....       |
| ۲۵۳ | ۱۲-۲-۴- نمودار $\text{FeO}^*$ در مقابل $\text{MgO}$ .....                |
| ۲۵۴ | ۱۲-۳- منطق‌های فیزیکوشیمیایی و پترولوژیکی تفکیک‌ها .....                 |
| ۲۵۵ | ۱۲-۳-۱- ماگماهای آلکالن .....                                            |
| ۲۵۶ | ۱۲-۳-۲- ماگماهای کالک آلکالن .....                                       |
| ۲۵۶ | ۱۲-۴- خلاصه .....                                                        |

## فصل سیزدهم: تکامل و نالیس ترونجمیت-گرانودیوریت‌های آرکن (TTGS) در طول زمان و ارتباط آنها با آداکیت‌ها و سنگ‌های مرتبط

|     |                                                                                |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۵۹ | ۱۳-۱- مقدمه .....                                                              |
| ۲۶۰ | ۱۳-۲- مشخصات و ویژگی TTGs آرکن .....                                           |
| ۲۶۱ | ۱۳-۳- محیط تشکیل TTGs .....                                                    |
| ۲۶۳ | ۱۳-۴- تکامل TTGs در طول زمان .....                                             |
| ۲۶۶ | ۱۳-۵- مشخصات و تقسیم‌بندی آداکیت‌ها .....                                      |
| ۲۶۹ | ۱۳-۶- مقایسه TTGs با آداکیت‌های نوع HSA و LSA .....                            |
| ۲۷۱ | ۱۳-۷- سانوکیتوئیدها (Sanukitoids) و گرانیت‌های نوع گلوژیت (Glucose-type) ..... |
| ۲۷۳ | ۱۳-۸- استثناءهای ترکیبی TTGs .....                                             |
| ۲۷۶ | ۱۳-۹- خلاصه .....                                                              |

## فصل چهاردهم: پتروگرافی سنگهای نفوذی

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| ۲۷۸ | ۱۴-۱- سنگ‌های حدواسط درونی ..... |
| ۲۷۸ | ۱۴-۱-۱- دیوریت .....             |
| ۲۸۴ | ۱۴-۱-۲- مونزونیت .....           |
| ۲۸۷ | ۱۴-۱-۳- سینیت .....              |
| ۲۹۱ | ۱۴-۲- سنگ‌های اسیدی درونی .....  |
| ۲۹۲ | ۱۴-۲-۱- تونالیت .....            |

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| ۲۹۴ | ..... ۱۴-۲-۲- ترونجیمیت                           |
| ۲۹۵ | ..... ۱۴-۲-۳- گرانودیوریت                         |
| ۲۹۷ | ..... ۱۴-۲-۴- آداملیت                             |
| ۲۹۸ | ..... ۱۴-۲-۵- گرانیت                              |
| ۳۰۵ | ..... ۱۴-۳- بافت های موجود در سنگ های گرانیتوئیدی |
| ۳۰۵ | ..... ۱۴-۳-۱- بافت پگماتینی                       |
| ۳۰۵ | ..... ۱۴-۳-۲- هیپیدئومورف گرانولار                |
| ۳۰۶ | ..... ۱۴-۳-۳- بافت آلوتریومورف گرانولار           |
| ۳۰۷ | ..... ۱۴-۳-۴- بافت پویکیلیتی                      |
| ۳۰۷ | ..... ۱۴-۳-۵- بافت پورفیری                        |
| ۳۰۸ | ..... ۱۴-۳-۶- بافت همبند گرانولار                 |
| ۳۰۸ | ..... ۱۴-۳-۷- بافت آنتی پرتیت و بافت آنتی پرتیت   |
| ۳۰۹ | ..... ۱۴-۳-۸- بافت مزوپرتیت                       |
| ۳۰۹ | ..... ۱۴-۳-۹- بافت میکروپرتیت                     |
| ۳۰۹ | ..... ۱۴-۳-۱۰- بافت کریستوپرتیت                   |
| ۳۱۰ | ..... ۱۴-۳-۱۱- بافت میرمکیتی                      |
| ۳۱۱ | ..... ۱۴-۳-۱۲- بافت راپاکیوی و آنتی راپاکیوی      |
| ۳۱۲ | ..... ۱۴-۳-۱۳- بافت اربیکولار                     |
| ۳۱۲ | ..... ۱۴-۳-۱۴- بافت گرافیکی                       |
| ۳۱۳ | ..... ۱۴-۳-۱۵- بافت مش یا غربالی                  |
| ۳۱۴ | ..... ۱۴-۳-۱۶- بافت گرانوفیری                     |

## فصل پانزدهم : نمودارهای پترولوژیکی سنگ های گرانیتوئیدی

|     |                                                                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۱۶ | ..... ۱۵-۱- مقدمه                                                                                             |
| ۳۱۶ | ..... ۱۵-۲- نمودارهای طبقه بندی توده های نفوذی                                                                |
| ۳۱۸ | ..... - نمودار مثلثی Q-A-P (اشترکایزن، ۱۹۷۶)                                                                  |
| ۳۱۹ | ..... - نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (کوکس و همکاران، ۱۹۷۹؛ ویلسون، ۱۹۸۹) |
| ۳۱۹ | ..... - نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (میدلموست، ۱۹۹۴)                     |

- ۳۱۹ ..... نمودار  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (لباس و همکاران، ۱۹۸۵)
- ۳۱۹ ..... نمودار  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (میدلموست، ۱۹۸۵)
- ۳۲۱ ..... نمودار  $R_1 - R_2$  (دولاروج و همکاران، ۱۹۸۰)
- ۳۲۲ ..... نمودار  $Q - P$  (دبون و لهفورت، ۱۹۸۳)
- ۳۲۳ ..... نمودار  $\text{Zr/Ti} - \text{Nb/Y}$  (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷)
- ۳۲۳ ..... نمودار مثلثی  $\text{Sr} - \text{Ba} - \text{Rb}$  (بوزلی و سوکاری، ۱۹۷۵)
- ۳۲۴ ..... نمودار  $Q - \text{ANOR}$  (اشترکایزن و لهماتیر، ۱۹۷۹)
- ۳۲۵ ..... نمودار مثلثی  $\text{Or} - \text{Ab} - \text{An}$  (اکانر، ۱۹۶۵؛ بارکر، ۱۹۷۹)
- ۳۲۶ ..... نمودارهای ۱۵-۳: خیک گرانیتوئیدهای نوع  $A - M - S - I$
- ۳۲۶ ..... نمودار مثلثی  $P - A - Q$  (بودن و همکاران، ۱۹۸۴)
- ۳۲۷ ..... نمودار مثلثی  $A - C - F$  (وایت و چاپل، ۱۹۷۸؛ وایت و چاپل، ۱۹۸۳)
- ۳۲۷ ..... نمودار مثلثی  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$  (کینگ، ۲۰۱۰)
- ۳۲۸ ..... نمودار  $1000\text{Ga/Al} - \text{Eu/Eu}^*$  (ابی، ۱۹۹۲)
- ۳۲۸ ..... نمودار  $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{SiO}_2$  (ابی، ۱۹۹۰)
- ۳۲۹ ..... نمودار  $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$  (وایت و چاپل، ۱۹۸۳)
- ۳۲۹ ..... نمودار  $\text{Al} - (\text{K} + \text{Na} + 2\text{Ca}) - \text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti}$  (دبون و لهفورت، ۱۹۸۳)
- ۳۳۰ ..... نمودار  $\text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$  و  $\text{Pb} - \text{SiO}_2$  (چاپل و وایت، ۱۹۹۲)
- ۳۳۰ ..... نمودار  $\text{Al}/(\text{Na} + \text{K} + \text{Ca}) - \text{SiO}_2$  (چاپل و وایت، ۱۹۹۲)
- ۳۳۱ ..... نمودار  $A/\text{NK} - \text{ACNK}$  (چاپل و وایت، ۱۹۷۴)
- ۳۳۱ ..... نمودار  $A/\text{CNK} - \text{SiO}_2$  (چاپل و وایت، ۱۹۷۴؛ وایت و چاپل، ۱۹۷۷ و ۱۹۸۳)
- ۳۳۲ ..... نمودار  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$  (چاپل و وایت، ۲۰۰۱)
- ۳۳۲ ..... نمودار  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$  (چاپل و وایت، ۱۹۷۴ و ۱۹۹۲)
- ۳۳۳ ..... نمودار  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$  (کولینز و همکاران، ۱۹۸۲)
- ۳۳۳ ..... نمودار  $\text{Ga} - \text{Al}_2\text{O}_3$  (وایت و چاپل، ۱۹۸۳)
- ۳۳۴ ..... نمودار  $\text{Y} - \text{SiO}_2$  و  $\text{Zr} - \text{SiO}_2$  (فورنز و همکاران، ۱۹۶۹)
- ۳۳۴ ..... نمودار  $\text{Ce} - \text{SiO}_2$  و  $\text{Zn} - \text{SiO}_2$  و  $\text{Zr} - \text{SiO}_2$  (کولینز و همکاران، ۱۹۸۲)
- ۳۳۵ ..... نمودار  $\text{CaO} - \text{FeO}$  و  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$  (چاپل و وایت، ۲۰۰۱)
- ۳۳۵ ..... نمودار  $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$  (مورگازی و همکاران، ۲۰۰۴)

- ۳۳۶ ..... نمودار  $\text{CaO}/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$  در مقابل  $\text{CaO}/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$  (پاتینو، ۱۹۹۹)
- ۳۳۶ ..... نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$  در مقابل  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$  (پاتینو، ۱۹۹۹)
- ۳۳۶ ..... نمودارهای تعیین محیط‌های تکتونیکي
- ۳۳۷ ..... نمودار  $\text{Rb}/\text{Sr} - \text{K}/\text{Rb}$  (عبدالرحمان و همکاران، ۲۰۰۱)
- ۳۳۷ ..... نمودار  $\text{Zr}/\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (مولر و همکاران، ۱۹۹۲)
- ۳۳۸ ..... نمودار  $\text{Nb} - \text{Y}$  (استرن و گوتفريد، ۱۹۸۹)
- ۳۳۸ ..... نمودار  $\text{Y} - \text{Zr}$  و  $\text{Zr}/\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (مولر و گرو، ۱۹۹۴)
- ۳۳۹ ..... نمودار  $\text{Nb}/\text{Zr} - \text{Zr}$  (تېلمونت و همکاران، ۱۹۹۴)
- ۳۳۹ ..... نمودار  $\text{Zr}/\text{Y} - \text{Zr}$  (پیرس، ۱۹۸۳؛ دانپی و لودن، ۱۹۹۸)
- ۳۴۰ ..... نمودار مثلثی  $\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  (پیرس، ۱۹۷۷)
- ۳۴۰ ..... نمودار  $\text{Th}/\text{Hf} - \text{Ta}/\text{Nb} - \text{Th}/\text{Ta} - \text{Th}/\text{Nb}$  (اسچندل و گورتین، ۲۰۰۲)
- ۳۴۱ ..... نمودار  $\text{La}/\text{Ce} - \text{Th}/\text{Ce} - \text{Th}/\text{Yb}$  (دای، ۱۹۸۹)
- ۳۴۱ ..... نمودار مثلثی  $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}$  (تدای و بینس، ۱۹۸۱)
- ۳۴۲ ..... نمودار  $\text{Rb} - \text{Sr}$  (کلمن و اترن، ۱۹۷۵)
- ۳۴۲ ..... نمودارهای تعیین سری‌ها و سن
- ۳۴۳ ..... نمودار  $\text{SiO}_2$  - Agpaitic Index (molar) (پاتینو و بلیک، ۱۹۸۷)
- ۳۴۳ ..... نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}/\text{FeO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - 100(\text{MgO}+\text{FeO}+\text{TiO}_2/\text{SiO}_2)$  (سیلوستر، ۱۹۹۸)
- ۳۴۴ ..... نمودار (TAS)  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (میدلموست، ۱۹۷۷)
- ۳۴۴ ..... نمودار  $\text{SiO}_2$  - (Alkali-lime index) (پیکاک، ۱۹۳۱)
- ۳۴۵ ..... نمودار  $\text{Al}(\text{tot}) - \text{Mg}$  (نجیت و همکاران، ۱۹۸۵؛ نجیت، ۱۹۸۶)
- ۳۴۵ ..... نمودار  $\text{Alkalinity rates} - \text{SiO}_2$  (وایت، ۱۹۶۹)
- ۳۴۶ ..... نمودار  $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$  (پیکسرلو و تیلور، ۱۹۷۶؛ روگز و همکاران، ۱۹۸۸)
- ۳۴۶ ..... نمودار  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (پیکسرلو و تیلور، ۱۹۷۶؛ ریکوود، ۱۹۸۹)
- ۳۴۷ ..... نمودار  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (پیکسرلو و تیلور، ۱۹۷۶)
- ۳۴۷ ..... نمودار  $\text{Ce}/\text{Yb} - \text{Ta}/\text{Yb}$  (مولر و همکاران، ۱۹۹۲)
- ۳۴۸ ..... نمودار (TAS)  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (اروین و بارگار، ۱۹۷۱)
- ۳۴۸ ..... نمودار  $\text{FeO}/\text{MgO} - \text{SiO}_2$  (میاشیرو، ۱۹۷۴)
- ۳۴۹ ..... نمودار  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  (له‌ماتیر و همکاران، ۱۹۸۹)

- ۳۴۹ ..... نمودار  $Zr/TiO_2 - Y/TiO_2$  (لنزر، ۱۹۹۸) .....  
 ۳۵۰ ..... نمودار  $La - Th$  و  $K_2O - SiO_2$  (گیل، ۱۹۸۱) .....  
 ۳۵۱ ..... نمودار  $M - B$  (دیون و له فورت، ۱۹۸۸) .....  
 ۳۵۱ ..... نمودار  $Na_2O + K_2O - SiO_2$  (کونو، ۱۹۶۸) .....  
 ۳۵۲ ..... ۱۵-۶- نمودارهای تعیین منشأ سنگ‌ها و فرآیندهای ذوب .....  
 ۳۵۲ ..... نمودار  $Rb/Ba - Rb/Sr$  (میلوستر، ۱۹۹۸) .....  
 ۳۵۲ ..... نمودار  $Th/Yb - Ta/Yb$  (پیرس، ۱۹۸۳) .....  
 ۳۵۳ ..... نمودار  $Sr/Y - Y$  (مارتن، ۱۹۹۳) .....  
 ۳۵۳ ..... نمودار  $Y - Zr$  (ع. الله و همکاران، ۱۹۹۷) .....  
 ۳۵۴ ..... نمودار  $Yb - SiO_2$  (پیرس و همکاران، ۱۹۹۹) .....  
 ۳۵۴ ..... نمودار  $Ni - SiO_2$  و  $Th - SiO_2$  (الدانمارک، همکاران، ۲۰۰۰) .....  
 ۳۵۵ ..... نمودار  $^{143}Nd/^{144}Nd - SiO_2$  و  $Th/Nb - SiO_2$  (ساریوناندیا و همکاران، ۲۰۱۲) .....  
 ۳۴۵ ..... نمودار  $La/Sm - La$  (چنگ و همکاران، ۲۰۰۰) .....  
 ۳۵۶ ..... نمودار  $Yb - La/Yb$  (پترز و همکاران، ۲۰۰۸) .....  
 ۳۵۶ ..... نمودار  $(La/Sm)_N - (Tb/Yb)_N$  (وانگ و همکاران، ۲۰۰۲) .....  
 ۳۵۷ ..... نمودار  $Sm/Yb - La/Sm$  (شاو، ۱۹۷۰) .....  
 ۳۵۷ ..... نمودار  $Dy/Yb - Nb/Yb$  (نیل و همکاران، ۲۰۱۳) .....  
 ۳۵۸ ..... نمودار  $Dy/Yb - La/Yb$  و  $Yb - La/Yb$  (زیباولی و همکاران، ۲۰۱۳) .....  
 ۳۵۹ ..... نمودارهای  $Sm - Sm/Yb - La/Sm$  و  $Sm/Yb - La/Sm$  (آلدانماز و همکاران، ۲۰۰۰) .....  
 ۳۶۱ ..... نمودار  $Sm/Yb - La/Sm$  (کسکین، ۲۰۰۵) .....  
 ۳۶۱ ..... نمودار  $Ce/Yb - Sm/Yb$  (فلج و همکاران، ۱۹۹۷) .....  
 ۳۶۲ ..... نمودار  $Yb/Nb - Zr/Nb$  (ویلسون، ۱۹۸۹) .....  
 ۳۶۲ ..... نمودار  $Rb/Y - Nb/Y$  (تمل و همکاران، ۱۹۹۸) .....  
 ۳۶۳ ..... نمودار  $Th/Y - Nb/Y$  (سایت و همکاران، ۲۰۱۱) .....  
 ۳۶۳ ..... نمودار  $Nb/Y - Zr/Y$  (فیتون و همکاران، ۱۹۹۷) .....  
 ۳۶۴ ..... نمودار  $Al_2O_3 + FeO + MgO + TiO_2$  در مقابل  $Al_2O_3 / (FeO + MgO + TiO_2)$  (پاتینو، ۱۹۹۹) .....  
 ..... نمودار  $Na_2O + K_2O + FeO + MgO + TiO_2$  در مقابل  $(Na_2O + K_2O) / (FeO + MgO + TiO_2)$  .....  
 ۳۶۴ ..... (پاتینو، ۱۹۹۹) .....

- ۳۶۴ ..... - نمودار  $\text{CaO}+\text{Al}_2\text{O}_3$  در مقابل  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (پاتینو، ۱۹۹۹)
- ۳۶۴ ..... - نمودار  $\text{CaO}+\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2$  در مقابل  $\text{CaO}/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$  (پاتینو، ۱۹۹۹)
- ۳۶۴ ..... - نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O})$  (پاتینو، ۱۹۹۹)
- ۳۶۵ ..... - نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{MgO}+\text{FeO}) - \text{CaO}/(\text{MgO}+\text{FeO})$  (آلتر، ۲۰۰۰)
- ۳۶۵ ..... - نمودار  $\text{Zr} - (\text{K}+\text{Na}+\text{Ca})/\text{Al}+\text{Si}$  (واتسون و هاریسون، ۱۹۸۳)

۳۶۶

منابع و مراجع

www.ketab.ir