



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

....., Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

..... گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

مقالات خارجی

مقالات داخلی



دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده علوم پایه

گروه زمین‌شناسی

پایان نامه:

برای دریافت درجه دکتری در رشته زمین‌شناسی گرایش زمین‌شناسی مهندسی

عنوان:

ارزیابی رفتار تابع زمان سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند با تاکید بر هوازدگی و خستگی

استاد راهنما:

پروفسور غلامرضا خانلری

اساتید مشاور:

دکتر مجتبی حیدری - پروفسور علی اصغر سپاهی گرو

پژوهشگر:

علی اکبر مومنی

شهریور ۱۳۹۲

آنگاه که برای نخستین بار چشم کشودم،  
تصویر دو فرشته در افق نگاهم پدیدار شد  
آنگاه که تن نحیف من یارای ایستادن نداشت، دستان مرا گرفتند  
یکی تکیه گاه زندگیم و دیگری آموزگار محبتم شد

اینک شمره‌ی تلاشم را که دفترست کوچک  
به روح این دو فرشته‌ی مهر

## پدر و مادر عزیزم

تقدیم می‌کنم

## تقدیر و شکر

اکنون که با استعانت از الطاف بیکران خداوند متعال مرحله دیگری از تحصیل را به پایان رسانده‌ام بر خود لازم می‌دانم از اساتید بزرگوار و دوستان عزیز می‌دانم که در طول این دوره، افتخار آشنایی و حضور در محضرشان را داشته‌ام، صمیمانه قدردانی و شکر نمایم.

بدون شک انجام این پژوهش مرهون راهنمایی‌های ارزنده استاد عزیزم، جناب آقای دکتر علامرضا خانلری می‌باشد، که همواره در طی این دوره مشوق من بوده‌اند. لیکن بدینوسله از زحمات بی‌دینشان شکر و سپاسگزاری نموده و موفقیت و سلامتی ایشان را در تمامی مراحل زندگی از خداوند بزرگ خواستارم.

از اساتید مشاور جناب آقای دکتر مجتبی حدیری و علی اصغر سپاهی بخاطر مساعدت‌های فراوانی که در طی مراحل انجام این پژوهش نسبت به من داشته‌اند صمیمانه شکر و قدردانی نموده و سرافرازی و موفقیت ایشان را از خداوند منان خواهیم. علاوه از کلیه اساتید گروه زمین شناسی دانشگاه بوعلی سینا که در طی مدت ۱۱ سال تحصیل خود در این دانشگاه افتخار نگار دیشان را داشته‌ام صمیمانه شکر می‌نمایم.

از دوستان بسیار عزیز و گرامی آقایان: احسان بازوند، علیرضا طالب بیدختی، یاسین عبدی لر، ناصر مهدی آبادی، رضا بابا زاده، تیمور جعفر نژاد، یزدان مجبی، بهمن ساعدی، بهرام سرشاری، کاظم بزویی، یاسر دوستی، حامد اسماعیلی، حمید فرهادی، مهدی صدی و تمامی کسانی که ذکر نامشان در این مجال نمی‌گنجد، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. موفقیت و سلامتی ایشان را در تمامی مراحل زندگی از خداوند بزرگ خواستارم.



دانشگاه بوعلی سینا  
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

ارزیابی رفتار تابع زمان سنگ های گرانیتی الوند با تاکید بر هوازدگی و خستگی

نام نویسنده: علی اکبر مومنی

نام استاد راهنما: دکتر غلامرضا خانلری

نام استاد مشاور: دکتر مجتبی حیدری و دکتر علی اصغر سپاهی

دانشکده : علوم پایه

گروه آموزشی: زمین شناسی

رشته تحصیلی: زمین شناسی

گرایش تحصیلی: زمین شناسی مهندسی

مقطع تحصیلی: دکتری

تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱۰/۲۷

تاریخ دفاع: ۱۳۹۲/۰۶/۰۶

تعداد صفحات: ۲۵۰

چکیده:

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی رفتار تابع زمان سنگ های گرانیتوئیدی الوند از منظر هوازدگی و خستگی می باشد. به منظور ارزیابی تاثیر هوازدگی بر روی این سنگ ها، از هر تیپ سنگی، نمونه هایی با ۵ درجه هوازدگی تهیه شده و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آنها تعیین گردیدند. همچنین مطالعات پتروگرافی و آنالیزهای XRD و XRF بر روی درجات مختلف هوازدگی انجام گردید. در نهایت تاثیر هوازدگی از منظر شاخص های هوازدگی مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور ارزیابی تاثیر هوازدگی فیزیکی بر روی این سنگ ها، آزمون سرد و گرم شدن (۶۰۰ چرخه)، آزمون ذوب و انجماد (۳۰۰ چرخه) و آزمون سلامت سنگ (۹۰ چرخه) انجام گردیده است. به منظور تخمین زوال پذیری کتیبه گنج نامه، تعداد چهار کتیبه آماده شده و تحت چرخه های سرد و گرم شدن (۶۰۰ چرخه)، ذوب و انجماد (۳۰۰ چرخه)، سولفات منیزیم (۶۰ چرخه) و باران اسیدی تا یک سال قرار گرفتند. آزمون های خستگی روی این سنگ ها تحت بیشینه بار، دامنه بار و فرکانس بارگذاری متفاوت انجام گردید. بعلاوه آزمون های خستگی استفاده شده، در هر دو شرایط بارگذاری نیرو کنترل و جابجایی کنترل انجام گردیدند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که از میان شاخص های هوازدگی، شاخص های مهندسی و پتروگرافی تطابق خوبی با فرآیند هوازدگی داشته اند. این در حالی است که همخوانی مناسبی بین شاخص های شیمیایی و درجات هوازدگی مشاهده نگردیده است. بر اساس داده های به دست آمده از این پژوهش، چهار طبقه بندی هوازدگی ارائه گردیده که همخوانی خوبی با نتایج تحقیقات دیگر محققین دارند. به خاطر مقاومت زیاد سنگ های مورد مطالعه، اثر هوازدگی ناشی از فرآیند سرد و گرم شدن و ذوب و انجماد قابل چشم پوشی است. نتایج آزمون سلامت سنگ نشان می دهد که هوازدگی نمک، مونوزوگرانیت ها را بیش از توانالیت ها و هولولوکوگرانودیوریت ها، تحت تاثیر قرار داده است. اثر تخریبی محلول سولفات منیزیم بر روی افت وزنی سنگ دانه ها بیش از سولفات سدیم ارزیابی گردیده است. این در شرایطی است که اثر تخریبی محلول سولفات سدیم در افت خصوصیات مهندسی این سنگ ها بیشتر از محلول سولفات منیزیم ارزیابی گردیده است. شبیه سازی رفتار کتیبه گنج نامه در برابر فرآیندهای هوازدگی نشان می دهد که اثرات تخریبی محلول سولفات به مراتب بیشتر از دیگر فرآیندهای هوازدگی بوده است. آسیب انباشتی خستگی یک فرآیند سه مرحله ای را نشان می دهد که در اثر اعمال چرخه های بارگذاری و وقوع ریزترک در سنگ، ایجاد می شود. بعلاوه، مقایسه تغییرات کرنش جانبی و محوری نشان می دهد که کرنش جانبی آسیب پذیری بیشتری داشته و عمده ترک های ایجاد شده، در راستای محور بارگذاری می باشند. رفتار خستگی مونوزوگرانیت ها نشان می دهد که با کاهش بیشینه بار و افزایش فرکانس بارگذاری، عمر خستگی این تیپ از سنگ به ترتیب، به صورت توانی و نمایی افزایش می یابد.

واژه های کلیدی: خستگی، ذوب و انجماد، سرد و گرم شدن، هوازدگی نمک، شاخص های هوازدگی





- جدول ۱-۱: روند تغییرات متوسط بارش در ماه‌های مختلف سال در بازه زمانی ۲۰ ساله (آمار سازمان هواشناسی همدان در بازه ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰) ۳
- جدول ۱-۲: طبقه بندی توصیفی هوازدگی ۲۸
- جدول ۲-۲: خلاصه‌ای از نتایج شاخص جذب سریع آب برای سنگ‌های گرانیتوئیدی با درجات مختلف هوازدگی ۴۲
- جدول ۳-۲: خلاصه‌ای از نتایج سرعت موج صوتی برای سنگ‌های گرانیتوئیدی با درجات مختلف هوازدگی ۴۳
- جدول ۴-۲: خلاصه‌ای از نتایج مقاومت فشاری تک محوری برای سنگ‌های گرانیتوئیدی با درجات مختلف هوازدگی ۴۴
- جدول ۵-۲: خلاصه‌ای از نتایج شاخص دوام مرحله دوم (Id2) برای سنگ‌های گرانیتوئیدی با درجات مختلف هوازدگی ۴۵
- جدول ۶-۲: خلاصه‌ای از نتایج مقاومت کششی برزیلی برای سنگ‌های گرانیتوئیدی با درجات مختلف هوازدگی ۴۵
- جدول ۷-۲: خلاصه‌ای از نتایج شاخص بار نقطه‌ای برای سنگ‌های گرانیتوئیدی با درجات مختلف هوازدگی ۴۶
- جدول ۸-۲: ترکیب کانی شناسی مونوزوگرانیت‌های الوند در درجات مختلف هوازدگی ۴۹
- جدول ۹-۲: ترکیب کانی شناسی تونالیت‌های الوند در درجات مختلف هوازدگی ۵۳
- جدول ۱۰-۲: ترکیب کانی شناسی هولولوکوگرانودیوریت‌های الوند در درجات مختلف هوازدگی ۵۵
- جدول ۱۱-۲: نتایج شاخص درجه تخریب برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در درجات مختلف هوازدگی ۵۹
- جدول ۱۲-۲: نتایج شاخص میکرو پتروگرافی برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در درجات مختلف هوازدگی ۶۰
- جدول ۱۳-۲: نتایج شاخص نسبت کوارتز به فلدسپات برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در درجات مختلف هوازدگی ۶۱
- جدول ۱۴-۲: نتایج شاخص تراکم ریزترک‌ها برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در درجات مختلف هوازدگی ۶۲
- جدول ۱۵-۲: نتایج شاخص ریز شکستگی‌ها برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در درجات مختلف هوازدگی ۶۳
- جدول ۱۶-۲: روند تغییرات درصد تخلخل برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۶۴
- جدول ۱۷-۲: روند تغییرات دانسیته خشک برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۶۵
- جدول ۱۸-۲: روند تغییرات دانسیته اشباع، برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۶۶
- جدول ۱۹-۲: روند تغییرات شاخص جذب سریع آب برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۶۷
- جدول ۲۰-۲: روند تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط اشباع، برای گرانیتوئیدهای الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۶۸
- جدول ۲۱-۲: روند تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط خشک، برای گرانیتوئیدهای الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۶۸
- جدول ۲۲-۲: تغییرات ضریب هوازدگی برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۶۹
- جدول ۲۳-۲: تغییرات مقاومت کششی برزیلی در شرایط خشک برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۱
- جدول ۲۴-۲: تغییرات مقاومت کششی برزیلی در شرایط اشباع برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۱
- جدول ۲۵-۲: تغییرات شاخص بار نقطه‌ای در شرایط خشک برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۲
- جدول ۲۶-۲: تغییرات شاخص بار نقطه‌ای در شرایط اشباع برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۲
- جدول ۲۷-۲: تغییرات مقاومت فشاری تک محوری در شرایط خشک برای گرانیتوئیدهای الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۵
- جدول ۲۸-۲: تغییرات مقاومت فشاری تک محوری در شرایط اشباع برای گرانیتوئیدهای الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۶
- جدول ۲۹-۲: تغییرات مدول مماسی در شرایط اشباع برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۹
- جدول ۳۰-۲: تغییرات مدول مماسی در شرایط خشک برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۷۹
- جدول ۳۱-۲: تغییرات مدول متقاطع در شرایط اشباع برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۸۰
- جدول ۳۲-۲: تغییرات مدول متقاطع در شرایط خشک برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۸۰
- جدول ۳۳-۲: طبقه بندی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی از منظر رده بندی دیبر و میلر (۱۹۶۶) ۸۱
- جدول ۳۴-۲: تغییرات دوام‌پذیری برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در حالت‌های مختلف هوازدگی ۸۲

۸۷	جدول ۲-۳۵: نتایج تجزیه شیمیایی عناصر به طریق XRF برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند
۸۷	جدول ۲-۳۶: نتایج شاخص‌های شیمیایی محاسبه شده برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند
۱۱۸	جدول ۳-۱: روند تغییرات تخلخل سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۱۹	جدول ۳-۲: روند تغییرات شاخص جذب سریع آب سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۲۰	جدول ۳-۳: روند تغییرات دانسیته خشک سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۲۰	جدول ۳-۴: روند تغییرات دانسیته اشباع سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۲۱	جدول ۳-۵: روند تغییرات سرعت سیر موج فشاری اشباع سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۲۱	جدول ۳-۶: روند تغییرات سرعت سیر موج فشاری خشک سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۲۲	جدول ۳-۷: روند تغییرات مقاومت فشاری تک محوری سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۲۳	جدول ۳-۸: روند تغییرات مقاومت کششی برزیلی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد
۱۲۵	جدول ۳-۹: روند تغییرات خصوصیات فیزیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در شرایط طبیعی به مدت یک سال
۱۲۸	جدول ۳-۱۰: روند تغییرات تخلخل سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۲۹	جدول ۳-۱۱: روند تغییرات درصد شاخص جذب سریع آب برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۳۰	جدول ۳-۱۲: روند تغییرات دانسیته اشباع سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۳۰	جدول ۳-۱۳: روند تغییرات دانسیته خشک سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۳۱	جدول ۳-۱۴: تغییرات سرعت سیر موج فشاری در شرایط اشباع برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۳۱	جدول ۳-۱۵: تغییرات سرعت سیر موج فشاری در شرایط خشک برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۳۳	جدول ۳-۱۶: روند تغییرات مقاومت فشاری تک محوری سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۳۳	جدول ۳-۱۷: روند تغییرات مقاومت کششی برزیلی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن
۱۴۴	جدول ۳-۱۸: روند تغییرات تخلخل مونوزوگرانیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۴	جدول ۳-۱۹: روند تغییرات تخلخل تونالیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۴	جدول ۳-۲۰: روند تغییرات تخلخل هولولوکوگرانودیوریت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۶	جدول ۳-۲۱: روند تغییرات درصد جذب سریع آب مونوزوگرانیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۶	جدول ۳-۲۲: روند تغییرات درصد جذب سریع تونالیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۷	جدول ۳-۲۳: روند تغییرات درصد جذب سریع هولولوکوگرانودیوریت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۸	جدول ۳-۲۴: روند تغییرات دانسیته اشباع مونوزوگرانیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۹	جدول ۳-۲۵: روند تغییرات دانسیته اشباع تونالیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۴۹	جدول ۳-۲۶: روند تغییرات دانسیته اشباع هولولوکوگرانودیوریت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۰	جدول ۳-۲۷: روند تغییرات دانسیته خشک مونوزوگرانیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۰	جدول ۳-۲۸: روند تغییرات دانسیته خشک تونالیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۰	جدول ۳-۲۹: روند تغییرات دانسیته خشک هولولوکوگرانودیوریت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۲	جدول ۳-۳۰: روند تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط خشک برای مونوزوگرانیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۲	جدول ۳-۳۱: تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط خشک برای تونالیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۲	جدول ۳-۳۲: تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط خشک هولولوکوگرانودیوریت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۳	جدول ۳-۳۳: روند تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط اشباع برای مونوزوگرانیت‌ها در آزمون سلامت سنگ
۱۵۳	جدول ۳-۳۴: روند تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط خشک برای تونالیت‌ها در آزمون سلامت سنگ

- جدول ۳-۳۵: تغییرات سرعت سیر موج صوتی در شرایط اشباع برای هولولوکوگرانودیوریت‌ها در آزمون سلامت سنگ ۱۵۴
- جدول ۳-۳۶: تغییرات مقاومت فشاری تک محوری سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سلامت سنگ (سولفات سدیم) ۱۵۵
- جدول ۳-۳۷: تغییرات مقاومت کششی برزلی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سلامت سنگ (سولفات سدیم) ۱۵۵
- جدول ۳-۳۸: تغییرات مقاومت فشاری تک محوری سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سلامت سنگ (سولفات منیزیم) ۱۵۸
- جدول ۳-۳۹: تغییرات مقاومت کششی برزلی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سلامت سنگ (سولفات منیزیم) ۱۵۸
- جدول ۳-۴۰: نتایج آزمون تکرار پذیری تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد ۱۶۷
- جدول ۳-۴۱: نتایج آزمون منووا بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون ذوب و انجماد ۱۶۸
- جدول ۳-۴۲: نتایج آزمون آنوا با اندازه‌های تکراری بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن ۱۶۹
- جدول ۳-۴۳: نتایج آزمون منووا بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سرد و گرم شدن ۱۶۹
- جدول ۳-۴۴: نتایج آزمون آنوا با اندازه‌های تکراری بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سولفات سدیم ۱۷۰
- جدول ۳-۴۵: نتایج آزمون منووا بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سولفات سدیم ۱۷۰
- جدول ۳-۴۶: نتایج آزمون آنوا با اندازه‌های تکراری بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سولفات سدیم ۱۷۱
- جدول ۳-۴۷: نتایج آزمون منووا بر روی تغییرات خصوصیات فیزیکی-مکانیکی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سولفات سدیم ۱۷۲
- جدول ۴-۱: خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در شرایط استاتیکی برای مونوزوگرانیت‌های الوند ۱۸۲
- جدول ۴-۲: خلاصه‌ای از مشخصات آزمون‌های خستگی انجام شده بر روی مونوزوگرانیت‌ها ۱۸۲
- جدول ۴-۳: خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در شرایط استاتیکی برای تونالیت‌های الوند ۲۰۸
- جدول ۴-۴: خلاصه‌ای از مشخصات آزمون‌های خستگی انجام شده بر روی تونالیت‌ها ۲۰۹
- جدول ۴-۵: خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در شرایط استاتیکی برای هولولوکوگرانودیوریت‌های الوند ۲۲۵
- جدول ۴-۶: خلاصه‌ای از مشخصات آزمون‌های خستگی انجام شده بر روی هولولوکوگرانودیوریت‌ها ۲۲۵

- شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی شماتیک منطقه مورد مطالعه
- شکل ۲-۱: روند تغییرات دما طی ماه‌های مختلف سال در بازه زمانی ۱۳۵۵-۱۳۹۰. الف: روند تغییرات دمای حداکثر ب: روند تغییرات دمای حداقل، ج: روند تغییرات دمای میانگین (تنظیم بر اساس آمار سازمان هواشناسی همدان)
- شکل ۳-۱: الف) محل قرارگیری منطقه مورد مطالعه در زون سیرجان، ب) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
- شکل ۴-۱: الف) انکلاو گابرویی در مونزوگرانیت‌ها به عنوان هسته تشکیل تافونی، ب) نمونه‌ای از تافونی‌های موجود در این گرانیت‌ها
- شکل ۵-۱: جهت یافتگی فلدسپات‌ها و قطعات بیگانه در مونزوگرانیت‌های پورفیری
- شکل ۶-۱: نمایش درزه‌های قائم و درزه‌های افقی در محدوده آبشار (نگاه عکس به جنوب)
- شکل ۷-۱: الف) پهنه برشی خرد شده گسل در گرانیت‌های گنج‌نامه، ب: موقعیت گسل‌های اصلی منطقه (G1 گسل چایان - چشمه ملک، G2 گسل معکوس گنج‌نامه، G.L گسل چپ‌بر گنج‌نامه، G.R گسل راست‌بر گنج‌نامه)
- شکل ۸-۱: جابجایی نرمال دایک ناشی از عملکرد گسل G1
- شکل ۹-۱: جابجایی معکوس دایک ناشی از عملکرد گسل G2
- شکل ۱۰-۱: جابجایی راست‌بر دایک ناشی از عملکرد گسل امتداد لغز راست‌بر G.R
- شکل ۱۱-۱: ساخت‌های دگرشکلی در گرانیتهای منطقه، الف: جابجایی خطوط ماکل ناشی از فشارهای تکتونیکی، ب: تاب برداشتن ماکل زونینگ پلاژیوکلاز، ج: ظهور میرمکیت در حاشیه بلور و د: قطع شدگی ناگهانی خطوط ماکل همراه با تغییر ضخامت آن در بلور پلاژیوکلاز
- شکل ۱۲-۱: عکس ماهواره‌ای از محل‌های نمونه برداری گرانیتهای مورد مطالعه
- شکل ۱۳-۱: محدوده کانی شناسی گرانیتهای مورد مطالعه
- شکل ۲-۲: نمودار گلدیش و روند پایداری کانی‌ها در سطح زمین
- شکل ۲-۲: نمودار تغییر نوع هوازگی با آب و هوا
- شکل ۳-۲: نقش ریشه گیاهان علفی در تسهیل هوازگی تونالیت‌های الوند
- شکل ۴-۲: هوازگی انتخابی پلاژیوکلازهای دارای ساختار طبقه‌بندی (زونینگ) از محل هسته کلسیکی
- شکل ۵-۲: تصویر مقطع نازک از مونزوگرانیت‌ها با درجات مختلف هوازگی، الف: مونزوگرانیت غیر هوازده، ب: مونزوگرانیت کمی هوازده، ج: مونزوگرانیت با درجه هوازگی متوسط، د: مونزوگرانیت خیلی هوازده، ه: مونزوگرانیت کاملا هوازده
- شکل ۶-۲: تصویری از شروع سرسیتی شدن پلاژیوکلازها از محل رخ. Bt: بیوتیت، Pl: پلاژیوکلاز، Se: سرسیت، Am: آمفیبول
- شکل ۷-۲: تصویر مقطع نازک از تونالیت‌ها با درجات مختلف هوازگی، الف: تونالیت غیر هوازده، ب: تونالیت کمی هوازده، ج: تونالیت با درجه هوازگی متوسط، د: تونالیت خیلی هوازده، ه: تونالیت کاملا هوازده
- شکل ۸-۲: تصویر مقطع نازک از هولولوکوگرانودیوریت‌های الوند با درجات مختلف هوازگی، الف: گرانودیوریت غیر هوازده، ب: گرانودیوریت کمی هوازده، ج: گرانودیوریت با درجه هوازگی متوسط، د: گرانودیوریت خیلی هوازده، ه: گرانودیوریت کاملا هوازده
- شکل ۹-۲: نمودارهای XRD نمونه‌های مونزوگرانیت از سنگ غیر هوازده تا خاک برجا (RS)
- شکل ۱۰-۲: نمودارهای XRD نمونه‌های تونالیت از سنگ غیر هوازده تا خاک برجا (RS)
- شکل ۱۱-۲: نمودارهای XRD نمونه‌های هولولوکوگرانودیوریت از سنگ غیر هوازده تا خاک برجا (RS)
- شکل ۱۲-۲: روند تغییرات شاخص درجه تخریب برای سنگ‌های گرانیتهای الوند در درجات مختلف هوازگی
- شکل ۱۳-۲: روند تغییرات شاخص میکروپتروگرافی برای سنگ‌های گرانیتهای الوند در درجات مختلف هوازگی
- شکل ۱۴-۲: روند تغییرات شاخص نسبت کوارتز به فلدسپات برای سنگ‌های گرانیتهای الوند در درجات مختلف هوازگی
- شکل ۱۵-۲: روند تغییرات شاخص تراکم ریزترک‌ها برای سنگ‌های گرانیتهای الوند در درجات مختلف هوازگی
- شکل ۱۶-۲: روند تغییرات شاخص ریز شکستگی‌ها برای سنگ‌های گرانیتهای الوند در درجات مختلف هوازگی

- شکل ۲-۱۷: روند تغییرات تخلخل در برابر هوازگی ۶۴
- شکل ۲-۱۸: تغییرات درجه هوازگی و دانسیته خشک ۶۵
- شکل ۲-۱۹: تغییرات درجه هوازگی و دانسیته اشباع ۶۶
- شکل ۲-۲۰: تغییرات درجه هوازگی و شاخص جذب سریع آب ۶۷
- شکل ۲-۲۱: روند تغییرات سرعت سیر موج P در شرایط خشک و اشباع با افزایش درجه هوازگی در سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند ۶۸
- شکل ۲-۲۲: روند تغییرات ضریب هوازگی در شرایط خشک و اشباع برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند با افزایش درجه هوازگی ۶۹
- شکل ۲-۲۳: تغییرات درجه هوازگی و مقاومت کششی در شرایط خشک و اشباع ۷۱
- شکل ۲-۲۴: تغییرات درجه هوازگی و شاخص بار نقطه‌ای در شرایط خشک و اشباع ۷۳
- شکل ۲-۲۵: تصویری از نمونه‌های آماده شده برای انجام آزمون مقاومت فشاری تک محوری، الف: مونزوگرانیت، ب: تونالیت و ج: هولولوکوگرانودیوریت ۷۴
- شکل ۲-۲۶: تغییرات درجه هوازگی و مقاومت فشاری تک محوری در شرایط خشک و اشباع ۷۶
- شکل ۲-۲۷: منحنی‌های تنش-کرنش از سنگ غیر هوازده تا کاملاً هوازده در حالت خشک، الف: مونزوگرانیت، ب: تونالیت و ج: هولولوکوگرانودیوریت ۷۷
- شکل ۲-۲۸: منحنی‌های تنش-کرنش از سنگ غیر هوازده تا کاملاً هوازده در حالت اشباع، الف: مونزوگرانیت، ب: تونالیت و ج: هولولوکوگرانودیوریت ۷۸
- شکل ۲-۲۹: تغییرات مدول الاستیسیته مماسی خشک و اشباع در برابر درجه هوازگی ۸۰
- شکل ۲-۳۰: تغییرات مدول الاستیسیته متقاطع خشک و اشباع در برابر درجه هوازگی ۸۰
- شکل ۲-۳۱: نمونه‌های آماده شده از گرانیتوئیدهای الوند جهت انجام آزمون دوام‌پذیری، الف: قبل از آزمون، ب: چرخه ۸، ج: چرخه ۴۰ ۸۲
- شکل ۲-۳۲: نمودار دوام‌پذیری سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در درجات مختلف هوازگی، الف: مونزوگرانیت، ب: تونالیت و ج: هولولوکوگرانودیوریت ۸۴
- شکل ۲-۳۳: نمودار تغییرات دوام‌پذیری چرخه‌های دوم و هشتم سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در درجات مختلف هوازگی ۸۴
- شکل ۲-۳۴: روند تغییرات شاخص LOI در مقابل درجه هوازگی ۸۸
- شکل ۲-۳۵: روند تغییرات شاخص SA در مقابل درجه هوازگی ۸۸
- شکل ۲-۳۶: تغییرات درجه هوازگی و شاخص Kr ۸۹
- شکل ۲-۳۷: تغییرات درجه هوازگی و شاخص Ba ۹۰
- شکل ۲-۳۸: تغییرات درجه هوازگی و شاخص  $ba_1$  ۹۰
- شکل ۲-۳۹: تغییرات درجه هوازگی و شاخص  $ba_2$  ۹۱
- شکل ۲-۴۰: تغییرات درجه هوازگی و شاخص  $ba_3$  ۹۱
- شکل ۲-۴۱: تغییرات درجه هوازگی با شاخص SF ۹۲
- شکل ۲-۴۲: تغییرات درجه هوازگی و شاخص  $Si:R_2O_3$  ۹۳
- شکل ۲-۴۳: تغییرات درجه هوازگی و شاخص Bases to Al ۹۴
- شکل ۲-۴۴: تغییرات درجه هوازگی و شاخص Bases to  $R_2O_3$  ۹۴
- شکل ۲-۴۵: تغییرات درجه هوازگی و شاخص نسبت آلکالن ۹۵
- شکل ۲-۴۶: تغییرات درجه هوازگی و شاخص  $\alpha$  ۹۶
- شکل ۲-۴۷: تغییرات درجه هوازگی و شاخص b ۹۶
- شکل ۲-۴۸: تغییرات درجه هوازگی و شاخص CIA ۹۷

- شکل ۲-۴۹: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص  $b_1$  ۹۸
- شکل ۲-۵۰: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص CIW ۹۸
- شکل ۲-۵۱: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص CWI ۹۹
- شکل ۲-۵۲: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص شستگی ۱۰۰
- شکل ۲-۵۳: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص Imob ۱۰۰
- شکل ۲-۵۴: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص B ۱۰۱
- شکل ۲-۵۵: تغییرات درجه هوازدگی و فاکتور شستشو ۱۰۲
- شکل ۲-۵۶: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص K ۱۰۲
- شکل ۲-۵۷: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص آب شستگی ۱۰۳
- شکل ۲-۵۸: تغییرات درجه هوازدگی و شاخص تیتانیم ۱۰۳
- شکل ۲-۵۹: طبقه‌بندی هوازدگی سنگ‌های گرانیتوئیدی بر مبنای مقاومت فشاری تک محوری ۱۰۷
- شکل ۲-۶۰: طبقه‌بندی هوازدگی سنگ‌های گرانیتوئیدی بر مبنای شاخص مقاومت بار نقطه‌ای ۱۰۸
- شکل ۲-۶۱: طبقه‌بندی هوازدگی سنگ‌های گرانیتوئیدی بر مبنای شاخص ضریب هوازدگی K ۱۰۹
- شکل ۲-۶۲: طبقه‌بندی هوازدگی سنگ‌های گرانیتوئیدی بر مبنای شاخص جذب سریع آب Iv ۱۱۰
- شکل ۳-۱: تأثیر هوازدگی مکانیکی بر افزایش استعداد هوازدگی ۱۱۱
- شکل ۳-۲: کتیبه‌ای استفاده شده در آزمونهای دوام دراز مدت. A: کتیبه آزمون سولفات منیزیم، B: کتیبه آزمون ذوب و انجماد، C: کتیبه آزمون سرد و گرم شدن و D: کتیبه آزمون باران‌های اسیدی ۱۱۴
- شکل ۳-۳: تصویری از سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در چرخه‌های مختلف آزمون ذوب و انجماد ۱۱۷
- شکل ۳-۴: روند تغییرات دمایی در سیکل ذوب و انجماد ۱۱۷
- شکل ۳-۵: نمودارهای تغییرات تخلخل و درصد جذب سریع آب با تعداد چرخه‌های ذوب و انجماد ۱۱۹
- شکل ۳-۶: نمودارهای تغییرات دانسیته خشک و اشباع با تعداد چرخه‌های ذوب و انجماد ۱۲۰
- شکل ۳-۷: نمودارهای تغییرات سرعت سیر موج فشاری در حالت‌های خشک و اشباع با تعداد چرخه‌های ذوب و انجماد ۱۲۱
- شکل ۳-۸: نمودار تغییرات مقاومت تراکمی تک محوری با تعداد چرخه‌های ذوب و انجماد ۱۲۳
- شکل ۳-۹: نمودار تغییرات مقاومت کششی برزیلی با افزایش تعداد چرخه‌های ذوب و انجماد ۱۲۳
- شکل ۳-۱۰: تصویری از کتیبه شبیه سازی شده گنج نامه تحت آزمون ذوب و انجماد. الف: تصویر قبل از آزمون، ب: تصویر بعد از گذشت ۳۰۰ چرخه ۱۲۴
- شکل ۳-۱۱: روند تغییرات دمایی در طول چرخه سرد و گرم شدن ۱۲۷
- شکل ۳-۱۲: نمودارهای تغییرات تخلخل و درصد جذب سریع آب با تعداد چرخه‌های سرد و گرم شدن ۱۲۹
- شکل ۳-۱۳: نمودارهای تغییرات دانسیته خشک و اشباع با تعداد چرخه‌های سرد و گرم شدن ۱۳۰
- شکل ۳-۱۴: نمودارهای تغییرات سرعت سیر موج فشاری در شرایط خشک و اشباع با تعداد چرخه‌های سرد و گرم شدن ۱۳۱
- شکل ۳-۱۵: نمودار تغییرات مقاومت تراکمی تک محوری با تعداد چرخه‌های سرد و گرم شدن ۱۳۴
- شکل ۳-۱۶: نمودار تغییرات مقاومت کششی برزیلی با تعداد چرخه‌های سرد و گرم شدن ۱۳۴
- شکل ۳-۱۷: تصویری از کتیبه شبیه سازی شده گنج نامه تحت آزمون سرد و گرم شدن. الف: تصویر قبل از آزمون، ب: تصویر بعد از گذشت ۶۰۰ چرخه ۱۳۴
- شکل ۳-۱۸: نمودار تغییرات درصد سلامت موزوگرانیت‌ها در مقابل تعداد چرخه در محلول‌های الف: سولفات سدیم، ب: سولفات منیزیم ۱۳۹

- شکل ۳-۱۹: نمودار تغییرات درصد سلامت تونالیت‌ها در مقابل تعداد چرخه در محلول‌های الف: سولفات سدیم، ب: سولفات منیزیم ۱۴۰
- شکل ۳-۲۰: نمودار تغییرات درصد سلامت هولولوکوگرانودپوریت‌ها در مقابل تعداد چرخه در محلول‌های الف: سولفات سدیم، ب: سولفات منیزیم ۱۴۱
- شکل ۳-۲۱: تشکیل ترک در حاشیه درشت بلورهای فلدسپات در اثر هوازدهی نمک سولفات سدیم ۱۴۲
- شکل ۳-۲۲: روند تغییرات تخلخل در آزمون سلامت سنگ با استفاده از محلول‌های الف: سولفات سدیم، ب: سولفات منیزیم ۱۴۵
- شکل ۳-۲۳: روند تغییرات درصد جذب آب در آزمون سلامت سنگ با استفاده از محلول‌های الف: سولفات سدیم، ب: سولفات منیزیم ۱۴۷
- شکل ۳-۲۴: روند تغییرات دانسیته اشباع سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در برابر محلول‌های الف: سولفات سدیم و ب: سولفات منیزیم ۱۴۹
- شکل ۳-۲۵: روند تغییرات دانسیته خشک سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در برابر محلول‌های الف: سولفات سدیم و ب: سولفات منیزیم ۱۵۲
- شکل ۳-۲۶: روند تغییرات سرعت سیر موج فشاری در شرایط خشک برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در برابر محلول‌های الف: سولفات سدیم و ب: سولفات منیزیم ۱۵۳
- شکل ۳-۲۷: روند تغییرات سرعت سیر موج فشاری در شرایط اشباع برای سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در برابر محلول‌های الف: سولفات سدیم و ب: سولفات منیزیم ۱۵۴
- شکل ۳-۲۸: روند تغییرات مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت کششی برزیلی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سلامت سنگ با استفاده از سولفات سدیم ۱۵۵
- شکل ۳-۲۹: نمودارهای تنش-کرنش سنگ‌های مونزوگرانیته با تحمل تعداد چرخه‌های متفاوت سولفات سدیم ۱۵۷
- شکل ۳-۳۰: لهدیگی نمونه مونزوگرانیته به هنگام شکست در آزمون کشش برزیلی ناشی از تحمل چرخه‌های سولفات ۱۵۷
- شکل ۳-۳۱: روند تغییرات مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت کششی برزیلی سنگ‌های گرانیتوئیدی الوند در آزمون سلامت سنگ با استفاده از سولفات منیزیم ۱۵۹
- شکل ۳-۳۲: نمودارهای تنش-کرنش سنگ‌های مونزوگرانیته با تحمل تعداد چرخه‌های متفاوت سولفات منیزیم ۱۵۹
- شکل ۳-۳۳: روند تغییرات ایجاد شده در مونزوگرانیته‌ها در اثر تحمل چرخه‌های الف: سولفات سدیم و ب: سولفات منیزیم ۱۶۰
- شکل ۳-۳۴: گسترش ریز ترک در اثر فشار تبلور نمک سولفات سدیم در چرخه ۴۵ ۱۶۱
- شکل ۳-۳۵: چگونگی توسعه ترک در مونزوگرانیته‌های پورفیری و شکل گیری ترک بین بلوری در حاشیه درشت بلورهای فلدسپات ۱۶۱
- شکل ۳-۳۶: روند تغییرات کتیبه شبیه سازی شده در برابر چرخه‌های سولفات منیزیم ۱۶۳
- شکل ۳-۳۷: سنگ نوشته معروف داریوش در گنج نامه، همدان (۲۵۰۰ سال پیش) ۱۶۵
- شکل ۳-۳۸: کتیبه استفاده شده در هوازدهی باران اسیدی قبل از چرخه و بعد از تحمل چرخه‌های یک ساله ۱۶۵
- شکل ۳-۳۹: نمودارهای شاخص دوام تا سیکل ۱۵ برای هر سنگ مورد استفاده در کتیبه در سه اسیدپته متفاوت ۱۶۶
- شکل ۴-۱: سیمای کانی شناختی مونزوگرانیته الوند، الف: عکس مقطع کانی شناختی، ب: نتایج آنالیز XRD. Qz: کوارتز، Pl: پلاژیوکلاز، Or: اورتوز، Bt: بیوتی ۱۸۹
- شکل ۴-۲: نحوه آرایش کرنش سنج ها و سنسورهای ثبت امواج صوتی بر روی مغزه سنگی در آزمایش خستگی ۱۹۰
- شکل ۴-۳: نمایی از تجهیزات مورد استفاده در آزمایش خستگی ۱۹۱
- شکل ۴-۴: منحنی تنش-کرنش مونزوگرانیته‌های الوند در آزمون مقاومت فشاری تک محوری استاتیکی و دینامیکی ۱۹۳
- شکل ۴-۵: فرآیند آسیب خستگی سه مرحله‌ای از منظر کرنش‌های محوری و جانبی باقیمانده ۱۹۳
- شکل ۴-۶: روند آسیب خستگی برای کرنش بیشینه و کمینه در شرایط تنش بیشینه متفاوت. الف: کرنش محوری در برابر چرخه نسبی، ب: کرنش جانبی در برابر چرخه نسبی ۱۹۵
- شکل ۴-۷: روند تغییرات مدول مماسی در برابر چرخه نسبی در شرایط بارگذاری و باربرداری ۱۹۵
- شکل ۴-۸: روند تغییرات مدول متقاطع در برابر چرخه نسبی در شرایط بارگذاری و بار برداری ۱۹۵

- شکل ۴-۹: روند تغییرات الف: چقرمگی در برابر چرخه نسبی، ب: انرژی وارفتگی در برابر چرخه نسبی ۱۹۷
- شکل ۴-۱۰: ارتباط بین تنش گسیختگی در برابر تعداد چرخه‌های گسیختگی ۱۹۷
- شکل ۴-۱۱: روند آسیب خستگی کرنش محوری در برابر چرخه نسبی در شرایط بارگذاری با دامنه تنش متفاوت ۱۹۹
- شکل ۴-۱۲: روند آسیب خستگی کرنش جانبی در برابر چرخه نسبی در شرایط بارگذاری با دامنه تنش متفاوت ۱۹۹
- شکل ۴-۱۳: روند تغییرات مدول مماسی بارگذاری و باربرداری در برابر چرخه نسبی در شرایط بارگذاری با دامنه متفاوت ۲۰۰
- شکل ۴-۱۴: روند تغییرات مدول متقاطع بارگذاری و باربرداری در برابر چرخه نسبی در شرایط بارگذاری با دامنه متفاوت ۲۰۰
- شکل ۴-۱۵: روند تغییرات الف: چقرمگی و ب: انرژی وارفتگی در برابر چرخه نسبی در شرایط بارگذاری با دامنه متفاوت ۲۰۰
- شکل ۴-۱۶: روند تغییرات آسیب خستگی کرنشی در شرایط بارگذاری مشابه با فرکانس‌های متفاوت، الف: کرنش محوری باقیمانده در برابر چرخه نسبی، ب: کرنش محوری بیشینه در برابر چرخه نسبی، ج: کرنش جانبی باقیمانده در برابر چرخه نسبی، د: کرنش جانبی بیشینه در برابر چرخه نسبی ۲۰۲
- شکل ۴-۱۷: روند تغییرات مدول‌های الاستیک در شرایط بارگذاری مشابه با فرکانس‌های متفاوت، الف: مدول مماسی بارگذاری در برابر چرخه نسبی، ب: مدول مماسی باربرداری در برابر چرخه نسبی، ج: مدول متقاطع بارگذاری در برابر چرخه نسبی، د: مدول متقاطع باربرداری در برابر چرخه نسبی ۲۰۳
- شکل ۴-۱۸: روند تغییرات الف: چقرمگی در برابر چرخه نسبی، ب: انرژی وارفتگی در برابر چرخه نسبی ۲۰۴
- شکل ۴-۱۹: ارتباط بین فرکانس بارگذاری در برابر تعداد چرخه‌های گسیختگی ۲۰۴
- شکل ۴-۲۰: تغییرات آسیب خستگی کرنشی در شرایط بارگذاری پله‌ای، الف: کرنش محوری بیشینه در برابر چرخه نسبی، ب: کرنش محوری باقیمانده در برابر چرخه نسبی، ج: کرنش جانبی بیشینه در برابر چرخه نسبی، د: کرنش جانبی باقیمانده در برابر چرخه نسبی ۲۰۶
- شکل ۴-۲۱: روند تغییرات مدول‌های الاستیک در شرایط بارگذاری پله‌ای، الف: مدول مماسی بارگذاری در برابر چرخه نسبی، ب: مدول مماسی باربرداری در برابر چرخه نسبی، ج: مدول متقاطع بارگذاری در برابر چرخه نسبی، د: مدول متقاطع باربرداری در برابر چرخه نسبی ۲۰۷
- شکل ۴-۲۲: روند تغییرات چقرمگی (الف) و انرژی وارفتگی (ب) در برابر چرخه نسبی در بارگذاری پله‌ای ۲۰۷
- شکل ۴-۲۳: رفتار تغییر شکل‌پذیری مونزوگرنایت‌ها تحت فشارهای محصور کننده متفاوت در آزمون سه محوری استاتیکی ۲۰۹
- شکل ۴-۲۴: رفتار تغییر شکل‌پذیری مونزوگرنایت A29 در آزمون خستگی سه محوری با فشار محصور کننده ۱۰ مگاپاسکال ۲۰۹
- شکل ۴-۲۵: رفتار تغییر شکل‌پذیری مونزوگرنایت A59 در آزمون خستگی سه محوری مرحله‌ای با فشار محصور کننده ۲ مگاپاسکال ۲۰۹
- شکل ۴-۲۶: روند تغییرات کرنش محوری و جانبی در آزمون خستگی سه محوری با فشار محصور کننده ۱۰ مگاپاسکال ۲۱۱
- شکل ۴-۲۷: روند تغییرات مدول مماسی و متقاطع در آزمون خستگی سه محوری با فشار محصور کننده ۱۰ مگاپاسکال ۲۱۱
- شکل ۴-۲۸: روند تغییرات چقرمگی و انرژی وارفتگی در آزمون خستگی سه محوری با فشار محصور کننده ۱۰ مگاپاسکال ۲۱۱
- شکل ۴-۲۹: روند تغییرات کرنشی در بارگذاری سه محوری پله‌ای با فشار محصور کننده ۱۰ مگاپاسکال، (الف) کرنش محوری بیشینه، (ب) کرنش محوری باقیمانده، (ج) کرنش جانبی بیشینه و (د) در برابر تعداد چرخه ۲۱۲
- شکل ۴-۳۰: روند تغییرات مدول‌های الاستیک در بارگذاری سه محوری پله‌ای با فشار محصور کننده ۱۰ مگاپاسکال، (الف) مدول مماسی بارگذاری، (ب) مدول مماسی باربرداری، (ج) مدول متقاطع باربرداری و (د) مدول متقاطع باربرداری در برابر تعداد چرخه ۲۱۳
- شکل ۴-۳۱: روند تغییرات چقرمگی (الف) و انرژی وارفتگی (ب) در آزمون خستگی سه محوره پله‌ای با فشار محصور کننده ۱۰ مگاپاسکال ۲۱۴
- شکل ۴-۳۲: نحوه تشکیل سطح شکست در مونزوگرنایت‌ها تحت شرایط بارگذاری مختلف، الف: آزمون مقاومت فشاری تک محوری، ب: آزمون خستگی تک محوری، ج: آزمون خستگی سه محوری ۲۱۵
- شکل ۴-۳۳: نمودار انتشار امواج صوتی در آزمون خستگی برای سنسورهای نصب شده در بالا، مرکز و پایین نمونه مونزوگرنایت A23 ۲۱۶
- شکل ۴-۳۴: سیمای کانی شناختی تونالت‌های الوند، الف: عکس مقطع کانی شناختی، ب: نتایج آنالیز XRD، Qz: کوارتز، Pl: پلاژیوکلاز، Se: سرسیت، Ch: کلریت، Bt: بیوتیت ۲۱۷



- شکل ۴-۳۵: منحنی تنش کرنش استاتیکی و دینامیکی برای تونالیت الوند (نمونه T05) ۲۲۰
- شکل ۴-۳۶: روند تغییرات سه مرحله ای کرنش‌های باقیمانده (الف) محوری و (ب) جانبی (نمونه T05) ۲۲۰
- شکل ۴-۳۷: روند تغییرات کرنش محوری حداکثر و باقیمانده در بارگذاری چرخه‌ای ۲۲۱
- شکل ۴-۳۸: روند تغییرات کرنش جانبی حداکثر و باقیمانده در بارگذاری چرخه ای ۲۲۱
- شکل ۴-۳۹: روند تغییرات مدول مماسی بارگذاری و بار برداری در شرایط با بیشینه بار متفاوت ۲۲۳
- شکل ۴-۴۰: روند تغییرات مدول متقاطع بارگذاری و بار برداری در شرایط با بیشینه بار متفاوت ۲۲۳
- شکل ۴-۴۱: روند تغییرات چقرمگی در شرایط با بیشینه بار متفاوت ۲۲۳
- شکل ۴-۴۲: روند تغییرات انرژی وارفتگی در شرایط با بیشینه بار متفاوت ۲۲۴
- شکل ۴-۴۳: روند تغییرات نیرو-جابجایی دستگاه اینسترون طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T02 ۲۲۵
- شکل ۴-۴۴: روند تغییرات تنش-کرنش برای نمونه T02 طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل ۲۲۵
- شکل ۴-۴۵: روند تغییرات تنش کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T02 ۲۲۶
- شکل ۴-۴۶: روند تغییرات تنش بیشینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T02 ۲۲۶
- شکل ۴-۴۷: روند تغییرات کرنش محوری کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T02 ۲۲۷
- شکل ۴-۴۸: روند تغییرات کرنش محوری کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل (نمونه T02) ۲۲۷
- شکل ۴-۴۹: روند تغییرات کرنش جانبی کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل (نمونه T02) ۲۲۸
- شکل ۴-۵۰: روند تغییرات کرنش جانبی بیشینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل (نمونه T02) ۲۲۸
- شکل ۴-۵۱: روند تغییرات نیرو-جابجایی دستگاه اینسترون طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل (نمونه T03) ۲۲۹
- شکل ۴-۵۲: روند تغییرات تنش-کرنش برای نمونه T03 طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل ۲۲۹
- شکل ۴-۵۳: روند تغییرات تنش کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T03 ۲۳۰
- شکل ۴-۵۴: روند تغییرات تنش بیشینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T03 ۲۳۰
- شکل ۴-۵۵: روند تغییرات کرنش محوری کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T03 ۲۳۱
- شکل ۴-۵۶: روند تغییرات کرنش محوری بیشینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T03 ۲۳۲
- شکل ۴-۵۷: روند تغییرات کرنش جانبی کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T03 ۲۳۲
- شکل ۴-۵۸: روند تغییرات کرنش جانبی بیشینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه T03 ۲۳۳
- شکل ۴-۵۹: نمودار انتشار امواج صوتی در آزمون خستگی برای سنسورهای نصب شده در بالا، مرکز و پایین نمونه تونالیت T07 ۲۳۳
- شکل ۴-۶۰: سیمای کانی شناختی هولولوگرافیکراندیوریت الوند، الف: عکس مقطع کانی شناختی، ب: نتایج آنالیز XED، Qz: کوارتز، Pl: پلاژیوکلاز، Or: اورتوز ۲۳۴
- شکل ۴-۶۱: نمونه‌ای از منحنی تنش کرنش استاتیکی و دینامیکی برای هولولوگرافیکراندیوریت‌های الوند ۲۳۶
- شکل ۴-۶۲: انفجار هولولوگرافیکراندیوریت‌ها به هنگام شکست و پخش شدن اجزای آن ۲۳۷
- شکل ۴-۶۳: روند تغییرات کرنش محوری حداکثر و باقیمانده در بارگذاری چرخه ای ۲۳۸
- شکل ۴-۶۴: روند تغییرات کرنش جانبی حداکثر و باقیمانده در بارگذاری چرخه‌ای ۲۳۸
- شکل ۴-۶۵: روند تغییرات مدول‌های مماسی و متقاطع بارگذاری و باربرداری در شرایط با بیشینه بار متفاوت ۲۳۹
- شکل ۴-۶۶: روند تغییرات چقرمگی در شرایط با بارگذاری متفاوت ۲۴۰
- شکل ۴-۶۷: روند تغییرات انرژی وارفتگی در شرایط با بیشینه بار متفاوت ۲۴۱
- شکل ۴-۶۸: منحنی تنش-کرنش نمونه HO11 طی آزمایش خستگی پله‌ای ۲۴۱
- شکل ۴-۶۹: روند تغییرات کرنش‌های محوری بیشینه و باقیمانده در آزمون خستگی پله‌ای برای نمونه HO11 ۲۴۲

- شکل ۴-۷۰: روند تغییرات کرنش‌های جانبی بیشینه و باقیمانده در آزمون خستگی پله‌ای برای نمونه HO11 ۲۴۲
- شکل ۴-۷۱: روند تغییرات مدول متقاطع بارگذاری و باربرداری در آزمون خستگی نیروکنترل پله‌ای برای نمونه HO11 ۲۴۳
- شکل ۴-۷۲: روند تغییرات چقرمگی و انرژی وارفتگی در آزمون خستگی بارکنترل مرحله ای برای نمونه HO11 ۲۴۴
- شکل ۴-۷۳: روند تغییرات نیرو-جابجایی دستگاه اینسترون طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه HO3 ۲۴۵
- شکل ۴-۷۴: روند تغییرات تنش-کرنش برای نمونه HO3 طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل ۲۴۵
- شکل ۴-۷۵: روند تغییرات تنش بیشینه و کمینه طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه HO3 ۲۴۶
- شکل ۴-۷۶: روند تغییرات کرنش جانبی بیشینه و باقیمانده طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه HO3 ۲۴۶
- شکل ۴-۷۷: روند تغییرات کرنش محوری بیشینه و باقیمانده طی آزمایش خستگی جابجایی کنترل برای نمونه HO3 ۲۴۷

## فصل اول: زمین شناسی عمومی و اقلیم منطقه

- ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۱
- ۲-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه ۱
- ۳-۱- وضعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۳
- ۳-۱-۱- چینه شناسی ۳
- ۳-۱-۱-۱- سنگ شناسی آذرین ۴
- ۳-۱-۱-۱-۱- سنگ های مافیک و حد واسط ۶
- ۳-۱-۱-۱-۲- گرانیتوئیدها ۶
- ۳-۱-۱-۳-۱- پگماتیت ها، آپلیت ها و رگه های تاخیری ۷
- ۴-۱- مورفولوژی منطقه ۸
- ۵-۱- زمین شناسی ساختمانی ۹
- ۵-۱-۱- ساختارهای زمین شناسی ۱۰
- ۵-۱-۱-۱- ساختارهای اولیه ۱۰
- ۵-۱-۱-۱-۱- ساختارهای جریان ۱۰
- ۵-۱-۱-۲- شکستگی های اولیه ۱۱
- ۵-۱-۲- شکستگی های ثانویه یا زمین ساختی ۱۳
- ۵-۱-۳- ساختارهای میکروسکوپی ۱۶

## فصل دوم: هواز دگی شیمیایی و شاخص های هواز دگی گرانیتوئیدهای الوند

- ۱-۲- مقدمه ۱۸
- ۲-۲- هواز دگی و عوامل مؤثر بر آن ۱۹
- ۲-۲-۱- هواز دگی شیمیایی و عوامل مؤثر بر آن ۲۰
- ۲-۲-۱-۱- هیدرولیز ۲۲
- ۲-۲-۱-۲- اکسیداسیون ۲۲
- ۲-۲-۳- دگرسانی درونزاد (دگرسانی) ۲۳
- ۲-۲-۳-۱- واکنش های دگرسانی ۲۳
- ۲-۲-۳-۱-۱- هیدرولیز ۲۳
- ۲-۲-۳-۱-۲- هیدراسیون ۲۴
- ۲-۲-۳-۱-۳-۲- دهیدراسیون (آزدایی) ۲۴
- ۲-۲-۳-۲- انواع دگرسانی ۲۴
- ۲-۲-۳-۲-۱- دگرسانی پتاسیمی یا بیوتیتی - ارتوکلازی ۲۴
- ۲-۲-۳-۲-۲- دگرسانی فیلیکی یا سرستی ۲۴
- ۲-۲-۴- عوامل محیطی کنترل کننده هواز دگی در سنگ ها ۲۵
- ۲-۲-۴-۱- تأثیر آب و هوا بر نوع هواز دگی ۲۵
- ۲-۲-۴-۲- عوامل بیولوژیکی مؤثر بر هواز دگی ۲۶
- ۲-۲-۵- انواع طبقه بندی هواز دگی ۲۷
- ۲-۲-۵-۱- طبقه بندی مهندسی ۲۷
- ۲-۲-۵-۲- طبقه بندی توصیفی ۲۸
- ۲-۲-۶- شاخص های هواز دگی ۲۹

۲۹	۱-۶-۲- شاخص‌های هوازگی شیمیایی
۳۰	۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس نسبت مولکولی ارائه شده‌اند
۳۰	۱-۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس نسبت مولکولی مواد تحرک پذیر به مواد تحرک ناپذیر ارائه شده‌اند
۳۰	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت سیلیس به آلومینیوم (SA or ki)
۳۱	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت سسکو اکسیدها (Kr)
۳۲	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت پتاسیم، سدیم و کلسیم به آلومینیوم (Ba)
۳۲	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت پتاسیم - سدیم به آلومینیوم (ba <sub>1</sub> )
۳۲	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت کلسیم و منیزیم به آلومینیوم (ba <sub>2</sub> )
۳۲	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت پتاسیم، سدیم و منیزیم به آلومینیوم (ba <sub>3</sub> )
۳۳	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت سیلیس به آهن (SF)
۳۳	۱-۱-۱-۶-۲- نسبت سیلیس به R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۳۳	۱-۱-۱-۶-۲- شاخص بر اساس نسبت آلومینیوم ( Bases to alumina ratio )
۳۴	۱-۱-۱-۶-۲- شاخص بر اساس نسبت R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Bases to R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
۳۴	۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس نسبت مولکولی مواد تحرک پذیر به مواد تحرک ناپذیر ارائه شده‌اند
۳۴	۱-۱-۶-۲- شاخص نسبت آلکان (Alk Ratio)
۳۴	۱-۱-۶-۲- نسبت پتاسیم به سدیم (α)
۳۵	۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس نسبت مولکولی مواد تحرک ناپذیر به مواد تحرک ناپذیر ارائه شده‌اند
۳۵	۱-۱-۶-۲- نسبت آلومینیوم به آهن (b)
۳۵	۱-۱-۶-۲- شاخص شیمیایی دگرسانی (CIA)
۳۵	۱-۱-۶-۲- نسبت آلومینیوم به تیتانیوم (b <sub>1</sub> )
۳۵	۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس نسبت مولکولی مواد تحرک ناپذیر به مواد تحرک پذیر ارائه شده‌اند
۳۵	۱-۱-۶-۲- شاخص شیمیایی هوازگی هارنویس (CIW)
۳۶	۱-۱-۶-۲- شاخص هوازگی شیمیایی سئوکا (CWI)
۳۶	۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس والد، نرمالیزه شده‌اند
۳۶	۱-۱-۶-۲- شاخص شستگی (β)
۳۷	۱-۱-۶-۲- شاخص تحرک پذیری (I <sub>mob</sub> )
۳۷	۱-۱-۶-۲- نسبت نرمالیزه شده Ba والد (سنگ سالم) (B)
۳۷	۱-۱-۶-۲- فاکتور شستشو (Leaching Factor)
۳۸	۱-۱-۶-۳- شاخص K
۳۸	۱-۱-۶-۲- شاخص آب‌شستگی (β')
۳۹	۱-۱-۶-۲- شاخص تیتانیوم (Ti)
۳۹	۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس نسبت وزنی می‌باشند
۳۹	۱-۱-۶-۲- شاخص LOI
۳۹	۱-۱-۶-۲- شاخص‌هایی که بر اساس نسبت اتمی ارائه شده‌اند
۳۹	۱-۱-۶-۲- شاخص پارکر (Parker Index)
۴۰	۱-۱-۶-۲- شاخص‌های پتروگرافی و کانی شناسی
۴۰	۱-۱-۶-۲- شاخص درجه تخریب (Xd)
۴۰	۱-۱-۶-۲- شاخص تراکم ریز ترک‌ها (P)
۴۰	۱-۱-۶-۲- شاخص میکرو پترو گرافی (Ip)