جلد چهارم

ملاک عمل

ضوابط تبدیل تقاطع های کنترل شونده
توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع های چشمک زن

زمستان ۱۳۹۱ | تهیه و تدوین: معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران

فهرست مطالب

۱- تعاریف، مفاهیم اولیه ۶
۲- معرفی انواع تقاطع‌ها و روش‌های کنترل ۸
۲-۱- معرفی کلی تقاطع‌ها و انواع آن‌ها ۸
۲-۲- بررسی انواع روش‌های کنترل تقاطع ۹
۲-۲-۱- چراغ‌های زمان‌دار مجزا ۹
۲-۲-۲- چراغ‌های زمان‌دار با کنترل هماهنگ ۱۰
۲-۲-۳- چراغ چشمک‌زن زرد و قرمز ۱۱
۲-۲-۴- کنترل بدون چراغ راهنمایی (از طریق تابلوی ایست و حق‌تقدم) ۱۱
۲-۲-۴-۱- قانون حق‌تقدم عبور ۱۱
۲-۲-۴-۲- تابلوی رعایت حق‌تقدم ۱۲
۲-۲-۴-۳- تابلوی ایست ۱۲
۲-۳- مروری بر قوانین راهنمایی و رانندگی در تقاطع‌ها ۱۲
۲-۳-۱- ماده ۱۰۱ آیین نامه راهنمایی و رانندگی ۱۲
۲-۳-۱-۱- چراغ سبز برای حرکت ۱۲
۲-۳-۱-۲- چراغ زرد برای احتیاط ۱۲
۲-۳-۱-۳- چراغ قرمز برای ایست ۱۳
۲-۳-۱-۴- چراغ چشمک‌زن زرد برای عبور با احتیاط ۱۳
۲-۳-۱-۵- چراغ چشمک‌زن قرمز برای ایست و عبور ۱۳
۲-۳-۲- ماده ۱۰۲ آیین‌نامه راهنمایی و رانندگی ۱۳
۲-۳-۳- ماده ۱۰۳ آیین‌نامه راهنمایی و رانندگی ۱۳
۲-۴- مزایا و معایب انواع روش‌های کنترل تقاطع‌ها ۱۳
۳- متدولوژی‌های تبدیل تقاطع‌های کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های چشمک زن ۱۶
۳-۱- تعیین شاخص‌ها و معیارهای تبدیل عملکرد تقاطع‌ها از کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به چشمک‌زن ۱۶
۳-۱-۱- حجم ترافیک ۱۷
۳-۱-۱-۱- حداقل حجم ترافیک ۱۷
۳-۱-۱-۲- وقفه در جریان پیوسته ترافیک ۱۷

۳-۱-۱-۳- حجم ترافیک ساعت اوج ۱۷
۳-۱-۱-۴- نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی ۱۷
۳-۱-۱-۵- حداقل حجم تردد عابرین پیاده ۱۷
۳-۱-۲- سابقه تصادفات ۱۸
۳-۱-۳- سرعت وسایل نقلیه ورودی به تقاطع ۱۸
۳-۱-۴- فاصله دید تقاطع و علائم تقاطع ۱۹
۳-۱-۵- نوع مسیرهای متقاطع (محلی، جمع و پخش کننده و شریانی) ۱۹
۳-۱-۶- وضعیت یک‌طرفه و دوطرفه بودن تمام بازوهای تقاطع ۲۰
۳-۱-۷- تعداد خطوط عبور خیابان‌های اصلی و فرعی ۲۰
۳-۱-۸- وضعیت هندسی تقاطع ۲۰
۳-۱-۹- وضعیت توقف وسایل‌نقلیه در محدوده تقاطع ۲۱
۳-۱-۱۰- محل گذر دانش‌آموزان ۲۱
۳-۱-۱۱- جمعیت محدوده تقاطع ۲۱
۴- شناخت معیارهای ضوابط تصمیم‌گیری درخصوص تبدیل تقاطع های کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های چشمک‌زن براساس وضع موجود تقاطع ۲۲
۴-۱- بررسی مشخصات هندسی تقاطع ۲۲
۴-۲- بازدید میدانی تقاطع و برداشت‌های لازم ۲۲
۴-۳- بررسی شرایط ترافیکی تقاطع ۲۴
۴-۳-۱- آمار حجم وسایل نقلیه و عابرین پیاده ۲۴
۴-۳-۱-۱- تعیین ساعت اوج ترافیک تقاطع ۲۵
۴-۳-۱-۲- آمار حجم عابران پیاده و دوچرخه ۲۵
۴-۳-۲- وضعیت پارک حاشیه‌ای در حریم تقاطع ۲۵
۴-۳-۳- برداشت و شناسایی وضعیت ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی ۲۶
۴-۳-۴- محاسبه سرعت متوسط برای مسیرهای اصلی و فرعی ۲۶
۴-۳-۵- بررسی تداخل‌های ترافیکی ۲۶
۴-۳-۶- بررسی آمار تصادفات ۲۶
۵- ضوابط تبدیل کنترل تقاطع‌ها از تابلو به چراغ چشمک‌زن ۲۷
۵-۱- معیار اول: بازدید میدانی (حداکثر ۱۲ امتیاز) ۲۷
۵-۲- معیار دوم: حجم ترافیک (حداکثر ۱۳ امتیاز) ۲۷
۵-۳- معیار سوم: نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی (حداکثر ۶ امتیاز) ۲۸

۵-۴- معیار چهارم: آمار تصادفات (حداکثر ۱۵ امتیاز) ۲۹
۵-۵- معیار پنجم: سرعت (حداکثر ۱۲ امتیاز) ۳۰
۵-۶- نحوه تقدم و تأخر معیارهای ضوابط تعیین شده ۳۰
۶- ارایه روش اولویت‌بندی و انتخاب تقاطع‌ها جهت تغییر از کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به چشمک‌زن ۳۱
۶-۱- مقدمه‌ای بر روش AHP ۳۱
۶-۲- تعیین و ارزش‌یابی شاخص‌های موثر بر اولویت‌بندی تغییر نحوه کنترل تقاطع‌ها ۳۳
۶-۲-۱- حجم ترافیک ۳۳
۶-۲-۲- تصادفات ۳۳
۶-۲-۳- انواع تقاطع ها بر اساس سلسله مراتب شهری ۳۳
۶-۲-۴- اعتبار ۳۳
۶-۳- بی‌بُعد سازی شاخص‌ها ۳۴
۶-۴- وزن‌دهی شاخص‌ها ۳۴
۶-۵- اولویت‌بندی تقاطع‌ها ۳۵
۶-۶- مثال موردی ۳۵
۷- جمع بندی ۳۸
منابع و مراجع ۴۰

فهرست جدول‌ها

جدول(۱). تقسیم‌بندی تقاطع‌های هم‌سطح ۸

جدول(۲). مقایسه نسبی انواع روش‌های کنترل در صورت تعبیه مناسب ۱۵

جدول (۳). مشخصات تقاطع ۲۳

جدول(۴). ضرایب همسنگ سواری انواع وسایل نقلیه در معابر ۲۵

جدول(۵). نمونه‌ای از جدول بازدید میدانی ۲۸

جدول(۶). امتیازات مربوط به حجم ترافیک ۲۹

جدول(۷). امتیازات مربوط به نسبت حجم ترافیک ۲۹

جدول(۸). ضریب اهمیت هریک از پارامترها ۳۶

جدول(۹). مشخصات ۱۲ تقاطع ۳۶

جدول(۱۰). ضریب اهمیت هر یک از پارامترها ۳۷

جدول(۱۱). مقادیر بی‌بعد شده پارامترها ۳۷

فهرست شکل‌ها

شکل (۱). نمایی از یک تقاطع چند راهی ۸
شکل (۲). نمایی از انواع تقاطع‌های چهار راهی ۹
شکل (۳). نمایی از انواع مختلف تقاطع‌های سه راهی ۹
شکل (۴). فرآیند بررسی تبدیل تقاطع‌های کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی چشمک‌زن ۳۹

۱- تعاریف، مفاهیم اولیه

برخورد دو یا چند راه با یکدیگر را تقاطع می‌نامند و اگر جریان‌های ترافیک در یک سطح همدیگر را قطع کنند؛ این تقاطع، تقاطع هم‌سطح نامیده می‌شود.

کارایی مطلوب و موثر یک تقاطع ارتباط مستقیم با نحوه کنترل بر تقاطع، شکل هندسی تقاطع، فاصله دید و رفتار رانندگان دارد. عبور و مرور و تنوع حرکات (مستقیم، گردش به راست و چپ) در تقاطع‌ها یکی از مباحث اصلی مهندسی ترافیک به شمار می‌آید. در واقع جایی‌که عملکرد جریان‌های ترافیک به مشکل برخورد می‌کند و نقاط برخورد زیاد می‌شود، موضوع راهبندان و تصادفات اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

به منظور هدایت هرچه بهتر ترافیک در تقاطع‌ها می‌توان از تابلوها و چراغ‌های راهنمایی استفاده کرد تا برخوردها به کمترین مقدار ممکن تقلیل یابد.

بررسی‌های غیراصولی و یا طراحی‌های اشتباه در بیشتر موارد شکل‌های مختلفی از حرکات ناصحیح رانندگان را در تقاطع‌ها موجب می‌گردد. انجام حرکات نادرست و غیرضروری وسایل‌نقلیه را با بی‌نظمی بیشتری در تقاطع‌ها روبرو می‌سازد. در مقابل جایی‌که شرایط حق‌تقدم و نحوه نصب علائم راهنمایی و رانندگی و چراغ‌های راهنمایی براساس روش‌های صحیح مهندسی ترافیک صورت گرفته باشد کارایی مطلوب و ایمنی جریان‌های ترافیک در تقاطع حاصل می‌شود. نصب به موقع و به‌جای علائم راهنمایی و رانندگی در بازوهای اصلی و فرعی تقاطع به خودی خود عامل مهمی در ایجاد نظم و کارایی بیشتر جریان‌های ترافیکی محسوب می‌شود.

در بیشتر موارد تأخیر و زمان‌های طولانی انتظار در یک تقاطع، ناشی از بی نظمی به‌ویژه عدم انطباق کافی حجم ترافیک و ظرفیت تقاطع است. پاسخ به این سوال که یک تقاطع در چه شرایطی از کارایی لازم و کافی برخوردار است، نیاز به بررسی و آزمایش‌های بسیار دقیق دارد. در تقاطع‌های هم‌سطح، سطح سواره‌رو توسط دو یا چند جریان ترافیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بین حرکات ترافیکی تداخل و یا برخورد وجود دارد. بنابراین لازم است برای تأمین ایمنی و افزایش ظرفیت، حق‌تقدم و ترتیب حرکت وسایل‌نقلیه در مسیرهای مختلف کاملاً روشن باشد و برای حصول به این هدف از وسایل کنترل ترافیک کمک گرفته می‌شود.

ظرفیت شبکه معابر، به‌طور مستقیم 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 گذردهی کافی معابر آن، ظرفیت به حدی کاهش یابد که این شبکه نتواند پاسخ‌گوی حجم ترافیک موجود باشد. برای دست‌یابی به بیشترین بازدهی شبکه معابر، لازم است:

- اولاً مناسب‌ترین انواع وسایل کنترل ترافیک به‌کار گرفته شود.
- ثانیاً این وسایل به خوبی برنامه‌ریزی و تنظیم شوند.

یکی از مواردی که می‌تواند کارایی یک تقاطع را به بیشترین حد ممکن برساند استفاده از وسایل کنترل ترافیک است. هم اکنون تقاطع‌ها در شهرها با چهار روش کنترل می‌گردند، این چهار روش عبارتند از :

۱- بدون کنترل
۲- کنترل از طریق تابلوهای حق‌تقدم یا ایست
۳- کنترل از طریق چراغ راهنمایی چشمک‌زن زرد و قرمز
۴- کنترل از طریق چراغ راهنمایی با قابلیت زمان‌بندی

حال سوالی که مطرح می‌شود این است که کدام‌یک از روش‌های کنترل تقاطع باید برای یک تقاطع به کاربرده شود و روش انتخاب نحوه کنترل چیست؟

افزایش روزافزون وسایل‌نقلیه به‌ویژه در شهر تهران باعث شده است که کارایی وسایل و تابلوهای کنترل ترافیک در فاصله‌های زمانی کمتری مورد ارزیابی و اثرسنجی قرار گیرد. اگر تقاطعی با تابلوهای رعایت حق‌تقدم و ایست مورد کنترل قرار گرفته است تا چه زمانی این تابلوها می‌توانند ایمنی این تقاطع را تضمین کنند و ضمناً کمترین تأخیر را برای وسایل‌نقلیه عبوری از تقاطع داشته باشند. ایمنی تقاطع و اثرات آن در عبور راحت وسایل‌نقلیه با حداقل تأخیر، ارتباط مستقیم با کارکرد صحیح علائم راهنمایی و رانندگی دارد. علائم گمراه‌کننده و غیردقیق، باعث سلب اطمینان رانندگان و سرپیچی آنان از دستورات علائم راهنمایی و رانندگی می‌گردد. حال اگر ایمنی یک تقاطع بنا به هر دلیلی کاهش یابد این نیاز احساس می‌شود که باید در نحوه کنترل تقاطع تجدیدنظر شود. برای تغییر نحوه کنترل تقاطع باید ضوابطی موجود باشد تا بتوان با توجه به آنها نسبت به تغییر نحوه کنترل یا عدم تغییر آن تصمیم‌گیری نمود اینجاست که سؤال زیر مطرح می‌شود که:

چه معیاری برای تبدیل انواع روش‌های کنترل به یکدیگر وجود دارد؟

هدف از تهیه این ملاک‌عمل، تدوین ضوابطی برای بررسی نحوه تبدیل یک تقاطع که در وضعیت موجود با تابلوهای حق‌تقدم و ایست کنترل می‌شوند به تقاطع با چراغ چشمک‌زن است.

۲- معرفی انواع تقاطع‌ها و روش‌های کنترل

۲-۱- معرفی کلی تقاطع‌ها و انواع آن‌ها

تقاطع‌ها در حالت کلی به دو دسته هم‌سطح و غیر هم‌سطح تقسیم می‌شوند. به‌دلیل موضوع این ملاک‌عمل که فقط برای تقاطع‌های همسطح دارای کاربرد می‌باشد، در این کتابچه صرفاً به این نوع تقاطع‌ها پرداخته می‌شود.

تقاطع هم‌سطح معمولی محلی است که دو یا چند معبر به یکدیگر متصل می‌شوند که هریک به صورت شعاعی از تقاطع خارج شده و قسمتی از آن را تشکیل می‌دهد و به آن شاخه یا بازوی تقاطع گفته می‌شود. چنین تقاطع‌هایی محدودیت‌ها و کاربردهای خاص خود را دارند. مثال‌هایی از تقاطع‌های هم‌سطح در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

در کل تقاطع‌های هم‌سطح را می‌توان به گروه مطابق جدول (۱) طبقه بندی نمود.

جدول(۱). *تقسیم‌بندی تقاطع‌های هم‌سطح*

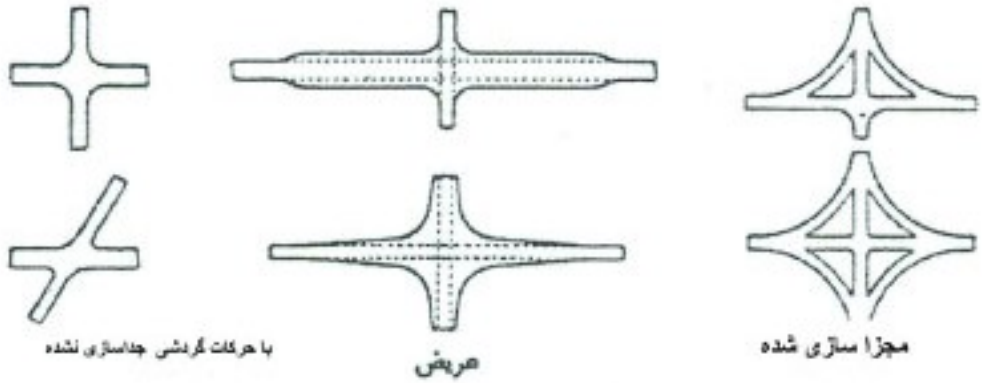
	تقاطع‌های هم‌سطح	مجزاسازی شده	عریض	با حرکات جداسازی نشده
چهارراه‌ها	با زاویه ۹۰ درجه	×	×	×
	با زاویه‌های مختلف (تمامی زوایا الزاماً ۹۰ درجه نیستند)	×	×	×
سه‌راه‌ها	سه راهی به شکل T	×	×	×
	سه راهی به شکل Y	×	×	×

منظور از عریض این است که خیابان اصلی در نقطه تقاطع در یک فاصله معین عرض بیشتری دارد و کاملاً از خیابان فرعی قابل تفکیک است.

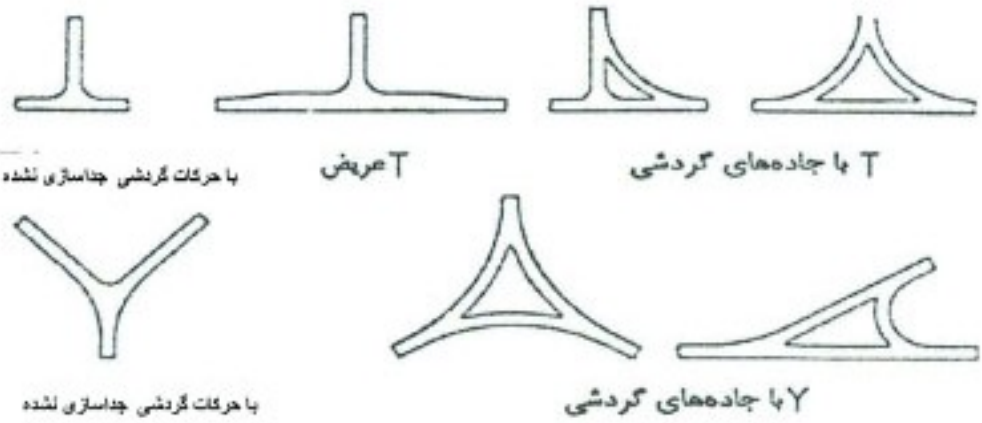
منظور از مجزاسازی شده یعنی برای حرکات گردش به راست مسیری مجزا در نظر گرفته شده است. در تقاطع‌های بزرگ با حجم ترافیک زیاد که امکان تداخل گردش‌ها وجود دارد و مساحت تقاطع و حاشیه اطراف آن اجازه می‌دهد، می‌توان مجزاسازی نمود تا تردد روان‌تری در تقاطع صورت گیرد.

تقاطع‌های با حرکات جداسازی نشده، تقاطع‌هایی هستند که برای گردش‌ها هیچ تفکیکی در آن‌ها صورت نگرفته است.

شکل (۱). *نمایی از یک تقاطع چند راهی*



شکل (۲). *نمایی از انواع تقاطع‌های چهار راهی*



شکل (۳). *نمایی از انواع مختلف تقاطع‌های سه راهی*

۲-۲- بررسی انواع روش‌های کنترل تقاطع

۲-۲-۱- چراغ‌های زمان‌دار مجزا

کنترل مجزا به حالتی اطلاق می‌شود که هر تقاطع فقط بر مبنای پارامترهای اندازه‌گیری شده در همان تقاطع و بدون توجه به نحوه عملکرد تقاطع‌های مجاور کنترل می‌گردد. استفاده از این شیوه کنترل، زمانی منطقی خواهد بود که عملکرد یک تقاطع تا حدود زیادی مستقل از تقاطع‌های مجاور آن باشد و این در صورتی تحقق می‌پذیرد که یا فاصله تقاطع از تقاطع‌های مجاور آن به حد کافی زیاد باشد و یا عوامل ایجاد پراکندگی در جریان ترافیک آن‌قدر قوی باشند که عملکرد چراغ راهنمایی تقاطع‌های مجاور تأثیر محسوسی بر عملکرد تقاطع مورد نظر به‌جای نگذارند. هرچند در عمل تأثیر تقاطع‌ها بر یکدیگر قابل ملاحظه است، اما به دلیل سادگی کنترل مجزا نسبت به کنترل هماهنگ و عدم دسترسی به امکانات کافی، در بسیاری موارد از این شیوه برای کنترل تقاطع‌ها استفاده می‌شود.

انواع چراغ‌های زمان‌دار کنترل ترافیک تقاطع‌های مجزا دارای فناوری‌ها و کارایی‌های بسیار متفاوتی هستند. اما می‌توان این چراغ‌ها را از نظر نحوه زمان‌بندی به دو دسته تقسیم کرد، چراغ‌های زمان‌دار "پیش زمان‌بندی شده" و چراغ‌های زمان‌دار "هوشمند". انتخاب هر یک از این روش‌ها بستگی به عوامل متعددی از قبیل ترافیک (وسایل‌نقلیه و عابرین)، تصادفات، امکانات فنی و اجرایی موجود، هزینه‌های نصب و بهره‌برداری، تأخیر و تراکم، مصرف سوخت، ملاحظات زیست محیطی و ایمنی در تقاطع دارد.

۲-۲-۲- چراغ‌های زمان‌دار با کنترل هماهنگ

حداکثر کارایی جریان ترافیک شبکه فقط با ایجاد بهترین نوع فازبندی، زمان‌بندی و طول چرخه بهینه برای هر یک از تقاطع‌ها بدست نمی‌آید، بلکه تأثیر متقابل تقاطع‌ها بر روی یکدیگر نیز تأثیر قابل توجهی بر عملکرد شبکه دارد.

در یک تقاطعی که با تقاطع‌های مجاور خود فاصله قابل ملاحظه‌ای (مثلاً هزار متر) دارد، به علت پراکندگی وسایل‌نقلیه در طول مسیرهای منتهی به تقاطع، جریان ورودی تقریباً یکنواخت است و در دوره‌های کوتاه‌مدت، حجم وسایل‌نقلیه-ای که از هر جهت به تقاطع می‌رسند، تغییر چندانی نمی‌یابد. هماهنگی چنین تقاطعی با تقاطع بالادست نقش چندانی در بهبود عملکرد آن ایفا نمی‌کند. اما در شبکه حمل و نقل شهری بندرت تقاطع‌ها دارای چنین موقعیتی هستند و معمولاً فاصله تقاطع‌های مجاور به اندازه‌ای است که عملکرد آنها بر یکدیگر تأثیر قابل توجهی می‌گذارد. در این حالت، جریان ورودی تقاطع‌ها حالت نوسانی پیدا می‌کند. با سبز شدن چراغ در تقاطع بالادست، یک دسته وسایل‌نقلیه با یکدیگر به حرکت درآمده و تقریباً به‌صورت گروهی به تقاطع بعدی می‌رسند. اگر هم‌زمان با رسیدن این گروه وسایل‌نقلیه، چراغ مسیر مربوطه در این تقاطع سبز باشد، مجموع تأخیرها و توقف‌های وسایل‌نقلیه کاهش چشمگیری یافته و کارآیی تقاطع شدیداً افزایش می‌یابد. برای دست‌یابی به این هدف، به جای کنترل مجزای تقاطع‌ها، از کنترل هماهنگ استفاده می‌شود.

هدف از هماهنگی چراغ‌های راهنمایی، فراهم آوردن شرایطی برای عبور هرچه بیشتر وسایل‌نقلیه از یک مسیر با حداقل توقف و تأخیر است. در شرایط مطلوب انتظار می‌رود هر وسیله نقلیه‌ای که وارد یک سیستم می‌شود، بدون هیچ توقفی بتواند از آن خارج شود.

مزیت‌های هماهنگ نمودن چراغ‌های راهنمایی به‌شرح زیر است:

- بهبود ظرفیت در تقاطع‌های چراغ‌دار نزدیک به یکدیگر
- کاهش زمان سفر و تأخیر
- کاهش تعداد توقف‌ها
- کاهش میزان تصادفات در تقاطع‌ها
- صرفه‌جویی در مصرف سوخت
- کاهش آلودگی‌های هوا و شنیداری
- دست‌یابی به سایر اهداف مدیریت ترافیک

۲-۲-۳- چراغ چشمک‌زن زرد و قرمز*

در بعضی تقاطع‌ها به‌دلیل برخی شرایط که طرح هندسی، فاصله دید و ایمنی مهم‌ترین آن‌ها هستند، نه امکان استفاده از تابلوهای ایست و حق‌تقدم وجود دارد و نه می‌توان از چراغ‌های زمان‌بندی شده استفاده کرد، چرا که استفاده از تابلوها مخاطره‌آمیز است و استفاده از چراغ‌های زمان‌بندی شده باعث تأخیر بسیار در حرکت وسایل‌نقلیه و به دنبال آن مصرف بالای سوخت، به هدر رفتن زمان و ... می‌شود. لذا در این تقاطع‌ها از چراغ چشمک‌زن استفاده می‌شود که چراغ زرد چشمک‌زن در خیابان اصلی و چراغ قرمز چشمک‌زن در خیابان فرعی نصب می‌گردد تا رانندگان نسبت به عبور از تقاطع احتیاط بیشتری به خرج دهند. استفاده از کنترل با چراغ راهنمایی در تقاطع‌هایی که دارای ترافیک‌کم تا متوسط هستند در ساعات‌اوج تقاضا مفید است، اما در ساعات غیراوج ممکن است مفید نباشد. هنگامی که فایده‌چراغ، کاهش تأخیر وسایل‌نقلیه در ساعات اوج است، ممکن است استفاده از حالت چشمک‌زن در ساعات غیراوج مفید باشد. حالت چشمک‌زن می‌تواند ترکیبی از زرد- قرمز یا قرمز- قرمز باشد. در حالت زرد- قرمز، راه‌اصلی با چراغ چشمک‌زن زرد و راه فرعی با چراغ چشمک‌زن قرمز مجهز می‌شود.

در بعضی تقاطع‌ها ممکن است فقط در یک جهت چراغ‌چشمک‌زن موجود باشد، بدین صورت که فقط در مسیر فرعی چراغ‌چشمک‌زن به رنگ قرمز نصب شده است یا بالعکس فقط در مسیر فرعی چراغ چشمک‌زن زرد قرار گرفته است.

۲-۲-۴- کنترل بدون چراغ راهنمایی (از طریق تابلوی ایست و حق‌تقدم)

تقاطع‌های بدون چراغ بخش عمده‌ای از تقاطع‌های هم‌سطح شهری را تشکیل می‌دهند. عبور و مرور در این تقاطع‌ها توسط تابلوی ایست و تابلوی رعایت حق‌تقدم و یا قانون حق‌تقدم کنترل می‌شود. ضوابط مربوط به این روش‌های کنترل به شرح ذیل می‌باشد:

۲-۲-۴-۱- قانون حق‌تقدم عبور

مطابق آیین‌نامه راهنمایی و رانندگی ایران قوانین حق‌تقدم عبور وسایل‌نقلیه و عابرین پیاده در تقاطع‌های بدون چراغ یا تابلو به‌شرح زیر است:

- وسیله نقلیه‌ای که در حال نزدیک شدن به تقاطع است، باید حق‌تقدم وسیله‌ای را که از مسیر دیگر وارد تقاطع شده رعایت نماید.
- در صورتی‌که دو وسیله نقلیه به‌طور هم‌زمان از دو مسیر مختلف هم عرض وارد تقاطع گردند، وسیله نقلیه‌ای که در سمت چپ قرار دارد، باید حق‌تقدم را به وسیله نقلیه سمت راست خود بدهد.
- راننده‌ای که تصمیم به گردش به چپ دارد باید حق‌تقدم عبور را به وسایل‌نقلیه حرکت مستقیم و گردش به راست روبرو بدهد.
- در تقاطع‌های بدون چراغ، عابرین پیاده بعد از ورود به گذرگاه عابر (خط‌کشی‌شده و یا بدون خط‌کشی) حق‌تقدم دارند.
- در تقاطع‌های سه راهی، حق‌تقدم عبور با وسیله نقلیه‌ای است که مستقیم حرکت می‌کند، ولو آن‌که عرض خیابانی که مسیر آن است از عرض خیابان تلاقی کننده کمتر باشد.
- این روش کنترل فقط برای تقاطع‌های فرعی که مسافت دید کافی دارند مناسب است.

* -Flashing round red & Flashing round yellow

۲-۲-۴-۲- تابلوی رعایت حق‌تقدم

هر وسیله‌نقلیه‌ای که به تابلوی رعایت حق‌تقدم نزدیک می‌گردد، ملزم به کاهش سرعت و رعایت حق‌تقدم سایر وسایل‌نقلیه‌ای است که وارد تقاطع‌شده و یا طوری به تقاطع نزدیک می‌شوند که درصورت ورود این وسیله‌نقلیه خطری به وقوع می‌پیوندد. وسایل‌نقلیه‌ای که به تابلوی رعایت حق‌تقدم می‌رسند، فقط در صورتی که حرکت آن‌ها منجر به تداخل حرکتی شود، ملزم به توقف هستند. میزان محدودیت ناشی از این تابلو از قانون حق‌تقدم بیشتر و از تابلوی ایست کمتر است. به‌طورکلی از تابلوی رعایت حق‌تقدم نباید برای کنترل جریان‌های اصلی ترافیک استفاده شود. هم‌چنین از این تابلو فقط باید در یکی از مسیرهای منتهی به تقاطع استفاده شده و به‌کارگیری آن در تقاطع‌های دارای تابلوی ایست مجاز نیست.

۲-۲-۴-۳- تابلوی ایست

هر وسیله‌نقلیه‌ای که به تابلوی ایست نزدیک می‌شود، ابتدا لازم است کاملاً توقف کرده و پس از حصول اطمینان از ایمن بودن ورود به تقاطع، اقدام به حرکت نماید. بدین لحاظ، تابلوی ایست برای وسایل‌نقلیه مزاحمت زیادی ایجاد می‌نماید و استفاده از آن باید حتماً براساس ضوابط باشد. تابلوی ایست عموماً در مسیر فرعی متقاطع با یک مسیر اصلی به‌کار برده می‌شود. انتخاب و نحوه نصب تابلوها در تقاطع‌هایی که با تابلوی ایست و حق‌تقدم کنترل می‌شوند از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. در کل می‌توان تقاطع‌های کنترل شونده با تابلو را به چند دسته زیر تقسیم نمود.

- خیابان اصلی بدون تابلو - خیابان فرعی تابلوی رعایت حق‌تقدم
- خیابان اصلی تابلوی رعایت حق‌تقدم - خیابان فرعی تابلوی ایست
- خیابان اصلی بدون تابلو - خیابان فرعی تابلوی ایست

۲-۳- مروری بر قوانین راهنمایی و رانندگی در تقاطع‌ها

۲-۳-۱- ماده ۱۰۱ آیین نامه راهنمایی و رانندگی

در محل‌هایی که عبور و مرور به وسیله چراغ راهنمایی و رانندگی کنترل می‌شود، رنگ‌های زیر برای مقاصدی که معین شده است به کار می‌رود:

۲-۳-۱-۱- چراغ سبز برای حرکت

رانندگان وسایل‌نقلیه‌ای که با چراغ سبز روبرو می‌شوند حق عبور یا گردش دارند، مگر آنکه گردش به وسیله علامت دیگری ممنوع شده باشد. در هرحال وسایل‌نقلیه در حال گردش باید حق‌تقدم عبور وسایل‌نقلیه‌ای را که در مسیر مجاز خود مستقیم می روند و حق‌تقدم عابرین‌پیاده‌ای را که از گذرگاه پیاده در حرکتند رعایت نمایند. با وجود این اگر جریان ترافیک در جهتی که آنها در حال پیش رفتن هستند آن‌چنان متراکم باشد که چنان‌چه وارد تقاطع گردند با تغییر و تبدیل بعدی رنگ چراغ نتوانند از آن خارج شوند، چراغ سبز در تقاطع، رانندگان را برای ادامه حرکت مجاز نخواهد ساخت.

۲-۳-۱-۲- چراغ زرد برای احتیاط

رانندگان وسایل‌نقلیه‌ای که با این چراغ روبرو می‌شوند، نباید از خط ایست یا از تراز چراغ راهنمایی و رانندگی عبور کنند، مگر آنکه آن‌چنان به خط ایست تقاطع و یا چراغ راهنمایی و رانندگی نزدیک شده باشند که پیش از عبور

از خط ایست یا از تراز چراغ راهنمایی و رانندگی، نتوانند به آسانی توقف نمایند. در هرحال در صورت ورود قبلی به تقاطع موظفند به حرکت خود ادامه داده و با رعایت کامل احتیاط از تقاطع یا گذرگاه عبور کنند.

۲-۳-۱-۳- چراغ قرمز برای ایست

رانندگان وسایل‌نقلیه‌ای که با چراغ قرمز برخورد می‌کنند باید پیش از خط ویژه ایست، توقف کامل نمایند و در صورت نبودن خط ایست در فاصله ۵ متری چراغ راهنمایی و رانندگی بایستند و تا روشن شدن چراغ سبز و تخلیه تقاطع از وسایل‌نقلیه، منتظر بمانند.

۲-۳-۱-۴- چراغ چشمک‌زن زرد برای عبور با احتیاط

رانندگان وسایل‌نقلیه مکلفند با دیدن این چراغ، از تقاطع و گذرگاه پیاده با احتیاط و سرعت کم عبور نمایند.

۲-۳-۱-۵- چراغ چشمک‌زن قرمز برای ایست و عبور

رانندگان وسایل‌نقلیه در صورت برخورد با این چراغ نباید از خط ایست و یا در صورت نبودن خط ایست از تراز چراغ راهنمایی و رانندگی فراتر روند و باید توقف نموده و پس از اطمینان از نبودن خطر تصادف، حرکت و عبور نمایند. همین اقدامات هنگام دیدن تابلوی ایست نیز باید انجام شود.

۲-۳-۲- ماده ۱۰۲ آیین نامه راهنمایی و رانندگی

در تقاطع‌هایی که مسیر جداگانه گردش به راست به وسیله جداول یا خط کشی تعبیه نشده است، در هنگامی که چراغ راهنمایی و رانندگی قرمز است، رانندگانی که قصد گردش به راست داشته باشند، در صورت نصب تابلوی ویژه‌ای که گردش به راست را مجاز اعلام می‌نماید، می‌توانند از منتهی‌الیه سمت راست و با رعایت احتیاط و حق‌تقدم عبور وسایل‌نقلیه و عابرین‌پیاده‌ای که با چراغ سبز درحال عبور است، وارد مسیر مجاور سمت راست شوند.

۲-۳-۳- ماده ۱۰۳ آیین نامه راهنمایی و رانندگی

در چراغ‌هایی که به عنوان چراغ راهنمایی عابر پیاده مورد استفاده قرار می‌گیرند، رنگ‌ها دارای معانی زیر است:

- چراغ سبز: عابرین‌پیاده مجاز به عبور از عرض راه است.
- چراغ قرمز: عبور عابرین‌پیاده از عرض راه ممنوع است.

۲-۴- مزایا و معایب انواع روش‌های کنترل تقاطع‌ها

استفاده از کنترل با چراغ راهنمایی زمان‌دار، در تقاطع‌هایی که دارای ترافیک کم تا متوسط هستند در ساعات اوج تقاضا مفید است، اما در ساعات غیراوج ممکن است مفید نباشد. هنگامی‌که فایده چراغ ناشی از کاهش تأخیر وسایل نقلیه است ممکن است استفاده از حالت چشمک‌زن در ساعات غیراوج مفید باشد، حالت چشمک‌زن می‌تواند ترکیبی از زرد- قرمز یا قرمز- قرمز باشد. در حالت زرد- قرمز، راه اصلی با چراغ چشمک‌زن زرد و راه فرعی با چراغ چشمک‌زن قرمز مجهز می‌شود.در نهایت در جدول شماره ۱ بر اساس مزایا و معایب اشاره شده به مقایسه انواع روشهای کنترل پرداخته شده است.

مزیت‌های استفاده از چراغ چشمک‌زن عبارتند از:

- کاهش تأخیرها و توقف‌ها برای ترافیک مسیر اصلی
- کاهش تأخیر برای ترافیک مسیر فرعی
- کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه
- کاهش آلودگی هوا و صوتی

معایب استفاده از چراغ چشمک‌زن عبارتند از:

- افزایش احتمال وقوع تصادفات در تقاطع‌ها
- احتمال ایجاد تأخیر بیشتر (درصورت عدم انجام مطالعات لازم و نصب چراغ بدون وجود مطالعه)

تقاطعی که دارای کنترل با چراغ راهنمایی زمان‌دار است و به صورت مناسبی طراحی (ثابت– برنامه‌ریزی شده) در مقایسه با تقاطع بدون چراغ راهنمایی دارای مزیت‌های زیر خواهد بود:

- حرکت منظم ترافیک
- افزایش ظرفیت تقاطع
- جریان پیوسته یا نیمه پیوسته در طول مسیر مستقیم
- کاهش نرخ تصادفات ۹۰ درجه (برخورد جلوی یک وسیله به پهلوی وسیله دیگر)
- کاهش تأخیر وسایل نقلیه و پیاده‌ها به دلیل قطع متناوب ترافیک

اگر چراغ راهنمایی به درستی طراحی و برنامه ریزی نشده باشد، معایب زیر را در پی خواهد داشت:

- افزایش تأخیر برای کلیه حرکات ترافیک
- افزایش نافرمانی از دستورهای چراغ راهنمایی
- افزایش تغییر مسیر به خیابان‌های موازی و مجاور
- افزایش انواع‌خاصی از تصادفات(برخورد جلوی یک وسیله نقلیه به پشت‌وسیله نقلیه دیگر)
- عصبی شدن رانندگان

تقاطع‌هایی که با تابلو ایست و حق‌تقدم کنترل می‌شوند دارای مزیت زیر هستند:

- نداشتن مصرف انرژی

هم‌چنین معایب این نوع کنترل به شرح زیر است:

- نداشتن دید از فاصله دور
- نداشتن دید در شب
- عدم هماهنگی تابلوها
- نافرمانی توسط رانندگان
- توجه کمتر به قوانین نصب و نگهداری نسبت به چراغ‌های راهنمایی
- دست‌کاری توسط مردم به‌ویژه چرخش تابلو نسبت به پایه

تقاطع‌هایی که با توجه به قوانین راهنمایی و رانندگی کنترل می‌شوند و هیچگونه تابلویی در آنها نصب نشده است نیز دارای مزیت‌ها و معایبی هستند که به شرح زیر است:

مزیت‌ها

- عدم مصرف انرژی
- تشویق رانندگان به رعایت قوانین به صورت خود فرمانی

معایب

- امکان بی‌نظمی
- امکان تصادف

جدول(۲)، *مقایسه نسبی انواع روش‌های کنترل در صورت تعبیه مناسب*

نوع کنترل	شاخص					
	انرژی	تأخیر	تصادفات	نظم	دید	نافرمانی
چراغ زمان‌دار	زیاد	متوسط	کم	مناسب	زیاد	کم
چراغ چشمک‌زن	متوسط	کم	متوسط	مناسب	زیاد	متوسط
تابلوی ایست و حق‌تقدم	ندارد	کم	متوسط	کم	کم	زیاد
براساس قوانین حق‌تقدم عبور	ندارد	کم	متوسط	کم	-	زیاد

۳-متدولوژی‌های تبدیل تقاطع‌های کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های چشمک زن

۳-۱- تعیین شاخص‌ها و معیارهای تبدیل عملکرد تقاطع ها از کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به چشمک زن

در این بند به شناخت معیارها و شاخص‌های مرتبط با نوع کنترل تقاطع‌ها پرداخته می‌شود. به طور کلی معیارهایی که در تعیین نوع کنترل یک تقاطع دارای اهمیت است را می‌توان به صورت زیر فهرست نمود:

- حجم ترافیک کل تقاطع بر حسب همسنگ سواری
- حجم ترافیک وسایل نقلیه سنگین
- حجم ترافیک کلیه حرکات انجام شده در تقاطع به تفکیک نوع حرکت(مستقیم، گردش به راست و چپ)
- نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی
- حجم عابرین پیاده گذرنده از عرض تقاطع
- سابقه تصادفات رخ داده در تقاطع
- سرعت وسایل نقلیه وارد شونده به تقاطع در خیابان‌های اصلی و فرعی
- سرعت ایمن عبور از تقاطع
- کیفیت حرکات وسایل نقلیه وارد شونده به تقاطع
- تأخیر وسایل نقلیه در عبور از تقاطع
- فاصله دید علائم نصب شده در تقاطع
- وجود فضای سبز یا ساختمان‌های مزاحم دید در تقاطع
- نوع مسیرهای منقاطع (محلی، جمع و پخش کننده، شریانی)
- وضعیت یک‌طرفه و دوطرفه بودن تمام بازوهای تقاطع
- تعداد خطوط عبور خیابان های اصلی و فرعی
- وضعیت هندسی تقاطع
- وجود پخی مناسب در تقاطع
- توقف وسایل نقلیه در محدوده تقاطع (با مجوز یا بدون مجوز)
- وجود انواع ایستگاه‌های اتوبوس یا تاکسی در محدوده تقاطع
- وجود خطوط ویژه اتوبوسرانی در خیابان‌های تشکیل دهنده تقاطع
- وجود تقاطع در منطقه‌ای با مشخصات مناطق تجاری
- جمعیت ساکن در محدوده تقاطع
- وجود تقاطع یا تقاطع‌های دیگر در نزدیکی تقاطع مورد مطالعه
- محل گذر دانش‌آموزان

در ادامه به بررسی معیارهای فهرست شده پرداخته می‌شود.

۳-۱-۱- حجم ترافیک

در بررسی حجم ترافیک تقاطع در اکثر دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های موجود از حجم ترافیک سه نوع اطلاعات حاصل می‌شود که این اطلاعات شامل موارد زیر است.

۳-۱-۱-۱- حداقل حجم ترافیک

از این ضابطه هنگامی استفاده می‌شود که برای هر هشت ساعت از یک روز معمول*، مقدار حجم‌های ترافیک، برای خیابان اصلی در هر دو جهت و خیابان فرعی در جهت با حجم ترافیک بیشتر از یک عدد مشخص باشد. بدین منظور حجم‌های ترافیک در خیابان‌های اصلی و فرعی باید در یک دوره زمانی ۸ ساعته مشابه اندازه‌گیری شوند. در طی این مدت ۸ ساعته ممکن است جهتی که حجم ترافیک بیشتری را دارا بوده است در ساعات دیگر، حجم ترافیک کمتری داشته باشد..

۳-۱-۱-۲- وقفه در جریان پیوسته ترافیک

کاربرد این ضابطه در مواردی است که حجم ترافیک در خیابان اصلی به اندازه‌ای سنگین باشد که یا موجب اعمال تأخیر بسیار زیاد بر جریان ترافیک مسیر فرعی تقاطع شده و یا ورود به تقاطع و گذر از خیابان اصلی را خطرناک سازد. این ضابطه هنگامی صدق می‌کند که برای هر ۸ ساعت از یک روز، مقادیر حجم ترافیک مشاهده شده در خیابان اصلی و خیابان فرعی (در جهتی که حجم ترافیک بیشتر است) از یک مقدار معین بیشتر باشد.

۳-۱-۱-۳- حجم ترافیک ساعت اوج

چنانچه شرایط ترافیک تقاطع برای مدت یک ساعت در طول روز به گونه‌ای باشد که ترافیک خیابان فرعی تأخیر ناخواسته و نامناسبی را متحمل شود، از این ضابطه استفاده می‌شود. ضابطه حجم ساعت اوج هنگامی برآورده می‌شود که تعداد وسایل نقلیه در ساعت در خیابان اصلی مجموع دو جهت و تعداد وسایل نقلیه در همان ساعت در مسیر خیابان فرعی (در جهتی که حجم ترافیک بیشتر است) برای دوره زمانی یک ساعته متشکل از ۴ دوره ۱۵ دقیقه‌ای متوالی از یک روز معمولی، بالاترین عدد مجموع را داشته باشد.

۳-۱-۱-۴- نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی

یکی دیگر از پارامترهای مرتبط با حجم ترافیک نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به خیابان فرعی است، این نسبت می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در لزوم یا عدم لزوم بکارگیری چراغ‌ها و علائم راهنمایی و رانندگی از جمله تابلو حق‌تقدم و ایست برای کنترل یک تقاطع داشته باشد، بخصوص در مورد نصب چراغ چشمک‌زن زرد و قرمز روی این پارامتر در مطالعات انجام شده در خارج از کشور تاکید زیادی صورت گرفته است. در هر صورت حتی از روی این نسبت می‌توان به چگونگی نصب چراغ چشمک‌زن زرد و قرمز و تابلوی ایست و حق‌تقدم در یک تقاطع پرداخت.

۳-۱-۱-۵- حداقل حجم تردد عابرین پیاده

حجم عبور پیاده از خیابان اصلی در یک تقاطع یا در حدفاصل دو تقاطع در یک روز عادی نیز یکی از پارامترهایی است که می‌تواند در تعیین نحوه کنترل یک تقاطع موثر باشد. بررسی حجم ترافیک عابرین پیاده نیز مانند حجم وسایل نقلیه سواری می‌تواند در دوره‌های مختلف(۴ساعت، ۶ ساعت و ۸ ساعت یک روز عادی) مورد بررسی قرار گیرد یا اینکه فقط به میزان حجم عابرین پیاده در ساعت اوج پرداخته شود. در هر صورت این معیار نیز یکی از معیارهای تعیین کننده و دارای اهمیت است.

*- روزی از ایام هفته بجز پنج شنبه و جمعه، تعطیل رسمی و شرایط خاص

۳-۱-۲- سابقه تصادفات

سابقه تصادفات بر حسب نوع، شدت و تعداد در یک تقاطع از شاخص‌های بسیار اساسی برای تعیین نوع کنترل یک تقاطع است. اطلاعات تصادفات باید بر پایه نوع و شدت تصادفات تقسیم‌بندی شده و نرخ تصادفات برای تقاطع محاسبه گردد و پس از آن به محاسبه نرخ تصادفات پرداخته شود. این نرخ‌ها اکثراً نشان‌دهنده متوسط تعداد تصادفات در هر یک میلیون وسیله نقلیه عبوری از هر تقاطع در هر ناحیه هستند. نوع تصادفات نیز باید در یک تقاطع مورد پایش قرار گیرد، تصادفات از عقب و تصادفات با زاویه قائمه اغلب تصادفاتی هستند که در یک تقاطع رخ می‌دهند. هم‌چنین به لحاظ شدت تصادفات، تصادفات به دو نوع تصادف دارای خسارت مالی و جرحی تقسیم‌بندی می‌شوند. معیار شدت نسبی تصـــادف نیز با شاخص شدت (SI) نشان داده می‌شود که در واقع نسبتی از تصادفات است که در آنها جراحت یا مرگ و میر وجود داشته است. شدت نسبی تصادفات نیز پارامتری است که در نحوه کنترل تقاطع دارای اهمیت است، قطعاً یک تصادف با شدت زیاد و همراه با خسارات جرحی و فوتی از اهمیت بیشتری نسبت به خسارات مالی برخوردار است و حتی می‌تواند به نوعی نشان دهنده پارامترهای دیگر از جمله سرعت باشد. هر چه سرعت ورود وسایل نقلیه به تقاطع بیشتر باشد، اگر تصادفی صورت گیرد این تصادف به لحاظ شدت خسارت، شدت بیشتری خواهد داشت.

در اکثر مطالعات مربوط به تقاطع‌ها نظر کارشناسی افسران راهنمایی و رانندگی در تصادفات، نظر مورد احترامی است و کارشناسان ترافیک به لحاظ تجربی می‌توانند در مورد نحوه و شدت تصادفات و ارتباط آن‌ها با نحوه کنترل اظهار نظر کنند. با اینحال در اکثر ضابطه‌های مربوط به تصادفات، نرخ تصادفات در طی یک دوره ۱۲ ماهه مورد بررسی قرار می‌گیرد، تصادفات منجر به جراحات بدنی یا خسارات مالی گزارش می‌شوند و پس از آن تشخیص داده می‌شود آیا می‌توان با نصب چراغ چشمک‌زن از وقوع این قبیل تصادفات جلوگیری بعمل آورد؟

۳-۱-۳- سرعت وسایل نقلیه ورودی به تقاطع

سرعت نیز از جمله شاخص‌های ترافیکی است که به دلیل مشکلات اندازه‌گیری و کاربردی آن، به ندرت در روش‌های کنترل ترافیک تقاطع‌های مجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد. مع‌الوصف این پارامتر در روش‌های کنترل ترافیک، کاربرد زیادی دارد. در مورد سرعت، می‌توان چندین نوع سرعت را مد نظر قرار داد سرعت طرح، سرعت متوسط وسایل نقلیه عبوری از تقاطع و سرعت ۸۵ درصد می‌توانند مورد بررسی قرار گیرند.

تقاطع‌هایی که نیازمند پیاده‌سازی چراغ چشمک‌زن هستند باید از میان تقاطع‌هایی انتخاب شوند که علی‌رغم داشتن حجم ترافیک پایین دارای تصادفاتی از نوع زاویه قائمه هستند و سرعت بالای وسایل نقلیه در هنگام ورود به تقاطع مشکل اصلی تقاطع محسوب می‌شود.

مطالعه تاثیر سرعت مسیر اصلی تقاطع در نرخ تصادفات نشان داده است که نرخ تصادفات جرحی و تصادفات با زاویه قائمه با افزایش سرعت افزایش چشمگیری داشته است. افزایش تصادفات با زاویه قائمه هنگامی که متوسط سرعت ورود به تقاطع بیش از ۵۰ کیلومتر بر ساعت بوده است، به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالا بوده است. بنابراین این‌گونه نتیجه‌گیری می‌شود که رعایت حق‌تقدم در حالت کنترل با چراغ چشمک‌زن به نسبت تابلوهای حق‌تقدم بمیزان قابل توجهی بیش‌تر است. با افزایش سرعت ورود به تقاطع، راننده به نسبت، زمان کمتری برای عکس‌العمل داشته و برپایه آن احتمال وقوع تصادف افزایش می‌یابد.

سرعت مسیرها هنگامی که تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از چراغ‌های چشمک‌زن ترافیکی به ویژه چراغ چشمک-زن زرد/ قرمز انجام می‌شود، باید مورد توجه قرار گیرد. با پیاده‌سازی چراغ چشمک‌زن زردقرمز، انتظار می‌رود که رانندگانی که در مسیر فرعی درحال تردد هستند با رسیدن به تقاطعی با مسیر اصلی، براساس قضاوت شخصی خود عمل نمایند. در این حالت هرچه سرعت مسیر اصلی بیش‌تر باشد، شرایط رانندگان مسیر فرعی برای انتخاب زمان مناسب برای عبور از مسیر اصلی سخت‌تر خواهد شد و در این حالت احتمال وقوع تصادفات افزایش می‌یابد. هنگامی که سرعت مسیر اصلی (براساس سرعت ۸۵ درصدی یا تابلوی محدودیت سرعت) بیش‌تر از ۶۰ کیلومتر بر ساعت است، از چراغ چشمک‌زن زردقرمز استفاده شود. نصب تابلوی محدودیت سرعت بیان شده در مسیر اصلی نیز می‌تواند باعث افزایش ایمنی تقاطع شود چرا که در این حالت رانندگان مسیر اصلی می‌توانند به هرگونه خطر ناشی از اقدام اشتباه و حرکات پیش‌بینی نشده از سوی رانندگان مسیر فرعی به درستی پاسخ دهند.

۳-۱-۴- فاصله دید تقاطع و علائم تقاطع

یکی از شاخص‌های مهم در تقاطع‌ها فاصله دید رانندگان وسایل‌نقلیه عبوری نسبت به تابلوها و علائم نصب شده است. تابلوهای ایست و حق تقدم بدلیل نصب در ارتفاع پایین و کنار مسیر ممکن است به خاطر شرایط هندسی خیابان و موانع دیگر به خوبی رویت نشوند یا اینکه راننده دیرتر از زمان مقرر متوجه تابلو شود. این موضوع ممکن است باعث تصادفات و یا نافرمانی نسبت به علائم شود و در نتیجه اخلال در وضعیت تقاطع بوجود خواهد آمد. در مورد چراغ چشمک‌زن بدلیل ارتفاع مناسب و دید بهتر بخصوص در شب این موضوع به نحوی حل خواهد شد و رانندگان در این مورد مشکل عدم دید را نخواهند داشت. وجود فضای سبز مزاحم و همچنین ساختمان‌ها در بعضی موارد ممکن است باعث دید بسیار بد رانندگان یا عدم دید آن‌ها شود.

فاصله دید تقاطع نیز یکی از پارامترهای اثرگذار است. فاصله دید خود تقاطع می‌بایست در هنگام طراحی آن برای استفاده از چراغ چشمک‌زن، مورد مطالعه قرار گیرد. به ویژه وقتی که توجیه استفاده از چراغ چشمک‌زن زرد / قرمز بررسی می‌شود. محاسبات فاصله دید باید با درنظر گرفتن این پیش فرض‌ها انجام شود که چراغ چشمک‌زن برای ساعات شب (در این زمان رانندگان از توجه کمتر برخوردار بوده و استرس بیش‌تری در مقایسه با ساعات دیگر شبانه-روز دارند هم‌چنین انتظار می‌رود، شرایط دید در این ساعات نسبت به ساعات صبح کمتر باشد) و همچنین تقاطع‌هایی که در قوس‌های قائم قرار گرفته‌اند اهمیت بیش‌تری می‌یابند. البته فاصله دید مناسب و نامناسب تأثیر مستقیم در تصادفات دارد، لذا می‌تواند با پارامتر تصادفات رابطه مستقیم داشته باشد.

۳-۱-۵- نوع مسیرهای متقاطع (محلی، جمع و پخش‌کننده و شریانی)

نوع خیابان‌هایی که در یک تقاطع به یکدیگر می‌رسند جهت تعیین نوع کنترل تقاطع از اهمیت خاصی برخوردار است. در کل می‌توان خیابان‌ها را به سه دسته محلی، جمع و پخش کننده و شریانی تقسیم نمود، البته این تقسیم بندی به لحاظ عملکرد خیابان است و مشخصات فیزیکی راه مدنظر نیست. نصب انواع تابلوهای ایست و حق تقدم، چراغ چشمک‌زن و چراغ راهنمایی زمان‌دار ارتباط مستقیم با نوع خیابان دارد.

۳-۱-۶- وضعیت یک‌طرفه و دوطرفه بودن تمام بازوهای تقاطع

یک تقاطع می‌تواند از دو بازوی عمود بر هم یکطرفه که کمترین تعداد نقاط برخورد را ایجاد می‌کند تشکیل شود یا در بدترین حالت همه بازوهای تقاطع دوطرفه باشند که در این حالت بیش‌ترین نقاط برخورد پدید خواهد آمد. قطعاً نوع و شدت مشکلات بوجود آمده در دوتقاطع ذکر شده با یکدیگر متفاوت هستند چراکه در تقاطعی که تمامی حرکات وجود دارند احتمال تصادفات با شدت کم و تعداد زیاد وجود دارد ولی در تقاطع با تعداد حرکات کم بدلیل سرعت زیاد وسایل نقلیه شدت تصادفات افزایش می‌یابد ولی تعداد تصادفات ممکن است کمتر باشد.

۳-۱-۷- تعداد خطوط عبور خیابان‌های اصلی و فرعی

تعداد خطوط عبوری در مسیرهای اصلی و فرعی یک تقاطع عاملی بسیار مهم برای تعیین نوع کنترل تقاطع است. با توجه به شرایط فیزیکی خیابان‌های موجود در یک تقاطع ممکن است خیابان از یک خط عبور برای هر جهت ترافیکی تا ۴ خط عبور را داشته باشد. هم‌چنین بعضی از خیابان‌ها دارای جدا کننده وسط بوده یا بوسیله ابزارهای ایمنی از جمله چشم‌گربه‌ای‌ها مسیرهای رفت و برگشت جدا شده‌اند.

هنگامی که تعداد خطوط عبوری مسیر اصلی بیش از ۲ خط در هر جهت باشد، تابلوهای حق‌تقدم و ایست و چراغ چشمک‌زن بایستی با دقت بیش‌تری به کار برده شوند. وقتی که تعداد خطوط عبوری مسیر اصلی بیش از ۲ خط در هر جهت باشد، مساله تصمیم‌گیری در خصوص فضای خالی مناسب جهت عبور برای رانندگان مسیر فرعی تبدیل به یک چالش خواهد شد. برای عبور از مسیر اصلی، رانندگان مسیر فرعی بایستی ترافیک تمام خطوط عبوری مسیر اصلی را به دقت در نظر بگیرند که انجام این کار در طول ساعات آخر شب که شرایط فاصله دید هم خیلی مناسب نیست، کار دشواری خواهد بود. هنگامی که تعداد خطوط عبوری مسیر اصلی از ۲ خط در هر جهت تجاوز می‌کند، می‌توان از چشمک‌زن زردقرمز استفاده کرد. زمانی که تعداد خطوط افزایش پیدا می‌کند پیاده‌سازی قانون FIFO (اولین وارد شونده به تقاطع اولین خارج شونده خواهد بود) توام با استفاده از تابلوهای حق‌تقدم می‌تواند باعث سردرگمی شده و منجر به برخوردها و شاید تصادف‌های بیش‌تری بین ترافیک متقاطع شود. در مطالعات خارج از کشور، تقاطع‌ها براساس تعداد خطوط عبوری در هر مسیر به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- گروه اول تقاطع‌های دارای خطوط عبور ۲×۲
- گروه دوم تقاطع‌های دارای خطوط عبور بین ۲×۲ تا ۴×۴
- گروه سوم تقاطع‌های دارای خطوط عبور بین ۴×۴ تا ۶×۶

۳-۱-۸- وضعیت هندسی تقاطع

به لحاظ طرح هندسی نیز تقاطع‌ها به سه دسته: چهارراهی، سه‌راهی و بیش از چهارراهی تقسیم‌بندی می‌شوند. وضعیت هندسی یا به عبارتی طرح هندسی تقاطع نیز که شامل شکل تقاطع، قوس‌های افقی و عمودی در محدوده تقاطع و شیب‌های طولی و عرضی می‌شود نیز در تصمیم‌گیری برای نحوه کنترل تقاطع توسط متصدیان دارای اهمیت می‌باشد.

۳-۱-۹- وضعیت توقف وسایل نقلیه در محدوده تقاطع

وجود پارک حاشیه‌ای در محدوده تقاطع بدون مجوز یا به صورت خلاف نیز ممکن است باعث کاهش دید در تقاطع گردد. در صورت وجود امکان پارکینگ در کنار مسیرهای تقاطع بایستی مطالعه‌ای در خصوص مشکلاتی که به واسطه امکان پارک خودروها در قابلیت دید به وجود می‌آید، انجام شود تا درک بهتری از تاثیر این موضوع روی کنترل با استفاده از چراغ چشمک زن و عملکرد تقاطع حاصل شود.

۳-۱-۱۰- محل گذر دانش‌آموزان

در صورتی نصب چراغ راهنمایی در محل گذرگاه‌های عرضی دانش‌آموزان توصیه می‌شود که تعداد فواصل عبور مناسب در میان وسایل نقلیه بر جریان ترافیک در طول مدتی که دانش‌آموزان از گذرگاه عبور می‌کنند، بطور متوسط فاصله عبور کمتر از یک دقیقه باشد.

هنگامی که چراغ‌های راهنما صرفاً بر اساس این ضابطه نصب می‌شوند، باید:

- چراغ ویژه پیاده برای کلیه گذرگاه‌های عرضی تأمین شده باشد.
- چراغ زرد چشمک‌زن در خیابان اصلی و قرمز چشمک‌زن در خیابان فرعی نصب شود.
- چراغ راهنما بصورت زمان‌دار تمام هوشمند و یا حداقل، نیمه هوشمند با ترافیک باشد. البته استفاده از سیستم تمام هوشمند به همراه شناسگرهایی در تمام مسیرهای منتهی به تقاطع مطلوب‌تر است.
- در گذرگاه‌های واقع در خارج تقاطع‌ها باید چراغ راهنما مجهز به تکمه فشار عابر پیاده بوده و توقف حاشیه‌ای وسایل نقلیه، حداقل در فاصله ۳۵ متری قبل و ۷ متری بعد از گذرگاه ممنوع گردد.

۳-۱-۱۱- جمعیت محدوده تقاطع

محل تقاطع نیز به لحاظ تراکم جمعیتی و تجاری بودن به چهاردسته محدوده تجاری مرکزی، محدوده تجاری حومه‌ای، محدوده پرتراکم جمعیتی و محدوده کم‌تراکم جمعیتی تقسیم‌بندی می‌شود. مراکز پرتراکم قطعاً با شرایط حادتری نسبت به مرکز کم‌تراکم قرار دارند. وجود یک تقاطع در منطقه تجاری شهر بر اهمیت آن تقاطع می‌افزاید و این موضوع در تعیین نحوه کنترل تقاطع اثرگذار است.

۴–شناخت معیارهای ضوابط تصمیم گیری درخصوص تبدیل تقاطع های کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های چشمک‌زن براساس وضع موجود تقاطع

شناسایی وضعیت موجود تقاطع یکی از ارکان اصلی در تقاطع برای تصمیم‌گیری جهت تبدیل نحوه کنترل آن تقاطع است. وضع موجود شامل نقشه کلی تقاطع با مقیاس مناسب، مقطع عرضی کلیه بازوهای تقاطع با مقیاس مناسب، تابلوهای موجود شامل ایست و حق‌تقدم و سایر تابلوها در صورت وجود، شناسایی انواع علامت‌گذاری‌ها بر روی رویه راه، سرعت مجاز و ... است.

۴-۱- بررسی مشخصات هندسی تقاطع

در ابتدا می‌بایست کلیاتی در مورد تقاطع ارائه گردد که این کلیات باید شامل معرفی شکل تقاطع (سه راهی، چهارراهی یا چندراهی) محدوده تقاطع و خیابان‌های اطراف آن و منطقه شهرداری شود. نمایی از تقاطع نیز باید در نقشه‌های شماتیک ارائه شود.

در مورد بازوهای تقاطع یک‌طرفه و دوطرفه بودن آن‌ها، وجود میانه و انواع حرکات و گردش‌های مجاز و غیرمجاز گزارش داده شود. کاربری‌های اطراف تقاطع نیز باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند. مطابق جدول (۲) می‌بایست اطلاعات تقاطع به طور کامل تکمیل گردد.

مقاطع عرضی تقاطع در تمام بازوها نیز باید به دقت و در شکل‌های مجزا ارائه شود. لازم به ذکر است که کلیه مقاطع از دید ناظری که در وسط تقاطع قرار دارد ترسیم شوند. مقاطع عرضی باید تا فاصله ۱۵۰ متری از هر طرف تقاطع رسم گردد و در صورت تغییر مقطع و نیاز به چند بار رسم این کار با دقت صورت گیرد.

۴-۲- بازدید میدانی تقاطع و برداشت‌های لازم

بررسی عینی نحوه عملکرد ترافیک نیز یکی از عوامل فوق‌العاده مهم است. برای این موضوع بازدید میدانی باید به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که مشاور طرح تبدیل تقاطع از کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های چشمک‌زن به وسیله خودرو از تقاطع عبور کند و مشکلات احتمالی را تجربه نماید. "سپس نحوه عملکرد تقاطع را مورد بررسی قرار داده که این موضوع در بند ۵-۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد."

جدول (۳). *مشخصات تقاطع*

نام تقاطع	خیابان اصلی:				خیابان فرعی:				منطقه :			
توضیحات:												
نوع کنترل	ایست				حق تقدم				ایست و حق تقدم			
توضیحات:												
نوع تقاطع	چهارراه				سه‌راه				چندراه			
توضیحات:												
بازو	شمالی				شرقی				جنوبی			غربی
ضلع	شرقی	غربی	شمالی	جنوبی	شرقی	غربی	شمالی	جنوبی	شرقی	غربی	شمالی	جنوبی
یک‌طرفه و دوطرفه بودن												
تعداد خطوط (خط کشی)												
تعداد خطوط عملکردی												
جداکننده میانی												
پارک حاشیه‌ای												
توقف ممنوع												
عرض معبر (متر)												
شیب طولی و روندی												
موانع دید تابلوها												
حرکات مجاز	از شمال				از شرق				از جنوب			از غرب
به	شرق	غرب	شمال	جنوب	شرق	غرب	شمال	جنوب	شرق	غرب	شمال	جنوب
متوسط سرعت وسایل نقلیه	اصلی:								فرعی:			
ساعت اوج صبح	ساعت اوج عصر											

۴-۳- بررسی شرایط ترافیکی تقاطع

۴-۳-۱- آمار حجم وسایل نقلیه و عابرین پیاده

جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات در مورد وضعیت ترافیک یک تقاطع و مسیر یا شبکه‌ای از تقاطع‌ها و مسیرها از مهمترین اقداماتی است که باید برای کنترل و بهبود ترافیک به عمل آورد. یکی از این عوامل حجم ترافیک است. حجم ترافیک عبارت است از تعداد وسایل نقلیه‌ای که در مدت زمان معینی (که لزوماً زمان واحد نیست) در جهت یا جهات مشخصی از یک یا چند خط از مقطع مسیر خاصی عبور می‌کنند. چون حجم ترافیک، اهمیت خیابان‌ها را نسبت به هم از نظر عبور وسایل نقلیه در حال حاضر و آینده نشان می‌دهد و در واقع اساس مقایسه خیابان‌ها نسبت به هم به شمار می‌آید، یکی از پارامترهای اساسی در مطالعه و برنامه‌ریزی ترافیک است. مطالعه و اندازه‌گیری حجم ترافیک برای موارد زیر لازم به نظر می‌رسد:

- اولویت بندی جریان ترافیک رویکردها نسبت به هم
- تصمیم‌گیری در مورد اولویت تعریض و تعمیر خیابان‌ها
- احداث معابر جدید
- تعیین تغییرات تردد در زمان‌های مختلف
- تعیین نحوه توزیع ترافیک در شبکه
- میزان افزایش یا کاهش تمایل رانندگان به استفاده از مسیرهای مورد مطالعه
- تعیین ظرفیت مسیرها و تقاطع‌ها
- مطالعه تصادفات
- مطالعه تأثیر ترافیک بر محیط زیست
- تعیین تعداد وسایل کنترل ترافیک
- بررسی مسائل اقتصادی مربوط به ترافیک
- طرح هندسی خیابان‌ها و تقاطع‌ها
- تعیین نحوه کنترل تقاطع (چراغ زمان‌دار، چشمک‌زن یا تابلوهای حق‌تقدم و ایست)

حجم ترافیک در زمان‌های مختلف، نظیر ساعات مختلف روز یا روزهای مختلف هفته، یا ماه‌های مختلف سال، ثابت نیست و تغییر می‌کند. بنابراین، اندازه‌گیری حجم ترافیک در فاصله‌های زمانی مختلف اهمیت دارد. برحسب نیاز و مورد کاربرد می‌توان حجم ترافیک را در ساعات اوج اندازه‌گیری کرد، یا متوسط حجم ترافیک روزانه را به دست آورد.

مدت زمان اندازه‌گیری حجم ترافیک به هدف مورد نظر و دقت کار بستگی دارد. مدت زمان اندازه‌گیری حجم ترافیک در محاسبات آماری، معمولاً ۱ ساعت، ۳ ساعت، ۱۲ ساعت (از ۸ صبح تا ۸ بعد از ظهر) ۱۶ ساعت (از ۶ بعد از ظهر تا ۱۰ صبح) و ۲۴ ساعت است.

برای بدست آوردن حجم ترافیک در ساعت اوج، آمارگیری‌ها در یک بازه زمانی سه ساعتی که احتمال وجود ساعت اوج در آن بازه بیش‌تر باشد انجام می‌گیرد. در تهران آمارگیری‌های تقاطع‌ها برای بدست آوردن ساعت اوج ترافیک صبح و بعدازظهر، در دو بازه زمانی ۷ تا ۱۰ صبح و ۱۶ تا ۱۹ بعدازظهر انجام می‌شود.*

*- لازم به ذکر است بازه‌های زمانی جهت برداشت آمار در سایر شهرها نسبت به شرایط آن شهر مشخص می‌گردد.

برحسب آنکه چه قسمتی از حجم ترافیک لازم باشد و به چه منظوری اندازه‌گیری شود، حجم ترافیک به صورت‌های مختلفی شمارش می‌شود، از جمله حجم ترافیک متوسط روزانه، حجم ترافیک حداکثر و حداقل، حجم ترافیک یک مسیر به‌طور خاص، حجم ترافیک یک یا چند خط از مسیر به‌طور جداگانه و حجم ترافیک وسایل نقلیه‌ای که در جهات مختلف از یک تقاطع در ساعات مختلف روز عبور می‌کنند.

۴-۳-۱-۱- تعیین ساعت اوج ترافیک تقاطع

اطلاعات نهایی آمارگیری، داده‌هایی هستند که برای تحلیل و شبیه‌سازی ترافیکی تقاطع‌های مورد نظر استفاده خواهند شد که به همراه روند تحلیل ترافیکی تقاطع‌ها، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

لازم به ذکر است برای تعیین ضرایب همسنگ سواری از ضرایب پیشنهادی "آیین‌نامه ظرفیت راه‌ها" استفاده می‌گردد. در این مرجع برای هر وسیله نقلیه با توجه به فضایی که از تقاطع اشغال می‌نماید و نحوه عملکردش (در شتاب‌گیری و کاهش شتاب) ضرایبی مطابق جدول (۴) پیشنهاد شده است.

جدول(۴). *ضرایب همسنگ سواری انواع وسایل نقلیه در معابر*

نوع وسیله	تاکسی	وانت	موتور	مینی‌بوس	اتوبوس	کامیون	ون
همسنگ سواری	۱/۵	۱	۰/۳۳	۲	۳	۲	۱

۴-۳-۱-۲-آمار حجم عابرین پیاده و دوچرخه

حجم عابران پیاده و دوچرخه‌های ورودی به تقاطع از رویکردهای راه اصلی (مجموع دو رویکرد)، برای همان ساعاتی که حجم ترافیک وسایل نقلیه برداشت می‌شود باید مورد مشاهده قرار گیرند. آمار حجم عابرین پیاده قطعاً در نحوه کنترل تقاطع به چراغ چشمک‌زن تاثیرگذار نیست، شاید علت این مساله را بتوان اینگونه مطرح نمود که چراغ چشمک‌زن هیچگونه حقی را برای عابران پیاده در زمان مشخص شده ایجاد نمی‌کند. بطور کلی رانندگان باید در تقاطع پس از مشاهده عابر برای عبور او توقف کامل کرده و اجازه عبور به عابر را بدهند و فقط در تقاطع با چراغ زمان‌دار است که در هنگام سبز بودن چراغ برای رانندگان، عابران حق عبور از عرض تقاطع را ندارند. بنابراین حجم عابر پیاده برای شناخت بیشتر از تقاطع برداشت می‌شود.

۴-۳-۲- وضعیت پارک حاشیه‌ای در حریم تقاطع

یکی از عوامل مؤثر در ظرفیت تقاطع‌ها، توقف و پارک وسایل نقلیه در حریم تقاطع‌ها است که در فاصله ۷۵ متری هر رویکرد در نظر گرفته می‌شود. آمارگیری پارک و توقف حاشیه‌ای در ساعت اوج صبح و عصر باید انجام پذیرد، این آمارگیری شامل مانورهای پارک برای توقف و خروج از پارکینگ است. آمار پارک حاشیه‌ای در مقاطع ورودی به تقاطع در آنالیز تقاطع موثر است و پارک حاشیه‌ای مقاطع خروجی در مراحل تحلیل تقاطع وارد نمی‌شود. در تقاطع‌های چهارراهی این حجم به صورت ساعتی و برای هر رویکرد معادل ۱۵ دقیقه باید اندازه‌گیری شود و در تقاطع‌های سه‌راهی در رویکردهای یکطرفه در هر دو سمت مسیر ورودی آمارگیری انجام گیرد.

۴-۳-۳- برداشت و شناسایی وضعیت ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی

توقف اتوبوس‌های شرکت واحد در ایستگاه‌های واقع در حریم تقاطع‌ها می‌تواند باعث کاهش ظرفیت تقاطع گردد. همانند مانورهای پارک حاشیه‌ای در این مورد نیز نیاز به برداشت اطلاعات وجود دارد. در این خصوص می‌بایست وضعیت ایستگاه‌ها از نظر محل و فضای توقف مشخص باشد.

۴-۳-۴- محاسبه سرعت متوسط برای مسیرهای اصلی و فرعی

سرعت نیز از جمله شاخص‌های ترافیکی است که به دلیل مشکلات اندازه‌گیری و کاربردی آن، به ندرت در روش‌های کنترل ترافیک تقاطع‌های مجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود این پارامتر در روش‌های کنترل ترافیک، کاربرد زیادی دارد. در مورد سرعت، می‌توان چندین نوع سرعت را مد نظر قرار داد سرعت طرح، سرعت متوسط وسایل نقلیه عبوری از تقاطع و سرعت ۸۵ درصد می‌توانند مورد بررسی قرار گیرند.

لازم به ذکر است می‌بایست سرعت متوسط وسایل‌نقلیه که به تقاطع وارد می‌شوند نیز برای مدت یک ساعت محاسبه گردد.

۴-۳-۵- بررسی تداخل‌های ترافیکی

محدوده تقاطع محدوده‌ای است که به لحاظ انجام تداخل‌های ترافیکی بخصوص در تقاطع‌هایی که با چراغ زمان‌دار کنترل نمی‌شوند باید مورد بررسی قرار گیرد. در بسیاری از تقاطع‌ها گاه در یک لحظه (حتی با وجود حجم ترافیک کم) ممکن است وسایل نقلیه برای عبور با مشکل مواجه شوند. این موضوع بخصوص در تقاطع‌هایی که دارای کلیه حرکات و گردش‌ها هستند بیشتر رخ می‌دهد.

۴-۳-۶- بررسی آمار تصادفات

آمار تصادفات نیز یکی از اطلاعات مهم تقاطع است که در صورت وجود می‌توان به آن استناد کرد. اگر این آمار وجود داشته باشد، می‌بایست آمار بدقت بررسی گردیده و برحسب نوع و شدت تصادف در سال‌های مختلف،دسته‌بندی گردد. (فوتی، جرحی و خسارتی). این آمار باید حداقل برای ۱۲ ماه و ترجیحاً برای ۳ سال موجود باشد.

۵–ضوابط تبدیل کنترل تقاطع‌ها از تابلو به چراغ چشمک‌زن

در این بند ضوابط مربوط به تبدیل نحوه کنترل تقاطع توسط علائم افقی و عمودی به چراغ چشمک‌زن ارائه می‌شود که در واقع اصلی‌ترین بخش این ملاک‌عمل است. روشی که برای نحوه تبدیل ارائه می‌شود برمبنای امتیازدهی به چند شاخص است، در صورتی‌که یک تقاطع که با تابلوهای ایست و حق‌تقدم کنترل می‌شود بتواند حداقل ۲۰ امتیاز از مجموع امتیازات تعیین شده در ذیل را کسب کند کنترل این تقاطع باید به صورت چشمک‌زن زرد/ قرمز تغییر وضعیت داده شود. برای این موضوع ۵ معیار در نظر گرفته شده است. در بخش بعدی این پنج معیار و توضیحات مربوط به هریک ارائه می‌گردد.

۵-۱- معیار اول: بازدید میدانی (حداکثر ۱۲ امتیاز)

جهت بررسی تبدیل نحوه کنترل تقاطع، باید جدول (۴) را تهیه و تکمیل نماید. اگرچه تمام این پارامترها کیفی هستند، برای آن‌که بتوان با پارامترهای دیگر که کمی هستند همفزون نمود باید به صورت کمی تبدیل شوند. لذا برای این موضوع برای هریک از سوالات امتیازی با توجه به پاسخ آن در نظر گرفته شده است. کارشناسی که به بررسی تقاطع می‌پردازد باید نسبت به تکمیل جدول اقدام نماید. به ازای هر سوال به پاسخ بلی یک امتیاز، خیر صفر امتیاز و عدم قطعیت ۰/۵ امتیاز تعلق می‌گیرد. بیشترین امتیازی که یک تقاطع از این مرحله می‌تواند کسب نماید ۱۲ امتیاز است. در این مرحله بعضی از پارامترهایی که قابل کمی شدن نیستند ازطریق قضاوت کارشناسی مورد بررسی قرار می‌گیرند و به نحوی به صورت کمی در می‌آیند. به صورتی که از طریق این جدول می‌توان به اطلاعات فاصله دید، سرعت، تصادفات، شکل تقاطع، حرکات وسایل نقلیه، نافرمانی و عدم‌توجه رانندگان وسایل نقلیه پی برد، که مجموع این پارامترها تاثیر فوق‌العاده‌ای روی نحوه کنترل تقاطع دارند.

۵-۲- معیار دوم: حجم ترافیک (حداکثر ۱۳ امتیاز)

حجم ترافیک نیز یک پارامتر تاثیرگذار است. در تقاطع‌هایی که با تابلوهای ایست و حق تقدم کنترل می‌شوند، ساعت اوج از اهمیت برخوردار نیست بلکه اکثر این تقاطع‌ها از لحاظ ایمنی دارای مشکل هستند ولی با این‌حال نمی‌توان از حجم ترافیک به راحتی گذر کرد لذا حداکثر ۱۰ امتیاز برای حجم ترافیک مطابق جدول (۵) در نظر گرفته شده است. برای مشاهده حجم ترافیک باید حجم ترافیک ۴ ساعت صبح (۷ تا ۱۱) و ۴ ساعت عصر (۳ تا ۷) آمارگیری* وسایل نقلیه در تمام جهات صورت گیرد و پس از آن متوسط حجم ترافیک برای این ۸ ساعت برای جهات فرعی و اصلی محاسبه گردد

*- بازه‌های اعلام شده جهت برداشت آمار در شهر تهران می‌باشد و در سایر شهرها نسبت به شرایط آن تغییر می کند.

۵-۳- معیار سوم: نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی (حداکثر ۶ امتیاز)

نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی می‌تواند به نوعی بیانگر تأخیر و تداخل در تقاطع باشد. تأخیر و تداخل بیشتر وقتی رخ می‌دهد که نسبت حجم ترافیک خیابان‌های اصلی و فرعی نزدیک به هم باشند، ولی با این‌حال تا زمانی‌که نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی کمتر از ۵ باشد تأخیر هر چند مختصر وجود خواهد داشت. برای ارضای این ضابطه باید متوسط حجم ترافیک در مدت ۴ ساعت صبح (۷ الی ۱۱) و ۴ ساعت عصر (۳ الی ۷)، مجموعاً ۸ ساعت برای کلیه جهت اصلی و فرعی مشاهده و جمع‌آوری گردد و پس از آن مقدار امتیاز حاصل از نسبت حجم ترافیک خیابان اصلی به فرعی از جدول (۵) استخراج شود.

جدول(۵). *نمونه‌ای از جدول بازدید میدانی*

محل:	**تاریخ :**		
نحوه کنترل :	**زمان :**		
	بله	**خیر**	**تاحدودی**
۱. آیا انحنای خیابان، فضای سبز، ساختمان‌ها، اتومبیل‌های پارک شده و غیره، فضای دید راننده را نسبت به وسایل نقلیه جهت‌های دیگر، محدود می‌کند؟			
۲. آیا شدت زاویه انحراف تقاطع به حدی است که مشاهده وسایل نقلیه جهت‌های دیگر و یا انجام گردش کامل را دشوار می‌سازد؟			
۳. آیا سرعت وسایل نقلیه در هنگام ورود به تقاطع زیاد به نظر می‌رسد؟			
۴. آیا دید راننده نسبت به علائم قبل از رسیدن به تقاطع دید مشکل دارد؟			
۵. آیا تداخل بین وسایل نقلیه در محل تقاطع زیاد صورت می‌گیرد؟			
۶. آیا مانور وسایل نقلیه برای پارک، وسایل نقلیه در حال حرکت را تحت تاثیر قرار می‌دهد؟			
۷. آیا رانندگان از تابلوهای ایست و حق‌تقدم پیروی نمی‌کنند؟			
۸. آیا اثرات هرگونه تصادف (شامل خط ترمز و...)در تقاطع وجود دارد؟			
۹. آیا فعالیت عابرین پیاده در تقاطع بیش از حد است؟ (این موضوع در مورد تقاطع‌هایی است که به مراکز خرید، مدارس، پارک،مراکز تفریحی و... نزدیک هستند یا اینکه کاربری‌های حاشیه تقاطع تجاری هستند)			
۱۰. آیا رانندگان نسبت به اینکه در خیابان اصلی یا فرعی هستند شناخت دارند؟			
۱۱. آیا تقاطع دارای شرایط هندسی منحصر به فرد است؟			
۱۲. آیا برخی از رانندگان، به دلیل ازدحام در معابر شریانی مجاور، به این تقاطع وارد می‌شوند؟			
توضیحات:			
کارشناس تکمیل کننده:	امضاء :		

جدول(۶). *امتیازات مربوط به حجم ترافیک*

متوسط حجم ترافیک خیابان اصلی برای ۴ ساعت متوالی صبح و ۴ ساعت متوالی عصر همه جهات (همسنگ سواری)	امتیاز	متوسط حجم ترافیک خیابان فرعی برای ۴ ساعت متوالی صبح و ۴ ساعت متوالی عصر همه جهات (همسنگ سواری)	امتیاز
۰ تا ۴۰۰	۰	۰ تا ۲۰۰	۱
۴۰۰ تا ۶۰۰	۱	۲۰۰ تا ۴۰۰	۲
۶۰۰ تا ۸۰۰	۲	۴۰۰ تا ۶۰۰	۳
۸۰۰ تا ۱۰۰۰	۳	۶۰۰ تا ۸۰۰	۴
۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰	۴	۸۰۰ تا ۱۰۰۰	۵
۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰	۳	۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰	۶
۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰	۲	۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰	۷
۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰	۱	۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰	۸
بیشتر از ۲۰۰۰	۰	بیش از ۱۶۰۰	۹

جدول(۷). *امتیازات مربوط به نسبت حجم ترافیک*

نسبت حجم ترافیک اصلی به فرعی	امتیاز
کمتر از ۱	۶
۱ تا ۱/۴	۵
۱/۵ تا ۱/۹	۴
۲ تا ۲/۹	۳
۳ تا ۳/۹	۲
۴ تا ۴/۹	۱
بیش از ۵	۰

۵-۴- معیار چهارم: آمار تصادفات (حداکثر ۱۵ امتیاز)

در بررسی آمار تصادفات به ازای هر تصادف با زاویه در محل تقاطع ۳ امتیاز در نظر گرفته خواهد شد. همچنین به ازای هر تصادف با نوع برخورد ۲ امتیاز لحاظ خواهد شد. امتیاز به آمار تصادفات در صورتی که نیروی انتظامی یا شهرداری آمار مشخصی نداشته باشند صفر در نظر گرفته خواهد شد. حداکثر امتیاز این معیار ۱۵ امتیاز است.

۵-۵- معیار پنجم: سرعت (حداکثر ۱۲ امتیاز)

در آیین نامه راهنمایی و رانندگی سرعت ورود به تقاطع ۱۵ کیلومتر بر ساعت اعلام شده است ولی سرعت واقعی که رانندگان وسایل نقلیه در تقاطع از آن سرعت عبور می‌نمایند ممکن است بیشتر از ۱۵ کیلومتر بر ساعت باشد، گاه ممکن است این سرعت تا ۸۰ کیلومتر بر ساعت افزایش یابد که این موضوع ممکن است بدلیل حجم ترافیک کم و وضعیت طرح هندسی (عرض زیاد و شیب زیاد) خیابان باشد. لذا به ازای هر ۵ کیلومتر بر ساعت متوسط سرعت وسایل نقلیه نسبت به ۱۵ کیلومتر بر ساعت در خیابان اصلی ۰/۵ امتیاز به امتیازات تقاطع اضافه می‌شود. همین عدد در خیابان فرعی ۱ امتیاز در نظر گرفته خواهد شد. حداکثر امتیاز این معیار ۱۲ امتیاز است.

۵-۶- نحوه تقدم و تأخر معیارهای ضوابط تعیین شده

با توجه به معیارهای مربوط به تبدیل نحوه کنترل تقاطع از تابلوهای حق‌تقدمی به چراغ چشمک‌زن، حداکثر امتیازی که یک تقاطع می‌تواند کسب کند ۵۸ امتیاز است. با توجه به ضوابط ارائه شده و همچنین یک بررسی بسیار کلی، کسب حدوداً ۳۵درصد کل امتیازات می‌تواند معیار مناسبی برای تبدیل یک تقاطع از کنترل حق‌تقدمی به چراغ چشمک‌زن باشد.

حال تقدم و تاخر معیارها برای دستیابی به این امتیاز به شرح موارد ذیل است:

۱) معیار تصادفات: بعنوان مهمترین عامل و فاکتور برای تبدیل نحوه کنترل تقاطع
۲) معیار بازدید میدانی: بدلیل وجود مسایل مربوط به ایمنی و شناخت کامل تقاطع
۳) معیار حجم ترافیک
۴) نسبت حجم ترافیک
۵) معیار سرعت

۶- ارائه روش اولویت‌بندی و انتخاب تقاطع‌ها جهت تغییر از کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به چشمک‌زن

با توجه به اینکه تجهیز یک تقاطع به چراغ چشمک‌زن قطعاً هزینه‌هایی نیز در بردارد، با فرض ثابت بودن بودجه در سطح شهرداری یک منطقه برای تبدیل وضعیت نحوه کنترل تقاطع از حالت کنترل با علائم افقی و عمودی به حالت چراغ چشمک‌زن (چه برای مطالعه و چه برای اجرا) قطعاً تصمیم‌گیری برای انتخاب تقاطع‌ها مشکل خواهد شد. هر ساله مبالغی صرف تغییر نحوه کنترل تقاطع‌ها می‌گردد، با توجه به اینکه این مبالغ به نحو محسوسی نسبت به اعتبارات مورد نیاز و تعداد پروژه‌های موجود کم‌تر است، توزیع بهینه اعتبارات و انتخاب پروژه‌های اولویت‌دار به عنوان یک مساله جدی و مهم مطرح بوده و چنانچه با یک اولویت‌بندی منطقی پروژه‌های موردنظر در نوبت اجرا قرار گیرند، می‌توان حداکثر بازدهی را از اعتبارات و اجرای طرح‌های سالیانه بدست آورد. بدیهی است وقتی تعداد گزینه‌های موجود از چند گزینه تجاوز می‌کند نمی‌توان به مساله به‌صورت صرفاً کیفی نگریست و باید همه مولفه‌ها به‌صورت یک پارامتر کمی قابل سنجش درآیند تا امکان ارزیابی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر فراهم آید. از این رو ضرورت ارائه روشی که بتواند با توجه به شاخص‌ها و پارامترهای تاثیرگذار و با اهمیت اولویت اجرای پروژه‌ها را تعیین نماید کاملاً مشهود است.

در اینجا روشی برای اولویت‌بندی تقاطع‌ها ارائه می‌شود که ضمن بررسی ویژگی‌ها و مشخصات تقاطع‌هایی که شرایط تغییر نحوه کنترل را دارند، با توجه به محدودیت بودجه نسبت به انتخاب تعدادی پروژه اقدام شود.

این اولویت‌بندی می‌تواند در دوسطح منطقه و کل شهر انجام شود. برای اولویت‌بندی یک روش مبتنی بر AHP و روش تحلیل فایده به هزینه در نظر گرفته شده است که در ذیل به‌آن پرداخته می‌شود.

۶-۱- مقدمه‌ای بر روش AHP

در ارزیابی هر موضوعی نیاز به معیار اندازه‌گیری با شاخص وجود دارد، انتخاب شاخص مناسب این امکان را می‌دهد که مقایسه درستی بین جایگزینی‌ها یا آلترناتیوها به عمل آید. اما وقتی که چند یا چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته می‌شود، کار ارزیابی پیچیده می‌شود و پیچیدگی کار زمانی بالا می‌گیرد که معیارهای چند یا چندین‌گانه با هم در فضا و از جنس‌های مختلف باشند. در این هنگام کار ارزیابی و مقایسه از حالت ساده تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است خارج می‌شود و به یک ابزار تحلیل عملی قوی نیاز خواهد بود. یکی از ابزارهای توانمند برای چنین وضعیت‌هایی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. این روش برای سطح‌بندی و درجه‌بندی استفاده می‌شود گاهاً برای تحلیل‌های اجتماعی و اقتصادی نیز ممکن است به کار رود. در این روش قبل از هر کاری باید داده‌ها استاندارد شوند.

بعد از این مراحل برای تشکیل این ماتریس ابتدا باید به شاخص‌ها وزن داده شود بعد از این مرحله امتیاز هر شاخص با هم جمع می شود و سپس نسبت به حاصل جمع تمام شاخص‌ها محاسبه می‌شود.

بدین ترتیب وزن هریک از شاخص‌ها بدست می‌آید، بعد از ضرب وزن هر شاخص در امتیاز همان شاخص امتیاز شاخص‌های هر پروژه باهم جمع می‌شود و پروژه‌ها بر اساس امتیازات بدست آمده سطح بندی می‌شوند.

روال کار مدل AHP با مشخص کردن عناصر و تصمیم‌گیری و اولویت‌دادن به آنها آغاز می‌شود این عناصر شامل شیوه‌های مختلف انجام کار و اولویت‌دادن به معیارها یا ویژگی‌ها است.

مرحله اول: شناخت معیارها

مرحله دوم: تعیین ضریب اهمیت معیارها

مرحله سوم: محاسبه امتیاز پروژه‌ها

در مرحله اول، در فرایند AHP ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی است که در آن اهداف و معیارها و ارتباط بین آن ها نشان داده می‌شود. اهداف و معیارها به صورت زیر تعریف می‌شوند.

هدف: به پرسش اصلی تحقیق یا مشکلی که قصد داریم آن را حل نماییم هدف گفته می‌شود. هدف بالاترین سطح درخت سلسله مراتبی است و تنها یک پارامتر دارد که انتخاب آن وظیفه بالاترین سطح تصمیم‌گیری پروژه است.

معیارها: به ملاک‌های منضمن هدف و سازنده آن معیار گفته می‌شود. معیارها در واقع سنگ محک هدف یا وسیله اندازه‌گیری آن است. هر اندازه معیارها بیشتر اجزای هدف را پوشش دهند و بیشتر بیان کننده هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه دقیق‌تر افزایش خواهد یافت.

معیارها دومین سطح درخت سلسله مراتبی پس از هدف است. در این سطح می‌توانیم بنا به ضرورت به تعداد مورد نیاز معیار در سطح افقی ترسیم و تنظیم نماییم. معیارهای قابل تقسیم به زیر معیارها و زیر معیارها قابل تقسیم به زیر معیارهای بعدی است. این وضعیت می‌تواند بسته به ضرورت تا n زیر معیار در سطح عمودی و افقی افزایش یابد.

مرحله دوم، معیارها در یک ماتریس قرارگرفته و سپس تعیین اهمیت (وزن) معیارها و زیر معیارها است. دو به دو با هم مقایسه می‌شوند، سپس بااستفاده از روش نرمال‌کردن تمام معیارها هم وزن می‌شوند. جدول شماره (۷) نشان‌دهنده وزن یا ارزش وضعیت مقایسه‌ها است.

وزن هر فاکتور نشان دهنده اهمیت و ارزش آن نسبت به فاکتورهای دیگر در عملیات تعیین پروژه است. بنابرین انتخاب آگاهانه و صحیح وزن‌ها کمک بزرگی در جهت تعیین هدف مورد نظر می نماید.

عملیات وزن‌دهی فاکتورها به سه روش ذیل قابل انجام است .

الف- استفاده از دانش کارشناسی

در این روش با استفاده از تجربه و دانش کارشناسان متخصص در زمینه کاربرد مورد نظر و با در نظرگرفتن خصوصیات محدوده مطالعاتی، فاکتورهای مناسب تعیین و وزن‌دهی می‌شوند. از مزایای این روش ساده ومستند بودن آن است. اما این روش دارای معایبی مانند، احتمال بروز اشتباه از سوی کارشناس در تعیین وزن و مشکل استانداردسازی واحدهای اندازه‌گیری ذهنی آنها است.

ب- استفاده از دانش داده‌ای

دانش داده‌ای متکی بر اطلاعات موجود در مورد جواب مساله است. در دانش داده‌ای با استفاده از جواب‌های موجود در مساله مکانیابی و محاسبه میزان وابستگی هر یک از فاکتورها به جواب، می‌توان وزن مربوط به هر فاکتور را تعیین نمود. در این روش احتمال به وجود آمدن اشتباه کمتر است ولی درستی عملکرد آن بستگی به میزان صحت و دقت جواب‌های اولیه موجود دارد.

ج- استفاده از دانش کارشناسی و داده‌ای به صورت توام

در این روش با توجه به نتایج حاصل از دانش و تجربیات کارشناسان و استفاده از اطلاعات موجود، به هر یک از فاکتورها وزن تعلق می‌گیرد. بدین نحو که ابتدا وزن‌ها از طریق دانش کارشناسی و داده‌ای به صورت مجزا محاسبه می‌شوند سپس وزن مطلوب با مقایسه مقادیر به دست آمده تعیین می‌گردد. در نتیجه احتمال وقوع اشتباه کاهش یافته و وزن‌ها به واقعیت نزدیک‌تر خواهند شد.

۶-۲- تعیین و ارزش‌یابی شاخص‌های موثر بر اولویت‌بندی تغییر نحوه کنترل تقاطع‌ها

شاخص‌های موثر بر اولویت‌بندی تقاطع‌ها را به صورت ماکرو می‌توان به ۴ دسته: حجم ترافیک، تصادفات، نوع راه‌های متقاطع بر اساس سلسله مراتب شهری و اعتبار تقسیم‌بندی کرد. در ذیل به این شاخص‌ها پرداخته می‌شود:

۶-۲-۱- حجم ترافیک

منظور از حجم ترافیک، حجم ترافیکی است که با استفاده از تخصیص در تقاطع‌ها با آمارگیری‌های قبلی در اختیار شهرداری است و نیازی به آمارگیری حجم ترافیک نیست. با توجه به استفاده از این اطلاعات می‌توان به راحتی دو یا چند تقاطع را به لحاظ حجم ترافیک با یکدیگر مقایسه نمود. اگرچه به تنهایی نمی‌توان روی این شاخص تمرکز کرد.

۶-۲-۲- تصادفات

در اکثر مناطق شهرداری تهران اعلام نیاز به چراغ چشمک‌زن در یک تقاطع، بر اساس اطلاعاتی است که نیروی انتظامی از تصادفات در اختیار منطقه قرار داده است؛ لذا تعداد تصادفات گزارش شده در مورد یک تقاطع می‌تواند پارامتر موثری برای اولویت دادن به یک تقاطع باشد.

۶-۲-۳- انواع تقاطع ها بر اساس سلسله مراتب شهری

بر اساس سلسله مراتب شبکه‌های شهری خیابان‌ها به چهار دسته شریانی درجه ۱، شریانی درجه ۲، جمع و پخش‌کننده و محلی تقسیم بندی می‌شوند. البته منظور از این تقسیم بندی فیزیکی نیست و قطعاً این موضوع به نحوه عملکرد راه در یک شبکه بستگی دارد.

۶-۲-۴- اعتبار

مقدار ریالی اعتبار نیز برای اولویت‌بندی از اهمیت خاصی برخوردار است. باید بررسی شود با اعتبار و بودجه‌ای که شهرداری در اختیار دارد می‌تواند چند تقاطع را مجهز به چراغ چشمک‌زن سازد.

۶-۳- بی‌بُعد سازی شاخص‌ها

همان‌گونه که مشاهده شد ۴ شاخص با اهداف مختلف در نظر گرفته شد. برای ارزش‌یابی هر راه باید این شاخص‌ها ابتدا بی‌بُعد شده سپس با استفاده از ضرایب اهمیت شاخص روی‌هم‌گذاری شوند. برای بی‌بُعد سازی شاخص‌ها از رابطه (۱) و (۲) استفاده شد:

$$x_k = \frac{r_k}{r_{\max}} \times 100 \qquad (۱)$$

$$x_k = 100 - \frac{r_k}{r_{\max}} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن:

x_k = مقدار ارزش بی‌بُعد شده شاخص برای راه k.

r_k = مقدار ارزش واقعی شاخص برای راه k.

$r_{\max}$ = مقدار بیشینه ارزش واقعی شاخص برای همه تقاطع‌های مورد نظر.

وقتی ارزش ذاتی شاخص مثبت باشد (یعنی میزان r_k بیش‌تر مطلوبتر باشد) از رابطه (۱) و وقتی ارزش ذاتی شاخص منفی باشد (یعنی میزان r_k کم‌تر مطلوب‌تر باشد) از رابطه (۲) برای بی‌بُعد سازی استفاده می‌شود.

۶-۴- وزن‌دهی شاخص‌ها

وزن هر شاخص میزان اهمیت آن شاخص را برای اولویت‌بندی تقاطع‌ها برای تغییر نحوه کنترل مشخص می‌سازد. از آن‌جا که این مرحله یکی از مهم‌ترین مراحلی است که باید براساس آمارگیری و مصاحبه با کارشناسان صورت پذیرد به همین دلیل باید شورایی از صاحب‌نظران از شهرداری و سایر سازمان‌ها و نهادهایی که شهرداری تایید می‌نماید تشکیل شوند و به وزن‌دهی به معیارها مطابق روش AHP اقدام کنند. تا براساس شناخت آن‌ها هر یک از شاخص‌ها نسبت به سایر شاخص‌ها سنجیده شده و وزن هر پارامتر استخراج شود. جدول (۸) نمونه‌ای از جدول وزن دهی را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، جدول۲۹ ماتریسی است که درایه‌های آن از رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \qquad (۳)$$

که در آن i نمایه سطر و j نمایه ستون است. به عنوان نمونه a_{12} مقدار ارزش شاخص ۱ (حجم ترافیک) به ارزش شاخص ۲ (تصادفات) بوده و a_{21} مقدار ارزش شاخص ۲ (تصادفات) به ارزش شاخص ۱ (حجم ترافیک) است

براساس روش AHP امتیاز نهایی هر شاخص از روابط زیر بدست می‌آید:

$$b_{ijk} = \frac{a_{ijk}}{\sum_i a_{ijk}} \qquad (۴)$$

$$\sigma_{ik} = \frac{\sum_j b_{ijk}}{n_j} \qquad (۵)$$

$$w_{ik} = \frac{\sigma_{ik}}{Max\{\sigma_{ik} | i = 1,\ldots,n_i\}} \qquad (۶)$$

که در آن w_{ik}: وزن شاخص i از نظر کارشناس k است.

وزن نهایی هریک از معیارها با توجه به جداول تکمیل شده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$w_i = \frac{\sum_k w_{ik}}{k} \qquad (۷)$$

۶-۵- اولویت‌بندی تقاطع‌ها

برای انجام اولویت‌بندی می‌توان مشابه روش تحلیل منافع به هزینه است استفاده نمود و در واقع تحلیل مشکلات به هزینه است که در ادامه به آن اشاره می‌شود:

در این روش با توجه به مقدار بی‌بُعد شده هر شاخص برای هر تقاطع و وزن‌های بدست آمده از بند قبل به صورت یک معادله خطی، مقدار مشکلات یک تقاطع حاصل می‌شود و این مقدار بر هزینه بی‌بُعد شده و وزن داده شده تقسیم می‌گردد و اندیس نهایی مشکلات به هزینه هر تقاطع از رابطه (۸) محاسبه می‌شود:

$$G_k = \frac{\sum_i b_i x_{ik}}{\sum_i b_i} \times \frac{\sum_i c_i}{\sum_i c_i x_{ik}} \qquad (۸)$$

که در آن:

G_k = امتیاز نهایی تقاطع k از ۱۰۰.

x_{ik} = مقدار ارزش بی‌بُعد شده شاخص i برای راه k.

b_i - وزن شاخص‌های مشکل دار i از ۱۰۰،

c_i = وزن شاخص اعتبار بر i از ۱۰۰،

پس از محاسبه این اندیس برای هر راه راه‌ها براساس مقدار این اندیس از بزرگ به کوچک مرتب شده و اولویت‌بندی نهایی حاصل می‌شود. بر این اساس تا جایی که بودجه اجازه می‌دهد می‌توان تقاطع‌ها را از اولویت اول برای تغییر نحوه کنترل انتخاب نمود تا جایی که بودجه به پایان برسد.

۶-۶- مثال موردی

فرض می‌شود که یکی از مناطق شهرداری تهران در نظر دارد تا نسبت به تبدیل نحوه کنترل تقاطع‌ها از حالت تابلوهای حق‌تقدم و ایست به چراغ چشمک‌زن اقدام کند. تعداد قاطع‌هایی که برای این موضوع در نظر گرفته شده‌اند ۱۲ تقاطع است، ولی در حال حاضر به دلیل محدودیت بودجه فقط امکان تبدیل ۳ تقاطع به وضعیت چشمک‌زن موجود است. به همین خاطر نیاز است که یک اولویت‌بندی اولیه روی ۱۲ تقاطع صورت گیرد و از میان آن‌ها ۳ تقاطع انتخاب شوند. برای این منظور جدول AHP باید توسط کارشناسان و صاحب‌نظران در منطقه مورد نظر تکمیل گردد تا اهمیت هریک از پارامترهای حجم ترافیک، تصادفات، نوع راه و اعتبار به صورت کمی مشخص شود. این جداول باید لااقل توسط ۲۰ نفر تکمیل شود تا بتوان به نتایج آن اطمینان کرد. فرض می‌شود ضرایب جدول (۸) به عنوان ضرایب نهایی برای اهمیت هریک از پارامترها حاصل شده است.

جدول(۸). *ضریب اهمیت هریک از پارامترها*

پارامتر	ضریب
حجم ترافیک	۷
تصادفات	۹
نوع راه	۳
اعتبار	۲

پس از این‌که ضرایب مشخص شدند، باید برای کلیه تقاطع‌ها (۲۰ تقاطع) آمار تقریبی حجم ترافیک و تصادفات و هزینه نصب چراغ چشمک‌زن را بدست‌آورد. با توجه به وجود حجم ترافیک برآورد شده ناشی از تخصیص ترافیک در طرح جامع حمل و نقل تهران می‌توان از این حجم ترافیک استفاده نمود و همچنین از آمار تصادفاتی که در اختیار راهنمایی و رانندگی تهران است نیز برای این مورد استفاده کرد که تقریباً جمع‌آوری اطلاعات هزینه‌ای را در بر نخواهد داشت. جدول (۹) اطلاعات وضعیت تقاطع‌ها را نشان می‌دهد.

جدول(۹). *مشخصات ۱۲ تقاطع با اطلاعات فرضی*

ردیف	حجم ترافیک برای یک ساعت	تصادف (برای یک دوره ۱۰ روزه)	نوع راه‌های تشکیل دهنده تقاطع	هزینه نصب چراغ چشمک‌زن (تومان)
۱	۷۰۰	۷	۲	۳۵۰۰۰۰۰
۲	۸۳۴	۱۱	۲	۳۰۰۰۰۰۰
۳	۶۲۳	۵	۴	۳۰۰۰۰۰۰
۴	۸۷۳	۳۳	۱	۵۰۰۰۰۰۰
۵	۱۲۳۱	۶	۵	۳۰۰۰۰۰۰
۶	۸۲۱	۱۱	۲	۴۰۰۰۰۰۰
۷	۱۰۱۳	۲۱	۳	۴۰۰۰۰۰۰
۸	۶۷۱	۹	۴	۳۰۰۰۰۰۰
۹	۷۱۷	۷	۴	۳۰۰۰۰۰۰
۱۰	۹۰۳	۲۷	۱	۶۰۰۰۰۰۰
۱۱	۱۱۰۰	۱۹	۵	۵۰۰۰۰۰۰
۱۲	۸۳۹	۱۴	۲	۵۰۰۰۰۰۰
مقدار بیشینه	۱۲۳۱	۳۳	۵	۶۰۰۰۰۰۰

تنها پارامتری که در جدول فوق از حالت کیفی به کمی تبدیل شده است نوع راه است، که این موضوع نیز به صورت جدول (۱۰) به شکل کمی درآمده است.

جدول(۱۰)، *ضریب اهمیت هریک از پارامترها*

پارامتر	ضریب
شریانی – شریانی	۵
شریانی – جمع و پخش کننده	۴
شریانی – محلی	۳
جمع و پخش کننده – جمع و پخش کننده	۲
جمع و پخش کننده – محلی	۱

جدول(۱۱)، *مقادیر بی‌بعد شده پارامترها*

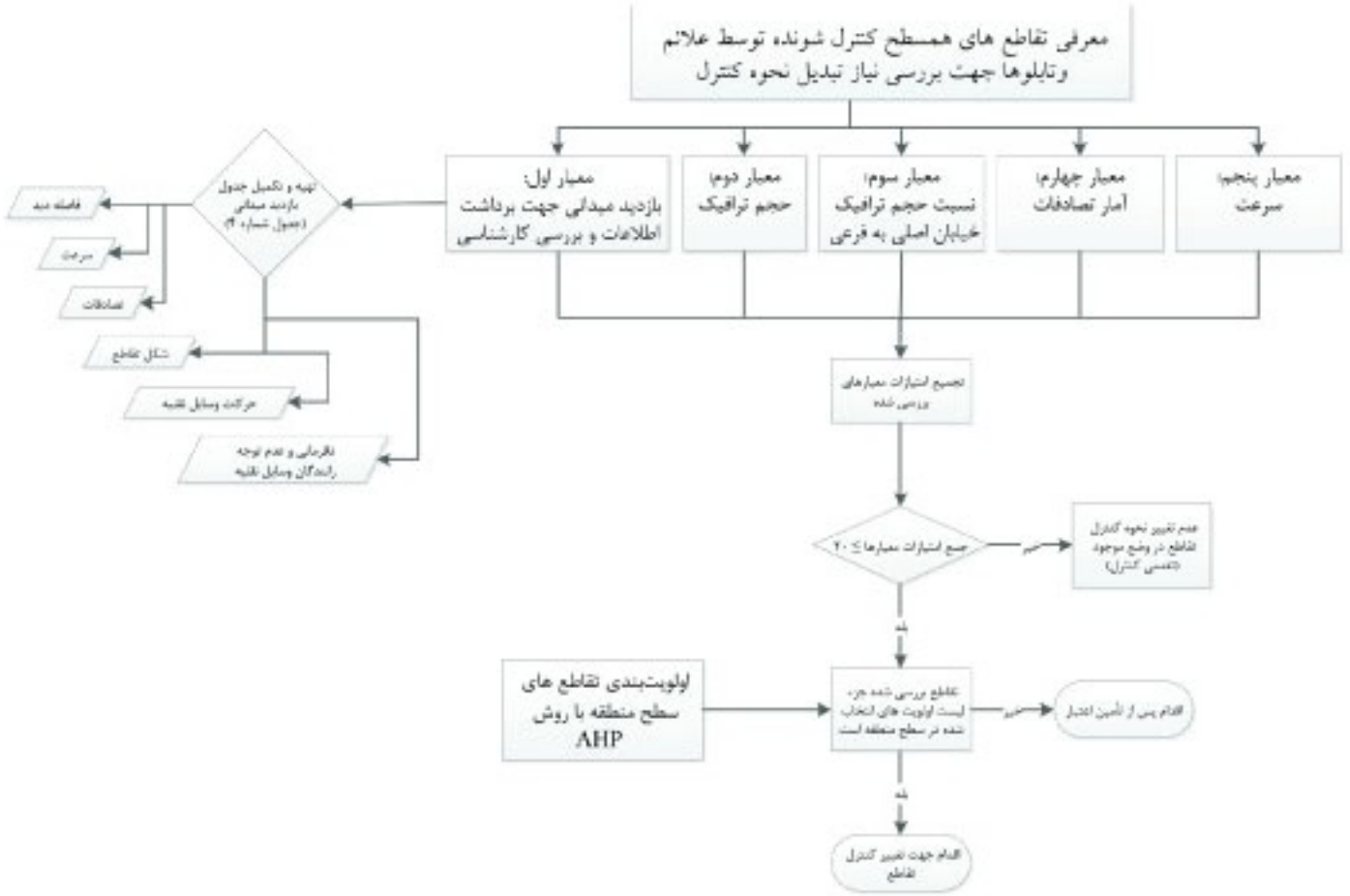
ردیف	حجم ترافیک برای یک ساعت	تصادف (برای یک دوره ۱۰ روزه)	نوع راه‌های تشکیل دهنده تقاطع	هزینه	امتیاز
۱	۰.۵۷	۰.۲۱	۰.۴۰	۰.۵۸	۷.۰۹
۲	۰.۶۸	۰.۳۳	۰.۴۰	۰.۵۰	۸.۹۴
۳	۰.۵۱	۰.۱۵	۰.۸۰	۰.۵۰	۷.۳۱
۴	۰.۷۱	۱.۰۰	۰.۲۰	۰.۸۳	۱۴.۵۶
۵	۱.۰۰	۰.۱۸	۱.۰۰	۰.۵۰	۱۱.۶۴
۶	۰.۶۷	۰.۳۳	۰.۴۰	۰.۶۷	۸.۸۷
۷	۰.۸۲	۰.۶۴	۰.۶۰	۰.۶۷	۱۳.۲۹
۸	۰.۵۵	۰.۲۷	۰.۸۰	۰.۵۰	۸.۶۷
۹	۰.۵۸	۰.۲۱	۰.۸۰	۰.۵۰	۸.۳۹
۱۰	۰.۷۳	۰.۸۲	۰.۲۰	۱.۰۰	۱۳.۱۰
۱۱	۰.۸۹	۰.۵۸	۱.۰۰	۰.۸۳	۱۴.۴۴
۱۲	۰.۶۸	۰.۴۲	۰.۴۰	۰.۸۳	۹.۷۹

با توجه به جدول (۱۱) و امتیازات حاصل شده از هر تقاطع می‌توان نسبت به اولویت‌بندی تقاطع‌ها اقدام کرد به این ترتیب که امتیازات تقاطع‌ها را از بزرگ به کوچک مرتب نموده و تقاطع‌هایی را که امتیازات بالاتری دارند برای تبدیل نحوه کنترل انتخاب نمود.

۷- جمع‌بندی

در این ملاک‌عمل، ضوابط تبدیل نحوه کنترل تقاطع از تابلوهای حق‌تقدم و ایست به چراغ چشمک‌زن تدوین شده است. با توجه به مطالب ارائه شده و آنچه در بند اول ملاک‌عمل به آن اشاره شد، قطعاً در ذهن همه این سوال می‌تواند پدید آید که تقاطعی که با تابلوهای رعایت حق‌تقدم و ایست مورد کنترل قرار گرفته است تا چه زمانی می‌تواند هشدارهای لازم را برای رانندگان داشته باشد. برای تغییر نحوه کنترل تقاطع باید ضوابطی موجود باشد تا بتوان با توجه به آنها نسبت به تغییر نحوه کنترل یا عدم تغییر آن تصمیم‌گیری نمود. تاکنون استفاده از نظرات کارشناسی افسران راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ و هم‌چنین کارشناسان ترافیک معاونت‌های حمل‌ونقل ترافیک مناطق شهرداری‌ها مبنایی برای تبدیل کنترل نحوه تقاطع از تابلوهای حق‌تقدم و ایست به چراغ چشمک‌زن بوده است. اگرچه این روش را نمی‌توان نفی نمود ولی با این‌حال استفاده از روش‌های علمی و هم‌چنین آمار و اطلاعات تقاطع می‌تواند نتایج بهتری را حاصل آورد.

روشی که برای نحوه تبدیل کنترل توسط تابلوهای ایست و حق‌تقدم به کنترل با چراغ‌راهنمایی چشمک زن ارائه می‌شود برمبنای امتیازدهی به چند معیار است، در صورتی‌که یک تقاطع که با تابلوهای ایست و حق‌تقدم کنترل می‌شود بتواند حداقل ۲۰ امتیاز از مجموع امتیازات ۵ معیار تعیین شده در بند ۵ را کسب کند کنترل این تقاطع باید به صورت چشمک‌زن زرد/ قرمز تغییر وضعیت داده شود. در شکل ۴ فرآیند بررسی تبدیل تقاطع‌های کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی چشمک‌زن قابل مشاهده است.



شکل (۴)، فرآیند بررسی تبدیل تقاطع‌های کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی چشمک‌زن

منابع و مراجع

[۱] حسین قهرمانی و سایرین،" مهندسی ترافیک، تئوری و کاربرد"، تالیف و ترجمه، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران،۱۳۷۴.

[۲] حسین قهرمانی و م حسینقلیان،" اصول مهندسی راه و تحلیل ترافیکی"، دانشگاه علم و صنعت ایران،۱۳۸۱.

[۳] جوتین خیستی، کنت لال، ترجمه محمود صفارزاده، "مهندسی ترابری و ترافیک، جلد دوم. (ترافیک)"، دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۹.

[۴] "زمینه مهندسی ترافیک"، سازمان ترافیک تهران،۱۳۶۲.

[۵] کمال بهروزی،"مفاهیمی در مهندسی ترافیک"، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران،۱۳۷۴.

[۶] جلیل شاهی،"مهندسی ترافیک"، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۵.

[۷] محمد نایب آقا، "راه و برنامه‌ریزی ترافیک"، ۱۳۸۲.

[۸] "زمینه مهندسی ترافیک"، سازمان ترافیک تهران،۱۳۶۲.

[۹] کمال بهروزی، "مفاهیمی در مهندسی ترافیک"، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران،۱۳۷۴.

[۱۰] جلیل شاهی، "مهندسی ترافیک"، مرکز نشر دانشگاهی،۱۳۷۵.

[۱۱] محمد نایب آقا، "راه و برنامه‌ریزی ترافیک"، ۱۳۸۲.

[۱۲] تقاطع‌های هم‌سطح شهری، سازمان برنامه و بودجه، نشریه شماره ۱۴۵.

[۱۳] AASHTO (1990). American Association of State Highway and Transportation Officials. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington.D.C. 1990.

[۱۴] "Accident experience of flashing traffic signal operation in Portland, Oregon". Transportation Research Record, no. 1069, pp 24 29.

[۱۵] Barbaresso, J. C. (1984). "Flashing signal accident evaluation". Research. Record, no. 956, pp25 29.

[۱۶] Barbaresso, J. C. (1987). "Relative accident impacts of traffic control strategies". ITE Journal, vol. 57, no. 8.

[۱۷] Benioff, B., Carson, C., Dock, F.C. (1980). "A Study of Clearence Intervals, Flashing Operation and Left turn Phasing at Traffic Signals: Volume 3 Flashing Operation". U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, FHWA RD 78 48. Washington, D.C.

[۱۸] Gaberty, M. J., Barbaresso, J. C. (1987). "A case study of the accident impacts of flashing signal operation along roadways". ITE Journal, vol. 57, no. 7.

[١٩] "Motorists ، (1995)، J.M.، and Mounce، K. N.، Womack، H. G.،Hawkins ،Understanding of Traffic Control Devices: Study Results and Recommendations" Texas Transportation ، Research Report 1261 4،Cooperative Research Program ، Texas، College Station، the Texas A&M University System،Institute

[٢٠] National ، Transportation Research Board،Highway Capacity Manual (2000) ، Washington D.C،Research Council

[٢١] M. E.; and ، R. J.; Obermeyer، Jr. ; Benz، H. G.، K. C. ; Hawkins،Kacir ، "Evaluation of Flashing Traffic Signal Operation"، (1993)، R.Bartoskewtiz Texas Transportation ، Research Report 1297 2F، Program،Cooperative Research ، Texas، College Station،University System، the Texas A&M ،Institute

[٢٢] "Analysis of Flashing ، Jr. (1995)، H. G.، R.J.; and Hawkins، K. C.; Benz،Kacir ، pp 21 29، no. 1421، Transportation Research Record،Signal Operation"

[٢٣] ، M. E.(1995)، R. J.; Obermeyer، Jr. ; Benz، H. G.، K. C. ; Hawkins،Kacir ITE ،"Guidelines for the use of flashing operation at signalized intersections" ، no. 10، vol. 65،Journal

[٢٤] "Public Understanding of Traffic ، (1978)، P.K.، R.J. and Guseman،Koppa Texas Transportation ، Research Report 232 1F،Control Devices in Texas" ، Texas، College Station،Institute

[٢٥] Bureau ،Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways ،) Washington D.C. (1961 ،of Public Works

[٢٦] Federal ،Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways U.S. Department of Transportation (2003)،.Highway Administration

[٢٧] "Right Angle Crashes on Flashing Operations: 19 Case ، S. F. (2002)،Polanis ، no. 4، vol. 72، ITE Journal،Studies"

[٢٨] "Measuring the ، (1981)، R.D.، and Williams، P.K.، and Guseman، K. N.،Womack Effectiveness of Traffic Control Devices: An Assessment of Driver the Texas A&M University ،Texas Transportation Institute،Understanding" ،Texas، College Station،System

[٢٩] "Motorists Comprehension of ، (1993)، H. G.، and Hawkins، K. N.،Womack
Cooperative Research ،Traffic Control Devices: Statewide Survey Results"
the Texas A&M ، Texas Transportation Institute، Research Report 1261 2.Program
، Texas، College Station.University System

[٣٠] Principal ، "Human Factor in Road Safety Engineering " ،(2004).Philip Jordan
.Australia، Vicroads.Road safety Engineer

[٣١] "Human Factors in Road System ،S.(2002) ،H.J.and Birth.Vollpracht
.Thailand.Bangkok.Management of Road Saafety Engineer.Piarc Seminar.Design"

[٣٢] ، Piarc Road Safety Manual."Human Factor"،(2004).H.J.and Birth ،Vollpracht
.Canada.Quebec.First Ed.

[٣٣] ،"Human Factors in Traffic engineering"،(1996).Ogden KW and Taylor SY
، Dep. of Civil Engineering.Chapter One Traffic Engineering and Management
.Monash University

[٣٤] Avebury ،"Safer Roads A Guide to Road Safety Engineering "،(1996).Ogden KW
، Britain، Hertfordshire.Technical

[٣٥] "Syenthesis of Human Factors on Older ،(1997).Federal highway Adminstration
، Britain، Hertfordshire.Avebury Technical.Drivers and Highway Safety "

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.