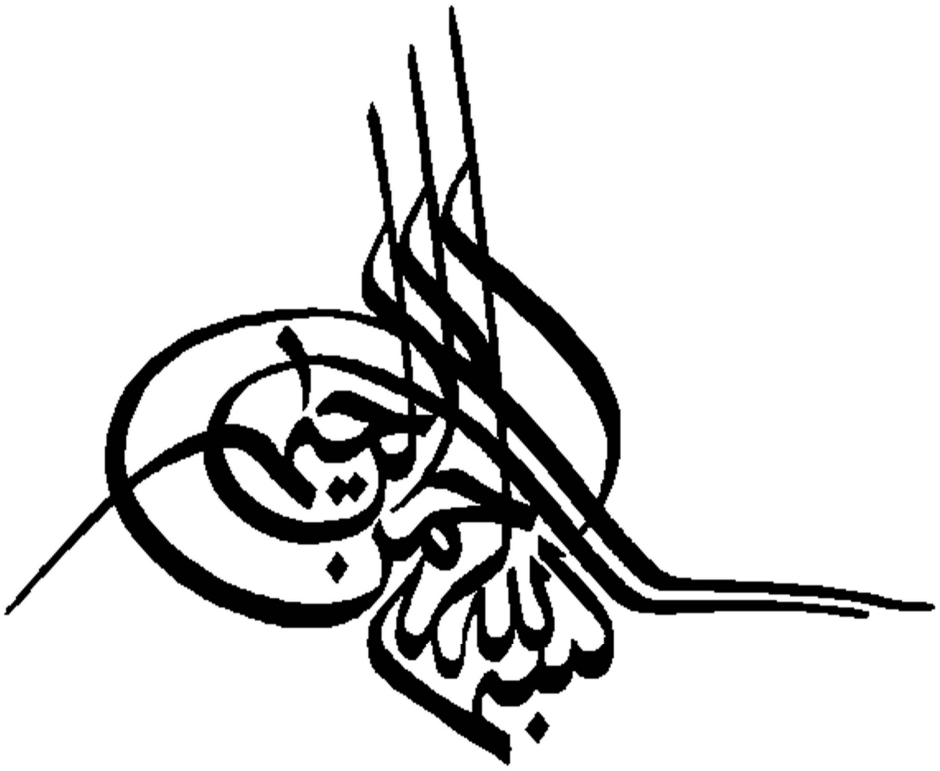
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد راه و ترابری

ارزیابی دوام رنگ های ترافیکی در برابر سایش با استفاده از دستگاه خط افتادگی چرخ (Wheel Track)

امیر زاهدی طبرستانی

استاد راهنما:

دکتر امیر کاوسی

اسفند ۱۳۸۸

چکیده

مقاومت رنگ های ترافیکی پایه آبی در برابر سایش ناشی از عبور ترافیک یکی از چالش های مهم در زمینه مدیریت شهری می باشد. تصمیم گیری ها در این زمینه بایستی به گونه ای صورت پذیرد که ایمنی رانندگان و عابرین را کاملاً مد نظر داشته باشد، ضمن آن که با توجه به وسعت کاربرد رنگ های ترافیکی، از رنگ هایی استفاده شود که کمترین مشکلات زیست محیطی را ایجاد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند.

در این تحقیق مقاومت یکی از پر کاربردترین رنگ های ترافیکی پایه آبی مورد استفاده در خط کشی های کشور در برابر سایش مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش استاندارد سایش در شرایط خیس (WTAT) و بر اساس شرایط محیطی متفاوت بر روی نمونه های آسفالتی انجام گردید. نمونه ها پس از آزمایش به صورت چشمی مقایسه ای و روش شابلونی مورد ارزیابی قرار گرفتند. به علاوه نمونه های صحرایی اجرا شده در منتخبی از خیابان های تهران مورد ارزیابی به روش های فوق قرار گرفتند. به منظور ارزیابی دقیق تر، نرم افزار آنالیز تصویری جهت تعیین میزان در صد رنگ سالم باقیمانده نیز تهیه گردید.

بر پایه نتایج حاصله از آزمایشات و بررسی های میدانی صورت گرفته، رنگ ترافیکی پایه آبی مورد تحقیق عملکرد مطلوبی در شرایط خشک داشته و عملکرد آن در شرایط شبیه سازی شده زمستانی (وجود آب نمک و شن) مناسب تشخیص داده شد. این رنگ با توجه به دارا بودن قابلیت بازتابش نور بهتر از رنگ های پایه حلالی موجود و همچنین مشکلات زیست محیطی کمتر و سهولت اجرای بیشتر، می تواند جایگزین مناسبی برای رنگ های ترافیکی پایه حلالی باشد.

واژه های کلیدی: رنگ ترافیکی پایه آبی، مقاومت سایشی، آزمایش سایش در شرایط خیس، ارزیابی تصویری

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تعریف مسأله ۳

۱-۳ ضرورت انجام تحقیق ۳

۱-۴ مراحل تحقیق ۴

۱-۵ فرضیات ۴

۱-۶ محدودیت ها ۵

۱-۷ روش تحقیق ۶

فصل دوم : مشخصات مصالح سنگی آسفالت حفاظتی ریزدانه ۸

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ طبقه بندی سنگدانه ها ۹

۲-۳ خصوصیات فیزیکی سنگدانه ها ۱۱

۲-۳-۱ انواع دانه بندی ۱۱

۲-۳-۲ سلامت و دوام سنگدانه ۱۱

۲-۳-۳ قابلیت جذب سنگدانه ۱۲

۲-۳-۴ شکل هندسی سنگدانه ۱۲

۲-۴ خصوصیات شیمیایی مصالح سنگی ۱۴

۲-۵ خصوصیات مکانیکی مصالح سنگی ۱۶

۲-۵-۱ آزمایش سایش لوس آنجلس ۱۶

۲-۵-۲ آزمایش مقاومت در برابر ضربه ۱۷

۲-۵-۳ آزمایش مقاومت در برابر خردشدگی ۱۷

۲-۵-۴ آزمایش پاندول انگلیسی ۱۸

۲-۶ آسفالت حفاظتی ریزدانه ۱۸

۲-۶-۱ چگونگی ساخت و اجرای آسفالت امولسیونی ریزدانه ۱۹

۲-۶-۲ مشخصات فنی و عمومی آسفالتهای امولسیونی ریزدانه ۲۰
۲-۶-۳ قیر مصرفی ۲۱
۲-۶-۳-۱ قیرآبه های آنیونیک ۲۲
۲-۶-۳-۲ قیرآبه های کاتیونیک ۲۳
۲-۶-۴ مصالح سنگدانه ای ۲۵
۲-۶-۴-۱ دانه بندی مصالح سنگی در آسفالت نازک امولسیونی ریزدانه ۲۶
فصل سوم : طبقه بندی و مشخصات رنگهای سرد ترافیکی ۲۸
۳-۱ مقدمه ۲۹
۳-۲ اجزای تشکیل دهنده رنگ ۲۹
۳-۲-۱ پیگمنت های اصلی ۲۹
۳-۲-۲ پیگمنت های مکمل ۳۰
۳-۲-۳ رزینها ۳۰
۳-۲-۴ حلالها ۳۲
۳-۲-۵ افزودنی ها ۳۳
۳-۳ طبقه بندی های انواع رنگ ها ۳۳
۳-۳-۱ طبقه بندی رنگ ها از نظر قابلیت بازتابندگی ۳۳
۳-۳-۲ طبقه بندی رنگ ها از نظر شیوه اجرا ۳۴
۳-۳-۳ طبقه بندی رنگ ها بر حسب زمان گیرش ۳۴
۳-۳-۴ طبقه بندی رنگ ها بر حسب هزینه و دوام آنها ۳۴
۳-۴ انواع رنگ های سرد ترافیکی ۳۵
۳-۴-۱ رنگ های سرد آلکیدی و آلکیدی اصلاح شده ۳۶
۳-۴-۲ رنگ پایه لاستیکی کلرینه ۳۶
۳-۴-۳ رنگ پایه آبی لاتکس ۳۷
۳-۵ رنگ سرد پایه آبی ۳۷
۳-۶ استانداردهای ارزیابی میزان فرسایش رنگ ۴۰

۳-۶-۱ استاندارد ASTM D 913 ..... ۴۰
۳-۶-۲ استاندارد AS/NZS 4049 ..... ۴۱
۳-۷ آزمون های رنگ سرد پایه آبی ۴۲
۳-۷-۱ آزمون های استانداردASTM ۴۲
۳-۷-۲ آزمون های استانداردAS/NZS ۴۳
۳-۷-۲-۱ آزمایش های میدانی ۴۵
۳-۸ شرایط اجرای رنگ های پایه آبی ۴۷
۳-۹ اضافه کردن آب به رنگ پایه آبی ۵۰
۳-۱۰ عملکرد رنگ های ترافیکی ۵۲
۳-۱۰-۱ عوامل شکست ۵۶
۳-۱۱ روش های نگهداری زمستانی راه و تاثیر آن بر خطکشی راه ۵۸
۳-۱۱-۱ روش ذوب یخ ۵۹
۳-۱۱-۲ روش جلوگیری از تشکیل یخ ۵۹
۳-۱۲ مقایسه رنگ آلکیدی و آبی (بررسی موردی) ۶۱
۳-۱۲-۱ مشاهدات بازرسی میدانی ۶۲
۳-۱۲-۱-۱ نتایج بازرسی چشمی ۶۲
۳-۱۲-۱-۲ نتایج بازرسی بازتابش نور ۶۴
۳-۱۲-۲ نتیجه گیری بازدید میدانی ۶۵
۳-۱۲-۳ مقایسه اقتصادی ۶۷
فصل جهارم : آزمایشات ۶۹
۴-۱ مقدمه ۷۰
۴-۲ مصالح سنگی ۷۱
۴-۲-۱ انتخاب دانه بندی مصالح سنگی ۷۵
۴-۲-۲ نحوه ساخت نمونه های آسفالت حفاظتی ۷۶
۴-۳ نحوه اجرای رنگ روی نمونه ها ۷۷

۴-۴ آزمایش سایش ۸۰
۴-۴-۱ آزمایش سایش در شرایط خشک ۸۴
۴-۴-۲ آزمایش سایش در شرایط زمستانی ۸۴
۴-۵ استفاده از روش پردازش تصویر جهت ارزیابی دوام رنگ های خط کشی ۸۷
۴-۵-۱ مقایسه نتایج بدست آمده از مشاهدات NTPEP و نتایج ابزار آنالیز خط کشی روسازی ۹۰
فصل پنجم : نتایج و تحلیل ۹۳
۵-۱ مقدمه ۹۴
۵-۲ نتایج آزمایش سایش در شرایط خشک ۹۴
۵-۳ نتایج آزمایش سایش در شرایط شن و نمک عادی ۱۰۰
۵-۴ نتایج آزمایش سایش در شرایط شن و نمک ۴۸ ساعته ۱۰۶
۵-۵ نتایج آزمایش با میکروسکوپ الکترونی ۱۱۳
۵-۶ تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش سایش ۱۱۸
۵-۷ نتایج آزمایشات بررسی کیفیت مصالح ۱۱۸
۵-۸ نتایج ارزیابی میدانی ۱۲۱
۵-۸-۱ مقدمه ۱۲۱
۵-۸-۲ شهرک آزمایش ۱۲۱
۵-۸-۳ بلوار هجرت ۱۲۵
۵-۹ ارزیابی تصاویر توسط آنالیز تصویری ۱۳۱
۵-۹-۱ ایجاد تصویر ۱۳۲
۵-۹-۲ پردازش تصویر ۱۳۵
۵-۱۰ تحلیل و مقایسه نتایج بدست آمده از سه روش ارزیابی ۱۳۹
فصل ششم : جمع بندی نتایج و پیشنهادات ۱۴۳
۶-۱ نتایج ۱۴۴
۶-۲ پیشنهادات ۱۴۶
مراجع ۱۴۷

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱- دسته بندی قیرآبه های آنیونیک ۲۲

جدول۲-۲- مشخصات استاندارد قیرآبه های آنیونیک ۲۳

جدول۲-۳- دسته بندی قیرآبه های کاتیونیک ۲۴

جدول۲-۴- مشخصات استاندارد قیرآبه های کاتیونیک..... ۲۴

جدول۲-۵- آزمایشات کنترل مشخصات مصالح آسفالت حفاظتی ریزدانه ۲۵

جدول۲-۶- انواع دانه بندی آسفالت حفاظتی ریزدانه..... ۲۶

جدول۳-۱- دوره زمانی آزمایشات میدانی ۴۶

جدول ۳-۲- میزان درجه فرسایش ۴۶

جدول۳-۳- میزان بازتابش نور ۴۷

جدول ۳-۴- دانه بندی نمک مورداستفاده در عملیات راهداری..... ۶۱

جدول ۳-۵- مقایسه هزینه ای رنگ آلکیدی و رنگ پایه آبی در بزرگراه ۶۲۳ کانادا ۶۸

جدول ۴-۱- نتایج آزمایشات مصالح سنگی غرب تهران ۷۳

جدول ۴-۲- نتایج مربوط به تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح سنگی غرب تهران ۷۳

جدول۴-۳- نتایج آزمایشات مصالح سنگی شرق تهران..... ۷۴

جدول۴-۴- نتایج مربوط به تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح سنگی شرق تهران ۷۴

جدول۴-۵- دانه بندی های استاندارد..... ۷۵

جدول ۴-۶- دانه بندی مورد استفاده در تحقیق..... ۷۶

جدول ۴-۷- مشخصات رنگ پایه آبی مورداستفاده ۷۷

جدول ۴-۸- ارزیابی درجه بندی مربعهای شابلون مورد استفاده در آزمون تعیین اندیس فرسایش..... ۸۲

جدول ۴-۹- جدول محاسبه " اندیس فرسایش" نمونه مورد آزمون..... ۸۲

جدول۴-۱۰- مقایسه نتایج بدست آمده از مشاهدات NTPEP و نتایج آنالیز ابزار آنالیز خطکشی روسازی ۹۱

جدول ۵-۱- نتایج آزمایش سایش نمونه های شرق و غرب در شرایط خشک..... ۹۹

جدول ۵-۲- نتایج آزمایش سایش نمونه های شرق و غرب در شرایط شن و نمک عادی ۱۰۵

جدول ۵-۳- نتایج آزمایش سایش نمونه های شرق و غرب در شرایط شن و نمک ۴۸ ساعته ۱۱۱
جدول ۵-۴- نتایج ارزیابی خط کشی پایه آبی در شهرک آزمایش ۱۲۴
جدول ۵-۵- نتایج ارزیابی خط کشی بلوار هجرت، اسفند ۸۷ ..... ۱۳۰
جدول ۵-۶- نتایج آنالیز تصویری تصاویر نمونه های شرق با زمان سایش ۵ دقیقه ۱۳۷
جدول ۵-۷- نتایج آنالیز تصویری تصاویر نمونه های شرق با زمان سایش ۱۰ دقیقه ۱۳۷
جدول ۵-۸- نتایج آنالیز تصویری تصاویر نمونه های غرب با زمان سایش ۵ دقیقه ۱۳۸
جدول ۵-۹- نتایج آنالیز تصویری تصاویر نمونه های غرب با زمان سایش ۵ دقیقه ۱۳۸
جدول ۵-۱۰- داده های ورودی نرم افزار SPSS ۱۴۱
جدول ۵-۱۱- نتایج تحلیل قابلیت اطمینان نتایج حاصل از سه روش ارزیابی ۱۴۲

فهرست شکل ها

شکل ۲-۱- بارهای سطحی ذره قیر امولسیون کاتیونیک ۱۵

شکل ۲-۲- مکانیزم چسبندگی قیر کاتیونیک به مصالح سنگی ۱۶

شکل ۲-۳- شیوه اجرای آسفالت حفاطتی ریزدانه ۱۹

شکل ۲-۴- نحوه افزودن مواد به آسفالت حفاظتی ۲۰

شکل ۲-۵- نمونه ذرات پراکنده در قیر امولسیونی ۲۱

شکل ۳-۱- ساختار رنگ پایه آبی ترافیکی در دوحالت تر و خشک ۳۹

شکل۳-۲- عکسهای مرجع استاندارد ASTM D 913 ..... ۴۰

شکل۳-۳- عکس های مرجع استاندارد AS/NZS 4049 ..... ۴۱

شکل ۳-۴- نمودار اجرای رنگ پایه آبی بر حسب رطوبت و دمای هوا ۵۰

شکل ۳-۵- نمودار اثرات اختلاط آب با رنگ پایه آبی ۵۱

شکل ۳-۶- بازتابش نور از سطح رنگ توسط دانه های شیشه ای ۵۳

شکل ۳-۷- وضعیت خطوط اجرا شده با رنگ آلکیدی در زمانهای مختلف ۶۳

شکل ۳-۸- وضعیت خطوط اجرا شده با رنگ پایه آبی در زمانهای مختلف ۶۳

شکل ۳-۹- نمونه ای از نتایج بازتابش برداشت شده از بزرگراه ۶۲۳ در کانادا ۶۴

شکل ۳-۱۰- خطوط اجرا شده با رنگ آلکیدی، بزرگراه ۶۲۳، انتاریو ۶۵

شکل ۳-۱۱- خطوط اجرا شده با رنگ آلکیدی، بزرگراه ۶۲۳، انتاریو ۶۵

شکل ۳-۱۲- خطوط اجرا شده با رنگ پایه آبی، بزرگراه ۶۲۳، انتاریو ۶۶

شکل ۳-۱۳- خطوط اجرا شده با رنگ پایه آبی، بزرگراه ۶۲۳، انتاریو ۶۶

شکل ۴-۱- شمای کلّی دستگاه آزمایش سایش WTAT ۷۰

شکل ۴-۲- دستگاه پخش رنگ روی نمونه های آزمایشگاهی در ضخامت معین ۷۹

شکل۴-۳- قطعه ساینده نمونه متصل به دستگاه سایش(WTAT) ۸۳

شکل ۴-۴- نمونه شن و نمک مورداستفاده در آزمایشات سایش(WTAT) ۸۵

شکل ۴-۵- نمونه تحت سایش در شرایط شن و نمک در آزمایش سایش (WTAT) ۸۶
شکل ۴-۶- الگوریتم پردازش تصویر نرم افزارPMAT ۸۸
شکل۴-۷- پنجره طرح تصویر اولیه ابزار آنالیز خطکشی روسازی ۸۹
شکل ۴-۸- تصویر پردازش شده توسط نرم افزارPMAT..... ۹۰
شکل۴-۹- مقایسه تصاویر حاصل از نرم افزار و تصاویر گرفته شده توسط کارشناسان ۹۱
شکل ۴-۱۰- نمودار تغییرات نتایج نرم افزار PMAT و ارزیابی کارشناسان NTPEP..... ۹۲
شکل ۵-۱- میزان سایش نمونه های غرب در مدت زمان ۵ دقیقه در شرایط خشک ۹۵
شکل ۵-۲- میزان سایش نمونه های غرب در مدت زمان ۱۰ دقیقه در شرایط خشک ۹۶
شکل ۵-۳- میزان سایش نمونه های شرق در مدت زمان ۵ دقیقه در شرایط خشک ۹۷
شکل ۵-۴- میزان سایش نمونه های شرق در مدت زمان ۱۰ دقیقه در شرایط خشک ۹۸
شکل ۵-۵- میزان سایش نمونه های غرب در مدت زمان۵ دقیقه در شرایط شن و نمک عادی ۱۰۱
شکل ۵-۶- میزان سایش نمونه های غرب در مدت زمان۱۰دقیقه در شرایط شن و نمک عادی ۱۰۲
شکل ۵-۷- میزان سایش نمونه های شرق در مدت زمان۵ دقیقه در شرایط شن و نمک عادی..... ۱۰۳
شکل ۵-۸- میزان سایش نمونه های شرق در مدت زمان۱۰دقیقه در شرایط شن و نمک عادی..... ۱۰۴
شکل ۵-۹- میزان سایش نمونه های غرب در مدت زمان۵ دقیقه در شرایط نگهداری در شن و نمک به مدت ۴۸ ساعت ۱۰۷
شکل ۵-۱۰- میزان سایش نمونه های غرب در مدت زمان۱۰ دقیقه در شرایط نگهداری در شن و نمک به مدت ۴۸ ساعت.... ۱۰۸
شکل ۵-۱۱- میزان سایش نمونه های شرق در مدت زمان۵ دقیقه در شرایط نگهداری در شن و نمک به مدت ۴۸ ساعت ۱۰۹
شکل ۵-۱۲- میزان سایش نمونه های شرق در مدت زمان۱۰ دقیقه در شرایط نگهداری در شن و نمک به مدت ۴۸ ساعت ... ۱۱۰
شکل ۵-۱۳- نمودار گرافیکی نتایج آزمایش سایش..... ۱۱۲
شکل ۵-۱۴- دستگاه میکروسکوپ SEM مدل XL30..... ۱۱۵
شکل ۵- ۱۵- دستگاه لایه نشانی طلا Bal-Tec..... ۱۱۵
شکل ۵-۱۶- تصاویر گرفته شده از سطح تماس رنگ ترافیکی پایه آبی و سنگدانه توسط دستگاه SEM..... ۱۱۶
شکل ۵-۱۷- تصویر تهیه شده با بزرگنمایی بالا برای نمونه ساخته شده با مصالح شرق تهران ۱۱۷
شکل ۵-۱۸- نتایج آزمایشات آنالیز شیمیایی مصالح سنگی انجام شده بر روی مصالح سنگی معادن شرق و غرب تهران ۱۱۹
شکل ۵-۱۹- نتایج آزمایشات انجام شده بر روی مصالح سنگی معادن شرق و غرب تهران..... ۱۲۰

شکل۵-۲۰- (الف) ۹۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۰). (ب) ۹۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۵)..... ۱۲۲

شکل۵-۲۱- (الف) ۹۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۰). (ب) ۹۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۵)..... ۱۲۲

شکل۵-۲۲- (الف) ۸۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۰). (ب) ۸۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۵)..... ۱۲۳

شکل۵-۲۳- (الف) ۷۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۰). (ب) ۷۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۵)..... ۱۲۳

شکل۵-۲۴- (الف) ۹۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) ۹۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲)..... ۱۲۶

شکل۵-۲۵- (الف) ۹۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) ۹۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲)..... ۱۲۶

شکل۵-۲۶- (الف) ۸۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) ۸۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲)..... ۱۲۷

شکل۵-۲۷- (الف) ۸۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) ۸۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲)..... ۱۲۷

شکل۵-۲۸- (الف) ۷۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) ۷۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲)..... ۱۲۸

شکل۵-۲۹- (الف) ۷۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) ۷۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲)..... ۱۲۸

شکل۵-۳۰- (الف) ۶۵٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) ۶۰٪ ناحیه رنگ سالم باقیمانده (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲)..... ۱۲۹

شکل۵-۳۱- (الف) نمونه خطوط وسط بلوار هجرت (زمان بازدید ۱۳۸۷/۱۲/۱۵). (ب) نمونه خطوط وسط بلوار هجرت (زمان بازدید ۱۳۸۸/۱۰/۲) ۱۲۹

شکل۵-۳۲- تمایز سطح رنگ و سنگدانه ها در تصویر دیجیتالی..... ۱۳۲

شکل۵-۳۳- تصویر خاکستری تولید شده توسط نرم افزار MATLAB..... ۱۳۳

شکل۵-۳۴- تصویر سیاه و سفید تولید شده توسط نرم افزار MATLAB..... ۱۳۴

شکل۵-۳۵- شبکه ماتریسی پیکسل های ناحیه قرمز زوم شده تصویر (۵-۳۴)..... ۱۳۴

شکل۵-۳۶- تصویر باینری تولید شده توسط نرم افزار MATLAB ۱۳۵
شکل ۵-۳۷- تصاویر تحلیل شده توسط نرم افزار آنالیز تصویری ۱۳۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

یکی از مهمترین زیرساختهای توسعه وجود شبکه گسترده راه و حمل و نقل است. راه شریان اقتصادی هر کشور در دنیای امروز است که به وسیله توسعه آن اقتصاد جامعه رشد می یابد. علاوه بر نقش زیربنایی- اقتصادی راه در جوامع و کشورهای مختلف به دلیل حجم عظیم رفت و آمد جاده ای و ناوگان های در حال رشد حمل مسافر و کالا و همچنین استفاده روزافزون از اتوموبیل های شخصی در سفرهای برون شهری، ضرورت ایمنی راه ها نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ایمن سازی راه های یک کشور به کمک نصب تجهیزات و علائم گوناگون به ویژه خط کشی های ترافیکی انجام می گردد.

خط کشی راه ها به عنوان یکی از ابزار کنترل و هدایت ترافیک تأثیر بسزایی در نظم و ایمنی عبور و مرور وسایل نقلیه دارد، به گونه ای که مسیر بدون خط کشی، معبری آشفته بوده که هر لحظه امکان وقوع تصادف و سانحه در آن وجود دارد.

استفاده از رنگهای ترافیکی در خط‌کشی راه ها علاوه بر ارتقای ایمنی راهها و پیشگیری از حوادث و خسارات سنگین جانی و مالی ناشی از تصادفات جاده ای، به وسیله هدایت صحیح وسائط نقلیه در مسیر صحیح، ظرفیت و کارآیی جاده ها را افزایش داده و موجبات آسایش خاطر رانندگان را فراهم می سازد.

با توجه به اهمیت خط‌کشی راه ها و صرف هزینه های هنگفت عملیات خط کشی و محدودیتهای اجرایی، طول عمر خط کشی و دوام آن همیشه مورد توجه کارشناسان امر بوده است. انتخاب ماده مناسب جهت انجام خط کشی با توجه به شرایط مورد انتظار جاده، کارشناسان را همواره بر آن داشته است تا آزمایشات متعددی جهت بررسی دقیق عوامل مؤثر بر طول عمر و کیفیت خط کشی راهها انجام دهند.

هر ساله سازمان ها و موسسات متولی امر هزینه های زیادی صرف خط کشی روسازی‌ها صرف می کنند. مدیریت مؤثر این سرمایه ها نیاز به اطلاعات گسترده سیستم راه ها دارد. جمع آوری اطلاعات مربوط به بازتابش

خط‌کشی مربوط به عملکرد رنگ ترافیکی در شب می‌باشد و جهت بررسی عملکرد روزهنگام خط‌کشی نیز از ارزیابی دوام رنگ استفاده می‌شود که عموما از طریق بازرسی چشمی اندازه گیری می‌شود.

۱-۲ تعریف مسأله

دوام خط‌کشی به عنوان قدرت چسبندگی بین روسازی و خط‌کشی اجرا شده بر روی آن تعریف می‌شود. دوام به عواملی از قبیل نوع روسازی، بافت و سطح روسازی، شرایط آب و هوایی، نوع ماده خط‌کشی، طریقه آماده‌سازی سطح و حجم ترافیک بستگی دارد.

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر دوام خط‌کشی ها، جنس مصالح سنگی استفاده شده در آسفالت می‌باشد.برای بررسی این دوام نمونه‌های آسفالت ساخته شده با مصالح مختلف ارزیابی خواهد شد که منجر به انتخاب ماده مناسب جهت اجرای خط‌کشی می گردد.

۱-۳ ضرورت انجام تحقیق

تا کنون در زمینه عملکرد رنگهای ترافیکی تحقیقات زیادی در سراسر دنیا صورت گرفته است. اما نکته ای که در اغلب این تحقیقات به چشم می خورد استفاده از پارامتر قابلیت بازتابندگی رنگ در تحقیقات است و مقاومت سایش رنگ که یکی از فاکتورهای شاخص نشان دهنده میزان دوام رنگ است، کمتر مورد توجه قرار گرفته است.از سوی دیگر در تحقیقات صورت گرفته بر روی دوام رنگ، در مورد تأثیر جنس مصالح سنگی به کار رفته در روسازی بر میزان مقاومت سایشی رنگ پژوهشی صورت نپذیرفته است.ضرورت انجام تحقیق به دلیل جایگزینی رنگ‌های ترافیکی پایه حلالی با رنگ‌های ترافیکی پایه آبی است. لذا در این تحقیق مشخصاً به تأثیر جنس مصالح سنگی به کار رفته در روسازی بر میزان مقاومت سایشی رنگ‌های ترافیکی پایه آبی پرداخته شده است.

۱-۴ مراحل تحقیق

- بررسی مقاومت سایشی رنگ سرد ترافیکی پایه آبی اجرا شده بر روی نمونه های آسفالت حفاظتی ساخته شده با مصالح سیلیسی و آهکی
- ارائه روشی مدون برای بررسی مقاومت سایشی رنگ های ترافیکی
- بررسی و ارزیابی دوام خط‌کشی های اجرا شده با توجه به نتایج آزمایشگاهی رنگهای سرد ترافیکی

۱-۵ فرضیات

- معادن قرضه تولید مصالح سنگی در شرق و غرب تهران، هر یک مصالح سنگی یکنواخت در منطقه داشته و تغییرات در سطح معادن قابل اغماض است. همچنین مصالح سنگی معادن مناطق شرق تهران، با درصد بیشتر آهک و مصالح سنگی معادن مناطق غرب تهران که عمدتاً از جنس سیلیس می‌باشد، متمایز است.
- قیر امولسیون کاتیونی دیرشکن به عنوان قیر مصرفی در تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.
- رنگ مورد استفاده در تحقیق از نوع رنگ ترافیکی سرد پایه آبی تولید داخل می‌باشد.
- شرایط اجرا و ضخامت اجرایی رنگ ترافیکی سرد پایه آبی مطابق با شرایط اجرایی این نوع رنگ در سطح خیابان‌های شهر تهران می باشد
- روشهای ارزیابی مقاومت سایشی طبق استانداردهای ASTM و AS/NZS استرالیا می باشد که شماره-های مربوطه در هر روش آورده شده است.

۱-۶ محدودیت ها

- دستیابی به تجهیزات مناسب در زمینه کنترل و اندازه‌گیری دوام و پایداری رنگ‌های ترافیکی سرد پایه آبی در اتصال با سنگدانه‌های روسازی و نوع جنس آنها از عمده محدودیت‌ها در روش انجام تحقیق به شمار می‌رود.
- با توجه به گستردگی و تعدد معادن تهیه مصالح سنگی در مناطق غربی و شرقی شهر تهران، انتخاب معدنی که بتواند شاخصی برای منطقه باشد، از جمله موانع اولیه انجام پروژه بوده است.
- با توجه به جنس متفاوت مصالح سنگی معادن غرب و شرق تهران، انتخاب نوع مناسب قیر امولسیونی (فقط یک نوع) جهت ساخت نمونه های آسفالت حفاظتی ریزدانه از دیگر محدودیت‌های روش انجام تحقیق بوده است.
- با توجه به استفاده از دستگاه WTAT[1] در تحقیق و ضخامت کم قالب این دستگاه، امکان ساخت نمونه های آسفالت گرم وجود نداشت.
- با توجه به ساخت نمونه های آسفالت حفاظتی ریزدانه در شرایط آزمایشگاهی، چگونگی ساخت و تهیه این نمونه‌ها از نظر یکنواختی و نحوه پاشش قیر امولسیونی، مصالح سنگی و همچنین همگن بودن بافت لایه آسفالت حفاظتی ریزدانه، از دیگر موانع روش تحقیق بوده است.
- اجرای رنگ ترافیکی سرد بر روی نمونه ها در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت دستی با استفاده از ابزار اعمال پخش رنگ در ضخامت معین[2] و دستیابی به ضخامت و سطح یکنواخت رنگ ترافیکی سرد در مقایسه با اجرای میدانی رنگ توسط ماشین پخش رنگ از محدودیت‌های روش اجرای پروژه بوده است.

[1] Wet Track Abrasion Tester
[2] Film Applicator

۱-۷ روش تحقیق

ابتدا مصالح مورد استفاده جهت انجام آزمایشات از مصالح معادن شهریار واقع در غرب تهران و پردیس واقع در شرق تهران تهیه گردید. مصالح شرق تهران از نوع مصالح با درصد مواد آهکی شکسته شده و مصالح غرب تهران عمدتاً از نوع سیلیسی شکسته شده بود. پس از نمونه برداری از معادن مذکور و همچنین تهیه قیر امولسیونی، نمونه های آسفالت حفاظتی از نوع آسفالت حفاظتی ریزدانه[۳] تهیه و ساخته شد.جهت بررسی کیفیت مصالح سنگدانه ای آزمایشات زیر بر روی سنگدانه ها انجام پذیرفت:

آزمایشات تعیین ارزش ماسه ای، سایش لوس آنجلس، تعیین حدود اتربرگ، تعیین درصد شکستگی، تعیین درصد اندود قیر به مصالح سنگی، تطویل و تورق، دوام در برابر سولفات سدیم، دانه بندی مصالح سنگی، تعیین وزن مخصوص حقیقی و ظاهری و درصد جذب آب مصالح سنگی درشت دانه و ریزدانه و تعیین وزن مخصوص فیلر.

جهت ساخت نمونه های آسفالت حفاظتی قالب های دایره ای شکلی مطابق با قالب های دستگاه سایش ساخته شد. پس از انتخاب دانه بندی مصالح سنگی و قیر مناسب، نمونه های آسفالت حفاظتی به میزان مورد نیاز ساخته شد و پس از ساخت نمونه ها رنگ سرد پایه آبی به کمک ابزار اعمال ضخامت رنگ بر روی نمونه ها اجرا گردید. سپس به کمک دستگاه سایش WTAT ، آزمایش سایش در شرایط خشک، مخلوط شن و نمک و آب و نگهداری در همین مخلوط به مدت ۴۸ ساعت بر روی نمونه ها انجام پذیرفت. در نهایت پس از انجام این آزمایشات در شرایط مختلف، نمونه ها مورد عکس برداری و ارزیابی چشمی قرار گرفتند و به کمک استفاده از استاندارد AS/NZS استرالیا درصد رنگ باقیمانده بر روی نمونه ها مشخص گردید و پارامترهای زیر در آنها مورد بررسی قرار گرفت:

[3] Microsurfacing

- نحوه تأثیر جنس سنگدانه ها در دوام و استحکام پیوند رنگ ترافیکی سرد
- تأثیر در شرایط آزمون مرطوب در مقابل شرایط خشک

در نهایت جهت بررسی صحت نتایج بدست آمده از تصاویر عکسبرداری شده توسط میکروسکوپ الکترونی نیز در تحلیل نتایج بدست آمده از آزمایشات استفاده گردید.

در فصل دوم این رساله به کلیاتی در مورد سنگدانه های مورد استفاده و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آنها و همچنین نقش آنها در عملکرد خط‌کشی های روسازی اشاره می گردد.

در فصل سوم عوامل موثر بر عملکرد خط‌کشی راه ها و انواع رنگ‌های به کار رفته در خطکشی‌ها و همچنین انواع آزمونهای رنگهای ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. از دیگر موارد مورد تحقیق بررسی تأیید شن و نمک بر روی خط‌کشی راهها و همچنین استفاده از روش نوین پردازش تصویری جهت ارزیابی دوام رنگهای خط‌کشی می باشد که در این فصل نتایج آن ارائه شده است.

در فصل چهارم به شرح روش انجام آزمایشات پرداخته شده و در فصل پنجم نتایج آزمایشات و بررسی های میدانی و تحلیل نتایج بدست آمده، آورده شده است.

جهت جمع بندی مطالب و نتیجه گیری از نتایج بدست آمده، فصل ششم به این امر اختصاص یافته است.