



بسمه تعالی

تأییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای امین جمشیدی رساله ۲۴ واحدی خود را با عنوان: «مطالعه دوام پذیری سنگهای تراورتن در برابر چرخه‌های انجماد و آب شدن و تبلور نمک» در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۶ ارائه کردند. اعضای هیأت داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آن را برای تکمیل درجه دکتری پیشنهاد می‌کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیأت داوران
	استادیار	دکتر محمد رضا نیکودل	۱- استاد راهنما
	دانشیار	دکتر ماشاءاله خامه چیان	۲- استاد مشاور
	دانشیار	دکتر علی ارومیه ای	۳- استاد ناظر داخلی
	استادیار	دکتر غلامرضا شعاعی	۴- استاد ناظر داخلی
	استاد	دکتر محمد حسین قبادی	۵- استاد ناظر خارجی
	دانشیار	دکتر مرتضی احمدی	۶- استاد ناظر خارجی
	استادیار	دکتر غلامرضا شعاعی	۷- نماینده تحصیلات تکمیلی

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم‌افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **امین جعفری** دانشجوی رشته **زیرساخت‌های مخابراتی** و پرویدی سال تحصیلی **۱۳۸۹** مقطع **دانشکده علوم پایه** متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الذکر به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضاء: 

تاریخ: ۹۲/۱۱/۱۶

آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل رساله دکتری نگارنده در رشته زمین شناسی، زمین شناسی مهندسی است که در سال ۱۳۹۲ در دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمد رضا نیکودل و مشاوره جناب آقای دکتر ماشالله خامه چیان از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

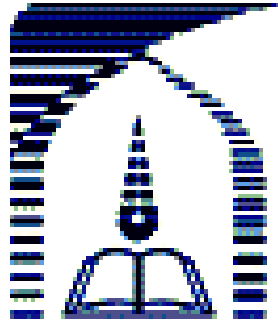
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب امین جمشیدی دانشجوی رشته زمین شناسی، زمین شناسی مهندسی مقطع دکترای تخصصی تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: امین جمشیدی

تاریخ و امضا: ۹۲/۱۱/۱۶



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم پایه
رساله دوره دکتری زمین‌شناسی مهندسی

مطالعه دوام پذیری سنگ‌های تراورتن در برابر چرخه‌های انجماد و آب شدن و تبلور نمک

نگارنده

امین جمشیدی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا نیکودل

استاد مشاور

دکتر ماشالله خامه‌چیان

بهمن ماه ۱۳۹۲

این ناچیز را اگر قدریست، تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان همه برایم مهر.

توانشان رفت تا به توانایی برسم و موهایشان سپید گشت تا رویم سپید بماند.

آنان که راستی قائم در سلگتی قاتشان تجلی یافت.

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه‌های جاودانی زندگی من است.

در برابر وجود کرامت‌آفرینان ادب بر زمین مینم و با قلبی مملو از عشق، محبت و خضوع بردست‌هایشان بوسه مینرخم.

سرو وجودشان همیشه سرسبز و مستدام باد.

"بِرفِعِ اللهُ الذِّينَ اٰمَنُوْا مِنْكُمْ وَالذِّينَ اٰتَوُا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ"

خداوند مقام اهل ایمان و دانشمندان عالم را (در دو جهان) رفیع می گرداند.

(سوره مبارکه مجادله-آیه ۱۱)

اکنون که به مدد پروردگار، دعای پدر و مادر، یاری اساتید و تلاش حقیر، برگ دیگری به دفتر زندگانی افزوده می گردد، قبل از هر چیز مراتب امتنان از درگاه ایزد دانا بجای آورده و از او برای ادامه راه دشواری که پیش روی است، مدد می جویم. بر دستان پر محبت پدر و مادرم که بی دریغ مهر را نثارم کردند و چشم بر ناملایمات روزگار بستند و فرصت تعلیم را از من نگرفتند بوسه می زنم.

در طول دوران تحصیلم افتخار حضور در کلاس درس معلمانی گرانبها در دانشگاه تهران و تربیت مدرس را داشتم، همیشه به ادب، سر تعظیم به سویشان دارم.

در انجام این تحقیق خود را مدیون زحمات و مساعدتهای عزیزان بسیاری می دانم که بی تردید بدون یاری و همکاری آنها، امکان به نتیجه رسیدن آن وجود نمی داشت. در اینجا بر خود لازم می دانم که زحماتشان را ارج نهاده و صمیمانه از همه آنان تشکر نمایم: - نخست از زحمات فراوان جناب آقای دکتر محمدرضا نیکودل به عنوان استاد راهنما به خاطر راهنمایی های ارزشمندشان در طول انجام این رساله و همچنین از ایشان به خاطر فراهم نمودن لوازم و امکانات جهت انجام آزمایش ها صمیمانه تشکر می نمایم. همچنین بر خود لازم می دانم از جناب آقای دکتر ماشالله خامه چیان که به عنوان استاد مشاور، اینجانب را از نقطه نظرات ارزشمند خود مطلع و شرایط هر چه بهتر را برای اجرای تحقیق مهیا فرمودند تشکر نمایم.

- از اساتید گروه زمین شناسی مهندسی جناب آقای دکتر علی ارومیه ای و جناب آقای دکتر غلامرضا شعاعی که در طول دوره تحصیل از محضرشان استفاده کردم کمال تشکر و قدردانی را دارم.

- بخشی از تحقیق حاضر حاصل همکاری و مساعدت های آقای احمد ذلولی دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی بود که از ایشان تشکر و قدردانی می شود.

- بخشی از مطالعات پتروگرافی با همکاری جناب آقای دکتر محسن رنجبران عضو هیئت علمی دانشکده زمین شناسی دانشگاه تهران صورت پذیرفت که از ایشان به خاطر زحماتی که متقبل شدند تشکر می کنم.

- در انجام مراحل مختلف این تحقیق از کمک دوست عزیز و یار همیشگی ام در طول دوره کارشناسی ارشد و دکتری، آقای مصطفی قادری حاجت و همکلاسی هایم آقایان سید علی رضا ناصحی و کریم روشن بخت استفاده فراوان بردم که لازم می دانم از این عزیزان کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

- از مدیریت و پرسنل معادن تراورتن های شهرستان های آذرشهر، محلات و فیروزکوه به خاطر همکاری در تهیه نمونه ها نیز تشکر می گردد.

- در نهایت از اعضای خانواده ام پدر و مادر، برادرها و خواهرهای عزیزم که در طول دوران تحصیلم همیشه یار و یاورم بودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می کنم.

امین جمشیدی، شانزدهم بهمن ماه یک هزار و سیصد و نود و دو هجری شمسی

چکیده

دوام‌پذیری سنگ‌ها تحت شرایط اقلیمی متغیر و مخرب یک عامل تعیین کننده برای پایداری سنگ‌های استفاده شده در نمای بیرونی ساختمان‌ها می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی متنوع ایران با دامنه‌ای از مناطق سردسیر، گرم و خشک و مناطق ساحلی، می‌توان گفت چرخه‌های انجماد و آب شدن و تبلور محلول‌های نمک از مهمترین عوامل محیطی هستند که باعث تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نتیجتاً دوام‌پذیری سنگ‌ها می‌شوند. در تحقیق حاضر با انجام آزمایش‌های چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب، چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم و چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم روی ۱۵ نمونه تراورتن ۳ هدف اصلی دنبال شده است؛ (۱) ارزیابی دوام-پذیری نمونه‌ها در مقابل عوامل فوق با بررسی‌های سنگ شناسی، تغییر وضعیت ظاهری (تغییر رنگ، تخریب فیزیکی و شیمیایی، شوره‌زدگی) و تغییر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی (چگالی اشباع، تخلخل موثر، جذب آب، مقاومت فشاری تک‌محوری، مقاومت کششی برزیلین، مقاومت بار نقطه‌ای و سرعت موج P) (۲) ارائه مدل‌های آماری دو و چند متغیره و همچنین معرفی پارامتر فیزیکو-مکانیکی برای تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در برابر عوامل فوق (۳) مقایسه تاثیر چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب، چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم و چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم روی دوام‌پذیری نمونه‌ها.

به این منظور آزمایش‌های انجماد و آب شدن در آب شرب، انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم و تبلور نمک در محلول سولفات سدیم تا ۶۰ چرخه روی نمونه‌ها انجام شد. بعد از هر ۱۰ چرخه انجماد و آب شدن و ۵ چرخه تبلور نمک، ویژگی‌های فیزیکی شامل چگالی اشباع، تخلخل موثر و جذب آب، ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت فشاری تک‌محوری، مقاومت کششی برزیلین، مقاومت بار نقطه‌ای، سرعت موج P و همچنین افت وزنی (DWL ٪) نمونه‌ها اندازه‌گیری و تغییرات آن‌ها در چرخه‌های مختلف بررسی شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده نشان می‌دهد تاثیر هر چرخه تبلور نمک در محلول سولفات سدیم تقریباً برابر با ۱/۵ چرخه انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم و ۲ برابر چرخه انجماد و آب شدن در آب شرب می‌باشد. علاوه بر این مدل‌های آماری دو و چند متغیره و همچنین پارامتر فیزیکو-مکانیکی ارائه شده در این تحقیق نشان دهنده دقت و صحت مناسب آن‌ها در تخمین دوام‌پذیری نمونه‌های مورد مطالعه و همچنین نمونه‌های سایر محققین می‌باشد.

واژگان کلیدی: دوام‌پذیری، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، ثابت زوال پذیری، نیمه عمر، مدل آماری، پارامتر فیزیکو-

مکانیکی

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه و تعریف مسئله.....	۲
۲-۱- ضرورت تحقیق.....	۶
۳-۱- سوالات تحقیق.....	۸
۴-۱- اهداف و جنبه‌های نوآوری تحقیق.....	۸
۵-۱- ساختار و روش انجام تحقیق.....	۹

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته

۱-۲- کلیات.....	۱۲
۲-۲- تأثیر انجماد و آب شدن روی انواع سنگ‌ها.....	۱۴
۳-۲- تأثیر تبلور نمک روی انواع سنگ‌ها.....	۲۰
۴-۲- مدل‌های آماری برای تخمین دوام‌پذیری سنگ‌ها در برابر انجماد و آب شدن و تبلور نمک.....	۲۷
۱-۴-۲- انجماد و آب شدن.....	۲۷
۲-۴-۲- تبلور نمک.....	۲۸

فصل سوم: دوام‌پذیری سنگ‌ها

۱-۳- کلیات.....	۳۱
۲-۳- فاکتورهای مؤثر بر دوام‌پذیری سنگ.....	۳۱
۱-۲-۳- عوامل درونی.....	۳۲
۱-۲-۳- ویژگی‌های پتروگرافی.....	۳۲
۲-۱-۲-۳- ویژگی‌های فیزیکی.....	۳۶
۳-۱-۲-۳- ویژگی‌های مکانیکی.....	۳۸
۲-۲-۳- عوامل بیرونی.....	۳۹
۱-۲-۲-۳- مکان کاربرد سنگ.....	۳۹
۲-۲-۲-۳- عوامل محیطی (اقلیمی).....	۴۰
۳-۳- آزمایش‌های ارزیابی دوام‌پذیری سنگ.....	۴۷
۱-۳-۳- بررسی‌های سنگ‌شناسی.....	۴۸
۲-۳-۳- آزمایش‌های فیزیکی.....	۴۹

- ۳-۳-۳- آزمایش‌های مکانیکی.....۴۹
- ۳-۳-۴- آزمایش‌های شبیه‌سازی.....۴۹

فصل چهارم: شرایط تشکیل تراورتن و زمین‌شناسی نمونه‌های مورد مطالعه

- ۴-۱- کلیات.....۵۲
- ۴-۲- تراورتن.....۵۲
- ۴-۳- گسترش جغرافیایی و خاستگاه ذخایر تراورتن ایران.....۵۹
- ۴-۴- تراورتن‌های مورد مطالعه.....۶۰
- ۴-۴-۱- شرایط زمین‌شناسی تراورتن‌های آذرشهر.....۶۳
- ۴-۴-۲- شرایط زمین‌شناسی تراورتن‌های محلات.....۶۸
- ۴-۴-۳- شرایط زمین‌شناسی تراورتن‌های فیروزکوه.....۷۱

فصل پنجم: شرح آزمایش‌های انجام شده و نتایج آن‌ها

- ۵-۱- کلیات.....۷۵
- ۵-۲- برنامه آزمون‌های آزمایشگاهی و تهیه نمونه‌های لازم.....۷۶
- ۵-۳- انجام آزمون‌های آزمایشگاهی و ارائه نتایج.....۸۰
- ۵-۳-۱- ویژگی‌های سنگ شناسی.....۸۰
- ۵-۳-۱-۱- مقاطع نازک میکروسکوپی.....۸۰
- ۵-۳-۱-۲- آنالیز XRD.....۸۳
- ۵-۳-۲- ویژگی‌های فیزیکی.....۸۳
- ۵-۳-۳- ویژگی‌های مکانیکی.....۹۱
- ۵-۳-۳-۱- مقاومت فشاری تک‌محوری.....۹۱
- ۵-۳-۳-۲- مقاومت کششی برزیلین.....۹۲
- ۵-۳-۳-۳- مقاومت بار نقطه‌ای.....۹۳
- ۵-۳-۳-۴- سرعت موج P.....۹۵
- ۵-۳-۴- آزمایش‌های دوام‌پذیری.....۹۸
- ۵-۳-۴-۱- آزمایش چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب.....۹۹
- ۵-۳-۴-۲- آزمایش چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم.....۱۰۱
- ۵-۳-۴-۳- آزمایش چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم.....۱۰۲

فصل ششم: تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش‌ها

- ۱-۶- نحوه تجزیه و تحلیل نتایج..... ۱۲۰
- ۲-۶- چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب (F_{DW})..... ۱۲۲
- ۱-۲-۶- ارزیابی دوام‌پذیری نمونه‌ها..... ۱۲۲
- ۱-۱-۲-۶- تغییر وضعیت ظاهری نمونه‌ها..... ۱۲۲
- ۲-۱-۲-۶- تغییر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها..... ۱۲۴
- ۲-۲-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها بر اساس مدل آماری دو متغیره..... ۱۳۰
- ۳-۲-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها بر اساس مدل آماری چند متغیره..... ۱۳۹
- ۴-۲-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در هر چرخه‌ی از آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب بر اساس ترکیب مدل آماری دو متغیره و چند متغیره..... ۱۵۱
- ۳-۶- چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم (F_{SS})..... ۱۶۲
- ۱-۳-۶- ارزیابی دوام‌پذیری نمونه‌ها..... ۱۶۲
- ۱-۱-۳-۶- تغییر وضعیت ظاهری نمونه‌ها..... ۱۶۲
- ۲-۱-۳-۶- تغییر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها..... ۱۶۶
- ۳-۳-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها بر اساس مدل آماری چند متغیره..... ۱۷۸
- ۴-۳-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در هر چرخه‌ی از آزمایش انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم بر اساس ترکیب مدل آماری دو متغیره و چند متغیره..... ۱۷۹
- ۴-۶- چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم (SC)..... ۱۸۶
- ۱-۴-۶- ارزیابی دوام‌پذیری نمونه‌ها..... ۱۸۶
- ۱-۱-۴-۶- تغییر وضعیت ظاهری نمونه‌ها..... ۱۸۶
- ۲-۱-۴-۶- تغییر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها..... ۱۹۶
- ۲-۴-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها بر اساس مدل آماری دو متغیره..... ۲۰۳
- ۳-۴-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها بر اساس مدل آماری چند متغیره..... ۲۰۷
- ۴-۴-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در هر چرخه‌ی از آزمایش تبلور نمک در محلول سولفات سدیم بر اساس ترکیب مدل آماری دو متغیره و چند متغیره..... ۲۰۸
- ۵-۶- معرفی پارامتر فیزیکی-مکانیکی برای تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در مقابل آزمایش‌های مختلف دوام..... ۲۱۵
- ۱-۵-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در مقابل چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب بر اساس پارامتر فیزیکی-مکانیکی..... ۲۱۸
- ۲-۵-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در مقابل چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم بر اساس پارامتر فیزیکی-مکانیکی..... ۲۲۲
- ۳-۵-۶- تخمین دوام‌پذیری نمونه‌ها در مقابل چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم بر اساس پارامتر فیزیکی-

مکانیکی.....	۲۲۶
۶-۶- مقایسه دوام‌پذیری نمونه‌ها در برابر آزمایش‌های مختلف دوام‌پذیری (F _{DW} , F _{SS} , SC).....	۲۳۱
۶-۶-۱- مقایسه دوام‌پذیری نمونه‌ها بر اساس درصد تغییرات ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی، و افت وزنی.....	۲۳۱
۶-۶-۲- مقایسه دوام‌پذیری نمونه‌ها بر اساس نیمه عمر (N _{1/2}) ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی.....	۲۳۵
۶-۶-۳- رابطه نیمه عمر (N _{1/2}) و درصد تغییرات ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها.....	۲۴۹

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۷- مقدمه.....	۲۴۸
۲-۷- نتیجه‌گیری.....	۲۴۹
۳-۷- پیشنهادات.....	۲۵۱
منابع.....	۲۵۲

پیوست (الف): تصاویر معادن، پلاک‌ها، تعدادی از بلوک‌های تهیه شده، مقاطع میکروسکوپی و نتایج XRD نمونه‌های مورد مطالعه
 پیوست (ب): نمودارهای تغییرات ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و افت وزنی نمونه‌ها در برابر چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب، چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم و چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم
 پیوست (ج): نمودارهای Q-Q ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها در چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب

فهرست جداول

صفحه

شماره و عنوان جدول

جداول فصل دوم:

جدول ۱-۲- تحقیقات محققین روی سنگ‌ها..... ۱۲

جداول فصل سوم:

جدول ۱-۳- فشار تبلور برخی از نمک‌های متداول..... ۴۶

جدول ۲-۳- رده‌بندی دوام‌پذیری سنگ‌ها بر اساس افت وزنی آن‌ها در چرخه ۱۵ آزمایش تبلور نمک..... ۴۷

جداول فصل چهارم:

جدول ۱-۴- نام تجاری، زمین‌شناسی، رده و مختصات جغرافیایی محل نمونه‌برداری‌ها..... ۶۲

جداول فصل پنجم:

جدول ۱-۵- نام تجاری، زمین‌شناسی و محل نمونه‌برداری تراورتن‌های مورد مطالعه..... ۷۶

جدول ۲-۵- نوع آزمایش‌ها، تعداد و شکل نمونه و استاندارد مورد استفاده برای تعیین ویژگی‌های نمونه‌ها در شرایط بکر..... ۷۹

جدول ۳-۵- نوع آزمایش‌ها، تعداد و شکل نمونه و استاندارد مورد استفاده برای تعیین ویژگی‌های نمونه‌ها در آزمایش‌های مختلف

دوام‌پذیری..... ۸۰

جدول ۴-۵- نتایج مطالعات سنگ‌شناسی نمونه‌ها بر اساس مشاهده نمونه دستی (ماکروسکوپی)، مقاطع نازک میکروسکوپی و

آنالیز XRD..... ۸۲

جدول ۵-۵- نتایج آزمون‌های تعیین ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌ها..... ۸۹

جدول ۶-۵- نتایج آزمون‌های تعیین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها..... ۹۷

جدول ۷-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی تراورتن قرمز در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۰۴

جدول ۸-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی تراورتن گردویی در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۰۵

جدول ۹-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی تراورتن لیمویی در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۰۶

جدول ۱۰-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی تراورتن طوسی در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۰۷

جدول ۱۱-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی قرمز دستجرد در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۰۸

جدول ۱۲-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی سبز دستجرد در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۰۹

جدول ۱۳-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی سفید دستجرد در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۱۰

جدول ۱۴-۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی سفید آتشکوه در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام‌پذیری..... ۱۱۱

- جدول ۵-۱۵- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی کرم عباس آباد در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام پذیری.....۱۱۲
- جدول ۵-۱۶- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی سفید عباس آباد در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام پذیری.....۱۱۳
- جدول ۵-۱۷- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی سفید آبیار در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام پذیری.....۱۱۴
- جدول ۵-۱۸- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی کرم دره بخاری در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام پذیری.....۱۱۵
- جدول ۵-۱۹- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی کرم آتشکوه در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام پذیری.....۱۱۶
- جدول ۵-۲۰- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی شکلاتی فیروزکوه در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام پذیری.....۱۱۷
- جدول ۵-۲۱- ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و افت وزنی کرم فیروزکوه در چرخه‌های مختلف آزمایش‌های دوام پذیری.....۱۱۸

جداول فصل ششم:

- جدول ۶-۱- نوع مدل، ضریب تعیین، پارامترهای ثابت زوال پذیری (λ) و نیمه عمر ($N_{1/2}$) ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها بر اساس آنالیز رگرسیون دو متغیره در چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب (F_{DW}).....۱۳۷
- جدول ۶-۲- نوع مدل، ضریب تعیین، پارامترهای ثابت زوال پذیری (λ) و نیمه عمر ($N_{1/2}$) ویژگی‌های فیزیکی و افت وزنی نمونه‌ها بر اساس آنالیز رگرسیون دو متغیره در چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب (F_{DW}).....۱۳۸
- جدول ۶-۳- مدل‌های چند متغیره برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در چرخه ۶۰ آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب (F_{DW}).....۱۴۰
- جدول ۶-۴- خلاصه مدل آماری در خروجی تحلیل رگرسیون چند متغیره.....۱۴۰
- جدول ۶-۵- جدول تحلیل واریانس در خروجی تحلیل رگرسیون چند متغیره.....۱۴۱
- جدول ۶-۶- جدول ضرایب رگرسیون در خروجی تحلیل رگرسیون چند متغیره.....۱۴۱
- جدول ۶-۷- نتایج تعیین چولگی و کشیدگی ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب (F_{DW})...۱۴۳
- جدول ۶-۸- نتایج تعیین سطح معنی داری در آزمون Shapiro-Wilk داده‌های آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب (F_{DW}).....۱۴۵
- جدول ۶-۹- مقادیر بحرانی توزیع F.....۱۳۹
- جدول ۶-۱۰- مدل‌های نهایی چند متغیره برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در هر چرخه‌ای از آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب (F_{DW}).....۱۵۵
- جدول ۶-۱۱- مقادیر مقاومت فشاری تک محوری واقعی، تخمین زده شده از مدل نمایی و خطی در چرخه‌های مختلف آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب(تراورتن قرمز).....۱۵۶
- جدول ۶-۱۲- صحت سنجی مدل‌های شماره ۲ و ۶ در جدول (۶-۱۰) برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی بعد از آزمایش چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب با استفاده از داده‌های سایر محققین.....۱۵۸
- جدول ۶-۱۳- صحت سنجی مدل‌های شماره ۱۰ و ۱۴ در جدول (۶-۱۰) برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی بعد از آزمایش چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب با استفاده از داده‌های سایر محققین.....۱۵۹
- جدول ۶-۱۴- نوع مدل، ضریب تعیین، پارامترهای ثابت زوال پذیری (λ) و نیمه عمر ($N_{1/2}$) ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها بر اساس آنالیز رگرسیون دو متغیره در چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم (F_{SS}).....۱۷۶

جدول ۶-۱۵- نوع مدل، ضریب تعیین، پارامترهای ثابت زوال پذیری (λ) و نیمه عمر ($N_{1/2}$) ویژگی‌های فیزیکی و افت وزنی نمونه-ها بر اساس آنالیز رگرسیون دو متغیره در چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم (Fss) ۱۷۷

جدول ۶-۱۶- مدل‌های چند متغیره برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در چرخه ۶۰ آزمایش انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم (Fss) ۱۷۹

جدول ۶-۱۷- مدل‌های نهایی چند متغیره برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در هر چرخه‌ای از آزمایش انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم (Fss) ۱۸۰

جدول ۶-۱۸- صحت سنجی مدل‌های شماره ۲، ۶، ۱۰ و ۱۴ در جدول (۶-۱۷) برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها بعد از ۳۰ چرخه آزمایش چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم ۱۸۳

جدول ۶-۱۹- صحت سنجی مدل‌های شماره ۱۰ و ۱۴ در جدول (۶-۱۷) برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها بعد از ۳۰ و ۵۰ چرخه آزمایش چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم ۱۸۴

جدول ۶-۲۰- نوع مدل، ضریب تعیین، پارامترهای ثابت زوال پذیری (λ) و نیمه عمر ($N_{1/2}$) ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها بر اساس آنالیز رگرسیون دو متغیره در چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم (SC) ۲۰۵

جدول ۶-۲۱- نوع مدل، ضریب تعیین، پارامترهای ثابت زوال پذیری (λ) و نیمه عمر ($N_{1/2}$) ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌ها بر اساس آنالیز رگرسیون دو متغیره در چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم (SC) ۲۰۶

جدول ۶-۲۲- مدل‌های چند متغیره برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در چرخه ۶۰ آزمایش تبلور نمک در محلول سولفات سدیم (SC) ۲۰۷

جدول ۶-۲۳- مدل‌های نهایی چند متغیره برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در هر چرخه‌ای از آزمایش تبلور نمک در محلول سولفات سدیم (SC) ۲۱۰

جدول ۶-۲۴- صحت سنجی مدل‌های شماره ۲ و ۶، در جدول (۶-۲۳) برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی بعد از آزمایش چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم با استفاده از داده‌های سایر محققین ۲۱۲

جدول ۶-۲۵- صحت سنجی مدل‌های شماره ۱۰ و ۱۴ در جدول (۶-۲۳) برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی بعد از آزمایش چرخه-های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم با استفاده از داده‌های سایر محققین ۲۱۳

جدول ۶-۲۶- ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی برای تعیین پارامتر فیزیکو-مکانیکی ۲۱۶

جدول ۶-۲۷- مقادیر پارامتر فیزیکو-مکانیکی نمونه‌ها بر اساس ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی ۲۱۷

جدول ۶-۲۸- مقادیر ویژگی‌های مکانیکی بعد از ۶۰ چرخه آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب ۲۱۸

جدول ۶-۲۹- مدل‌های نهایی بر اساس پارامتر فیزیکو-مکانیکی برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در چرخه ۶۰ آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب ۲۲۱

جدول ۶-۳۰- مقادیر ویژگی‌های مکانیکی بعد از ۶۰ چرخه آزمایش انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم ۲۲۳

جدول ۶-۳۱- مدل‌های نهایی بر اساس پارامتر فیزیکو-مکانیکی برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در چرخه ۶۰ آزمایش انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم ۲۲۶

جدول ۶-۳۲- مقادیر ویژگی‌های مکانیکی بعد از ۶۰ چرخه آزمایش تبلور نمک در محلول سولفات سدیم ۲۲۸

- جدول ۳۳-۶- مدل‌های نهایی بر اساس پارامتر فیزیکو-مکانیکی برای تخمین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها در چرخه ۶۰ آزمایش تبلور نمک در محلول سولفات سدیم..... ۲۳۱
- جدول ۳۴-۶- درصد کاهش و افزایش ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و افت وزنی نمونه‌ها در چرخه‌های آزمایش‌های مختلف دوام پذیری..... ۲۳۴
- جدول ۳۵-۶- نیمه عمر ($N_{1/2}$) ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و افت وزنی نمونه‌ها در چرخه‌های آزمایش‌های مختلف دوام پذیری..... ۲۳۶
- جدول ۳۶-۶- مقادیر چرخه معادل آزمایش‌های مختلف دوام‌پذیری روی نمونه‌ها با توجه به ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی..... ۲۴۰
- جدول ۳۷-۶- روابط بین نیمه عمر ($N_{1/2}$) با درصد تغییرات ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها در آزمایش‌های مختلف دوام-پذیری..... ۲۴۶

فهرست شکل‌ها

صفحه

شماره و عنوان شکل

شکل‌های فصل اول:

- شکل ۱-۱- استفاده از سنگ در بناهای تاریخی..... ۳
- شکل ۲-۱- تعدادی از کاربردهای سنگ در ساختمان‌ها الف) سنگ پوشش نما ب) پلکان..... ۴

شکل‌های فصل سوم:

- شکل ۱-۳- رابطه نسبت کوارتز به فلدسپات و مقاومت فشاری تک محوری..... ۳۳
- شکل ۲-۳- رابطه بین میانگین اندازه دانه‌ها و مقاومت تک محوری گرانیت..... ۳۴
- شکل ۳-۳- انواع مرزهای بین دانه‌ها..... ۳۵
- شکل ۴-۳- تقسیم بندی شرایط اقلیمی ایران..... ۴۱
- شکل ۵-۳- الف) توسعه و تشکیل ترک‌ها و ب) زوال پذیری در اثر انجماد و آب شدن در نمونه‌ای از سنگ‌های به کار برده شده در نمای بیرونی ساختمان‌ها..... ۴۳
- شکل ۶-۳- تخریب و زوال پذیری سنگ‌ها ناشی از تبلور نمک..... ۴۵
- شکل ۷-۳- الگوی تبلور نمک سولفات سدیم..... ۴۶

شکل‌های فصل چهارم:

- شکل ۱-۴- نمونه‌ای از کاربرد تراورتن‌های مورد مطالعه (تراورتن قرمز) در نمای بیرونی ساختمان‌ها الف) سنگ پوشش نما ب) پلکان..... ۵۲
- شکل ۲-۴- تنوع رنگی در تراورتن‌ها..... ۵۵
- شکل ۳-۴- انواع برش در تراورتن‌ها الف) عمود بر لایه بندی ب) موازی با لایه بندی..... ۵۶
- شکل ۴-۴- تراورتن الف) بدون مواد پر کننده خلل و فرج و ب) با مواد پر کننده خلل و فرج..... ۵۶
- شکل ۵-۴- انواع تراورتن‌ها بعد از فرآوری برای کاربرد در نمای ساختمان‌ها الف) بدون پرداخت صاف و دارای بازتاب ج) قلم کاری شده د) فرآوری شده با پرداخت صاف و بدون بازتاب..... ۵۷
- شکل ۶-۴- کوب دهی مناسب در معادن تراورتن..... ۵۷
- شکل ۷-۴- اسلب دهی مناسب تراورتن‌ها..... ۵۸
- شکل ۸-۴- دامنه کاربرد تراورتن‌ها در نمای داخلی ساختمان..... ۵۹
- شکل ۹-۴- دامنه کاربرد تراورتن‌ها در نمای بیرونی ساختمان..... ۵۹
- شکل ۱۰-۴- موقعیت جغرافیایی معادن تهیه نمونه‌ها و تعدادی از معادن (A); نمونه‌های آذرشهر، M; نمونه‌های محلات، F; نمونه‌های فیروزکوه)..... ۶۱

شکل ۴-۱۱- تعدادی از معادن الف) معدن عباس آباد محلات (سفید عباس آباد) ب) معدن سردارآباد آذرشهر (تراورتن قرمز) ج) معدن نادینلو آذرشهر (تراورتن گردویی) د) معدن دلیچای فیروزکوه (کرم فیروزکوه) ۶۲

شکل ۴-۱۲- چشمه تاپ تاپان در آذرشهر یکی از چشمه‌های آهک‌ساز عهد حاضر..... ۶۴

شکل ۴-۱۳- موقعیت زمین شناسی تراورتن‌های آذرشهر (کادر هاشورخورده با رنگ سیاه محدوده نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد) (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۱) ۶۶

شکل ۴-۱۴- موقعیت زمین شناسی تراورتن‌های محلات (کادر هاشورخورده با رنگ سیاه محدوده نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد) (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۸) ۷۰

شکل ۴-۱۵- موقعیت زمین شناسی تراورتن‌های فیروزکوه (کادر هاشورخورده با رنگ سیاه محدوده نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد) (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۴۹) ۷۲

شکل‌های فصل پنجم:

شکل ۵-۱- بلوک‌های تهیه شده از معادن برای انتقال به آزمایشگاه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس..... ۷۶

شکل ۵-۲- برنامه انجام آزمون‌های آزمایشگاهی..... ۷۷

شکل ۵-۳- دستگاه‌های مورد استفاده برای تهیه نمونه‌های لازم به منظور انجام آزمون‌های آزمایشگاهی الف) دستگاه مغزه‌گیر ب) دستگاه برش ج) دستگاه ساب..... ۷۸

شکل ۵-۴- تعدادی از مغزه‌های تهیه شده الف) بدون برش و ساب ب) بعد از برش و ساب..... ۷۹

شکل ۵-۵- مقاطع نازک تراورتن گردویی آذرشهر الف) مقطع عمود بر امتداد لایه‌بندی ب) مقطع موازی بر امتداد لایه‌بندی..... ۸۱

شکل ۵-۶- تعیین تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی الف) روش ارشمیدوس برای تعیین چگالی، تخلخل و جذب آب ب) دستگاه پمپ خلا برای تعیین وزن مخصوص ج) دستگاه پمپ خلا برای تعیین ضریب اشباع..... ۸۴

شکل ۵-۷- تعدادی از مقاطع میکروسکوپی..... ۸۶

شکل ۵-۸- الگوی عکس برداری از مقاطع میکروسکوپی: شکل سمت راست مقطع عمود بر لایه بندی و سمت چپ موازی با لایه بندی..... ۸۶

شکل ۵-۹- شکل سمت راست، قطعه بندی شده تصویر سمت چپ است..... ۸۷

شکل ۵-۱۰- نمودار ستونی مقادیر ضریب اشباع نمونه‌ها..... ۹۰

شکل ۵-۱۱- نمودار ستونی مقادیر میانگین قطر حفره‌های نمونه‌ها..... ۹۱

شکل ۵-۱۲- دستگاه آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوری ب) نمونه‌های آماده‌سازی شده برای آزمایش..... ۹۲

شکل ۵-۱۳- دستگاه آزمایش CBR برای تعیین مقاومت کششی برزیلین ب) تعدادی از نمونه‌ها بعد از گسیختگی..... ۹۳

شکل ۵-۱۴- دستگاه آزمایش مقاومت بار نقطه‌ای ب) تعدادی از نمونه‌ها بعد از گسیختگی..... ۹۴

شکل ۵-۱۵- طرح شماتیک دستگاه اندازه‌گیری سرعت امواج التراسونیک ب) دستگاه آزمایش سرعت موج التراسونیک..... ۹۵

شکل ۵-۱۶- نمودار ستونی ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌ها..... ۹۸

شکل ۵-۱۷- منحنی دمایی یک چرخه انجماد و آب شدن در آب شرب..... ۹۹

شکل ۵-۱۸- دستگاه فریزر، تعدادی از نمونه‌ها و استخر مورد استفاده برای آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب..... ۱۰۰

شکل ۵-۱۹- الف) فاز دیاگرام و شرایط ترمودینامیکی آزمایش انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم و ب) منحنی دمایی یک چرخه انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم..... ۱۰۲

شکل ۵-۲۰- منحنی دمایی یک چرخه تبلور نمک در محلول سولفات سدیم..... ۱۰۳

شکل ۵-۲۱- الف) استخر مورد استفاده برای آزمایش تبلور نمک و ب) تعدادی از نمونه‌هایی تهیه شده برای تعیین افت وزنی (تراورتن طوسی)..... ۱۰۳

شکل‌های فصل ششم:

شکل ۶-۱- خلاصه ای از نحوه تجزیه و تحلیل داده‌های خام تحقیق حاضر..... ۱۲۱

شکل ۶-۲- تغییر وضعیت ظاهری تراورتن گردویی در چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب از نقطه نظر تغییر رنگ و تخریب شیمیایی الف) شرایط بکر ب) چرخه ۳۰ ج) چرخه ۶۰..... ۱۲۲

شکل ۶-۳- افت وزنی نمونه‌ها (DWL) در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۲۴

شکل ۶-۴- تغییر وضعیت ظاهری تراورتن قرمز در چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب از نقطه نظر تخریب فیزیکی الف) شرایط بکر ب) چرخه ۳۰ ج) چرخه ۶۰..... ۱۲۴

شکل ۶-۵- مقاومت فشاری تک محوری نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۲۷

شکل ۶-۶- مقاومت کششی برزیلین نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۲۸

شکل ۶-۷- مقاومت بار نقطه‌ای نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۲۸

شکل ۶-۸- سرعت موج P نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۲۹

شکل ۶-۹- چگالی اشباع نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۲۹

شکل ۶-۱۰- تخلخل موثر نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۳۰

شکل ۶-۱۱- جذب آب نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (FDW)..... ۱۳۰

شکل ۶-۱۲- دو مدل پیشنهادی برای تغییرات ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی و افت وزنی نمونه‌ها در چرخه‌های انجماد و آب شدن در آب شرب الف) مدل نمایی ب) مدل خطی..... ۱۳۱

شکل ۶-۱۳- منحنی توزیع نرمال..... ۱۴۲

شکل ۶-۱۴- نمودار هستیوگرام و منحنی توزیع نرمال برای الف) مقاومت فشاری تک محوری نمونه‌ها در چرخه ۶۰ آزمایش انجماد و آب شدن در آب شرب..... ۱۴۴

شکل ۶-۱۵- نمودار توزیع احتمال F برای مدل چند متغیره در معادله (۶-۱۲)..... ۱۴۹

شکل ۶-۱۶- رابطه تخلخل موثر و جذب آب نمونه‌ها در شرایط بکر..... ۱۵۱

شکل ۶-۱۷- اختلاف مقاومت فشاری تک محوری تخمین زده شده از مدل نمایی و خطی (تراورتن قرمز)..... ۱۵۶

شکل ۶-۱۸- مقادیر واقعی مقاومت فشاری تک محوری در تحقیقات سایر محققین در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۲..... ۱۶۱

- شکل ۶-۱۹- مقادیر واقعی مقاومت کششی برزیلین در تحقیقات سایر محققین در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۶..... ۱۶۱
- شکل ۶-۲۰- مقادیر واقعی مقاومت بار نقطه‌ای در تحقیقات سایر محققین در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۱۰..... ۱۶۱
- شکل ۶-۲۱- مقادیر واقعی سرعت موج P در تحقیقات سایر محققین در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۱..... ۱۶۱
- شکل ۶-۲۲- تغییر وضعیت ظاهری (از دیدگاه تغییر رنگ و شوره زدگی) تراورتن قرمز، لیمویی و کرم آتشکوه در چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم الف) شرایط بکر ب) چرخه ۳۰ ج) چرخه ۶۰..... ۱۶۳
- شکل ۶-۲۳- تغییر وضعیت ظاهری (از دیدگاه تخریب فیزیکی) تراورتن قرمز در چرخه‌های انجماد و آب شدن در محلول سولفات سدیم الف) شرایط بکر ب) چرخه ۶۰..... ۱۶۵
- شکل ۶-۲۴- افت وزنی نمونه‌ها (DWL) در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۶۶
- شکل ۶-۲۵- مقاومت فشاری تک محوری نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۶۸
- شکل ۶-۲۶- مقاومت کششی برزیلین نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۶۸
- شکل ۶-۲۷- مقاومت بار نقطه‌ای نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۶۹
- شکل ۶-۲۸- ناهمگنی تعدادی از نمونه‌ها الف) تراورتن سفید آبیبار ب) قرمز دستجرد ج) تراورتن طوسی و کرم عباس آباد..... ۱۷۰
- شکل ۶-۲۹- سرعت موج P نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۷۱
- شکل ۶-۳۰- چگالی اشباع نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۷۲
- شکل ۶-۳۱- تخلخل موثر نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۷۳
- شکل ۶-۳۲- جذب آب نمونه‌ها در چرخه‌های مختلف انجماد و آب شدن (F_{SS})..... ۱۷۳
- شکل ۶-۳۳- مقادیر واقعی مقاومت فشاری تک محوری در چرخه ۳۰ تحقیق حاضر در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۲..... ۱۸۵
- شکل ۶-۳۴- مقادیر واقعی مقاومت کششی برزیلین در چرخه ۳۰ تحقیق حاضر در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۶..... ۱۸۵
- شکل ۶-۳۵- مقادیر واقعی مقاومت بار نقطه‌ای در چرخه ۳۰ تحقیق حاضر در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۱۰..... ۱۸۵
- شکل ۶-۳۶- مقادیر واقعی سرعت موج P در چرخه ۳۰ تحقیق حاضر در مقابل مقادیر تخمین زده شده آن از مدل شماره ۱۴..... ۱۸۵
- شکل ۶-۳۷- تغییر وضعیت ظاهری تراورتن قرمز از دیدگاه تغییر رنگ در چرخه ۴۰ آزمایش تبلور نمک در محلول سولفات سدیم الف) شرایط بکر ب) چرخه ۴۰..... ۱۸۷
- شکل ۶-۳۸- شوره زدگی در تراورتن لیمویی (شکل بالا) و تراورتن طوسی (شکل پایین) در چرخه‌های تبلور نمک در محلول سولفات سدیم الف) شرایط بکر ب) چرخه ۳۰..... ۱۸۸
- شکل ۶-۳۹- شوره زدگی در تراورتن قرمز استفاده شده به عنوان سنگ نما در یکی از مناطق تهران..... ۱۸۸