

۱۵۹۸۸۴۶



تخمین تاخیر چراغ‌های راهنمایی و رانندگی از طریق مدل‌سازی

نویسنده:

مسعود امرادی

کارشناس ارشد راه و ترابری

سرشناسه	:	امرادی، مسعود، ۱۳۷۰ -
عنوان و نام پدیدآور	:	تخمین تاخیر چراغ‌های راهنمایی و رانندگی از طریق مدلسازی/نویسنده مسعود امرادی.
مشخصات نشر	:	تهران: ندای کارآفرین، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۹۶ص.
شابک	:	978-600-482-095-0
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۹۴.
موضوع	:	ترافیک -- کنترل الکترونیکی -- الگوهای ریاضی
موضوع	:	Electronic traffic controls -- Mathematical models
موضوع	:	علایم راهنمایی و رانندگی -- الگوهای ریاضی
موضوع	:	Traffic signs and signals -- Mathematical models
موضوع	:	ترافیک -- پیش‌بینی‌های ایمنی -- الگوهای ریاضی
موضوع	:	Traffic safety -- Mathematical models
رده بندی کنگر	:	۳۷۹۷ ت ۸۱ الف / TE۲۲۸
رده بندی دیویی	:	۷۹۴/۶۲۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۱۶۱۰۷۱

نام کتاب : تخمین تاخیر چراغ‌های راهنمایی و رانندگی از طریق مدلسازی

نویسنده : مسعود امرادی

طراح جلد : رضا کاوه

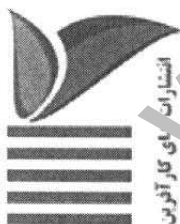
صفحه آرا : اکرم ملک نژاد

تیراژ : ۱۰۰۰

نوبت چاپ : ۱۳۹۷ اول

قیمت : ۱۲۵۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۴۸۲-۰۹۵-۰



تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، نیش کوچه انوری، پلاک ۲۹

تلفن تماس: ۶۶۴۰۲۷۲۲

WWW.NedayeKarafarin.ir

فهرست مطالب

۵	 مقدمه
۱۱	 فصل اول: شبیه سازی جریان ترافیک
۱۶	 شبیه سازی جریان ترافیک در تقاطع های چراغدار
۲۱	 نقش طری هندسی در عملکرد تقاطع های چراغدار
۲۵	 فصل دوم: مدل تأخیر در تقاطع های چراغدار
۲۵	 مدل سازی میزان تأخیر در تقاطع های چراغدار
۳۲	 زمان بندی چراغ های راهنمایی با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی
۴۷	 فصل سوم: مبانی نظری مدل سازی تأخیر
۴۸	 مبانی آماری مدل سازی زمان تأخیر در چراغ های راهنمایی
۶۸	 مبانی آماری مدل سازی ارتباط میزان تأخیر و پارامترهای ترافیکی در چراغ های راهنمایی
۷۳	 فصل چهارم: مدلسازی یک نمونه عینی
۷۳	 گردآوری داده های مورد نیاز برای مدل سازی
۷۶	 مدل سازی ارتباط بین میزان تأخیر و عوامل مربوط به جریان ترافیک در چراغ ها
۸۱	 مدل سازی میزان تأخیر در چراغ های راهنمایی برحسب پارامترهای ترافیکی
۸۶	 مطالعه نتایج حاصل از مدلسازی
۸۸	 نتایج مدل سازی ارتباط میزان تأخیر با پارامترهای ترافیکی در چراغ های راهنمایی
۹۳	 حاصل کلام
۹۴	 منابع و مآخذ

مقدمه

با توجه به تأثیر عمده‌ای که تقاطع‌های چراغ دار با افزایش زمان تأخیر، بر زمان سفر در معابر شهری می‌گذارند، توجه به کاهش زمان تأخیر و بهبود سطح سرویس تقاطع‌های چراغ دار امری لازم است. با توجه به آثار نامطلوبی که افزایش زمان تأخیر بر شرایط ترافیکی زیست محیطی، مصرف سوخت و دیگر در جامعه دارد، باید به دنبال راهکاری جهت کاهش زمان تأخیر در تقاطع‌ها بود.

نصب چراغ‌های راهنمایی در ماصح‌ها با هدف اولویت بندی و اعطای حقوق برابر به تمام خودروها، مسائل عمده را در این داد مکان‌هایی که سطح و حریم تقاطع نامیده می‌شوند، محل عبور چندین استه‌ه کنندگان از وسایل نقلیه و عابرین پیاده با تنوعی از حرکات هستند. بدیهی است که امکان عبور همزمان کلیه حرکات در شرایطی که حجم رفت و آمد زیاد است، به راسی مکان بذر نیست. بنابراین در این گونه از تقاطع‌ها همیشه دسته‌ای از خودروها در انتظار اخذ خدمت از تقاطع هستند. در نتیجه بنا به تعریف، تقاطعی دارای کارایی مناسب است که از ظرفیت آن بتواند پاسخگوی نیاز تقاضای عبور و مرور باشد و ثانیاً حقوق برابر را به وسایل نقلیه با شرایط یکسان اعطا نماید. بدون هیچ تردیدی تأخیر، مهم‌ترین معیار عملکرد حرکت‌های ترافیکی یک تقاطع است. تأخیر سبب افزایش مصرف سوخت، آلودگی هوا، افزایش هزینه‌ها شامل هزینه عملیاتی وسایل نقلیه به اضافه ارزش وقت استفاده کنندگان، فشار روانی بر رانندگان و تصادف می‌شود. یک علت مهم دیگر جهت استفاده از تأخیر در مطالعات مربوط به تقاطع‌های با چراغ راهنمایی، کاربردی بودن آن است. تأخیر، زمان از دست رفته‌ی خارج از کنترل رانندگان می‌باشد که ناشی از دو عامل اصلی است. اول، تأخیر عملیاتی که در نتیجه معاوضه و برخورد بین

جریان‌های مختلف ترافیک به وجود می‌آید و دوم، تأخیر ثابتی که به علت سیستم کنترل چراغ راهنمایی بر وسایل نقلیه تحمیل می‌گردد.

تنها با ایجاد بهترین نوع فازبندی، زمان بندی و طول چرخه بهینه برای هر یک از تقاطع‌ها، نمی‌توان به بیشترین کارایی جریان ترافیک شبکه دست یافت بلکه تأثیر متقابل تقاطع‌ها بر روی یکدیگر نیز تأثیر قابل توجهی بر عملکرد شبکه دارد. در شبکه حمل و نقل شهری معمولاً فاصله تقاطع‌های مجاور به اندازه‌ای است که عملکرد آنها بر یکدیگر تأثیر می‌گذارد. با سبز شدن چراغ در تقاطع بالا دست، یک دسته وسیله نقلیه با یکدیگر به حرکت درآمده و تقریباً به صورت گروهی به تقاطع بعدی می‌رسند. اگر همزمان با رسیدن این گروه وسایل نقلیه، چراغ مسیر مربوطه در این تقاطع سبز شود، مجموع تأخیرها و توقف‌های وسایل نقلیه کاهش چشمگیری یافته و کارایی تقاطع شدیداً افزایش می‌یابد. برای دستیابی به این هدف به جای کنترل مجزای تقاطع‌ها، از کنترل هماهنگ استفاده می‌شود. از مزایای هماهنگ نمودن چراغ‌های راهنمایی، می‌توان به بهبود ظرفیت در تقاطع‌های چراغدار نزدیک به یکدیگر، کاهش زمان سفر، کاهش تعداد توقف‌ها، کاهش میزان تصادفات تقاطع‌ها، کاهش آلودگی هوا و صوت، کاهش مصرف سوخت اشاره کرد^۱.

در شبکه خیابان‌های شهری ارتباط قابل درک بین تنظیم چراغ‌های راهنمایی زمان - ثابت و انتخاب مسیر توسط کاربران شبکه و در نهایت میزان تأخیر وجود دارد. از آنجایی که راهکارهایی مثل افزایش عرض خیابان در بسیاری از موارد امکان پذیر نبوده و یا بسیار هزینه بر هستند، انتخاب روشی مناسب برای تنظیم چراغ‌های راهنمایی در سطح شبکه یکی از موضوعات مهمی است که در سال‌های اخیر نظر بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است تا بتوانند به وسیله آن تأخیر ناشی از چراغ را کاهش دهند. محققین روش‌های مختلفی را برای طراحی چراغ‌های راهنمایی پیشنهاد کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به روش طراحی وبستر، کانادایی، HCM،

ITN و ... اشاره کرد^۱. مسئله طراحی چراغهای راهنمایی در سطح شبکه و کاهش تأخیر ناشی از آن به عوامل مختلفی بستگی دارد که به شرح زیر هستند^۲:

۱. الگوریتم و مدل ترافیکی استفاده شده برای ارزیابی هر بازه زمانی پیشنهادی.
۲. ثابت و یا متغیر بودن مسیرهای رانندگان با توجه به چراغ راهنمایی.
۳. ثابت و یا متغیر بودن زمان چراغ راهنمایی.
۴. تعداد سیکل‌های چراغ راهنمایی.

اگر داده‌های مربوط به جریان ترافیک یا طرح هندسی راه، گسسته و تصادفی باشند، مدل‌های رگرسیون پواسن مناسب‌تر از مدل‌های رگرسیون خطی‌اند. از این رو از مدل‌های رگرسیون پواسن نیز می‌توان برای بنای روابط آماری میان متغیر وابسته‌ای که باید مقدار آن برآورد شود و فاکتورهای مؤثر بر مقدار آن متغیر به عنوان متغیرهای مستقل استفاده کرد. مدل رگرسیون پواسن هم خودکاستی‌هایی دارد. یک محدودیت مهم مدل رگرسیون پواسن برابری میانگین با واریانس است. اگر این فرض معتبر نباشد، انحراف معیارهای استاندارد، که معمولاً با روش درست‌نمایی ماکزیمم برآورد می‌شوند، اریب خواهند بود و آماره‌های آزمون‌هایی که برای ارزیابی معناداری ضرایب رگرسیون ساخته می‌شوند، نادرست خواهند بود.

نخستین گام در مدل‌سازی میزان تأخیر در چراغ‌های راهنمایی، گردآوری پارامترهای ترافیکی تقاطع‌های چراغدار انتخاب شده شامل حجم ورودی به تقاطع بر حسب خودرو بر ساعت، تعداد فاز چراغ، طول چرخه چراغ بر حسب ثانیه، نسبت حجم به ظرفیت، سرعت متوسط حرکت بر حسب کیلومتر بر ساعت، زمان تأخیر و توقف هر خودرو بر حسب ثانیه و تعداد ترمز هر خودرو می‌باشد. در مدل‌سازی این عوامل بالقوه مؤثر، به عنوان متغیرهای مستقل اولیه وارد مدل می‌شوند و رابطه صریحی با متغیر وابسته یعنی میزان تأخیر در تقاطع چراغدار دارند. همچنین خطاهای تصادفی، ناهمبسته و دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت هستند از این رو برای برآورد ضرایب رگرسیون می‌توان از روش معمولی کمترین مربعات یا درست‌نمایی بیشینه استفاده کرد.

متأسفانه در کشور ما مسئله تأخیر اهمیت چندانی ندارد اما کشورهای توسعه یافته به دنبال کاهش حتی یک ثانیه تأخیر می‌باشند، زیرا اگر به طور مثال در هر سیکل ۶۰ ثانیه‌ای حتی یک ثانیه از تأخیر کاسته شود، در هر ساعت این کاهش برابر با یک دقیقه و در هر شبانه روز برابر با ۲۴ دقیقه خواهد بود. اگر یک دوره یکساله را مورد بررسی قرار دهیم این مقدار حدود ۱۴۰ ساعت برای هر وسیله نقلیه در هر چراغ راهنمایی خواهد بود. حال اگر در یک دوره ده ساله و برای تمامی چراغ‌های راهنمایی این کاهش را در نظر بگیریم میزان زمان از دست رفته بسیار زیاد خواهد بود، بنابراین تحقیق بر روی این موضوع امری مهم و توجیه پذیر به نظر می‌رسد. از این رو کاهش حتی یک ثانیه تأخیر در هر سیکل می‌تواند کمک بسیار زیادی به کاهش مصرف سوخت، کاهش هزینه‌ها و کاهش زمان تلف شده در یک دوره بلند مدت کند.

با مدل سازی میزان تأخیر چراغ‌های راهنمایی، عوامل مؤثر بر میزان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار شناخته خواهد شد. از این رو می‌توان با در نظر گرفتن هزینه اجرای طرح، با کاهش مقدار عواملی که اثر مستقیمی بر میزان تأخیرها دارند و با افزایش عواملی که اثر معکوس بر میزان تأخیرها دارند، میزان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار را به حداقل رساند.

در مدل‌سازی ارائه شده در این کتاب فرضیات زیر در نظر گرفته شده است که ذیلاً به ذکر آن‌ها می‌پردازیم.

۱. رابطه مستقیمی بین میزان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار و حجم ورودی به تقاطع وجود دارد.
۲. رابطه مستقیمی بین میزان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار و طول چراغ وجود دارد.
۳. رابطه معکوسی بین میزان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار و سرعت متوسط حرکت وجود دارد.
۴. ارتباط مستقیمی بین میزان تأخیر در تقاطع‌های چراغدار و متوسط زمان توقف هر خودرو در تقاطع وجود دارد.
۵. می‌توان با شناخت دقیق پارامترهای تأثیرگذار، راهکارهایی برای کاهش آن ارائه

داد.

هدف از ایجاد هماهنگی بین تقاطع‌ها در بهترین حالت، تأمین موج سبز برای کلیه مسیرها است، اما دستیابی به این هدف در بسیاری از حالات امکانپذیر نیست. دستیابی به موج سبز در هر دو جهت یک شریانی دوطرفه فقط در شرایط خاصی میسر می‌شود. تأمین این هدف در مورد دو شریانی متقاطع دشواری بیشتری داشته و در مورد یک شبکه بسته که مجموعه‌ای از چند مسیر یا شریانی متقاطع است، تقریباً غیرممکن می‌شود. بنابراین هدف از اجرای کنترل هماهنگ در شبکه‌های بسته، بیسین نمودن کارایی کل شبکه با در نظر گرفتن نوسانات جریان ورودی تقاطعها است. برای دستیابی به این هدف و به منظور برنامه ریزی مناسب سیستمهای کنترل هماهنگ، پارامترهای طول چرخه، فاصله زمان سبز در دو تقاطع مجاور در یک معبر و درصد زمان فازها باید طوری محاسبه شوند که علاوه بر تأمین ظرفیت مناسب در کلیه تقاطعها، مجموع تأخیرها و توقف‌های وسایل نقلیه در تقاطع‌های شبکه به کمترین مقدار ممکن برسد^۱.

در سالهای اخیر با پیشرفت گسترده کامپیوترهای دیجیتال و امکانات مخابراتی و ارتباطی، تمایل به ایجاد مراکز کنترل و نظارت ترافیک شهری به طور فزایندهای جنبه عملی و اقتصادی به خود گرفته است. تعداد شهرهای مجهز به سیستم کنترل ترافیک مرکزی نیز مرتباً افزایش می‌یابد. هدف از ایجاد سیستمهای کنترل ترافیک مرکزی دستیابی به سه هدف عمده زیر است^۲:

۱. نظارت کلی بر ترافیک سطح شهر و اتخاذ سیاستهای یکنواخت و همگون
۲. کسب اطلاع از خرابی در سیستمهای کنترل ترافیک در سطح شهر به صورت لحظه‌ای

۳. یکنواخت و استاندارد شدن تجهیزات کنترل ترافیک در سطح شهر و در نتیجه کاهش مشکلات تعمیر و نگهداری سیستمها

در این حالت لازم است تقاطع‌های چراغدار شبکه به صورت هوشمند توسط مرکز کنترل ترافیک کنترل گشته و زمان بندی تقاطع‌ها در این شبکه طوری تنظیم و

1 Abu - lebdch, G., Benekohal, R.F., 2003

2 Girianna, M., Benekohal, R.F., 2004

هماهنگ شود تا حداقل تأخیر به وسایل نقلیه عبوری وارد گردد.

لزوم نصب چراغ در هر تقاطع را باید جداگانه و با توجه به مشخصات آن تقاطع مانند میزان تردد وسایل نقلیه از مسیرهای مختلف تقاطع، جهات گردش در این مسیرها، ایمنی عبور عابرین پیاده و وسایل نقلیه، میزان تأخیر وارد بر وسایل نقلیه و جنبه‌های اقتصادی نصب چراغ بررسی کرد.

از علل اساسی استفاده از چراغهای راهنمایی، ایجاد ایمنی بیشتر در تقاطع‌هاست. استفاده از این چراغهای راهنمایی نقاط برخورد احتمالی وسایل نقلیه را در تقاطع بسیار کاهش می‌دهد. میزان تأخیر وارد بر وسایل نقلیه در تقاطع‌هایی که اصلی - فرعی به شمار می‌آیند و با تابلوها و علائمی نظیر ایست کنترل می‌شوند، بارها مطالعه و محاسبه شده است. امکان محاسبه میزان تأخیر وارد بر وسایل نقلیه در تقاطع‌هایی که به چراغهای راهنمایی مجهزند نیز وجود دارد و به راحتی می‌توان میزان تأخیر وارد بر وسایل نقلیه را در تقاطع‌ها قبل و بعد از نصب چراغ، محاسبه و مقایسه کرد.

با نصب چراغ راهنمایی غالباً ایمنی تقاطع هم افزایش می‌یابد. در صورتی که از چراغ راهنمایی به‌طور صحیح استفاده نشود و یا محل نصب آن اشتباه بوده و یا اصولاً نیازی به نصب چراغ راهنما در محل مورد نظر نباشد، مشکلات زیر به وجود خواهد آمد:

۱. ایجاد تأخیرهای طولانی
۲. عدم رعایت فرامین چراغ راهنمایی توسط رانندگان
۳. افزایش احتمال تصادف خودروها
۴. طولانی شدن زمان سفر، به سبب تغییر مسیر وسایل نقلیه و تغییراتی که فاقد چراغ راهنمایی می‌باشند.