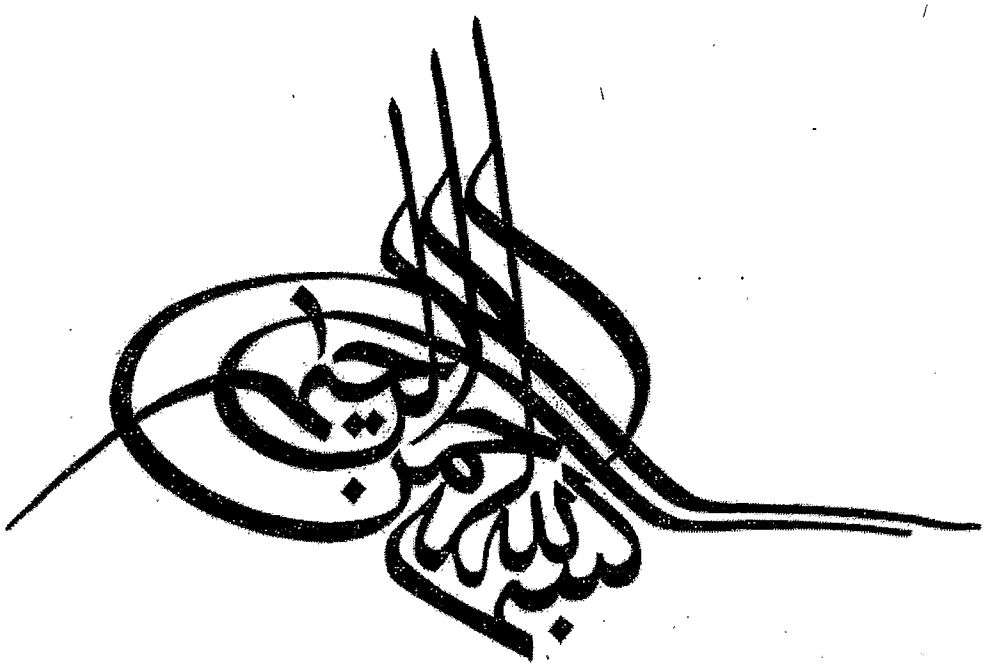

١٤١٧٣٦

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش مهندسی راه و ترابری

ارزیابی پارامترهای موثر بر تاخیرهای ترافیکی در تقاطعهای چراغدار (مطالعه موردی شهر رشت)

از

سینا قاسمیان پور

استاد راهنما

دکتر ایرج برگ گل

استاد مشاور

دکتر مهیار عربانی

۱۳۸۹/۷/۲

دی ۱۳۸۸

۱۴۱۷۳۶

تقدیم به

تمامی شهیدان راه سبز آزادی

تقدیر وتشکر از

- جناب آقای دکتر ایرج برگ گل، استاد راهنمای این پایان نامه که بی اغراق هرآنچه در طول این مقطع از تحصیلم آموختم نتیجه زحمات این استاد اندیشمند است.
- جناب آقای دکتر مهیار عربانی، که با پشتیبانی‌های همه جانبه این استاد گرامی امکان انجام این پژوهش میسر گردید.
- جناب آقایان مهندس محمد علی کارپور و فرهاد گیاهی از مدیران ارشد شهرداری رشت که بدون کمک و یاری این بزرگواران جمع آوری اطلاعات میدانی کار آسانی نبود.
- گروه مهندسین مشاور اندیشکار و علی الخصوص جناب آقایان مهندس حیدری و مهندس مشاق زاده که در زمینه های فنی و نرم افزاری اینجانب را راهنمایی های فراوان نمودند.
- دوستان عزیزم آقایان مهندس عارف بابازاده، مهندس امیرمقدردوست و مهندس سالار ذبیحی که در جمع آوری اطلاعات میدانی یار و یاور بنده بودند وهمچنین جمعی از دانشجویان گروه شهرسازی دانشگاه گیلان که در همین زمینه به بنده کمک شایانی کردند.
- اعضای خانواده خود وسایر آشنایان که در طی این مدت مشوق بنده در نگارش این پایان نامه بودند.

فهرست مطالب

فهرست مطالب..... ت

فهرست جدول ها..... ح

فهرست شکل ها..... د

چکیده پایان نامه به فارسی..... ز

چکیده پایان نامه به انگلیسی ..... ژ

فصل اول:کلیات ۱

۱- ۱ مقدمه ۱

۱- ۲ اهداف، فرضیات و محدودیت‌ها ۲

۱- ۳ ساختار مطالعه ۲

فصل دوم : روشهای محاسبه نرخ جریان اشباع ۴

۲- ۱ محاسبه نرخ جریان اشباع به روش HCM2000..... ۵

۲- ۲ بررسی محاسبه نرخ جریان اشباع در مطالعات پیشین HCM ۱۱

۲- ۳ محاسبه نرخ جریان اشباع به روش وبستر ۱۲

۲- ۴ روش محاسبه نرخ جریان اشباع در سایر کشور ها ۱۴

۲- ۴-۱ روش محاسبه نرخ جریان اشباع در استرالیا..... ۱۴

۲- ۴-۲ روش محاسبه نرخ جریان حالت اشباع در کشور کانادا ۱۶

۲- ۴-۳ محاسبه نرخ جریان اشباع به روش بریتانیایی ۱۷

۲- ۴-۴ محاسبه نرخ جریان اشباع به روش کشور اندونزی ۱۸

۲- ۵ روش محاسبه نرخ جریان اشباع در شرایط کشور ایران ۲۰

۲- ۵-۱ برآورد نرخ جریان اشباع برحسب عرض مسیر ۲۰

۲- ۵-۲ برآورد نرخ جریان اشباع برحسب خطوط عبور ۲۱
۲- ۶ ظرفیت ونرخ جریان اشباع ۲۲
فصل سوم : روشهای محاسبه تاخیر در تقاطعهای چراغدار ۲۴
۳- ۱ مفاهیم تاخیر ۲۴
۳- ۲ اصول تئوری صف ۲۶
۳- ۲-۱ مدل قطعی صف ۲۹
۳- ۲-۲ مدل M/G/1 برای محاسبه تاخیر در تقاطع ۳۰
۳- ۳ مدل تاخیر وبستر ۳۱
۳- ۴ مطالعات انجام شده در HCM ۳۲
۳- ۵ روابط تاخیر کنترل در HCM2000 ..... ۳۴
۳- ۶ سایر مدلهای برآورد تاخیر در تقاطعها ۳۸
۳- ۶-۱ مدل تاخیر موج شوک ۳۸
۳- ۶-۲ مدل هاردل (حالت فوق اشباع) ۴۰
۳- ۶-۳ مدل استرالیایی (اکلیک) ۴۱
۳- ۶-۴ مدل تاخیر شبیه سازی میکروسکوپی ۴۱
۳- ۷ مدلهای برآورد تاخیر در ایران ۴۲
فصل چهارم : گردآوری اطلاعات ۴۴
۴- ۱ محل تقاطعهای آمارگیری شده ۴۴
۴- ۲ نحوه آمارگیری حجم وسایل نقلیه ۵۲
۴- ۳ اطلاعات زمان سفر ۵۴
۴- ۳-۱ محاسبات زمان سفر به روش ثبت پلاک ۵۴
۴- ۳-۲ محاسبه زمان سفر به روش وسیله‌نقلیه متوسط ۶۲
۴- ۳-۳ ساخت بانک اطلاعاتی و پردازش اطلاعات ۶۲
۴- ۳-۴ آمارگیری زمان تاخیر به روش HCM2000 ..... ۶۶
۴- ۴ اطلاعات زمانبندی چراغ ۶۷
۴- ۵ اطلاعات زمان تلف‌شده و سرفاصله زمانی ۶۷

فصل پنجم : ارزیابی عوامل تاثیرگذار در تاخیر تقاطعات ۷۳

۵- ۱ بررسی نتایج بدست آمده از محاسبه زمانهای تلف شده ۷۳

۵- ۱-۱ زمان تلف شده شروع ۷۳

۵- ۱-۲ زمان تلف شده تخلیه ۷۶

۵- ۲ بررسی تغییرات نرخ جریان اشباع ۷۶

۵- ۲-۱ تعیین تعداد خط در محاسبه تردد اشباع به روش HCM ۷۶

۵- ۲-۲ محاسبه نرخ جریان اشباع براساس عرض مسیر ۸۰

۵- ۳ تاثیر درصد وسایل نقلیه سنگین ۸۲

۵- ۴ عامل شیب ۸۳

۵- ۵ ارزیابی میزان تاخیر تحت اثر راهبندان اتوبوس ۸۳

۵- ۶ تغییرات تأخیر به لحاظ آشفتگی‌های موجود در تقاطع ۸۵

۵- ۷ تأثیر نوع حرکات در میزان تاخیر ۸۸

۵- ۷-۱ حرکات گردش به راست ۸۸

۵- ۷-۲ حرکات گردش به چپ ۹۱

۵- ۸ تأثیر حرکتهای گروهی در تقاطعات چراغدار ۹۴

۵- ۹ ارزیابی مدلهای برآورد تأخیر ۹۵

فصل ششم : مدلسازی و تحلیل نرم‌افزاری ۹۷

۶-۱ مدلهای پیشنهادی برآورد تاخیر در تقاطعها ۹۷

۶- ۱-۱ مدل پیشنهادی اول ۹۸

۶- ۱-۲ مدل پیشنهادی دوم ۱۰۰

۶- ۱-۳ مدل سوم: مدل تکمیلی وبستر ۱۰۰

۶- ۱-۴ مدل چهارم: مدل اصلاحی HCM ۱۰۱

۶- ۲ ارزیابی و مقایسه نتایج مدلسازی ۱۰۲

۶- ۳ مقایسه تاخیر کنترل HCM با مدلهای پرداخت شده ۱۰۷

۶- ۴ مدلهای حرکت گردش به چپ در میدان چراغدار ۱۰۸

۶- ۴-۱ انتخاب متغیرهای موثر ۱۰۸

۶- ۴-۲ ارائه وبررسی مدلهای نهایی ۱۰۹
۶- ۵ تحلیل نرم‌افزاری ۱۱۱
۶- ۵-۱ معرفی نرم‌افزار Synchro4 ..... ۱۱۱
۶- ۵-۲ کلیاتی برای شناسایی روش کار با نرم‌افزار Synchro ۱۱۱
۶- ۵-۳ بررسی و مقایسه خروجی نرم‌افزار با تاخیرهای واقعی مشاهده شده ۱۱۵
فصل هفتم : خلاصه نتایج و پیشنهادات ۱۱۷
۷- ۱ نتیجه‌گیری ۱۱۷
۷- ۲ پیشنهادات ۱۱۹
مراجع ۱۲۰
پیوست ۱: جزئیات آماربرداری حجم وسایل نقلیه ۱۲۲
پیوست ۲: برنامه هوشمند پردازش اطلاعات ۱۲۹
پیوست ۳: جزئیات بانک اطلاعاتی ۱۳۲
پیوست ۴: خروجی نرم‌افزار SPSS ۱۶۲
پیوست ۵: مقاله ارسال‌شده به پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران ۱۷۱

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ نرخ جریان اشباع پایه بر حسب خودروی سواری در ساعت ۱۴

جدول ۲-۲ معادل خودرو سواری در دستورالعمل استرالیا ۱۵

جدول ۲-۳ مقادیر نرخ جریان حالت اشباع پایه کشور کانادا (خودروی سواری در ساعت چراغ سبز)..... ۱۶

جدول ۳-۱ گروه بندی انواع حالتهای توزیع در سیستم صف ۲۸

جدول ۴-۱ مشخصات مقطع عرضی تقاطعها و خیابانهای آمارگیری شده ۵۱

جدول ۴-۲ معادل سواری وسایل‌نقلیه در تقاطعهای با چراغ راهنمایی ۵۴

جدول ۴-۳ متوسط زمان تاخیر و حجم وسایل‌نقلیه در تقاطع چهارراه ضیابری به تفکیک حرکات مختلف ۵۵

جدول ۴-۴ متوسط زمان تاخیر و حجم وسایل‌نقلیه در تقاطع سردارجنگل - بیستون به تفکیک حرکات مختلف ۵۶

جدول ۴-۵ متوسط زمان تاخیر و حجم وسایل‌نقلیه در میدان صیقلان به تفکیک حرکات مختلف ۵۷

جدول ۴-۶ متوسط زمان تاخیر و حجم وسایل‌نقلیه در تقاطع تختی - شریعتی به تفکیک حرکات مختلف ۵۸

جدول ۴-۷ متوسط زمان تاخیر و حجم وسایل‌نقلیه در تقاطع چهارراه میکاییل به تفکیک حرکات مختلف ۵۹

جدول ۴-۸ نتایج بدست آمده زمان سفر از روش وسیله‌نقلیه متوسط ۶۴

جدول ۵-۱ زمانهای تلف‌شده بدست آمده در تقاطعهای مورد مطالعه ۷۴

جدول ۵-۲ تعداد و عرض خطوط عبوری در تقاطعهای مورد مطالعه ۷۷

جدول ۵-۳ میزان تغییرات حجم و ظرفیت تحت تاثیر وسایل‌نقلیه سنگین..... ۸۳

جدول ۵-۴ حجم عابر عبوری و مانورهای پارک برای ورودیهای مورد مطالعه..... ۸۵

جدول ۶-۱ خلاصه نتایج آماری پرداخت مدلهای برآورد تاخیر ۱۰۲

جدول ۶-۲ مقایسه میزان تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدلهای این مطالعه..... ۱۰۴

جدول ۶-۳ خلاصه نتایج آماری پرداخت مدلهای برآورد تاخیر درمیدان چراغدار ۱۰۹

جدول ۶-۴ مقایسه میزان تاخیر مشاهده شده و محاسبه شده توسط نرم افزار synchro..... ۱۱۶

جدول پ۱-۱ حجم انواع وسیله نقلیه در چهارراه ضیابری..... ۱۲۳
جدول پ۱-۲ حجم انواع وسیله نقلیه در تقاطع سردارجنگل - بیستون..... ۱۲۴
جدول پ۱-۳ حجم ساعتی انواع حرکتها در تقاطع سردار جنگل - بیستون..... ۱۲۵
جدول پ۱-۴ حجم انواع وسیله نقلیه در میدان صیقلان..... ۱۲۶
جدول پ۱-۵ حجم انواع وسیله نقلیه در تقاطع تختی - شریعتی..... ۱۲۷
جدول پ۱-۶ حجم انواع وسیله نقلیه در چهارراه میکاییل..... ۱۲۸
جدول پ۳-۱ جزئیات محاسبه زمان سفر وتاخیر در میدان صیقلان ۱۳۳

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱ مقایسه مدل تحت اشباع و مدل فوق‌اشباع و چگونگی ترکیب آنها ۲۶

شکل ۳-۲ تابع ورود و خروج در مدل قطعی صف ۲۹

شکل ۳-۳ تحلیل موج شوک برای حالت تحت اشباع ۳۹

شکل ۴-۱ مشخصات هندسی و ترافیکی در چهارراه ضیابری ۴۶

شکل ۴-۲ مشخصات هندسی و ترافیکی در تقاطع سردار جنگل- بیستون ۴۷

شکل ۴-۳ مشخصات هندسی و ترافیکی در میدان صیقلان ۴۸

شکل ۴-۴ مشخصات هندسی و ترافیکی در تقاطع تختی- شریعتی ۴۹

شکل ۴-۵ مشخصات هندسی و ترافیکی در چهارراه میکاییل ۵۰

شکل ۴-۶ فرم برداشت احجام در تقاطع ۵۳

شکل ۴-۷ فرم برداشت زمان سفر به روش ثبت پلاک ۶۱

شکل ۴-۸ فرم برداشت زمان سفر به روش وسیله‌نقلیه متوسط ۶۳

شکل ۴-۹ بررسی زمان سفر بدست آمده برای رکورد مورد نظر ۶۵

شکل ۴-۱۰ فرم برداشت تاخیر کنترل به روش HCM2000 ..... ۶۸

شکل ۴-۱۱ فرم برداشت زمانهای تلف‌شده در تقاطع ۷۰

شکل ۵-۱ زمان تلف شده شروع درکتاب ظرفیت راهها ۷۵

شکل ۵-۲ زمان تلف شده شروع حاصل از نتایج بدست آمده ۷۵

شکل ۵-۳ متوسط نرخ جریان اشباع برای تمام ورودیها ۷۸

شکل ۵-۴ متوسط نرخ جریان اشباع براساس عرض عبوری ۷۹

شکل ۵-۵ میزان تغییرات نرخ جریان اشباع براساس عرض مسیر ۷۹

شکل ۵-۶ میزان تردد اشباع در مقابل عرض مسیر ۸۱

شکل ۵-۷ درصد وسایل نقلیه سنگین در تقاطعهای مختلف ۸۲
شکل ۵-۸ مقایسه میزان تاخیر تحت اثر راهبندان اتوبوس ۸۴
شکل ۵-۹ میزان افزایش تاخیر تحت اثر راهبندان اتوبوس ۸۴
شکل ۵-۱۰ مقایسه حجم عابر و مانور پارک در ورودیهای مختلف ۸۶
شکل ۵-۱۱ میزان تغییرات تاخیر تحت اثر آشفتگی‌های نسبتا" کم ۸۷
شکل ۵-۱۲ میزان تغییرات تاخیر تحت اثر آشفتگی‌های نسبتا" زیاد ۸۷
شکل ۵-۱۳ مقایسه میزان تاخیر براساس حرکات مختلف..... ۸۸
شکل ۵-۱۴ تاثیر تعداد خط در تاخیر حرکات گردش به راست ۸۹
شکل ۵-۱۵ میزان تغییرات تاخیر گردش به راست در مقابل درجه اشباع ۹۰
شکل ۵-۱۶ میزان تغییرات تاخیر گردش به راست در مقابل درصد گردش ۹۰
شکل ۵-۱۷ میزان تغییرات تاخیر گردش به چپ در مقابل درجه اشباع ۹۱
شکل ۵-۱۸ موقعیتهای احتمالی برخورد در میدان و تقاطع ۹۲
شکل ۵-۱۹ ارزیابی تاخیر گردش به چپ در میدان چراغدار ۹۳
شکل ۵-۲۰ میزان تاخیر گردش به چپ در میدان براساس زمانبندی‌های مختلف ۹۳
شکل ۵-۲۱ میزان تغییرات تاخیر گردش به چپ در مقابل درصد گردش ۹۴
شکل ۵-۲۲ تاثیر نحوه رسیدن به تقاطع در میزان تاخیر ۹۵
شکل ۵-۲۳ میزان تغییرات تاخیر براساس درجه اشباع و زمانبندی چراغ ۹۶
شکل ۶-۱ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدل ۱.۱ ..... ۱۰۵
شکل ۶-۲ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدل ۲.۱..... ۱۰۵
شکل ۶-۳ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدل ۱.۲..... ۱۰۵
شکل ۶-۴ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدل ۲.۱..... ۱۰۶
شکل ۶-۵ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدل ۳..... ۱۰۶
شکل ۶-۶ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدل ۴..... ۱۰۶
شکل ۶-۷ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده در ورودی دوم تقاطع تختی- شریعتی ۱۰۷
شکل ۶-۸ مقایسه تاخیر مشاهده شده و برآورد شده توسط مدلهای ارایه شده برای میدان چراغدار ۱۱۰

شکل ۶-۹ مقایسه میزان تاخیر مشاهده شده و برآورد شده درمیدان چراغدار ۱۱۰
شکل ۶-۱۰ نمایی از پنجره map در نرم‌افزار Synchro4 ..... ۱۱۳
شکل ۶-۱۱ نمایی از پنجره lane در نرم‌افزار Synchro4 ..... ۱۱۳
شکل ۶-۱۲ نمایی از پنجره volume در نرم‌افزار Synchro4 ..... ۱۱۴
شکل ۶-۱۳ نمایی از پنجره Timing در نرم‌افزار Synchro4 ..... ۱۱۵

چکیده

ارزیابی پارامترهای موثر بر تاخیرهای ترافیکی در تقاطع‌های چراغدار (مطالعه موردی شهر رشت)
سینا قاسمیان‌پور

تاخیر وسایل نقلیه از مهمترین مفاهیم علم ترافیک است، که توسط مهندسین حمل‌ونقل به عنوان عامل ارزیابی کارائی تقاطع‌ها شناخته می‌شود. از این پارامتر در تعیین سطح سرویس مسیرهای منتهی به یک تقاطع چراغدار و همچنین بهینه سازی زمان بندی چراغها و .... استفاده می‌گردد. عوامل زیادی در ایجاد تاخیر موثرند، که از جمله آنها می‌توان به شکل هندسی تقاطع، وضعیت ترافیکی، زمانبندی چراغهای راهنمایی، رفتار رانندگان و عابرین پیاده، حجم و نوع حرکات گردشی، وضعیت روسازی، شیب مسیر اشاره کرد. هر چند که هنوز تعیین میزان تاثیر عوامل موثر در تاخیر دشوار است، لیکن امروزه روشهایی برای مشخص نمودن میزان تاخیر در تقاطعها وجود دارد.

هدف از این پایان‌نامه، بررسی و ارزیابی پارامترهای موثر بر تاخیرهای ترافیکی در تقاطعهای چراغدار، تحت شرایط کشور ایران است. از آنجایکه بیشتر مدلهای ارایه شده برای محاسبه تاخیر در تقاطعات برمبنای رفتار رانندگان و خصوصیات جریان ترافیک کشورهای پیشرفته ساخته شده، کاربرد این روابط برای شرایط ایران می‌تواند با خطا همراه باشد. با توجه به این موضوع، در این پایان‌نامه به بررسی یکایک عوامل موثر در تاخیر و تعیین میزان اثر هریک از آنها پرداخته شده است. در این بین به چند عامل جدید، با توجه به شرایط و رفتار ترافیکی خاص ایران اشاره شده است. مبنای بررسی کلیه این عوامل، نتایج میدانی بدست آمده در مورد حجم ، زمان تاخیر و زمانبندی چراغ می‌باشد. همچنین در بخش دیگری از این پایان‌نامه به ارایه مدلهایی برای تقاطعها و میدانهای چراغدار پرداخته شده است. اصول طراحی این مدلها، براساس نتایج میدانی بدست آمده در مورد زمان عبور از میدان و تقاطع استوار است. در بخش پایانی این مطالعه نیز به مقایسه میزان تاخیر بدست آمده توسط نرم‌افزار Synchro و مقدار تاخیر مشاهده شده در تقاطعات مورد مطالعه پرداخته شده است.

کلید واژه: تاخیر، مدلهای تاخیر، نرخ جریان اشباع، زمانهای تلف شده، تقاطع چراغدار، میدان چراغدار.

Abstract

Evaluation of effective parameters on traffic delays at the signalized intersection
(Case study: Rasht)
Sina Ghasemianpoor

Vehicles delay is the most important concepts of traffic science, which is known as the agent performance evaluation at intersections, by the Transport Engineers. This parameter is used to determining the level of service at the paths lead to a signalized intersection and timing optimization. Many factors are effective in creating delay, including the intersection geometric, traffic conditions, signal timing, drivers and pedestrians behavior, volume and type of turn movements, pavement condition and approach grade. Although it's difficult to determine the effect of each factor in delay, today, there is many ways to determining intersection delay.

The purpose of this thesis is to evaluate the effective parameters on traffic delays at the signalized intersection, under the condition of Iran. Since the most offered models is based on the drivers behavior and traffic flow characteristics in developed countries, application of this relations has a relatively error in Iran condition. Due to this, this thesis is paid to each of effective parameters in delay and determines the influence of them. Among this, several new parameters are mentioned according to the Iran condition and traffic behavior. The base of investigation of these parameters is the results of field data, delay time and signal timing. Although, on another part of this thesis is paid attention to providing models for signalized intersection and roundabout. The basic design principles of this model, upon to results of field data that obtained by the time of crossing the intersection and roundabout. In the final part of this study, to compare delay obtained by Synchro software and the amount of delay observed in the studied intersection.

Key words: delay, delay's model, saturation flow rate, lost times, signalized intersection, signalized roundabout.

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

تقاطع‌ها بخش اجتناب ناپذیری از هر شبکه شهری هستند که در آن رانندگان می‌توانند تصمیم بگیرند که مستقیماً به مسیر خود ادامه دهند یا به خیابان دیگری تغییر مسیر دهند. تقاطع‌ها ممکن است بصورت همسطح و یا غیرهمسطح باشند. در تقاطع‌های همسطح دو یا چند راه به یکدیگر ملحق می‌شوند و سطحی از راه را به صورت مشترک مورد استفاده وسایل نقلیه موتوری، عابرین پیاده و ..... قرار می‌دهند. اگرچه فقط بخش کوچکی از شبکه معابر شهری به تقاطع‌ها اختصاص دارد، ولی باید در طراحی آن ایمنی، سرعت، هزینه بهره برداری و ظرفیت معابر در نظر گرفته شود تا عملکرد آنها بهبود یابد. مدیریت حرکات ترافیکی و کنترل آنها به شیوه‌های مختلف نیز از عوامل موثر در افزایش کارایی یک تقاطع است[۱]. ظرفیت شبکه معابر نیز مستقیما به چگونگی عملکرد وسایل کنترل ترافیک در تقاطع‌ها وابسته است. در صورت کنترل نامناسب تقاطع‌های یک شبکه، ممکن است علیرغم طرح هندسی مناسب و قابلیت سرویس‌دهی کافی، ظرفیت به حدی افت کند که این شبکه نتواند پاسخگوی حجم ترافیک موجود باشد.

یکی از مهمترین و موثرترین روشهای کنترل ترافیک در تقاطع‌ها، استفاده از چراغهای راهنمایی است. از مزایای اصلی چراغهای راهنمایی، نقشی است که در راهنمایی رانندگان و عابران برعهده دارند، به نحوی که جایی برای تشخیص نادرست رانندگان باقی نمی‌ماند[۲]. چراغهای راهنمایی با تخصیص زمان عبور به کلیه حرکتها، نقش موثری در برقراری نظم و ایمنی ترافیک دارند ولی از طرفی باعث افزایش زمان سفر در خیابان‌های شهری می‌شوند.

تقاطع‌های چراغدار از اصلی‌ترین نقاط کنترل کننده جریان ترافیک در سطح شبکه هستند که در آنها، از متوسط تاخیر وارده بر وسایل نقلیه به عنوان معیار اندازه‌گیری کارایی و خصوصیات عملکردی تقاطع استفاده می‌گردد. محاسبه تاخیر در شبکه معابر، از مهمترین ابزار ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری محسوب می‌شود و از آنجا که بر میزان اتلاف وقت افراد، میزان مصرف سوخت، آلودگی هوا و در مجموع بر هزینه استفاده از شبکه موثر است، در مطالعات ترافیکی از جایگاه خاصی برخوردار است. عوامل زیادی در ایجاد تاخیر موثرند، که از جمله آنها می‌توان به شکل هندسی تقاطع، وضعیت ترافیکی، زمانبندی چراغهای راهنمایی، رفتار رانندگان و عابرین پیاده، حجم و نوع حرکات گردشی، وضعیت روسازی، شیب مسیر و ..... اشاره کرد.

۱-۲- اهداف، فرضیات و محدودیت‌ها

یکی از اطلاعات مورد نیاز برای مدلهای تخصیص ترافیک در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری، آگهی از میزان تاخیر در تقاطعها است. از آنجا که پارامترهای ترافیکی و بطور خاص تاخیر به شدت به رفتار ترافیکی استفاده کنندگان هر شهر و کشور بستگی دارد، لذا استفاده از مدلهای ارائه شده در کشورهای دیگر نیاز به بازبینی و تجدید نظر برای شرایط مورد نظر را دارد. برای نمونه رفتار ترافیکی رانندگان ایرانی در محل تقاطع چراغدار با سایر کشورها متفاوت است که این امر باعث تفاوتهای زیادی در ارائه مدلهای تاخیر می‌گردد. با توجه به بیان فوق، بررسی عوامل تاثیرگذار در محاسبه تاخیر، ارزیابی متغیرها و ضرایب تصحیح آیین نامه‌های مختلف و همچنین پیشنهاد مدلی برای تخمین تاخیر در تقاطعهای چراغدار که بیشتر به رفتار رانندگان و شرایط ترافیکی کشور ما شبیه است، مساله‌ای است که هدف این تحقیق است.

اصولا" روابطی که برای ارزیابی و محاسبه تاخیر در تقاطعها وجود دارند، هر یک مبتنی بر فرضیات خاصی هستند که در بیشتر اوقات جوابهای مناسبی برای شرایط ایران ارایه نمی‌دهند. دلیل این امر در نظر گرفتن این فرضیات براساس نتایج تحقیقات انجام گرفته در کشورهای ارائه دهنده مدل است که سازگاری چندانی با شرایط کشور ما ندارد. بنابراین در این مطالعه سعی شده که در حین بررسی عوامل مختلف بر تاثیر، فرضیات به کار رفته در مدلهای تاخیر نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین بدلیل اینکه در بخشهایی از این مطالعه به بررسی تاثیر تنها یک عامل در میزان تاخیر پرداخته می‌شود باید از تاثیر سایر عوامل جلوگیری شود. این موضوع به دلیل کوچک بودن جامعه آماری در بعضی موارد با محدودیت‌هایی همراه است، که با فرض یکسان بودن تاثیر سایر عوامل (علیرغم وجود تفاوت جزئی) انجام شده است.

از آنجائی که تعیین تاثیر هر یک از پارامترهای موثر در تاخیر هدف اصلی انجام این مطالعه است، لذا در مرحله اول تهیه یک جامعه آماری، با تعداد داده‌های قابل قبول از اهمیت به سزایی برخوردار است. اما به دلیل گستردگی و پرهزینه بودن برداشت اطلاعات از یک تقاطع چراغدار، در این مطالعه سعی برآن شد که از هر نوع تقاطع چراغدار که دارای ویژگیهای خاصی است یک نمونه برای آمارگیری انتخاب شود. با در نظر گرفتن این محدودیت، ۵ تقاطع برای جمع آوری اطلاعات میدانی انتخاب گردید. ویژگیهای هر یک از این تقاطع‌ها در فصل ۴ این مطالعه بیان شده است.

۱-۳- ساختار مطالعه

تاخیر در حالت کلی عبارت است از زمان اضافی لازم برای عبور از مسافتی که در آن عوامل متعددی از حرکت جریان پیوسته ممانعت می‌کنند. از مهمترین این عوامل می‌توان به چراغ راهنمایی اشاره کرد که باعث ایجاد وقفه و شکل‌گیری جریان منقطع می‌شود[۳]. در تعیین میزان تاخیر وارده بر وسایل نقلیه عوامل متعددی تاثیرگذار هستند که ظرفیت یکی از اساسی‌ترین این پارامترها است. ظرفیت در تقاطع‌های چراغدار بر اساس زمانبندی چراغ راهنمایی و همچنین میزان نرخ جریان

اشباع محاسبه می شود. نرخ جریان اشباع در واقع خود نوعی ظرفیت است، زیرا حداکثر جریان عبوری در یک مقطع از تقاطع را با فرض سبز بودن چراغ راهنمایی را بیان می‌کند.

در فصل ۲ این پایان نامه به تفصیل به مطالعاتی که تاکنون در مورد محاسبه نرخ جریان اشباع، توسط محققین مختلف صورت گرفته پرداخته شده است. در این فصل ابتدا روش محاسبه تردد اشباع به روش HCM 2000 و همچنین چگونگی محاسبه ضرایب تصحیح موثر در آن بیان شده است و سپس به بررسی مختصر آیین نامه‌های کشورهای مختلف و همچنین مدلهای ارایه شده تحت شرایط کشور ایران پرداخته شده است. در فصل سوم این مطالعه نیز پس از مرور مختصری بر مفاهیم تاخیر در تقاطعهای چراغدار، به توضیح مدلهای موجود در این زمینه پرداخته شده است.

برای ارزیابی پارامترهای موثر در میزان تاخیر تقاطعهای چراغدار و نهایتا" ارایه مدلی مناسب برای شرایط کشور ما، اطلاعات کاملی از زمانبندی چراغ، زمان سفر و حجم ترافیک وسایل‌نقلیه مختلف در چند تقاطع چراغدار مورد نیاز است. به این منظور چند تقاطع در سطح شهر رشت برای آمارگیری انتخاب شدند. این تقاطع‌ها به نحوی انتخاب شدند که اولا" از نظر تنوع، بیشترین نوع تقاطع چراغدار در سطح شهر باشند و ثانیا" از نظر تراکم، حجم ترافیک خلوت تا شلوغ را شامل شوند. شرح فعالیتهای انجام شده در این زمینه، از انتخاب محلهای آمارگیری تا روش آمارگیری و ارایه خلاصه نتایج در فصل ۴ این پایان‌نامه آمده است.

در فصل ۵، به ارزیابی عوامل موثر بر تاخیرهای ترافیکی تقاطعات چراغدار پرداخته شده است. در این فصل، پس از گردآوری اطلاعات مورد نیاز به بررسی تاثیر پارامترهای مختلف نظیر میزان زمانهای تلف شده، آشفتگی‌های موجود در تقاطع، درصد حرکات گردشی، تاثیر حرکتهای گروهی و ... پرداخته شده است. به منظور بررسی بعضی از این عوامل نظیر تاثیر راهبندان اتوبوس و آشفتگی‌های موجود در تقاطع علاوه بر نتایج ذکر شده در فصل چهارم، آمارگیریهای جداگانه‌ای از طریق میدانی و یا از طریق مشاهده فیلم‌های برداشت شده انجام شده است. جزئیات بیشتر در ارتباط با این مطالب در فصل پنجم گزارش شده است.

در فصل ۶ این پایان نامه به ساخت و پرداخت دو گروه مدل به منظور برآورد زمان تاخیر در تقاطعها و میدانهای با چراغ‌راهنمایی پرداخته شده است. همچنین در بخش پایانی این فصل، به منظور ارزیابی بعضی از نرم‌افزارهای رایج در ایران، نتایج حاصل از محاسبه تاخیر توسط نرم‌افزار Synchro4 گزارش شده است. در فصل ۷، به بحث در ارتباط با نتایج بدست آمده از ارزیابی پارامترهای مختلف و مدلهای ارایه شده پرداخته شده است و با یک جمع بندی کلی از مباحث مطرح شده، چند پیشنهاد به منظور ادامه مطالعات ارایه شده است.

فصل دوم

روش‌های محاسبه نرخ جریان اشباع

به طور کلی هدف از تحلیل عملکرد یک تقاطع تعیین میزان سرویس‌دهی آن تحت شرایط هندسی، ترافیکی و کنترلی است. قبل از تحلیل عملکرد تقاطع‌ها باید اطلاعاتی را در مورد وضعیت فیزیکی تقاطع، ترکیب جریان ترافیک، روش کنترل و اطلاعات مربوط به شرایط محیطی نظیر موقعیت بناهای سفرساز اطراف، کاربری‌های منطقه و بدست آورد. گام بعدی در تحلیل عملکرد یک تقاطع محاسبه ظرفیت آن می‌باشد. بررسی ظرفیت تقاطع منتج به محاسبه نسبت V/C برای خط یا گروه خط‌های عبوری موجود در تقاطع می‌شود. با توجه به تاثیر زمان‌بندی چراغ در عملکرد تقاطع، مفهوم ظرفیت در تقاطع‌های چراغدار تا حدی از مفهوم آن در سایر تسهیلات ترافیکی متمایز است. پایه و اساس تحلیل عملکرد تقاطع‌های چراغدار محاسبه نرخ جریان اشباع است. نرخ جریان اشباع[1]، به عنوان حداکثر جریانی است که می‌تواند تحت شرایط هندسی و ترافیکی موجود از یک گروه‌خط عبور کند، با این فرض که گروه‌خط فوق صددرصد زمان واقعی موجود را به عنوان زمان چراغ سبز موثر در اختیار داشته باشد. نرخ جریان اشباع به صورت تعداد وسایل نقلیه عبوری در یک ساعت زمان چراغ سبز نشان داده می‌شود[۲]. نرخ جریان اشباع را می‌توان در محل اندازه‌گیری کرد و یا با استفاده از روش‌های محاسباتی بدست آورد. به طور کلی مدل‌هایی که تاکنون برای تعیین مقدار تردد اشباع در تقاطع‌های چراغدار ارائه شده‌اند، به دو گروه اصلی قابل تقسیم هستند[۴]:

- مدل‌هایی که میزان تردد اشباع را براساس عرض مسیر تعیین می‌کنند (مانند مدل وبستر و مدل اندونزی)
- مدل‌هایی که میزان تردد اشباع را براساس عرض خط عبور یا خطوط عبور محاسبه می‌کنند. (مانند HCM)

مدل‌های نوع اول نسبت به مدل‌های نوع دوم قدیمی‌تر هستند و اصولاً چون به مرور ایام نظم حاکم بر تقاطع‌ها بیشتر شده است، گرایش به سمت تعیین ظرفیت براساس عرض خط یا گروه‌خط افزایش یافته است. در این بخش به بیان روش‌های تعیین نرخ جریان اشباع پرداخته شده است. در اکثر این روش‌ها ابتدا یک مقدار پایه تحت عنوان « نرخ جریان اشباع پایه»[2] برای تعیین میزان تردد اشباع در نظر گرفته می‌شود. جریان اشباع ایده‌آل حداکثر جریان ترافیکی عبوری از یک گروه‌خط در هر ساعت سبز موثر می‌باشد در صورتی که تمامی‌عوامل محیطی، هندسی و ترافیکی در شرایط ایده‌آل قرار داشته باشد. در

[1] Saturation flow rate
[2] Base saturation flow rate

اکثر موارد، تقاطع‌ها فاقد این شرایط ایده‌آل بوده و عواملی موجب تغییر در مقدار نرخ جریان اشباع می‌شوند. مهمترین این عوامل عبارتند از :

- عرض خط ورودی
- شیب
- نوع وسایل نقلیه
- حجم گردش به چپ و راست.

۲-۱- محاسبه نرخ جریان اشباع به روش HCM 2000

در کتاب HCM 2000 [۵] محاسبه نرخ جریان اشباع در هر گروه خط با انتخاب یک مقدار نرخ جریان اشباع پایه، که معمولاً ۱۹۰۰ خودروی سواری در هر ساعت از چراغ سبز و در هر خط از مسیر (pc/h/ln) است، و با تصحیح این مقدار پایه برای شرایط واقعی و غیر ایده‌آل تقاطع انجام می‌شود. به عبارت دیگر :

$$S = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \qquad (۲-۱)$$

که در آن :

S : نرخ جریان اشباع برای گروه‌خط عبوری که مجموع جریان خطوط در گروه‌خط مذکور است (veh/h)،

S_0 : نرخ جریان اشباع پایه هر خط از گروه‌خط (pc/h/ln)،

N : تعداد خط گروه خط،

f_w : ضریب تصحیح عرض خط عبور،

f_{HV} : ضریب تصحیح برای حضور وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک،

f_g : ضریب تصحیح برای شیب رویکرد،

f_p : ضریب تصحیح برای وجود خطوط پارکینگ نزدیک به گروه‌خط عبوری و پارکینگ فعال در گروه خط،

f_{bb} : ضریب تصحیح برای تاثیر راهبندان ناشی از اتوبوسهای محلی متوقف در محدوده تقاطع،

f_a : ضریب تصحیح برای نوع منطقه،

f_{LU} : ضریب تصحیح برای بهره‌وری خط،

f_{LT} : ضریب تصحیح برای گردش به چپ در گروه‌خط عبوری،

f_{RT} : ضریب تصحیح برای گردش به راست در گروه‌خط عبوری،

f_{Lpb} : ضریب تصحیح حضور عابر پیاده و دوچرخه برای حرکت‌های گردش به چپ،

f_{Rpb} : ضریب تصحیح حضور عابر پیاده و دوچرخه برای حرکت‌های گردش به راست.