

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران - گرایش راه و ترابری

بررسی اندرکنش رنگهای گرم خط کشی با مصالح سنگی با جنس های متفاوت (مطالعه موردی مصالح شرق و غرب تهران)

استاد راهنما:

آقای دکتر امیر کاووسی

استاد مشاور:

آقای دکتر علی اکبر یوسفی

دانشجو:

داود انصاری

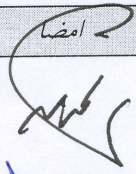
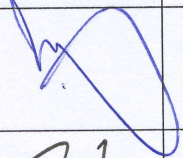
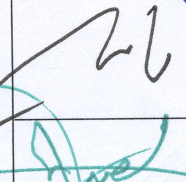
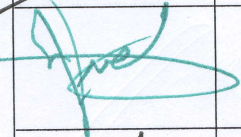
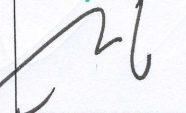
تابستان 88



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای داوود انصاری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بررسی اندرکنش رنگهای گرم خط کشی با مصالح سنگی با جنس های متفاوت (مطالعه موردی مصالح سنگی شرق و غرب تهران) در تاریخ ۱۳۸۸/۴/۳۱ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - راه و ترابری پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر امیر کاوسی	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر علی اکبر یوسفی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمود صفارزاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر سعید باستانی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمود صفارزاده	استاد	

آیین نامه چاپ پایان نامه (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 1: 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 2: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته عمران-راه و ترابری است که در سال 1388 در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر امیر کاووسی، مشاوره جناب آقای دکتر علی اکبر یوسفی از آن دفاع شده است.»

ماده 3: 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 4: در صورت عدم رعایت ماده 3، 50% بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده 5: 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 4 را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده 6: اینجانب داود انصاری رام دانشجوی رشته عمران-راه و ترابری مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

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 می باشد 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 می باشد.

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، نرم افزار 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 دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه می باشد، 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.

تقدیرم به

- زنده‌یاد پدر عزیزم
- مادر مهربانم که با صبر و گذشت خود برای ترقی و تعالی‌ام در تمام طول زندگی از هیچ کوششی فروگذار نکرده و تمام موفقیت‌های زندگی خود را مدیون زحمات او می‌دانم و یقین دارم که هرگز نمی‌توانم حتی بخشی از زحمات آنان را جبران نمایم.
- همسر عزیزم که حقیقت مهر در دریای وجودش و خلوص عشق در صافی نگاهش موج می‌زند و همواره مشوق و یاور من بوده و برای به ثمر رسیدن این پروژه از هیچ کمکی دریغ نکرده است.
- فرزند دل‌بندم شیرینی زندگی‌ام، عارفه

با تشکر از

استاد بزرگوار و ارجمندم جناب آقای دکتر امیر کاووسی که قبول زحمت نموده و همواره مرا مورد لطف و راهنمایی قرار داده و باعث رفع مشکلات اجرایی پایان نامه گردیدند.

استاد گرامی جناب آقای دکتر علی اکبر یوسفی که در امر مشاوره پایان نامه مرا کمک و یاری نمودند.

همچنین از اساتید محترم آقایان دکتر ابوالفضل حسنی و دکتر محمود صفارزاده که در امر تحصیل یاری نمودند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

تقدیر و تشکر فراوان از برادران عزیزم ناصر، مسعود و سعید انصاری که همیشه در همه حال مشوق و پشتیبان من بوده‌اند.

چکیده

خط‌کشی رویه راه‌ها نقش مهمی در ایمنی ترافیک و مشخص کردن مسیرهای تردد و ایجاد نظم ترافیکی و هشدار و راهنمایی برای رانندگان دارد. دستورالعمل‌های موجود کنترل ترافیک مستلزم علائم‌گذاری سطح رویه‌ها بامواد دارای بازتابندگی مناسب است. در غیر این صورت روشنایی معابر باید آنقدر باشد تا خط‌کشی‌ها قابل رویت باشند. جهت حصول اطمینان از کیفیت رنگ قبل از کاربرد و بررسی عملکرد خط‌کشی‌ها، انجام آزمایشات استاندارد بر روی مواد خط‌کشی الزامی است. جهت بررسی مقاومت سایشی رنگ، آزمایش *Taber* بر روی رنگ انجام می‌گیرد. از آنجا که در این آزمایش رنگ گرم بر روی سطح واقعی آسفالتی اجرا نمی‌شود لذا پیش‌بینی مستقیم عملکرد مناسب رنگ بر روی سطح آسفالت جای تردید است. بر همین اساس در این تحقیق از شیوه جدیدی برای ارزیابی مقاومت سایشی رنگ گرم استفاده گردید. برای این کار از دستگاه آزمایش سایش در شرایط خیس ($WTAT^1$) که برای ارزیابی مقاومت سایشی آسفالت‌های سطحی کاربرد دارد استفاده شد. پس از سایش نمونه‌ها توسط این دستگاه، درصد رنگ باقی‌مانده بر روی آسفالت به صورت چشمی و با مقایسه با تصاویر استاندارد (*ASTM-D911*) تخمین زده می‌شود. به کمک این روش می‌توان مقاومت سایشی رنگ‌های ترافیکی مختلف را مورد ارزیابی قرار داد. همچنین می‌توان تأثیر استفاده از قیرها و مصالح سنگی مختلف بر روی دوام رنگ را نیز مورد بررسی قرار داد. لذا در این تحقیق با استفاده از دستگاه فوق تأثیر دو نوع مصالح سنگی با جنس‌های مختلف سیلیسی و آهکی بر روی مقاومت سایشی رنگ گرم بررسی گردید. نمونه‌های آسفالت سطحی با مصالح سنگی از معادن شرق و غرب تهران تهیه و پس از اجرای رنگ گرم بر روی آنها، تحت سایش قرار گرفتند. پس از آن درصد رنگ باقی‌مانده بر روی آنها تعیین و اندازه‌گیری شد. همچنین مصالح مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفته و اجزاء آنها مشخص گردید. بر این اساس درصد سیلیس متمایزی بین مصالح سنگی شرق و غرب تهران حاصل گردید. به منظور بررسی دقیق نحوه اتصال رنگ گرم به سطح سنگدانه‌ها و مقایسه تأثیر دو نوع مصالح متفاوت در ایجاد چسبندگی از میکروسکوپ الکترونی (*SEM*) استفاده شده و نتایج کار با نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی رنگ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتیجه آن بود که درصد جداشدگی رنگ در نمونه‌های ساخته شده با مصالح غرب تهران کمتر از نمونه‌های ساخته شده با مصالح شرق تهران بود.

واژگان کلیدی: رنگ گرم، آسفالت سطحی، مقاومت سایشی، دستگاه آزمایش سایش در شرایط خیس (*WTAT*)

¹ Wet Track Abrasion Tester

فهرست مطالب

فصل اول

- 1-1- مقدمه 1
- 2-1- تعریف مسئله 1
- 3-1- ضرورت انجام تحقیق 2
- 4-1- اهداف تحقیق 2
- 5-1- فرضیات 2
- 6-1- محدودیت ها 3
- 7-1- روش تحقیق 4

فصل دوم

- 1-2- مقدمه 6
- 2-2- نقش مصالح سنگدانه ای در عملکرد خط‌کشی‌های معابر 9
- 1-2-2- خصوصیات فیزیکی 9

10.....1-1-2-2- دانه‌بندی و توزیع دانه‌ها

11.....2-1-2-2- ساختار متخلخل

11.....3-1-2-2- شکل هندسی

14.....5-1-2-2- سلامت و دوام

16.....4-1-2-2- قابلیت جذب

16.....2-2-2- خصوصیات شیمیایی

23.....3-2-2- خصوصیات مکانیکی

24.....3-2- آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای

24.....1-3-2- خواص فیزیکی و مکانیکی سنگدانه‌ها

فصل سوم

25.....1-3- مقدمه

27.....2-3- عوامل مؤثر بر عملکرد خط‌کشی راه‌ها

28.....1-2-3- عوامل وابسته به ماهیت خط‌کشی

29.....1-1-2-3- نوع رنگ یا پوشش مصرفی

- 29.....2-1-2-3 ماشین آلات و اجرای صحیح
- 29.....3-1-2-3 سازگاری مواد در خط‌کشی های مجدد
- 30.....2-2-3 عوامل خارجی و محیطی
- 31.....1-2-2-3 شرایط محیطی
- 32.....2-2-2-3 وضعیت روسازی
- 37.....3-2-2-3 میزان و نوع تردد
- 37.....4-2-2-3 آلودگی هوا و محیط
- 38.....5-2-2-3 آماده سازی سطح قبل از اجرا
- 39.....3-3 مهمترین پارامترهای ارزیابی خط‌کشیهای اجرا شده روی سطوح روسازی
- 39.....1-3-3 قابلیت بازتابندگی
- 40.....2-3-3 دوام
- 42.....4-3 رنگ گرم
- 42.....1-4-3 اجزاء تشکیل دهنده رنگ گرم
- 44.....2-4-3 انواع رنگ گرم

- 46.....3-4-3-3 آزمون‌های رنگ گرم
- 46.....1-3-4-3-3 تعیین میزان رزین
- 46.....2-3-4-3-3 وزن مخصوص
- 47.....3-3-4-3-3 اندازه‌گیری فاکتور روشنایی و فام رنگی
- 47.....4-3-4-3-3 نقطه نرمی
- 47.....5-3-4-3-3 مقاومت شیمیایی
- 48.....6-3-4-3-3 آزمون پایداری حرارتی
- 48.....7-3-4-3-3 مقاومت در برابر نفوذ
- 48.....8-3-4-3-3 مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش
- 49.....9-3-4-3-3 مقاومت در برابر سایش
- 51.....10-3-4-3-3 استحکام پیوند
- 53.....4-4-3-3 آماده‌سازی سطح روسازی جهت اجرای رنگ‌های گرم خط‌کشی
- 53.....5-4-3-3-3 عیوب متداول در رنگ‌های گرم خط‌کشی
- 55.....6-4-3-3-3 پارامترهای مؤثر بر عملکرد رنگ‌های گرم خط‌کشی

- 55..... 3-4-6-1- تأثیر شرایط محیطی بر روی عملکرد رنگ‌های گرم
- 56..... 3-4-6-2- تأثیر نوع روسازی بر عملکرد رنگ‌های گرم
- 57..... 3-5-5- تأثیر عملیات نگهداری زمستانی روی خط‌کشی راهها
- 59..... 3-5-1- روش ذوب یخ
- 59..... 3-5-2- روش جلوگیری از تشکیل یخ
- 60..... 3-6-6- بررسی و مقایسه اجرای رنگ گرم بر روی آسفالت گرم و آسفالت سطحی
- 61..... 3-6-1- بررسی تأثیر درازمدت ناهمواری سطح روسازی بر روی قابلیت بازتابندگی رنگ گرم
- 62..... 3-6-2- ضخامت بهینه رنگ گرم برای آسفالت سطحی
- 64..... 3-6-3- مزایای استفاده از رنگهای سرد پایه آبی به عنوان آستر رنگ گرم بر روی آسفالت سطحی
- 65..... 3-6-4- بررسی نتایج بدست آمده از اجرای رنگ گرم بر روی آسفالت گرم و آسفالت سطحی
- 67..... 3-7-7- استفاده از پردازش تصویر جهت ارزیابی دوام رنگ‌های خط‌کشی
- 67..... 3-7-1- معرفی ابزار آنالیز خط‌کشی روسازی
- 69..... 3-7-2- مقایسه نتایج بدست آمده از مشاهدات NTPEP و نتایج ابزار آنالیز خط‌کشی روسازی

فصل چهارم

- 13-1-4- مقدمه.....
- 71-2-4- مشخصات مصالح سنگدانه‌ای.....
- 75-3-4- انتخاب دانه‌بندی مصالح.....
- 77-4-4- مشخصات قیرهای مورد استفاده.....
- 78-5-4- محاسبه مقادیر مورد نیاز قیر و مصالح سنگدانه‌ای.....
- 78-6-4- مراحل نهایی تولید نمونه‌ها.....
- 80-7-4- اجرای رنگ ترافیکی گرم بر روی نمونه‌ها.....
- 82-8-4- انجام آزمایش سایش در شرایط خشک و تر به کمک دستگاه *WTAT*.....
- 82-1-8-4- معرفی دستگاه *WTAT*.....
- 83-2-8-4- انجام آزمایشات در شرایط خشک و محلول نمک و شن.....
- 85-9-4- آزمایشات شیمیایی انجام شده بر روی رنگ گرم.....
- 85-10-4- آزمایش استحکام پیوند (*PULL OFF*).....
- 85-11-4- میکروسکوپ الکترونی.....

فصل پنجم

- 87..... 1-5- آنالیز شیمیایی مصالح سنگی
- 88..... 2-5- طیف *IR* بدست آمده از رنگ بکار رفته در انجام آزمایشات
- 90..... 3-5- آنالیز فیلر رنگ گرم توسط روش *XRF*
- 90..... 4-5- نتایج آزمایش سایش به کمک دستگاه *WTAT*
- 99..... 5-5- نتایج آزمایش با میکروسکوپ الکترونی
- 101..... 6-5- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش سایش
- 101..... 1-6-5- تجزیه و تحلیل شیمیایی

فصل ششم

- 103..... 1-6- نتیجه گیری
- 105..... 2-6- پیشنهادات
- 106..... مراجع

فهرست اشکال

- شکل 2-1- شکل هندسی سنگدانه..... 12
- شکل 2-2- تاثیر ترک‌های لبه‌ای روسازی بر خط‌کشی..... 12
- شکل 2-3- تاثیر شیارافتادگی روسازی بر روی عملکرد خط‌کشی..... 13
- شکل 2-4- تاثیر ترک‌های طولی روسازی بر خط‌کشی..... 14
- شکل 2-5- تاثیر جداشدگی سنگدانه‌ها بر خط‌کشی..... 15
- شکل 2-6- نمونه‌ای از خرابی‌های راه با روکش آسفالت گرم بدلیل عدم چسبندگی قیر
و بروز پدیده عریان‌شدگی..... 17
- شکل 2-7- سطح مصالح تر شده در شرایط خشک و مرطوب (مکانیزم انفصال)..... 18
- شکل 3-1- نمونه‌ای از خط‌کشی‌های اجرا شده بر روی سطح روسازی..... 25
- شکل 3-2- نمونه‌ای از خط‌کشی‌های اجرا شده بر روی سطح روسازی..... 28
- شکل 3-3- مقایسه رنگ گرم اجرا شده بر روی آسفالت گرم و آسفالت سطحی..... 33
- شکل 3-4- نحوه بازتابش نور توسط دانه‌های شیشه‌ای..... 39
- شکل 3-5- رنگ گرم اجرا شده بر روی آسفالت سطحی به ضخامت 2/5 میلیمتر..... 44

- شکل 3-6- قرار دادن نمونه در دستگاه TABER و بارگذاری یک کیلوگرمی روی آن.....50
- شکل 3-7- دستگاه تعیین استحکام چسبندگی به روش PULL OFF.....52
- شکل 3-8- نمونه‌ای از فعالیت‌های نگهداری زمستانی راهها.....58
- شکل 3-9- رنگ گرم 2 سال پس از اجرا.....62
- شکل 3-10- اندازه‌گیری ضخامت رنگ گرم به کمک میکرومتر نوک سوزنی.....64
- شکل 3-11- پدیده قیرزدگی در رنگ گرم با استفاده از آستر و بدون استفاده از آستر.....65
- شکل 3-12- پنجره طرح تصویر اولیه ابزار آنالیز خط‌کشی روسازی.....69
- شکل 4-1- تفکیک مصالح به کمک الک‌های استاندارد.....77
- شکل 4-2- قیر مصرفی جهت ساخت نمونه.....78
- شکل 4-3- نحوه ریختن مصالح داخل ظرف ساخت نمونه.....79
- شکل 4-4- نحوه کوبیدن سنگدانه‌ها در داخل ظرف ساخت نمونه.....80
- شکل 4-5- چگونگی قرارگیری نمونه‌های ساخته شده در داخل گرمخانه.....80
- شکل 4-6- وسیله ساخته شده جهت اجرای رنگ گرم.....81
- شکل 4-7- دستگاه WTAT.....83

- شکل 4-8- انجام آزمایش سایش در شرایط محلول نمک و شن.....84
- شکل 4-9- میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده در تحقیق حاضر.....86
- شکل 5-1- آنالیز شیمیایی مصالح سنگی تهیه شده توسط آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک تهران.....87
- شکل 5-2- طیف IR بدست آمده از رنگ بکار رفته در انجام آزمایشات.....89
- شکل 5-3- طیف IR پلی پروپیلن.....89
- شکل 5-4- آنالیز ترکیب فیلررنگ گرم بکار رفته در انجام آزمایشات توسط روش XRF.....90
- شکل 5-5 : میزان رنگ برجای مانده نمونه E پس از آزمایش سایش شرایط خشک.....92
- شکل 5-6 : میزان رنگ برجای مانده نمونه W پس از آزمایش سایش شرایط خشک.....92
- شکل 5-7 : میزان رنگ برجای مانده نمونه E پس از آزمایش سایش درون شن و آب نمک.....93
- شکل 5-8 : میزان رنگ برجای مانده نمونه W پس از آزمایش سایش درون شن و آب نمک.....94
- شکل 5-9 : میزان رنگ برجای مانده نمونه E پس از قرارگیری درون مخلوط آب نمک به مدت 48 ساعت و آزمایش سایش درون شن و آب نمک.....95
- شکل 5-10 : میزان رنگ برجای مانده نمونه B پس از قرارگیری درون مخلوط آب نمک به مدت 48 ساعت و آزمایش سایش درون شن و آب نمک.....96
- شکل 5-11 : نمودار نتایج درصد رنگ گرم باقیمانده خط کشی پس از آزمایش سایش.....98

شکل 5-12- تصاویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی.....100

فهرست جداول

- جدول 2-1- مشخصات فیزیکی سنگدانه‌های آسفالت سطحی 24
- جدول 3-1- سازگاری مواد مختلف خط‌کشی با یکدیگر 30
- جدول 3-2- مشکلات ناشی از خط‌کشی بر روی سطوح زبر 34
- جدول 3-3- مشکلات ناشی از خط‌کشی بر روی آسفالت‌های ناپایدار 36
- جدول 3-4- خصوصیات کلی انواع رنگ‌های گرم ترافیکی 45
- جدول 3-5- عیوب متداول و دلایل بروز آنها در رنگ‌های گرم خط‌کشی 54
- جدول 3-6- میزان قابلیت بازتابندگی اندازه‌گیری شده بر روی آسفالت گرم و آسفالت سطحی 61
- جدول 3-7- میانگین قابلیت بازتابندگی اندازه‌گیری شده 63
- جدول 3-8- مقایسه نتایج بدست آمده از مشاهدات *NTPEP* و نتایج ابزار آنالیز خط‌کشی 70
- جدول 4-1- وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح سنگی غرب تهران 72
- جدول 4-2- نتایج آزمایش‌های مصالح سنگی غرب تهران 73
- جدول 4-3- نتایج آزمایش‌های مصالح سنگی شرق تهران 74