فصل دوم

مدیریت عرضه حمل و نقل

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. شناخت مفهوم مدیریت عرضه

۲. آشنایی با جایگاه حمل‌ونقل همگانی

۳. معرفی مفهوم اولویت‌دهی به اتوبوس در تقاطع

۴. آشنایی با انواع خط ویژه اتوبوس

۵. شناخت روش‌های افزایش جذابیت سفر با اتوبوس

۶. آشنایی با کاربرد چراغ راهنمایی هوشمند و غیرهوشمند

۷. شناخت مفهوم هماهنگ‌سازی چراغ‌های راهنمایی

۸. آشنایی با مزایا و معایب یک طرفه کردن معابر

۲. مدیریت عرضه حمل‌ونقل

مجموعه فعالیت‌هایی که به‌نحوی در مدیریت شهری باعث استفاده بهینه از تسهیلات موجود می‌گردد، مدیریت عرضه نامیده می‌شود. با توجه به عدم وجود منابع مالی برای توسعه نامحدود زیرساخت‌های سیستم حمل‌ونقل شهری لازم است مدیریت عرضه به منظور استفاده بهینه از تسهیلات موجود در اولویت قرار گیرد. در این فصل مدیریت عرضه حمل‌ونقل در دو بخش همگانی و شخصی ارایه خواهد شد. البته از آنجا که روش‌های مدیریت عرضه حمل‌ونقل شخصی (بهبود شبکه معابر) شناخته شده‌تر هستند، توضیحات کمتری در مورد آن‌ها ارایه شده است.

۲-۱. توسعه حمل‌ونقل همگانی

یکی از مهم‌ترین راه‌های کاهش اثرات منفی انجام سفرها، تشویق کاربران به استفاده از حمل‌ونقل همگانی است. حمل‌ونقل همگانی می‌تواند با هزینه تمام شده کمتری نسبت به حمل‌ونقل شخصی سفرها را پوشش دهد. برخی از اقداماتی که باعث افزایش استفاده از سیستم حمل‌ونقل همگانی می‌شود، عبارتند از: اطلاع‌رسانی، بالا بردن جذابیت عمومی سیستم حمل‌ونقل همگانی، و ایجاد خطوط ویژه. تمام اقداماتی که به‌نحوی سبب بالا رفتن کیفیت خدمات حمل‌ونقل همگانی و افزایش استفاده از این سیستم می‌گردد، در مدیریت عرضه حمل‌ونقل همگانی جای خواهند گرفت. در ادامه، به بررسی و توضیح تمهیداتی در این خصوص می‌پردازیم.

۲-۱-۱. سامانه اتوبوس تندرو[1]

۲-۱-۱-۱. تاریخچه سامانه اتوبوس تندرو در جهان و ایران

اولین بار مفهوم سامانه اتوبوس تندرو در شهر شیکاگو در سال ۱۹۳۷ برای تبدیل سه خط حمل‌ونقل سریع ریلی به خطوط سریع اتوبوسرانی در مراکز و شهرک‌های اطراف مطرح گردید. پس از آن، این سیستم به سرعت در شهرهای آمریکا و جهان گسترش یافت. به طوری‌که امروزه این خطوط یکی از سیستم‌های بسیار مهم در گسترش خطوط حمل‌ونقل عمومی در سراسر جهان به شمار می‌رود.

در ایران، سامانه اتوبوس‌های تندرو در پی سیاست‌های کلان شهرداری تهران و به منظور گسترش و بهسازی سیستم حمل‌ونقل همگانی شهر تهران پس از انجام مطالعات اولیه در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۶ به صورت آزمایشی راه اندازی شد و سپس در شهریور ماه ۱۳۸۷ با تعداد ۷۰ دستگاه اتوبوس دوکابین با مشخصات فنی و کیفیت ویژه در یک خط توسعه یافت. به تدریج خطوط دیگری نیز در حال اضافه شدن به آن هستند. شکل شماره (۲-۱) نمونه ایستگاه این سیستم را در تهران نشان می‌دهد.

[1]. Bus Rapid Transit (BRT)

شکل شماره ۲-۱: نمونه‌ای از سامانه اتوبوسرانی سریع (BRT) در تهران

هدف از راه‌اندازی سامانه اتوبوس‌های تندرو در شهر تهران عبارت است از:

۱. کاهش زمان انتظار مسافران در ایستگاه‌ها،

۲. کاهش زمان سفر در کریدور شرقی- غربی شهر،

۳. ارایه الگوی حرکت سریع در خط ویژه،

۴. کنترل هوشمند جهت افزایش کارآیی ناوگان،

۵. اعزام اتوبوس‌ها بر اساس زمان‌بندی،

۶. بومی‌سازی تکنولوژی BRT با فضای خیابان‌های تهران،

نتایجی که انتظار بر اساس مطالعات می‌رفت از اجرای خط یک سامانه اتوبوس‌های تندرو حاصل شود، عبارتند از:

۱. افزایش حجم جابه‌جایی مسافر به میزان ٪۴۰،

۲. کاهش تعداد اتوبوس شاغل به میزان ٪۴۰،

۳. کاهش ۳۰ دقیقه‌ای زمان سفر،

۴. کاهش مدت زمان انتظار در ایستگاه از حداقل ۱۰ دقیقه به ۱ دقیقه،

۵. افزایش سرانه جابه‌جایی هر اتوبوس از ۸۷۰ نفر به بیش از ۱۳۰۰ نفر در روز،

۶. صرفه‌جویی در مصرف سوخت به میزان ٪۳۵ در هر یک‌صد کیلومتر و به تناسب آن کاهش میزان آلایندگی‌های ناشی از مصرف سوخت،

۷. افزایش میانگین سرعت متوسط اتوبوس‌ها از ۱۱ به ۱۴/۵ کیلومتر در ساعت،

در ادامه مشخصات استاندارد سامانه اتوبوس تندرو و نحوه کنترل هوشمند آن بر اساس تجربیات سایر کشورها به صورت اجمالی ارایه می‌شود.

۲-۱-۱-۲. مسیر حرکت

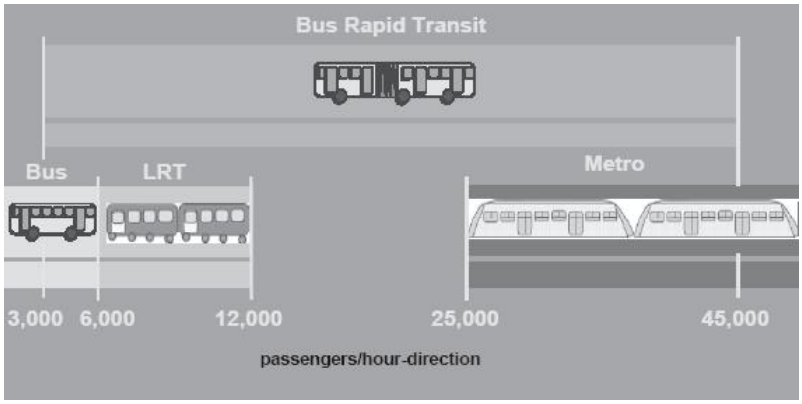
سامانه اتوبوس تندرو (BRT) دارای خط ویژه است. خطوط انحصاری[1]، سرعت را افزایش داده و زمان سفر را کاهش می‌دهد. نمونه‌ای از خط سامانه اتوبوس تندرو در شکل شماره (۲-۲) مشاهده می‌شود. خطوط ویژه، معمولاً در بزرگراه‌ها، وسط خیابان‌های شریانی و یا در کریدورهای از کار افتاده ریلی ساخته می‌شود. این خطوط می‌توانند بیش از ۱۰۰۰۰ مسافر در ساعت اوج را در یک جهت انتقال دهند.

برای مقایسه سامانه اتوبوس تندرو با سایر سیستم‌های انبوه‌بر حمل‌ونقلی می‌توان نفر-سفر در هر جهت را برای این سیستم‌ها با هم مقایسه کرد. به همین منظور محدوده مقادیر ظرفیت انواع سیستم‌های انبوه‌بر حمل‌ونقل همگانی در شکل (۲-۳) شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ظرفیت تعداد مسافر سیستم اتوبوس تندرو (BRT) بیش از ۳۰۰۰ نفر

[1]. Exclusive Lane

در نظـر گرفتـه شـده اسـت کـه پـیش از اجـرای متـرو و قطـار سـبک شـهری (LRT) اقتصادی‌ترین شیوه انتقال مسافر در حجم‌های بالا است. منظـور از LRT در شـکل شـماره (۲-۳)، مجموعه‌ی تراموا، قطار سبک شهری و مونوریل است. ضمن آن‌که با افـزایش تعـداد واگن‌ها و کاهش سرفاصله حرکت، قطار سبک شهری قادر به جابـه‌جـایی بـیش از ۲۰۰۰۰ مسافر نیز خواهد بود.

شکل شماره ۲-۲: خطوط ویژه سامانه اتوبوسران تندرو



شکل شماره ۲-۳: ظرفیت مسافر در هر جهت سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی

۲-۱-۱-۳. ایستگاه‌ها

ایستگاه‌های سیستم BRT دراندازه‌ها و شکل‌های مختلف به صورت زیرزمینی و روزمینی اجرا می‌شوند. کف ایستگاه‌ها معمولاً هم‌تراز کف اتوبوس است و این خود باعث کاهش زمان سوار و پیاده شدن مسافر می‌شود. پرداخت هزینه سفر معمولاً قبل از ورود به ایستگاه‌ها انجام می‌پذیرد. جانمایی ایستگاه‌ها معمولاً در نزدیکی تقاطع‌ها بوده و فاصله بین ایستگاه‌ها بسته به طول ایستگاه و اتوبوس، متغیر بوده و بین ۶۰۰ تا ۲۲۰۰ متر است.

به‌این‌ترتیب، ایستگاه‌هایBRT به‌نحوی طراحی می‌شوند که مسافران قبل از رسیدن اتوبوس، بلیت خود را تحویل داده و به محض رسیدن اتوبوس- که کف آن هم‌تراز کف ایستگاه است- سوار (و پیاده) شوند. سرفاصله زمانی حرکت در این سیستم حدود یک دقیقه در نظر گرفته می‌شود. نمونه‌هایی از سامانه اتوبوس تندرو در سایر شهرها و کشورهای جهان در شکل (۲-۴) ارایه شده است.

شکل شماره ۲-۴: نمونه‌هایی از مسیر و ایستگاه‌های BRT

۲-۱-۱-۴. ناوگان

بهتر است طراحی سامانه اتوبوسرانی سریع به گونه‌ای صورت گیرد که درهای ورودی و خروجی به صورت مجزا باشند تا زمان تأخیر و توقف کاهش یابد. نیروی جلوبرنده این سیستم توسط سوخت‌های هیبریدی و CNG تأمین می‌شود. برخی از این اتوبوس‌ها بدون نیاز به راننده نیز هدایت می‌شوند. ظرفیت این اتوبوس‌ها بنا به اندازه و طراحی آن‌ها متغیر است. به توجه به اینکه ایستگاه‌ها اغلب در سمت چپ مسیر حرکت اتوبوس قرار می‌گیرند (برای اینکه هم به مسیر رفت و هم به مسیر برگشت سرویس بدهند)، در اتوبوس‌ها سمت چپ قرار دارد و به اصطلاح چپ‌در هستند.

۲-۱-۱-۵. سیستم‌های هوشمند کنترل مسیر حرکت BRT

اجزای سیستم‌های هوشمند کنترل سامانه اتوبوس تندرو در اغلب کشورها مشابه است. تنها تفاوت‌هایی در فناوری‌های مورد استفاده در این سیستم‌ها مشاهده می‌شود. برای اطمینان

از کارآیی سیستم، نظارت بر مسیر، ایستگاه‌ها و اتوبوس‌ها ضروری است. به همین علت یک مرکز مدیریت و کنترل خط که مجهز به سیستم‌ها و امکانات زیر باشد، برای سیستم BRT طراحی و اجرا می‌شود:

۱. **سیستم نظارت تصویری :** برای آن‌که اپراتورهای مرکز به صورت لحظه‌ای از وضعیت کلیه نقاط در طول مسیر اتوبوس‌های تندرو و پایانه‌های موجود در مسیر آگاه شوند، لازم است دوربین‌های نظارت تصویری در طول مسیر و در داخل ایستگاه‌ها نصب شوند و سپس این تصاویر به کمک فناوری‌های موجود، به مرکز کنترل مخابره شود. به عنوان مثال لازم است در صورت خرابی یک اتوبوس در مسیر، اقدامات فوری برای خروج آن از خط ویژه صورت گیرد، تا مسیر برای حرکت سایر اتوبوس‌ها باز بماند.

ایستگاه‌ها نیز به منظور تشخیص ازدحام مسافران در ایستگاه، حراست از امنیت آن‌ها و نظارت بر صحت و سلامت تجهیزات، به دوربین‌های نظارت تصویری مجهز شده‌اند. تصاویر برداشت شده هم بر روی نمایشگر داخل ایستگاه نشان داده می‌شود و هم از طریق فیبر نوری برای مرکز کنترل سامانه ارسال می‌گردد.

۲. **سیستم ثبت وقایع ترافیکی :** شناسایی سریع و ثبت وقایع مهم ترافیکی، کنترل و مدیریت خط و ناوگان به وسیله دوربین و بیسیم، تشخیص سریع خرابی تجهیزات اتوبوسرانی، اعزام آتش‌نشانی، اورژانس و پلیس در زمان وقوع حوادث و سوانح از کارکردهای این سیستم است.

۳. **سیستم ردیابی ناوگان :** برای حصول اطمینان از حضور به موقع و به‌جای اتوبوس‌ها در طول مسیر و ایستگاه‌ها و پاسخ‌گویی لازم به تقاضای سفر شهروندان و رعایت زمان‌بندی

یک دقیقه‌ای میان اتوبوس‌ها، کلیه اتوبوس‌ها به سیستم موقعیت‌یاب جهانی[1] (GPS) مجهز شده‌اند تا امکان ردگیری لحظه‌ای آن‌ها و هدایت راننده از طریق بیسیم فراهم شود.

۴. نقشه راهنمای مسیر: کلیه اتوبوس‌ها دارای نقشه کامل مسیر حرکت و ایستگاه‌های موجود در طول مسیر هستند که با مقیاس دقیق جغرافیایی تهیه شده‌اند و در آن‌ها توالی ایستگاه‌ها، خیابان‌های اصلی مجاور هر ایستگاه و ایستگاه‌های ویژه‌ای که در آن‌ها امکان تغییر و ادامه مسیرهای دیگر (غیر از مسیر سامانه تندرو) با استفاده از سرویس‌های اتوبوسرانی وجود دارد، نشان داده شده است.

۵. سیستم اطلاع‌رسانی صوتی : این سیستم با استفاده از اطلاعات مکانی اتوبوس که از سیستم GPS دریافت می‌شود، قادر است در فاصله ۲۰۰ متر مانده به ایستگاه و نیز در محل ایستگاه، نام ایستگاه را به اطلاع مسافران برساند تا آن‌ها بتوانند زودتر راجع به پیاده شدن و یا ادامه مسیر تصمیم بگیرند و از این طریق وقت کمتری در ایستگاه تلف شود.

کلیه ایستگاه‌ها در طول مسیر به سیستم صوتی مجهز هستند تا از طریق آن لحظاتی پیش از بسته شدن درهای اتوبوس و حرکت آن به مسافران هشدار داده شود تا از اتوبوس فاصله بگیرند. این سیستم به صورت خودکار و با استفاده از اطلاعات سیستم تعیین وضعیت اتوبوس پیام هشدار را ارسال می‌نماید.

۶. سیستم تخصیص اولویت حرکت به اتوبوس‌ها در تقاطع هوشمند: کلیه تقاطع‌های چراغدار در طول مسیر به سیستم کنترل هوشمند چراغ راهنمایی مجهز شده‌اند و برای جلوگیری از تأخیر در

[1]. Global Positioning System

حرکت اتوبوس‌ها در پشت چراغ قرمز از روشی تحت عنوان شروع دیر[1] استفاده شده است که طی آن حرکت خودروهایی که در وضعیت چراغ سبز مسیر اتوبوس را قطع می‌کنند بااندکی تأخیر صورت می‌پذیرد تا اتوبوس به راحتی از تقاطع رد شود و دچار تأخیر بی‌مورد در حرکت خود نشود.

۷. سیستم تعیین وضعیت اتوبوس: چراغ‌هایی در کنار ایستگاه نصب می‌شود که با تغییر وضعیت خود، فرمان خاصی را به راننده ارسال نماید. رنگ قرمز به معنای توقف، رنگ زرد به معنای آمادگی برای حرکت و رنگ سبز به معنای دستور حرکت است، در ضمن شناسه‌گر نصب شده در کنار ایستگاه، حضور و یا عدم حضور اتوبوس را تشخیص داده و مرکز کنترل سامانه را از موقعیت موجود باخبر می‌کند.

۲-۱-۲. خطوط ویژه اتوبوس

در صورتی که تقاضای سفر و ملاحظات اقتصادی، اجرای سیستم BRT را توجیه نکند، می‌توان از خطوط ویژه برای تسریع در حرکت اتوبوس‌های معمولی استفاده کرد. به‌این‌ترتیب، فقط با جدا کردن خط عبور و بدون تحمیل هزینه‌ی اضافی، می‌توان ظرفیت سیستم اتوبوسرانی موجود را تا دو برابر افزایش داد.

۲-۱-۲-۱. میزان و چگونگی تفکیک مسیر حرکت

چگونگی تفکیک مسیر حرکت از ترافیک سایر خودروها اصلی‌ترین متغیر در طراحی مسیر حرکت است. مسیرهای حرکت می‌توانند بر اساس میزان دسترسی (نحوه تفکیک مسیر) و یا

[1]. Late Start

نوع تسهیلات طبقه‌بندی شوند. در جدول (۲-۱) طبقه‌بندی مسیرهای حرکت، از نظر میزان دسترسی ارایه شده است. در این طبقه‌بندی مسیرها به ۵ گروه طبقه‌بندی شده‌اند. در حالت پنج، خطوط حرکتی موجود در خیابان‌های شریانی با سواری‌ها به صورت مختلط حرکت می‌کنند. هر چه شماره نوع مسیر کمتر می‌شود، کیفیت و تفکیک مسیر حرکت افزایش می‌یابد.

اتوبوس می‌تواند بدون تفکیک از سایر خودروها در هر خیابان شریانی یا بزرگراه حرکت نمایند. افزایش میزان تفکیک مسیر مانند مسیرهای ویژه در شریانی‌ها، مسیرهای ویژه غیرهمسطح و یا خطوط ویژه‌ی دارای اولویت عبور، باعث صرفه‌جویی در زمان سفر و افزایش قابلیت اطمینان در خدمات سیستم اتوبوسرانی می‌شود.

جدول شماره ۲-۱: طبقه‌بندی مسیرهای حرکت بر اساس نحوه و میزان تفکیک

رده دسترسی	کنترل دسترسی	نوع تسهیلات
۱	جریان غیرمنقطع- کنترل کامل دسترسی	تونل‌های ویژه اتوبوس تقاطع غیرهمسطح خطوط ویژه آزادراهی
۲	کنترل منقطع دسترسی	مسیر ویژه همسطح
۳	خطوط جدا شده فیزیکی در حریم خیابان	مسیر ویژه میانی اتوبوس
۴	خطوط ویژه/ نیمه ویژه	خطوط ویژه همسو یا خلاف جهت ترافیک
۵	ترافیک مختلط	-

۲-۱-۲-۲. موقعیت خطوط ویژه اتوبوس

برای ایجاد خطوط ویژه، یکی از خطوط کناری یا میانی خیابان را به اتوبوس اختصاص می‌دهند. از نظر اجرایی (نظیر تفکیک مسیر حرکت، احداث ایستگاه) اختصاص خط کناری

خیابان به اتوبوس راحت‌تر است، ولی چند اشکال نیز ممکن است داشته باشد از جمله اینکه خودروهایی که قصد گردش به سمت راست را دارند، در محل تقاطع‌ها، خط ویژه را به اجبار قطع خواهند کرد و باعث ایجاد تداخل می‌شوند. اگر خط کناری به پارک حاشیه‌ای، تخلیه و بارگیری اختصاص یافته باشد، استفاده از آن به عنوان مسیر ویژه اتوبوس، به مفهوم حذف پارک حاشیه‌ای خواهد بود که ممکن است از نظر اجرایی دشواری‌هایی به همراه داشته باشد. از سوی دیگر، اگر یکی از اهداف طرح، حذف پارک حاشیه‌ای برای افزایش سطح عرضه و افزایش تعداد خطوط عبور معبر باشد، با اختصاص آن به مسیر ویژه اتوبوس، دیگر ضرورتی به نظارت دائم پلیس و حتی نصب تابلوی پارک ممنوع وجود نخواهد داشت، ضمن آن‌که تعداد مسافر بیشتری نیز جابه‌جا خواهد شد.

اختصاص خطوط میانی خیابان به اتوبوس، فقط در معابر عریضی که در هر جهت بیش از دو خط دارند، مقدور است، زیرا لزوم در نظر گرفتن محل‌هایی به منظور ایستگاه، امکان اجرای طرح را در خیابان‌هایی که عرضشان کم است، دشوار می‌سازد. در این حالت، پارک حاشیه‌ای، تخلیه و بارگیری سایر خودروهای نسبتاً به راحتی صورت می‌گیرد و به همین علت اختصاص خطوط ویژه به اتوبوس حتی در تمام طول روز از این لحاظ اشکالی نخواهد داشت. اما عیب بزرگ این روش آن است که مسافران اتوبوس به منظور رسیدن از پیاده‌رو به ایستگاه و برعکس، باید جریان ترافیک در معبر را قطع کنند و این عمل باعث کاهش ایمنی و افزایش تأخیر خودروها می‌شود.

تردد خودروهای همگانی در خطوط ویژه ممکن است هم‌جهت با جریان ترافیک و یا در جهت عکس آن باشد. در حالت اول آن را خط ویژه هم‌جهت[1] و در حالت دوم آن را خط ویژه خلاف جهت[2] می‌نامند.

در خیابان‌های یک‌طرفه با حجم تردد زیاد اتوبوس، می‌توان دو خط از خطوط خیابان را به تردد اتوبوس اختصاص داد. این دو خط را در یک سمت خیابان و در مجاورت هم در نظر می‌گیرند. در خیابان‌های یک‌طرفه‌ای که تعداد خطوط عبوری و حجم اتوبوس زیاد نیست، می‌توان تنها یک خط از خیابان را به عبور اتوبوس اختصاص داد. معمولاً در خیابان‌های یک‌طرفه برای این‌که مسیر رفت و برگشت اتوبوس در کنار هم باشند، از خط ویژه خلاف جهت استفاده می‌شود.

افزون بر این می‌توان تمام یا قسمتی از طول یک معبر را، برای تمام یا ساعاتی از روز، فقط به عبور اتوبوس اختصاص داد. اعمال این روش معمولاً در معابری که عبور عابران پیاده زیاد است مانند مراکز خرید، مؤثر و مفید خواهد بود.

۲-۱-۳. اولویت‌دهی به اتوبوس در تقاطع

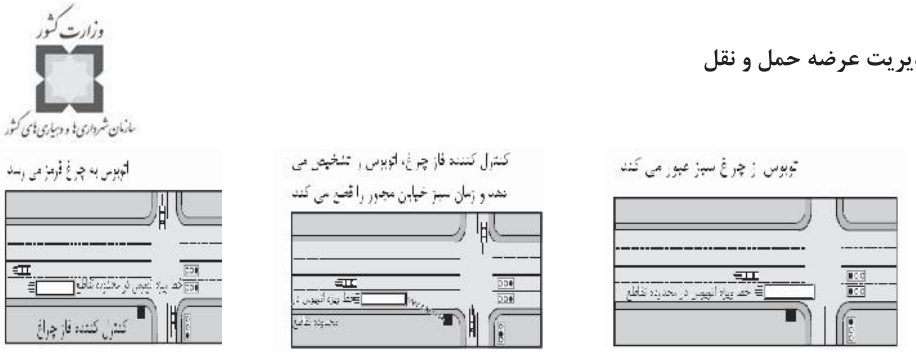
برای استفاده بهتر از ظرفیت تقاطع‌ها، که از نقاط حساس و پراهمیت شبکه معابر شهری هستند، اغلب مقررات ویژه‌ای نظیر ممنوع کردن بعضی از گردش‌ها اعمال می‌شود. در این موارد گاهی برای اتوبوس امتیازاتی نظیر اجازه عبور یا گردش به سمتی که برای دیگر خودروهای ممنوع شده است، ایجاد می‌شود. در تقاطع‌های مراکز تجاری شهر که با

---

1. Concurrent Bus Lane
2. Contra-Flow Bus Lane

چراغ‌های راهنمایی کنترل می‌شود، اگر اتوبوس امتیازی نداشته باشد، اولویت عبور تمام خودروهای (از جمله اتوبوس) برای عبور از تقاطع یکسان است. با توجه به تعداد زیاد سرنشین‌های اتوبوس نسبت به خودروهای شخصی، منطقی به نظر می‌آید که در این نقاط حساس به اتوبوس اولویت داده شود.

یکی از روش‌های تحقق این امر، ایجاد تسهیلاتی است که به کمک آن زمان توقف و تأخیر وسایل حمل‌ونقل همگانی در تقاطع کوتاه‌تر از دیگر خودروها گردد. این سیستم را طوری برقرار می‌کنند که پس از رسیدن اتوبوس به تقاطع، چنانچه فاز چراغ راهنمایی قرمز باشد به سبز تبدیل شود، و اگر فاز آن سبز باشد، زمان سبز را به اندازه‌ای افزایش دهد که فرصت کافی برای عبور اتوبوس از تقاطع وجود داشته باشد. این کار با نصب دستگاه مخصوصی در اتوبوس و در سیستم چراغ‌های راهنمایی به صورت هماهنگ انجام می‌گیرد. در کنار این اقدام در صورتی که امکان احداث خطوط ویژه برای عبور اتوبوس در معبر مورد نظر وجود نداشته باشد، با ایجاد خطوط اضافی در تقاطع، قبل از محل پس‌زدگی صف در رویکرد ورودی تقاطع و ادامه آن در رویکرد خروجی تقاطع تا فاصله‌ای که اتوبوس قادر باشد به شکل ایمن به تردد سایر خودروهای بپیوندد، تسهیلات ویژه‌ای برای کاهش تأخیر وسیله نقلیه همگانی در تقاطع ایجاد می‌نمایند. ایجاد خط اضافی برای اتوبوس در تقاطع می‌تواند با اولویت‌دهی حق تقدم به آن در تقاطع توسط چراغ راهنمایی کامل شود. در شکل (۲-۵) چگونگی ایجاد اولویت برای عبور اتوبوس‌ها در تقاطع‌های شهری نشان داده شده است.

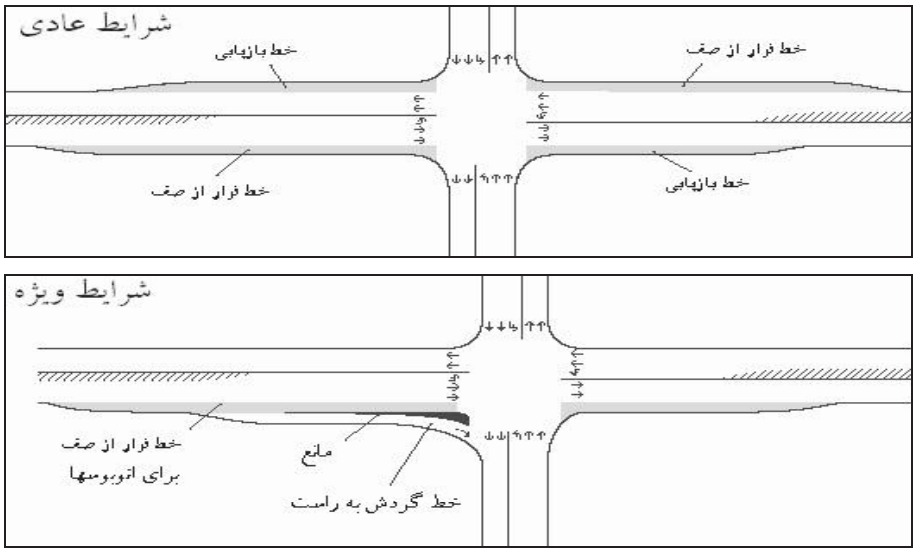


شکل شماره ۲-۵: ایجاد اولویت عبور برای اتوبوس در تقاطع چراغ‌دار

۲-۱-۴. مسیرهای فرار از صف

اگر خط حرکت اتوبوس با سایر خودروها مشترک باشد، با استفاده از خطوط فرار از صف[1] می‌توان بازده آن را افزایش داد. خطوط فرار از صف معمولاً در تقاطع‌های چراغ‌دار و یا سایر مکان‌هایی که ازدحام ترافیک در زمان اوج وجود دارد (مانند مکان‌هایی که عرض خطوط کاهش پیدا می‌کند یا در پل‌ها و...)، ایجاد می‌شوند. این خطوط می‌توانند به صورت مشترک با گردش به راست مورد استفاده قرار گیرند. با این حال زمانی که حجم گردش به راست زیاد باشد خطوط گردش به راست و فرار از صف باید به صورت جداگانه فراهم شوند. به منظور ورود راحت اتوبوس‌ها به خط فرار از صف، ورودی آن باید به حد کافی از تقاطع دور باشند. نمای کلی خط فرار از صف در دو حالت وجود یا عدم وجود خط راست‌گرد در شکل (۲-۶) نشان داده شده است.

1. Queue Jumper



شکل شماره ۲-۶: خط فرار ازصف در تقاطع چراغ‌دار

۲-۱-۵. اطلاع‌رسانی در سیستم حمل‌ونقل همگانی

اطلاع‌رسانی در خصوص سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی باید جزء اولویت‌های مدیران شهری قرار گیرد. اطلاع‌رسانی در خصوص سیستم حمل‌ونقل همگانی می‌تواند شامل اطلاعات مبدأ و مقصد خطوط سیستم حمل‌ونقل همگانی، ایستگاه‌ها، مسیر حرکت، زمان حرکت، سرفاصله‌های زمانی حرکت و غیره باشد. این اطلاعات می‌تواند به شیوه‌های مختلف به شکل استفاده از سیستم‌های کاملاً هوشمند که اطلاعات لحظه به لحظه در خصوص سیستم حمل‌ونقل همگانی را به کاربران اعلام می‌نماید، تا مجهز نمودن ایستگاه‌ها به تابلوهایی ثابت که وضعیت ایستگاه را از لحاظ مسیر حرکت اتوبوس‌ها، خطوط عبوری، سرفاصله زمانی میان اتوبوس‌ها و غیره نشان می‌دهد، انجام شود. مدیران سیستم حمل‌ونقل همگانی نیز باید سعی کنند تا سرویس‌دهی خودروهای همگانی مطابق شرایط اعلام شده تنظیم گردد. در

شکل (۲-۷) نمونه‌ای از شیوه اطلاع‌رسانی در خصوص سیستم حمل‌ونقـل همگـانی نشـان داده شده است.

شکل شماره ۲-۷: اطلاع‌رسانی در ایستگاه‌های اتوبوس

۲-۱-۶. بالا بردن جذابیت عمومی سیستم حمل‌ونقل همگانی

جذابیت عمومی سیستم حمل‌ونقل تصوری است که کـاربران از آن دارنـد. مسـافری کـه در ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی مجبـور اسـت بـرای سـفر خـود از اتوبـوس‌هـای کهنـه بـا ویژگیهای عملیاتی بسیار ضعیف، از قبیل سرفاصله زیاد، زمان سفر طولانی، سـرعت پـایین استفاده کند، تصور مطلوبی از کل سیستم حمل‌ونقل همگانی نخواهد داشت. به طـور کلـی عواملی که می‌توانند در جذابیت سیستم حمل‌ونقل همگانی نزد مردم نقش مهمـی داشـته باشند، شامل موارد زیر است:

۱. خصوصیات مسیر حرکت (نوع مسیرهای حرکت)،

۲. مشخصات ایستگاه‌ها،

۳. مشخصات ظاهری و معیارهای ناوگان،

۴. روش اخذ کرایه،

۵. روش‌های اطلاع‌رسانی،

به همین منظور پیشنهاد می‌شود موارد زیر برای بالا بردن جذابیت عمومی سیستم حمل‌ونقل همگانی مد نظر مدیران و کارشناسان امر قرار گیرد:

۱. استفاده از خطوط ویژه و مسیرهای جدا شده برای سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در معابر شهری به ویژه در مناطق مرکزی شهرها،

۲. طراحی مناسب ایستگاه‌های سیستم حمل‌ونقل همگانی در شهرهای کشور با لحاظ نمودن مواردی از قبیل داشتن تجهیزات مناسب برای مسافران در حال انتظار، داشتن سکوی مناسب برای سوار و پیاده شدن مسافر، ارتباط مناسب با گذرگاه‌های عابر پیاده، فاصله‌بندی و مکان‌یابی مناسب ایستگاه‌ها و طراحی زیبای ایستگاه،

۳. استفاده از خودروهای مناسب در سیستم حمل‌ونقل همگانی با در نظر گرفتن مواردی از قبیل ظرفیت و ابعاد خارجی وسیله، نمای داخلی، موقعیت قرارگیری درها، ارتفاع طبقه و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی با توجه به شرایط اقلیمی شهر، برای افزایش راحتی مسافران،

۴. استفاده از روش‌های مشخص، ساده و آسان در پرداخت کرایه که باعث کاهش زمان تلف شده مسافران می‌شود،

۵. استفاده از سیستم‌های هوشمند به منظور اطلاع‌رسانی در خصوص مکان و موقعیت وسیله حمل‌ونقل عمومی، زمان ورود به ایستگاه و مسیر حرکت.

۲-۲. حمل‌ونقل شخصی

هر چند رویکرد عمومی مدیریت شهری، افزایش سهم سفر با حمل‌ونقل همگانی و کاهش تقاضای سفر با خودروی شخصی است، اما جذابیت‌های ذاتی این سیستم از قبیل سهولت استفاده و حرکت از مبدا تا مقصد، همواره آن را در کانون توجه افراد قرار می‌دهد. بنابراین لازم است تمهیداتی برای مدیریت استفاده از سیستم حمل‌ونقل شخصی اندیشیده شود تا حداکثر بازده را در استفاده از آن ایجاد کند.

۲-۲-۱. کنترل تقاطع‌های چراغ‌دار

چراغ راهنمایی بدون شک از آشناترین و مهم‌ترین وسایل کنترل و تنظیم عبور و مرور خودروها و افزایش ایمنی در تقاطع‌هاست. البته چراغ راهنمایی از حرکت دایمی خودروها در مسیرهای مختلف یک تقاطع جلوگیری می‌کند، ولی به طور کلی در صورتی که تقاطع بر اساس محاسبات نیازمند چراغ باشد و زمان‌بندی آن به درستی محاسبه شود، متوسط تأخیر خودروها کمتر از زمانی خواهد بود که تقاطع بدون چراغ راهنمایی باشد. ممکن است چراغ راهنمایی به طور مستقل و جداگانه برای کنترل یک تقاطع به کار رود، یا این‌که برحسب ضرورت چراغ‌های راهنمایی چند تقاطع یا کلیه تقاطع‌های یک مسیر به طریقی به هم مرتبط و هماهنگ شوند. در سال‌های اخیر به کمک روش‌های کامپیوتری می‌توان چراغ‌های راهنمایی تقاطع‌های قسمتی از شهر یا تمام شبکه ترافیک شهر را به هم ارتباط

داد و هماهنگ کرد. این روش که کنترل منطقه‌ای ترافیک[1] نامیده می‌شود، نیاز به مطالعات وسیع، دسترسی به نرم‌افزارها و فناوری پیشرفته و صرف هزینه‌ی قابل‌توجهی دارد.

هم‌اکنون در کشور ما چراغ‌های راهنمایی عموماً با زمان‌بندی ثابت عمل می‌کنند (مگر در برخی کلان‌شهرها). فازبندی و زمان‌بندی نامناسب این چراغ‌ها در اکثر تقاطع‌ها منجر به بروز تأخیرها و صف‌های طولانی می‌شود.

چراغ‌های راهنمایی به دو روش مستقل و هماهنگ عمل می‌کنند که در ادامه فوق تشریح می‌شود.

۲-۲-۱-۱. کنترل مستقل[2]

کنترل مستقل به حالتی اطلاق می‌شود که هر تقاطع فقط بر مبنای متغیرهای اندازه‌گیری شده در همان تقاطع و بدون توجه به‌نحوه عملکرد تقاطع‌های مجاور کنترل می‌شود. استفاده از این شیوه کنترل، زمانی منطقی خواهد بود که عملکرد یک تقاطع تا حدود زیادی مستقل از تقاطع‌های مجاور آن باشد، یعنی یا فاصله تقاطع از تقاطع‌های مجاور 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 موردنظر نداشته باشد. چراغ‌های راهنمایی از نظر نحوه زمان‌بندی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: پیش زمان‌بندی شده[3] و هوشمند[1] (القایی). در ادامه برخی مفاهیم مرتبط با چراغ‌های راهنمایی تشریح شده‌اند.

---

1. Area Traffic Control
2. Uncoordinated Signals
3. Pretimed Signal

۱.چراغ راهنمایی پیش‌زمان‌بندی شده

چراغی هستند که زمان‌بندی از پیش تعیین شده و معلومی را در زمان معین و بدون توجه به تغییرات شرایط واقعی ترافیک تقاطع به اجرا می‌گذارد. استفاده از روش‌های کنترل مجزا و پیش زمان‌بندی شده در شرایطی مناسب است که نوسانات حجم ترافیک در دوره‌های مختلف طرح زیاد نباشد. زمان‌بندی این چراغ‌ها ممکن است به صورت ثابت و یا متغیر[۲] باشد. در چراغ‌های پیش زمان‌بندی شده‌ی ثابت، زمان‌بندی یکسانی برای کلیه ساعات شبانه روز اعمال می‌شود. این چراغ‌ها به هیچ‌وجه نمی‌توانند با توجه به تغییرات اساسی حجم ترافیک در ساعات مختلف شبانه‌روز و روزهای مختلف جوابگوی نیازهای ترافیک بوده و کنترل مناسبی بر روی تقاطع اعمال نمایند.

با پیشرفت دانش الکترونیک، روش‌های کنترل پیش زمان‌بندی شده‌ی متغیر جایگزین روش‌های کنترل با زمان‌بندی ثابت شده است. در این روش امکان تعریف زمان‌بندی‌های متفاوت برای دوره‌های زمانی مختلف روز، روزهای مختلف هفته و هفته‌های مختلف سال وجود دارد و سیستم دارای حافظه‌ای است که این زمان‌بندی‌ها را در خود ذخیره می‌نمایند.

۲.چراغ هوشمند

در شرایطی که نوسانات ترافیک، نامنظم و غیرقابل پیش‌بینی بوده و یا حجم تقاضای تقاطع کم‌تر از شرایط اشباع باشد (حجم ورودی به تقاطع کمتر از ظرفیت آن باشد)، چراغ‌های پیش زمان‌بندی شده ثابت و یا متغیر نمی‌توانند سطح خدمت مناسبی را در تمام اوقات

[1]. Actuated Signal
[2]. Fixed/ Variable Signal Plan

شبانه‌روز در تقاطع تأمین نمایند و راه‌حل مناسب‌تر، استفاده از چراغ‌های سازگار با حجم ترافیک است. موارد اصلی کاربرد این نوع چراغ‌ها عبارت است از:

- در تقاطع‌هایی که تغییرات جریان ترافیک زیاد و پیش‌بینی نشده باشد،
- در تقاطع‌های پیچیده که تغییرات حجم ترافیک در بعضی از حرکت‌ها نامنظم است.

۳. شناسه‌گر[1]

چراغ‌های راهنمایی سازگار با ترافیک، دارای شناسه‌گرهایی هستند که به وسیله آن‌ها برخی متغیرهای ترافیکی در محل اندازه‌گیری می‌شوند. کنترل کننده‌ی چراغ[2]، دارای پردازنده‌ای است که بر مبنای مقادیر این شاخص‌ها و با توجه به روش عملکردی تعیین شده، در مورد مدت زمان هر فاز چراغ راهنمایی و یا شکل فازبندی تصمیم‌گیری می‌کند. شناسه‌گرها در حکم چشم‌های سیستم کنترل عمل می‌کنند و عملکرد مناسب چراغ عمدتاً بستگی به کیفیت طراحی و عملکرد آن‌ها دارد و از آن‌ها هم برای تشخیص خودروها و هم برای تشخیص عابران پیاده استفاده می‌شود. برخی از انواع شناسه‌گرها که کاربرد بیشتری دارند، عبارتند از: حلقه القایی[3] و شناسه‌گر مغناطیسی[4].

1. Detector
2. Controller
3. Actuated Loop Detector
4. Magnetic Detector

۴. شاخص‌های ترافیکی

شاخص‌های ترافیکی، مقادیر اندازه‌گیری یا برآورد شده‌ای هستند که به عنوان مبنای تصمیم‌گیری در روش‌های کنترل هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند. متغیرهایی که معمولاً به عنوان شاخص ترافیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

۱. حضور خودرو،
۲. حجم تردد،
۳. نرخ اشغال و چگالی،
۴. سرعت،
۵. سرفاصله زمانی،
۶. طول صف.

به عنوان مثال، شناسه‌گرهای سیستم هوشمند این قابلیت را دارند که در صورتی‌که سرفاصله خودروها از مقدار مشخصی افزایش یابد عبور خودروها را برای فاز دیگری از تقاطع مجاز نمایند و یا در صورتی که طول صف در یک رویکرد تقاطع به مقدار مشخصی برسد عبور برای آن رویکرد مجاز شود. در این حالت لازم است از دو شناسه‌گر به فاصله‌ای مشخص از یکدیگر به منظور شناسایی طول صف استفاده شود. از این شناسه‌گرها به منظور اندازه‌گیری حجم تردد، سرعت و چگالی نیز می‌توان استفاده نمود.

۵. انواع چراغ‌های راهنمایی هوشمند

به طور کلی چراغ‌های هوشمند ممکن است به صورت نیمه هوشمند[1] و یا تمام هوشمند باشند.چراغ‌های نیمه هوشمند در تقاطع مسیرهای فرعی با مسیرهای اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این چراغ‌ها می‌توانند با استفاده از یک یا چند شناسه‌گر که در مسیر فرعی نصب می‌شوند، عمل نمایند. عملکرد آن‌ها به‌این‌ترتیب است که در حالت عادی، چراغ مسیر اصلی سبز و چراغ مسیر فرعی قرمز است. با حضور یک یا چند خودرو در ورودی فرعی و در حوزه تشخیص شناسه‌گر، به مسیر فرعی چراغ سبز داده می‌شود. از این نوع کنترل هنگامی استفاده می‌شود که حجم ترافیک در رویکرد فرعی تقاطع بسیار کم باشد و تقاطع تنها به علت مشکلات ایمنی توسط چراغ راهنمایی زمان‌دار کنترل می‌شود.

شناسه‌گرها در کلیه ورودی‌هایی که نقش تعیین کننده‌ای در زمان‌بندی تقاطع دارند نصب می‌شوند. به‌این‌ترتیب، برای هر فاز، یک حداقل زمان سبز، یک حداکثر زمان سبز، یک حداکثر فاصله مجاز بین خودروها یا فرجه تمدید تعریف می‌شود. از این نوع کنترل تنها زمانی که حجم ورودی به تقاطع از ظرفیت تقاطع کمتر باشد، استفاده می‌شود. هدف از تعریف مقادیر حداقل و حداکثر زمان سبز، حفظ ایمنی در تقاطع است تا در صورت بروز اشکال در عملکرد شناسه‌گر، عملکرد تقاطع مختل نگردد.

در این نوع چراغ‌های راهنمایی، ابتدا حداقل زمان سبز به هر فاز اختصاص می‌یابد و در صورت حضور خودرو در پایان زمان سبز حداقل، در صورتی که سرفاصله میان خودروهای عبوری کمتر از سرفاصله مجاز تنظیم شده در چراغ راهنمایی باشد، زمان سبز در آن فاز تمدید شده و این عمل تا هنگامی که زمان سبز فاز به حداکثر زمان سبز برسد قابل تمدید

1. Semi-Actuated

است. اگر در این بین، سرفاصله بین خودروها بیشتر از سر فاصله مجاز شود، زمـان سـبز آن فاز (در صورتی که بیشتر از زمان سبز حداقل باشد)، خاتمه می‌یابد.

۲-۲-۱-۲. چراغ‌های هماهنگ

حداکثر کارآیی جریان ترافیک در شبکه صرفاً با ایجاد بهترین نوع فازبنـدی، زمـان‌بنـدی و طول چرخه بهینه برای هر یک از تقاطع‌ها به دست نمی‌آید، بلکه تأثیر متقابل تقاطع‌ها بـر روی یکدیگر نیز تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد شبکه دارد. در شبکه حمل‌ونقل شهری معمولاً فاصله تقاطع‌های مجاور به اندازه‌ای است که عملکرد آن‌ها بر یکدیگر تأثیر می‌گذارد. با سبز شدن چراغ در تقاطع بالا دست[1]، دسته‌ای[2] از خودروها با یکدیگر به حرکت درآمده و تقریبـاً به صورت گروهی به تقاطع بعدی می‌رسند. اگر همزمان با رسیدن ایـن گـروه خودروهـا بـه تقاطع، چراغ سبز باشد، مجموع تأخیرها و توقف‌های خودروها کاهش چشـمگیری یافتـه و کارآیی تقاطع افزایش می‌یابد. برای دستیابی به این هدف، به جای کنترل مجـزا و منفـرد[3] تقاطع‌ها، از کنترل هماهنگ استفاده می‌شود. مزایای هماهنگ نمودن چراغ‌های راهنمـایی به شرح زیر است:

- بهبود ظرفیت در تقاطع‌های چراغ‌دار نزدیک به هم،
- کاهش زمان سفر و تأخیر،
- کاهش تعداد توقف‌ها،
- کاهش میزان تصادفات تقاطع‌ها،

---

1. Upstream
2. Platoon
3. Isolated Control

- کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و نیز صرفه‌جویی در مصرف سوخت

عوامل اصلی مؤثر در روش کنترل هماهنگ تقاطع‌ها عبارتند از: نحوه رفتار رانندگان و میزان رعایت نظم، فاصله تقاطع‌ها، میزان پراکندگی ورود خودروها و در برخی موارد حجم تردد بین تقاطع‌های مجاور. انطباق زمان‌بندی چراغ هر تقاطع با تغییرات جریان ترافیک ممکن است توسط کنترل کننده آن تقاطع و یا کامپیوتر مرکزی انجام شود. اما تصمیم‌گیری‌های مهم‌تر در رابطه با تنظیم روند کلی جریان ترافیک در شبکه فقط توسط کامپیوتر مرکزی صورت می‌گیرد. به عنوان مثال، تعیین چرخه کل سیستم یا فاصله زمانی چراغ سبز بین تقاطع‌های مجاور بر عهده کامپیوتر مرکزی است. تعیین این متغیرها از طریق اعمال طرح‌های زمان‌بندی در شبکه میسر می‌شود. این طرح‌ها توسط نرم‌افزارهای شبیه‌سازی جریان ترافیک شبکه ایجاد شده و در فواصل زمانی مختلف روی شبکه اعمال می‌شوند. به طور کلی بهترین شرایط برای هماهنگ کردن تقاطع‌های چراغ‌دار زمانی است که فاصله بین آن‌ها ۴۰۰ تا ۹۰۰ متر باشد ولی تا فاصله ۱۵۰۰ متر نیز قابل هماهنگ‌سازی است. زمانی که فاصله بین تقاطع‌ها بیش از ۱۵۰۰ متر می‌شود، جریان ترافیک در بین دو تقاطع به صورت متفرق در می‌آید و در این شرایط هماهنگ‌سازی بین تقاطع‌ها عملکرد مناسبی ندارد. به طور کلی هماهنگ‌سازی چراغ‌های راهنمایی در معابر یک‌طرفه مناسب‌تر و راحت‌تر است. بهترین حالت برای هماهنگ‌سازی تقاطع‌های چراغ‌دار زمانی است که تعداد دسترسی‌ها بین دو تقاطع حداقل بوده و عواملی که باعث اختلال در حرکت خودروها شود، وجود نداشته باشد.

امروزه با پیشرفت فناوری ارتباطات و ریزپردازنده‌ها، ایجاد طرح‌های زمان‌بندی در فواصل کوتاه (چند ثانیه) و اجرای آن‌ها امکان‌پذیر شده است. اطلاعات ورودی این مرحله از طریق شناسه‌گرهایی که در نقاط حساس شبکه نصب شده‌اند، جمع آوری می‌شود. کنترل

هماهنگ به دو دسته کنترل در معبر شریانی و کنترل در شبکه تقسیم‌بندی می‌شود که در ادامه به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۸. کنترل هماهنگ در معبر شریانی

ساده‌ترین حالت کنترل هماهنگ تقاطع‌ها، کنترل هماهنگ در یک معبر شریانی است. در این نوع هماهنگی، تنها به پیشروی ترافیک در یک مسیر اصلی (شریانی) توجه می‌شود و در حالت ایده‌آل هدف سیستم، ایجاد موج سبز در این مسیر است. موج سبز به حالتی اطلاق می‌شود که خودروها به شکل دسته‌ای حرکت کنند و با رسیدن آن‌ها به هر تقاطع، چراغ برایشان سبز شود. از آنجا که طول چرخه همه تقاطع‌های مسیر باید یکسان باشد، محاسبه طول چرخه با در نظر گرفتن نیازهای تمامی تقاطع‌ها انجام شده و طول چرخه کلی، معادل طول چرخه مورد نیاز برای بحرانی‌ترین تقاطع مسیر انتخاب می‌شود. چون در این نوع هماهنگی اولویت بیشتری به مسیر شریانی داده می‌شود، به رویکردهای متقاطع با مسیر شریانی، حداقل زمان ممکن تخصیص داده شده و بقیه زمان چرخه به مسیر اصلی تعلق گیرد.

۹. کنترل هماهنگ در شبکه

در بهترین حالت، هدف از ایجاد هماهنگی بین تقاطع‌ها 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 دشوارتر بوده و در مورد یک شبکه که مجموعه‌ای از چند مسیر یا معبر شریانی متقاطع است، تقریباً غیرممکن می‌شود. بنابراین هدف از اجرای کنترل

هماهنگ در شبکه، بیشینه کردن کارآیی کل شبکه با در نظر گرفتن نوسانات جریان ورودی تقاطع‌ها است. برای دستیابی به این هدف و به منظور برنامه‌ریزی مناسب سیستم‌های کنترل هماهنگ، طول چرخه، فاصله زمان سبز در دو تقاطع مجاور در یک معبر و درصد زمان سبز فازها باید طوری محاسبه شود که علاوه بر تأمین ظرفیت مناسب در کلیه تقاطعها، مجموع تأخیرها و توقف‌های خودروها در تقاطع‌های شبکه به کمترین مقدار ممکن برسد.

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 و تعداد شهرهای مجهز به مرکز کنترل ترافیک[1] نیز مرتباً افزایش می‌یابد. هدف از ایجاد مرکز کنترل ترافیک دستیابی به سه هدف عمده زیر است:

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 و زمان‌بندی تقاطع‌ها در این شبکه طوری تنظیم و هماهنگ شود تا حداقل تأخیر به خودروها عبوری وارد شود.

[1]. Traffic Control Center

۲-۲-۲. اصلاح هندسی تقاطع‌های شهری

اجرای طرح‌های هندسی مناسب در تقاطع‌ها و میادین شهری، باعث کاهش زمان تأخیر و افزایش ایمنی می‌شود و لازم است مورد توجه مدیران شهری قرار گیرد. طراحی اغلب تقاطع‌ها و میادین در شهرهای کشور با در نظر گرفتن آیین‌نامه‌های طرح هندسی و لحاظ نمودن مسایل ترافیکی صورت نگرفته است و به همین دلیل تقاطع‌ها و میادین تبدیل به گره‌های ترافیکی در سطح شهرهای کشور شده‌اند که بیشترین تأخیر را به خودروها وارد می‌کنند. بنابراین لازم است اصلاح طرح هندسی معابر وتقاطع‌ها در اولویت مطالعات ترافیکی شهرهای کشور قرار گیرد.

۲-۲-۳. مدیریت جهت حرکت معابر

انجام مطالعات ترافیکی در خصوص یک‌طرفه کردن معابر شهری، یکی از راه‌های افزایش ظرفیت آن‌ها به شمار می‌آید. به طور کلی با یک‌طرفه نمودن معابر شهری، تعداد برخوردها بین خودروها در تقاطع‌ها و معابر کاهش یافته، هماهنگ‌سازی چراغ‌های راهنمایی در تقاطع‌های معابر یک‌طرفه، با سهولت بیشتری صورت می‌پذیرد. ایجاد خطوط ویژه برای خودروهای همگانی و ایستگاه‌های استاندارد برای آن‌ها در معابر یک‌طرفه آسان‌تر است. همچنین امکان تصادفات شاخ به شاخ میان خودروهای در معابر یک‌طرفه کاهش پیدا می‌نماید.

در کنار مزایای عنوان شده، اجرای طرح‌های یک‌طرفه معایبی نیز به همراه دارد که عبارتند از: افزایش طول و احتمالاً زمان سفرها، اضافه شدن حجم ترافیک در قسمت‌هایی از معابر که منجر به کاهش سطح سرویس در بعضی مقاطع خواهد شد، افزایش احتمالی

مصرف سوخت در ساعات غیر اوج و سردرگمی رانندگان برای دسترسی به مقصد. با یک‌طرفه کردن معابر لازم است مسیر انحرافی و جایگزین برای انتقال ترافیک جهت مخالف در نظر گرفته شود، که این امر منجر به انتقال حجم ترافیک به معابر جمع و پخش کننده و محلی می‌شود. با افزایش سرعت خودروهای در معابر یک‌طرفه، ایمنی عابران پیاده در عبور از عرض معابر کاهش یافته و لازم است برای حل مشکل مذکور از وسایل آرام سازی ترافیک در طول معبر استفاده گردد. ایجاد معابر یک‌طرفه باعث تغییر محل ایستگاه‌ها و مسیر خطوط سیستم حمل‌ونقل همگانی گشته و می‌تواند تأثیرات نامناسبی در برنامه زمان‌بندی شده و پوشش منطقه‌ای به وجود آورد. مسافت پیاده‌روی برای دسترسی مسافران به سیستم حمل‌ونقل عمومی افزایش می‌یابد. همچنین در اوایل اجرای این طرح ناهماهنگی‌هایی در نتیجه عدم آشنایی رانندگان و عابران پیاده نسبت به شبکه معابر شهری به وجود خواهد آمد که لازم است اطلاع‌رسانی در این خصوص صورت پذیرد. با توجه به کاهش دسترسی به مراکز تجاری اطراف معابر یک‌طرفه، نارضایتی‌هایی در طول معبر با اجرای طرح مذکور توسط صاحبان کاربری‌های تجاری به وجود می‌آید.

در هر حال انتخاب هر طرحی در زمینه‌ی ساماندهی ترافیک، باید بر اساس مطالعات تفصیلی و دقیقی صورت پذیرد و اثرات مرتبط با اجرای آن به کمک مدل‌های شبیه سازی بررسی شود.

خلاصه

مدیریت عرضه، شامل مجموعه اقداماتی است که با توسعه‌ی زیرساخت‌های موجود، باعث بهبود کیفیت تردد در شهر می‌شود. این اقدامات، در بخش حمل‌ونقل همگانی شامل

افزایش تعداد ناوگان، استفاده از سیستم‌های جدید، اصلاح هندسی معابر و تعریض آن‌هاست. در واقع، مدیریت عرضه معمولاً با هدف افزایش ظرفیت شبکه‌ی حمل‌ونقل انجام می‌شود. گاهی ظرفیت سیستم حمل‌ونقل بسیار بیشتر از تقاضاست. در این شرایط، معمولاً سیستم به صورتی غیراقتصادی عمل خواهد نمود. در این فصل، انواع چراغ‌های راهنمایی و عملکرد هوشمند آن‌ها مورد بحث قرار گرفت. این سیستم، نوعی از برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر برای تغییرات تقاضا را نشان می‌دهد که طی آن، میزان عرضه نیز به طور هماهنگ با تقاضا در ساعات مختلف روز تغییر می‌کند.

خودآزمایی

۱. نحوه قرارگیری انواع خطوط سامانه اتوبوس تندرو در معابر چگونه است؟

۲. سرعت و ظرفیت خطوط سامانه اتوبوس تندرو در چه بازه‌ای تغییر می‌کند؟

۳. علل استفاده از اتوبوس‌های کم ارتفاع (شاسی کوتاه) در خطوط سامانه اتوبوس تندرو چیست؟

۴. نحوه عملکرد تقاطع‌های هوشمند چگونه است؟

۵. حداقل زمان فرجه قرمز و زرد در تقاطعات چراغدار بر اساس چه عواملی تعیین می‌شود؟

۶. چه نوع معابری (یا شبکه معابری) برای یک‌طرفه‌سازی مناسب هستند و مزایا و معایب این اقدام چیست؟